

Scuola Secondaria di I grado "Luca Cambiaso" e Scuola Primaria "Giuseppe Fanciulli" E669

Viale Virginia Centurione Bracelli, 57

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA
FONDO KYOTO - SCUOLA 3



Maggio 2018

COMUNE DI GENOVA
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER



COMUNE DI GENOVA

 eden
edilizia energetica

Scuola Secondaria di I grado "Luca Cambiaso" e Scuola Primaria "Giuseppe Fanciulli"

E669

Viale Virginia Centurione Bracelli, 57

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA

FONDO KYOTO - SCUOLA 3

Maggio 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

[Gruppo Eden srls

Via della Barca 24/3, 40133, Bologna

Tel: 051-7166459 – info@gruppoeden.it

REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI

Revisione	Data	Realizzazione	Revisione	Approvazione	Descrizione
Rev. A	24/04/2018	Gruppo EDEN Srls	Ing. Sonia Subazzoli	Arch. Valentina Raisa	Prima emissione
Rev. B	18/05/2018	Gruppo EDEN Srls	Ing. Sonia Subazzoli	Arch. Valentina Raisa	Seconda emissione
Rev. C	07/06/2018	Gruppo EDEN Srls	Ing. Sonia Subazzoli	Arch. Valentina Raisa	Terza emissione

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	V
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	6
2 DATI DELL'EDIFICIO.....	7
2.1 INFORMAZIONI SUL SITO	7
2.2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE, SOCIO-ECONOMICO E DESTINAZIONE D'USO	7
2.3 VERIFICA DEI VINCOLI INTERFERENTI SULLE PARTI DELL'IMMOBILE INTERESSATE DAGLI 'INTERVENTI.....	8
2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO	9
3 DATI CLIMATICI	11
3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO.....	11
3.2 DATI CLIMATICI REALI.....	12
3.3 ANALISI DELL'ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO	12
4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI	14
4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO	14
<i>Involucro opaco</i>	<i>14</i>
<i>Involucro trasparente</i>	<i>15</i>
4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/ CLIMATIZZAZIONE INVERNALE	16
<i>Sottosistema di emissione</i>	<i>17</i>
<i>Sottosistema di regolazione.....</i>	<i>18</i>
<i>Sottosistema di distribuzione.....</i>	<i>19</i>
<i>Sottosistema di generazione.....</i>	<i>21</i>
4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA	22
4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO/CLIMATIZZAZIONE ESTIVA	22
4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA	22
4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE	22
4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE	23
4.8 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DI IMPIANTI DI PRODUZIONE ENERGIA ELETTRICA O COGENERAZIONE	25
5 CONSUMI RILEVATI	26
5.1 CONSUMI ENERGETICI STORICI PER CIASCUN VETTORE E CONNESSIONE ALLE RETI GAS NATURALE ED ELETTRICA.....	26
<i>Energia termica.....</i>	<i>26</i>
<i>Energia elettrica.....</i>	<i>29</i>
5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI	33
6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO.....	37
6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO	37
<i>Validazione del modello termico.....</i>	<i>38</i>
<i>Validazione del modello elettrico.....</i>	<i>39</i>
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI.....	39
6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI.....	41
7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO	43
7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI	43
<i>Vettore termico.....</i>	<i>43</i>
<i>Vettore elettrico.....</i>	<i>46</i>
7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI.....	49

7.3	COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI	49
7.4	BASELINE DEI COSTI.....	50
8	IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA	52
8.1	DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI	52
8.1.1	<i>Involucro edilizio</i>	<i>52</i>
8.1.2	<i>Impianto di riscaldamento.....</i>	<i>57</i>
8.1.3	<i>Impianto di illuminazione ed impianto elettrico.....</i>	<i>59</i>
8.1.4	<i>Impianto di generazione da fonti rinnovabili.....</i>	<i>60</i>
9	VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA.....	63
9.1	ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	63
9.2	ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI	68
9.3	IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D'INTERVENTO E SCENARI D'INVESTIMENTO	76
9.3.1	<i>Scenario 1: EEM4 + EEM5</i>	<i>78</i>
9.3.2	<i>Scenario 2: EEM1 + EEM4 + EEM5 + EEM6.....</i>	<i>83</i>
10	CONCLUSIONI	90
10.1	RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA	90
10.2	RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI	90
10.2.1	<i>Priorità delle interazioni proposte e programma di attuazione:.....</i>	<i>90</i>
10.2.2	<i>Piani di misure e verifiche per accertare i risparmi</i>	<i>91</i>
10.3	CONCLUSIONI E COMMENTI.....	92
ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA.....		A
ALLEGATO B – ELABORATI		A
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.....		1
ALLEGATO I – DATI CLIMATICI		1
ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT.....		1
ALLEGATO K – SCHEDE ORE.....		1
ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI		1
ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK.....		1
ALLEGATO N – CD-ROM		1

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		1980
Anno di ristrutturazione		2002
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E.7 (Edificio adibito ad attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili)
Superficie utile riscaldata	[m ²]	4.453,46
Superficie disperdente (S)	[m ²]	6.615,45
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	18.871,50
Rapporto S/V	[1/m]	0,351
Superficie netta aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	4.557,35
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	5.111,99
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	1.888,63
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	7.000,62
Tipologia generatore riscaldamento		Generatore tradizionale a basamento
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	520
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	0
Tipo di combustibile		Gas naturale
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Produzione combinata con il riscaldamento e boiler Elettrici
Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	78,88
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{th} /anno]	276.686
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	21.437
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	49.227
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	9.947

Nota (1): Valori di Baseline

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

- EEM 1: Isolamento delle pareti esterne;
- EEM 2: Isolamento della copertura;
- EEM 3: Sostituzione degli infissi e installazione di valvole termostatiche;
- EEM 4: Sostituzione del generatore di calore e installazione di valvole termostatiche;
- EEM 5: Installazione di nuove plafoniere con lampade led;
- EEM 6: Installazione di un impianto fotovoltaico;
- SCN 1: Sostituzione del generatore di calore e installazione di valvole termostatiche, installazione di un impianto fotovoltaico;
- SCN 2: Isolamento delle pareti esterne, sostituzione del generatore di calore e installazione di valvole termostatiche, installazione nuove plafoniere con lampade led, installazione di un impianto fotovoltaico.

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													
	% ΔE %	% Δ_{CO2} %	ΔC_E €/anno	ΔC_{MO} €/anno	ΔC_{MS} €/anno	I_0 [€]	TRS anni	TRA anni	n anni	VAN €	TIR %	IP -	DSCR	LLCR
EEM1	25,2	26,2	7.917	0	0	-280.766	17,7	31,6	30	-14.355	3,3	-0,1	[n/a]	[n/a]
EEM2	7,5	7,8	2.349	0	0	-58.005	12,8	20,7	30	8.657	5,8	0,1	[n/a]	[n/a]
EEM3	31,8	33,0	9.992	0	0	-370.363	22,8	36,6	30	-68.740	1,7	-0,2	[n/a]	[n/a]
EEM4	25,5	26,5	8.012	1.941	216	-41.906	3,1	3,4	15	73.472	28,0	1,8	[n/a]	[n/a]
EEM5	14,0	13,2	4.403	0	0	-70.568	8,6	9,8	8	-13.102	-2,3	-0,2	[n/a]	[n/a]
SCN1	16,6	15,5	5.199	0	0	-68.218	12,6	17,8	20	3.444	4,6	0,1	1,26	2,12
SCN2	37,8	37,6	19.530	5.302	589	103.922	6,7	7,9	25	49.169	12,1	0,5	1,12	1,10

Figura 0.1 – Scenario 1: analisi finanziaria

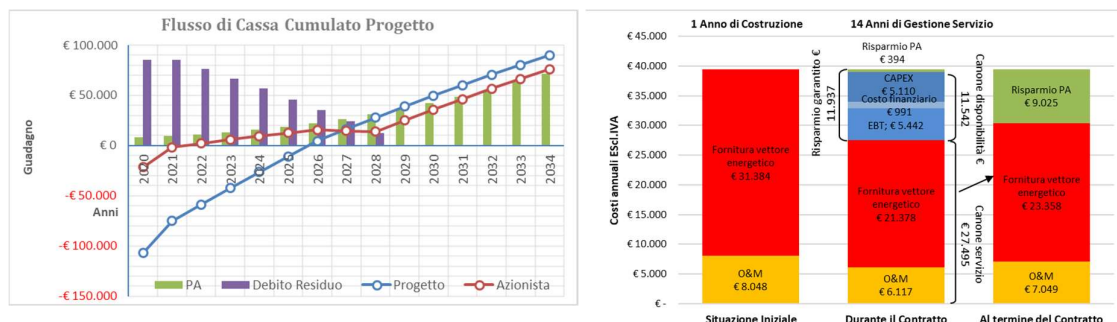
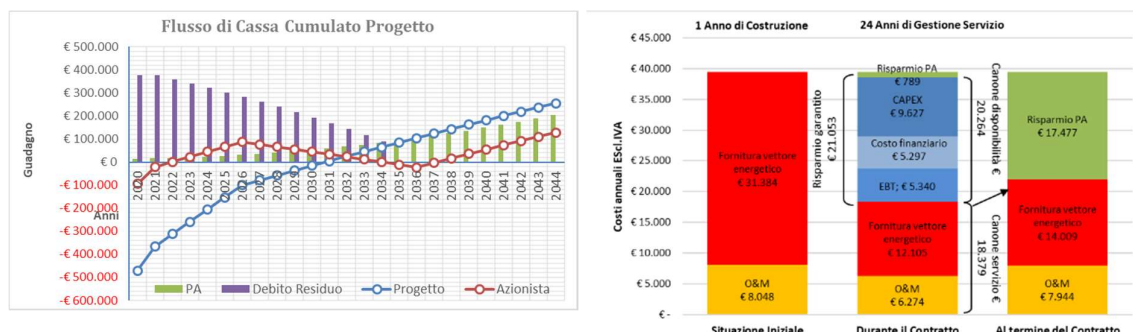


Figura 0.2 – Scenario 2: analisi finanziaria



Gli interventi analizzati coinvolgono sia l'involucro sia l'impianto nel rispetto dei vincoli dell'edificio oggetto di DE e gli scenari ottenuti sono stati condizionati dai requisiti imposti dalla committenza (salto superiore a due classi e tempi di ritorno rispettivamente inferiori a 15 e 25 anni).

Gli scenari proposti prevedono interventi che coinvolgono sia l'involucro edilizio sia gli impianti termico ed elettrico, compreso il ricorso allo sfruttamento di forme di energia rinnovabili. Gli scenari individuati, come analizzato ai capitoli 9.3.1 e 9.3.2, consentono il salto di due classi energetiche e valori molto positivi per gli indicatori DSCR e LLCR, oltre a rispettare i tempi di ritorno di 15 anni per lo scenario 1 e di 25 anni per lo scenario 2.

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"

Figura 0.1 - Vista della facciata [esposta a Sud-Est]



1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA

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

La presente DE si inserisce in questo contesto ed analizza, pertanto, le possibili soluzioni tecniche e contrattuali, che potrebbero portare alla realizzazione di interventi di miglioramento dell'efficienza energetica volti ad una riduzione dei consumi e ad un conseguente abbattimento delle emissioni di CO₂.

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

Scopo della DE è quindi la definizione di due scenari ottimali a partire dalla combinazione delle singole EEM proposte al fine di conseguire un miglioramento del 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 dal Gruppo Eden srls il cui responsabile per il processo di audit è l'Arch. Valentina Raisa, soggetto certificato Esperto in Gestione dell'Energia (EGE) ai sensi della norma UNI CEI 11339.

In Tabella 0.1 sono riportati i nominativi di tutti i soggetti coinvolti nelle varie fasi di svolgimento della DE.

Tabella 0.1 – Soggetti coinvolti nella realizzazione del processo di Audit

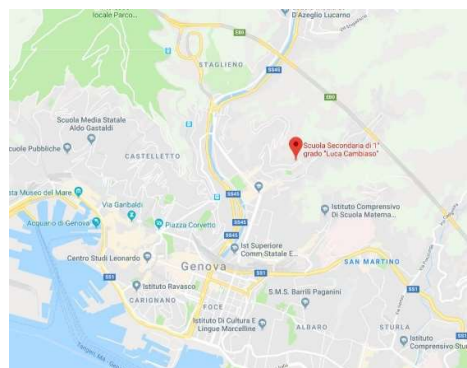
NOME E COGNOME	RUOLO	ATTIVITÀ SVOLTA
Ing. Eugenio Ardeni	TA – Tecnico dell’analisi preliminare	Analisi del capitolato tecnico del bando e preparazione materiale per il sopralluogo
Ing. Eugenio Ardeni	TR – Tecnico del rilievo	Sopralluogo in sito
Ing. Alex Nonni	TR – Tecnico del rilievo	Sopralluogo in sito
Ing. Alex Nonni	TC – Tecnico del calcolo energetico	Elaborazione dei dati relativi ai consumi energetici
Ing. Alex Nonni	TC – Tecnico del calcolo energetico	Elaborazione dei dati geometrici ed alla creazione del modello energetico
Ing. Sonia Subazzoli	Esperto involucro	Revisione report di diagnosi energetica
Ing. Emanuele Pifferi	Esperto Impianto	Revisione report di diagnosi energetica
Arch. Valentina Raisa	REDE	Approvazione report di diagnosi energetica

1.4 IDENTIFICAZIONE DELL’EDIFICIO

L’immobile oggetto della DE, catastalmente individuato al NCEU F. 21 Mapp. 1679 è sito nel Comune di Genova e più precisamente nel quartiere Marassi, in Viale Virginia Centurione Bracelli, 57.

L’edificio è di proprietà del Comune di Genova ed è attualmente adibito scuola primaria e scuola secondaria di primo grado. La struttura scolastica fa parte dell’Istituto Comprensivo Quezzi.

Figura 0.2 – Ubicazione dell’edificio



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

Tabella 0.2 - Tabella riepilogativa dei dati dell’edificio

PARAMENTO	U.M.	VALORE
Anno di costruzione edificio		1980
Anno di ristrutturazione		2002
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E.7 (Edificio adibito ad attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili)
Superficie utile riscaldata	[m ²]	4.453,46
Superficie disperdente (S)	[m ²]	6.615,45
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	18.871,50
Rapporto S/V	[1/m]	0,351
Superficie netta aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	4.557,35
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	5.111,99

Superficie lorda aree esterne	[m ²]	1.888,63
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	7.000,62
Tipologia generatore riscaldamento	Generatore tradizionale a basamento	
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	520
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	0
Tipo di combustibile	Gas naturale	
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)	Produzione combinata con il riscaldamento e boiler Elettrici	
Emissioni CO ₂ di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	78,88
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{th} /anno]	276.686
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	21.437
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	49.227
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	9.947

Nota (1): Valori di Baseline

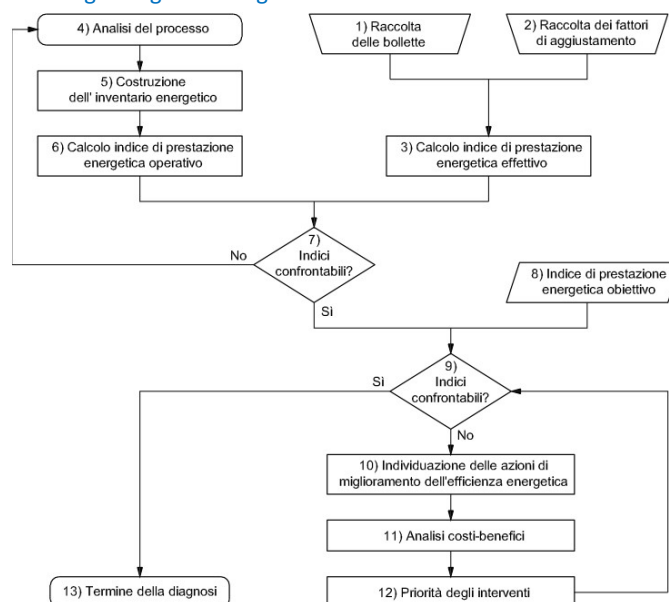
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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

- Acquisizione della documentazione utile, fornita dalla PA, come riportato all' Allegato B – Elaborati;
- Analisi del quadro normativo di riferimento, incluso la verifica dei vincoli ambientali, storici, archeologici e paesaggistici interferenti sull'immobile interessato dall'intervento;
- Visita agli edifici, effettuata in data 22/11/2017 con verifica degli elaborati forniti e rilievo dei dati relativi alle caratteristiche degli elementi disperdenti ed impiantistici costituenti il sistema edificio-impianto;
- Visita alla centrale termica e/o frigorifera, con il supporto del personale incaricato della conduzione e manutenzione degli impianti e rilevamento dei dati utili;
- Preparazione e compilazione delle schede di Audit previste per la diagnosi di livello II di cui all'appendice A delle LGEE - Linee Guida per l'Efficienza Energetica negli Edifici - sett. 2013 - elaborato da AiCARR per Agesi, Assisat, Assopetroli e Assoenergia, e riportate all'Allegato J – Schede di audit;
- Elaborazione del comportamento termico ed elettrico dell'edificio, realizzata utilizzando il software commerciale Namirial Termo 4.2, rilasciato dalla Namirial Spa in possesso di certificato di conformità rilasciato dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI) in data 29/06/2016, protocollo n.71, come rispondente alle specifiche tecniche UNI TS 11300, ai sensi del D.lgs. 192/05 e s.m.i. e riportato all'Allegato F – Certificato CTI Software;
- Analisi dei profili annuali di consumi e costi dei servizi energetici reali dell'edificio, comprensivi della fornitura dei vettori energetici sia elettrici che di gas e degli oneri di O&M, relativamente alle annualità 2014-2015-2016;
- Analisi dei dati climatici reali del sito ove è ubicato l'edificio con conseguente calcolo dei Gradi Giorno reali (GG_{real}), utilizzando le temperature esterne rilevate dalla stazione meteo dell'Università di Genova e riportati all'Allegato I – Dati climatici;
- 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});
- 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;

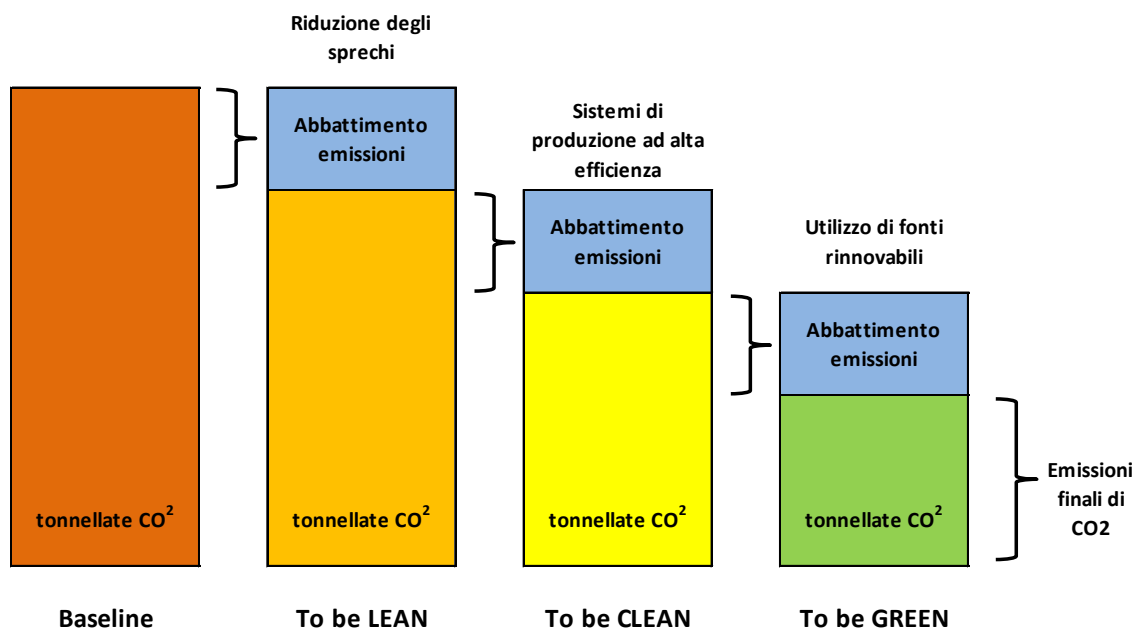
- k) Validazione del modello elaborato mediante il confronto con le baseline energetiche, al fine di ottenere uno scostamento inferiore al 5%;
- l) Analisi delle possibili EEM necessarie per la riqualificazione energetica del sistema edificio-impianto analizzando gli aspetti tecnici, energetici, ed ambientali.
- 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 0.3 – 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 0.4

Figura 0.4 - Principio della Gerarchia Energetica, (fonte: London Plan 2011)



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 energetica primario.

Per tanto, nel caso di soluzioni integrate, dapprima si è valutata la fattibilità di ridurre gli sprechi mediante misure sull'involucro e sulla 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 dalle riqualificazioni degli impianti di generazione per la climatizzazione e, dopo, dall'installazione di tecnologie di generazione da fonti rinnovabili.

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

- TRS (Tempo di rientro semplice);
- TRA (Tempo di rientro attualizzato);

- VAN (Valore attuale netto);
- TIR (Tasso interno di rendimento);
- IP (indice di profitto).

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

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

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

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

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

1.6 STRUTTURA DEL REPORT

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

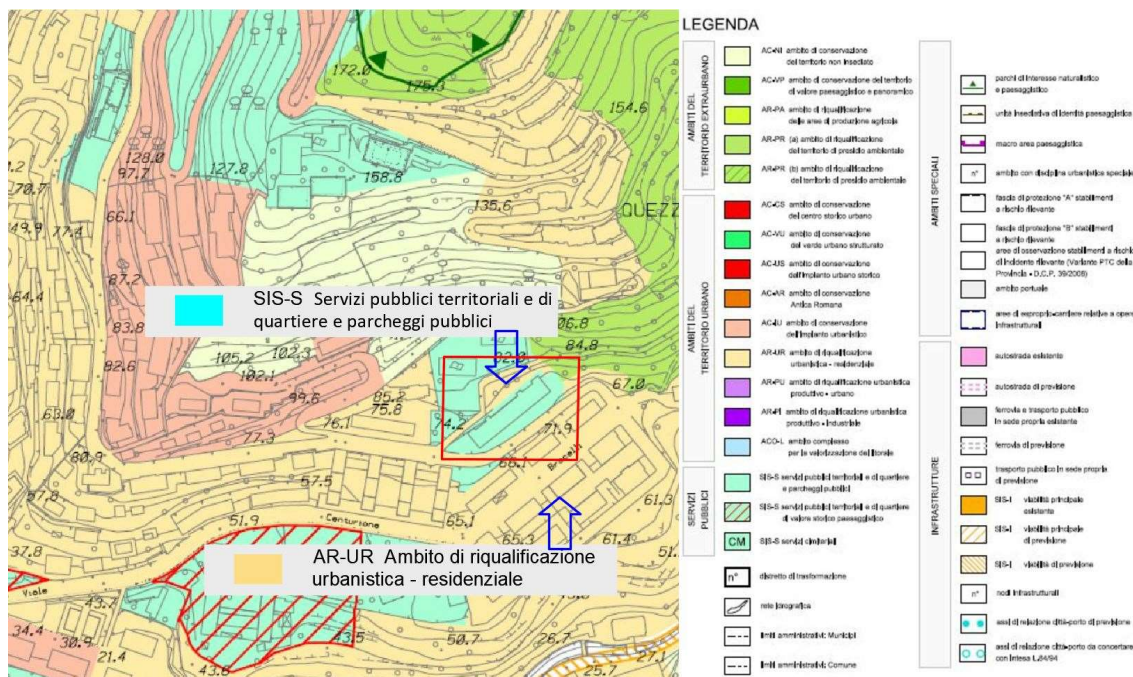
- Una prima parte nella quale sono descritti lo scopo ed i confini della DE e le metodologie di analisi adottate;
- Una seconda parte in cui sono riportate le informazioni dell'edificio rilevate in sede di sopralluogo e le valutazioni effettuate al fine di identificare le caratteristiche tecniche dei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

2 DATI DELL'EDIFICIO

2.1 INFORMAZIONI SUL SITO

Lo strumento urbanistico vigente, il P.U.C approvato con DD n° 2015/118.0.0./18 con entrata in vigore il 3/12/2015, classifica l'edificio oggetto della DE in zona AR-UR "ambito di riqualificazione urbanistica – residenziale", avente come obiettivo la realizzazione di interventi per la conservazione del patrimonio edilizio esistente fino alla ristrutturazione edilizia. In particolare l'edificio oggetto della DE viene classificato come SIS-S (Servizi pubblici territoriali e di quartiere e parcheggi pubblici).

Figura 2.1 - Particolare estratto dal Piano Urbanistico Comunale



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

L'edificio ove sono ubicate la Scuola Secondaria di I grado "Luca Cambiaso" e Scuola Primaria "Giuseppe Fanciulli" risale all'incirca al 1980 ed è stato internamente ristrutturato nel 2002. Ai sensi del DPR 412/93 ricade nella destinazione d'uso E.7 - Edificio adibito ad attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili. Al suo interno è presente uno spazio dedicato ad attività sportive ed un locale adibito alla preparazione e riscaldamento dei pasti per la scuola primaria.

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.

È rilevante inoltre sottolineare come la corretta gestione e manutenzione del sistema edificio – impianto comporterebbe il miglioramento delle condizioni di benessere percepite dagli studenti e dal personale docente.

L'edificio ospitante il complesso scolastico oggetto della DE è costituito complessivamente da cinque piani fuori terra, nei quali si sviluppano le varie attività scolastiche e tutte le attività collegate all'utilizzo della palestra. Sul piano della copertura sono presenti due locali utilizzati come deposito. Nella Tabella 2.1 sono riassunte le destinazioni d'uso delle varie aree e le relative superfici.

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

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



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 scolastiche, palestra, refettorio, uffici	[m ²]	864,38	864,38	0
Primo	Aule scolastiche	[m ²]	737,15	737,15	0
Secondo	Aule scolastiche	[m ²]	929,07	929,07	0
Terzo	Aule scolastiche	[m ²]	929,07	929,07	0
Quarto	Aule scolastiche	[m ²]	929,07	929,07	0
Copertura	Vani scale, locali di servizio	[m ²]	168,62	64,73	0
TOTALE		[m²]	4.557,35	4.453,46	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




L'edificio risale agli anni'80 e non risulta un bene culturale, ambientale o paesaggistico soggetto a tutela.

Nell'analisi delle EEM non è quindi necessaria l'identificazione delle possibili interferenze data l'assenza di vincoli.

MISURA DI EFFICIENZA ENERGETICA	VINCOLO INTERESSATO	VALUTAZIONE INTERFERENZA ⁽⁴⁾	MISURA DI TUTELA DA ADOTTARE
EEM 1: Isolamento pareti esterne	-		-
EEM 2: Isolamento copertura	-		-
EEM 3: Sostituzione Infissi e installazione valvole termostatiche	-		-
EEM 4: Sostituzione generatori di calore e installazione valvole termostatiche	-		-
EEM 5: Installazione nuove	-		-

plafoniere con lampade led			
EEM 6: Installazione di un impianto fotovoltaico	-		-

Nota (4): Legenda livelli di interferenza:

	Non perseguibile
	Perseguibile tramite adozione misure di tutela indicate
	Interferenza nulla

2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO

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

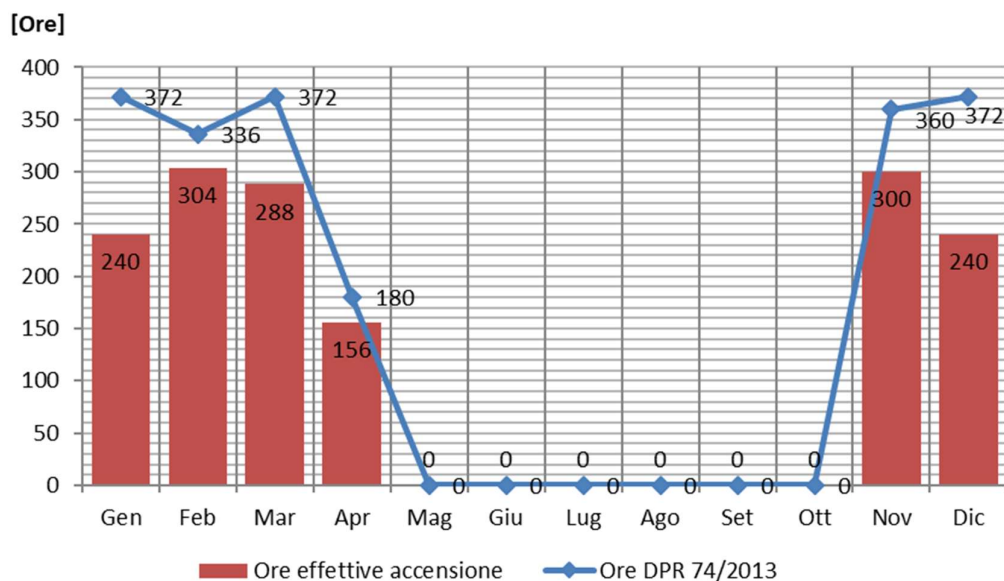
Gli orari di effettivo utilizzo dell'edificio sono stati indicati dal personale scolastico, mentre i periodi di attivazione e spegnimento degli impianti corrispondono ai giorni di apertura e chiusura dell'edificio.

