

Scuola comunale dell'infanzia "Aurora"

E679

Via Mario Romagnoli 20

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 comunale dell’infanzia “Aurora”

E679

Via Mario Romagnoli 20

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. 00	24/04/2018	Gruppo EDEN Srls	Ing. Sonia Subazzoli	Arch. Valentina Raisa	Prima emissione
Rev. 01	25/05/2018	Gruppo EDEN Srls	Ing. Sonia Subazzoli	Arch. Valentina Raisa	Seconda emissione
Rev. 02	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	17
<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>20</i>
LE CARATTERISTICHE DEI SISTEMI DI GENERAZIONE SONO RIPORTATE NELLA TABELLA 4.9.	20
4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA	20
4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO/CLIMATIZZAZIONE ESTIVA	21
4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA	21
4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE	21
4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE	22
4.8 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DI IMPIANTI DI PRODUZIONE ENERGIA ELETTRICA O COGENERAZIONE	22
5 CONSUMI RILEVATI	23
5.1 CONSUMI ENERGETICI STORICI PER CIASCUN VETTORE E CONNESSIONE ALLE RETI GAS NATURALE ED ELETTRICA.....	23
<i>Energia termica.....</i>	<i>23</i>
<i>Energia elettrica.....</i>	<i>27</i>
5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI	30
6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO	35
6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO	35
<i>Validazione del modello termico.....</i>	<i>36</i>
<i>Validazione del modello elettrico.....</i>	<i>37</i>
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI.....	37
6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI.....	39
7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO	41
7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI	41
<i>Vettore termico.....</i>	<i>41</i>

Vettore elettrico.....	44
7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL’ANALISI.....	47
7.3 COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI.....	47
7.4 BASELINE DEI COSTI.....	48
TABELLA 7.8 – VALORI DI COSTO INDIVIDUATI PER IL CALCOLO DELLA BASELINE.....	48
8 IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA	49
8.1 DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI	49
8.1.1 <i>Involucro edilizio</i>	49
8.1.2 <i>Impianto di riscaldamento</i>	52
8.1.3 <i>Impianto di illuminazione ed impianto elettrico</i>	54
8.1.4 <i>Impianto di generazione da fonti rinnovabili</i>	55
9 VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA.....	58
9.1 ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	58
9.2 ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	61
9.3 IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D’INTERVENTO E SCENARI D’INVESTIMENTO	68
9.3.1 <i>Scenario 1: EEM2 + EEM3 + EEM4 + EEM5</i>	70
9.3.2 <i>Scenario 1: EEM1 + EEM3 + EEM4</i>	76
10 CONCLUSIONI	82
10.1 RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA	82
10.2 RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI	82
10.2.1 <i>Priorità delle interazioni proposte e programma di attuazione:</i>	82
10.2.2 <i>Piani di misure e verifiche per accertare i risparmi</i>	83
10.3 CONCLUSIONI E COMMENTI.....	84
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	2
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		Anni 50
Anno di ristrutturazione		-
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E.7 (Edificio adibito ad attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili)
Superficie utile riscaldata	[m ²]	677,24
Superficie disperdente (S)	[m ²]	1.273,24
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	2.595,89
Rapporto S/V	[1/m]	0,49
Superficie netta aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	677,24
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	767,47
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	217,46
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	948,33
Tipologia generatore riscaldamento		Generatori tradizionali a basamento
Potenza totale impianto riscaldamento ⁽²⁾	[kW]	Due caldaie standard in parallelo da 437,4 kW l’una. Potenza complessiva dell’impianto 874,8 KW
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	0
Tipo di combustibile		Gas naturale
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Produzione combinata e boiler elettrici
Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	20,67
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{th} /anno]	75.535
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	6.282,88
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	11.211
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	2.698,44

Nota (1): Valori di Baseline

Nota (2): Potenza nominale utile complessiva delle caldaie in centrale termica a servizio dei condomini di via Romagnoli 7-9-13-14-17

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

- EEM 1: Isolamento pareti esterne;
- EEM 2: Sostituzione infissi;
- EEM 3: Sostituzione dei generatori di calore;
- EEM 4: Installazione di nuove plafoniere con lampade led;
- EEM5: Installazione di un impianto fotovoltaico
- SCN 1: Sostituzione infissi, sostituzione dei generatori di calore con installazione di valvole termostatiche e installazione di un impianto fotovoltaico;
- SCN 2: Isolamento pareti esterne, sostituzione generatori di calore con installazione di nuove plafoniere con lampade led.

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

CON INCENTIVI														
	% Δ_E	% Δ_{CO_2}	ΔC_E	ΔC_{MO}	ΔC_{MS}	I_0	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP	DSCR	LLCR
	%	%	€/anno	€/anno	€/anno	[€]	anni	anni	anni	€	%	-		
EEM1	12,2%	13,0%	1.094,1	0,0	0,0	-30.730,7	17,0	30,6	30	-657,9	3,7%	0,0	[n/a]	[n/a]
EEM2	11,0%	11,7%	988,5	0,0	0,0	-40.434,5	23,7	37,2	30	-8.035,0	1,4%	-0,2	[n/a]	[n/a]
EEM3	4,7%	5,1%	421,8	-30,0	399,7	-4.464,5	3,7	4,2	15	5.177,7	21,7%	1,2	[n/a]	[n/a]
EEM4	8,3%	6,9%	742,0	0,0	0,0	-8.773,6	6,6	8,6	8	-626,0	1,7%	-0,1	[n/a]	[n/a]
EEM5	11,4%	9,6%	1.026,5	0,0	0,0	-18.943,1	17,2	25,2	20	-4.045,2	1,1%	-0,2	[n/a]	[n/a]
SCN1	37,2%	35,3%	5.637,7	357,9	39,8	-73.062,1	15,3	24	15	-14.020,0	-0,2%	-19,2	1,03	0,45
SCN2	28,2%	28,2%	6.515,1	357,9	39,8	-45.239,0	11,6	21	25	1.211,0	4,5%	2,7	1,08	0,55

Figura 0.1 – Scenario 1: analisi finanziaria

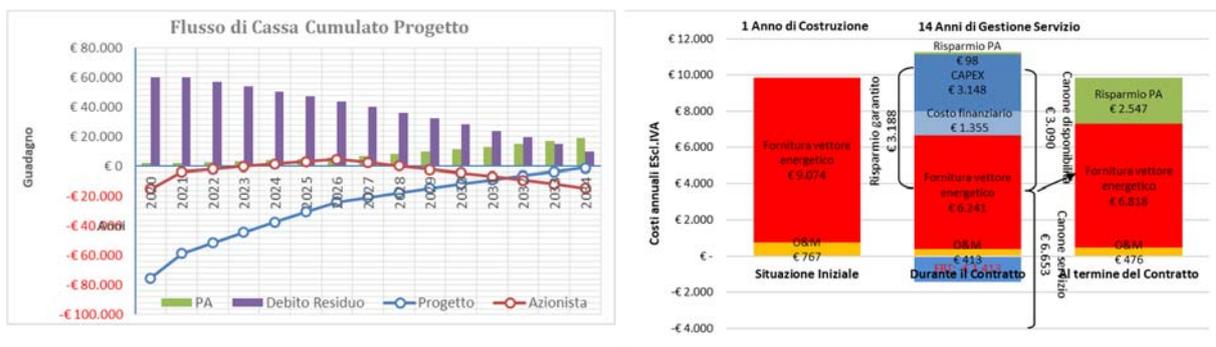
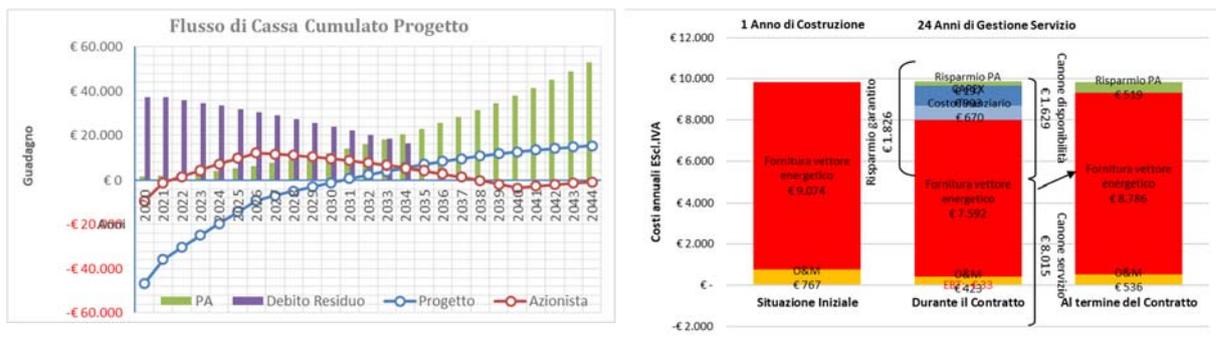


Figura 0.2 – Scenario 2: analisi finanziaria



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).

Entrambi gli scenari prevedono interventi che coinvolgono sia l’involucro edilizio sia gli impianti termico ed elettrico, compreso il ricorso allo sfruttamento di forme di energia rinnovabile per l’SCN1. In termini di sostenibilità finanziaria degli investimenti, si è cercato di individuare interventi che consentissero l’ottenimento di valori adeguati degli indici DSCR e LLCR (si veda Capitolo 9.3); tuttavia, la necessità del doppio salto di classe non lo ha reso sempre possibile, vista la necessità di ricorrere ad interventi molto efficaci dal punto di vista della riduzione del fabbisogno energetico (coibentazione a cappotto), ma allo stesso tempo anche particolarmente onerosi da un punto di vista economico. Entrambi gli scenari individuati consentono il salto di due classi, ma presentano valori sufficienti solo per l’indicatore DSCR. LLCR è invece inferiore all’unità in quanto i flussi di cassa cumulati dell’azionista, come osservabile nei grafici, dopo aver raggiunto un picco positivo cominciano decrescere.

INTRODUZIONE

1.1 PREMESSA

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

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

Nell’attività di realizzazione delle DE si è fatto riferimento alla normativa tecnica ed alla legislazione riportata al Capitolo 3 del Capitolato Tecnico per la “Procedura aperta per l’affidamento del servizio di audit e diagnosi energetiche relative agli edifici scolastici di proprietà del comune di Genova finanziate ai sensi dell’ex art.9 del d.l. 91/2014 “interventi urgenti per l’efficientamento energetico degli edifici scolastici e universitari pubblici”, (fondo Kyoto) - lotti 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 9”

1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA

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

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

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

Scopo della DE è quindi 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.

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



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. Eugenio Ardeni	TC – Tecnico del calcolo energetico	Elaborazione dei dati relativi ai consumi energetici
Ing. Eugenio Ardeni	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. 38 Mapp. 1637 Sub. 10 è sito nel Comune di Genova e più precisamente nel quartiere Marassi, in via Mario Romagnoli 20.

L’immobile oggetto della DE costituisce uno degli interni di un edificio condominiale adibito ad uso residenziale a cui si accede dal civico 14, mentre l’interno con ingresso laterale al civico 20 è adibito a sede della scuola comunale dell’infanzia e scuola primavera “Aurora”.

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		Circa 1960
Anno di ristrutturazione		-
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E.7 (Edificio adibito ad attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili)
Superficie utile riscaldata	[m ²]	677,24
Superficie disperdente (S)	[m ²]	1.273,24
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	2.595,89
Rapporto S/V	[1/m]	0,49
Superficie netta aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	677,24
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	767,47
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	217,46

Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	984,93
Tipologia generatore riscaldamento	Generatori tradizionali a basamento	
Potenza totale impianto riscaldamento ⁽²⁾	[kW]	Due caldaie standard in parallelo da 437,4 kW l’una. Potenza complessiva dell’impianto 874,8 KW
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	0
Tipo di combustibile	Gas naturale	
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)	Produzione combinata e boiler elettrici	
Emissioni CO ₂ di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	20,67
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{th} /anno]	75.535
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	6.282,88
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	11.211
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	2.698,44

Nota (1): Valori di Baseline

Nota (2): Potenza nominale utile complessiva delle caldaie in centrale termica a servizio dei condomini di via Romagnoli 7-9-13-14-17

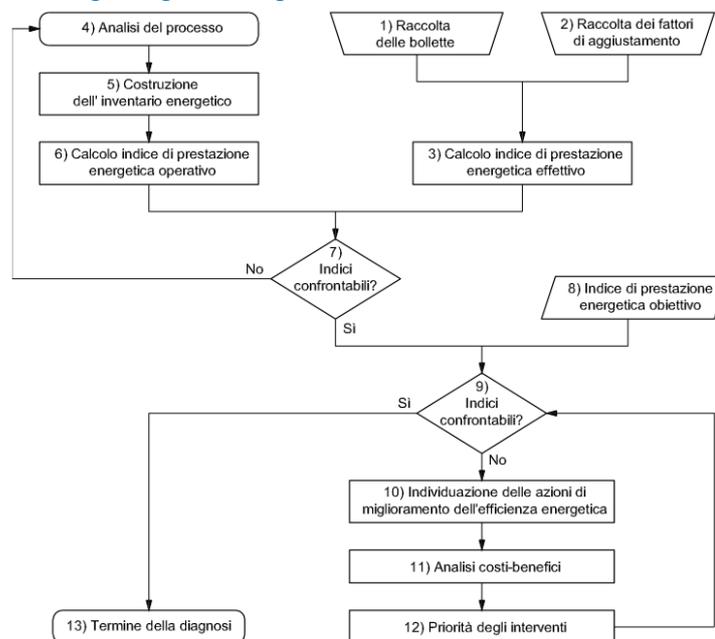
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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

- Acquisizione della documentazione utile, fornita dalla PA, come riportato all’Allegato A – Elenco documentazione fornita dalla committenza;
- Analisi del quadro normativo di riferimento, incluso la verifica dei vincoli ambientali, storici, archeologici e paesaggistici interferenti sull’immobile interessato dall’intervento;
- Visita agli edifici, effettuata in data 22/11/2017 con verifica degli elaborati forniti e rilievo dei dati relativi alle caratteristiche degli elementi disperdenti ed impiantistici costituenti il sistema edificio-impianto;
- Visita alla centrale termica e/o frigorifera, con il supporto del personale incaricato della conduzione e manutenzione degli impianti e rilevamento dei dati utili;
- Preparazione e compilazione delle schede di Audit previste per la diagnosi di livello II di cui all’appendice A delle LGEE - Linee Guida per l’Efficienza Energetica negli Edifici - sett. 2013 - elaborato da AiCARR per Agesi, Assista, Assopetroli e Assoenergia, e riportate all’Allegato J – Schede di audit;
- Elaborazione del comportamento termico ed elettrico dell’edificio, realizzata utilizzando il software commerciale 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});

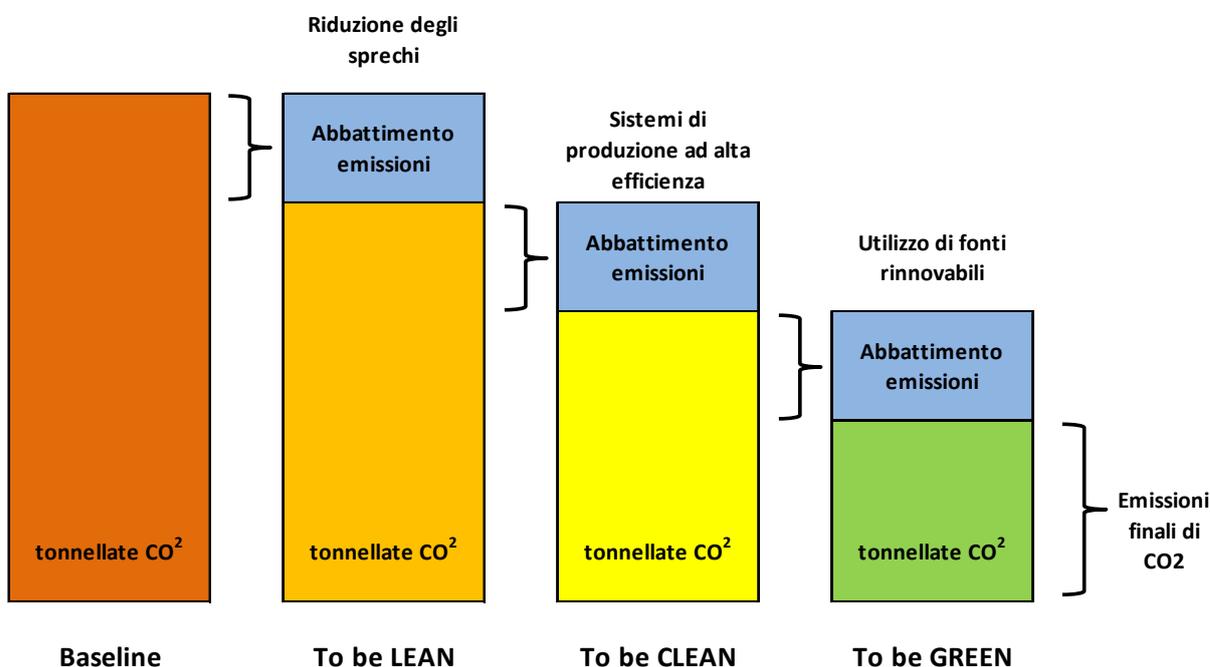
- j) Individuazione della “baseline elettrica” di riferimento (e relative emissioni di CO₂) calcolata sulla media aritmetica dei valori relativi ai consumi elettrici reali per tre le annualità 2014, 2015, 2016;
- k) Validazione del modello elaborato mediante il confronto con le baseline energetiche, al fine di ottenere uno scostamento inferiore al 5%;
- l) Analisi delle possibili EEM necessarie per la riqualificazione energetica del sistema edificio-impianto analizzando gli aspetti tecnici, energetici, ed ambientali.
- m) Simulazione del comportamento energetico dell’edificio a seguito dell’attuazione delle varie EEM proposte singolarmente, ed individuazione della nuova classe energetica raggiungibile;
- n) Definizione di due scenari ottimali a partire dalla combinazione delle singole EEM proposte al fine di conseguire un miglioramento del parametro di efficienza energetica dell’edificio superiore a due classi energetiche e tempi di ritorno inferiori uguale rispettivamente a 25 e a 15 anni.
- o) Analisi costi-benefici e di redditività finanziaria derivanti dalla realizzazione delle EEM previste singolarmente, con riferimento ai principali indicatori finanziari ed ai possibili sistemi di incentivazione;
- p) Valutazione economico-finanziaria dei due scenari ottimali previsti, a partire dal “baseline di costi” e con riferimento ai principali indicatori finanziari e di sostenibilità finanziari ed ai possibili sistemi di incentivazione;
- q) Identificazione dell’eventuale canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale attraverso un Energy Performance Contract, con lo scopo di analizzare il possibile interesse nella realizzazione degli interventi studiati, tramite l’intervento di una ESCO;
- r) Realizzazione di una relazione tecnica descrittiva di dettaglio dell’analisi effettuata (Rapporto di DE);
- s) Realizzazione di un report dei Benchmark.

Figura 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.

L’edificio ospitante il complesso scolastico oggetto della DE è costituito complessivamente da cinque piani fuori terra, nei quali si trovano i vari appartamenti e l’interno scolastico dislocato su tutto il piano terra e parzialmente sul primo piano. E’ presente anche un piano seminterrato nel quale si trovano cantine, garage e i locali tecnici tra cui la centrale termica.

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	[m ²]	504,01	451,43	0
Primo	Aule scolastiche, refettorio, cucina	[m ²]	263,46	225,81	0
TOTALE		[m²]	767,47	677,24	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

Dal punto di vista storico l’edificio è risalito agli anni 60 del XX secolo e non risulta un bene culturale, ambientale o paesaggistico soggetto a tutela.

Nell’analisi delle EEM non ci sono possibili interferenze determinate dall’assenza di vincoli, ma la presenza della scuola all’interno di un condominio determina la necessità di sottoporre l’EEM all’approvazione dell’amministrazione condominiale.

Nell’analisi delle EEM si è quindi resa necessaria l’identificazione delle possibili misure di efficienza energetica da sottoporre all’amministrazione condominiale.

Tabella 2.2 - Misure di efficienza energetica individuate da sottoporre all’amministrazione condominiale

MISURA DI EFFICIENZA ENERGETICA	VINCOLO INTERESSATO	VALUTAZIONE INTERFERENZA ⁽⁴⁾	MISURA DI TUTELA DA ADOTTARE
EEM 1: Isolamento pareti esterne	-	Alta	Previo parere dell’amministrazione condominiale
EEM 2: Sostituzione Infissi	-	Media	-
EEM 3: Sostituzione generatori di calore	-	Alta	Previo parere dell’amministrazione condominiale
EEM 5: Installazione nuove plafoniere con lampade led	-	Media	-
EEM 5: Installazione di un impianto fotovoltaico	-	Alta	Previo parere dell’amministrazione condominiale

Nota (4): Legenda livelli di interferenza:



Nessuna delle misure precedentemente indicate presenta interferenze con gli aspetti geologici, geotecnici, idraulici o idrogeologici della zona.

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.

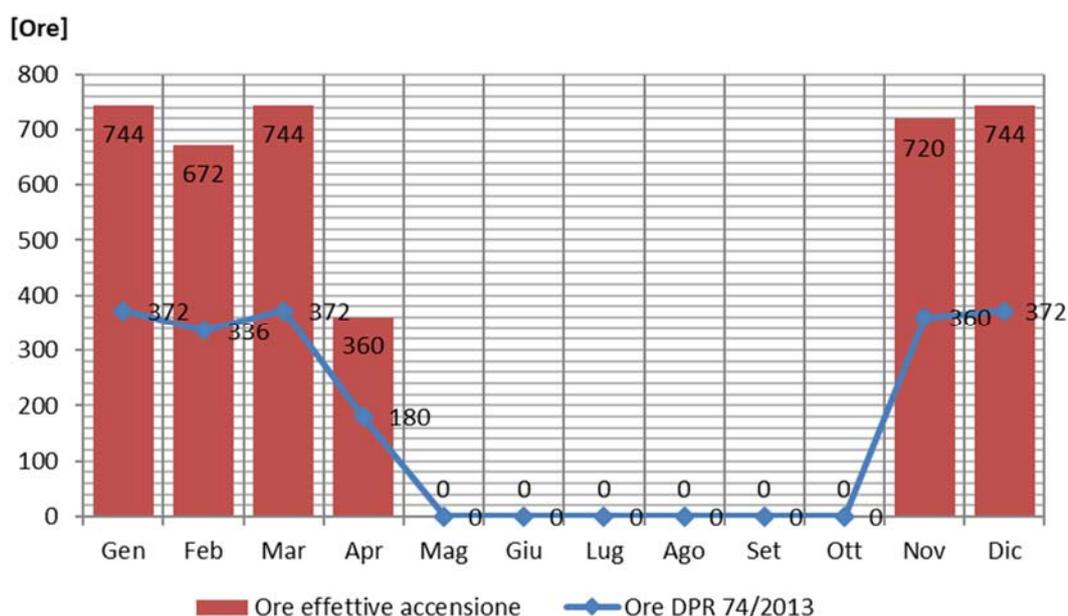
Gli orari di effettivo utilizzo dell’edificio sono stati indicati dal personale scolastico, mentre i periodi di attivazione e spegnimento degli impianti corrispondono ai giorni di apertura e chiusura dell’edificio.