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

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

PERIODO	GIORNI SETTIMENALI	ORARIO FUNZIONAMENTO EDIFICIO	ORARIO FUNZIONAMENTO IMPIANTO
Dal 1 Novembre al 24 Dicembre	dal lunedì al venerdì	7.30 – 17.00	6.00 – 17.00
Dal 2 Gennaio al 15 Aprile	Sabato	7.30 – 13.00	6.00 – 13.00
Dal 15 Aprile al 1 Novembre	dal lunedì al venerdì	7.30 – 17.00	6.00 – 17.00
	Sabato	7.30 – 13.00	6.00 – 13.00

Figura 2.3 – Andamento mensile delle ore effettive di utilizzo dell'edificio



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 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 2.2, i GG sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 1072 GG calcolati su 127 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 0.

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 _{risc}	PROFILO DI INCIDENZA
Gennaio	31	10,4	31	298	20	20	192	18%
Febbraio	28	10,5	28	266	25	25	238	22%
Marzo	31	11,1	31	276	24	24	214	20%
Aprile	30	15,3	31	71	24	13	61	6%
Maggio	31	18,7	15	-	26	-	-	0%
Giugno	30	22,4	-	-	24	-	-	0%
Luglio	31	24,6	-	-	25	-	-	0%
Agosto	31	23,6	-	-	13	-	-	0%
Settembre	30	22,2	-	-	24	-	-	0%
Ottobre	31	18,2	-	-	25	-	-	0%
Novembre	30	13,3	30	201	25	25	168	16%
Dicembre	31	10,0	31	310	20	20	200	19%
TOTALE	365	16,7	166	1421	275	127	1072	100%

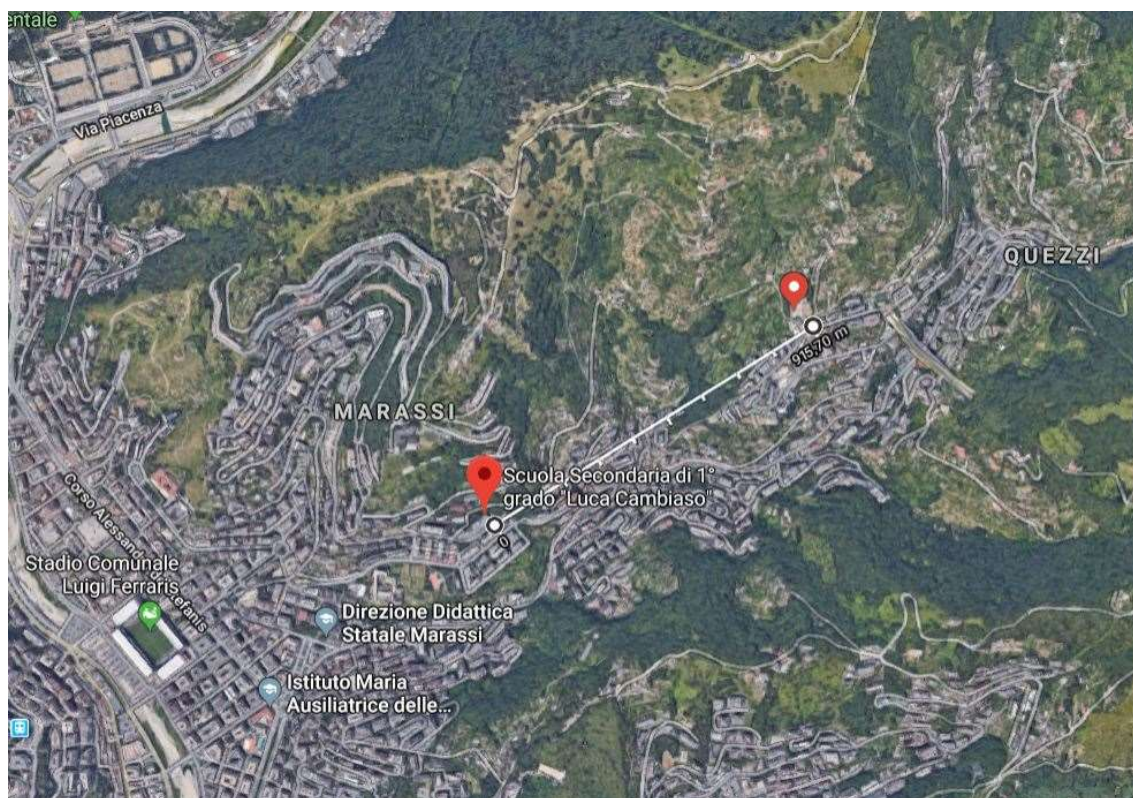
3.2 DATI CLIMATICI REALI

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 più vicina "GENOVA QUEZZI" in via Salita della Costa dei Ratti 6.

Si è deciso di utilizzare come riferimento tale centralina in quanto è ubicata in una zona limitrofa all'edificio oggetto della DE, a circa 920 m di distanza in linea d'aria.

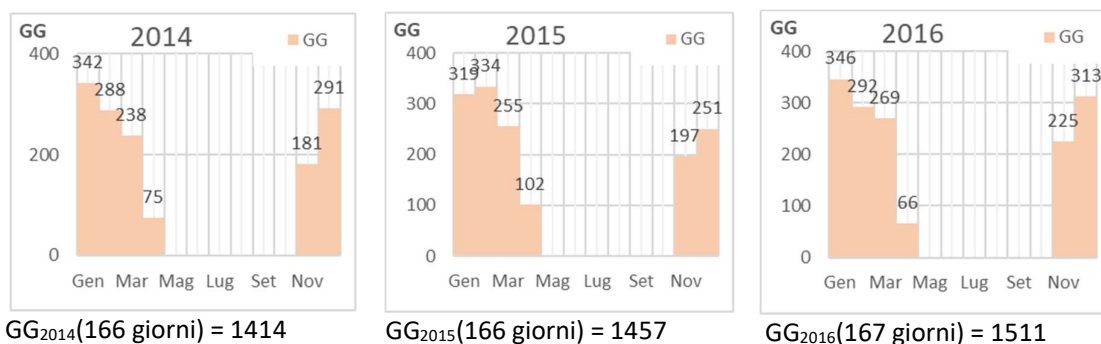
Figura 3.1 – Posizionamento della centralina meteo climatica rispetto all'edificio oggetto di DE



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

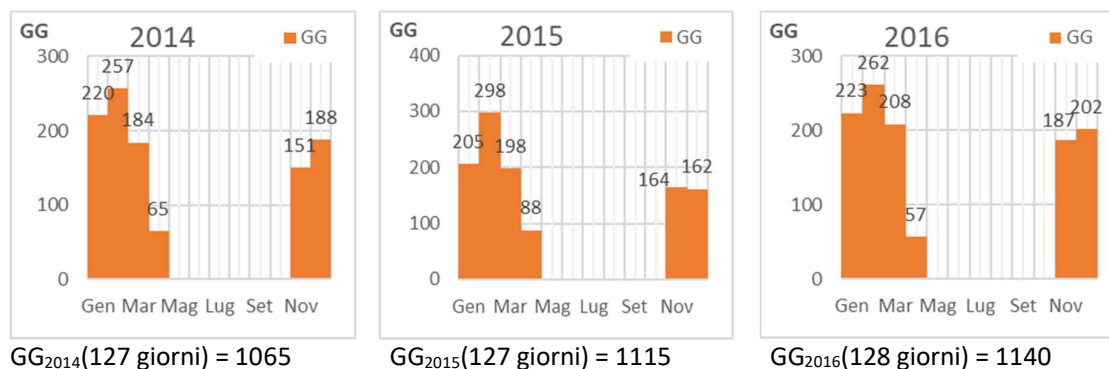


Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento, come riportato nella Tabella 2.2, i GG reali sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 1106 GG calcolati su 127 giorni effettivi di 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 0.

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



Come si può notare dai grafici sopra riportati, i GG di riscaldamento aumentati dal 2014 al 2016.

4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI

4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO

Involucro opaco

La struttura dell'edificio è a telaio con travi e pilastri in cemento armato. L'involucro edilizio opaco è composto murature di tamponamento in pannelli prefabbricati in calcestruzzo e polistirolo espanso in granuli (ipotizzato per analogia costruttiva e dalle analisi in sede di rilievo) e da pareti interamente in calcestruzzo armato. La copertura piana dell'edificio è in latero-cemento e materiale impermeabile.

Figura 4.1 - Particolare della facciata principale



Figura 4.2 - Particolare della facciata retrostante



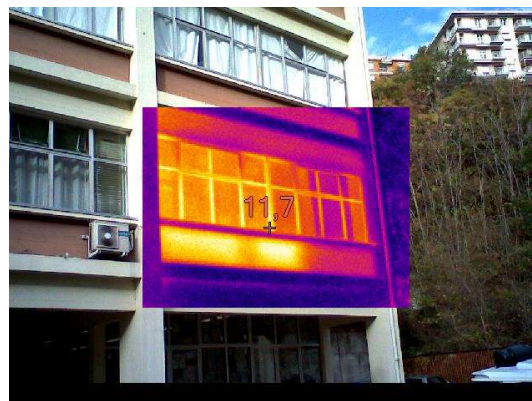
Ai fini di un'identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell'involucro opaco si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione delle seguenti indagini diagnostiche:

- Rilievo termografico eseguito tramite l'utilizzo di termo camera ad infrarossi.

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- L'immagine termografica mostra alcuni ponti termici dell'involucro dell'edificio analizzato. Gli elementi in giallo, arancione e rosso sono i più disperdenti e quindi i punti deboli dell'involucro edilizio. Si notino in particolare la zona del muro esterno al di sotto della finestra in corrispondenza dei terminali di emissione quali gli elementi più disperdenti di calore in una facciata dell'edificio.

Figura 4.3 – Rilievo termografico della parete



L'analisi termografica viene riportata nell'Allegato C – Report di indagine termografica.

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

Tabella 4.1 – Trasmittanze termiche dei componenti dell'involucro opaco

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	SPESORE	ISOLAMENTO	TRASMITTANZA TERMICA	STATO DI CONSERVAZIONE
		[cm]		[W/mqK]	
Parete verticale	PE – 23	23	Assente	1,18	Sufficiente
Parete verticale	PE – 23 - cls	23	Assente	3,44	Pessimo
Parete verticale	PE – 40 - cls	40	Assente	2,64	Sufficiente
Copertura piana	COP1	35	Assente	1,62	Sufficiente

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

Involucro trasparente

L'involucro trasparente che costituisce l'edificio è composto prevalentemente da serramenti con telaio in metallo e vetro singolo e da serramenti in metallo con vetro doppio 4-8-4 mm. Lo stato di conservazione degli infissi a singolo vetro è pessimo, mentre quello degli infissi a doppio vetro è sufficiente.

Figura 4.4 - Particolare dei serramenti



Figura 4.5 - Particolare dei serramenti – dettaglio angolo vetro degli infissi a singolo vetro



Figura 4.6 - Particolare dei serramenti – dettaglio angolo vetro degli infissi a vetro doppio



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 ad infrarossi.

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- L'immagine termografica mostra alcuni ponti termici dell'involucro dell'edificio analizzato. Gli elementi in giallo, arancione e rosso sono i più disperdenti e quindi i punti deboli dell'involucro edilizio. Si noti in particolare il giunto formato dal telaio dell'infisso con la parete esterna quale elemento più disperdente di calore.

Figura 4.7 – Rilievo termografico dei serramenti



L'analisi termografica viene riportata nell'Allegato C – Report di indagine termografica.

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

Tabella 4.2 – Trasmittanze termiche dei componenti dell'involucro trasparente

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	DIMENSIONI [HXL] [cm]	TIPO TELAIO	TIPO VETRO	TRASMITTANZA TERMICA [W/mqK]	STATO DI CONSERVAZIONE
Serramento verticale	F1	633X230	Metallo	doppio	3,34	Sufficiente
Serramento verticale	F2	154X70	Metallo	Singolo	5,74	Pessimo
Serramento verticale	F3	612X70	Metallo	Singolo	5,74	Pessimo
Serramento verticale	F4	600X110	Metallo	Singolo	5,73	Pessimo
Serramento verticale	F5	610X178	Metallo	Singolo	5,72	Pessimo
Serramento verticale	F6	377X178	Metallo	Singolo	5,73	Pessimo

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 prevalentemente da un impianto ad acqua, alimentato da una caldaia a basamento.

Sottosistema di emissione

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

- Radiatori in ghisa (prevalente);
- Radiatori in alluminio

I radiatori in alluminio sono installati perlopiù al piano terra, mentre quelli in ghisa e acciaio in tutti gli altri piani.

Figura 4.8 – Particolare radiatori in ghisa e acciaio



Figura 4.9 - Particolare dei radiatori in alluminio



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

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

ZONA TERMICA	TIPOLOGIA DI TERMINALE	RENDIMENTO
ZT-01 Attività scolastiche	Radiatori in ghisa e acciaio	93%
ZT-02 Attività sportive	Radiatori in ghisa e acciaio	89%
ZT-03 Attività sportive-servizi	Radiatori in ghisa e acciaio	93%

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

Tabella 4.4 - Riepilogo caratteristiche dei terminali di emissione installati

PIANO	TIPO DI INSTALLAZIONE	NUMERO	POTENZA TERMICA UNITARIA ⁽¹⁾	POTENZA TERMICA COMPLESSIVA ⁽¹⁾	POTENZA FRIGORIFERA UNITARIA	POTENZA FRIGORIFERA COMPLESSIVA
			[kW]	[kW]	[kW]	[kW]
Terra	Radiatori in ghisa e alluminio	33	0,91 ÷ 5,42	67,19	0	0
Primo	Radiatori in ghisa e metallo	18	0,91 ÷ 3,93	37,11	0	0
Secondo	Radiatori in ghisa e metallo	31	0,55 ÷ 3,15	52,95	0	0
Terzo	Radiatori in ghisa e metallo	33	0,55 ÷ 3,28	55,75	0	0
Quarto	Radiatori in ghisa e metallo	30	0,55 ÷ 5,42	82,47	0	0
TOTALE		-	-	314,28	-	-

Nota (1): I dati inseriti sono stati presi dalle check list dei componenti dell’impianto di climatizzazione - terminali messi a disposizione da parte della PA; così è stato riportato il range della potenza termica unitaria indicando il valor minimo e massimo e la potenza termica totale dei terminali di emissione

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

Sottosistema di regolazione

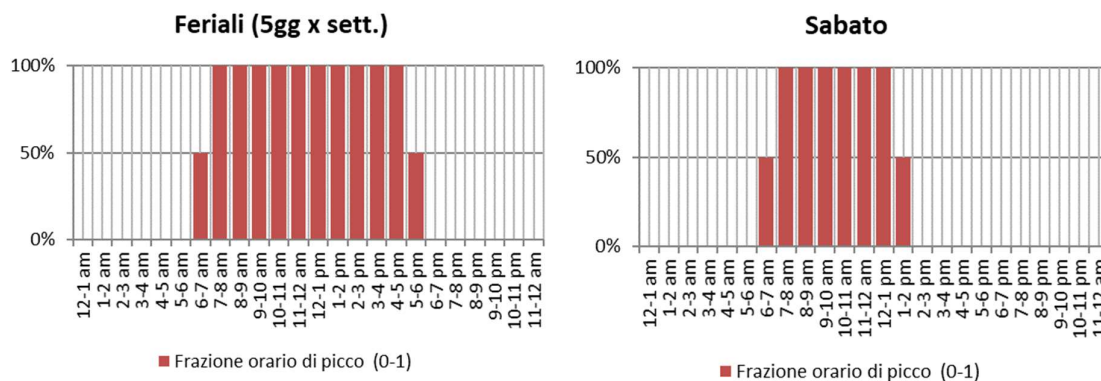
Figura 4.10 – Cronotermostato elettromeccanico

La regolazione del funzionamento della caldaia in centrale termica avviene mediante sonde climatiche esterne e gli orari di accensione e spegnimento vengono settati tramite cronotermostato analogico elettromeccanico settimanale per una regolazione primaria on-off. La temperatura di set-point invernale è di 20 °C. I radiatori sono dotati di valvole on-off.



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

Figura 4.11 - Profilo di funzionamento invernale dell’impianto per le zone termiche



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

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

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

ZONA TERMICA	TIPO DI REGOLAZIONE	RENDIMENTO ⁽¹⁾
ZT-01 Attività scolastiche	Climatica	82,9

ZT-02 Attività sportive	Climatica	80,3
ZT-03 Attività sportive-servizi	Climatica	85,5

Nota (1): Il rendimento di regolazione è calcolato nel modello energetico in base al fattore di utilizzazione degli apporti gratuiti

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

Sottosistema di distribuzione

Il sottosistema di distribuzione è costituito dai seguenti elementi:

- 1) Circuito primario di mandata ai terminali di emissione della scuola primaria e scuola secondaria di primo grado;
- 2) Circuito primario di mandata ai terminali di emissione della palestra e servizi annessi;
- 3) Circuito primario di mandata per l'acqua calda sanitaria ai servizi igienici di tutto l'edificio;

1) **Circuito primario:** sono presenti due pompe di circolazione gemellari per inviare l'acqua calda ai terminali di emissione della seguente zona termica:

- ZT-01: per le aule scolastiche, i servizi igienici e per i corridoi

2) **Circuito primario:** è presente una pompa di circolazione per inviare l'acqua calda ai terminali di emissione delle seguenti zona termiche:

- ZT-02 Attività sportive;
- ZT-03 Attività sportive-servizi.

3) **Circuito primario:** è presente una pompa di circolazione per inviare l'acqua calda sanitaria ai servizi igienici di tutto l'edificio.

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

Tabella 4.6 - Riepilogo caratteristiche pompe circuito primario

	NOME	SERVIZIO	PORTATA ⁽¹⁾	PREVALENZA ⁽¹⁾	POTENZA ASSORBITA ⁽²⁾
			[m ³ /h]	[kPa]	[kW]
ZT-01	Grundfos UPSD 80-120 F	Circuito caldo	Non disponibile	Non disponibile	1,50
ZT-02 - ZT-03;	Biral Regula 4	Circuito caldo	Non disponibile	Non disponibile	0,160
-	Riovar 35-5 E	Acqua calda sanitaria	Non disponibile	Non disponibile	0,130
-	Majmar UP 25-30 N	Ritorno acqua calda sanitaria	Non disponibile	Non disponibile	0,090
TOTALE					1,88

Nota (1): non è stato possibile determinare il dato della portata e della prevalenza né dalla targa né dalla marca e modello della pompa

Nota (2): Valori ricavati da dati di targa

Le temperature del fluido termovettore all'interno del circuito primario sono riportate nella tabella 4.7.

Tabella 4.7 – Temperature di mandata e ritorno del circuito primario

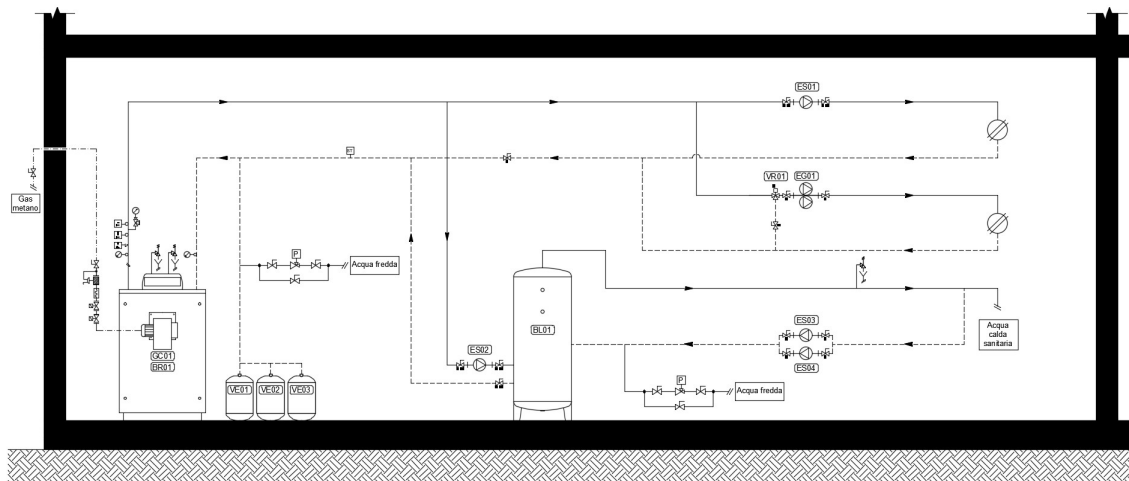
CIRCUITO		Caldo	TEMPERATURA RILEVATA ⁽¹⁾	TEMPERATURA CALCOLO ⁽²⁾
			°C	°C
Circuito Primario - ZT-01; ZT-02 – ZT-03	Mandata	Caldo	Non disponibile	70
	Ritorno	Caldo	Non disponibile	55

Nota (1): Non è disponibile la temperatura di mandata e di ritorno dei circuiti in quanto non è stato possibile rilevarle in fase di rilievo

Nota (2): Valori utilizzati nel modello di calcolo

Per quanto riguarda le temperature del fluido termovettore caldo si è potuto notare una leggera differenza tra i valori considerati nel modello di calcolo e quelli rilevati in sede di sopralluogo. Tale differenza può essere dovuta ad un utilizzo inferiore rispetto ad un funzionamento a massimo carico.

Figura 4.12 - Particolare dello schema di impianto [(Fonte: Tavola 204-P00-AE-CENTRALE TERMICA.dwg)]



Il rendimento complessivo del sottosistema di distribuzione è stato assunto nella DE pari al 93,38%.

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.

Sottosistema di generazione

Il sottosistema di generazione è costituito da una centrale termica dotata di una caldaia standard a basamento, marca Ferroli modello PRX 510.

Figura 4.13 - Particolare della centrale termica



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

Tabella 4.8 - Riepilogo caratteristiche dei sistemi di generazione

	Servizio	MARCA	MODELLO	ANNO DI COSTRUZIONE	POTENZA AL FOCOLARE ⁽¹⁾ [kW]	POTENZA TERMICA UTILE ⁽¹⁾ [kW]	RENDIMENTO ⁽²⁾	POTENZA ASSORBITA COMPLESSIVA ⁽²⁾ [kW]
Gen 1	Riscaldamento	Ferroli	PRX 510	Non disponibile	581	520	89,2%	0,17

Nota (1): Valori ricavati da dati di targa

Nota (2): Valori ricavati dal modello energetico

Il rendimento complessivo del sottosistema di generazione, in regime di riscaldamento è stato assunto nella DE pari al 87%. Il rendimento di generazione proveniente dalla prova dei fumi è del 91,7%, misurato il giorno 15/11/2017 con una temperatura dell'aria esterna di 18.8 °C.

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 e 8 dell'Allegato J – Schede di audit.

4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA

Figura 4.14 - Particolare di un boiler elettrico per la produzione di acqua calda sanitaria

La produzione di acqua calda sanitaria avviene tramite un boiler di accumulo collegato alla stessa caldaia utilizzata anche per il riscaldamento dell'edificio, e tramite 3 boiler elettrici ad accumulo installati nei servizi igienici del piano terra e del piano quarto.



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

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

Sottosistema di Erogazione ⁽¹⁾	Sottosistema di Distribuzione ⁽¹⁾	Sottosistema di Ricircolo ⁽²⁾	Sottosistema di Accumulo ⁽³⁾	Sottosistema di Generazione ⁽¹⁾	Rendimento Globale medio stagionale ⁽¹⁾
100%	92,6%	-	-	75%	70%
100%	92,6%	-	-	87%	81%

Nota (1): Valori ricavati da modello energetico

Nota (2): Dato mancante in quanto non è possibile determinarlo

Nota (3): Dato mancante in quanto assente tale sottosistema

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

L'edificio non è dotato di un impianto di climatizzazione estiva.

4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA

L'edificio non è dotato di un impianto ventilazione meccanica.

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, stampanti ed altri dispositivi in uso del

personale. Sono state valutate le ore di utilizzo in base ai giorni di occupazione dell'edificio e il numero di ore giornaliere in cui mediamente vengono usate queste utenze.

Tali tipologie di utenze sono state raggruppate insieme ed identificate con la denominazione di forza elettromotrice (FEM) e sono riportate nella Tabella 4.13.

Tabella 4.10 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche

ZONA TERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA NOMINALE [W]	POTENZA COMPLESSIVA [kW]	ORE ANNUE DI UTILIZZO [ore]
Cucina	SCALDAVIVANDE	2	2.000	4	490
Uffici-sala riunione	PC + Monitor	4	150	0,6	1.225
Sala riunione	Stampanti Multifunzione /Fotocopiatrici	1	1.100	1,1	1.225
Uffici	MICROONDE	1	1.100	1,1	245
Uffici	FRIGORIFERO	1	500	0,5	8.232
Locali del personale	FRIGORIFERO	1	500	0,5	8.232
Locali del personale	MACCHINETTE SNACK	1	1.100	1,1	8.232
Locali del personale	Stampanti Multifunzione /Fotocopiatrici	1	1.100	1,1	1.225
Laboratori	PC + Monitor	31	150	4,65	1.225
Laboratori	FAX/stampanti	5	300	1,5	1.225
Laboratori	TV/STEREO	3	150	0,45	490
Laboratori	Proiettore	1	500	0,5	490
Corridoi	MACCHINETTE SNACK	1	1.100	1,1	8.232
Corridoi	Stampanti Multifunzione /Fotocopiatrici	1	1.100	1,1	1.225
Corridoi	Ascensore	1	4.000	4,0	1.225

L'elenco delle 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'impianto di illuminazione è costituito principalmente da lampade fluorescenti. Le principali tipologie di corpi illuminanti sono di seguito elencati:

- Lampade a tubi fluorescenti installate a soffitto in tutti i locali;

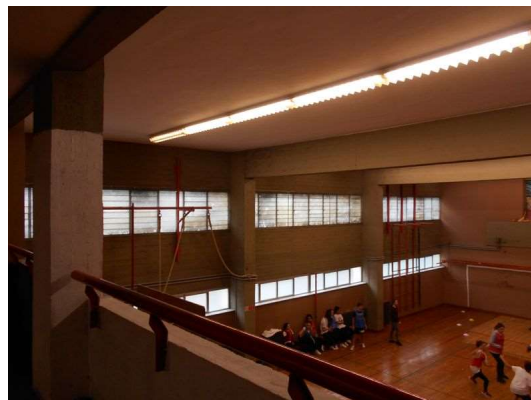
Figura 4.15 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nelle aule scolastiche



Figura 4.16 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati in un corridoio



Figura 4.17 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nella palestra



L'elenco e le caratteristiche dei corpi illuminanti sono riportate nella Tabella 4.14.