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

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

PERIODO	GIORNI SETTIMENALI	ORARIO FUNZIONAMENTO SCUOLA	ORARIO FUNZIONAMENTO IMPIANTO
Dal 1 Novembre al 15 Aprile	dal lunedì al venerdì	7.30 – 17.00	0.00 – 24.00
	Sabato e Domenica	-	0.00 – 24.00
Dal 15 Aprile al 1 Novembre	dal lunedì al venerdì	7.30 – 17.30	-

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 correlati agli orari di espletamento delle lezioni, ma dipendono principalmente dalla presenza di appartamenti adibiti ad uso residenziale all’interno dell’edificio.

Dal punto di vista manutentivo, attualmente le spese di Conduzione e Manutenzione (O&M) degli impianti a servizio dell’edificio scolastico oggetto della DE sono riportate all’interno della redicontazione dell’esercizio di ogni stagione termica, nella quale le attività di conduzione e manutenzione degli impianti termici sono state date in affidamento alla società Ligurcalor. Non è possibile, tuttavia, specificare la tipologia di contratto tra l’amministrazione condominiale e tale società.

3 DATI CLIMATICI

3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO

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

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

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

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

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

Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 1421 GG calcolati su 166 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	19	31	298	21%
Febbraio	28	10,5	28	266	21	28	266	19%
Marzo	31	11,1	31	276	20	31	276	19%
Aprile	30	15,3	31	71	20	15	71	5%
Maggio	31	18,7	15	-	22	-	-	0%
Giugno	30	22,4	-	-	20	-	-	0%
Luglio	31	24,6	-	-	21	-	-	0%
Agosto	31	23,6	-	-	18	-	-	0%
Settembre	30	22,2	-	-	22	-	-	0%
Ottobre	31	18,2	-	-	21	-	-	0%
Novembre	30	13,3	30	201	21	30	201	14%
Dicembre	31	10,0	31	310	20	31	310	22%
TOTALE	365	16,7	166	1421	245	166	1421	100%

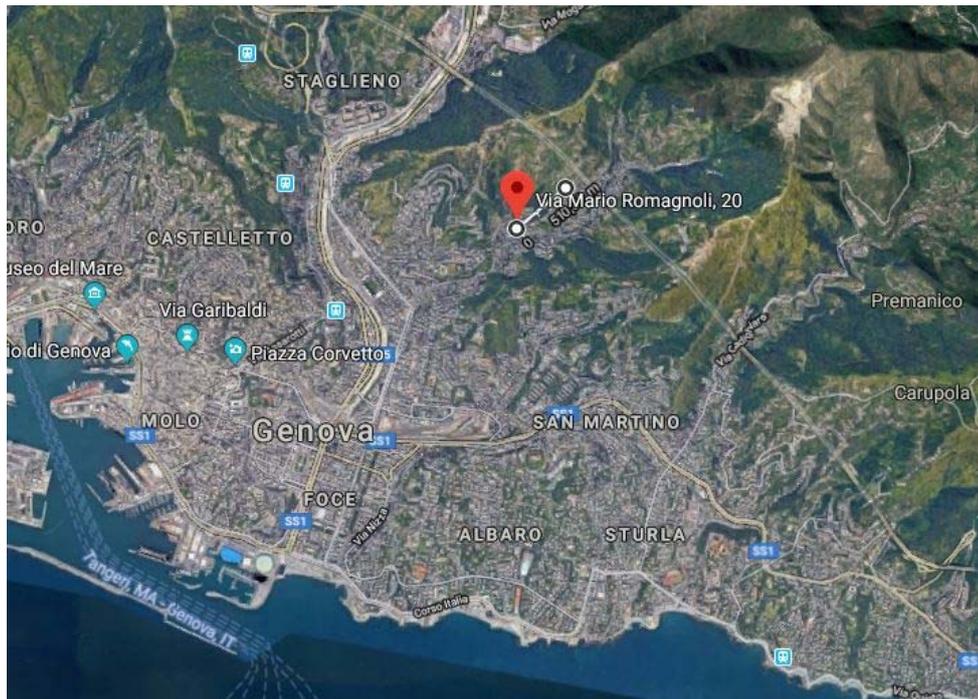
3.2 DATI CLIMATICI REALI

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 500 m di distanza in linea d’aria.

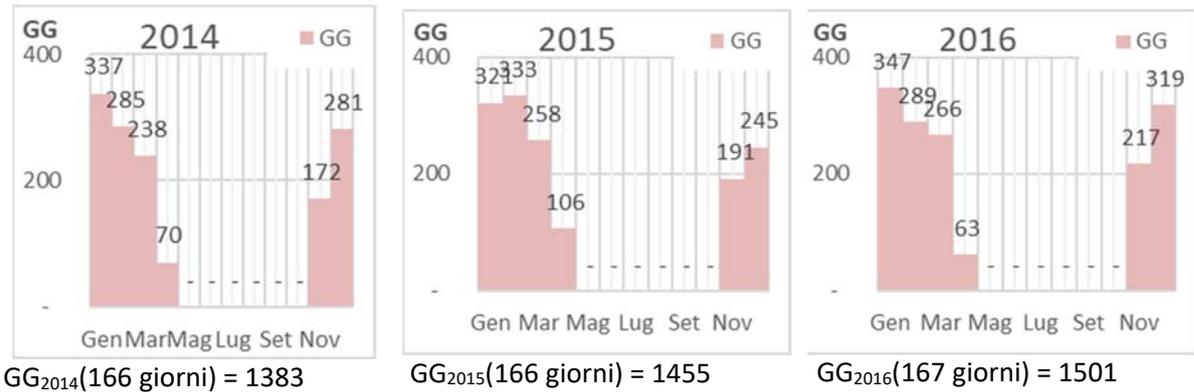
Figura 3.1 – Posizionamento della centralina meteo climatica rispetto all’edificio oggetto di DE



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

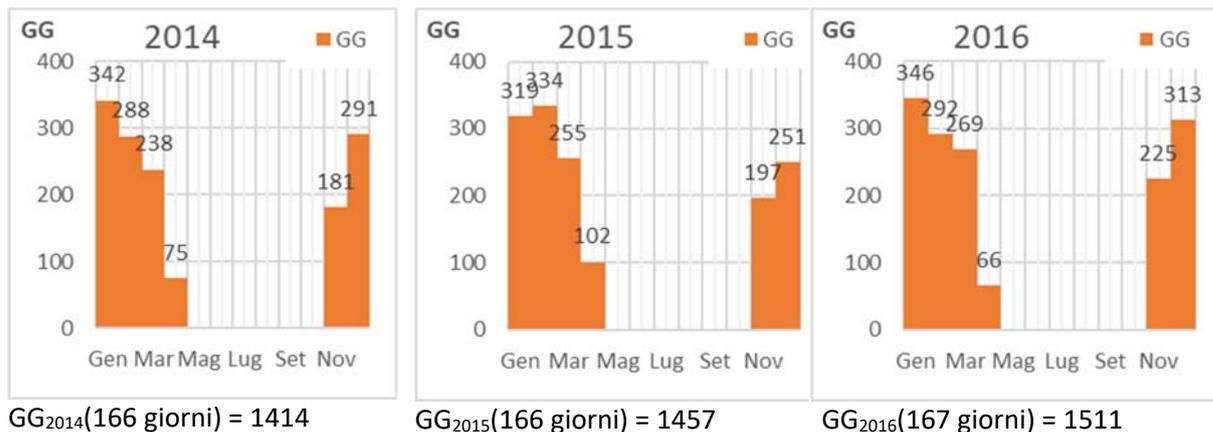


Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell’impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG reali sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell’impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 1460 GG calcolati su 166 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, l’andamento dei GG.

4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI

4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL’INVOLUCRO EDILIZIO

Involucro opaco

L’involucro edilizio opaco che costituisce l’edificio è composto da murature portanti costituite prevalentemente da mattoni pieni. La scuola è situata al piano terra e al primo piano; il pavimento del piano terra è rivolto su un piano seminterrato nel quali si trovano locali non riscaldati, quali vani scale, cantine e garage, mentre sopra il primo piano si trovano appartamenti. Inoltre la facciata del piano terra è rivolta interamente sul lato sud-est e sud-ovest su un balcone, il quale nelle parti più larghe viene usato come cortile.

Figura 4.1 - Particolare della facciata principale



Figura 4.2 - Particolare della facciata laterale

Va inoltre sottolineato che è possibile procedere a sostanziali interventi di efficientamento dell’involucro visibili dall’esterno in quanto l’edificio non risulta vincolato, ma sicuramente a seguito dell’approvazione da parte dell’amministrazione condominiale che eventualmente esegue un intervento sull’intero edificio.



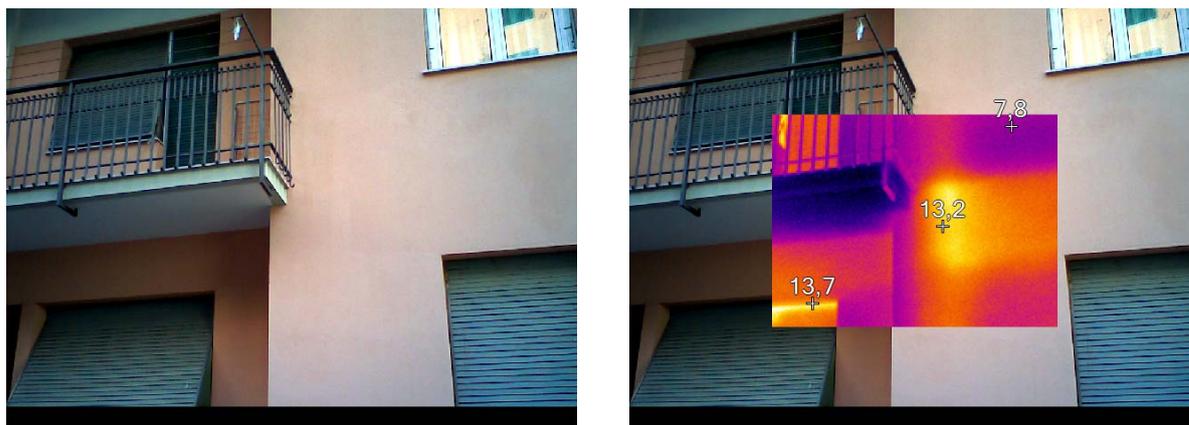
Ai fini di un’identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell’involucro opaco si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione delle seguenti indagini diagnostiche:

- Rilievo termografico eseguito tramite l’utilizzo di 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 le zone del muro esterno probabilmente in corrispondenza di qualche tabazione dell’acqua calda a servizio del riscaldamento; questa parte dell’involucro e la sommità della persiana della finestra risultano essere alcuni degli elementi più disperdenti di calore in una facciata dell’edificio.

Figura 4.3 – Rilievo termografico della parete



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

Tabella 4.1 – Trasmittanze termiche dei componenti dell’involucro opaco

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	SPESSORE [cm]	ISOLAMENTO	TRASMITTANZA TERMICA [W/mqK]	STATO DI CONSERVAZIONE
Parete verticale	PE - 40	40	Assente	1,38	Sufficiente
Parete verticale	PE - 30	30	Assente	1,71	Sufficiente
Parete verticale	PE - 15	15	Assente	2,66	Sufficiente
Solaio interpiano	SOL1	30	Assente	1,30	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 legno e vetro singolo. Sono presenti anche finestre con telaio in pvc e vetro singolo nella sala refettorio del primo piano; infine è presente anche una porta finestra in metallo e vetro singolo.

Lo stato di conservazione degli stessi è buono per quelli più recenti, mentre per alcuni è appena sufficiente.

Figura 4.4 - Particolare dei serramenti con telaio in legno



Figura 4.5 - Particolare dei serramenti – dettaglio angolo vetro



Figura 4.6 - Particolare dei serramenti con telaio in pvc



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 notino in particolare la sommità di un infisso e l’angolo tra due muri esterni quali gli elementi più disperdenti di calore in una facciata dell’edificio.

Figura 4.7 – Rilievo termografico dei serramenti



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	196x169	Legno	Vetro singolo	3,54	Sufficiente
Serramento verticale	F2	133x258	Legno	Vetro singolo	2,98	Sufficiente
Serramento verticale	F3	135x169	Legno	Vetro singolo	3,65	Sufficiente
Serramento verticale	F4	204x87	Legno	Vetro singolo	3,55	Sufficiente

Serramento verticale	F5	200x150	Pvc	Vetro singolo	3,61	Buono
Serramento verticale	F6	136x158	Pvc	Vetro singolo	3,59	Buono

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

4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/CLIMATIZZAZIONE INVERNALE

L’impianto di riscaldamento degli ambienti è costituito da un impianto ad acqua, alimentato da due caldaie a basamento.

Sottosistema di emissione

Il sottosistema di emissione è costituito da un’unica tipologia di terminali:

- Radiatori in ghisa.

I radiatori in ghisa e in acciaio sono installati in tutte le aule della scuola, nei corridoi e nei locali adibiti a servizi igienici e in cucina.

Figura 4.8 - Particolare di un radiatore in ghisa



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 Aule scolastiche	Radiatori in ghisa	93%
ZT-02 Cucina	Radiatori in ghisa	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	POTENZA TERMICA COMPLESSIVA	POTENZA FRIGORIFERA UNITARIA	POTENZA FRIGORIFERA COMPLESSIVA
			[kW]	[kW]	[kW]	[kW]
Terra	Radiatori in ghisa	20	Non disponibile	Non disponibile	0	0
Primo	Radiatori in ghisa	10	Non disponibile	Non disponibile	0	0
TOTALE		-	-	-	-	-

Nota (1): Non sono disponibili la potenza termica unitaria e complessiva dei radiatori in quanto non è possibile determinare tali valori sulla base del materiale a disposizione e delle informazioni rilevate in sede di sopralluogo

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

Sottosistema di regolazione

La regolazione del funzionamento delle caldaie in centrale termica avviene mediante impostazione della curva climatica integrata nei generatori grazie all'installazione di sonde climatiche; inoltre ogni interno del condominio è dotato di un termostato di zona o di valvole termostatiche installate sui radiatori. La temperatura di set-point invernale è di 20 °C.

Figura 4.9 - Particolare di una valvola termostatica



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

Figura 4.10 - Profilo di funzionamento invernale dell'impianto per le zone termiche

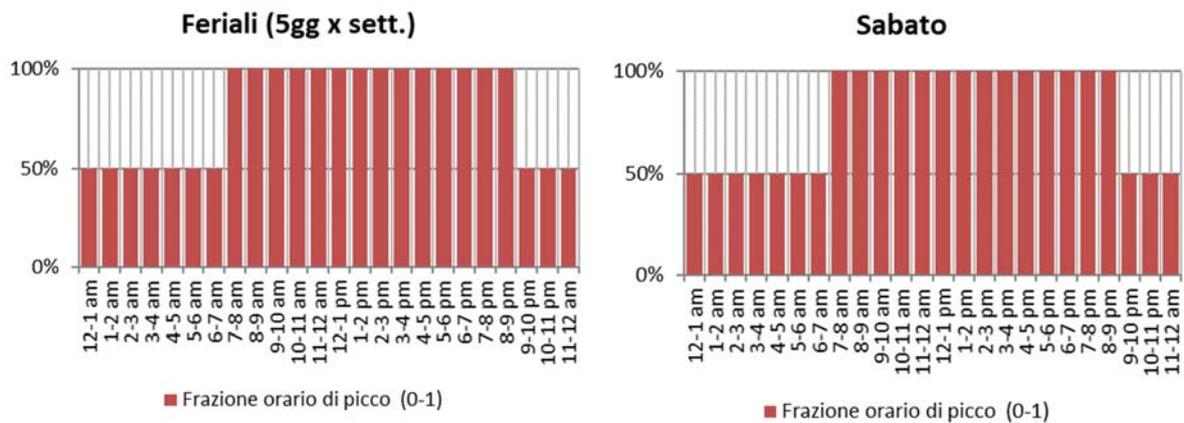
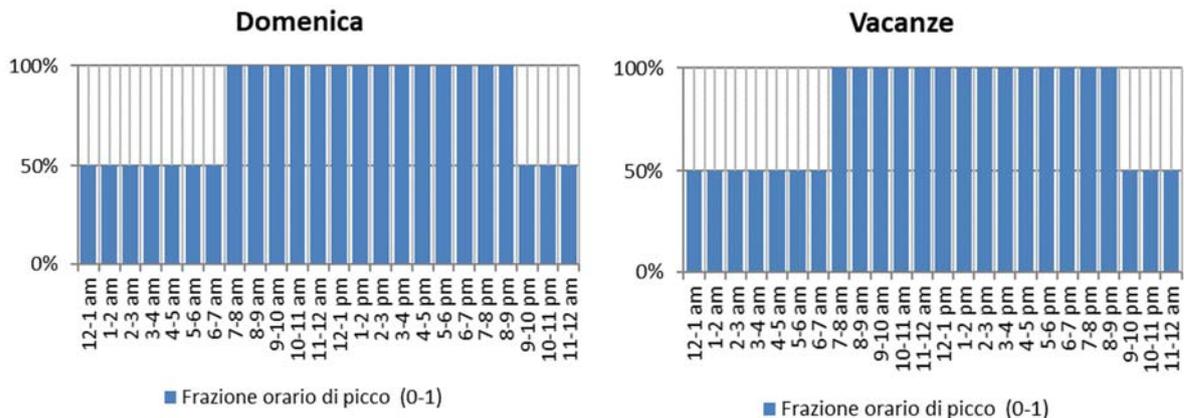


Figura 4.11 - Profilo di funzionamento invernale dell'impianto per le zone termiche



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
ZT-01 Aule scolastiche	Singolo ambiente + Climatica	97%
ZT-02 Cucina	Singolo ambiente + Climatica	97%

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 da circuiti di collegamento tra le caldaie in centrale termica e i terminali di emissione di tutti gli interni dei condomini ai civici 7, 9, 13, 14 e 17. Non si ha a disposizione lo schema dell’impianto, quindi non è possibile identificare circuiti primari e secondari, ma si hanno le caratteristiche dei circolatori a servizio dei circuiti di collegamento, riportate in Tabella 4.6.

Tabella 4.6 - Riepilogo caratteristiche pompe circuito primario

CIRCUITO	NOME	SERVIZIO	PORTATA ⁽³⁾	PREVALENZA ⁽³⁾	POTENZA ASSORBITA ⁽¹⁾
			[m ³ /h]	[kPa]	[kW]
Circuito primario	Grundfos	Non disponibile	Non disponibile	Non disponibile	0,57
Circuito primario	Grundfos	Non disponibile	Non disponibile	Non disponibile	0,375
Circuito primario	Grundfos	Non disponibile	Non disponibile	Non disponibile	0,72
Circuito primario	Grundfos	Non disponibile	Non disponibile	Non disponibile	0,180
Circuito primario	KSB	Non disponibile	Non disponibile	Non disponibile	0,12
Circuito primario	Grundfos	Mandata acqua acqua a bollitore per acs	Non disponibile	Non disponibile	0,145
Circuito primario	Grundfos	Ricircolo acqua calda per caldaia	Non disponibile	Non disponibile	0,045
TOTALE			-	-	2,155

Nota (1): Valori ricavati da libretto della centrale termica.

Nota (2): Si stima che per la distribuzione di acqua calda a servizio dei terminali di emissione della scuola sia disponibile una potenza installata di 200 W, quindi viene usato questo dato per la modellazione energetica dell’edificio.

Nota (3): non è stato possibile determinare i dati della portata e della prevalenza né dalla targa né dalla marca e modello delle pompe

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	Mandata	Ritorno	TEMPERATURA RILEVATA ⁽²⁾	TEMPERATURA CALCOLO ⁽¹⁾
			°C	°C
Circuito Primario	Mandata	Caldo	Non disponibile	70
	Ritorno	Caldo	Non disponibile	55

Nota (1): Valori utilizzati nel modello di calcolo

Nota (2): Non è disponibile la temperatura di mandata e di ritorno dei circuiti in quanto non è stato possibile rilevarle in fase di rilievo

Il rendimento complessivo del sottosistema di distribuzione è stato assunto nella DE pari al 99.08%.

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 due caldaie standard a basamento, marca Ygnis modello Varino G450.

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	Ygnis	Varino G450	2001	450	437,4	95%	0,1
Gen 2	Riscaldamento	Ygnis	Varino G450	2001	450	437,4	95%	0,1

Nota (1): Valori ricavati da libretto della centrale termica. Siccome i generatori operano in parallelo la potenza complessiva dell’impianto termico è di 874,8 kW

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 94%. Non si hanno a disposizione i risultati delle prove fumi, quindi non è possibile confrontare il rendimento indicato con i dati delle prove fumi perché in fase di rilievo non sono state fornite tali informazioni.

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

La produzione di acqua calda sanitaria avviene in modo combinato tramite le caldaie in centrale termica per la cucina ed è eseguita tramite un bollitore elettrico ad accumulo per i servizi igienici del piano terra.



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 ⁽²⁾	Sottosistema di Generazione ⁽¹⁾	Rendimento Globale medio stagionale ⁽¹⁾
100%	92,6%	-	-	75%	70%

Nota (1): Valori ricavati da modello energetico

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

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 PC, stampanti ed elettrodomestici in uso per la cucina quali una lavastoviglie, un frigorifero 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 4.10.

Tabella 4.10 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA NOMINALE [W]	POTENZA COMPLESSIVA [kW]	ORE ANNUE DI UTILIZZO [ore]
Aule scuola	Stampanti Multifunzione /Fotocopiatrici	1	1.100	1,1	1.715
Aule scuola	PC + monitor	1	150	0,15	1.715
Aule scuola	Macchinette snack	1	1.100	1,1	1.715
Cucina	Frigorifero	1	500	0,5	1.715
Cucina	Freezer	1	500	0,5	1.715
Cucina	Estrattore	1	300	0,3	1.715
Cucina	Lavastoviglie	1	2.000	2	1.715

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 nella maggior parte dei locali;
- Lampade fluorescenti installate nel vano scale.

Figura 4.13 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nelle aule scolastiche



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

Tabella 4.11 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA UNITARIA	POTENZA COMPLESSIVA
			[W]	[kW]
Aule e servizi igienici piano terra	2x36 W Tubi Fluorescenti	29	72	2,088
Corridoi piano terra	1x18 W Tubi Fluorescenti	4	18	0,072
Aule primo piano	2x36 W Tubi Fluorescenti	14	72	1,008
Aule e servizi igienici primo piano	1x18 W Tubi Fluorescenti	6	18	0,108
Vano scale	Lampade fluorescenti	2	40	0,08

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

L'edificio non è dotato di un impianto a fonte rinnovabile o di tipo cogenerativo per la produzione di energia elettrica e/o termica.

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

Nota (1) Fonte: Prospetto B.19 UNI TS 11300-2:2014

La fornitura di Gas metano avviene tramite la presenza di 2 contatori i quali risultano a servizio dei seguenti utilizzi:

- Centrale termica per il riscaldamento degli ambienti e per la produzione di acqua calda sanitaria a servizio della mensa scolastica;
- Uso cottura a servizio della mensa scolastica;

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 relativi al primo contatore si basa sulle redicontazioni economiche fornite da parte dell’amministrazione condominiale relative alle stagioni termiche 2014/2015, 2015/2016 e 2016/2017. Da questi documenti prima è stata ricostruita la spesa economica mensile associata ad ogni mese, poi la spesa è stata frazionata su base millesimale usando i millesimi associati alla scuola. Infine è stato usato il costo unitario medio mensile del gas metano per determinare i consumi specifici della scuola forniti dalla società di distribuzione nel triennio di riferimento per il funzionamento delle caldaie. Tuttavia per la presenza del riscaldamento centralizzato e per il fatto che non si conoscono le condizioni di fornitura si è deciso di rimanere cautelativi sull’effettivo consumo da associare alla scuola ipotizzando che l’85% della spesa mensile per il riscaldamento corrisponde all’utilizzo di metano. Si ricorda che la scuola è uno degli interni di 5 condomini serviti dall’impianto.

Per il secondo contatore invece l’analisi dei consumi storici di Gas metano si basa sui m³ di gas metano forniti dalla società di distribuzione nel triennio di riferimento di cui si hanno le fatture.

Tali consumi sono riportati nella Tabella 5.2.

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

PDR	Utilizzo	2014	2015	2016	2014	2015	2016
		[Sm ³]	[Sm ³]	[Sm ³]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Non disponibile	Riscaldamento e produzione acs	8.298	8.341	8.000	78.170	78.575	75.361
03270007424754	Uso cottura	493	430	453	4.644	4.048	4.263

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: Non disponibile Mese di riferimento	2014	2015	2016	2014	2015	2016
	[Sm ³]	[Sm ³]	[Sm ³]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	1.741	1.788	1.895	16.398	16.840	17.852
Febbraio	1.827	1.876	1.611	17.212	17.676	15.180
Marzo	1.403	1.441	1.485	13.216	13.572	13.993
Aprile	577	623	441	5.440	5.873	4.153
Maggio	35	36	51	330	338	478
Giugno	32	33	46	300	308	435
Luglio	33	34	47	315	323	444
Agosto	29	29	40	270	277	380
Settembre	35	45	29	330	423	276
Ottobre	33	44	29	315	414	274
Novembre	957	1.058	977	9.018	9.966	9.206
Dicembre	1.595	1.334	1.347	15.027	12.565	12.692
Totale	8.298	8.341	8.000	78.170	78.575	75.361

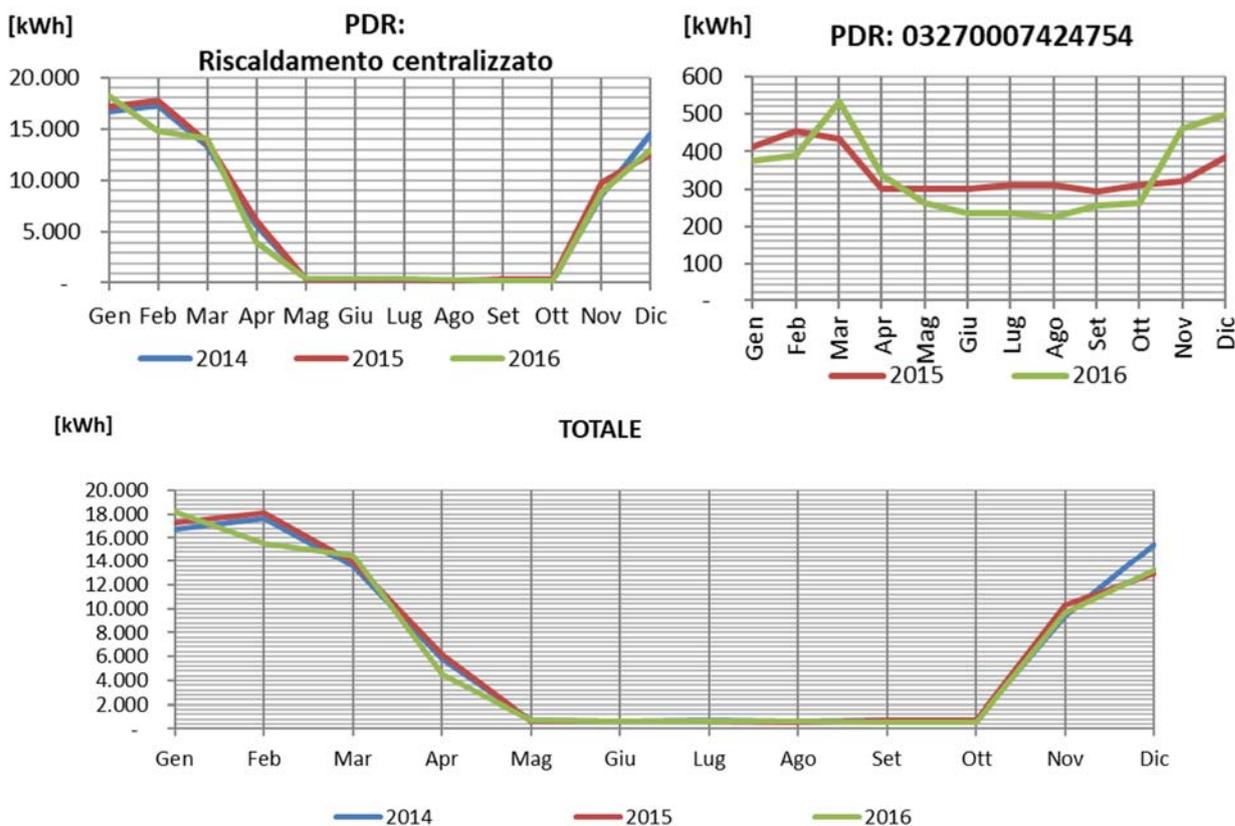
Nota (1): i consumi mensili del 2014, 2015 e 2016 sono stati ottenuti parametrizzando il consumo annuale calcolato tramite i GG nei giorni di utilizzo per ogni mese del periodo di riscaldamento.

PDR: 03270024878632 Mese di riferimento	2014 ⁽¹⁾	2015	2016	2014	2015	2016
	[Sm ³]	[Sm ³]	[Sm ³]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	n.d.	44	40	n.d.	412	377
Febbraio	n.d.	48	41	n.d.	455	389
Marzo	n.d.	46	57	n.d.	434	534
Aprile	n.d.	32	36	n.d.	301	339
Maggio	n.d.	32	28	n.d.	301	264
Giugno	n.d.	32	25	n.d.	301	236
Luglio	n.d.	33	25	n.d.	311	236
Agosto	n.d.	33	24	n.d.	311	226
Settembre	n.d.	31	27	n.d.	292	254
Ottobre	n.d.	33	28	n.d.	311	264
Novembre	n.d.	34	49	n.d.	320	462
Dicembre	n.d.	41	53	n.d.	386	499

Totale	-	439	433	-	4.137	4.079
---------------	---	------------	------------	---	--------------	--------------

L’andamento dei consumi mensili fatturati è riportato nei grafici in 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 8.012 m³ nel 2016, e un valore di massimo prelievo pari a 8.300 m³ nel 2014. I consumi annui hanno subito prima un aumento dal 2014 al 2015 del 1,4%, poi un calo del 5% dal 2015 al 2016 nonostante un aumento dei gradi giorni invernali nel triennio.

Per il secondo PDR è emerso che il prelievo termico del triennio è caratterizzato da un valore minimo pari a 432 m³ nel 2016, e un valore di massimo prelievo pari a 493 m³ nel 2015. I consumi annui hanno subito un continuo calo nel triennio prima 11% dal 2014 al 2015, poi dell’2% dal 2015 al 2016.

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.

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

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

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

\bar{Q}_{ACS} = Consumo termico reale per ACS dell'edificio, kWh/anno, valutato come la media dei consumi per l'ACS nel triennio di riferimento; tale consumo termico è stato valutato sulla base della richiesta stimata di acs giornaliera e dei giorni di utilizzo dell'edificio; per cui è stato calcolato nel modello teorico di calcolo un contributo pari al 9% rispetto al consumo del primo contatore.

\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 sono serviti da un contatore dedicato, pertanto non concorrono nel calcolo della baseline dei consumi energetici.

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 166 GIORNI	GG ^{RIF} SU 166 GIORNI	CONSUMO REALE RISC. [Smc]	CONSUMO REALE RISC. [kWh]	α_{rif}	CONSUMO NORMALIZZATO A 1421 GG [kWh]	CONSUMO ACS [kWh]	CONSUMO ALTRO [kWh]
2014	1.414	1.421	7.551	71.135	50,3	71.487	7.035	-
2015	1.457	1.421	7.591	71.503	49,1	69.736	7.072	-
2016	1.511	1.421	7.280	68.579	45,4	64.494	6.783	-
Media	1.461	1.421	7.474	70.405	48,3	68.572	6.963	-

Come si può notare dai dati riportati il comportamento energetico dell'edificio, negli anni considerati, è stato caratterizzato da un andamento variabile dei consumi: prima sono aumentati dal 2014 al 2015, poi sono diminuiti dal 2015 al 2016 nonostante una continua diminuzione delle temperature esterne medie mensili, siccome i consumi dovuti alla produzione di acs stati ricostruiti seguono lo stesso andamento.

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}	6.963
\bar{Q}_{ALTRO}	-
$\bar{\alpha}_{rif} \times GG_{rif}$	68.572
$Q_{baseline}$	75.535

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

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]
IT001E00097178	Scuola materna “Aurora”	11.696	11.174	10.762	11.211
TOTALE		11.696	11.174	10.762	11.211

Tali consumi sono stati confrontati con i consumi annui elaborati e forniti dalla PA e sono emerse le differenze per il 2015 e per il 2016 mentre i consumi per il primo anno sono identici; nel 2015 sono stati elaborati tramite l’analisi della fatturazione 198 kWh in meno del dato fornito dalla PA. Maggiore è la differenza per il 2016 per cui la PA ha indicato un consumo di 965 kWh superiore del dato elaborato.

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 11.211 kWh.

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

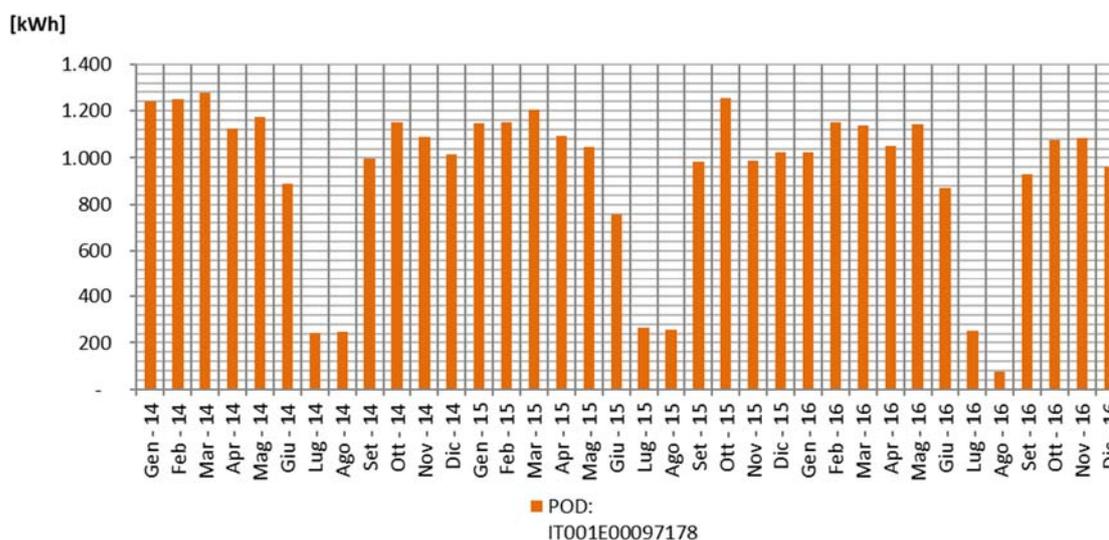
Tabella 5.7 – Consumi mensili di energia elettrica suddivisi per fasce, per il triennio di riferimento

POD: IT001E00097178	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	857	165	217	1.239
Febbraio	889	179	180	1.248
Marzo	853	196	229	1.278
Aprile	736	169	220	1.125
Maggio	744	200	231	1.175
Giugno	516	154	218	888
Luglio	81	61	101	243
Agosto	72	63	114	249
Settembre	629	196	171	996
Ottobre	707	234	208	1.149
Novembre	635	216	238	1.089
Dicembre	589	191	237	1.017
Totale	7.308	2.024	2.364	11.696
POD: IT001E00097178	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]

Gennaio	715	216	217	1.148
Febbraio	743	209	200	1.152
Marzo	746	233	226	1.205
Aprile	676	196	221	1.093
Maggio	651	211	184	1.046
Giugno	420	164	172	756
Luglio	101	65	99	265
Agosto	78	64	116	258
Settembre	599	220	165	984
Ottobre	789	260	204	1.253
Novembre	607	192	191	990
Dicembre	628	199	197	1.024
Totale	6.753	2.229	2.192	11.174
POD: IT001E00097178	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	633	192	198	1.023
Febbraio	781	195	176	1.152
Marzo	730	210	199	1.139
Aprile	688	187	178	1.053
Maggio	745	200	196	1.141
Giugno	525	167	180	872
Luglio	89	59	105	253
Agosto	25	18	35	78
Settembre	573	182	176	931
Ottobre	678	189	207	1.074
Novembre	679	203	201	1.083
Dicembre	599	163	201	963
Totale	6.745	1.965	2.052	10.762

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



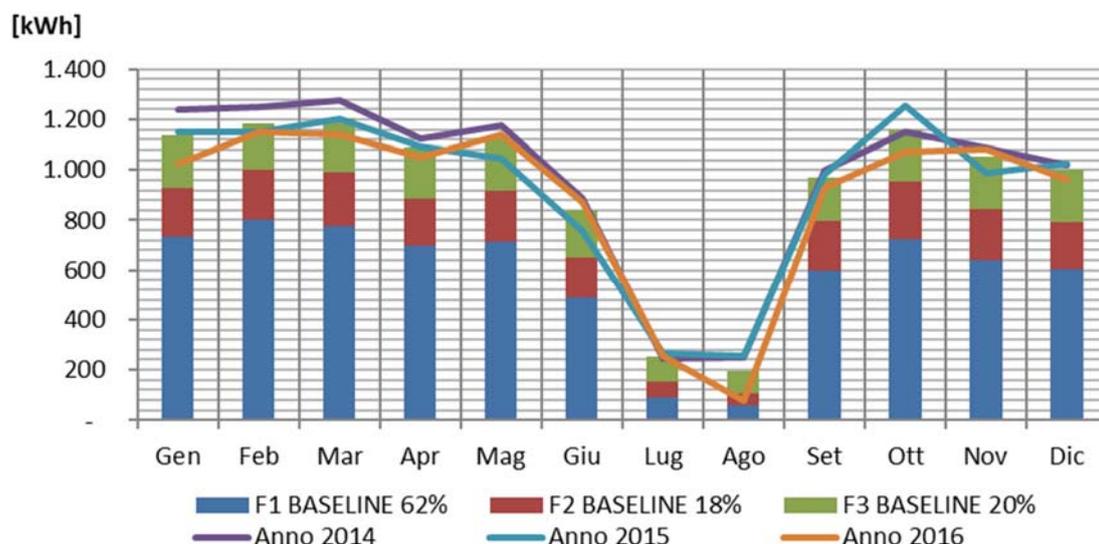
Dall’analisi effettuata è stato possibile definire i profili mensili dei consumi elettrici di Baseline, valutati come la media dei valori mensili analizzati nel triennio di riferimento. Tali valori sono riportati nella Tabella 5.8.

Tabella 5.8 – Consumi mensili di Baseline

BASELINE	F1	F2	F3	TOTALE
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	735	191	211	1.137
Febbraio	804	194	185	1.184
Marzo	776	213	218	1.207
Aprile	700	184	206	1.090
Maggio	713	204	204	1.121
Giugno	487	162	190	839
Luglio	90	62	102	254
Agosto	58	48	88	195
Settembre	600	199	171	970
Ottobre	725	228	206	1.159
Novembre	640	204	210	1.054
Dicembre	605	184	212	1.001
Totale	6.935	2.073	2.203	11.211

L’andamento dei consumi elettrici mensili nel triennio di riferimento e di Baseline è riportato nei grafici in Figura 5.3.

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



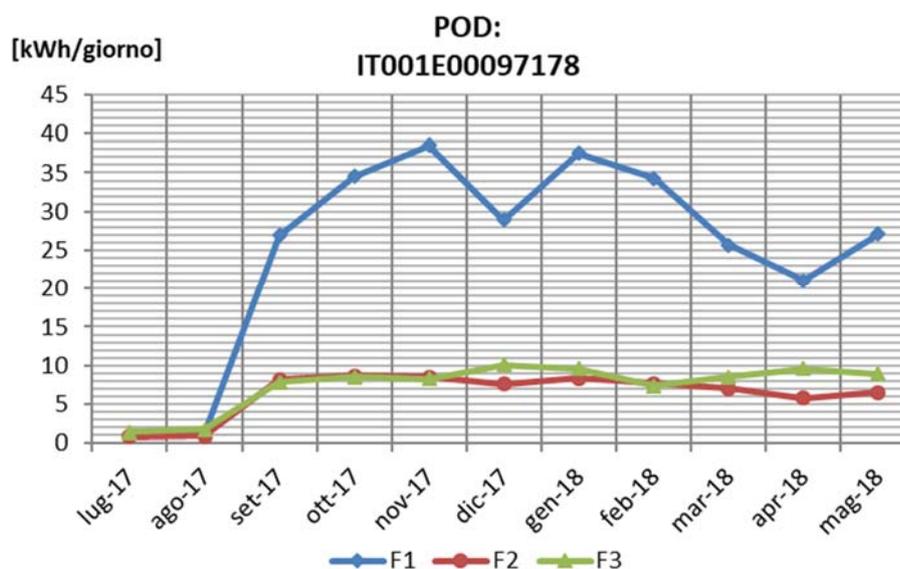
I profili di prelievo mensili nel triennio di riferimento presentano andamenti sinusoidali, per il maggior utilizzo da Settembre a Maggio compresi rispetto ai mesi estivi, con il picco di utilizzo tra Febbraio e Marzo.

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 Giugno perché al momento di realizzazione della diagnosi sono risultate disponibili le letture dal 30 Giugno 2017 al 31 Maggio 2018.

L’andamento dei profili giornalieri di consumo è riportato nei grafici in Figura 5.4.

Figura 5.4 – Profilo giornaliero medio dei consumi elettrici per il POD IT001E00097178



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 Novembre; mentre i consumi in fascia F2 hanno un leggero aumento nei mesi invernali i consumi in fascia F3 rimangono pressochè costanti.

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
GPL	* 0,227
Olio combustibile	* 0,267
Gasolio	* 0,267
Benzina	* 0,249

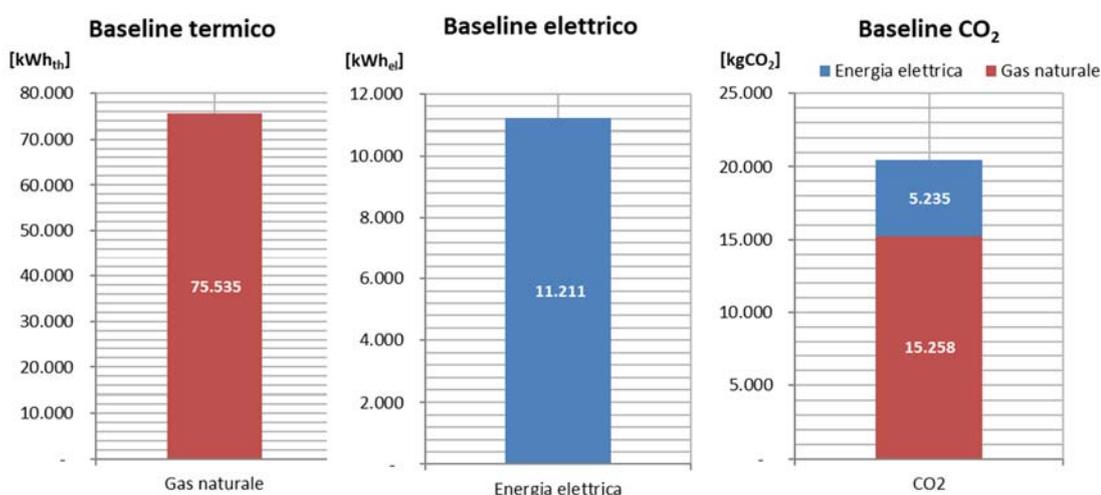
* da “Linee Guida Patto dei Sindaci” per anno 2010

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

Tabella 5.10 – Baseline delle emissioni di CO₂.