Tabella 4.11 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

ZONA TERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA UNITARIA	POTENZA COMPLESSIVA
			[W]	[kW]
PT-Refettorio	2x58W Tubi fluorescenti	16	116	1,9
PT-Corridoi/disimpegni/vani scala	1x58W Tubi fluorescenti	14	58	0,8
PT-Servizi igienici scuola	1x58W Tubi fluorescenti	6	58	0,3
PT-Cucina	1x58W Tubi fluorescenti	2	58	0,1
PT-Palestra	2x58W Tubi fluorescenti	24	116	2,8
PT-Servizi igienici palestra	1x58W Tubi fluorescenti	12	58	0,7
PT-Locali deposito palestra	1x58W Tubi fluorescenti	3	58	0,2
P1-corridoio collegamento	1x58W Tubi fluorescenti	7	58	0,4
P1-Refettorio	1x58W Tubi fluorescenti	4	58	0,2
P1-Aula	1x58W Tubi fluorescenti	8	58	0,5
P1-Uffici e sala riunione	2x58W Tubi fluorescenti	14	116	1,6
P1-Biblioteca	2x58W Tubi fluorescenti	4	116	0,5
P1-Corridoi/disimpegni/vani scala	1x58W Tubi fluorescenti	11	58	0,6
P1-Servizi igienici scuola	1x24W Tubi fluorescenti	4	24	0,1
P1-Servizi igienici scuola	1x58W Tubi fluorescenti	3	58	0,2
P1-Locali deposito scuola	1x58W Tubi fluorescenti	2	58	0,1
P2-Aula	1x58W Tubi fluorescenti	28	58	1,6
P2-Refettorio	2x58W Tubi fluorescenti	4	116	0,5
P2-Laboratorio	2x58W Tubi fluorescenti	4	116	0,5
P2-Laboratorio	1x58W Tubi fluorescenti	8	58	0,5
P2-Locali deposito	1x58W Tubi fluorescenti	3	58	0,2
P2-Servizi igienici	1x24W Tubi fluorescenti	13	24	0,3
P2-Servizi igienici	1x58W Tubi fluorescenti	10	58	0,6
P2-Locali del personale	1x58W Tubi fluorescenti	4	58	0,2
P2-Corridoi/disimpegni/vani scala	1x58W Tubi fluorescenti	18	58	1,0
P3-Aula	1x58W Tubi fluorescenti	28	58	1,6
P3-Biblioteca	2x58W Tubi fluorescenti	4	116	0,5
P3-Laboratorio	2x58W Tubi fluorescenti	4	116	0,5
P3-Laboratorio	1x58W Tubi fluorescenti	4	58	0,2
P3-Locali deposito	1x58W Tubi fluorescenti	6	58	0,3
P3-Servizi igienici	1x24W Tubi fluorescenti	13	24	0,3
P3-Servizi igienici	1x58W Tubi fluorescenti	10	58	0,6
P3-Sala medica	1x58W Tubi fluorescenti	4	58	0,2

ZONA TERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA UNITARIA [W]	POTENZA COMPLESSIVA [kW]
P3-Corridoi/disimpegno/vani scala	1x58W Tubi fluorescenti	18	58	1,0
P4-Aula	1x58W Tubi fluorescenti	24	58	1,4
P4-Aula	2x58W Tubi fluorescenti	12	116	1,4
P4-Biblioteca	2x58W Tubi fluorescenti	4	116	0,5
P4-Locali del personale	1x58W Tubi fluorescenti	4	58	0,2
P4-Locali deposito	1x58W Tubi fluorescenti	4	58	0,2
P4-Servizi igienici	1x24W Tubi fluorescenti	13	24	0,3
P4-Servizi igienici	1x58W Tubi fluorescenti	10	58	0,6

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

Attualmente è presente un impianto fotovoltaico installato sulla copertura piana dell'edificio, con una potenza di picco di circa 1,2 kWp.

Il suddetto impianto è costituito da 6 moduli in silicio monocristallino, installati con inclinazione di circa 35° e orientati verso sud. Si sottolinea che il contatore elettrico dell'edificio risulta collegato all'impianto fotovoltaico, ma non si è in grado di determinare quant'è l'energia elettrica mensile prodotta autoconsumata sul posto.

Figura 4.18 - Vista dell'impianto fotovoltaico



Tabella 4.12 – Caratteristiche impianto fotovoltaico

TIPO DI IMPIANTO	SUPERFICIE ⁽¹⁾ [mq]	TIPO DI MODULI ⁽¹⁾	POTENZA INSTALLATA ⁽¹⁾ [kW]	RENDIMENTO IMPIANTO	ENERGIA PRODOTTA ⁽²⁾ [kWh/anno]
Fotovoltaico	10,14	monocristallini	1,2	-	Non disponibile

Nota (1): Valori ipotizzati da rilievo

Nota (2): L'utenza collegata all'impianto fotovoltaico accede al meccanismo di scambio sul posto, ma sul portale e-distribuzione è disponibile solo l'energia elettrica immessa in rete mensile

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

5 CONSUMI RILEVATI

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

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

I vettori energetici analizzati sono i seguenti:

- Gas metano;
- Energia elettrica.

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 [Kg/Sm ³]	PCI [kWh/Nm ³]	FATTORE DI CONVERSIONE [Sm ³ /Nm ³]	PCI [kWh/Sm ³]
Metano	n/a	n/a	9,94 (*)	1,0549	9,42

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

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

- Centrale termica per il riscaldamento di tutti gli ambienti e per la produzione di acqua calda sanitaria per i servizi igienici.

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

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

L'analisi dei consumi storici di gas metano si basa sui m³ di gas metano forniti dalla società di distribuzione nel triennio di riferimento.

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

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

Combustibile: Gas metano

PDR	Utilizzo	2014 [Sm ³]	2015 [Sm ³]	2016 [Sm ³]	2014 [kWh]	2015 [kWh]	2016 [kWh]
03270017047224	Riscaldamento e produzione acs	49.611	52.675	45.171	467.336	496.200	425.517

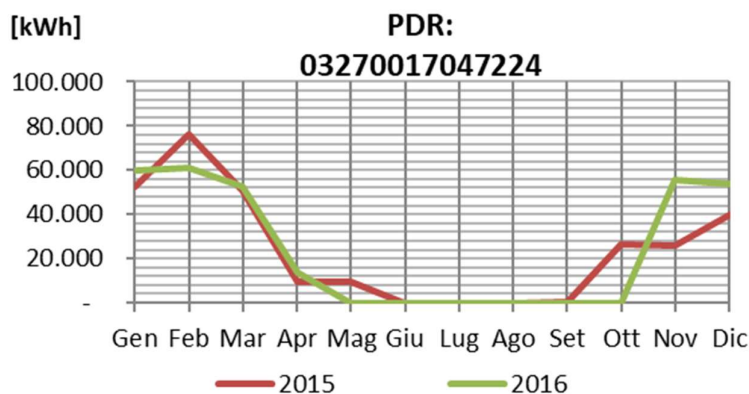
Parallelamente all'analisi dei consumi storici forniti dalla società di distribuzione termici si è provveduto alla valutazione dei consumi mensili fatturati nel triennio di riferimento. I consumi mensili fatturati dalla società di fornitura sono riportati nella tabella 5.3.

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

PDR: 03270017047224	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Mese di riferimento	[Sm ³]	[Sm ³]	[Sm ³]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	n.d.	5.583	6.351	n.d.	52.590	59.826
Febbraio	n.d.	8.102	6.469	n.d.	76.323	60.938
Marzo	n.d.	5.370	5.600	n.d.	50.585	52.752
Aprile	n.d.	998	1.464	n.d.	9.401	13.791
Maggio	n.d.	1.032	-	n.d.	9.721	-
Giugno	n.d.	-	-	n.d.	-	-
Luglio	n.d.	-	-	n.d.	-	-
Agosto	n.d.	-	-	n.d.	-	-
Settembre	n.d.	5	-	n.d.	47	-
Ottobre	n.d.	2.836	-	n.d.	26.715	-
Novembre	n.d.	2.744	5.935	n.d.	25.848	55.908
Dicembre	n.d.	4.201	5.733	n.d.	39.573	54.005
Totale	n.d.	30.871	31.552	n.d.	290.805	297.220

L'andamento dei consumi mensili fatturati è riportato nel grafico di figura 5.1.

Figura 5.1 – Andamento mensile dei consumi termici fatturati



Dall'analisi effettuata è emerso che il prelievo termico del triennio per il primo PDR è caratterizzato da un valore minimo pari a 26.687 m³ nel 2014, e un valore di massimo prelievo pari a 31.552 m³ nel 2016. I consumi annui hanno subito un aumento del 14 % nella stagione 2014-2015 e un aumento del 2% nella stagione 2015-2016. Tale aumento può essere dovuto all'incremento dei gradi giorno nelle stagioni termiche considerate e/o a un maggiore utilizzo dell'edificio nel corso degli anni.

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.

Tale consumo è stato valutato scorporando, dal consumo complessivo del contatore che alimenta la centrale termica, il contributo per la produzione di acqua calda sanitaria valutato in misura pari al 3,7% rispetto al consumo complessivo sulla base del modello teorico di calcolo.

È 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 in misura pari al 3,7% rispetto al consumo complessivo sulla base del modello teorico di calcolo;

\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. Tale contributo non è stato valutato in quanto i suddetti utilizzi non sono presenti.

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 relativi al triennio di riferimento.

Tabella 5.4 – Normalizzazione dei consumi annuali di energia termica

ANNO	GG _{REALI} SU 127 GIORNI	GG _{RIF} SU 127 GIORNI	CONSUMO REALE RISC. [Smc]	CONSUMO REALE RISC. [kWh]	α_{rif}	CONSUMO NORMALIZZATO A 1072 GG [kWh]	CONSUMO ACS [kWh]	CONSUMO ALTRO [kWh]
2014	1.065	1.072	25.711	242.197	227,4	243.746	9.194	-
2015	1.115	1.072	30.348	285.875	256,4	274.810	10.853	-
2016	1.140	1.072	31.626	297.921	261,4	280.144	11.310	-
Media	1.106	1.072	29.228	275.331	248	266.233	10.452	-

Come si può notare dai dati riportati il comportamento energetico dell'edificio è stato caratterizzato da un aumento dei consumi nel corso degli anni. I consumi per il riscaldamento hanno subito un aumento del 11,3 % nella stagione 2014-2015 e un aumento del 0,2% nella stagione 2015-2016. Tale aumento può essere dovuto all'incremento dei gradi giorno nelle stagioni termiche considerate e/o a un maggiore utilizzo dell'edificio nel corso degli anni. I consumi per la produzione di acqua calda sanitaria hanno subito un aumento del 15,3 % nella stagione 2014-2015 e un aumento del 4% nella stagione 2015-2016. Tale aumento può essere dovuto a un maggiore utilizzo dell'edificio nel corso degli anni.

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

Tabella 5.5 – Individuazione della Baseline termica

GRANDEZZA	VALORE
	[kWh]
\bar{Q}_{ACS}	10.452
\bar{Q}_{ALTRO}	-
$\bar{a}_{rif} \times GG_{rif}$	266.233
$Q_{baseline}$	276.686

Energia elettrica

La fornitura di energia elettrica avviene tramite la presenza di un contatore il quale risulta a servizio dell'intero edificio.

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 sui kWh ottenuti dai dati di fatturazione rilevati nel triennio di riferimento.

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

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

POD	ZONA SERVITA	2014	2015	2016	MEDIA
		[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
IT001E00097197	Scuola Secondaria di I grado "Luca Cambiaso" e Scuola Primaria "Giuseppe Fanciulli"	46.250	48.605	52.827	49.227
TOTALE		46.250	48.605	52.827	49.227

Tali consumi sono stati confrontati con i consumi annui elaborati e forniti dalla PA. I dati forniti dalla PA risultano sempre più elevati: valore è più alto di 3.113 kWh nel 2014, valore più alto di 1.797 kWh in nel 2015, valore più alto di 4.607 kWh nel 2016.

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

Si è pertanto definito un consumo $EE_{baseline}$ pari a 49.227kWh.

I consumi mensili fatturati dalla società di fornitura sono riportati nella Tabella 5.7.

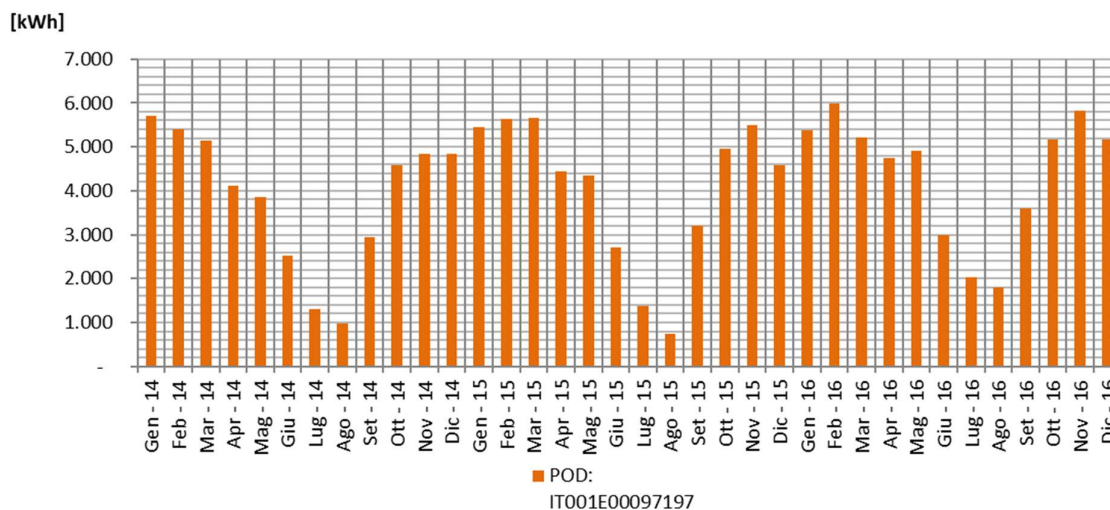
Tabella 5.7 – Consumi mensili di energia elettrica suddivisi per fasce, per il triennio di riferimento

POD: IT001E00097197	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	4.511	570	616	5.697
Febbraio	4.417	562	426	5405
Marzo	4.084	550	513	5.147
Aprile	3087	522	516	4125
Maggio	2808	486	571	3865
Giugno	1733	354	439	2526
Luglio	648	233	414	1295
Agosto	269	232	470	971

POD: IT001E00097197	F1	F2	F3	TOTALE
Settembre	2114	375	463	2952
Ottobre	3553	578	460	4591
Novembre	3658	577	613	4848
Dicembre	3567	612	649	4828
Totale	34.449	5.651	6.150	46.250
POD: IT001E00097197	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	4.159	627	651	5.437
Febbraio	4.484	644	505	5633
Marzo	4.399	687	565	5.651
Aprile	3377	528	542	4447
Maggio	3120	571	645	4336
Giugno	1754	464	486	2704
Luglio	726	247	411	1384
Agosto	279	153	321	753
Settembre	2365	391	455	3211
Ottobre	3870	600	481	4951
Novembre	4273	629	604	5506
Dicembre	3356	560	676	4592
Totale	36.162	6.101	6.342	48.605
POD: IT001E00097197	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	4.017	632	718	5.367
Febbraio	4.713	671	613	5997
Marzo	3.865	672	670	5.207
Aprile	3316	686	742	4744
Maggio	3683	637	599	4919
Giugno	1802	546	651	2999
Luglio	861	440	741	2042
Agosto	676	393	720	1789
Settembre	2324	520	748	3592
Ottobre	3616	744	814	5174
Novembre	4290	761	778	5829
Dicembre	3382	725	1061	5168
Totale	36.545	7.427	8.855	52.827

Si riporta nella Figura 5.2 il profilo elettrico reale relativo al triennio di riferimento.

Figura 5.2 – Profilo elettrico reale relativo al triennio di riferimento



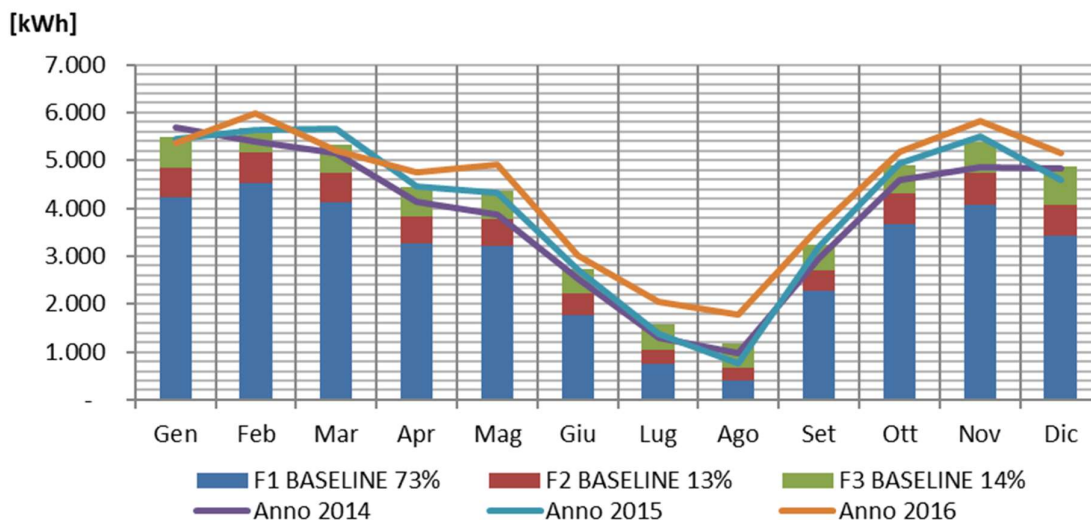
Dall'analisi effettuata è stato possibile definire i profili mensili dei consumi elettrici di Baseline, valutati come la media dei valori mensili analizzati nel triennio di riferimento. Tali valori sono riportati nella Tabella 5.8.

Tabella 5.8 – Consumi mensili di Baseline

BASILINE	F1	F2	F3	TOTALE
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	4.229	610	662	5.500
Febbraio	4.538	626	515	5.678
Marzo	4.116	636	583	5.335
Aprile	3.260	579	600	4.439
Maggio	3.204	565	605	4.373
Giugno	1.763	455	525	2.743
Luglio	745	307	522	1.574
Agosto	408	259	504	1.171
Settembre	2.268	429	555	3.252
Ottobre	3.680	641	585	4.905
Novembre	4.074	656	665	5.394
Dicembre	3.435	632	795	4.863
Totale	35.719	6.393	7.116	49.227

L'andamento dei consumi elettrici mensili nel triennio di riferimento e di Baseline è riportato nel grafico di figura 5.3.

Figura 5.3 – Confronto tra i profili mensili elettrici reali e i valori di Baseline per il triennio di riferimento

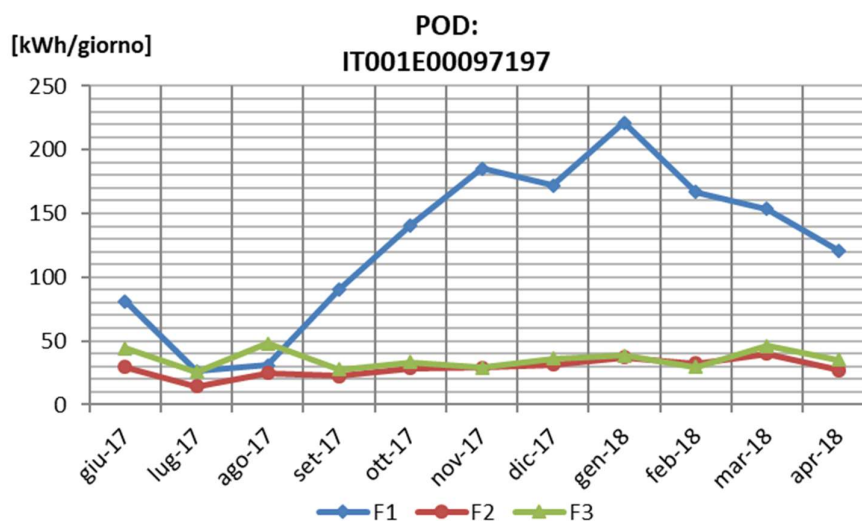


I profili di prelievo mensili nel triennio di riferimento presentano andamenti sinusoidali, per il maggior utilizzo da Settembre a Maggio compresi rispetto ai mesi estivi, con il picco di utilizzo tra Gennaio e Febbraio. Nel mese di Agosto è stato rilevato un consumo visto l'utilizzo dell'edificio per attività estive.

È stato inoltre possibile rappresentare i profili giornalieri medi dei consumi elettrici accedendo alle informazioni fornite dalla società di distribuzione dell'energia elettrica, la quale rende disponibili le letture dei prelievi di energia elettrica nell'ultimo giorno del mese suddivise per fascia. Si è pertanto analizzato il profilo giornaliero medio di ogni mese sulla base dei giorni di utilizzo, ad eccezione del mese di Maggio perché al momento di realizzazione della diagnosi sono risultate disponibili le letture dal 31 Maggio 2017 al 30 Aprile 2018.

L'andamento dei profili giornalieri di consumo è riportato nei grafici in **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata..**

Figura 5.4 – Profilo giornaliero medio dei consumi elettrici per il POD IT001E00097197



Dai grafici così ottenuti si rileva un andamento molto variabile dei consumi soprattutto per la fascia F1 con una diminuzione netta dei consumi giornalieri verso l'estate e un picco di utilizzo nel mese di Gennaio; mentre i consumi in fascia F2 e F3 hanno un leggero aumento nei mesi invernali. Tali andamenti risultano coerenti rispetto alle caratteristiche di utilizzo dell'edificio e delle utenze rilevate in sede di sopralluogo.

5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI

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

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

Tabella 5.9 - Fattori di emissione di CO₂.

COMBUSTIBILE	FATTORE DI CONVERSIONE tCO ₂ /MWh
Energia elettrica	* 0,467
Gas naturale	* 0,202

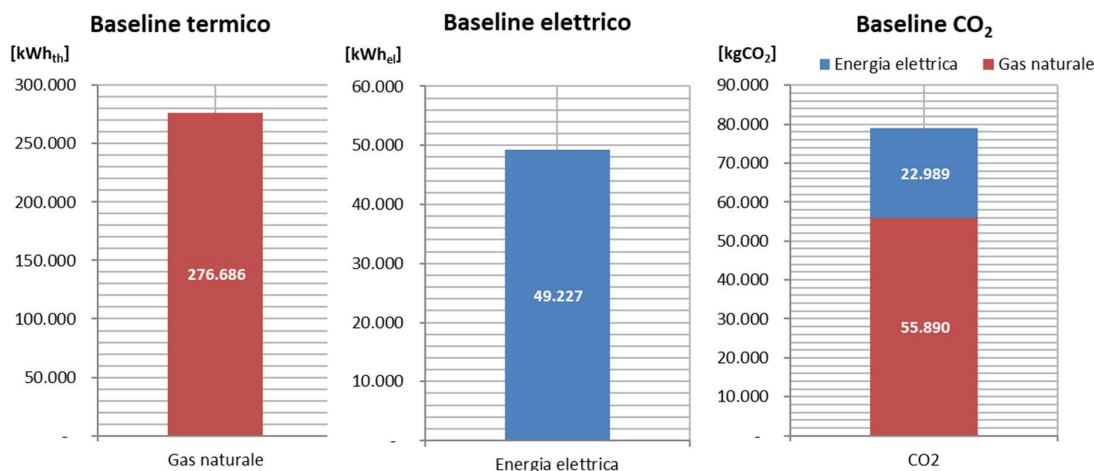
* da "Linee Guida Patto dei Sindaci" per anno 2010

Applicando tali fattori di conversione è stato possibile valutare la Baseline delle emissioni di CO₂, come riportato nella Tabella 5.10 – Baseline delle emissioni di CO₂. e nella Figura 5.5.

Tabella 5.10 – Baseline delle emissioni di CO₂.

COMBUSTIBILE	CONSUMO DI BASELINE [kWh]	FATTORE DI CONVERSIONE [tCO ₂ /MWh]	[tCO ₂]
Energia elettrica	49.227	* 0,467	22,98
Gas naturale	276.686	* 0,202	55,89

Figura 5.5 – Rappresentazione grafica della Baseline e delle emissioni di CO₂.



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

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

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

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

Tabella 5.12 – Fattori di riparametrizzazione

PARAMETRO		VALORE	U.M.
FATTORE 1	Superficie netta riscaldata	4.453,46	m ²
FATTORE 2	Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	4.557,35	m ²
FATTORE 3	Volume lordo riscaldato	18.871,50	m ³

Nella Tabella 5.13 e nella tabella 5.15 sono riportati gli indicatori di performance valutati coerentemente con quanto riportato nella sezione 2.5 dell'Allegato J – Schede di audit.

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

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE [kWh/anno]	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA TOTALE	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA TOTALE [kWh/anno]	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA TOTALE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1 [kWh/m ²]	FATTORE 2 [kWh/m ²]	FATTORE 3 [kWh/m ³]	FATTORE 1 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 2 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 3 [Kg CO ₂ /m ³]
Energia elettrica	49.227	2,42	119.130	26,75	26,14	6,31	5,16	5,04	1,22
Gas naturale	276.686	1,05	290.520	65,23	63,75	15,39	12,55	12,26	2,96
TOTALE	325.913		409.650	91,98	89,89	21,71	17,71	17,31	4,18

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

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE [kWh/anno]	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA NON RINN.	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA NON RINN. [kWh/anno]	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1 [kWh/m ²]	FATTORE 2 [kWh/m ²]	FATTORE 3 [kWh/m ³]	FATTORE 1 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 2 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 3 [Kg CO ₂ /m ³]
Energia elettrica	49.227	1,95	95.993	21,55	21,06	5,09	5,16	5,04	1,22
Gas naturale	276.686	1,05	290.520	65,23	63,75	15,39	12,55	12,26	2,96
TOTALE	325.913		386.513	86,79	84,81	20,48	17,71	17,31	4,18

Figura 5.6 – Indicatori di performance e relative emissioni di CO2 valutati in funzione della superficie utile riscaldata

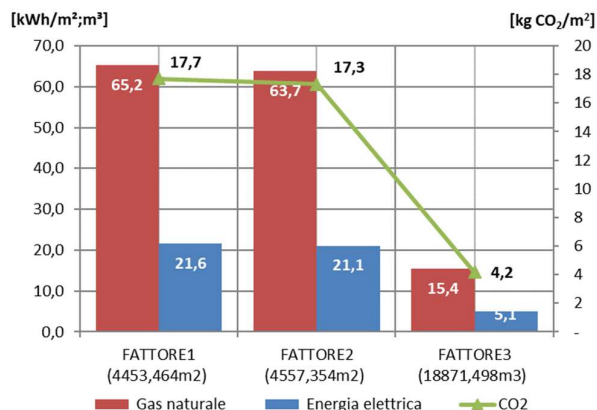
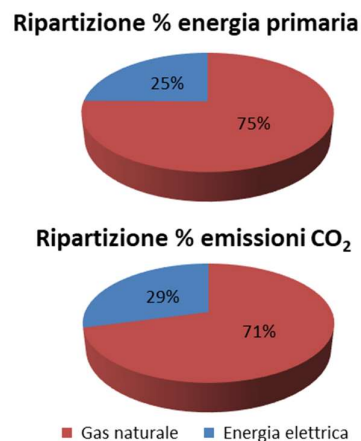


Figura 5.7 – Ripartizione % dei consumi di energia primaria e delle relative emissioni di CO2



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

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

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

La formula definita è sotto riportata:

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

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

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

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

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

Tabella 5.15 – Indicatori di performance energetici

COMBUSTIBILE	IEN _R			IEN _E		
	Wh/(m³ GG anno)			Wh/(m² anno)		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Gas Naturale	12,05	13,59	13,85	-	-	-
Energia elettrica	-	-	-	10,15	10,67	11,59

È stato quindi possibile effettuare un raffronto con le classi di merito riportate nelle suddette Linee Guida ENEA – FIRE.

Classi di merito dei consumi specifici di riferimento per riscaldamento

$Wh_t / m^3 \times GG \times anno$

	Buono	Sufficiente	Insufficiente
Materne	minore di 18,5	da 18,5 a 23,5	maggiore di 23,5
Elementari	minore di 11,0	da 11,0 a 17,5	maggiore di 17,5
Medie, Secondarie Sup.	minore di 11,5	da 11,5 a 15,5	maggiore di 15,5

Classi di merito dei consumi specifici di riferimento per energia elettrica

$kWh_e / m^2 \times anno$

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

Dal confronto con le linee guida ENEA - FIRE si deduce che la classe di merito dei consumi specifici per il riscaldamento e per l'energia elettrica sono "sufficienti" in tutto il triennio. Da questa analisi emerge che i consumi di metano ed energia elettrica sono già sufficientemente bassi.

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 e UNI-TS 11300-4:2016.

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	235,8	227,1
Climatizzazione invernale	EP_H	kWh/mq anno	190,9	190,4
Produzione di acqua calda sanitaria	EP_w	kWh/mq anno	4,1	3,9
Ventilazione	EP_v	kWh/mq anno	0,0	0,0
Raffrescamento	EP_c	kWh/mq anno	0,0	0,0
Illuminazione artificiale	EP_L	kWh/mq anno	39,7	32,0
Trasporto di persone e cose	EP_T	kWh/mq anno	1,0	0,8
Emissioni equivalenti di CO2	CO_{2eq}	Kg/mq anno	45,62	227,1

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 [kWh/anno]	CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE [kWh/anno]
Gas Naturale	808.500	848.925
Energia Elettrica	81.997	159.894

Il modello di calcolo utilizzato deve essere validato attraverso il confronto dei fabbisogni 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 [kWh/el]
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
Energia elettrica esportata dall'impianto a fonti rinnovabili	$E_{exp, el}$

Validazione del modello termico

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

Si è quindi provveduto alla simulazione dei parametri reali di utilizzo dell'edificio considerando le informazioni avute a disposizione sull'utilizzo dell'edificio e sui sistemi di produzione dell'energia termica ed elettrica presenti al suo interno e i dati rilevati durante il sopralluogo.