COMBUSTIBILE	CONSUMO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE	
	[kWh]	[tCO ₂ /MWh]	[tCO ₂]
Energia elettrica	11.211	* 0,467	5,24
Gas naturale	75.535	* 0,202	15,26

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



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

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

COMBUSTIBILE	F _{P,nren}	F _{P,ren}	F _{P,tot}
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	677,24	m ²
FATTORE 2	Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	677,24	m ²
FATTORE 3	Volume lordo riscaldato	2.595,89	m ³

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

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

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE [kWh/anno]	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA TOTALE	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA TOTALE [kWh/anno]	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA TOTALE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1 [kWh/m ²]	FATTORE 2 [kWh/m ²]	FATTORE 3 [kWh/m ³]	FATTORE 1 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 2 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 3 [Kg CO ₂ /m ³]
Energia elettrica	11.211	2,42	27.130	40,06	40,06	10,45	7,73	7,73	2,02
Gas naturale	75.535	1,05	79.312	117,11	117,11	30,55	22,53	22,53	5,88
TOTALE	86.746	3,47	106.442	157,17	157,17	41,00	30,26	30,26	7,89

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	11.211	1,95	21.861	32,28	32,28	8,42	7,73	7,73	2,02
Gas naturale	75.535	1,05	79.312	117,11	117,11	30,55	22,53	22,53	5,88
TOTALE	86.746	3,00	101.173	149,39	149,39	38,97	30,26	30,26	7,89

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

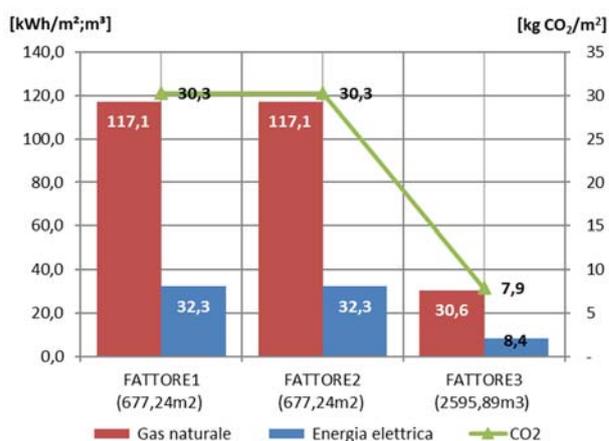
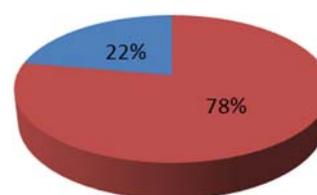
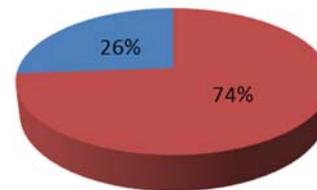


Figura 5.7 – Ripartizione % dei consumi di energia primaria e delle relative emissioni di CO₂

Ripartizione % energia primaria



Ripartizione % emissioni CO₂



■ Gas naturale ■ Energia elettrica

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

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

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

La formula definita è sotto riportata:

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

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

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

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

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

Tabella 5.15 – Indicatori di performance energetici

COMBUSTIBILE	IEN _R			IEN _E		
	Wh/(m ³ GG anno)			Wh/(m ² anno)		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Gas Naturale	19,19	18,72	17,31	-	-	-
Energia elettrica	-	-	-	17,27	16,50	15,89

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
 $Wh_t / m^3 \times GG \times \text{anno}$

	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
 $kWh_e / m^2 \times \text{anno}$

	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

L’analisi del confronto con le linee guida ENEA – FIRE è riportato nell’Allegato M – Report di Benchmark.

Dal confronto con le linee guida ENEA - FIRE si deduce che la classe di merito dei consumi specifici per il riscaldamento migliora nell’arco del triennio passando da un livello insufficiente nel 2014 e nel 2015 ad un livello buono nel 2016. Per quanto riguarda il consumo specifico per l’energia elettrica è insufficiente per tutto il triennio variando in modo altalenante nell’arco dei tre anni.

Da questa analisi emerge che i consumi di metano sono già relativamente bassi con un trend che certifica la diminuzione progressiva del parametro IENr, mentre sono elevati i consumi elettrici.

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	178,0	170,1
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	124,5	123,8
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	17,6	17,3
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	0,0	0
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	0,0	0,0
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	36,0	29
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	0,0	0
Emissioni equivalenti di CO2	CO _{2eq}	Kg/mq anno	34,2	34,2

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

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
	[kWh/anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	88.199	92.609
Energia Elettrica	11.451	22.329

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

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

Dove:

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

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

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

FABBISOGNO	Corrispondenza UNI TS 11300 [kWhel]
Energia ausiliaria complessiva assorbita dal sottosistema di generazione per la produzione di ACS	$E_{W, aux, gn}$
Energia ausiliaria complessiva assorbita dal sottosistema di generazione per il riscaldamento	$E_{H, aux, gn}$
Fabbisogno di energia elettrica dell’impianto di ventilazione meccanica e dei terminali di emissione	$E_{ve,el} + E_{aux,e}$
Fabbisogno di energia elettrica per gli ausiliari di distribuzione (Riscaldamento e ACS)	$E_{W, aux, d} + E_{W, aux, d}$
Fabbisogno di energia elettrica per l’illuminazione interna dell’edificio	$E_{L,int}$
Fabbisogno di energia elettrica per gli ausiliari degli impianti di climatizzazione	$Q_{c,aux}$
Fabbisogno di energia elettrica per i sistemi di trasporto (+ eventuali altri carichi interni)	E_T
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	151,0	145,2
Climatizzazione invernale	EP_H	kWh/mq anno	114,0	113,3
Produzione di acqua calda sanitaria	EP_w	kWh/mq anno	11,9	11,7
Ventilazione	EP_v	kWh/mq anno	0,0	0,0
Raffrescamento	EP_c	kWh/mq anno	0,0	0,0

Illuminazione artificiale ⁽¹⁾	EP _L	kWh/mq anno	25,1	20,2
Trasporto di persone e cose ⁽¹⁾	EP _T	kWh/mq anno	0,0	0,0
Emissioni equivalenti di CO ₂	CO _{2eq}	Kg/mq anno	30,5	30,5

Nota (1): Gli indicatori EP_L e EP_T riguardano solo una parte dei consumi elettrici complessivi dell'edificio, i quali sono dati anche dall'energia elettrica usata per il servizio di riscaldamento, per la produzione di acqua calda sanitaria e per il funzionamento delle altre utenze elettriche installate.

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	8.508	77.343
Energia Elettrica	-	11.400

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]	[%]
77.343	75.535	-2,3%

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]	[%]
11.400	11.595	1,68%

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

6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

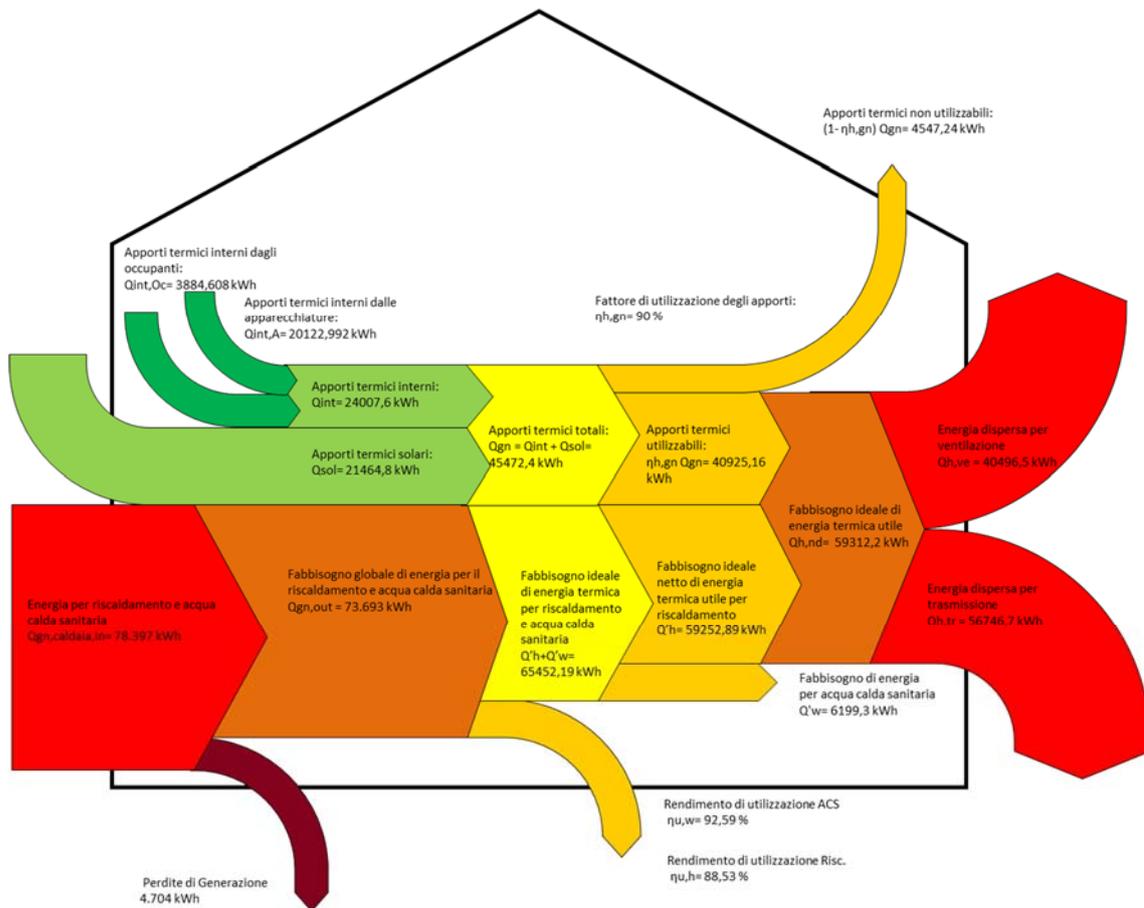
Al fine di valutare la prestazione energetica del sistema edificio-impianti si è reso necessario predisporre i risultati della modellazione energetica nella forma di un bilancio energetico che descriva l'andamento dei flussi energetici caratteristici dell'edificio in modo da valutare in maniera puntuale 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

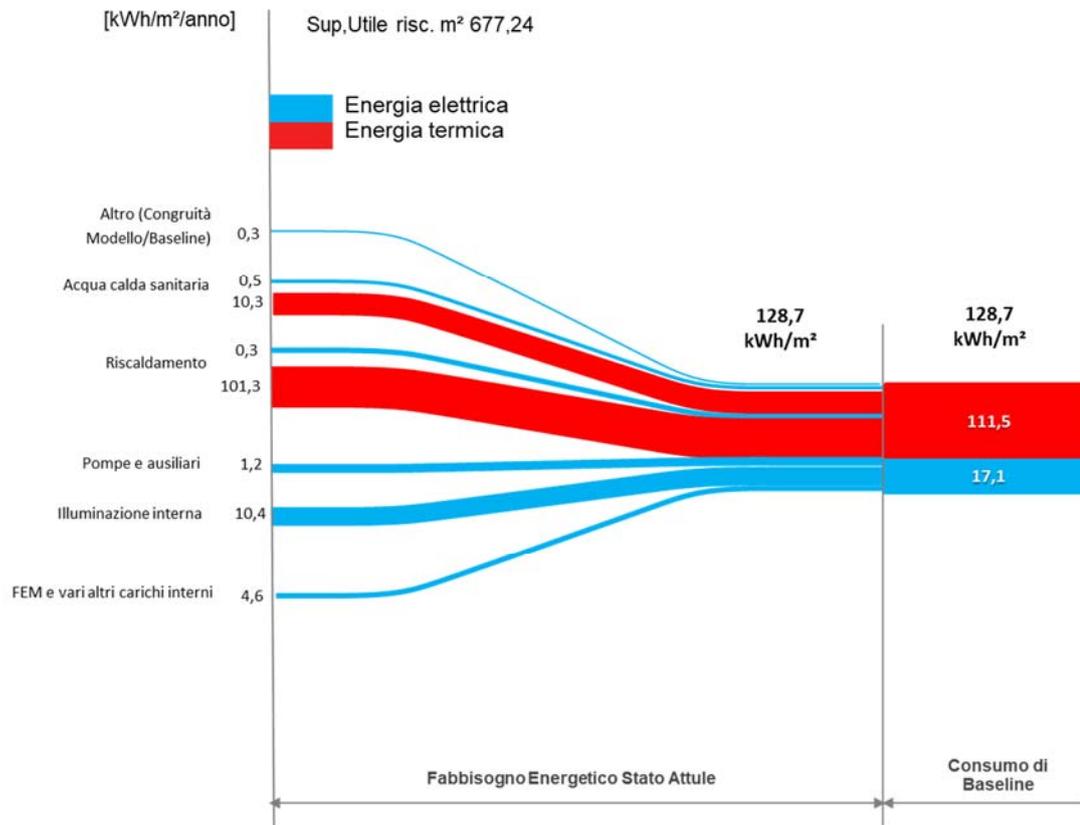
Figura 6.1 – Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell’edificio allo stato attuale



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 90% mentre il rendimento di utilizzazione del sistema di riscaldamento è pari a 89%.

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

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

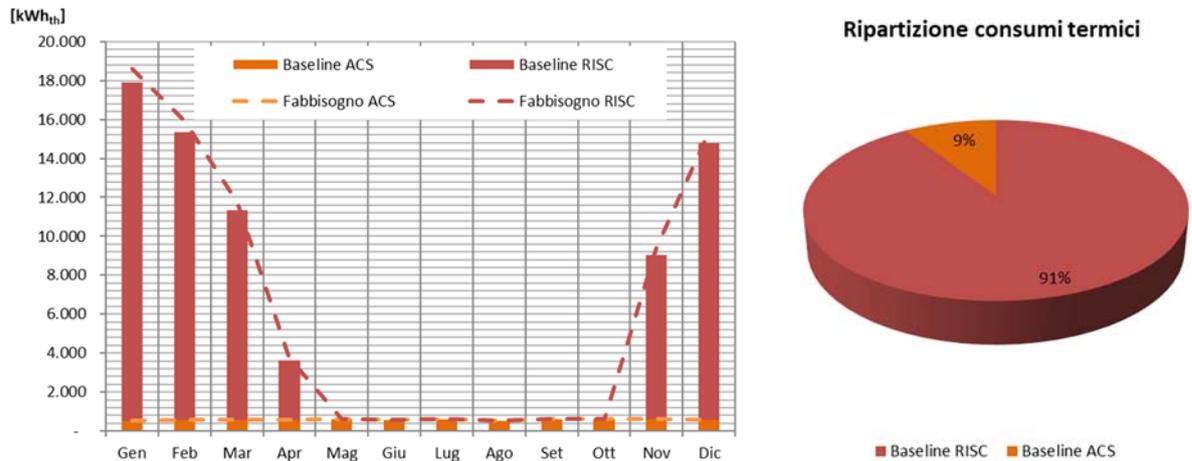
Nel caso in cui, invece i consumi teorici siano inferiori rispetto alla Baseline il termine “Altro – Congruit ” rappresenta la differenza per eccesso tra i consumi specifici di Baseline ed i consumi teorici.

6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI

La creazione di un modello energetico consente di effettuare una pi  corretta ripartizione dei consumi energetici di Baseline in funzione dei diversi utilizzi presenti all’interno dell’edificio oggetto della DE. Tale profilo pu  essere confrontato con il profilo mensile del che si otterrebbe tramite la normalizzazione dei consumi di Baseline attraverso l’utilizzo dei GG di riferimento di cui al Capitolo 3.1.

Il confronto tra i due profili   riportato in Figura 6.3.

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



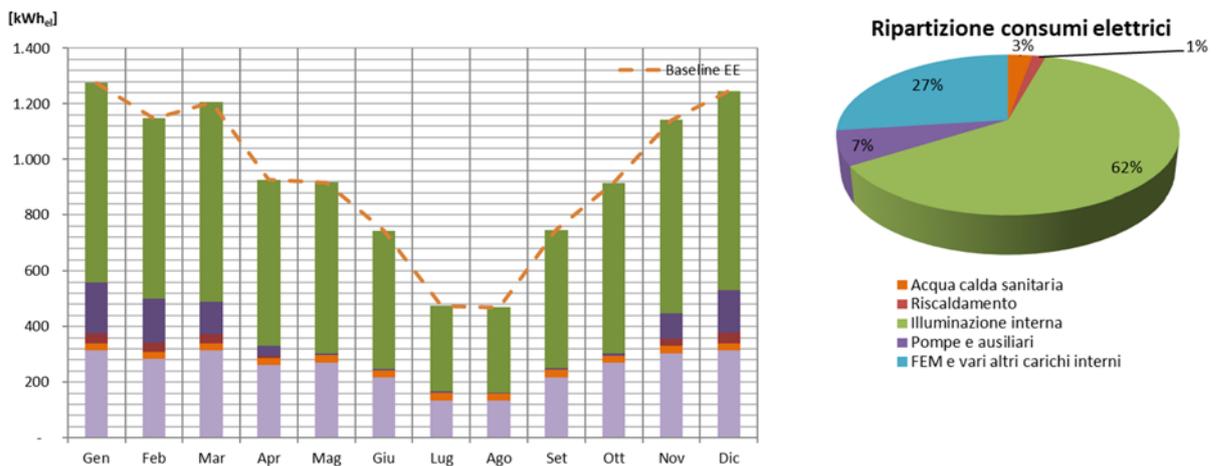
Si può notare che tutti i consumi termici siano da attribuirsi all’utilizzo per il riscaldamento dei locali. Pertanto tra gli interventi migliorativi proposti si andranno a migliorare anche i componenti per la climatizzazione invernale dell’edificio.

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 all’utilizzo per l’illuminazione dei locali e alle utenze elettriche installate all’interno dell’edificio.

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 due contratti differenti per i due PDR presenti all’interno dell’edificio, come di seguito elencato:

- PDR 1 – Non disponibile: contratto stipulato dall’amministrazione condominiale con un soggetto terzo. Non è possibile definire le condizioni di del contratto né effettuare un’analisi dei costi di fatturazione del vettore energetico in quanto tali fatture non sono state messe a disposizione;
- PDR 2 – 03270007424754: 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: 03270007424754	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura - via Mario Romagnoli 20, 16144 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): 17/03/1971 (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): G006 (2): G006	(2): G004 (3): G006
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): 39,43 MJ/Sm ³
Prezzi di fornitura del combustibile ^(*) (IVA INCLUSA)	Non disponibile	(1): 0,46 €/Sm ³ (2): 0,30 €/Sm ³	(2): 0,27 €/Sm ³ (3): 0,23 €/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 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: 03270007424754	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	18	4	7	4	4	38	412	0,091
Feb - 15	20	4	8	4	4	40	455	0,088
Mar - 15	19	4	8	4	4	39	434	0,090
Apr - 15	9	4	5	6	3	27	301	0,090
Mag - 15	9	4	5	6	3	27	301	0,090
Giu - 15	9	4	5	6	3	27	301	0,090
Lug - 15	9	4	5	6	3	27	311	0,087
Ago - 15	9	4	5	6	3	27	311	0,087
Set - 15	8	4	5	6	3	26	292	0,090
Ott - 15	9	4	6	6	3	27	311	0,088
Nov - 15	9	4	6	8	3	30	320	0,094
Dic - 15	11	4	7	9	3	34	386	0,087
Totale	139	46	72	73	39	370	4.137	0,089
PDR: 03270007424754	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	10	4	7	3	3	26	377	0,068
Feb - 16	10	4	7	3	3	26	389	0,068
Mar - 16	14	4	10	4	4	35	534	0,065
Apr - 16	7	3	5	7	3	25	339	0,073
Mag - 16	6	3	4	6	2	20	264	0,077
Giu - 16	5	3	4	5	2	18	236	0,077
Lug - 16	5	3	4	5	2	18	236	0,078
Ago - 16	5	3	4	5	2	18	226	0,079
Set - 16	5	3	4	5	2	20	254	0,077
Ott - 16	6	3	4	6	2	21	264	0,079
Nov - 16	11	3	7	10	3	34	462	0,074
Dic - 16	12	3	8	11	4	36	499	0,073
Totale	96	34	67	69	31	297	4.079	0,073

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).

Anche per la fornitura di gas metano gestita dall’amministrazione condominiale, non essendo disponibile la fatturazione, è stato considerato il costo unitario del vettore termico definito dall’ Autorità per l’energia elettrica il gas e il sistema idrico (AEEGSI).