Nella Tabella 6.6 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	90,0	84,2
Climatizzazione invernale	EP_H	kWh/mq anno	64,6	64,2
Produzione di acqua calda sanitaria	EP_w	kWh/mq anno	3,4	3,2
Ventilazione	EP_v	kWh/mq anno	0,0	0,0
Raffrescamento	EP_c	kWh/mq anno	0,0	0,0

Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	21,0	16,0
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	1,0	0,8
Emissioni equivalenti di CO2	CO _{2eq}	Kg/mq anno	17,70	17,70

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	29.127	275.250
Energia Elettrica	-	50.726

La validazione del modello energetico termico è stata effettuata confrontando il consumo energetico di baseline ($Q_{baseline}$) così come definito al precedente capitolo 0 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]	[%]
275.250	276.686	0,52%

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

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]	[%]
50.726	49.227	2,95%

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

6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

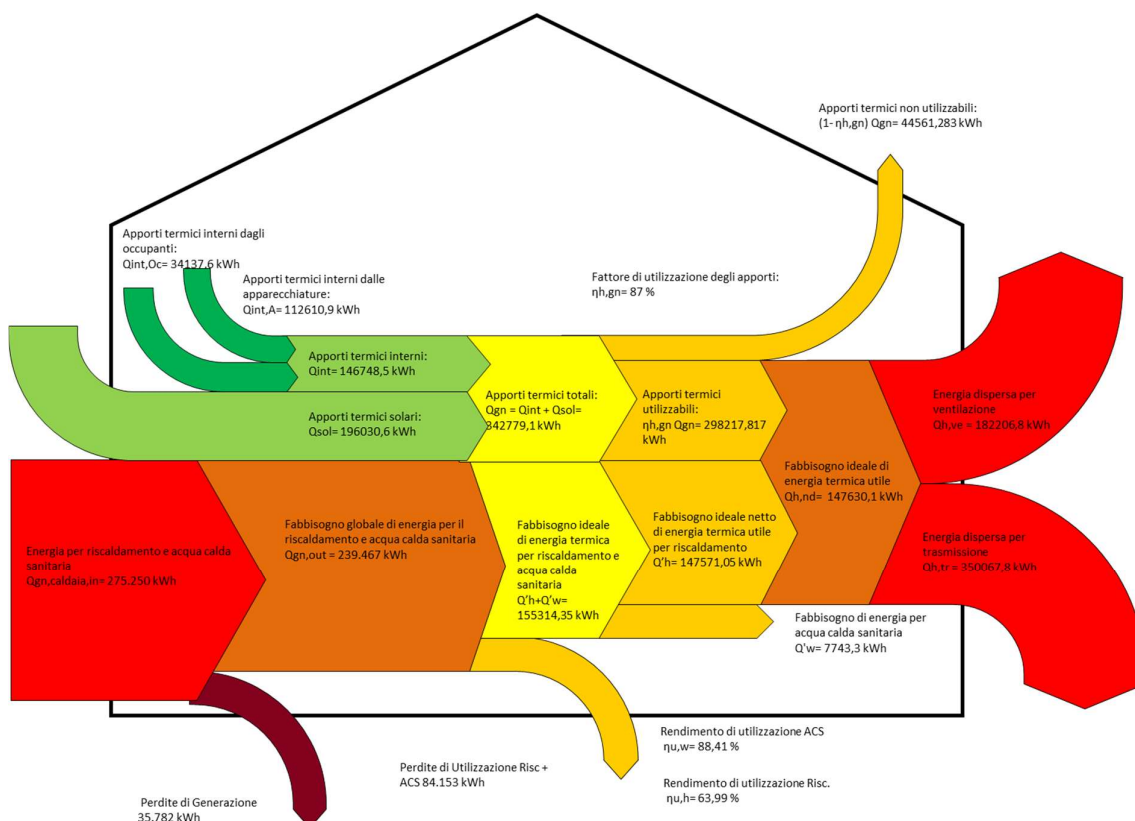
Al fine di valutare la prestazione energetica del sistema edificio-impianti si è reso necessario predisporre i risultati della modellazione energetica nella forma di un bilancio energetico che descriva l'andamento dei flussi energetici caratteristici dell'edificio in modo da valutare in maniera puntuale 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 valori rappresentati a bilancio sono valori indicizzati in kWh/(m² anno), sulla base delle superfici utili delle zone riscaldate e/o climatizzate.

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

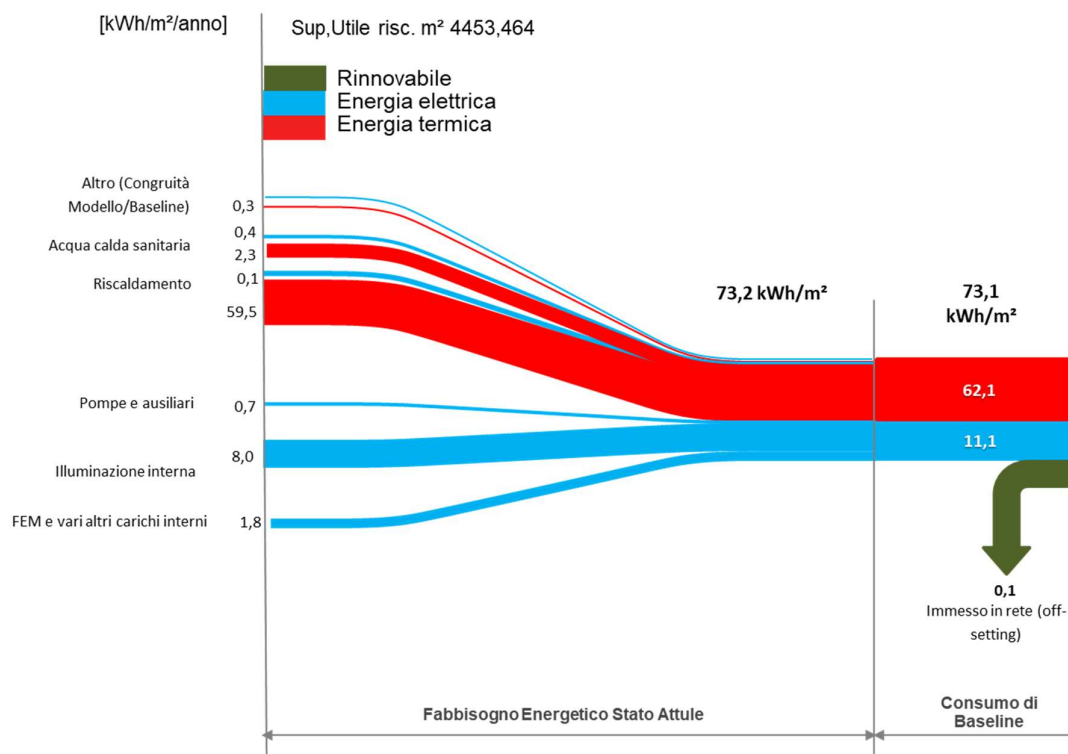
Figura 6.1 – Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell’edificio allo stato attuale



L’analisi del diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell’edificio riguarda solo il riscaldamento ed è possibile notare che l’edificio oggetto di DE non presenta né energia recuperata nel sottosistema di generazione né energia termica da fonte rinnovabile. Il fattore di utilizzazione degli apporti gratuiti è 87% mentre il rendimento di utilizzazione del sistema di riscaldamento è pari a 64%.

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

Figura 6.2 – Bilancio energetico complessivo dell'edificio



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 – Congruietà” è valutato in due modi differenti a seconda che i consumi teorici ricavati dalla modellazione siano sovrastimati o meno rispetto alla Baseline.

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

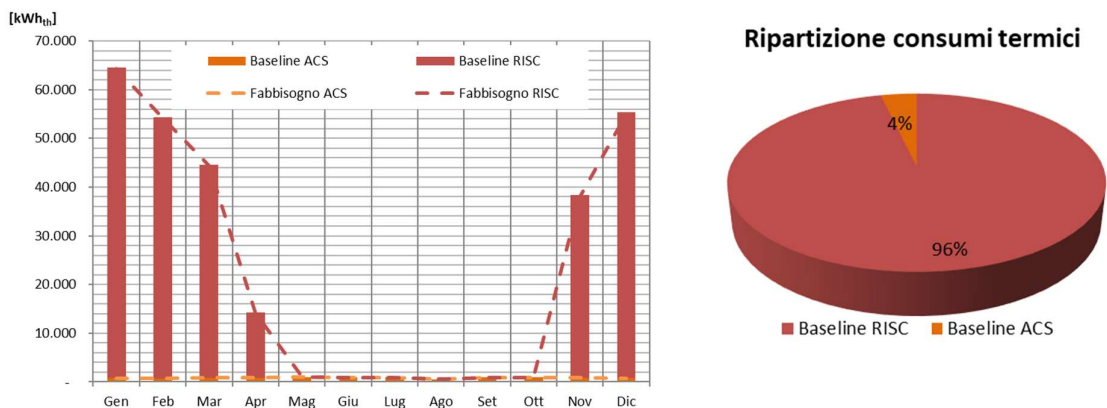
Nel caso in cui, invece i consumi teorici siano inferiori rispetto alla Baseline il termine “Altro – Congruietà” rappresenta la differenza per eccesso tra i consumi specifici di Baseline ed i consumi teorici.

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 che tutti i consumi termici siano da attribuirsi all'utilizzo per il riscaldamento dei locali per circa il 96%.

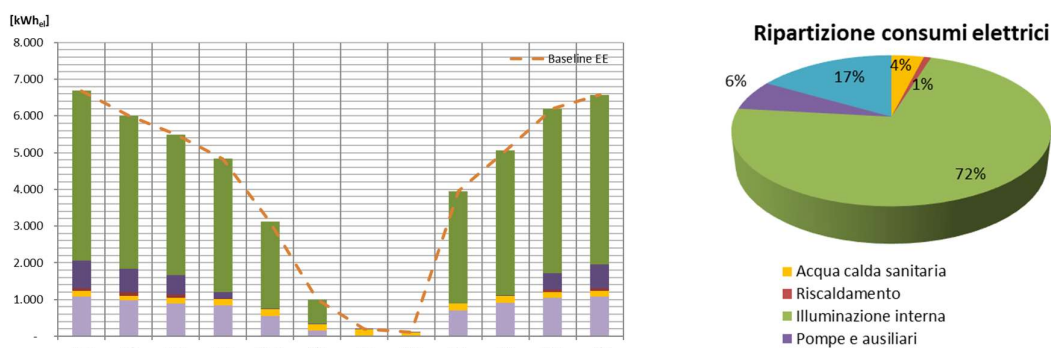
Pertanto tra gli interventi migliorativi proposti si andranno a migliorare anche i componenti per la climatizzazione invernale dell'edificio.

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 per il 72% all'utilizzo per l'illuminazione dei locali. Pertanto tra gli interventi migliorativi proposti si andrà a migliorare l'impianto di illuminazione o a ridurre i consumi elettrici installando un impianto fotovoltaico.

7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO

7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI

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

Vettore termico

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

- PDR 1 – 03270017047224: contratto di fornitura del solo 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 7.1 si riportano le principali caratteristiche del contratto di fornitura del vettore termico per gli anni di riferimento.

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

PDR: 03270017047224	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura – Viale Virginia Centurione Bracelli, 57, 16142 Genova (GE)			
Dati di intestazione fattura	Non disponibile	Comune di Genova	Comune di Genova
Società di fornitura : fino a Marzo 2015: (1); da Aprile 2015 a Marzo 2016: (2); da Aprile 2016: (3)	Non disponibile	(1): Iren Mercato spa (2): Eni spa	(2): Eni spa (3): Energetic spa
Inizio periodo fornitura	Non disponibile	(1): 14/10/1976 (2): 01/04/2015	(2): 01/04/2015 (3): 01/04/2016
Fine periodo fornitura	Non disponibile	(1): 31/03/2015	(2): 31/03/2016
Classe del contatore	Non disponibile	(1): Contatore elettronico (2): G0004	(2): G0004 (3): Misuratore gas con correttore automatico
Tipologia di contratto	Non disponibile	(1): Punto di riconsegna per servizio pubblico (2): utenze con attività di servizio pubblico	(2): utenze con attività di servizio pubblico (3): punto di riconsegna per usi diversi
Opzione tariffaria ⁽¹⁾	Non disponibile	Non disponibile	Non disponibile
Valore del coefficiente correttivo dei consumi	Non disponibile	1	1
Potere calorifico superiore convenzionale del combustibile	Non disponibile	(1): 38,19 MJ/Sm ³ (2): 38,19 MJ/Sm ³	(2): 38,19 MJ/Sm ³ (3): 39,04 MJ/Sm ³
Prezzi di fornitura del combustibile ^(*) (IVA INCLUSA)	Non disponibile	(1) ⁽³⁾ : 0,42 €/Sm ³ (2): 0,28 €/Sm ³	(2): 0,30 €/Sm ³ (3): 0,25 €/Sm ³

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

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

Nota (3): Il costo di fornitura relativo al contratto è riportato senza iva in quanto soggetto sia ad aliquota agevolata sia ad aliquota ordinaria.

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

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

PDR: 03270017047224	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	2.864,28	967,89	0,00	1.402,38	1.136,64	6.371,19	62.977	0,101
Feb - 15	3.003,67	1.014,99	0,00	1.470,63	1.191,95	6.681,24	66.041	0,101
Mar - 15	2.295,92	775,83	0,00	1.124,11	911,10	5.106,95	50.480	0,101
Apr - 15	283,06	15,41	91,84	185,63	126,71	702,65	9.401	0,075
Mag - 15	292,57	15,41	94,97	191,95	130,88	725,78	9.721	0,075
Giu - 15	-	15,41	-	-	3,39	18,80	-	-
Lug - 15	-	15,41	-	-	3,39	18,80	-	-
Ago - 15	-	3,85	-	-	0,85	4,70	-	-
Set - 15	1	3,85	0,46	0,93	1,45	8,05	47	0,171
Ott - 15	777,84	7,70	261,85	600,66	362,57	2.010,63	26.715	0,075
Nov - 15	753,58	7,70	253,36	581,18	351,08	1.946,89	25.848	0,075
Dic - 15	1.157,16	3,85	387,88	781,39	512,66	2.842,94	39.573	0,072
Totale	11.429,43	2.847,30	1.090,36	6.338,86	4.732,67	26.438,63	290.805	0,091
PDR: 03270017047224	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	1.638,87	3,52	707,61	1.306,41	764,55	4.420,96	59.826	0,074
Feb - 16	1.669,31	3,52	597,65	1.370,13	800,93	4.441,54	60.938	0,073
Mar - 16	1.445,07	3,52	517,37	1.186,08	693,45	3.845,49	52.752	0,073
Apr - 16	289,57	88,88	140,39	310,07	182,36	1.011,27	13.791	0,073
Mag - 16	-	88,88	0,00	0,00	19,55	108,43	-	-
Giu - 16	-	88,88	0,00	0,00	19,55	108,43	-	-
Lug - 16	-	88,88	0,00	0,00	19,55	108,43	-	-
Ago - 16	-	88,88	0,00	0,00	19,55	108,43	-	-
Set - 16	0,00	88,88	0,00	0,00	19,55	108,43	-	-
Ott - 16	0,00	88,88	0,00	0,00	19,55	108,43	-	-
Nov - 16	1.399,68	88,88	508,55	597,43	570,80	3.165,34	55.908	0,057
Dic - 16	1.346,96	88,88	491,24	580,12	551,58	3.058,78	54.005	0,057
Totale	7.789,46	810,48	2.962,81	5.350,24	3.681,00	20.593,99	297.220	0,069

Per il 2014 è stato considerato il costo unitario del vettore termico definito dall' Autorità per l'energia elettrica il gas e il sistema idrico (AEEGSI).

Nel grafico in Figura 7.1 è riportato l'andamento del costo unitario del vettore termico nel triennio di riferimento.

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

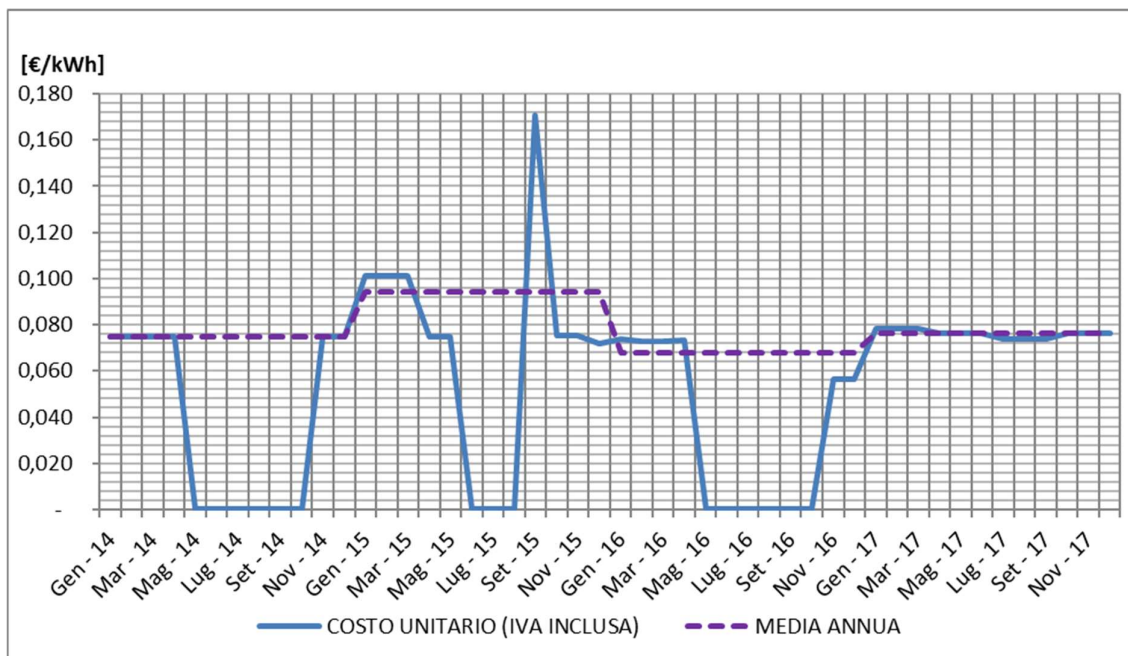
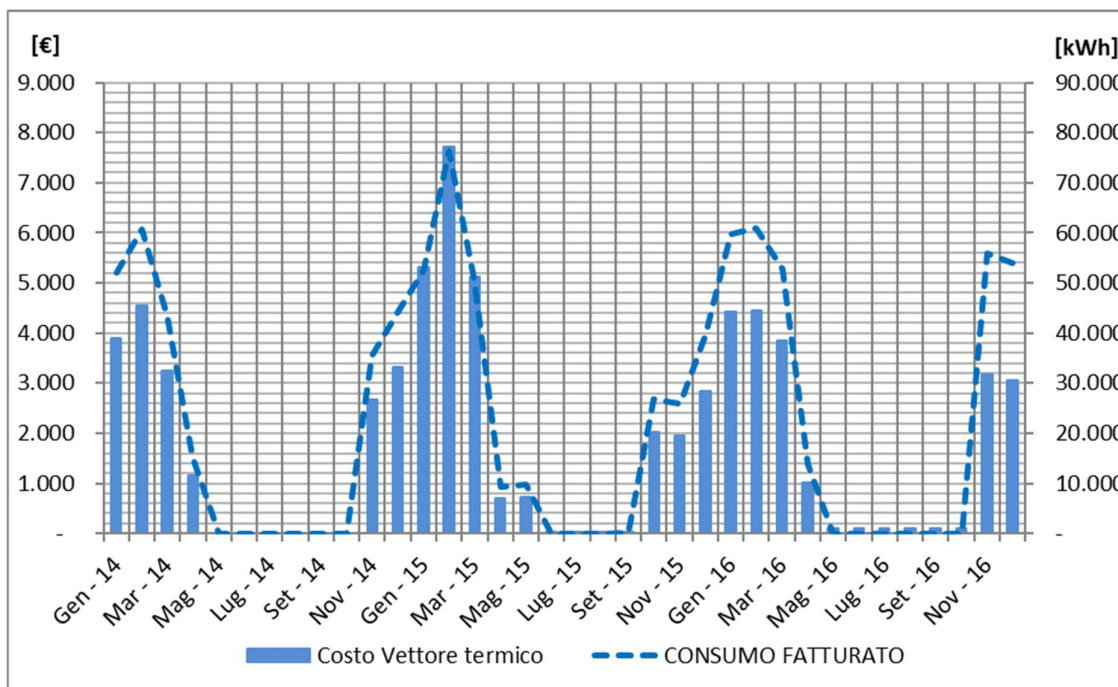


Figura 7.2 – Andamento dei consumi e dei costi dell’energia termica



Dall’analisi effettuata risulta evidente che l’andamento dei costi sinusoidale con valori praticamente nulli durante il periodo di non funzionamento del riscaldamento; nei mesi estivi del 2016 il costo unitario si innalza molto per la forte incidenza dei costi fissi rispetto ad un consumo molto basso.

Vettore elettrico

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

- POD 1 – IT001E00097197: 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 7.3 si riportano le principali caratteristiche del contratto di fornitura del vettore termico per gli anni di riferimento.

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

POD: IT001E00097197	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura – Viale Virginia Centurione Bracelli, 57, 16142 Genova (GE)			
Dati di intestazione fattura	Comune di Genova	Comune di Genova	Comune di Genova
Società di fornitura: fino a Marzo 2015 (1); da Aprile 2015 a Marzo 2016: (2); da Aprile 2016 (3)	Edison Energia spa	(1): Edison Energia spa (2): Gala spa	(2):Gala spa (3): Iren Mercato spa
Inizio periodo fornitura	01/01/2013	(1): 01/01/2014 (2): 01/04/2015	(2): 01/04/2015 (3): 01/01/2016
Fine periodo fornitura	31/03/2015	(1): 31/03/2015 (2): 31/03/2016	(2): 31/03/2016
Potenza elettrica impegnata	31 kW	(1): 31 kW (2): 25 kW	(2): 25 kW (3): 25 kW
Potenza elettrica disponibile	31 kW	(1): 31 kW (2): 27,5 kW	(2): 27,5 kW (3): 27,5 kW
Tipologia di contratto	Forniture in BT (escluso IP)	(1): Forniture in BT (escluso IP) (2): CONSIP EE12 – Lotto 2	(2): CONSIP EE12 – Lotto 2 (3): CONSIP13 VERDE - L0390
Opzione tariffaria ⁽¹⁾	Non disponibile	Non disponibile	Non disponibile
Prezzi del fornitura dell'energia elettrica (IVA INCLUSA) ⁽²⁾	0,077	(1): 0,077 (2): 0,044	(2): 0,045 (3): 0,050

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

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

Nella Tabella 7.4 si riporta l'andamento del costo del vettore elettrico nel triennio di riferimento, suddiviso nelle varie componenti.

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

POD: IT001E00097197	QUOTA ENERGIA VENDITA	ONERI DI DISPACCIAMENTO	SERIVZI DI RETE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen – 14	453,01	74,53	503,93	71,21	110,27	1.212,95	5.697	0,21
Feb – 14	433,09	76,56	487,19	67,56	106,44	1.170,84	5.405	0,22
Mar – 14	410,01	66,54	467,77	64,34	100,87	1.109,53	5.147	0,22
Apr – 14	325,72	73,99	400,33	51,56	85,16	936,76	4.125	0,23
Mag – 14	302,12	65,16	380,17	48,31	79,58	875,34	3.865	0,23
Giu – 14	195,27	43,47	281,98	31,58	55,23	607,53	2.526	0,24
Lug – 14	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	337,17	1.295	0,26
Ago – 14	67,71	16,02	156,13	12,14	25,20	277,20	971	0,29

Set – 14	228,54	47,13	313,87	36,90	62,64	689,08	2.952	0,23
Ott – 14	359,66	67,26	447,94	57,39	93,23	1.025,48	4.591	0,22
Nov – 14	372,68	71,09	468,50	60,60	97,29	1.070,16	4.848	0,22
Dic – 14	362,29	70,82	466,90	60,35	96,04	1.056,40	4.828	0,22
Totale	3.816,62	672,57	4.374,71	561,94	942,58	10.368,42	46.250	0,22
POD: IT001E00097197	QUOTA ENERGIA VENDITA	ONERI DI DISPACCIAMENTO	SERIVZI DI RETE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen – 15	395,75	70,91	497,22	67,96	103,18	1.135,02	5.437	0,21
Feb – 15	395,68	74,37	512,22	70,41	105,27	1.157,95	5.633	0,21
Mar – 15	379,53	74,59	513,59	70,64	103,84	1.142,19	5.651	0,20
Apr – 15	198,11	55,24	433,11	55,59	74,21	816,26	4.447	0,18
Mag – 15	185,72	54,01	416,44	54,20	71,04	781,41	4.336	0,18
Giu – 15	101,10	33,60	290,26	33,80	45,88	504,64	2.704	0,19
Lug – 15	57,51	15,14	191,29	17,30	28,12	309,36	1.384	0,22
Ago – 15	31,66	8,23	141,29	9,41	19,06	209,65	753	0,28
Set – 15	114,28	35,11	333,43	40,14	52,30	575,26	3.211	0,18
Ott – 15	167,74	40,84	492,35	61,89	76,28	839,10	4.951	0,17
Nov – 15	188,36	44,97	538,33	68,83	84,05	924,54	5.506	0,17
Dic – 15	317,70	40,47	481,49	57,40	89,71	986,77	4.592	0,21
Totale	2.533,14	547,48	4.841,02	607,57	852,92	9.382,13	48.605	0,19
POD: IT001E00097197	QUOTA ENERGIA VENDITA	ONERI DI DISPACCIAMENTO	SERIVZI DI RETE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen – 16	318,03	61,10	512,20	67,09	95,84	1.054,26	5.367	0,20
Feb – 16	214,15	69,81	556,30	74,96	91,52	1.006,74	5.997	0,17
Mar – 16	244,56	59,30	479,98	65,09	84,89	933,82	5.207	0,18
Apr – 16	173,63	77,93	445,88	59,30	75,67	832,41	4.744	0,18
Mag – 16	199,00	80,79	458,24	61,49	79,95	879,47	4.919	0,18
Giu – 16	129,88	49,26	311,07	37,49	52,77	580,47	2.999	0,19
Lug – 16	100,37	44,26	237,02	25,53	40,72	447,90	2.042	0,22
Ago – 16	75,00	38,78	217,51	22,36	35,37	389,02	1.789	0,22
Set – 16	183,18	77,84	358,39	44,90	66,43	730,74	3.592	0,20
Ott – 16	335,73	83,47	481,63	64,68	96,55	1.062,06	5.174	0,21
Nov – 16	429,19	92,79	533,09	72,86	112,79	1.240,72	5.829	0,21
Dic – 16	355,22	81,13	480,85	64,60	98,18	1.079,98	5.168	0,21
Totale	2.757,94	816,46	5.072,16	660,35	930,69	10.237,60	52.827	0,19

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

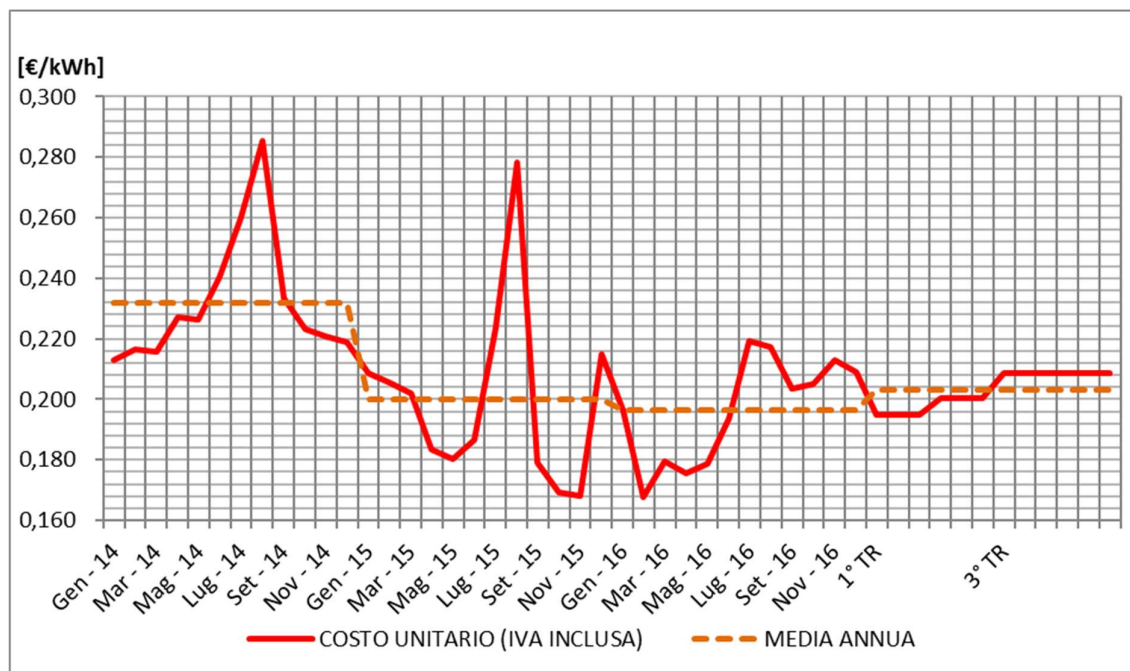
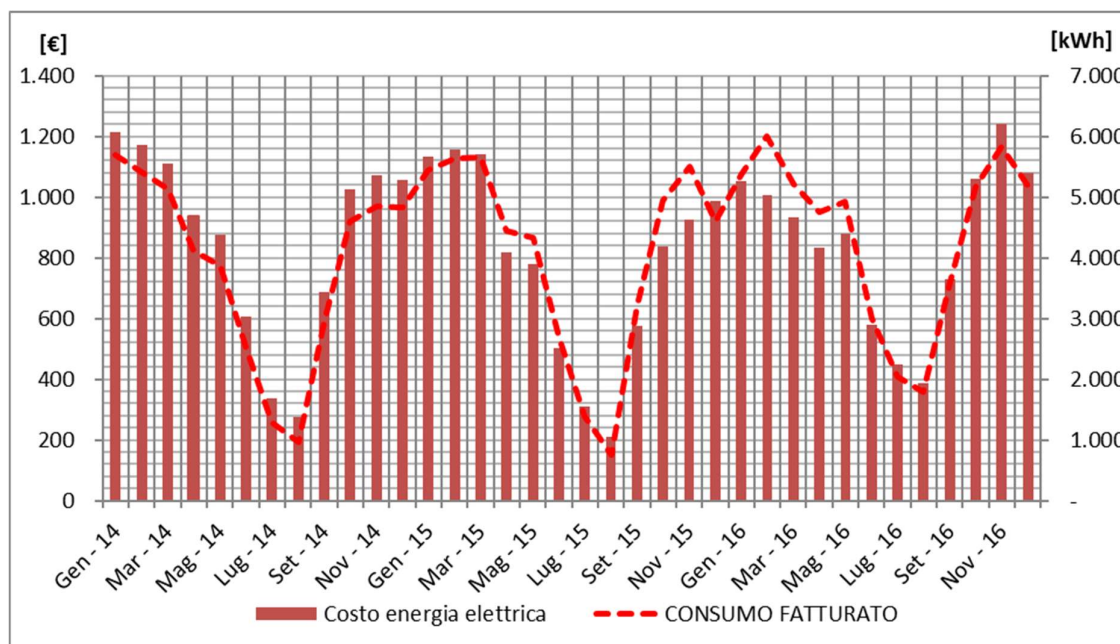


Figura 7.4 – Andamento dei consumi e dei costi dell’energia elettrica



Dall’analisi effettuata risulta evidente che l’andamento dei costi sinusoidale con valori più bassi durante il periodo estivo; anche il costo unitario presenta un andamento sinusoidale con valori più alti nel 2014 rispetto agli anni successivi. Nei mesi estivi il costo unitario si innalza molto per la forte incidenza dei costi fissi rispetto ad un consumo molto basso.