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

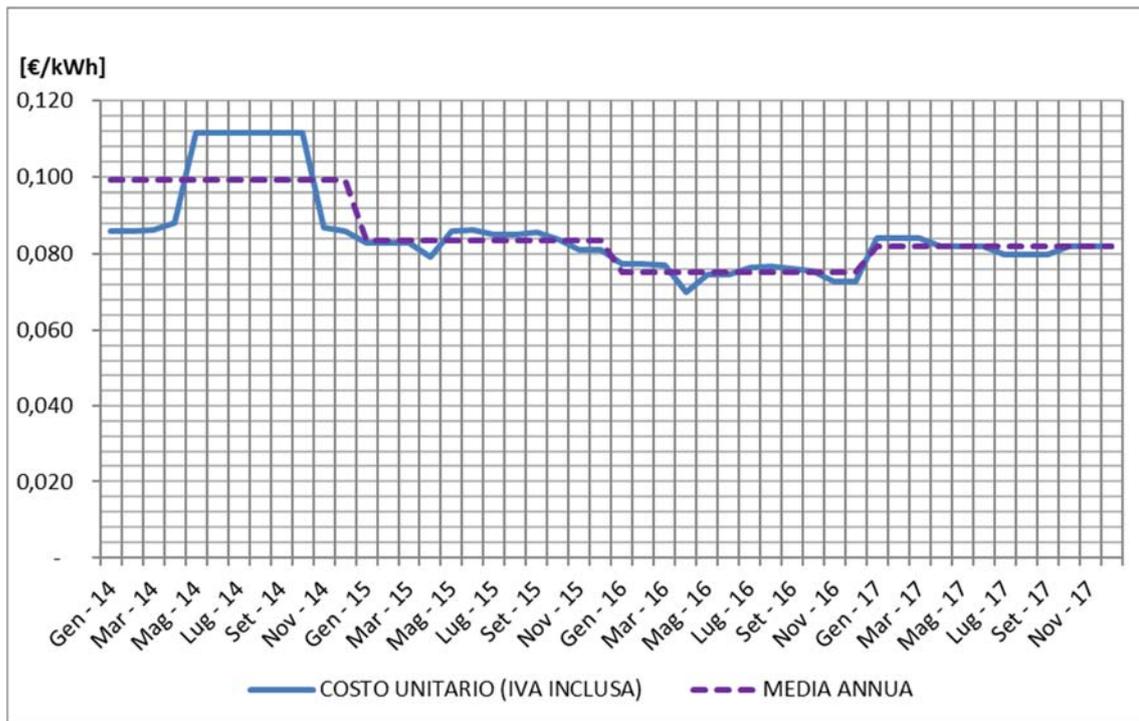
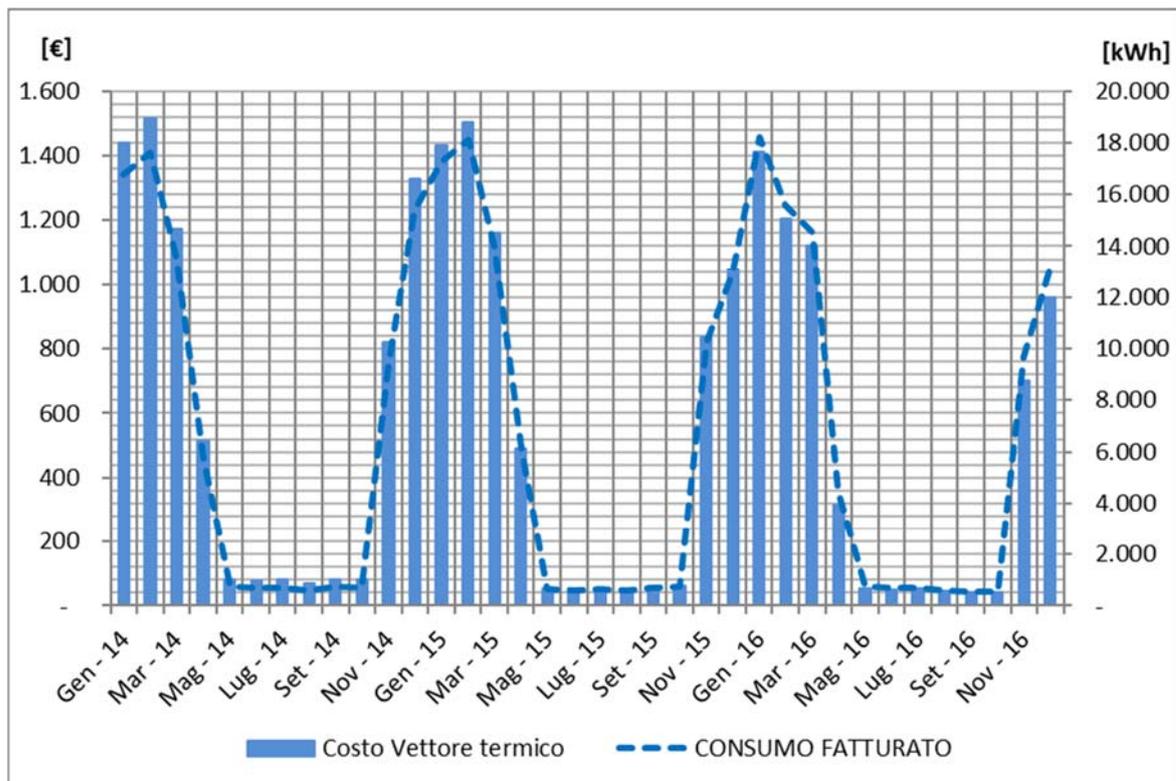


Figura 7.2 – Andamento dei consumi e dei costi dell’energia termica



Dall’analisi effettuata risulta evidente che l’andamento dei costi sinusoidale con valori molto bassi durante il periodo di non funzionamento del riscaldamento; il costo unitario si mantiene a valori con un andamento poco variabile visto il consumo di metano per l’acqua calda sanitaria e per uso cottura per tutto l’arco dell’anno con valori più alti nel 2014 rispetto agli altri anni.

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 – IT001E00097178: 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: IT001E00097178	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura – via Mario Romagnoli 20, 16144 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	16,5 kW	15 kW	15 kW
Potenza elettrica disponibile	16,5 kW	16,5 kW	16,5 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⁾	0,078	(1): 0,078 (2): 0,043	(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: IT001E00097178	QUOTA ENERGIA VENDITA	ONERI DI DISPACCIAMENTO	SERVIZI DI RETE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen – 14	96	16	149	15	28	305	1.239	0,246
Feb – 14	98	16	150	16	28	307	1.248	0,246
Mar – 14	99	17	152	16	28	313	1.278	0,245
Apr – 14	87	19	143	14	26	290	1.125	0,258
Mag – 14	90	20	133	15	26	284	1.175	0,242
Giu – 14	67	15	84	11	18	195	888	0,220
Lug – 14	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	80	243	0,330
Ago – 14	18	4	75	3	10	110	249	0,441
Set – 14	76	16	134	12	24	262	996	0,263
Ott – 14	88	17	148	14	27	293	1.149	0,255
Nov – 14	81	16	143	14	25	279	1.089	0,256
Dic – 14	74	15	137	13	24	263	1.017	0,258

Totale	874	172	1.448	143	264	2.981	11.696	0,255
POD: IT001E00097178	QUOTA ENERGIA VENDITA	ONERI DI DISPACCIAMENTO	SERIVZI DI RETE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen – 15	81	15	152	14	26	289	1.148	0,252
Feb – 15	78	15	152	14	26	286	1.152	0,249
Mar – 15	78	16	157	15	27	293	1.205	0,243
Apr – 15	50	14	149	14	23	248	1.093	0,227
Mag – 15	45	13	145	13	22	237	1.046	0,227
Giu – 15	32	9	121	9	17	188	756	0,249
Lug – 15	11	3	80	3	10	108	265	0,406
Ago – 15	11	3	80	3	10	106	258	0,412
Set – 15	34	11	142	12	20	219	984	0,223
Ott – 15	43	11	170	16	24	263	1.253	0,210
Nov – 15	35	9	146	12	20	222	990	0,225
Dic – 15	70	9	149	13	24	265	1.024	0,259
Totale	567	128	1.643	140	248	2.725	11.174	0,244
POD: IT001E00097178	QUOTA ENERGIA VENDITA	ONERI DI DISPACCIAMENTO	SERIVZI DI RETE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen – 16	59	12	140	13	22	246	1.023	0,241
Feb – 16	51	13	151	14	23	253	1.152	0,219
Mar – 16	47	13	150	14	22	246	1.139	0,216
Apr – 16	38	17	143	13	21	233	1.053	0,221
Mag – 16	47	18	150	14	23	252	1.141	0,221
Giu – 16	38	14	128	11	19	210	872	0,241
Lug – 16	12	5	76	3	10	107	253	0,421
Ago – 16	3	2	62	1	7	74	78	0,951
Set – 16	47	20	133	12	21	233	931	0,250
Ott – 16	68	17	145	13	24	269	1.074	0,250
Nov – 16	78	17	146	14	25	280	1.083	0,259
Dic – 16	66	15	136	12	23	252	963	0,262
Totale	554	164	1.560	135	241	2.654	10.762	0,247

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

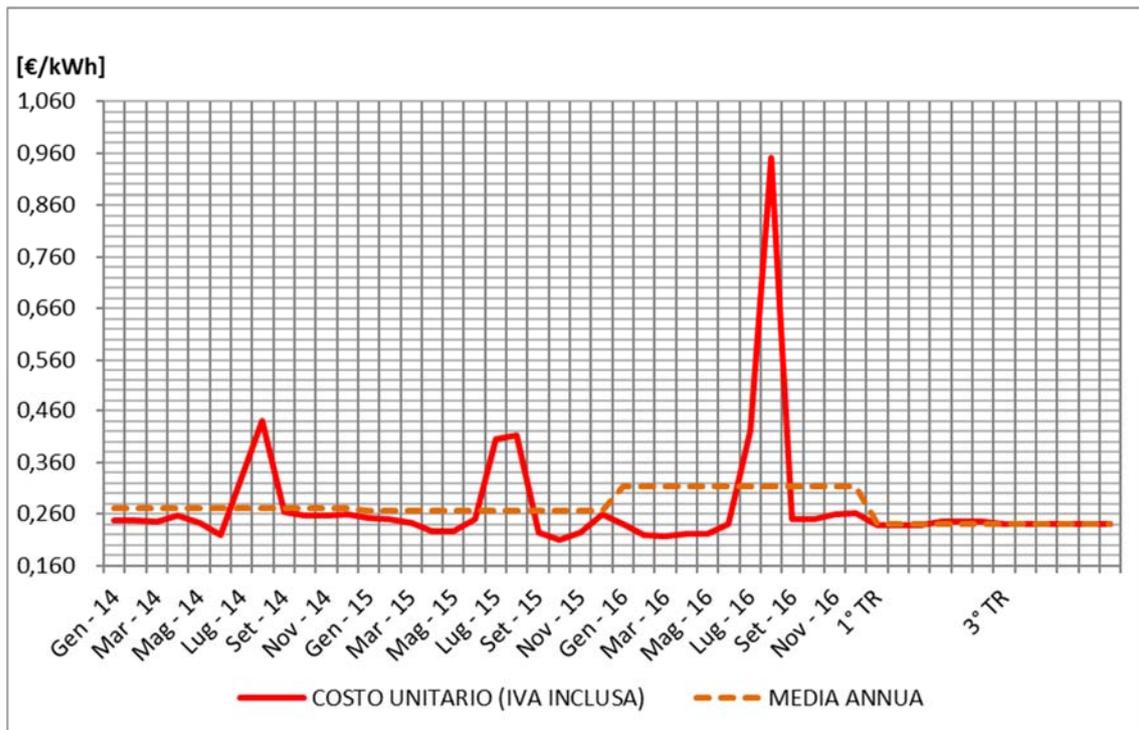
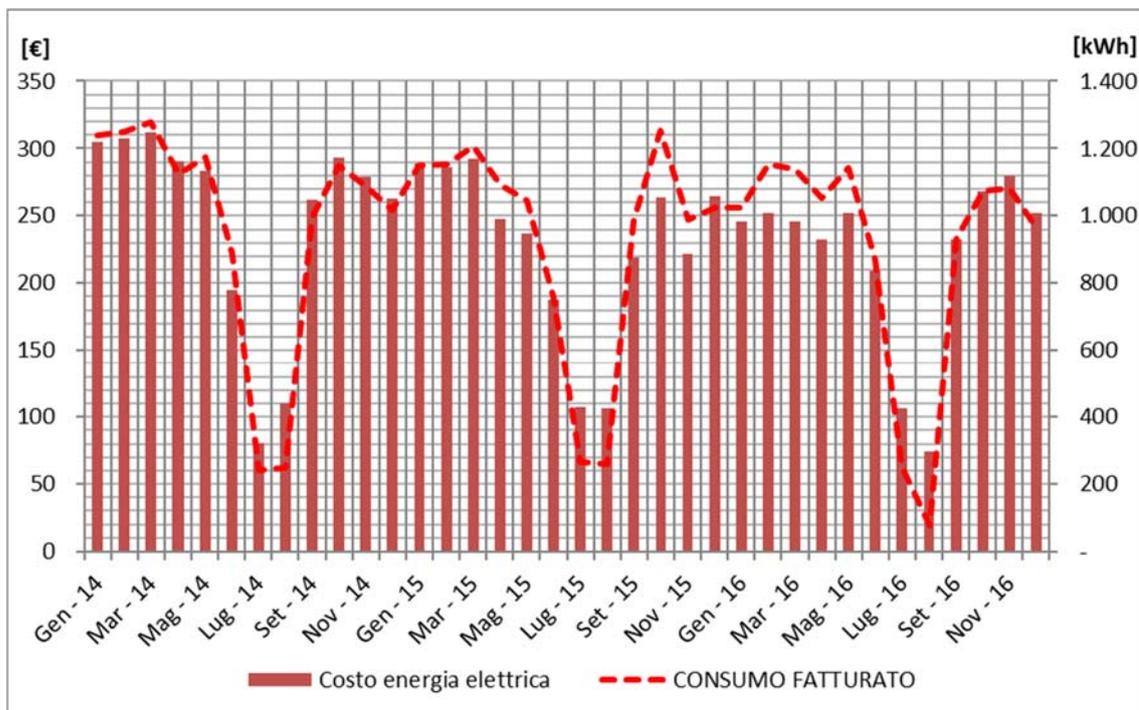


Figura 7.4 – Andamento dei consumi e dei costi dell’energia elettrica



Dall’analisi effettuata risulta evidente l’andamento dei costi sinusoidale con valori più bassi durante il periodo estivo; mentre il costo unitario presenta un andamento pressochè costante con valori più alti nei mesi estivi rispetto al restante periodo dell’anno per la forte incidenza dei costi fissi.

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	82.814	7.254,90	0,088	11.696	2.981,31	0,25	10.236,21
2015	82.711	6.797,64	0,082	11.174	2.725,13	0,24	9.522,77
2016	79.440	5.997,16	0,075	10.762	2.653,60	0,25	8.650,77
Media	81.655	6.683,23	0,082	11.211	2.786,68	0,25	9.469,91

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

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo unitario dell’energia termica	Valore relativo all’ultimo anno a disposizione	Cu _Q	0,083 [€/kWh]
Costo unitario dell’energia elettrica	Valore relativo all’ultimo anno a disposizione	Cu _{EE}	0,241 [€/kWh]

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

7.3 COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI

All’interno della redicontazione della spese per l’esercizio della centrale termica non sono disponibili informazione sul contratto di conduzione e manutenzione dell’impianto termico, ma sono state fornite le voci di costo relative alla manutenzione ordinaria e straordinaria. Questi costi sono stati ripartiti su base millesimale ed è stato possibile così determinare per ogni stagione termica i costi di manutenzione ordinaria e straordinaria da associare alla scuola d’infanzia.

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:

Ai fini del calcolo della Baseline dei costi si sono pertanto assunti i valori medi ottenuti dalle redicontazioni economiche per tre stagioni termiche 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	327,91 [€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Media relativa a gli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici	CM _s	439,49 [€/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:

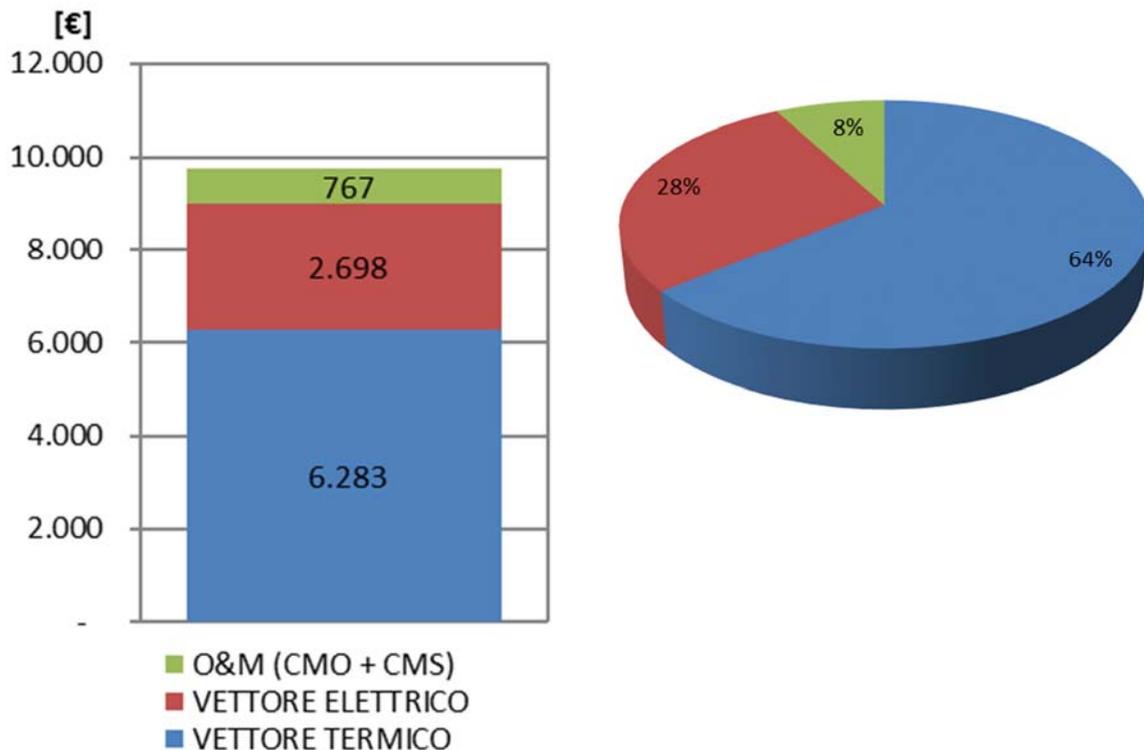
$$C_{baseline} = C_E + C_{MO} + C_{MS}$$

Ne risulta quindi un C_E pari a 8.981,30 € e un $C_{baseline}$ pari a 9.748,72 €

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]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
75.535	0,083	6.283	11.211	0,241	2.698	767	328	439	9.749

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

La misura prevede l’isolamento delle pareti esterne. Siccome tale intervento potrebbe essere condizionato dal valore storico-artistico dell’edificio, si propone di applicare questa misura dall’interno. Limitazioni a tale intervento potrebbero essere l’interruzione dell’attività scolastica, soprattutto nel periodo da Settembre a Giugno, e la presenza dei terminali di emissione (radiatori) e mobili disposti perimetralmente.

L’applicazione di un “cappotto” alle pareti esterne, 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 8.1 - 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 W/m²K. Attualmente la muratura in mattoni pieni, di spessore variabile compreso tra 15 cm e 55 cm, ha un valore di trasmittanza medio stimato a ca. 2,0 W/m²K. L'intervento prevede l'applicazione di pannelli di pannelli di lana di roccia (EPS, λ=0,037 W/mK). Lo spessore scelto consente al pacchetto murario di raggiungere una trasmittanza medio di 0,24 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 EEM1 sono riportati nella Tabella 8.1.

Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM1 – Isolamento delle pareti esterne

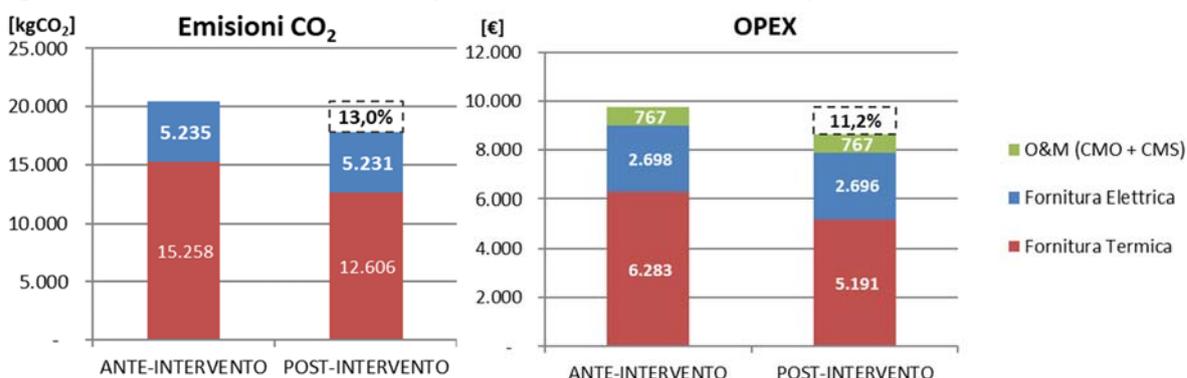
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Trasmittanza parete	W/m ² K	2	0,24	88,0%
Q _{teorico}	kWh	78.397	64.772	17,4%
EE _{teorico}	kWh	11.402	11.393	0,1%

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
$Q_{baseline}$	kWh	75.535	62.408	17,4%
$EE_{Baseline}$	kWh	11.211	11.202	0,1%
Emiss. CO2 Termico	kgCO ₂	15.258	12.606	17,4%
Emiss. CO2 Elettrico	kgCO ₂	5.235	5.231	0,1%
Emiss. CO2 TOT	kgCO₂	20.494	17.838	13,0%
Fornitura Termica, C_Q	€	6.283	5.191	17,4%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	€	2.698	2.696	0,1%
Fornitura Energia, C_E	€	8.981	7.887	12,2%
C_{MO}	€	328	328	0,0%
C_{MS}	€	439	439	0,0%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	€	767	767	0,0%
OPEX	€	9.749	8.655	11,2%
Classe energetica	-	D	C	+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: 0,083 [€/kWh] per il vettore termico e 0,241 [€/kWh] per il vettore elettrico

Si può notare una riduzione dei consumi elettrici per il minor fabbisogno elettrico richiesto dal sistema di distribuzione e 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: Sostituzione degli infissi

Generalità

La misura prevede la sostituzione degli infissi. limitazioni a tale intervento potrebbero essere il valore storico-artistico delle facciate dell'edificio e l'interruzione dell'attività scolastica, soprattutto nel periodo da Settembre a Giugno.

La sostituzione degli infissi 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 8.3 - Particolare di un infisso



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. I terminali di emissione sono già dotati di valvole termostatiche, quindi si può accedere agli incentivi previsti da conto termico senza applicare anche questo intervento.

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 del piano terra hanno prevalentemente un telaio in legno e vetro singolo; al primo piano sono installati anche infissi con telaio in metallo con taglio termico e vetro singolo. Sono presenti anche porte finestre in alluminio e vetro singolo.