7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI

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

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

Tabella 7.5 - Sintesi dei consumi nel triennio di riferimento

ANNO	VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			TOTALE
	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[€]
2014	251.391	18.823,66	0,075	46.250	10.368,42	0,22	29.192,09
2015	290.805	26.438,63	0,091	48.605	9.382,13	0,19	35.820,76
2016	297.220	20.593,99	0,069	52.827	10.237,60	0,19	30.831,59
Media	279.805	21.952,09	0,078	49.227	9.996,05	0,20	31.948,14

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

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo unitario dell'energia termica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	C _{uQ}	0,077 [€/kWh]
Costo unitario dell'energia elettrica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	C _{uEE}	0,202 [€/kWh]

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

7.3 COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI

Il contratto di conduzione e manutenzione dell'impianto termico definisce per l'edificio oggetto della DE un canone annuale relativo alla conduzione e gestione dell'impianto termico, comprensiva della manutenzione ordinaria, preventiva, programmata e straordinaria, relativa ai seguenti impianti:

- L1-042-204: servizio di conduzione e manutenzione caldaia con potenza > 35 kW

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.

Nel caso di impianti non oggetto di fornitura di energia, il costo della manutenzione C_M è pari al valore contrattuale della conduzione e manutenzione (C_{SIE3}) come fornito all'interno del file kyotoBaseline-E699. In questo caso i costi della manutenzione sono ripartiti in una quota ordinaria (C_{MO}) e in una quota straordinaria (C_{MS}) come segue:

$$C_{MS} = 0.1 \times C_M$$

$$C_{MO} = 0.9 \times C_M$$

Ai fini del calcolo della Baseline dei costi si sono pertanto assunti i valori di riportati nella Tabella 7.7.

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo per la gestione e manutenzione ordinaria	Corrispettivo annuale relativo al contratto O&M in essere	CM _o 7.242,81	[€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Media relativa a gli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici	CM _s 804,76	[€/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:

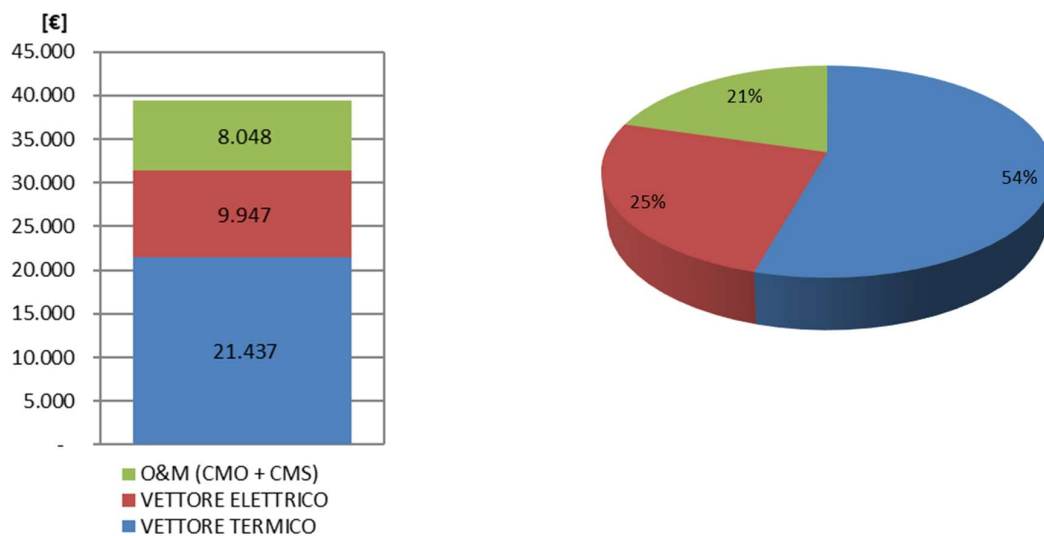
$$C_{baseline} = C_E + C_{MO} + C_{MS}$$

Ne risulta quindi un C_E pari a 32.041,00 € e un C_{baseline} pari a 40.089€

Tabella 7.8 – Valori di costo individuati per il calcolo della Baseline

VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			O&M (C _{MO} + C _{MS})			TOTALE
Q _{baseline}	Cu _Q	C _Q	EE _{baseline}	Cu _{EE}	C _{EE}	C _M	C _{MO}	C _{MS}	C _Q +C _{EE} +C _M
[kWh]	[€/kWh]	[€]	[kWh]	[€/kWh]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
276.686	0,077	21.437	49.227	0,202	9.947	8.048	7.243	805	39.431

Figura 7.5 – Baseline dei costi e loro ripartizione



8 IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA

8.1 DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI

8.1.1 Involucro edilizio

EEM1: Isolamento delle pareti esterne

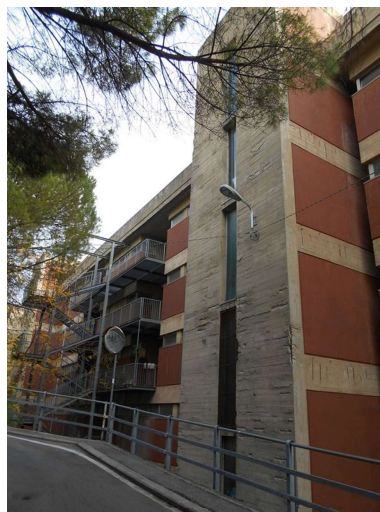
Generalità

L'intervento prevede l'isolamento delle pareti esterne al fine di ottenere un risparmio di combustibile usato per il riscaldamento invernale e ad un miglioramento del confort termico, visto che le condizioni di benessere termo-igrometrico sono meno influenzate da parametri esterni.

Nessuna limitazione sembra sussistere per tale intervento perché l'edificio risulta non essere condizionato da valori storico-artistici.

Per questo motivo si propone l'applicazione di un "cappotto" alle pareti esterne.

Figura 8.1 - Particolare di una parete esterna



Caratteristiche funzionali e tecniche

Agendo sull'involucro si è scelto di fare riferimento per quanto riguarda le caratteristiche dei materiali ai requisiti che detta il c.d. "Conto Termico 2.0", che per interventi edilizi su edifici esistenti prevede valori limite di trasmittanza termica delle strutture che delimitano l'involucro in base alla zona termica.

Per la zona climatica D il valore limite della trasmittanza termica U delle strutture opache verticali è pari a $0,26 \text{ W/m}^2\text{K}$. Attualmente le murature in calcestruzzo e polistirolo, di spessore 23 cm, hanno un valore di trasmittanza medio stimato a ca. $1,18 \text{ W/m}^2\text{K}$, mentre le pareti di solo calcestruzzo, di spessore variabile da 23 a 40 cm, hanno un valore di trasmittanza medio stimato a ca. $3,00 \text{ W/m}^2\text{K}$. L'intervento prevede l'applicazione di pannelli di lana di roccia (EPS, $\lambda=0,037 \text{ W/mK}$). Lo spessore scelto consente al pacchetto murario di raggiungere una trasmittanza medio di $0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$, inferiore al limite previsto dalla legislazione vigente.

Descrizione dei lavori

La posa deve essere effettuata da personale tecnico specializzato e la manutenzione non deve essere effettuata per tutta la vita utile del prodotto installato.

Prestazioni raggiungibili

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

Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM1 – Isolamento delle pareti esterne

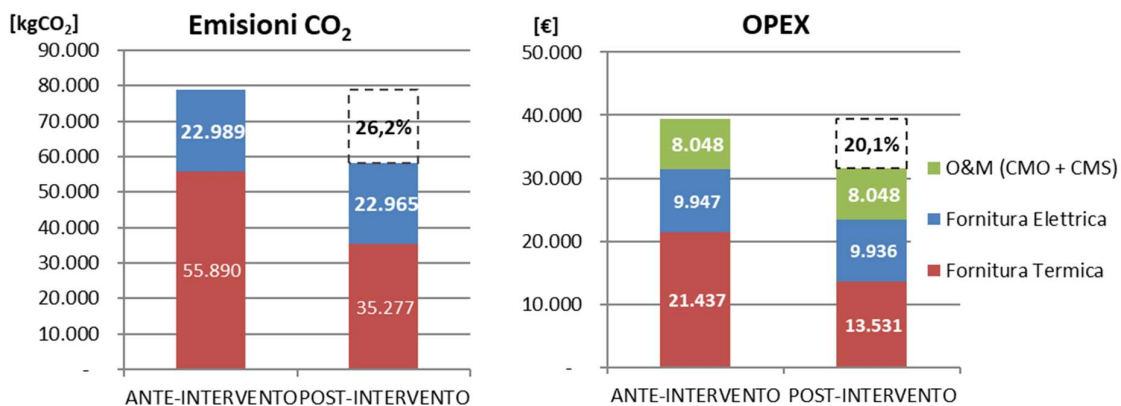
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Trasmittanza parete (valore medio)	$\text{W/m}^2\text{K}$	1,47	0,25	83,0%
Q_{teorico}	kWh	275.250	173.732	36,9%
EE_{teorico}	kWh	52.805	52.752	0,1%

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
$Q_{baseline}$	kWh	1,47	0,25	83,0%
$EE_{baseline}$	kWh	275.250	173.732	36,9%
Emiss. CO2 Termico	kgCO ₂	50.726	50.672	0,1%
Emiss. CO2 Elettrico	kgCO ₂	276.686	174.639	36,9%
Emiss. CO2 TOT	kgCO₂	49.227	49.175	0,1%
Fornitura Termica, C_Q	€	55.890	35.277	36,9%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	€	22.989	22.965	0,1%
Fornitura Energia, C_E	€	78.880	58.242	26,2%
C_{MO}	€	21.437	13.531	36,9%
C_{MS}	€	9.947	9.936	0,1%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	€	31.384	23.467	25,2%
OPEX	€	7.243	7.243	0,0%
Classe energetica	-	805	805	0,0%

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

Si può notare una riduzione dei consumi elettrici per il minor fabbisogno elettrico richiesto dal sistema di distribuzione e degli ausiliari legati riscaldamento siccome è diminuito il fabbisogno termico.

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



EEM2: Isolamento della copertura

Generalità

L'intervento prevede l'isolamento della copertura al fine di ottenere un risparmio di combustibile usato per il riscaldamento invernale e ad un miglioramento del confort termico, visto che le condizioni di benessere termo-igrometrico sono meno influenzate da parametri esterni.

Nessuna limitazione sembra sussistere per tale intervento perché l'edificio risulta non essere condizionato da valori storico-artistici.

Figura 8.3 - Particolare della copertura (fonte Google Maps)



Caratteristiche funzionali e tecniche

Agendo sull'involucro si è scelto di fare riferimento per quanto riguarda le caratteristiche dei materiali ai requisiti che detta il c.d. "Conto Termico 2.0", che per interventi edilizi su edifici esistenti prevede valori limite di trasmittanza termica delle strutture che delimitano l'involucro in base alla zona termica.

Per la zona climatica D il valore limite della trasmittanza termica U delle strutture opache orizzontali (coperture) è pari a 0,22 W/m²K. Allo stato attuale la copertura piana non calpestabile, di spessore 35 cm, ha una trasmittanza stimata di 1,62 W/m²K ed è costituita da un solaio in laterocemento con massetto e materiale impermeabilizzante. Si esclude di isolare la copertura dei due volumi sul tetto non utilizzati. L'intervento per l'isolamento della copertura piana prevede l'applicazione di pannelli di lana di roccia ($\lambda=0,037$ W/mK). Lo spessore scelto consente al pacchetto murario di raggiungere una trasmittanza medio di 0,22 W/m²K, inferiore al limite previsto dalla legislazione vigente.

Descrizione dei lavori

La posa deve essere effettuata da personale tecnico specializzato e la manutenzione non deve essere effettuata per tutta la vita utile del prodotto installato.

Prestazioni raggiungibili

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

Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM2 – Isolamento della copertura

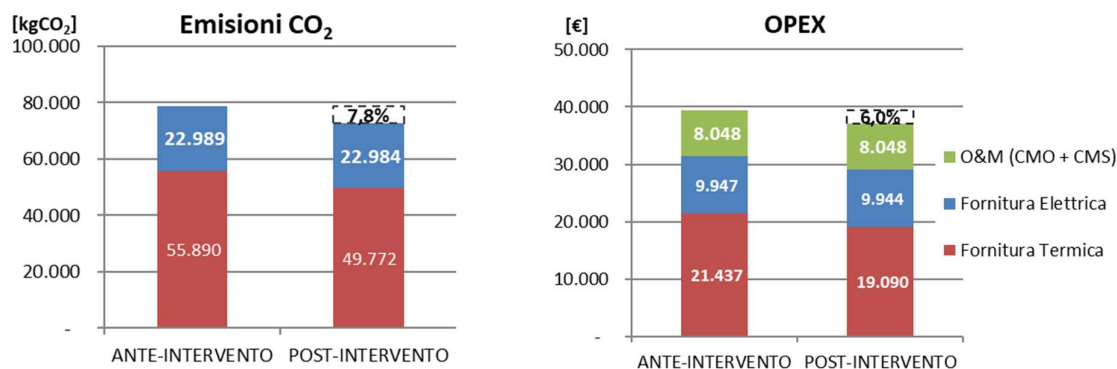
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Trasmittanza copertura	W/m ² K	1,62	0,2	87,7%
Q _{teorico}	kWh	275.250	245.117	10,9%
EE _{teorico}	kWh	50.726	50.714	0,0%
Q _{baseline}	kWh	276.686	246.395	10,9%
EE _{baseline}	kWh	49.227	49.216	0,0%
Emiss. CO2 Termico	kgCO ₂	55.890	49.772	10,9%
Emiss. CO2 Elettrico	kgCO ₂	22.989	22.984	0,0%
Emiss. CO2 TOT	kgCO₂	78.880	72.756	7,8%
Fornitura Termica, C _Q	€	21.437	19.090	10,9%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	€	9.947	9.944	0,0%
Fornitura Energia, C_E	€	31.384	29.035	7,5%

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
C _{MO}	€	7.243	7.243	0,0%
C _{MS}	€	805	805	0,0%
O&M (C_{MO} + C_{MS})	€	8.048	8.048	0,0%
OPEX	€	39.431	37.082	6,0%
Classe energetica	-	F	E	+1 classe

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

Si può notare una riduzione dei consumi elettrici per il minor fabbisogno elettrico richiesto dal sistema di distribuzione e degli ausiliari legati riscaldamento siccome è diminuito il fabbisogno termico.

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



EEM3: Sostituzione degli infissi e installazione delle valvole termostatiche

Generalità

L'intervento prevede la sostituzione di tutti gli infissi al fine di ottenere un risparmio di combustibile usato per il riscaldamento invernale e ad un miglioramento del confort termico, visto che le condizioni di benessere termo-igrometrico sono meno influenzate da parametri esterni.

Una limitazione a tale intervento potrebbe essere l'interruzione dell'attività scolastica, soprattutto nel periodo da Settembre a Giugno. Si prevede anche l'installazione delle valvole termostatiche per ottenere gli incentivi previsti dal conto termico.

Figura 8.5 - Particolare infissi di un aula



Caratteristiche funzionali e tecniche

Agendo sull'involucro si è scelto di fare riferimento per quanto riguarda le caratteristiche dei materiali ai requisiti che detta il c.d. "Conto Termico 2.0", che per interventi edilizi su edifici esistenti prevede valori limite di trasmittanza termica delle strutture che delimitano l'involucro in base alla zona termica.

Per la zona climatica D il valore limite della trasmittanza termica U delle chiusure trasparenti è pari a 1,67 W/m²K. Attualmente gli infissi hanno prevalentemente un telaio in alluminio con vetro singolo. Sono anche presenti infissi in metallo e vetro doppio ma in quantità molto inferiore.

Gli infissi hanno una trasmittanza media stimata pari a ca. 5,48 W/m²K. La nuova tipologia di serramento esterno consente di raggiungere una trasmittanza media di 1,38 W/m²K, inferiore al limite previsto dalla legislazione vigente.

Descrizione dei lavori

La posa deve essere effettuata da personale tecnico specializzato e la manutenzione non deve essere effettuata per tutta la vita utile del prodotto installato.

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM3 sono riportati nella tabella 8.3.

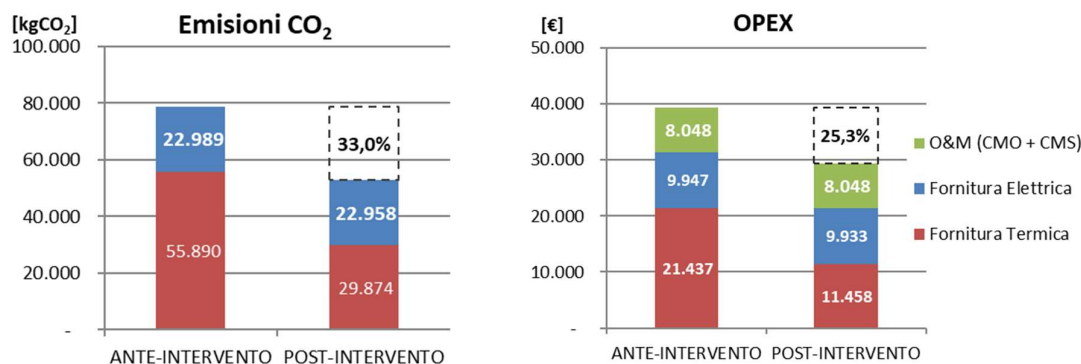
Tabella 8.3 – Risultati analisi EEM3 – Sostituzione degli infissi

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Trasmittanza media infissi	W/m ² K	5,48	1,38	74,8%
Q _{teorico}	kWh	275.250	147.124	46,5%
EE _{teorico}	kWh	50.726	50.656	0,1%
Q _{baseline}	kWh	276.686	147.892	46,5%
EE _{Baseline}	kWh	49.227	49.160	0,1%
Emiss. CO2 Termico	kgCO ₂	55.890	29.874	46,5%
Emiss. CO2 Elettrico	kgCO ₂	22.989	22.958	0,1%
Emiss. CO2 TOT	kgCO₂	78.880	52.832	33,0%
Fornitura Termica, C _Q	€	21.437	11.458	46,5%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	€	9.947	9.933	0,1%
Fornitura Energia, C_E	€	31.384	21.391	31,8%
C _{MO}	€	7.243	7.243	0,0%
C _{MS}	€	805	805	0,0%
O&M (C_{MO} + C_{MS})	€	8.048	8.048	0,0%
OPEX	€	39.431	29.439	25,3%
Classe energetica	-	F	D	+2 classe

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

Si può notare una riduzione dei consumi elettrici per il minor fabbisogno elettrico richiesto dal sistema di distribuzione e degli ausiliari legati riscaldamento siccome è diminuito il fabbisogno termico.

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



8.1.2 Impianto di riscaldamento

EEM4: Sostituzione dei generatori di calore e installazione delle valvole termostatiche

Generalità

La misura prevede la sostituzione dei generatori di calore e l'installazione di valvole termostatiche ai terminali di emissione. Una limitazione a tale intervento potrebbe essere l'interruzione dell'attività scolastica nel periodo da Novembre ad Aprile.

La sostituzione delle caldaie e l'installazione di valvole termostatiche porta al risparmio di combustibile usato per il riscaldamento invernale e ad un miglioramento del confort termico, visto che le condizioni di benessere termo-igrometrico sono meno influenzate da parametri esterni.

Figura 8.7 - Particolare del generatore di calore



Figura 8.8 - Particolare di un radiatore



Caratteristiche funzionali e tecniche

Agendo sull'impianto di riscaldamento si è scelto di fare riferimento per quanto riguarda le caratteristiche dei materiali ai requisiti che detta il c.d. "Conto Termico 2.0", che per interventi su edifici esistenti prevede valori limite per i requisiti tecnologici.

Attualmente l'impianto di generazione del calore per il riscaldamento è costituito da due caldaie standard a basamento usate con rendimento pari al 87% mentre l'impianto di regolazione è costituito da una centralina di controllo con dispositivo per la telegestione collegato ad una sonda climatica; il rendimento di regolazione medio stagionale è calcolato pari al 80%. I terminali di emissione nelle aule scolastiche e nei corridoi sono costituiti da radiatori senza valvole termostatiche.

Quindi l'attuale sistema non riesce infatti a sfruttare gli apporti gratuiti e genera una distribuzione non uniforme delle temperature interne, con un surriscaldamento degli ambienti esposti a sud e/o ai piani intermedi. L'installazione di valvole termostatiche consentirà un'ottimizzazione dell'impianto che immetterà il calore solo dove richiesto per il raggiungimento della temperatura di set point, con notevole risparmio in termini di energia, senza trascurare il maggior comfort degli utenti.

La nuova tipologia di impianto termico ha un rendimento termico utile pari al 98,2%, maggiore del limite previsto dalla legislazione vigente.

Descrizione dei lavori

La posa deve essere effettuata da personale tecnico specializzato e la manutenzione deve essere prevista annualmente per tutta la vita utile del prodotto installato.

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM4 sono riportati nella tabella 8.4.

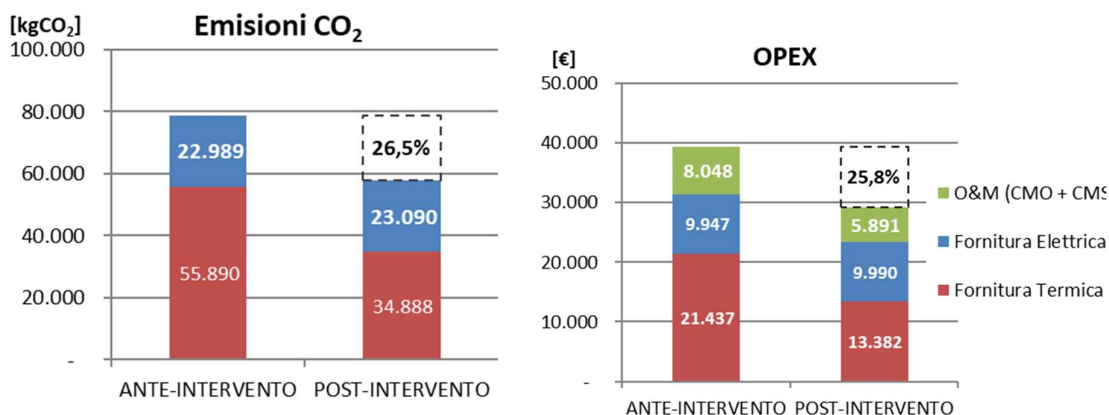
Tabella 8.4 – Risultati analisi EEM4 – Sostituzione del generatore di calore e installazione di valvole termostatiche

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	AUMENTO DAL BASELINEE
Rendimento generazione di calore	%	87	101	16,1%
$Q_{teorico}$	kWh	275.250	171.816	37,6%
$EE_{teorico}$	kWh	50.726	50.949	-0,4%
$Q_{baseline}$	kWh	276.686	172.712	37,6%
$EE_{baseline}$	kWh	49.227	49.444	-0,4%
Emiss. CO2 Termico	kgCO ₂	55.890	34.888	37,6%
Emiss. CO2 Elettrico	kgCO ₂	22.989	23.090	-0,4%
Emiss. CO2 TOT	kgCO₂	78.880	57.978	26,5%
Fornitura Termica, C_Q	€	21.437	13.382	37,6%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	€	9.947	9.990	-0,4%
Fornitura Energia, C_E	€	31.384	23.372	25,5%
C_{MO}	€	7.243	5.302	26,8%
C_{MS}	€	805	589	26,8%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	€	8.048	5.891	26,8%
OPEX	€	39.431	29.263	25,8%
Classe energetica	-	F	E	+1 classe

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

Si può notare un aumento dei consumi elettrici per il maggior fabbisogno elettrico richiesto dagli ausiliari legati riscaldamento.

Figura 8.9 – EEM4: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO2 a partire dalla baseline



8.1.3 Impianto di illuminazione ed impianto elettrico

EEM5: Installazione di nuove plafoniere con lampade led

Generalità

La misura prevede la sostituzione dei corpi illuminanti con plafoniere aventi lampade led. Una limitazione a tale intervento potrebbe essere l'interruzione dell'attività scolastica, soprattutto nel periodo da Settembre a Giugno.

La sostituzione dei corpi illuminanti porta al risparmio di energia elettrica e ad un miglioramento delle condizioni di lavoro visto che la potenza da installare a seguito del relamping non sarà superiore al 50% della potenza sostituita, rispettando al contempo i criteri illuminotecnici previsti dalla normativa vigente.

Figura 8.10 - Particolare di una plafoniera a tubi fluorescenti



Caratteristiche funzionali e tecniche

Agendo sull'impianto di illuminazione si è scelto di fare riferimento per quanto riguarda le caratteristiche ai requisiti che detta il c.d. "Conto Termico 2.0", che per interventi su edifici esistenti prevede valori limite per i requisiti tecnologici.

Attualmente l'impianto di illuminazione è costituito principalmente lampade fluorescenti o da plafoniere con lampade a tubi fluorescenti; a queste si aggiungono fari a ioduri metallici nell'auditorium.

L'intervento propone di sostituire tutti i corpi illuminanti con lampade a led con indice di resa cromatica maggiore di 80 per l'illuminazione degli ambienti interni e maggiore di 60 per l'illuminazione delle pertinenze esterne ed efficienza luminosa maggiore di 80 lm/W.

Descrizione dei lavori

La posa deve essere effettuata da personale tecnico specializzato e la manutenzione deve essere effettuata saltuariamente durante la vita utile del prodotto installato.

Prestazioni raggiungibili

L'analisi è stata effettuata scegliendo, per ogni tipologia di lampada sostituita, un valore idoneo di potenza LED, nel rispetto della normativa sui livelli minimi di illuminamento nei luoghi di lavoro (norma UNI EN 12464) e dei requisiti tecnici dettati dal Conto Termico.

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

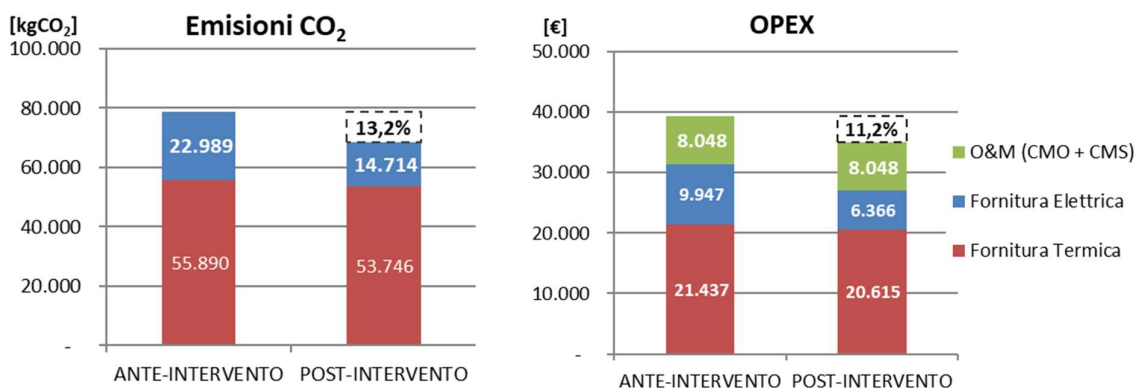
Tabella 8.5 – Risultati analisi EEM5 – Installazione di nuove plafoniere con lampade LED

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Potenza totale nuove plafoniere con lampade led	W	26.262	12.994	50,5%
$Q_{teorico}$	kWh	275.250	264.690	3,8%
$EE_{teorico}$	kWh	50.726	32.467	36,0%
$Q_{baseline}$	kWh	276.686	266.070	3,8%
$EE_{baseline}$	kWh	49.227	31.508	36,0%
Emiss. CO2 Termico	kgCO ₂	55.890	53.746	3,8%
Emiss. CO2 Elettrico	kgCO ₂	22.989	14.714	36,0%
Emiss. CO2 TOT	kgCO₂	78.880	68.461	13,2%

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Fornitura Termica, C _Q	€	21.437	20.615	3,8%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	€	9.947	6.366	36,0%
Fornitura Energia, C_E	€	31.384	26.981	14,0%
C _{MO}	€	7.243	7.243	0,0%
C _{MS}	€	805	805	0,0%
O&M (C_{MO} + C_{MS})	€	8.048	8.048	0,0%
OPEX	€	39.431	35.029	11,2%
Classe energetica	-	E	E	+0 classe

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

Figura 8.11 – EEM5: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



8.1.4 Impianto di generazione da fonti rinnovabili

EEM6: Installazione di un impianto fotovoltaico

Generalità

La misura prevede l'installazione dell'impianto sulla copertura piana dell'edificio scolastico, la quale offre una superficie di circa 760 m². Si prevede di sfruttare la tecnologia al silicio cristallino, con pannelli solari di inclinazione pari a 35°, orientamento a Sud ed una potenza di picco installata di 25 kWp. Una limitazione a tale intervento potrebbe essere l'interruzione dell'attività scolastica, soprattutto nel periodo da Settembre a Giugno.

L'installazione di un impianto fotovoltaico porta al risparmio di energia elettrica e ad ulteriori ricavi economici visto che l'energia elettrica prodotta in surplus potrà essere immessa in rete tramite il sistema dello scambio sul posto grazie alla vendita dell'energia non autoconsumata.

Figura 8.12 - Particolare della copertura dove installare l'impianto (Fonte: Google Maps)



Caratteristiche funzionali e tecniche

I consumi elettrici in fascia oraria F1 risultano di circa il 73% corrispondenti a 35.719 kWh/anno, con il sistema proposto verrebbe prodotta per la suddetta fascia una energia elettrica pari a 31.000 kWh/anno, di vengono autoconsumati sul posto circa 22.317 kWh/anno, in grado di coprire circa il 62% del consumo in F1. Si considera che l'energia elettrica autoconsumata non superi mai la richiesta da parte dell'utenza in fascia F1 per lo stesso mese esaminato.

La tematica andrà comunque approfondita tramite misurazioni, controlli e studi di fattibilità.

Descrizione dei lavori

La posa deve essere effettuata da personale tecnico specializzato e la manutenzione deve essere effettuata durante la vita utile del prodotto installato.

Prestazioni raggiungibili

La stima dei risparmi energetici conseguibili è stata condotta in base alla producibilità mensile dell'impianto proposto.

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM6 sono riportati nella tabella 8.6.

Tabella 8.6 – Dati di produzione e di consumo dell'energia prodotta dall'impianto fotovoltaico

Mese	Consumo Energia elettrica fascia F1 (kWh)	Produzione energia elettrica con Impianto fotovoltaico (kWh)	Energia autoconsumata (kWh)	Copertura (%)
Gennaio	4.229	1.370	1.370	32%
Febbraio	4.538	1.920	1.920	42%
Marzo	4.116	2.770	2.770	67%
Aprile	3.260	2.980	2.980	91%
Maggio	3.204	3.400	3.204	100%
Giugno	1.763	3.470	1.763	100%
Luglio	745	3.750	745	100%
Agosto	408	3.480	408	100%
Settembre	2.268	2.970	2.268	100%
Ottobre	3.680	2.150	2.150	58%
Novembre	4.074	1.480	1.480	36%
Dicembre	3.435	1.260	1.260	37%
TOTALE	35.719	31.000	22.317	62%

Nota (1) I dati di produzione dell'energia elettrica dell'impianto fotovoltaico sono calcolati sulla base della località, la potenza installata, l'orientamento ed inclinazione; la fonte è <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php?lang=it&map=europe>

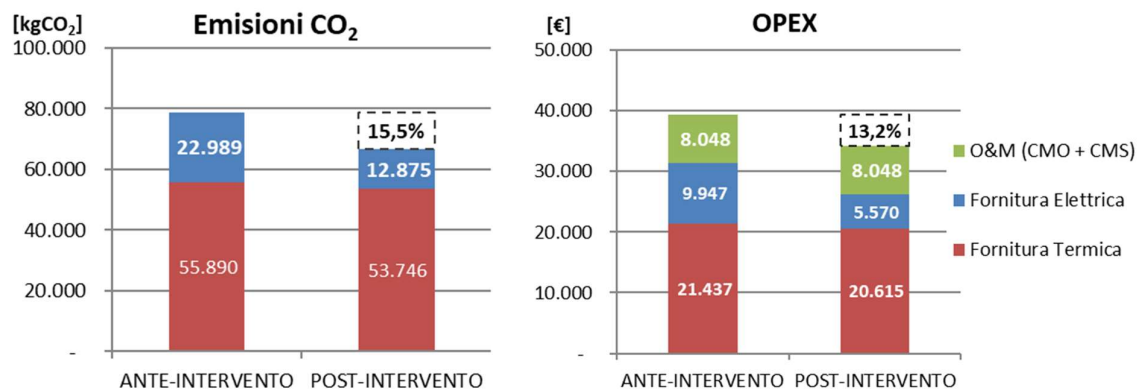
Tabella 8.7 – Risultati analisi EEM6 – Installazione di un impianto fotovoltaico

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	AUMENTO DAL BASELINE
Potenza di picco dell'impianto fotovoltaico	W	-	25.000	100,0%
$Q_{teorico}$	kWh	275.250	264.690	3,8%
$EE_{teorico}$	kWh	50.726	28.408	44,0%
$Q_{baseline}$	kWh	276.686	266.070	3,8%
$EE_{baseline}$	kWh	49.227	27.569	44,0%
Emiss. CO2 Termico	kgCO ₂	55.890	53.746	3,8%
Emiss. CO2 Elettrico	kgCO ₂	22.989	12.875	44,0%
Emiss. CO2 TOT	kgCO₂	78.880	66.621	15,5%
Fornitura Termica, C _Q	€	21.437	20.615	3,8%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	€	9.947	5.570	44,0%
Fornitura Energia, C_E	€	31.384	26.185	16,6%

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	AUMENTO DAL BASELINE
C _{MO}	€	7.243	7.243	0,0%
C _{MS}	€	805	805	0,0%
O&M (C_{MO} + C_{MS})	€	8.048	8.048	0,0%
OPEX	€	39.431	34.233	13,2%
Classe energetica	-	E	E	+1 classe

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

Figura 8.13 – EEM6: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO2 a partire dalla baseline



9 VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA

9.1 ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

EEM1: Isolamento delle pareti esterne

Agendo sull'involucro si è scelto di fare riferimento per quanto riguarda le caratteristiche dei materiali ai requisiti che detta il c.d. "Conto Termico 2.0", che per interventi edilizi su edifici esistenti prevede valori limite di trasmittanza termica delle strutture che delimitano l'involucro in base alla zona termica.

Nella L'analisi dei costi è basata sull'applicazione di uno strato di isolante di 12 e 14 cm al fine di garantire il rispetto dei requisiti per accedere al "Conto Termico 2.0".

Tabella 9.1 e 9.2 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 1 che consiste nell'isolamento delle pareti esterne.

L'analisi dei costi è basata sull'applicazione di uno strato di isolante di 12 e 14 cm al fine di garantire il rispetto dei requisiti per accedere al "Conto Termico 2.0".

Tabella 9.1 – Analisi dei costi della EEM1 – Isolamento delle pareti esterne (isolante 12 cm)

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO [€/n° o €/m ²]	PREZZO UNITARIO SCONTATO [€/n° o €/m ²]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA AL 22% [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
Fornitura materiale isolante	PR.A17.Y04.010	28.701,23	m ² cm	2,00	1,82	52.184,05	11.480,49	63.664,54
Posa in opera materiale isolante	25.A44.A30.010	2.391,77	m ²	6,68	6,07	14.524,56	3.195,40	17.719,96
Malta premiscelata	PR.A02.A20.600	2.391,77	kg	0,82	0,75	1.782,96	392,25	2.175,21
Collante cementizio per murature	PR.A02.A25.010	1.195,88	kg	0,49	0,45	532,71	117,20	649,91
Ponteggio e cantiere	95.B10.S10.010	2.391,77	m ²	14,28	12,98	31.049,51	6.830,89	37.880,40
Preparazione muratura esterna	25.A05.E10.015	2.391,77	m ²	7,26	6,60	15.785,68	3.472,85	19.258,52
Posa in opera intonaco per esterni	25.A54.A30.010	2.391,77	m ²	4,81	4,37	10.458,55	2.300,88	12.759,44
Rasatura armata con interposta rete in fibra di vetro	25.A54.B40.010	2.391,77	m ²	23,79	21,63	51.727,44	11.380,04	63.107,48
Costi per la sicurezza		3	%			3.775,84	830,69	4.606,53
Costi per la progettazione		7	%			8.810,30	1.938,27	10.748,56
TOTALE (I₀)						190.631,60	41.938,95	232.570,55
Incentivi	[Conto termico]							93.028,22
Durata incentivi								5
Incentivo annuo								18.605,64
FONTE PREZZO UTILIZZATO	Analisi prezzi da listini del Prezzario Opere Edili ed Impiantistiche Regione Liguria (anno 2018). Viene applicata una riduzione del 10% a tutti i prezzi unitari per la quota di profitto della ESCO							

Tabella 9.2 – Analisi dei costi della EEM1 – Isolamento delle pareti esterne (isolante 14 cm)

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA AL 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ₂]	[€/n° o €/m ₂]	[€]	[€]	[€]
Fornitura materiale isolante	PR.A17.Y04.010	6.636,28	m ² cm	2,00	1,82	12.065,96	2.654,51	14.720,48
Posa in opera materiale isolante	25.A44.A30.010	474,02	m ²	6,68	6,07	2.878,59	633,29	3.511,88
Malta premiscelata	PR.A02.A20.600	474,02	kg	0,82	0,75	353,36	77,74	431,10
Collante cementizio per murature	PR.A02.A25.010	237,01	kg	0,49	0,45	105,58	23,23	128,80
Ponteggio e cantiere	95.B10.S10.010	474,02	m ²	14,28	12,98	6.153,64	1.353,80	7.507,44
Preparazione muratura esterna	25.A05.E10.015	474,02	m ²	7,26	6,60	3.128,53	688,28	3.816,81
Posa in opera intonaco per esterni	25.A54.A30.010	474,02	m ²	4,81	4,37	2.072,76	456,01	2.528,77
Rasatura armata con interposta rete in fibra di vetro	25.A54.B40.010	474,02	m ²	2,00	1,82	10.251,76	2.255,39	12.507,15
Costi per la sicurezza		3	%			748,33	164,63	912,96
Costi per la progettazione		7	%			1.746,10	384,14	2.130,24
TOTALE (I₀)						39.504,61	8.691,01	48.195,63
Incentivi	[Conto termico]							18.960,80
Durata incentivi								5
Incentivo annuo								3.792,16
FONTE PREZZO UTILIZZATO	Analisi prezzi da listini del Prezzario Opere Edili ed Impiantistiche Regione Liguria (anno 2018). Viene applicata una riduzione del 10% a tutti i prezzi unitari per la quota di profitto della ESCO. L'importo dell'incentivo corrisponde al 40% del costo complessivo dell'intervento siccome il costo unitario al metro quadro di superficie isolata non supera i 100 €/m ² .							

EEM2: Isolamento della copertura

Agendo sull'involucro si è scelto di fare riferimento per quanto riguarda le caratteristiche dei materiali ai requisiti che detta il c.d. "Conto Termico 2.0", che per interventi edilizi su edifici esistenti prevede valori limite di trasmittanza termica delle strutture che delimitano l'involucro in base alla zona termica.

Nella tabella 9.3 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 2.

L'analisi dei costi tiene conto dell'applicazione di uno strato di isolante di 14 cm al fine garantire il rispetto dei requisiti per accedere al "Conto Termico 2.0".

Tabella 9.3 – Analisi dei costi della EEM2 – Isolamento della copertura

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA AL 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ₂]	[€/n° o €/m ₂]	[€]	[€]	[€]
Fornitura materiale isolante	PR.A17.Y04.010	10.636,54	m ² cm	2,00	1,82	19.339,17	4.254,62	23.593,78
Posa in opera materiale isolante	25.A44.A50.010	759,75	m ²	6,68	6,07	4.613,77	1.015,03	5.628,80
Preparazione	25.A05.C10.010	759,75	m ²	6,88	6,25	4.751,91	1.045,42	5.797,33

muratura									
Posa in opera									
materiale impermeabilizzante	03.P10.B01.005 ⁽¹⁾	759,75	m ²	15,35	13,95	10.602,01	2.332,44	12.934,45	
Membrana elastoplastomerica	PR.A18.A25.030	759,75	m ²	5,67	5,15	3.916,18	861,56	4.777,74	
Costi per la sicurezza		3	%			1.296,69	285,27	1.581,96	
Costi per la progettazione		7	%			3.025,61	665,63	3.691,25	
TOTALE (I₀)						47.545,34	10.459,98	58.005,32	
Incentivi	[Conto termico]							23.202,13	
Durata incentivi								5	
Incentivo annuo								4.640,43	
FONTE PREZZO UTILIZZATO	Analisi prezzi da listini del Prezzario Opere Edili ed Impiantistiche Regione Liguria (anno 2018). Nota (1): La fonte del prezzo utilizzato proviene dal prezzario della Regione Piemonte. Viene applicata una riduzione del 10% a tutti i prezzi unitari per la quota di profitto della ESCO. L'importo dell'incentivo corrisponde al 40% del costo complessivo dell'intervento siccome il costo unitario al metro quadro di superficie isolata non supera i 200 €/m ² .								

EEM3: Sostituzione infissi e installazione delle valvole termostatiche

Agendo sull'involucro si è scelto di fare riferimento per quanto riguarda le caratteristiche dei materiali ai requisiti che detta il c.d. "Conto Termico 2.0", che per interventi edilizi su edifici esistenti prevede valori limite di trasmittanza termica delle strutture che delimitano l'involucro in base alla zona termica.

Nella tabella 9.4 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 3.

La nuova tipologia di infissi con telaio in pvc a sei camere cave con vetro doppio 4-16-4 basso emissivo permette di garantire il rispetto dei requisiti per accedere al "Conto Termico 2.0".

Tabella 9.4 – Analisi dei costi della EEM3 – Sostituzione degli infissi e installazione delle valvole termostatiche

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA AL 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)	
				[€/n° o €/m ²]	[€/n° o €/m ²]	[€]	[€]	[€]	
Smontaggio vecchi serramenti	25.A05.H01.100	803,67	m ²	39,61	36,01	28.939,46	6.366,68	35.306,14	
Fornitura serramenti	PR.A23.A30.010	803,67	m ²	328,90	299,00	240.297,63	52.865,48	293.163,11	
Fornitura controtelaio	PR.A23.B10.020	113,40	m	7,59	6,90	782,43	172,14	954,57	
Trasporto materiale	25.A15.C10.020	120,55	m ³	11,77	10,70	1.289,89	283,78	1.573,67	
Installazione valvole termostatiche	PR.C17.A15.010	145,00	cad	35,42	32,20	4.669,00	1.027,18	5.696,18	
Costi per la sicurezza		3	%			8.279,35	1.821,46	10.100,81	
Costi per la progettazione		7	%			19.318,49	4.250,07	23.568,56	
TOTALE (I₀)						303.576,26	66.786,78	370.363,04	
Incentivi	[Conto termico]							100.000,00	
Durata incentivi								5	
Incentivo annuo								20.000,00	
FONTE PREZZO UTILIZZATO	Analisi prezzi da listini del Prezzario Opere Edili ed Impiantistiche Regione Liguria (anno 2018). Viene applicata una riduzione del 10% a tutti i prezzi unitari per la quota di profitto della ESCO.								

Siccome il costo complessivo dell'intervento supera i 450 €/m² si valuta l'importo dell'incentivo come il 40% del calcolo ottenuto moltiplicando la superficie finestrata da sostituire per 450, ma dato che tale valore supera il limite massimo incentivabile, si considera l'importo dell'incentivo pari a 100.000 €.

EEM4: Sostituzione dei generatori di calore e installazione delle valvole termostatiche

Agendo sull'impianto di riscaldamento si è scelto di fare riferimento per quanto riguarda le caratteristiche dei materiali ai requisiti che detta il c.d. "Conto Termico 2.0", che per interventi su edifici esistenti prevede valori limite per i requisiti tecnologici.

Nelle Tabella 9.5 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 4.

Le nuove caldaie a condensazione e l'installazione di valvole termostatiche ai terminali di emissione permettono di garantire il rispetto dei requisiti per accedere al "Conto Termico 2.0".

Tabella 9.5 – Analisi dei costi della EEM4 – Sostituzione dei generatori di calore e installazione delle valvole termostatiche

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO [€/n° o €/m ₂]	PREZZO UNITARIO SCONTATO [€/n° o €/m ₂]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA AL 22% [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
Rimozione caldaia esistente	CCIAA RE ⁽¹⁾	1	cad	4.067,25	3.697,50	3.697,50	813,45	4.510,95
Installazione nuova caldaia	PR.C76.B10.010	1	cad	21.536,63	19.578,75	19.578,75	4.307,33	23.886,08
Canna fumaria	PR.C84.C05.500	1	cad	165,72	150,65	150,65	33,14	183,80
Installazione nuovo bruciatore	40.C10.B10.110	1	cad	461,09	419,17	419,17	92,22	511,39
Accessori per l'impianto	PR.C76.A30.020	15	cad	21,13	19,21	288,14	63,39	351,53
	PR.C76.A30.015	1	cad	28,46	25,87	25,87	5,69	31,56
	40.F10.H10.030	1	cad	120,60	109,64	109,64	24,12	133,76
Termoregolazione	40.F10.H10.040	1	cad	29,71	27,01	27,01	5,94	32,95
	PR.C74.C10.010	1	cad	146,74	133,40	133,40	29,35	162,75
	PR.C74.E05.030	1	cad	76,47	69,52	69,52	15,29	84,81
Manodopera	RU.M01.A01.030	15	h	34,41	31,28	469,23	103,23	572,46
Impianti elettrici	RU.M01.E01.020	40	h	31,88	28,98	1.159,27	255,04	1.414,31
Trasporto materiali	20.A15.B10.015	100	m ³ km	4,72	4,29	429,09	94,40	523,49
Installazione valvole termostatiche	PR.C17.A15.010	145	cad	35,42	32,20	4.669,00	1.027,18	5.696,18
Costi per la sicurezza		3	%			936,79	206,09	1.142,88
Costi per la progettazione		7	%			2.185,84	480,88	2.666,72
TOTALE (I₀)						34.348,87	7.556,75	41.905,62
Incentivi	[Conto termico]							16.762,25
Durata incentivi								5
Incentivo annuo								3.352,45

Analisi prezzi da listini del Prezzario Opere Edili ed Impiantistiche Regione Liguria (anno 2018).

FONTE PREZZO UTILIZZATO

Nota (1): La fonte del prezzo utilizzato proviene dal prezzario della Camera di Commercio di Reggio Emilia. Viene applicata una riduzione del 10% a tutti i prezzi unitari per la quota di profitto della ESCO.

L'importo dell'incentivo corrisponde al 40% del costo complessivo dell'intervento siccome il costo unitario al kWt di potenza utile complessiva dell'impianto termico non supera i 130 €/kWt.

EEM5: Installazione di nuove plafoniere con lampade led

Agendo sull'impianto di illuminazione si è scelto di fare riferimento per quanto riguarda le caratteristiche ai requisiti che detta il c.d. "Conto Termico 2.0", che per interventi su edifici esistenti prevede valori limite per i requisiti tecnologici.

Nella tabella 9.6 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 5.

Le nuove plafoniere con lampade led permettono di garantire il rispetto dei requisiti per accedere al "Conto Termico 2.0".

Tabella 9.6 – Analisi dei costi della EEM5 – Installazione di nuove plafoniere con lampade led

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO [€/n° o €/m ²]	PREZZO UNITARIO SCONTATO [€/n° o €/m ²]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA AL 22% [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
Fornitura e installazione lampade LED – 13 W	1E.06.060.0140.a ⁽¹⁾	43	cad	96,24	87,49	3.762,11	827,66	4.589,77
Fornitura e installazione lampade LED – 25 W	043084g ⁽²⁾	255	cad	139,50	126,82	4.671,14	1.027,65	5.698,79
Fornitura e installazione lampade LED – 56 W	043169d ⁽²⁾	90		176,76	160,69	14.462,18	3.181,68	17.643,86
Rimozione vecchi corpi illuminanti	1E.02.070.0020 ⁽²⁾	388	cad	5,73	5,21	2.021,13	444,65	2.465,78
Costi per la sicurezza		3	%			747,50	164,45	911,95
Costi per la progettazione		7	%			1.744,16	383,71	2.127,87
TOTALE (I₀)						27.408,21	6.029,81	33.438,02
Incentivi	[Conto termico]							13.375,21
Durata incentivi								5
Incentivo annuo								2.675,04
FONTE PREZZO UTILIZZATO	Nota (1): La fonte del prezzo utilizzato proviene dal prezzo delle opere compiute di impianti elettrici e meccanici della Comune di Milano. Nota (2): La fonte del prezzo utilizzato proviene dal prezzo Dei. Imp. Ele. 2017. Viene applicata una riduzione del 10% a tutti i prezzi unitari per la quota di profitto della ESCO. L'importo dell'incentivo corrisponde al 40% del costo complessivo dell'intervento siccome il costo unitario al metro quadro di superficie utile calpestabile dell'edificio soggetta all'intervento non supera i 35 €/m ² .							

EEM6: Installazione di un impianto fotovoltaico

L'intervento proposto non rientra tra quelli elencati all'art.7 del DM 16/02/16 (Nuovo Conto Termico); quindi non esiste la possibilità di accedere a meccanismi incentivanti.

Nella Tabella 9.7 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 6.

Tabella 9.7 – Analisi dei costi della EEM6 – Installazione di un impianto fotovoltaico

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO [€/n° o €/m ²]	PREZZO UNITARIO SCONTATO [€/n° o €/m ²]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA AL 22% [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
Fornitura impianto fotovoltaico "Chiavi in mano"	1E.17.010.0010 ⁽¹⁾	25	kWp	2.236,65	2.033,32	50.832,95	11.183,25	62.016,20
Costi per la sicurezza		3	%			1.524,99	335,50	1.860,49
Costi per la		7	%			3.558,31	782,83	4.341,13

progettazione				
TOTALE (I₀)		55.916,25	12.301,58	68.217,83
Incentivi	[Conto termico]			
Durata incentivi				
Incentivo annuo				
FRONTE PREZZO UTILIZZATO	Nota (1): La fonte del prezzo utilizzato proviene dal prezzario delle opere compiute di impianti elettrici e meccanici della Comune di Milano. Viene applicata una riduzione del 10% a tutti i prezzi unitari per la quota di profitto della ESCO.			

9.2 ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

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

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

Gli indicatori economici d'investimento utilizzati sono:

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

Essi sono così definiti:

1) Tempo di ritorno semplice (TRS):

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

Dove:

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

2) Tempo di ritorno attualizzato (TRA):

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

Dove:

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

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

Dove:

- FC_n è il flusso di cassa all'anno n-esimo;
- f è il tasso di inflazione;
- f' è la deriva dell'inflazione;

- R è il tasso di sconto;
- $i = R - f - f'$ è il tasso di attualizzazione;
- $\frac{1}{(1+i)^n}$ è il fattore di annualità (FA_n).

3) Valore Attuale Netto (VAN) del progetto:

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

Dove:

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

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

5) Indice di Profitto (IP):

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

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

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

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

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

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

EEM1: Isolamento delle pareti esterne

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

Tabella 9.8 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM1– Isolamento delle pareti esterne

PARMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	280.766
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	22.398
Durata incentivo	n_B	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	%	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	12,6	12,6
Tempo di rientro attualizzato	TRA	17,8	17,8
Valore attuale netto	VAN	3.444	3.444

Tasso interno di rendimento	TIR	4,6%	4,6%
Indice di profitto	IP	0,05	0,05

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

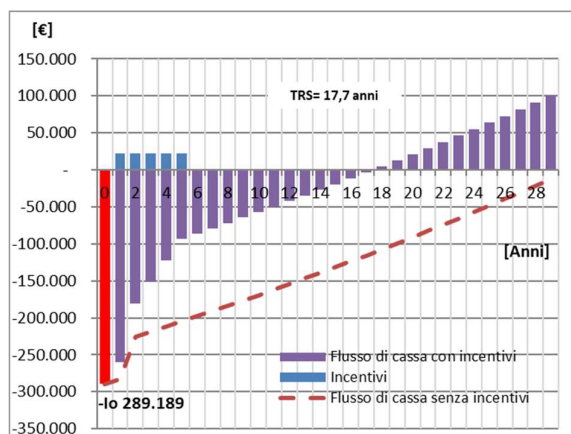
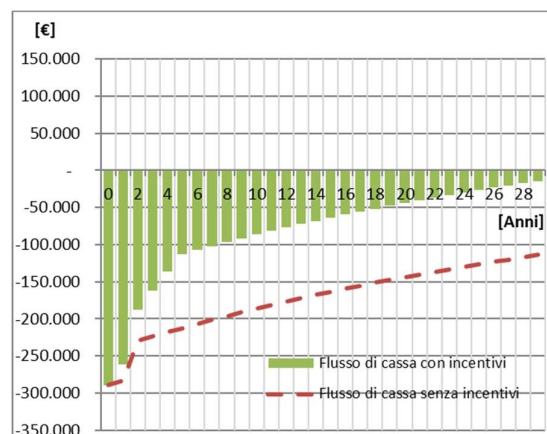


Figura 9.2 – EEM1: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento risulta essere economicamente vantaggioso con un tempo di ritorno attualizzato superiore a 30 anni anche nel caso di incentivi. Ciò può essere dovuto alla riduzione relativamente bassa dei consumi di metano a seguito dell'intervento a fronte della spesa sostenuta per l'intervento. Qualora si decidesse di intervenire sull'involucro consigliamo di valutare preventivamente l'isolamento delle pareti esterne, poiché applicando prima altri interventi sulla riduzione del consumo di combustibile si possono ottenere risultati più vantaggiosi in termini di costi-benefici.