Si esclude di isolare gli infissi di locali non riscaldati. Gli infissi hanno una trasmittanza media stimata pari a ca. 3,5 W/m²K. La nuova tipologia di serramento esterno consente di raggiungere una trasmittanza media di 1,2 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

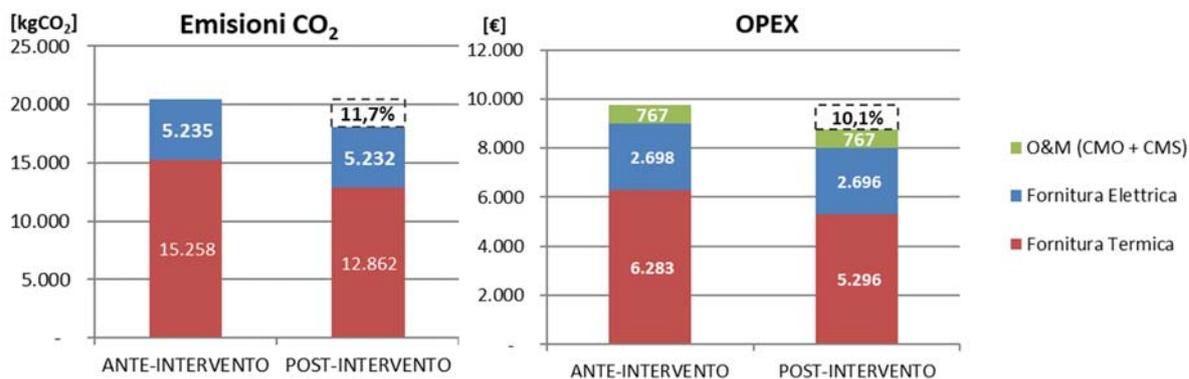
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM2 sono riportati nella tabella 8.2.

Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM2 – Sostituzione degli infissi

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Trasmittanza media infissi	W/m ² K	3,5	1,2	65,7%
Q _{teorico}	kWh	78.397	66.086	15,7%
EE _{teorico}	kWh	11.402	11.393	0,1%
Q _{baseline}	kWh	75.535	63.674	15,7%
EE _{Baseline}	kWh	11.211	11.203	0,1%
Emiss. CO2 Termico	kgCO ₂	15.258	12.862	15,7%
Emiss. CO2 Elettrico	kgCO ₂	5.235	5.232	0,1%
Emiss. CO2 TOT	kgCO₂	20.494	18.094	11,7%
Fornitura Termica, C _Q	€	6.283	5.296	15,7%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	€	2.698	2.696	0,1%
Fornitura Energia, C_E	€	8.981	7.993	11,0%
C _{MO}	€	328	328	0,0%
C _{MS}	€	439	439	0,0%
O&M (C_{MO} + C_{MS})	€	767	767	0,0%
OPEX	€	9.749	8.760	10,1%
Classe energetica	-	D	C	+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: 0,083 [€/kWh] per il vettore termico e 0,241 [€/kWh] per il vettore elettrico

Si può notare una riduzione dei consumi elettrici per il minor fabbisogno elettrico richiesto dal sistema di distribuzione e 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

8.1.2 Impianto di riscaldamento

EEM3: Sostituzione dei generatori di calore

Generalità

La misura prevede la sostituzione dei generatori di calore. Una limitazione a tale intervento potrebbe essere l’interruzione dell’attività scolastica nel periodo da Novembre ad Aprile.

La sostituzione delle caldaie 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 8.5 - 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. I terminali di emissione sono già dotati di valvole termostatiche come si evince dalla Figura 8.5, quindi si può accedere agli incentivi previsti da conto termico senza applicare anche questo intervento.

Attualmente l’impianto di generazione del calore per il riscaldamento è costituito da due caldaie standard a basamento usate con rendimento pari al 94%; la nuova tipologia di impianto termico ha un rendimento termico utile pari al 102%, maggiore del limite previsto dalla legislazione vigente.

Descrizione dei lavori

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

Prestazioni raggiungibili

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

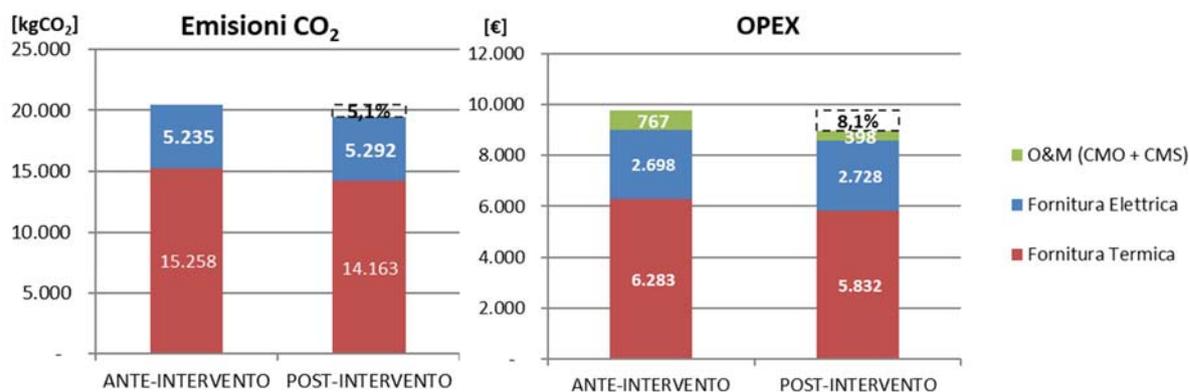
Tabella 8.3 – Risultati analisi EEM3 – Sostituzione dei generatori di calore

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	AUMENTO DAL BASELINEE
Rendimento generazione di calore	%	94	102	8,5%

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	AUMENTO DAL BASELINEE
$Q_{teorico}$	kWh	78.397	72.769	7,2%
$EE_{teorico}$	kWh	11.402	11.525	-1,1%
$Q_{baseline}$	kWh	75.535	70.114	7,2%
$EE_{Baseline}$	kWh	11.211	11.332	-1,1%
Emiss. CO2 Termico	kgCO ₂	15.258	14.163	7,2%
Emiss. CO2 Elettrico	kgCO ₂	5.235	5.292	-1,1%
Emiss. CO2 TOT	kgCO₂	20.494	19.455	5,1%
Fornitura Termica, C_Q	€	6.283	5.832	7,2%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	€	2.698	2.728	-1,1%
Fornitura Energia, C_E	€	8.981	8.560	4,7%
C_{MO}	€	328	358	-9,1%
C_{MS}	€	439	40	91,0%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	€	767	398	48,2%
OPEX	€	9.749	8.957	8,1%
Classe energetica	-	E	C	+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: 0,083 [€/kWh] per il vettore termico e 0,241 [€/kWh] per il vettore elettrico

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



8.1.3 Impianto di illuminazione ed impianto elettrico

EEM4: 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 8.7 - 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.

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 EEM4 sono riportati nella tabella 8.4.

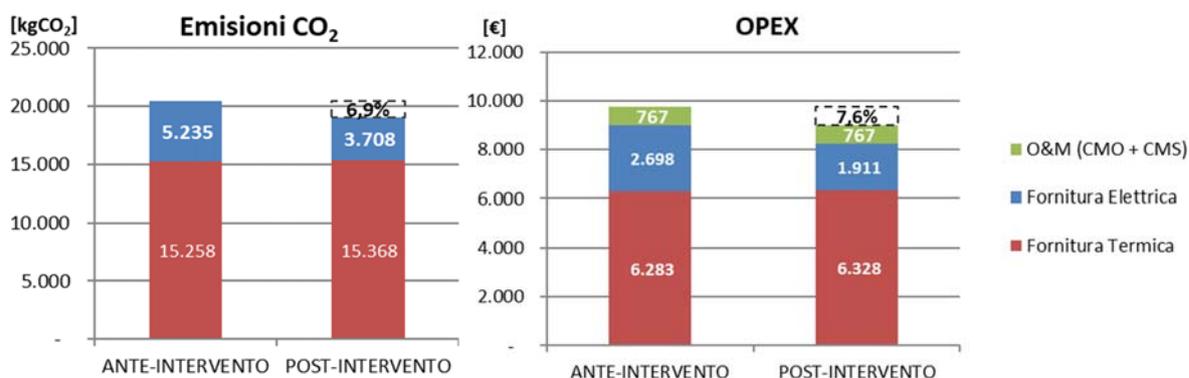
Tabella 8.4 – Risultati analisi EEM4 – Installazione di nuove plafoniere con lampade LED

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Potenza totale nuove plafoniere con lampade led	W	3.176	1.764	44,5%
$Q_{teorico}$	kWh	78.397	78.962	-0,7%
$EE_{teorico}$	kWh	11.402	8.075	29,2%
$Q_{baseline}$	kWh	75.535	76.081	-0,7%
$EE_{Baseline}$	kWh	11.211	7.940	29,2%
Emiss. CO2 Termico	kgCO ₂	15.258	15.368	-0,7%
Emiss. CO2 Elettrico	kgCO ₂	5.235	3.708	29,2%
Emiss. CO2 TOT	kgCO₂	20.494	19.076	6,9%
Fornitura Termica, C _Q	€	6.283	6.328	-0,7%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	€	2.698	1.911	29,2%

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Fornitura Energia, C_E	€	8.981	8.239	8,3%
C _{MO}	€	328	328	0,0%
C _{MS}	€	439	439	0,0%
O&M (C_{MO} + C_{MS})	€	767	767	0,0%
OPEX	€	9.749	9.007	7,6%
Classe energetica	-	E	E	+0 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: 0,083 [€/kWh] per il vettore termico e 0,241 [€/kWh] per il vettore elettrico

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



8.1.4 Impianto di generazione da fonti rinnovabili

EEM5: Installazione di un impianto fotovoltaico

Generalità

La misura prevede l’installazione dell’impianto sulla copertura a falde dell’edificio condominiale, di cui non si è in grado di determinare la superficie utile complessiva. 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 5 kWp. Tale intervento si può applicare solo previa autorizzazione dell’amministrazione condominiale e verifica della disponibilità di spazio sulla copertura.

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 8.9 - Particolare della copertura dove installare l’impianto



Caratteristiche funzionali e tecniche

I consumi elettrici in fascia oraria F1 risultano di circa il 62% corrispondenti a 6.935 kWh/anno, con il sistema proposto verrebbe prodotta per la suddetta fascia una energia elettrica pari a 6.023 kWh/anno, di vengono autoconsumati sul posto circa 4.529 kWh/anno, in grado di coprire circa il 65% 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 EEM5 sono riportati nella tabella 8.5.

Tabella 8.5 – Risultati analisi EEM5 – Installazione di un impianto fotovoltaico

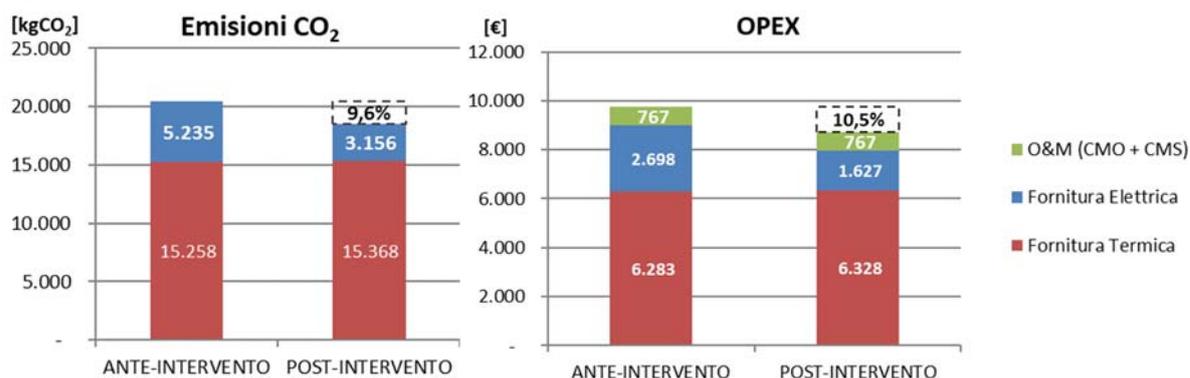
Mese	Consumo Energia elettrica fascia F1 (kWh)	Produzione energia elettrica con Impianto fotovoltaico (kWh)	Energia autoconsumata (kWh)	Copertura (%)
Gennaio	735	231	231	31%
Febbraio	804	371	371	46%
Marzo	776	546	546	70%
Aprile	700	590	590	84%
Maggio	713	678	678	95%
Giugno	487	691	487	100%
Luglio	90	747	90	100%
Agosto	58	692	58	100%
Settembre	600	585	585	97%
Ottobre	725	416	416	57%
Novembre	640	264	264	41%
Dicembre	605	212	212	35%
TOTALE	6.935	6.023	4.529	65%

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	AUMENTO DAL BASELINE
Potenza di picco dell’impianto fotovoltaico	W		5.000	100,0%
$Q_{teorico}$	kWh	78.397	78.962	-0,7%
$EE_{teorico}$	kWh	11.402	6.873	39,7%
$Q_{baseline}$	kWh	75.535	76.081	-0,7%
$EE_{Baseline}$	kWh	11.211	6.758	39,7%
Emiss. CO2 Termico	kgCO ₂	15.258	15.368	-0,7%
Emiss. CO2 Elettrico	kgCO ₂	5.235	3.156	39,7%
Emiss. CO2 TOT	kgCO₂	20.494	18.524	9,6%
Fornitura Termica, C_Q	€	6.283	6.328	-0,7%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	€	2.698	1.627	39,7%
Fornitura Energia, C_E	€	8.981	7.955	11,4%
C_{MO}	€	328	328	0,0%
C_{MS}	€	439	439	0,0%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	€	767	767	0,0%

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	AUMENTO DAL BASELINE
OPEX	€	9.749	8.722	10,5%
Classe energetica	-	D	C	+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: 0,083 [€/kWh] per il vettore termico e 0,241 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 8.10 – EEM5: 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 13 cm al fine di garantire il rispetto dei requisiti per accedere al “Conto Termico 2.0”.

garantire il rispetto dei requisiti per accedere al “Conto Termico 2.0”.

Tabella 9.1 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 13 cm al fine di garantire il rispetto dei requisiti per accedere al “Conto Termico 2.0”.

garantire il rispetto dei requisiti per accedere al “Conto Termico 2.0”.

Tabella 9.1 – Analisi dei costi della EEM1 – Isolamento delle pareti esterne

DESCRIZIONE	FORTE 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	3.713,88	m ² cm	2,00	1,82	6.752,51	1.485,55	8.238,06
Posa in opera materiale isolante	25.A44.A30.010	285,68	m ²	6,68	6,07	1.734,87	381,67	2.116,55
Malta premiscelata	PR.A02.A20.600	285,68	kg	0,82	0,75	212,96	46,85	259,82
Collante cementizio per murature	PR.A02.A25.010	142,84	kg	0,49	0,45	63,63	14,00	77,63
Preparazione muratura interna	25.A05.E10.020	285,68	m ²	7,03	6,39	1.825,77	401,67	2.227,44
Impalcature per interni	95.B10.S10.020	285,68	m ²	21,17	19,25	5.498,10	1.209,58	6.707,68
Posa in opera intonaco per interni	20.A54.B10.010	285,68	m ²	23,79	21,63	6.178,54	1.359,28	7.537,82
Rasatura armata con interposta rete in fibra di vetro	25.A54.B40.010	285,68	m ²	4,80	4,36	1.246,62	274,26	1.520,87
Costi per la sicurezza		3	%			502,82	110,62	613,43
Costi per la progettazione		7	%			1.173,24	258,11	1.431,35
TOTALE (I₀)						25.189,06	5.541,59	30.730,65
Incentivi	[Conto termico]							9.141,86
Durata incentivi								5
Incentivo annuo								1.828,37
FORTE 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 gli 80 €/m ² si valuta l’importo dell’incentivo come il 40% del calcolo ottenuto moltiplicando la superficie da isolare per 80.							

EEM2: Sostituzione infissi

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 3.

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

Tabella 9.2 – Analisi dei costi della EEM2 – Sostituzione degli infissi

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.H01.110	69,64	m ²	10,15	9,23	642,57	141,37	783,93
Smontaggio vecchi serramenti	25.A05.H01.100	24,85	m ²	39,61	36,01	894,68	196,83	1.091,51
Fornitura serramenti	PR.A23.A30.010	94,48	m ²	328,90	299,00	28.250,72	6.215,16	34.465,87
Fornitura controtelaio	PR.A23.B10.020	33,38	m	7,59	6,90	230,32	50,67	280,99
Trasporto materiale	25.A15.C10.020	10,45	m ³	11,77	10,70	111,77	24,59	136,36
Costi per la sicurezza		3	%	35,42	32,20	903,90	198,86	1.102,76
Costi per la progettazione		7	%			2.109,10	464,00	2.573,11
TOTALE (I₀)						33.143,06	7.291,47	40.434,54
Incentivi	[Conto termico]							12.534,84
Durata incentivi								5
Incentivo annuo								2.506,97
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.							

EEM3: Sostituzione dei generatori di calore

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.

Nella Tabella 9.3 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 3.

Le nuove caldaie a condensazione con le valvole termostatiche già installate ai terminali di emissione permettono di garantire il rispetto dei requisiti per accedere al "Conto Termico 2.0".

Tabella 9.3 – Analisi dei costi della EEM3 – Sostituzione dei generatori di calore

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]	[€]	[€]	[€]
Rimozione caldaia esistente	CCIAA RE ⁽¹⁾	2	cad	2.853,80	2.594,36	5.188,73	1.141,52	6.330,25
Installazione nuova caldaia	PR.C76.B10.010	2	cad	18.785,25	17.077,50	34.155,00	7.514,10	41.669,10
Canna fumaria	PR.C84.C05.500	2	cad	179,63	163,30	326,60	71,85	398,45
Installazione nuovo bruciatore	40.C10.B10.110	2	cad	392,78	357,07	714,15	157,11	871,26
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	30	h	34,41	31,28	938,45	206,46	1.144,91
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
Costi per la sicurezza		3	%			1.306,95	287,53	1.594,47
Costi per la progettazione		7	%			3.049,54	670,90	3.720,44
TOTALE (I₀)						47.921,35⁽²⁾	10.542,70⁽²⁾	58.464,05⁽²⁾
Incentivi	[Conto termico]							23.385,62⁽²⁾
Durata incentivi								5
Incentivo annuo								4.677,12⁽²⁾
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 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 Nota (2): Questo intervento riguarda tutti i condomini serviti dalla centrale termica di cui si sostituiscono i generatori di calore, quindi si calcola la spesa da associare alla scuola d'infanzia sulla base della quota millesimale legata al servizio del riscaldamento pari a 0,084.							

TOTALE RIPARTITO SU BASE MILLESIMALE (I₀)						3.659,45	805,08	4.464,53
Incentivi	[Conto termico]							1.964,39
Durata incentivi								5
Incentivo annuo								392,88

EEM4: 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 9.4 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 4.

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

Tabella 9.4 – Analisi dei costi della EEM4 – 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 – 20 W	045129b ⁽²⁾	2	cad	98,61	89,65	179,29	39,44	218,73
Fornitura e installazione lampade LED – 36 W	045161g ⁽²⁾	43	cad	156,66	142,42	6.123,98	1.347,28	7.471,26
Rimozione vecchi corpi illuminanti	1E.17.010.0010 ⁽¹⁾	45	cad	5,73	5,21	234,41	51,57	285,98
Costi per la sicurezza		3	%			196,13	43,15	239,28
Costi per la progettazione		7	%			457,64	100,68	558,32
TOTALE (I₀)						7.191,45	1.582,12	8.773,57
Incentivi	[Conto termico]							3.509,43
Durata incentivi								5
Incentivo annuo								701,89
FONTE PREZZO UTILIZZATO	Nota (1): La fonte del prezzo utilizzato proviene dal prezzario delle opere compiute di impianti elettrici e meccanici della Comune di Milano. Nota (2): La fonte del prezzo utilizzato proviene dal prezzario 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 €/m².

EEM5: 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 9.5 è riportata l’analisi dei costi relativi alle EEM 5.