EEM2: Isolamento della copertura

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

Tabella 9.9 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM2 – Isolamento della copertura

PARMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I₀	€	58.005
Oneri Finanziari %I ₀	OF	%	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	%	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	30
Incentivo annuo	B	€/anno	4.640
Durata incentivo	n_B	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	%	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	22,3	12,8
Tempo di rientro attualizzato	TRA	37,5	20,7
Valore attuale netto	VAN	-12.002	8.657
Tasso interno di rendimento	TIR	2,0%	5,8%
Indice di profitto	IP	-0,21	0,15

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

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

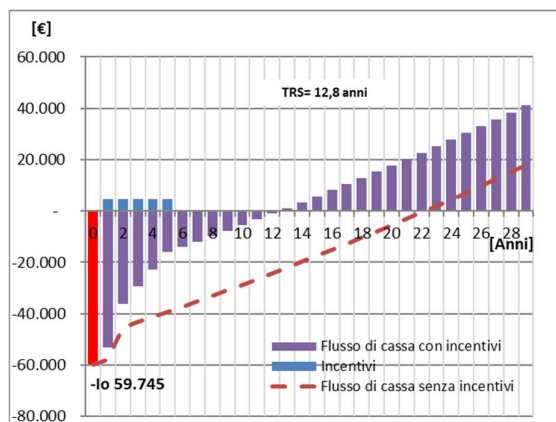
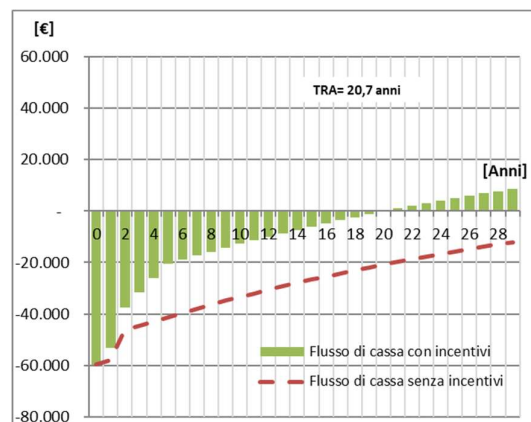


Figura 9.4 – EEM2: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento risulta essere economicamente vantaggioso con un tempo di ritorno attualizzato di circa 21 anni nel caso di incentivi.

EEM3: Sostituzione degli infissi e installazione delle valvole termostatiche

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

Tabella 9.10 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM3 – Sostituzione degli infissi e installazione delle valvole termostatiche

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	370.363
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	20.000
Durata incentivo	n_B	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	%	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	32,5	22,8
Tempo di rientro attualizzato	TRA	51,2	36,6
Valore attuale netto	VAN	-157.776	-68.740
Tasso interno di rendimento	TIR	-0,6%	1,7%
Indice di profitto	IP	-0,43	-0,19

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

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

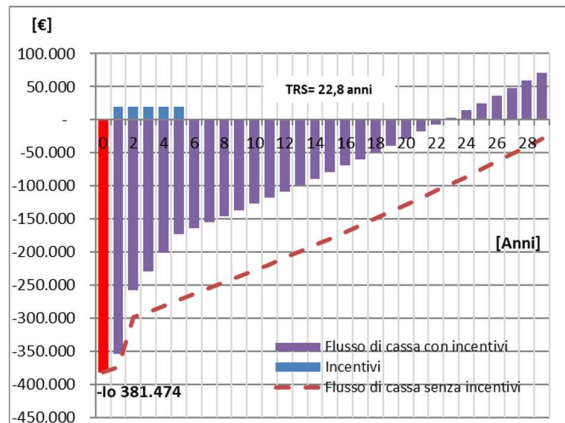
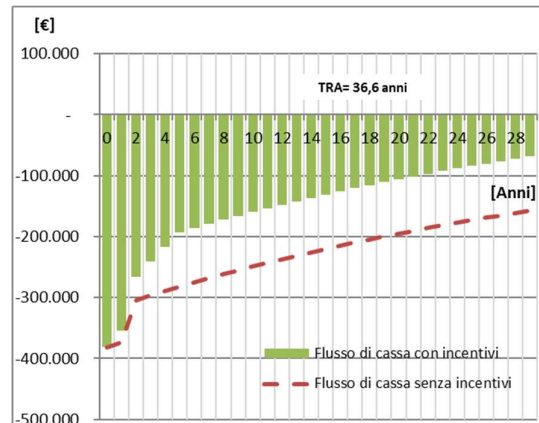


Figura 9.6 – EEM3: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento risulta essere economicamente svantaggioso con un tempo di ritorno superiore a 30 anni anche nel caso di incentivi. Ciò può essere dovuto alla riduzione relativamente bassa dei consumi di gas metano a seguito dell'intervento a fronte della spesa per sostenere l'intervento. Qualora si decidesse di intervenire sull'involucro consigliamo di valutare preventivamente la sostituzione degli infissi, poiché applicando prima altri interventi sulla riduzione del consumo di combustibile si potrebbero ottenere risultati più vantaggiosi in termini di costi-benefici.

EEM4: Sostituzione dei generatori di calore e installazione delle valvole termostatiche

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

Tabella 9.11 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM4 – Sostituzione dei generatori di calore e installazione delle valvole termostatiche

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	41.906
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	3.352
Durata incentivo	n_B	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	%	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	4,3	3,1
Tempo di rientro attualizzato	TRA	4,8	3,4
Valore attuale netto	VAN	58.547	73.472
Tasso interno di rendimento	TIR	21,5%	28,0%
Indice di profitto	IP	1,40	1,75

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

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

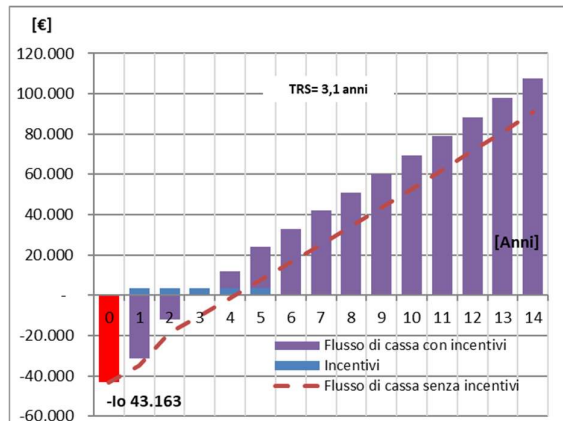
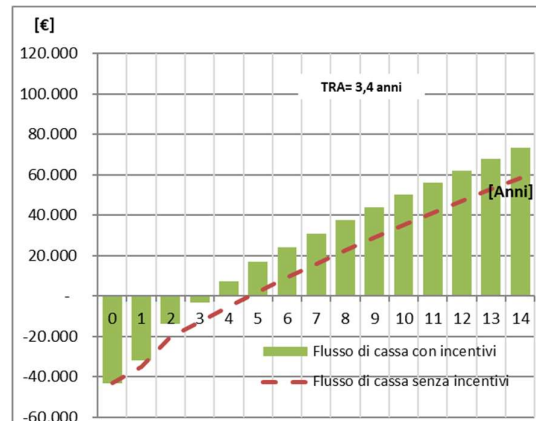


Figura 9.8 – EEM4: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento risulta essere economicamente vantaggioso con un tempo di ritorno attualizzato pari a circa 3,5 anni nel caso di incentivi. Anche in assenza di incentivi l'intervento risulta economicamente vantaggioso.

EEM5: Installazione di nuove plafoniere con lampade led

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

Tabella 9.12 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM5 – Installazione di nuove plafoniere con lampade led

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	Io	€	70.568
Oneri Finanziari %Io	OF	%	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	%	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	8
Incentivo annuo	B	€/anno	5.645
Durata incentivo	n_B	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	%	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	14,8	8,6
Tempo di rientro attualizzato	TRA	16,9	9,8
Valore attuale netto	VAN	-38.234	-13.102
Tasso interno di rendimento	TIR	-15,3%	-2,3%
Indice di profitto	IP	-0,54	-0,19

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

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

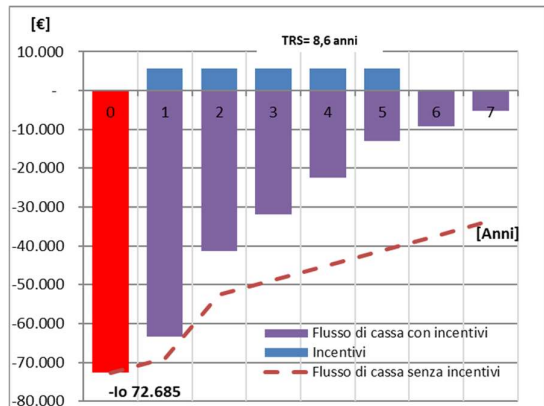
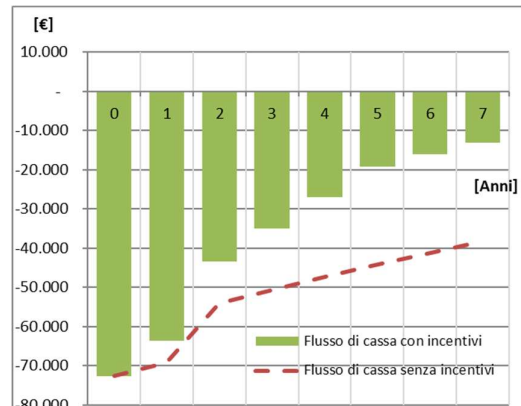


Figura 9.10 – EEM5: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento risulta essere economicamente svantaggioso con un tempo di ritorno attualizzato superiore a 8 anni anche nel caso di incentivi. Ciò può essere dovuto ad una spesa rilevante per sostenere l'intervento. Qualora si decidesse di intervenire sull'impianto elettrico consigliamo di valutare la sostituzione dei corpi illuminanti assieme alla riduzione dei consumi elettrici che può arrivare dall'energia autoconsumata prodotta dall'installazione di un impianto fotovoltaico. In questo modo si potrebbero ottenere risultati più vantaggiosi in termini di costi-benefici.

EEM6: Installazione di un impianto fotovoltaico

L'analisi di convenienza effettuata per la EEM 6 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

Tabella 9.13 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM6 – Installazione di un impianto fotovoltaico

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	68.218
Oneri Finanziari % I_0	OF	%	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	%	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	20
Incentivo annuo	B	€/anno	-
Durata incentivo	n_B	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	%	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	12,6	12,6
Tempo di rientro attualizzato	TRA	17,8	17,8
Valore attuale netto	VAN	3.444	3.444
Tasso interno di rendimento	TIR	4,6%	4,6%
Indice di profitto	IP	0,05	0,05

I flussi di cassa rappresentativi dell'analisi sono riportati nelle Figura 9.11 e Figura 9.12.

Figura 9.11 –EEM6: Flussi di Cassa, con e senza incentivi

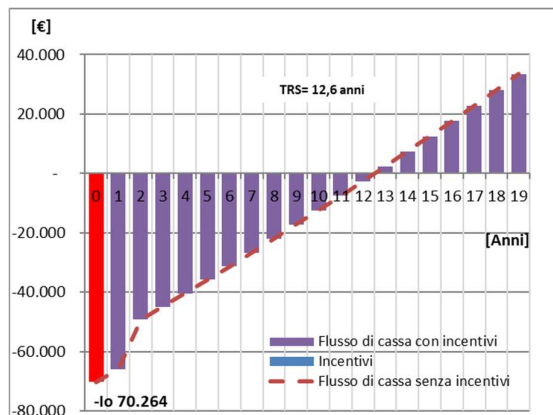
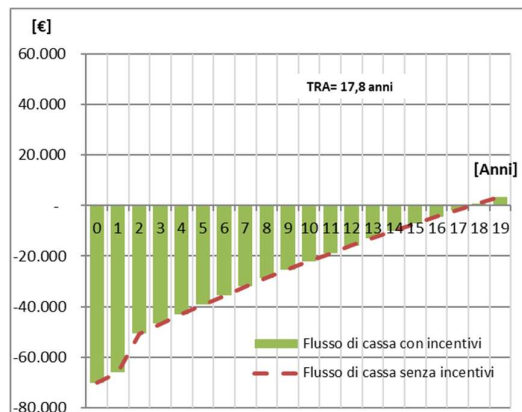


Figura 9.12 – EEM6: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento risulta essere economicamente vantaggioso con un tempo di ritorno attualizzato circa pari a 17,8 anni. Non sono previsti incentivi da conto termico per l’installazione dell’impianto fotovoltaico, quindi i flussi di cassa “con incentivi” e senza sono identici.

Sintesi

La sintesi della valutazione economico – finanziaria delle EEM proposte è riportata nella Tabella 9.14 e nella Tabella 9.15.

Tabella 9.14 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso senza incentivi

	SENZA INCENTIVI											
	% Δ_E	% Δ_{CO2}	ΔC_E	ΔC_{MO}	ΔC_{MS}	I_0	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]
EEM1	25,2%	26,2%	7.917	0	0	-280.766	31,3	49,5	30	-114.066,28	-0,3%	-0,4
EEM2	7,5%	7,8%	2.349	0	0	-58.005	22,3	37,5	30	-12.001,82	2,0%	-0,2
EEM3	31,8%	33,0%	9.992	0	0	-370.363	32,5	51,2	30	-157.776,47	-0,6%	-0,4
EEM4	25,5%	26,5%	8.012	1.941	216	-41.906	4,3	4,8	15	58.547,30	21,5%	1,4
EEM5	14,0%	13,2%	4.403	0	0	-70.568	14,8	16,9	8	-38.234,33	-15,3%	-0,5
EEM6	16,6%	15,5%	5.199	0	0	-68.218	12,6	17,8	20	3.443,58	4,6%	0,1

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

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

Dall’analisi dei risultati emerge che solo il quarto intervento risulta avere un ritorno economico vantaggioso senza incentivi; ma vengono riportati tutti per completezza di informazione. Tra quelli proposti ci sono comunque interventi realizzabili sia dal punto di vista tecnico sia dal punto di vista economico nel caso si acceda agli incentivi previsti dal conto termico come indicato in tabella 9.15.

Tabella 9.15 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso con incentivi

	CON INCENTIVI											
	% Δ_E [%]	% Δ_{CO_2} [%]	ΔC_E [€/anno]	ΔC_{MO} [€/anno]	ΔC_{MS} [€/anno]	I_0 [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]
EEM1	25,2	26,2	7.917	0	0	-280.766	17,7	31,6	14.355	3,3	-0,1	14.355
EEM2	7,5	7,8	2.349	0	0	-58.005	12,8	20,7	8.657	5,8	0,1	8.657
EEM3	31,8	33,0	9.992	0	0	-370.363	22,8	36,6	68.740	1,7	-0,2	68.740
EEM4	25,5	26,5	8.012	1.941	216	-41.906	3,1	3,4	73.472	28,0	1,8	73.472
EEM5	14,0	13,2	4.403	0	0	-70.568	8,6	9,8	13.102	-2,3	-0,2	13.102
EEM6	16,6	15,5	5.199	0	0	-68.218	12,6	17,8	3.444	4,6	0,1	3.444

Dall'analisi dei risultati emerge che i interventi singoli che risultano economicamente vantaggiosi e tecnicamente fattibili sono l'EEM2, l'EEM4, l'EEM6 seppur con un tempo di ritorno attualizzato maggiore della metà della vita utile dell'intervento stesso, tranne che per l'EEM4.

L'intervento EEM4 è attuabile dal punto di vista tecnico ed ha un tempo di ritorno attualizzato molto vantaggioso, sebbene ciò dipenda anche da quanto effettivamente si possono ridurre i costi di manutenzione seguito a dell'intervento.

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

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

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

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

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

Per il primo scenario ottimale ci si aspetta che gli interventi proposti interessino maggiormente investimenti per gli impianti, mentre il secondo scenario, 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.

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:

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

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

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

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

Essi sono così definiti:

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

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

Dove:

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

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

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

Dove:

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

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

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

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

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

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

- **Scenario 1: [EEM4 + EEM5]:** tale scenario consiste nella sostituzione del generatore di calore con installazione di valvole termostatiche e l'installazione di un impianto fotovoltaico;
- **Scenario 2: [EEM1 + EEM4 + EEM5 + EEM6]:** tale scenario consiste nell'isolamento delle pareti esterne, la sostituzione del generatore di calore con installazione di valvole termostatiche, installazione di nuove plafoniere con lampade led e l'installazione di un impianto fotovoltaico.

9.3.1 Scenario 1: EEM4 + EEM5

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

- EEM4: Sostituzione del generatore di calore con installazione delle valvole termostatiche;
- EEM6: Installazione di un impianto fotovoltaico.

Tabella 9.16 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA AL 22% [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
EEM4 – Fornitura e Posa	31.226,25	6.869,77	38.096,02
EEM6 – Fornitura e Posa	50.832,95	11.183,25	62.016,20
Costi per la sicurezza	936,79	206,09	1.142,88
Costi per la progettazione	2.185,84	480,88	2.666,72
TOTALE (I₀)	85.181,82	18.740,00	103.921,83
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO} (IVA INCLUSA) [€]	C _{MS} (IVA INCLUSA) [€]	C _M (IVA INCLUSA) [€]
EEM1 O&M	-	-	-
EEM2 O&M	-	-	-
EEM4 O&M	5.302	589	5.891
EEM5 O&M	-	-	-
TOTALE (C_M)	5.302	589	5.891
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]	
Incentivi	[Conto termico]	16.762,25	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		3.352,45	

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

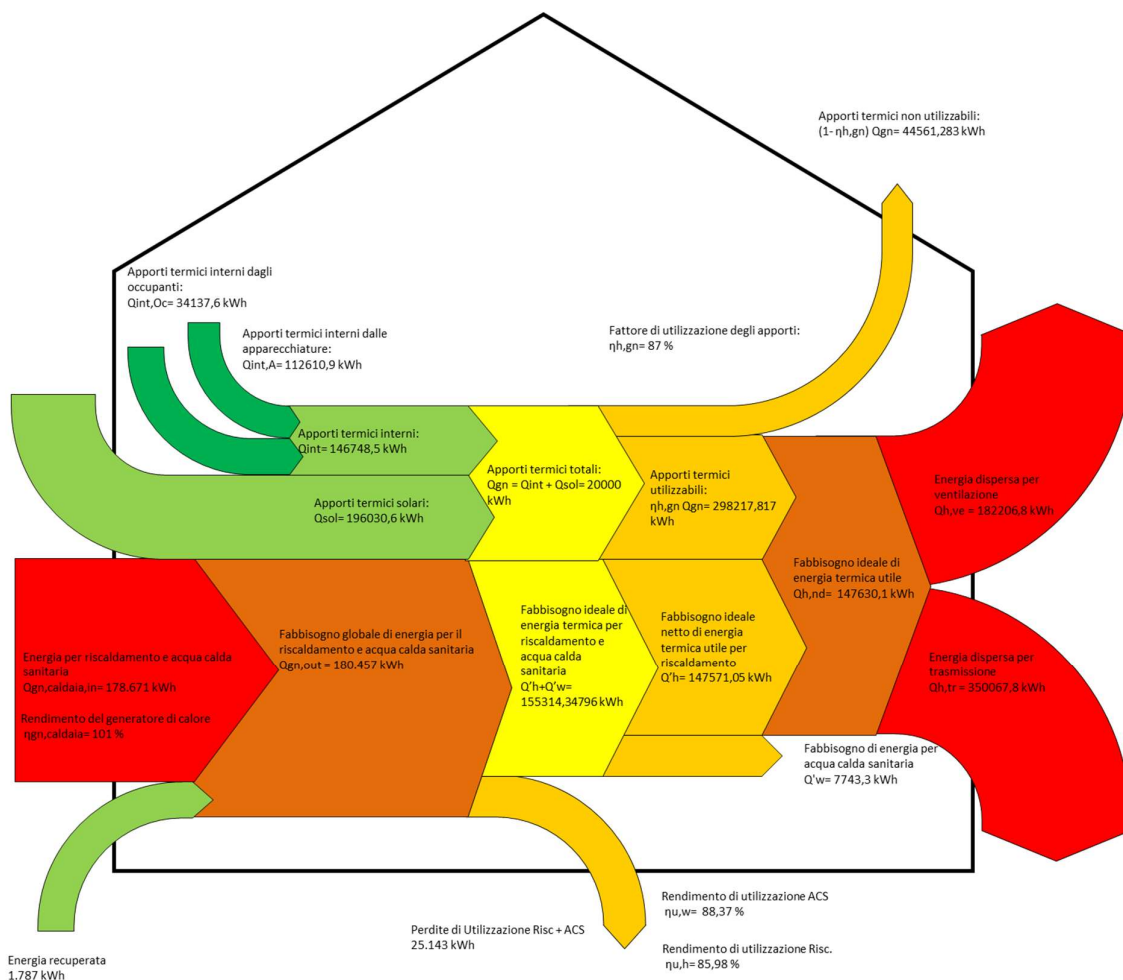
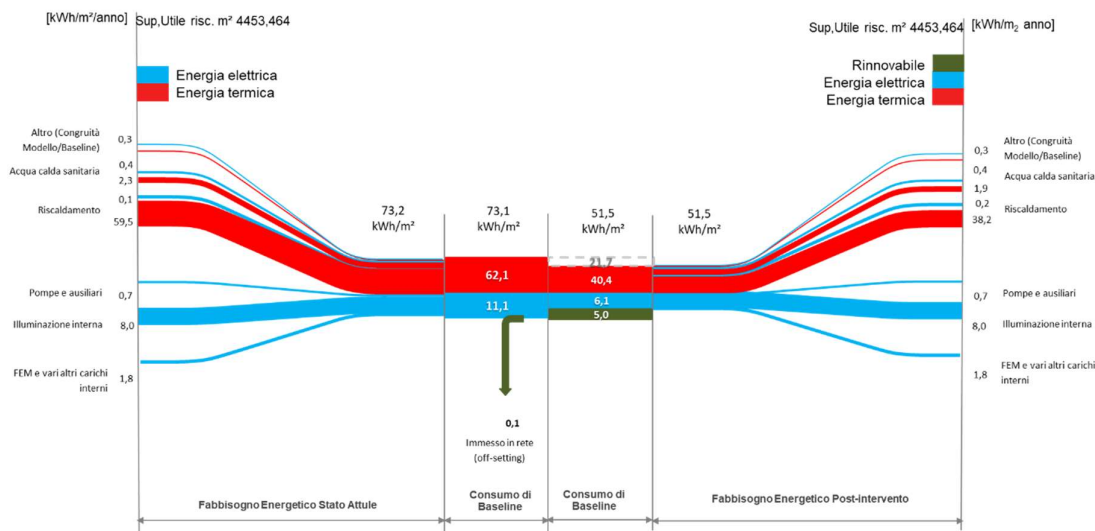


Figura 9.14 – SCN1: Bilancio energetico complessivo dell’edificio post intervento



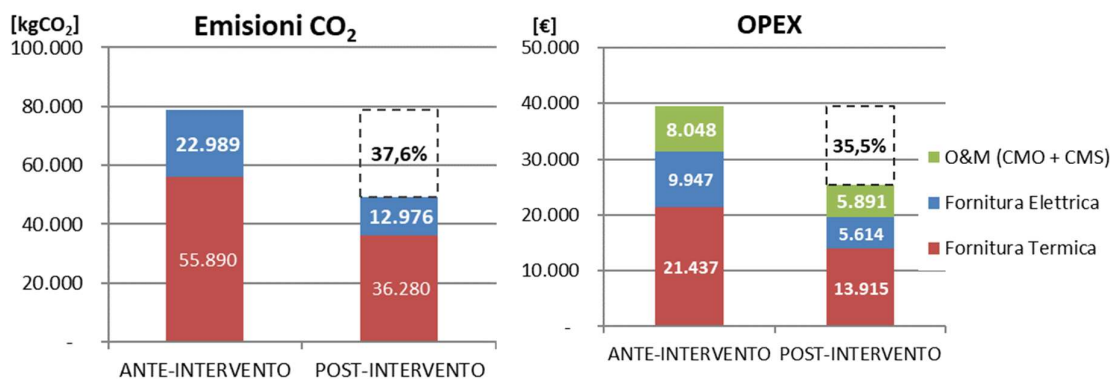
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella tabella 9.17.

Tabella 9.17 – Risultati analisi SCN1

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM4 [Rendimento generazione calore]	[%]	87	102	-17,2%
EEM6 [Potenza installata]	[W]	0	25.000	-100%
Q _{teorico}	[kWh]	275.250	178.671	35,1%
EE _{teorico}	[kWh]	50.726	28.632	43,6%
Q _{baseline}	[kWh]	276.686	179.603	35,1%
EE _{baseline}	[kWh]	49.227	27.786	43,6%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	55.890	36.280	35,1%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	22.989	12.976	43,6%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	78.880	49.256	37,6%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	21.437	13.915	35,1%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	9.947	5.614	43,6%
Fornitura Energia, C_E	[€]	31.384	19.530	37,8%
C _{MO}	[€]	7.243	5.302	26,8%
C _{MS}	[€]	805	589	26,8%
O&M (C_{MO} + C_{MS})	[€]	8.048	5.891	26,8%
OPEX	[€]	39.431	25.420	35,5%
Classe energetica	[-]	F	D	+2 classi

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

Figura 9.15 - 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 9.18,

Tabella 9.19 e Tabella 9.20 e nelle successive figure.

Tabella 9.18 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN1

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	n_i	1
Anni Gestione Servizio	n_s	14
Anni Concessione	n	15
Anno inizio Concessione	n_0	2020
Anni dell'ammortamento	n_A	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	k_{CdP}	2,00%
Costo Capitale Azienda	WACC	4,00%
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CdP})$	$k_{pogetto}$	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	8
Anni Equity	n_E	14
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_0	€ 103.922
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 3.118
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti), IVA incl.	CAPEX	€ 107.039
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€ 85.632
Equity	I_E	€ 21.408
Fattore di annualità Debito	FA_D	6,88
Rata annua debito	q_D	€ 12.438
Costo finanziamento, (D+INT _D)	$q_D * n_D$	€ 99.507
Costi per interessi debito, INT _D	INT_D=q_D*n_D-D	€ 13.875

Tabella 9.19 – Parametri Economici dell'analisi di redditività dello SCN1

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{EO}	€ 31.384
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{MO}	€ 8.048
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€ 39.431
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$	37,8%
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$	26,8%
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$	1,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€ 11.937
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€ 394
Risparmio PA durante la concessione	14%	€ 71.556
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€ 16.776
N° di Canoni annuali	anni	14
Utile lordo della ESCO	$\% CAPEX$	71,17%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	€ 5.442
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€ 991
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€ 5.110
Canone O&M €/anno	CnM	€ 6.117
Canone Energia €/anno	CnE	€ 21.378
Canone Servizi €/anno IVA escl.	CnS	€ 27.495
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	CnD	€ 11.542
Canone Totale €/anno IVA escl.	Cn	€ 39.037
Aliquota IVA %	IVA	22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€ 18.740
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€ 16.762
Durata Incentivi, anni	n_B	5
Inizio erogazione Incentivi, anno		2022

Tabella 9.20 – Risultati dell'analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN1

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	6,70
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	7,90
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	$VAN > 0$	€ 49.169
Tasso interno di rendimento del progetto	$TIR > WACC$	12,08%
Indice di Profitto	IP	47,31%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	2,44
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	3,00
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	$VAN > 0$	€ 31.812
Tasso interno di rendimento dell'azionista	$TIR > k_e$	38,14%
Debit Service Cover Ratio	$DSCR < 1,3$	1,259
Loan Life Cover Ratio	$LLCR > 1$	2,115
Indice di Profitto Azionista	IP	30,61%

Figura 9.16 –SCN1: Flussi di cassa del progetto

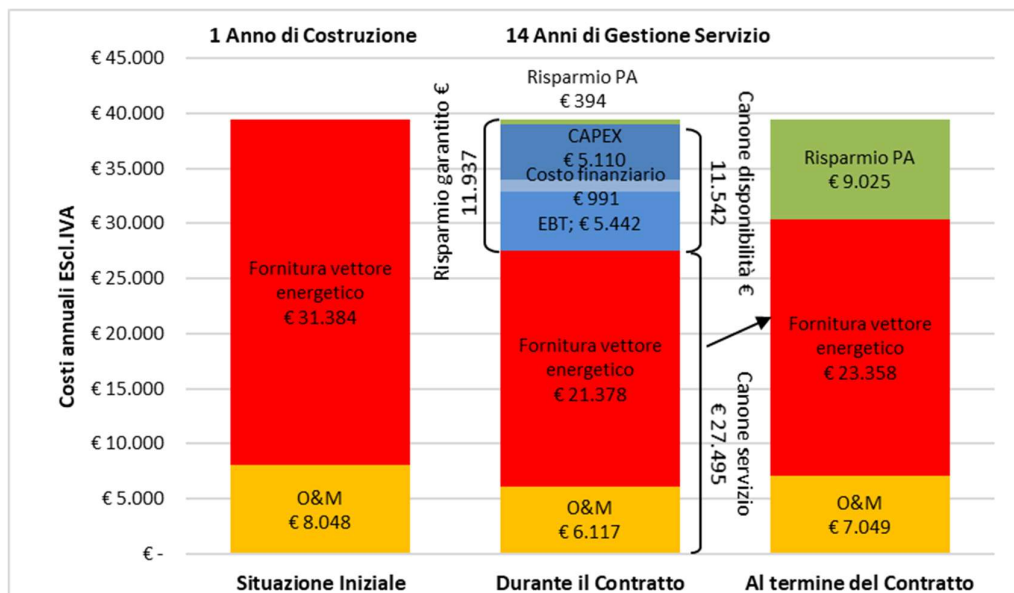


Figura 9.17 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



Infine si è provveduto all'identificazione del possibile canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale con incentivi attraverso la partecipazione di ESCO secondo lo schema di EPC descritto in Figura 9.18.