Tabella 9.5 – Analisi dei costi della EEM5 – 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⁾	5	kWp	3.105,42	2.823,11	14.115,55	3.105,42	17.220,97
Costi per la sicurezza		3	%			423,47	93,16	516,63
Costi per la progettazione		7	%			988,09	217,38	1.205,47
TOTALE (I₀)						15.527,10	3.415,96	18.943,06
Incentivi	[Conto termico]							-
Durata incentivi								-
Incentivo annuo								-
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. 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):

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

Dove:

- I₀ 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 9.6 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM1– Isolamento delle pareti esterne

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	30.731
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	1.828
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	24,9	17,0
Tempo di rientro attualizzato	TRA	41,5	30,6
Valore attuale netto	VAN	- 8.798	- 658
Tasso interno di rendimento	TIR	1,1%	3,7%
Indice di profitto	IP	-0,29	-0,02

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

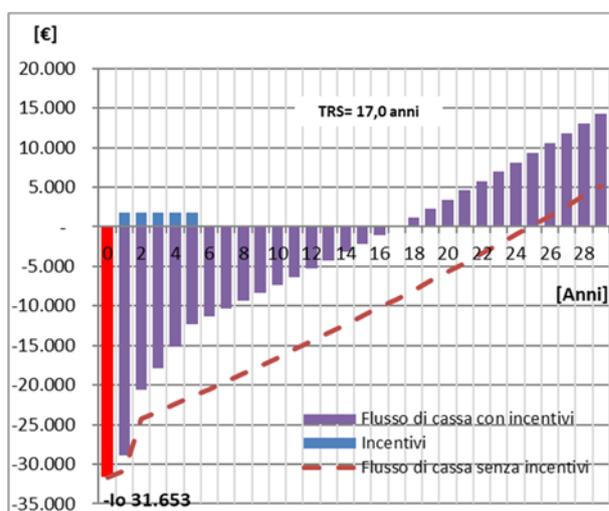
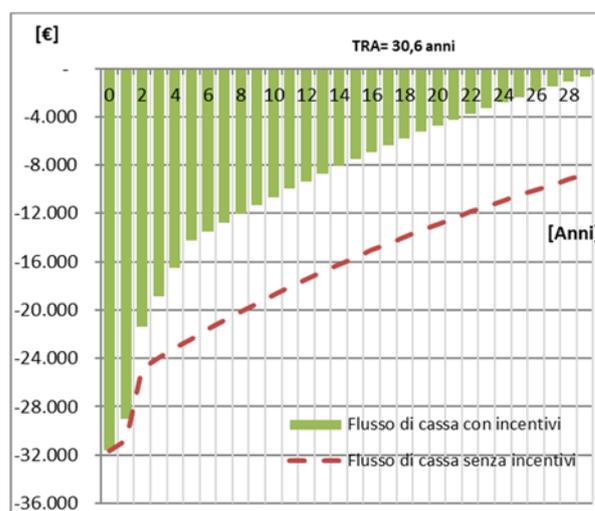


Figura 9.2 – EEM1: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento risulta essere economicamente svantaggioso 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 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 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: Sostituzione degli infissi

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

Tabella 9.7 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM2 – Sostituzione degli infissi

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	40.435
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	2.437
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	35,1	23,7
Tempo di rientro attualizzato	TRA	54,9	37,2
Valore attuale netto	VAN	- 18.885	- 8.035
Tasso interno di rendimento	TIR	-1,2%	1,4%
Indice di profitto	IP	-0,47	-0,20

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

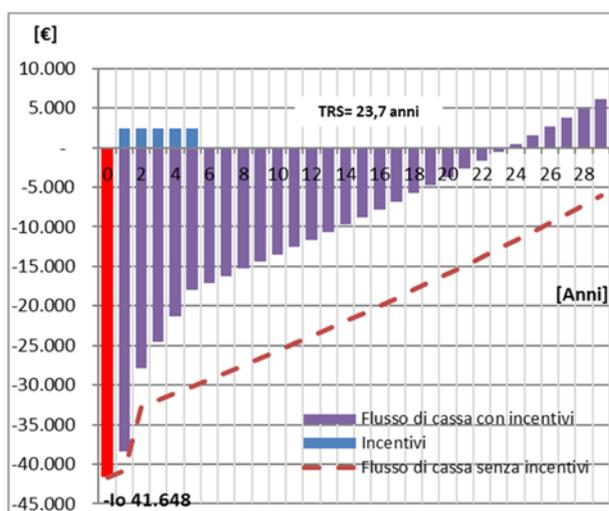
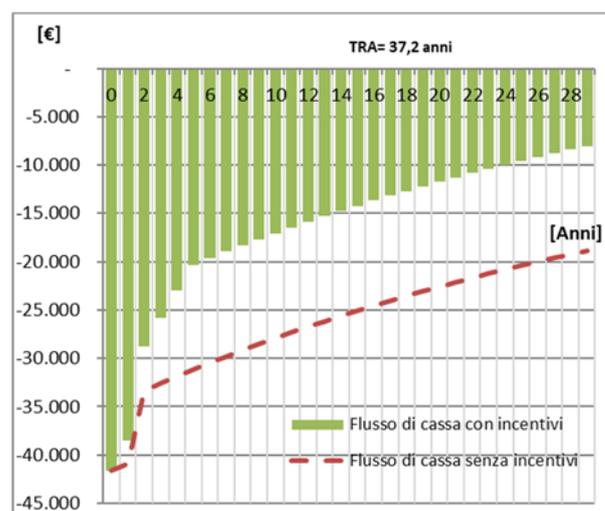


Figura 9.4 – EEM2: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



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

EEM3: Sostituzione dei generatori di calore

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

Tabella 9.8 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM3 – Sostituzione dei generatori di calore

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	4.465
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	393
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	5,7	3,7
Tempo di rientro attualizzato	TRA	6,7	4,2
Valore attuale netto	VAN	3.429	5.178
Tasso interno di rendimento	TIR	14,5%	21,7%
Indice di profitto	IP	0,77	1,16

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

Figura 9.5 –EEM4: Flussi di Cassa, con e senza incentivi

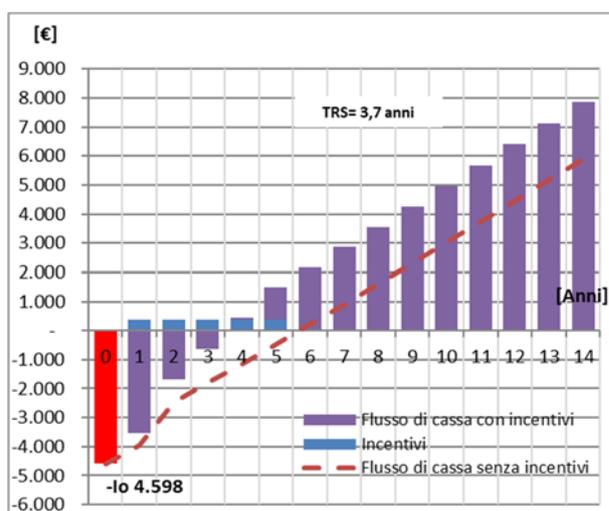
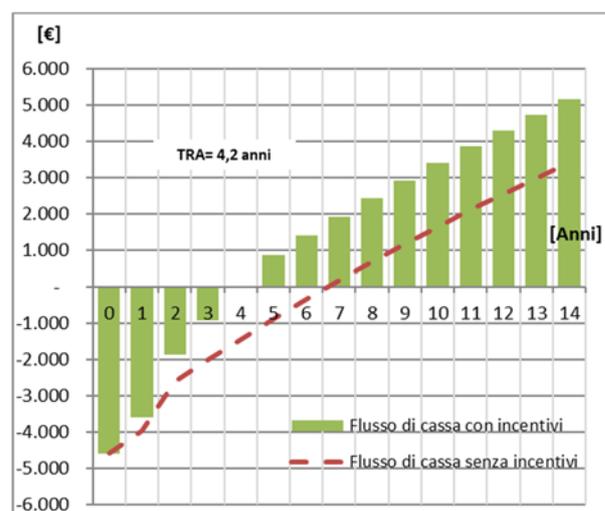


Figura 9.6 – EEM4: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento risulta essere economicamente vantaggioso con un tempo di ritorno attualizzato circa pari a 4 anni nel caso di incentivi. Anche in assenza di incentivi l’intervento risulta svantaggioso.

EEM4: Installazione di nuove plafoniere con lampade led

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

Tabella 9.9 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM4 – Installazione di nuove plafoniere con lampade led

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	8.774
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	8
Incentivo annuo	B	€/anno	702
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	12,0	6,6
Tempo di rientro attualizzato	TRA	13,7	8,6
Valore attuale netto	VAN	- 3.751	- 626
Tasso interno di rendimento	TIR	-10,2%	1,7%
Indice di profitto	IP	-0,43	-0,07

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

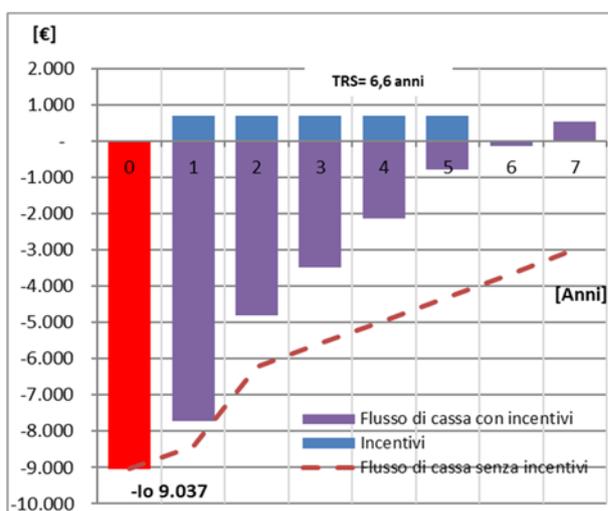
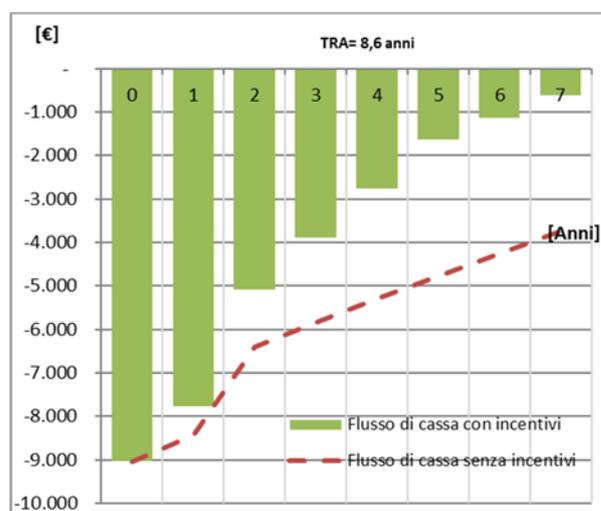


Figura 9.8 – EEM4: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



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

EEM5: Installazione di un impianto fotovoltaico

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

Tabella 9.10 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM5 – Installazione di un impianto fotovoltaico

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	18.943
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	17,2	17,2
Tempo di rientro attualizzato	TRA	25,2	25,2
Valore attuale netto	VAN	- 4.045	- 4.045
Tasso interno di rendimento	TIR	1,1%	1,1%
Indice di profitto	IP	-0,21	-0,21

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

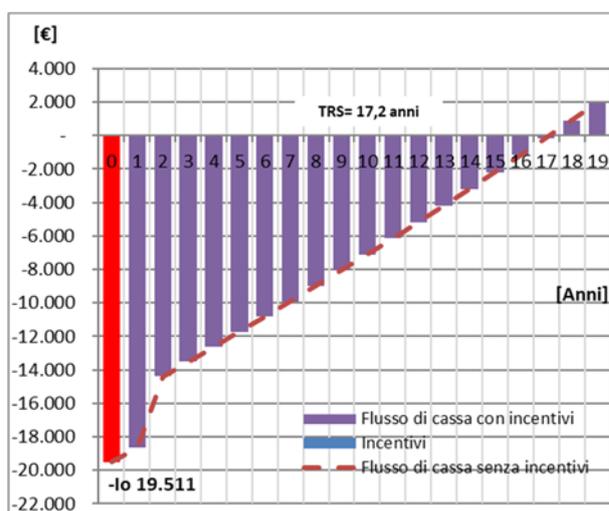
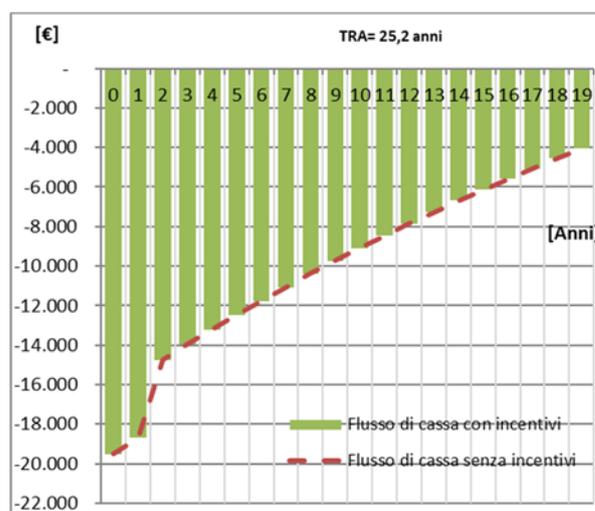


Figura 9.10 – EEM5: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento risulta essere economicamente svantaggioso con un tempo di ritorno attualizzato circa pari a 25anni. 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 9.11 e nella Tabella 9.12.

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

	SENZA INCENTIVI											
	% Δ_E	% Δ_{CO_2}	ΔC_E	ΔC_{MO}	ΔC_{MS}	I_0	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]
EEM1	12,2%	13,0%	1.094,1	0,0	0,0	-30.730,7	24,9	41,5	30	-8.797,5	1,1%	-0,3
EEM2	11,0%	11,7%	988,5	0,0	0,0	-40.434,5	35,1	54,9	30	-18.884,9	-1,2%	-0,5
EEM3	4,7%	5,1%	421,8	-30,0	399,7	-4.464,5	5,7	6,7	15	3.428,7	14,5%	0,8
EEM4	8,3%	6,9%	742,0	0,0	0,0	-8.773,6	12,0	13,7	8	-3.750,6	-10,2%	-0,4
EEM5	11,4%	9,6%	1.026,5	0,0	0,0	-18.943,1	17,2	25,2	20	-4.045,2	1,1%	-0,2

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

- % Δ_E è il valore percentuale di riduzione dei consumi energetici rispetto al baseline energetico complessivo (termico + elettrico);
- % Δ_{CO_2} è il valore percentuale di riduzione delle emissioni di CO2 rispetto al baseline dell'emissioni complessivo (termico + elettrico);
- ΔC_E è il risparmio economico annuo attribuibile alla riduzione dei consumi energetici (termico + elettrico); assume valori positivi;
- ΔC_{MO} è la variazione di costo annuo attribuibile al nuovo costo per la gestione e la manutenzione ordinaria; assume valori positivi per un decremento e valori negativi per un incremento;
- ΔC_{MS} è la variazione di costo annuo attribuibile al nuovo costo previsto per la manutenzione straordinaria; assume valori positivi per un decremento e valori negativi per un incremento;
- I_0 è il valore dell'investimento iniziale per la realizzazione dell'intervento; assume valori negativi;

Dall'analisi dei risultati emerge che nessun intervento proposto 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 9.12.

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

	CON INCENTIVI											
	% Δ_E	% Δ_{CO_2}	ΔC_E	ΔC_{MO}	ΔC_{MS}	I_0	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]
EEM1	12,2%	13,0%	1.094,1	0,0	0,0	-30.730,7	17,0	30,6	30	-657,9	3,7%	0,0
EEM2	11,0%	11,7%	988,5	0,0	0,0	-40.434,5	23,7	37,2	30	-8.035,0	1,4%	-0,2
EEM3	4,7%	5,1%	421,8	-30,0	399,7	-4.464,5	3,7	4,2	15	5.177,7	21,7%	1,2
EEM4	8,3%	6,9%	742,0	0,0	0,0	-8.773,6	6,6	8,6	8	-626,0	1,7%	-0,1
EEM5	11,4%	9,6%	1.026,5	0,0	0,0	-18.943,1	17,2	25,2	20	-4.045,2	1,1%	-0,2

Dall'analisi dei risultati emerge che i interventi singoli che risultano economicamente vantaggiosi e tecnicamente fattibili sono l'EEM3 e l'EEM4 nonostante il secondo abbia un VAN negativo di poche centinaia di euro alla fine della vita utile. Inoltre c'è la possibilità di ridurre i consumi elettrici sfruttando almeno in parte l'energia elettrica prodotta dall'impianto fotovoltaico con ulteriore ricavi economici accedendo al meccanismo di scambio sul posto per l'energia elettrica prodotta in surplus rispetto ai consumi.

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

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

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

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

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

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:

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

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

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

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

Essi sono così definiti:

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

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

Dove:

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

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

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

Dove:

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

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

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

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

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

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

- **Scenario 1: [EEM2 + EEM3 + EEM4 + EEM5]:** Tale scenario consiste nella sostituzione degli infissi, sostituzione dei generatori di calore, installazione di nuove plafoniere con lampade led e installazione di un impianto fotovoltaico;
- **Scenario 2: [EEM1 + EEM3 + EEM4]:** Tale scenario consiste nell’isolamento delle pareti esterne, sostituzione dei generatori di calore e installazione di nuove plafoniere con lampade led.

9.3.1 Scenario 1: EEM2 + EEM3 + EEM4 + EEM5

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

- EEM2: Sostituzione degli infissi;
- EEM3: Sostituzione dei generatori di calore;

- EEM4: Installazione di nuove plafoniere con lampade led;
- EEM5: Installazione di un impianto fotovoltaico.

Tabella 9.13 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA AI 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM2 – Fornitura e Posa	30.130,06	6.628,61	36.758,67
EEM3 – Fornitura e Posa	3.659,45	805,08	4.464,53
EEM4 – Fornitura e Posa	6.537,68	1.438,29	7.975,97
EEM5 – Fornitura e Posa	14.115,55	3.105,42	17.220,97
Costi per la sicurezza	1.633,28	359,32	1.992,60
Costi per la progettazione	3.810,99	838,42	4.649,41
TOTALE (I₀)	59.887,00	13.175,14	73.062,15
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO} (IVA INCLUSA)	C _{MS} (IVA INCLUSA)	C _M (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM2 O&M	-	-	-
EEM3 O&M	358	40	398
EEM4 O&M	-	-	-
EEM5 O&M	-	-	-
TOTALE (C_M)	358	40	398
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	
		[€]	
Incentivi	[Conto termico]	18.008,66	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		3.601,73	

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

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

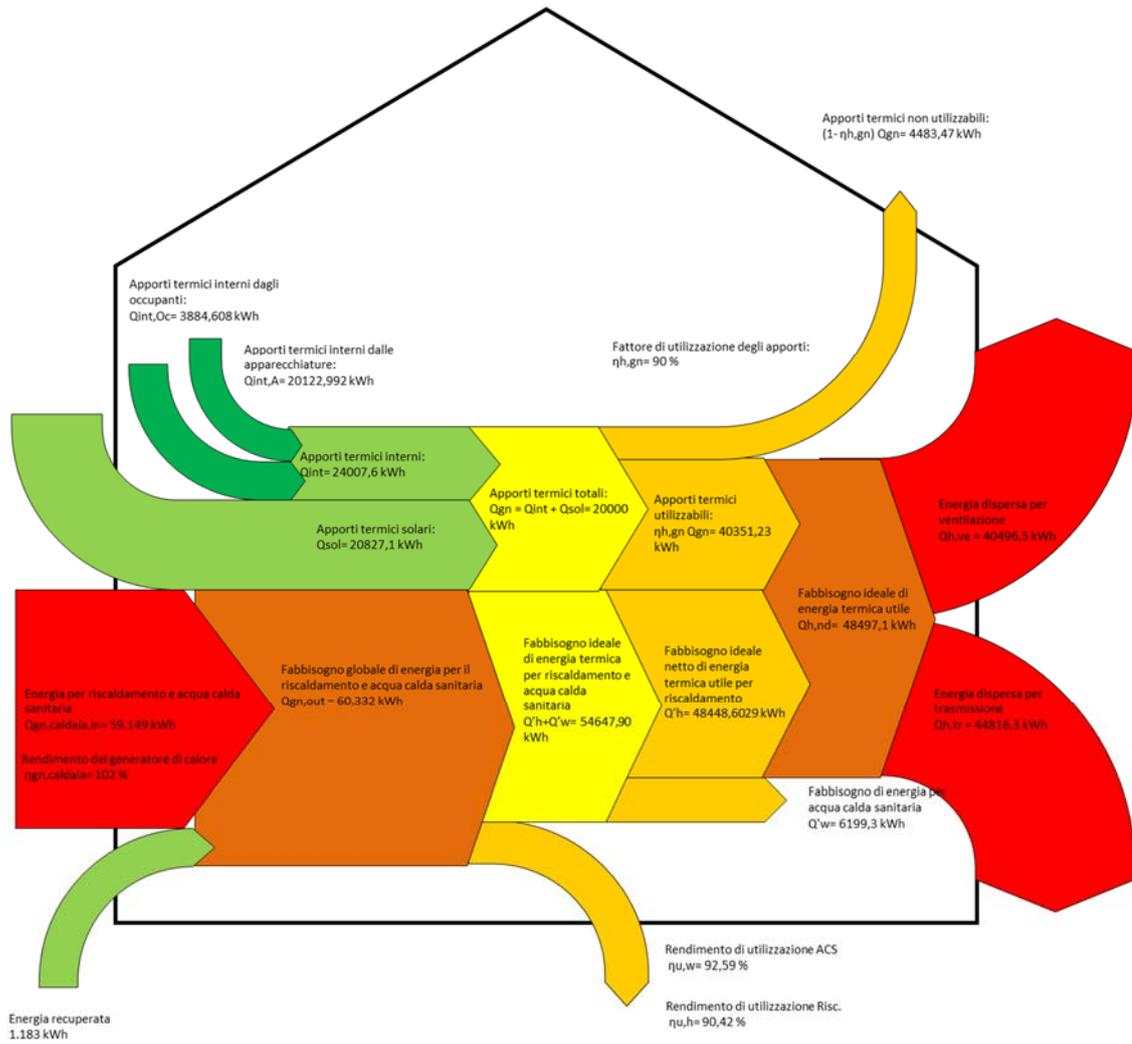
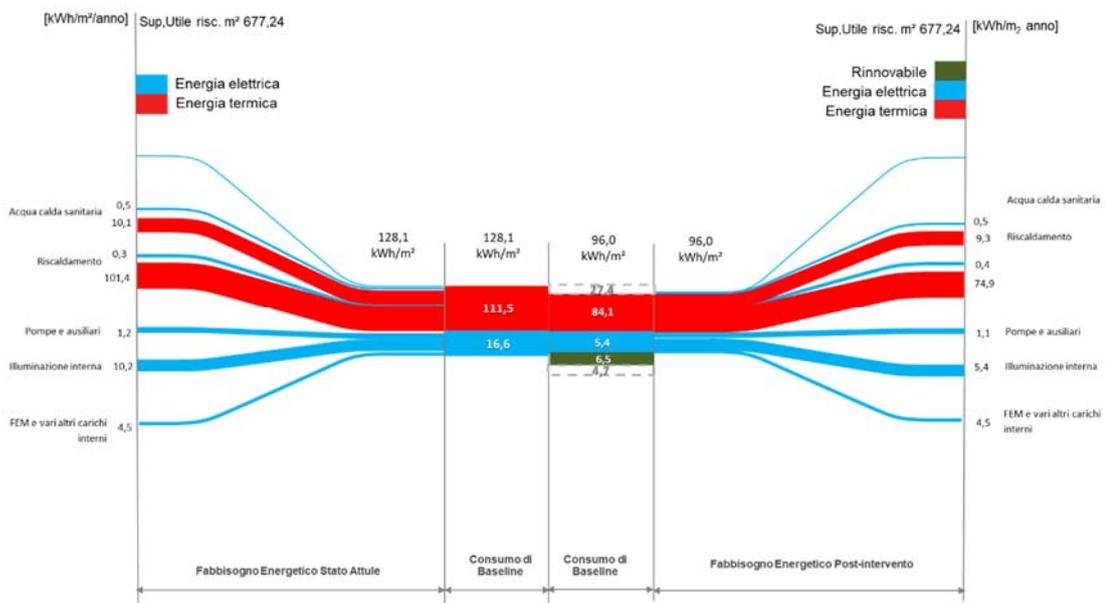