Figura 9.18 – Scenario 1: Schema di Energy Performance Contract



9.3.2 Scenario 2: EEM1 + EEM4 + EEM5 + EEM6

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

- EEM1: Isolamento delle pareti esterne;

- EEM4: Sostituzione del generatore di calore con installazione delle valvole termostatiche;
- EEM5: Installazione di nuove plafoniere con lampade;
- EEM6: Installazione di un impianto fotovoltaico.

Tabella 9.21 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA AL 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 – Fornitura e Posa	215.055,65	47.312,24	262.367,89
EEM4 – Fornitura e Posa	31.226,25	6.869,77	38.096,02
EEM5 – Fornitura e Posa	52.584,05	11.568,49	64.152,55
EEM6– Fornitura e Posa	50.832,95	11.183,25	62.016,20
Costi per la sicurezza	7.388,46	1.625,46	9.013,92
Costi per la progettazione	17.239,73	3.792,74	21.032,47
TOTALE (I₀)	374.327,09	82.351,96	456.679,05
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO} (IVA INCLUSA)	C _{MS} (IVA INCLUSA)	C _M (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 O&M	-	-	-
EEM2 O&M	-	-	-
EEM4 O&M	5.302	589	5.891
EEM5 O&M	-	-	-
TOTALE (C_M)	5.302	589	5.891
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	
		[€]	
Incentivi	[Conto termico]	156.978,39	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		31.395,68	

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

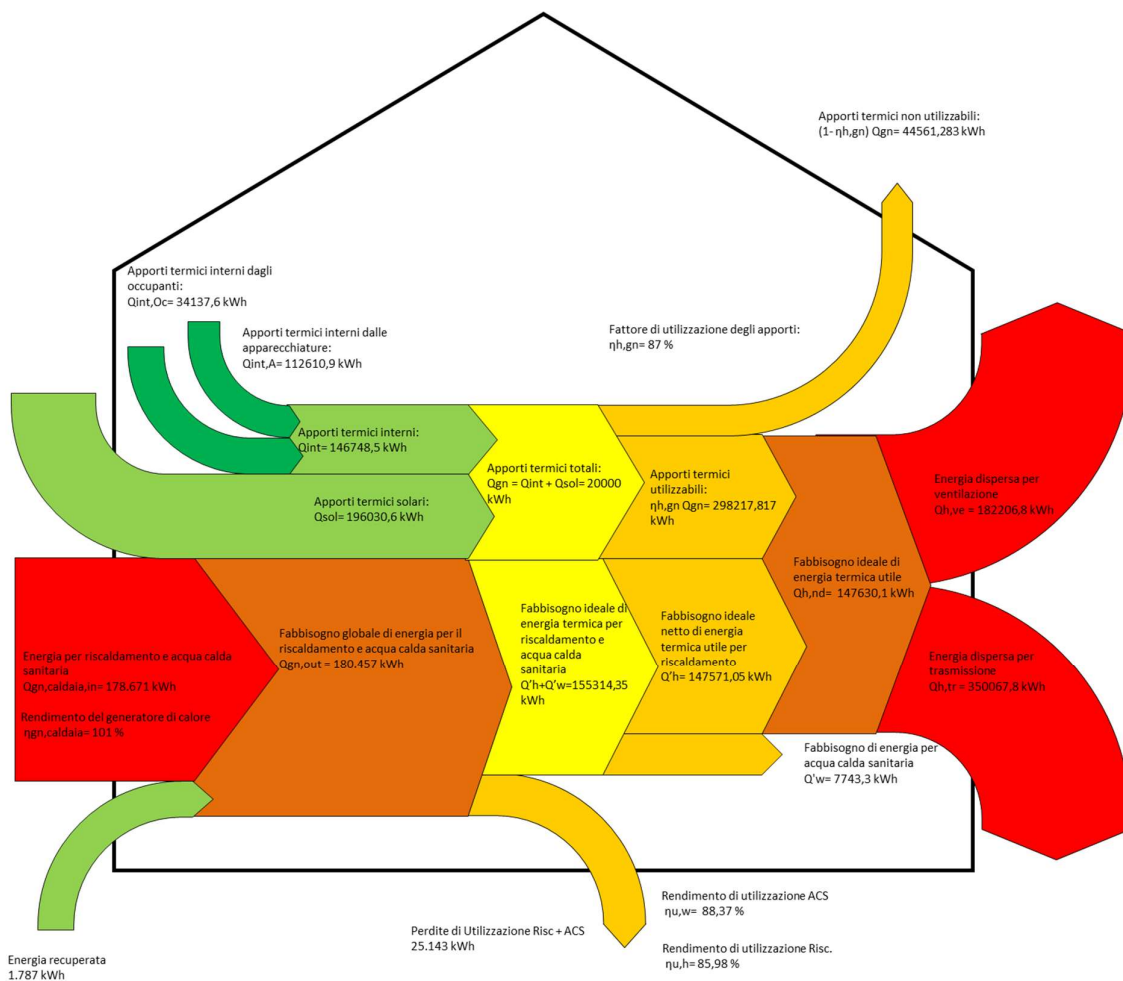
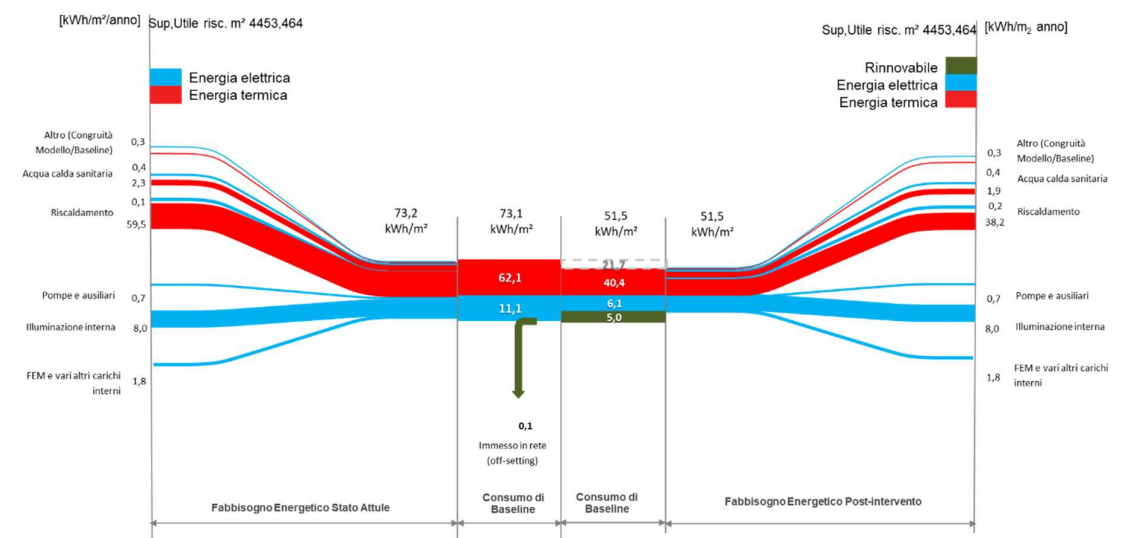


Figura 9.20 – SCN2: Bilancio energetico complessivo dell'edificio post intervento

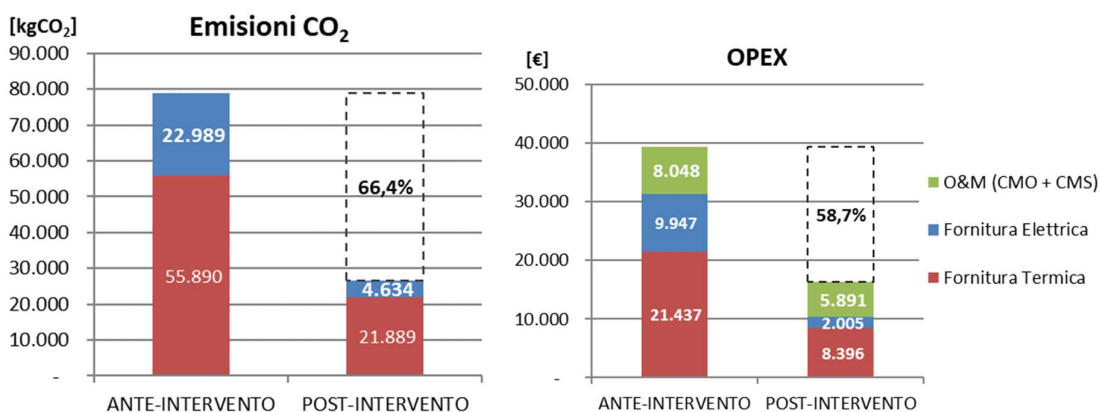


I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella Tabella 9.22 e nella figura 9.21.

Tabella 9.22 – Risultati analisi SCN2

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM1 [trasmissione parete]	[W/m²K]	1,47	0,25	83,0%
EEM4 [Rendimento generazione calore]	[W/m²K]	87	102	17,2%
EEM5 [Potenza installata]	[w]	26262	12994	50,5%
EEM6 [Potenza installata]	[w]	0	25.000	100%
Q _{teorico}	[kWh]	275.250	107.800	60,8%
EE _{teorico}	[kWh]	50.726	10.225	79,8%
Q _{baseline}	[kWh]	276.686	108.362	60,8%
EE _{baseline}	[kWh]	49.227	9.923	79,8%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	55.890	21.889	60,8%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	22.989	4.634	79,8%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	78.880	26.523	66,4%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	21.437	8.396	60,8%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	9.947	2.005	79,8%
Fornitura Energia, C_E	[€]	31.384	10.401	66,9%
C _{MO}	[€]	7.243	5.302	26,8%
C _{MS}	[€]	805	589	26,8%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	8.048	5.891	26,8%
OPEX	[€]	39.431	16.292	58,7%
Classe energetica	[-]	F	C	+3 classi

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

Figura 9.21 – 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 9.18,

Tabella 9.19 e Tabella 9.20 e nelle successive figure.

Tabella 9.23 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN2

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	n_i	1
Anni Gestione Servizio	n_s	24
Anni Concessione	n	25
Anno inizio Concessione	n_0	2020
Anni dell'ammortamento	n_A	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	k_{cdP}	2,00%
Costo Capitale Azienda	WACC	4,00%
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{cdP})$	$k_{progetto}$	4,00%
Inflazione ISTAT	f	0,50%
deriva dell'inflazione	f'	0,70%
%, interessi debito	k_D	3,82%
%, interessi equity	k_E	9,00%
Aliquota IRES	IRES	24,0%
Aliquota IRAP	IRAP	3,9%
Aliquota fiscale	τ	27,90%
Anni debito (finanziamento)	n_D	16
Anni Equity	n_E	24
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_0	€ 456.679
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 13.700
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 470.379
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€ 376.304
Equity	I_E	€ 94.076
Fattore di annualità Debito	FA_D	11,96
Rata annua debito	q_D	€ 31.464
Costo finanziamento, (D+INT _D)	q_D*n_D	€ 503.431
Costi per interessi debito, INT _D	INT_D=q_D*n_D-D	€ 127.128

Tabella 9.24 – Parametri Economici dell'analisi di redditività dello SCN2

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€ 31.384
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€ 8.048
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	C_{Baseline}	€ 39.431
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	%ΔC_E	66,9%
Riduzione% costi O&M	%ΔC_M	26,8%
Obiettivo riduzione spesa PA	%C_{Baseline}	2,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€ 21.053
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€ 789
Risparmio PA durante la concessione	14%	€ 204.405
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€ 31.224
N° di Canoni annuali	anni	24
Utile lordo della ESCO	%CAPEX	27,25%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	€ 5.340

Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€ 5.297
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€ 9.627
Canone O&M €/anno	C_{nM}	€ 6.274
Canone Energia €/anno	C_{nE}	€ 12.105
Canone Servizi €/anno IVA escl.	C_{nS}	€ 18.379
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	C_{nD}	€ 20.264
Canone Totale €/anno IVA escl.	C_n	€ 38.643
Aliquota IVA %	IVA	22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€ 82.352
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€ 156.978
Durata Incentivi, anni	n_B	5
Inizio erogazione Incentivi, anno		2022

Tabella 9.25 – Risultati dell'analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN2

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	11,79
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	18,08
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€ 57.113
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC	5,74%
Indice di Profitto	IP	12,51%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	2,93
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	3,50
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€ 35.195
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke	27,37%
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3	1,119
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1	1,091
Indice di Profitto Azionista	IP	7,71%

Figura 9.22 –SCN2: Flussi di cassa del progetto

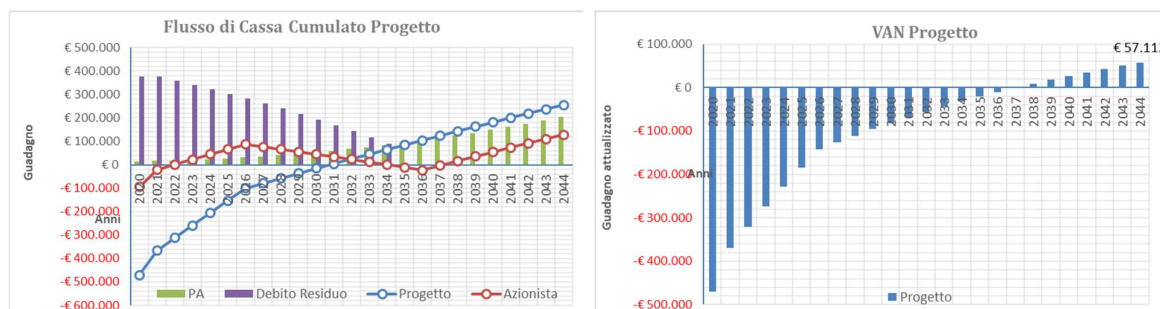
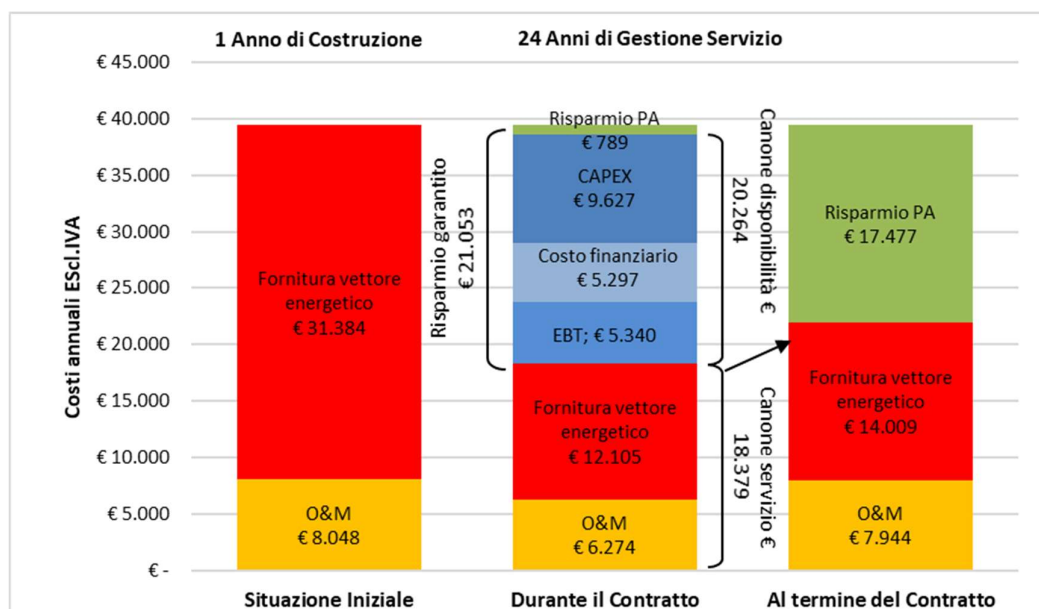


Figura 9.23 – SCN2: Flussi di cassa dell'azionista



Infine si è provveduto all'identificazione del possibile canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale con incentivi attraverso la partecipazione di ESCO secondo lo schema di EPC descritto in Figura 9.1824 .

Figura 9.24 – Scenario 1: Schema di Energy Performance Contract



10 CONCLUSIONI

10.1 RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA

Gli indicatori di prestazione energetica sono riportati nella tabella 10.1 in cui vengono espressi in duplice forma:

- Rispetto ai consumi energetici reali con riferimento ai dati storici come media delle ultime 3 annualità.
- Rispetto a condizioni standard di riferimento (calcolo in valutazione standard UNI TS 11300);

Tabella 10.1 – Indicatori di performance energetica valutati in modalità adattata all’utenza e in condizioni standard

INDICATORI DI PRESTAZIONE ENERGETICA NON RINNOVABILE		CONDIZIONI REALI	U.M.	CONDIZIONI STANDARD	U.M.
Indice di prestazione energetica globale	EP _{gl}	84,2	kWh/mq anno	227,1	kWh/mq anno
Indice di prestazione energetica per il riscaldamento invernale	EP _H	64,2	kWh/mq anno	190,4	kWh/mq anno
Indice di prestazione energetica per la produzione di acs	EP _{acs}	3,2	kWh/mq anno	3,9	kWh/mq anno
Indice di prestazione energetica per la climatizzazione estiva	EP _C	0,0	kWh/mq anno	0,0	kWh/mq anno
Indice di prestazione energetica per la ventilazione	EP _V	0,0	kWh/mq anno	0,0	kWh/mq anno
Indice di prestazione energetica per illuminazione artificiale	EP _L	16,0	kWh/mq anno	32,0	kWh/mq anno
Indice di prestazione energetica per il trasporto di persone o cose	EP _{Tr}	0,8	kWh/mq anno	0,8	kWh/mq anno
Indice di energia termica totale	EP _T	61,6	kWh/mq anno	181,5	kWh/mq anno
Indice di energia elettrica totale	EE	11,9	kWh/mq anno	18,4	kWh/mq anno
Indice di prestazione termica per il riscaldamento	ET _H	59,4	kWh/mq anno	134,2	kWh/mq anno
Indice di prestazione termica per il raffrescamento	ET _C	0,0	kWh/mq anno	0,0	kWh/mq anno
Indice di prestazione termica per la produzione di acs	ET _w	2,7	kWh/mq anno	47,4	kWh/mq anno
Emissioni equivalenti di CO ₂	CO _{2eq}	17,7	Kg/mq anno	45,62	Kg/mq anno

10.2 RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI

10.2.1 Priorità delle interazioni proposte e programma di attuazione:

Alla fine di dare una priorità all’implementazione degli interventi di miglioramento individuati è stata effettuata un’analisi multicriterio che tenga in considerazione gli aspetti:

- Energetici: Riduzione dei consumi di energia primaria (kWh);
- Economici:
 - Costo dell’energia risparmiata (CER) espressa in c€/kWh, fornisce l’esborso finanziario da sostenere per ogni unità di energia risparmiata;
 - Indice di profittabilità (IP) dato dal rapporto tra VAN e Investimento;

- Valore Attualizzato Netto (VAN) (€);
- Tempo di riorno Semplice (TR) (anni).
- Ambientali: Tonnellate di CO₂ evitate annualmente (ton/anno).

Tabella 10.2 – Analisi multicriterio degli interventi migliorativi

INTERVENTO	Critero Energetico	Critero Ambientale	Critero Economico				Risultato complessivo
	Risparmio energia primaria	CO ₂ risparmiata	TIR	IP	TR	VAN	
	kWh/anno	Ton/anno	%	-	anni	€	
EEM 1*	90.850,67	20,64	3,3%	-0,05	17,72	-14.355,23	-
EEM 2	21.376,63	6,12	5,8%	0,15	12,75	8.656,53	0,04
EEM 3*	128.705,11	26,05	1,7%	-0,19	22,79	-68.740,03	-
EEM 4	101.093,63	20,90	28,0%	1,75	3,13	73.471,81	0,67
EEM 5*	37.854,44	10,42	-2,3%	-0,19	8,62	-13.101,90	-
EEM 6	39.635,83	12,26	4,6%	0,05	12,58	3.443,58	0,07
SCN1	139.838,77	31,29	12,1%	0,47	6,70	49.168,75	0,45
SCN2	241.377,75	52,43	5,7%	0,13	11,79	57.112,80	0,61

PESO	20%	30%	5%	30%	5%	10%
-------------	-----	-----	----	-----	----	-----

*L'intervento risulta escludibile dall'analisi in quanto caratterizzato da pareti economici negativi e quindi non applicabile.

Nel risultato complessivo compare la somma di tutti gli indicatori riportati in tabella parametrizzati rispetto ai fattori peso indicati e pesati tra di loro per poterli confrontare; maggiore è il risultato complessivo migliore complessivamente è l'intervento rispetto a quelli proposti.

L'analisi multicriterio dimostra che l'EEM4 risulta essere l'intervento migliore tra quelli proposti, seguito dall'SCN1 e dall'SCN2; tra gli interventi singoli proposti l'intervento migliore risulta essere la sostituzione del generatore di calore e l'installazione delle valvole termostatiche.

In generale l'analisi multicriterio mette in luce anche il fatto che un maggior investimento non determina per forza un miglioramento dei parametri energetici, ambientali ed economici; infatti il risultato complessivo mostra che l'interazione di questi parametri può portare un intervento a basso investimento ad essere migliore di uno ad investimento maggiore.

10.2.2 Piani di misure e verifiche per accertare i risparmi

e suddette opportunità di miglioramento verranno attuate attraverso la stipula di Contratti a garanzia di risultato (EPC) con ESCO a seguito dell'aggiudicazione di Gare d'Appalto dedicate.

I piani di misura e verifica dei risparmi sono uno strumento fondamentale nei contratti EPC per monitorare nel tempo il risparmio energetico conseguito grazie agli interventi di efficientamento, in base al quale si valuta il raggiungimento degli obiettivi garantiti dal contratto.

L'obiettivo principale del monitoraggio è quello di avere un feedback obiettivo sui risultati ottenuti. In particolare la raccolta dei dati deve servire per:

- valutare l'efficacia e l'efficienza dell'uso delle risorse investite per raggiungere l'obiettivo dell'iniziativa;

- garantire la corretta gestione del Contratto stipulato con la ESCO. I dati utilizzati per calcolare i pagamenti devono essere veritieri e garantire, trasparenza e tracciabilità;
- come esempio per replicare l’iniziativa e dimostrarne l’efficacia.

Il Sistema di Monitoraggio e Verifica delle Prestazioni prevede:

- la programmazione periodica delle attività di controllo;
- la compilazione periodica di un report di Monitoraggio;
- la predisposizione di un report stagionale con i risultati delle prestazioni per il periodo di riferimento;
- la messa a disposizione delle informazioni e dei report raccolti e archiviati.

Il report annuale di monitoraggio dovrà contenere gli elementi seguenti:

- l’andamento dei consumi stagionali, in termini sia energetici sia monetari rilevati di energia termica;
- l’andamento dei consumi stagionali in termini sia energetici sia monetari rilevati di energia elettrica;
- i prezzi di riferimento per la stagione;
- la descrizione di eventuali variazioni climatiche;
- la descrizione di eventuali variazioni delle modalità d’uso degli edifici;
- la descrizione di eventuali variazioni delle caratteristiche di base degli edifici;
- il risparmio energetico garantito ed effettivo e gli eventuali scostamenti;
- la descrizione delle esperienze operative acquisite.

10.3 CONCLUSIONI E COMMENTI

Il presente report di Diagnosi Energetica può ritenersi un documento tecnico propedeutico all’eventuale redazione di Energy Performance Contract (EPC) volti all’implementazione degli interventi di riqualificazione del patrimonio edilizio della Committenza.

ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA

Titolo	Data	Nome file
Allegato A - Elenco documentazione fornita dalla committenza	07/06/18	DE_Lotto.3-E669_revA-AllegatoA.docx

ALLEGATO B – ELABORATI

Titolo	Descrizione	Data	Nome file
Contesto geografico e urbano e zone termiche	Contesto geografico	07/06/18	DE_Lotto.3-E669_revA-AllegatoB-Zone termiche e contatori.dwg
Analisi fatture dell'energia elettrica	Analisi fatture EE	07/06/18	DE_Lotto.3-E669_revA-AllegatoB-Analisi fatture di energia elettrica.xlsx
Analisi fatture dell'energia termica	Analisi fatture GAS	07/06/18	DE_Lotto.3-E669_revA-AllegatoB-Analisi fatture di energia termica.xlsx
Riepilogo dati fatture rilevati dall'auditor	Dati consumi termici ed elettrici	07/06/18	kyotoBaseline-E669_rev10.xlsx

ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

Titolo	Data	Nome file
Allegato C – Report di indagine termografica	06/06/18	DE_Lotto.3-E669_revA-AllegatoC.docx

ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI

Non sono stati eseguiti ulteriori report relativi a prove diagnostiche strumentali della termoflussimetria in quanto non ritenuti significativi viste le caratteristiche dell'edificio indivianalizzate in fase di rilievo e di elebarazione del report di diagnosi energetiche.

ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI

Titolo	Data	Nome file
Relazione di calcolo, fabbisogno di energia e diagnosi energetica rilasciati dal software	07/06/18	DE_Lotto.3-E669_revA-AllegatoE.pdf

ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

Titolo	Data	Nome file
Certificato di conformità Namirial Termo	07/06/18	DE_Lotto.3-E669_revA-Allegato F.pdf

ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

Titolo	Data	Nome file
Attestato di prestazione energetica	07/06/18	DE_Lotto.3-E669_revA-AllegatoG-APE.pdf

ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

Titolo	Data	Nome file
Attestato di prestazione energetica	07/06/18	DE_Lotto.3._E669_revA-Allegato H-APE SCN1.pdf
Attestato di prestazione energetica	07/06/18	DE_Lotto.3._E669_revA-Allegato H-APE SCN2.pdf

ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

Titolo	Data	Nome file
Dati climatici	07/06/18	GG_Lotto.3-E669_rev02.xlsx

ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

Titolo	Data	Nome file
Scheda Audit	07/06/18	DE_Lotto3-E669_revB_AllegatoJ-Scheda audit.xlsx



ALLEGATO K – SCHEDE ORE

Titolo	Data	Nome file
Scheda ORE_isolamento pareti esterne	07/06/18	DE_Lotto.3-E669_revA-AllegatoK-Scheda ORE_EEM1.pdf
Scheda ORE_isolamento copertura piana	07/06/18	DE_Lotto.3-E669_revA-AllegatoK-Scheda ORE_EEM2.pdf
Scheda ORE_sostituzione infissi	07/06/18	DE_Lotto.3-E669_revA-AllegatoK-Scheda ORE_EEM3.pdf
Scheda ORE_sostituzione caldaie	07/06/18	DE_Lotto.3-E669_revA-AllegatoK-Scheda ORE_EEM4.pdf
Scheda ORE_valvole termostatiche.pdf	07/06/18	DE_Lotto.3-E669_revA-AllegatoK-Scheda ORE_EEM3&EEM4.pdf
Scheda ORE_lampade led.pdf	07/06/18	DE_Lotto.3-E669_revA-AllegatoK-Scheda ORE_EEM5.pdf
Scheda ORE_impianto fotovoltaico.pdf	07/06/18	DE_Lotto.3-E669_revA-AllegatoK-Scheda ORE_EEM6.pdf



ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI

Titolo	Data	Nome file
Analisi economica finanziaria degli scenari SCN1 e SCN2	07/065/18	DE_Lotto.3-E669_rev06-AllegatoL-Analisi PEF.xlsx



ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

Titolo	Data	Nome file
Report di benchamark	07/06/18	DE_Lotto.3-E669_revC-AllegatoM-Benchmark.docx



ALLEGATO N – CD-ROM