Figura 9.12 – SCN1: Bilancio energetico complessivo dell'edificio post intervento



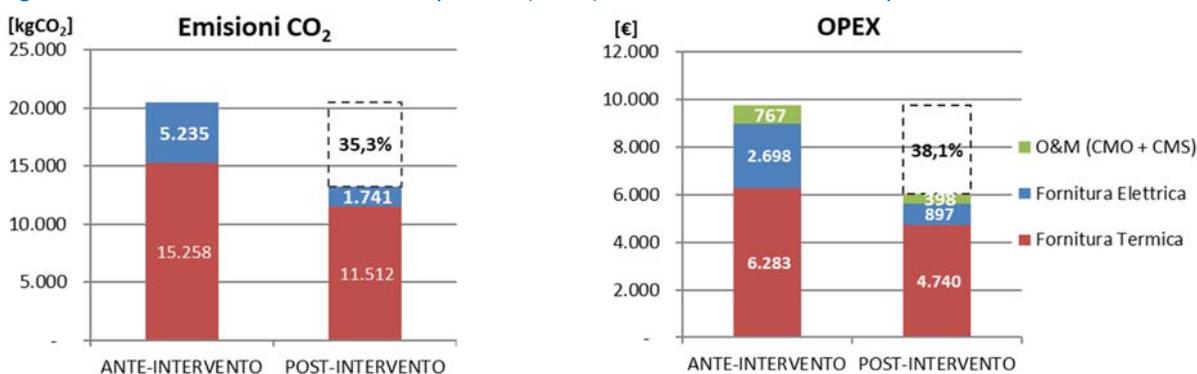
I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella Tabella 9.14 e nella Figura 9.13

Tabella 9.14 – Risultati analisi SCN1

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM2 [Trasmittanza media infissi]	[W/m ² K]	3,5	1,2	65,7%
EEM3 [Rendimento generazione calore]	[%]	94	102	8,5%
EEM4 [Potenza installata]	[W]	3.176	1.764	44,5%
EEM5 [Potenza installata]	[W]	0	5.000	100,0%
Q _{teorico}	[kWh]	78.397	59.149	24,6%
EE _{teorico}	[kWh]	11.402	3.792	66,7%
Q _{baseline}	[kWh]	75.535	56.990	24,6%
EE _{Baseline}	[kWh]	11.211	3.728	66,7%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	15.258	11.512	24,6%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	5.235	1.741	66,7%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	20.494	13.253	35,3%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	6.283	4.740	24,6%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	2.698	897	66,7%
Fornitura Energia, C_E	[€]	8.981	5.638	37,2%
C _{MO}	[€]	328	358	-9,1%
C _{MS}	[€]	439	40	91,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	767	398	48,2%
OPEX	[€]	9.749	6.035	38,1%
Classe energetica	[-]	D	B	+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: 0,083 [€/kWh] per il vettore termico e 0,241 [€/kWh] per il vettore elettrico

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



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

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

PARAMETRI FINANZIARI			
Anni Costruzione	n_i		1
Anni Gestione Servizio	n_s		14
Anni Concessione	n		15
Anno inizio Concessione	n_0		2020
Anni dell'ammortamento	n_A		10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	k_{CDP}		2,00%
Costo Capitale Azienda	WACC		4,00%
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CDP})$	$k_{progetto}$		4,00%
Inflazione ISTAT	f		0,50%
deriva dell'inflazione	f'		0,70%
%, interessi debito	k_D		3,82%
%, interessi equity	k_E		9,00%
Aliquota IRES	IRES		24,0%
Aliquota IRAP	IRAP		3,9%
Aliquota fiscale	τ		27,90%
Anni debito (finanziamento)	n_D		15
Anni Equity	n_E		14
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_0	€	73.062
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of		3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€	2.192
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€	75.254
%CAPEX a Debito	D		80,0%
%CAPEX a Equity	E		20,00%
Debito	I_D	€	60.203
Equity	I_E	€	15.051
Fattore di annualità Debito	FA_D		11,41
Rata annua debito	q_D	€	5.278
Costo finanziamento,(D+INT _D)	$q_D * n_D$	€	79.169
Costi per interessi debito, INT _D	INT_D=q_D*n_D-D	€	18.966

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

PARAMETRI ECONOMICI			
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€	9.074
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€	767
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€	9.841
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€	-
Riduzione% costi fornitura Energia	%ΔC_E		37,2%
Riduzione% costi O&M	%ΔC_M		48,2%
Obiettivo riduzione spesa PA	%$C_{Baseline}$		1,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€	3.188
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€	98
Risparmio PA durante la concessione	14%	€	19.213
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€	4.482
N° di Canoni annuali	anni		14
Utile lordo della ESCO	%CAPEX		-26,29%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	-€	1.413
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€	1.355

Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€	3.148
Canone O&M €/anno	CnM	€	413
Canone Energia €/anno	CnE	€	6.241
Canone Servizi €/anno IVA escl.	CnS	€	6.653
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	CnD	€	3.090
Canone Totale €/anno IVA escl.	Cn	€	9.743
Aliquota IVA %	IVA		22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€	13.175
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€	18.009
Durata Incentivi, anni	n_B		5
Inizio erogazione Incentivi, anno			2022

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

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	15,32
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	24,41
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	-€ 14.020
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC	-0,21%
Indice di Profitto	IP	-19,19%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	9,21
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	7,81
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	-€ 6.336
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke	-
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3	1,027
Loan Life Cover Ratio	LLCR < 1	0,459
Indice di Profitto Azionista	IP	-8,67%

Figura 9.14 –SCN1: Flussi di cassa del progetto

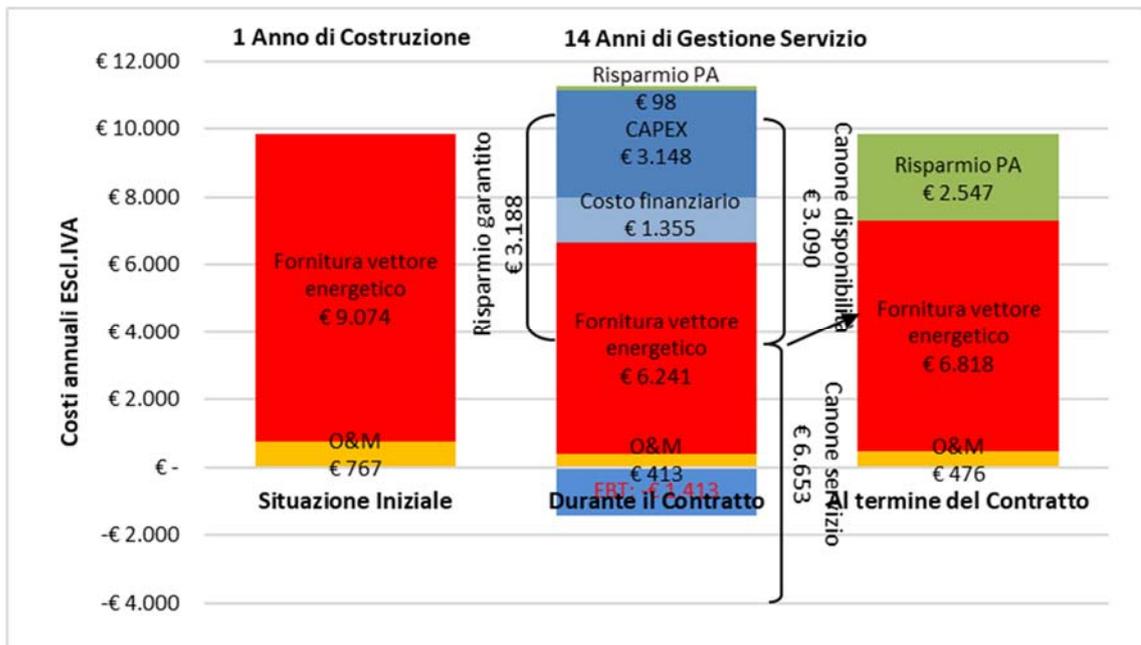


Figura 9.15 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



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

Figura 9.16 – Scenario 1: Schema di Energy Performance Contract



9.3.2 Scenario 1: EEM1 + EEM3 + EEM4

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

- EEM1: Isolamento delle pareti esterne;
- EEM3: Sostituzione dei generatori di calore;
- EEM4: Installazione di nuove plafoniere con lampade led;

Tabella 9.18 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA AI 22% [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
EEM1 – Fornitura e Posa	23.513,01	5.172,86	28.685,87
EEM3 – Fornitura e Posa	3.659,45	805,08	4.464,53
EEM4 – Fornitura e Posa	6.537,68	1.438,29	7.975,97
Costi per la sicurezza	1.011,30	222,49	1.233,79
Costi per la progettazione	2.359,71	519,14	2.878,85
TOTALE (I₀)	37.081,15	8.157,85	45.239,01

VOCE MANUTENZIONE	C_{MO} (IVA INCLUSA)	C_{MS} (IVA INCLUSA)	C_M (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 O&M	-	-	-
EEM3 O&M	358	40	398
EEM4 O&M	-	-	-
TOTALE (C_M)	358	40	398
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	
		[€]	
Incentivi	[Conto termico]	14.615,68	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		2.923,14	

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

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

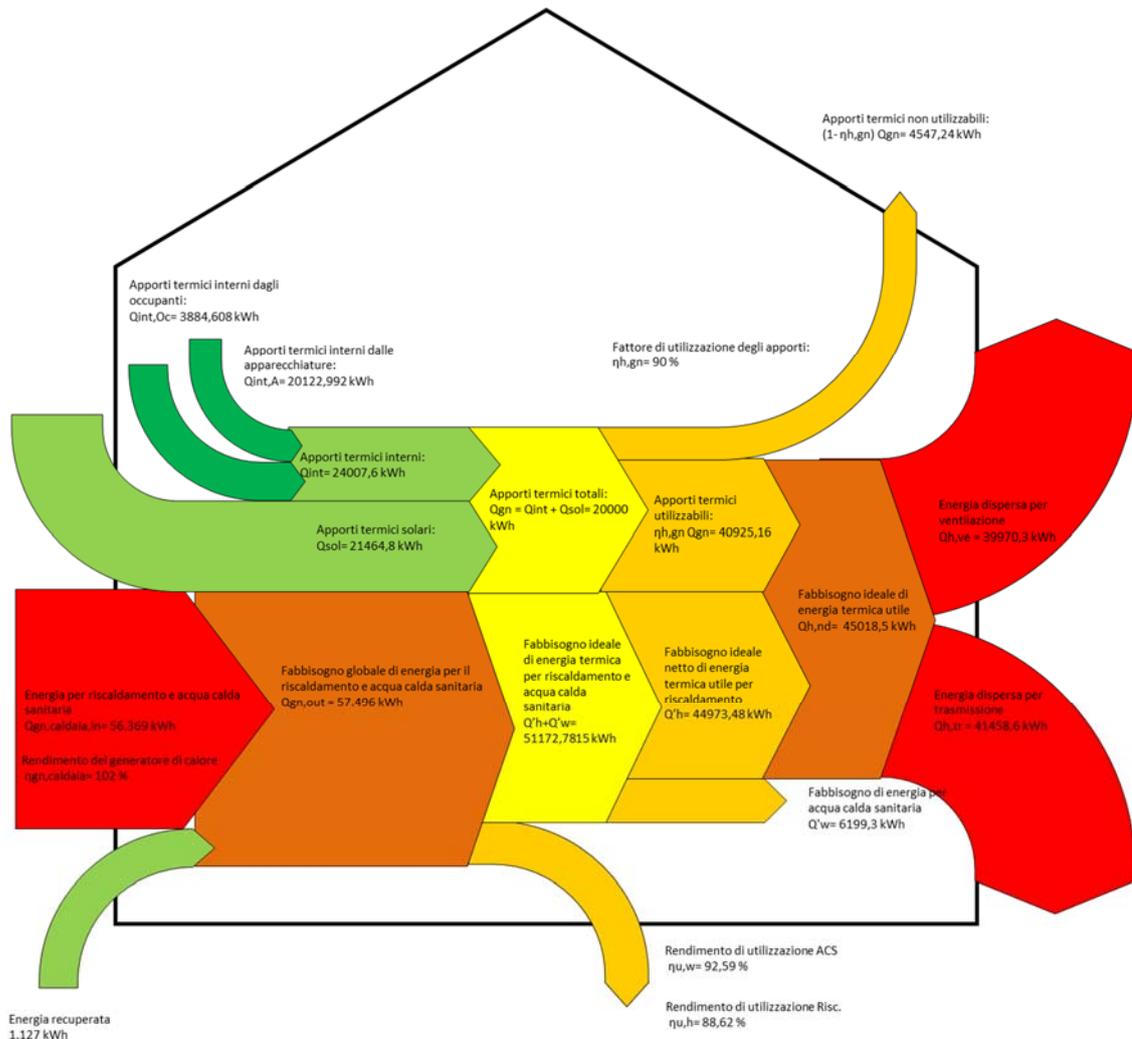
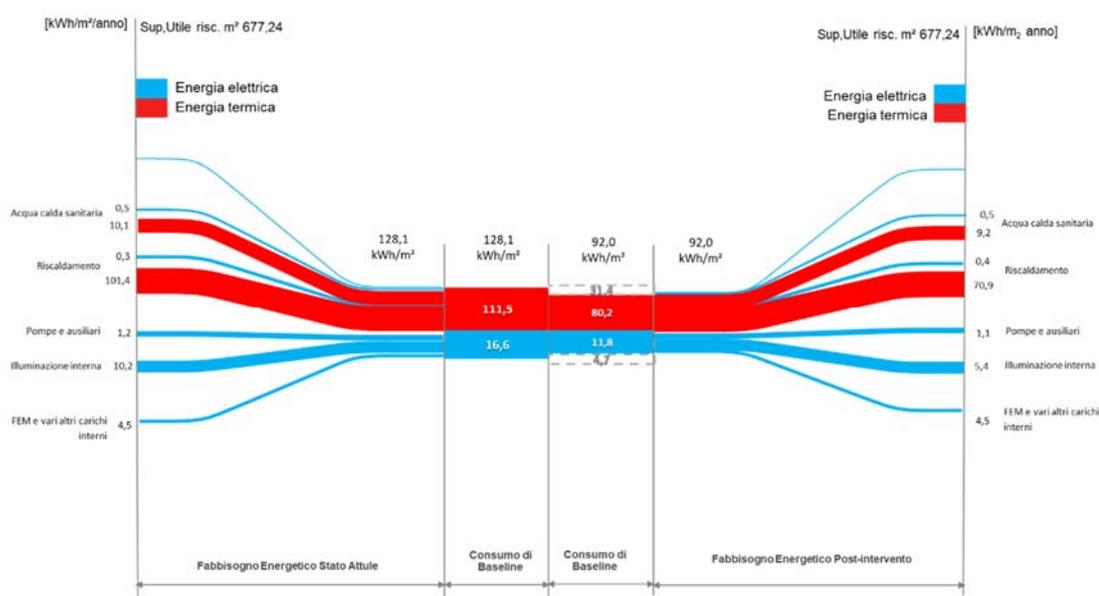


Figura 9.18 – SCN1: Bilancio energetico complessivo dell’edificio post intervento

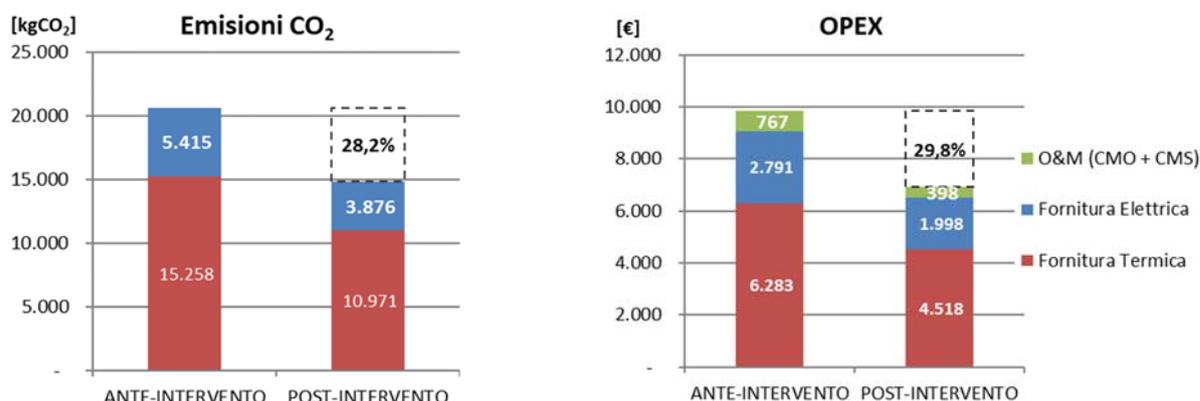


I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella Tabella 9.19 e nella Figura 9.13.

Tabella 9.19 – Risultati analisi SCN2

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM1 [trasmissione parete]	[W/m²K]	2	0,24	88,0%
EEM3 [Rendimento generazione calore]	[%]	94	102	8,5%
EEM4 [Potenza installata]	[W]	3.176	1.764	44,5%
Q _{teorico}	[kWh]	78.397	56.369	28,1%
EE _{teorico}	[kWh]	11.402	8.160	28,4%
Q _{baseline}	[kWh]	75.535	54.312	28,1%
EE _{Baseline}	[kWh]	11.211	8.024	28,4%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	15.258	10.971	28,1%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	5.235	3.747	28,4%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	20.494	14.718	28,2%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	6.283	4.518	28,1%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	2.698	1.931	28,4%
Fornitura Energia, C_E	[€]	8.981	6.449	28,2%
C _{MO}	[€]	328	358	-9,1%
C _{MS}	[€]	439	40	91,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	767	398	48,2%
OPEX	[€]	9.749	6.846	29,8%
Classe energetica	[-]	D	B	+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: 0,083 [€/kWh] per il vettore termico e 0,241 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 9.19 – SCN2: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline

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

Tabella 9.20 – 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	20
Anni Equity	n_E	24
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_0	€ 45.239
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 1.357
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 46.596
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€ 37.277
Equity	I_E	€ 9.319
Fattore di annualità Debito	FA_D	13,97
Rata annua debito	q_D	€ 2.668
Costo finanziamento,(D+INT _D)	$q_D * n_D$	€ 53.357
Costi per interessi debito, INT _D	INT_D=q_D*n_D-D	€ 16.080

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

PARAMETRI ECONOMICI			
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€	9.074
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€	767
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€	9.841
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€	-
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$		28,2%
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$		48,2%
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$		2,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€	1.826
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€	197
Risparmio PA durante la concessione	14%	€	52.923
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€	3.950
N° di Canoni annuali	anni		24
Utile lordo della ESCO	$\% CAPEX$		-1,72%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	-€	33
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€	670
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€	993
Canone O&M €/anno	CnM	€	423
Canone Energia €/anno	CnE	€	7.592
Canone Servizi €/anno IVA escl.	CnS	€	8.015
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	CnD	€	1.629
Canone Totale €/anno IVA escl.	Cn	€	9.644
Aliquota IVA %	IVA		22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€	8.158
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€	14.616
Durata Incentivi, anni	n_B		5
Inizio erogazione Incentivi, anno			2022

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

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.		11,61
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		20,79
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€	1.211
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC		4,45%
Indice di Profitto	IP		2,68%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.		24,82
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		2,78
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€	3.503
Tasso interno di rendimento dell’azionista	TIR > ke		0,78%
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3		1,084
Loan Life Cover Ratio	LLCR < 1		0,552
Indice di Profitto Azionista	IP		7,74%

Figura 9.20 –SCN2: Flussi di cassa del progetto

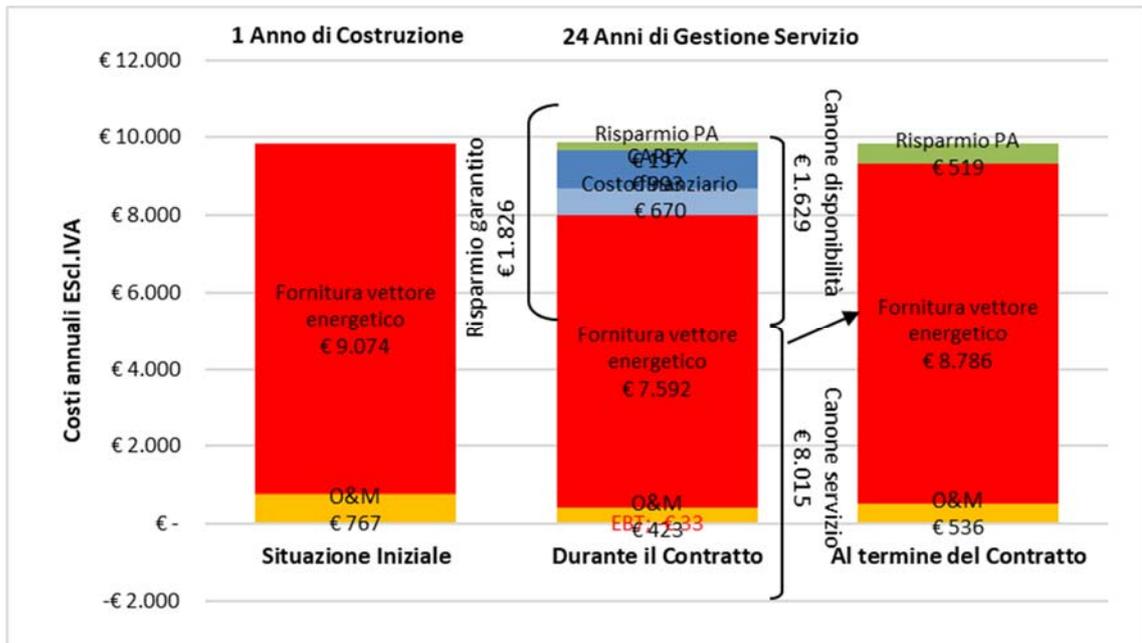


Figura 9.21 – SCN2: Flussi di cassa dell'azionista



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

Figura 9.22 – 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}	145,2	kWh/mq anno	170,1	kWh/mq anno
Indice di prestazione energetica per il riscaldamento invernale	EP _H	113,3	kWh/mq anno	123,8	kWh/mq anno
Indice di prestazione energetica per la produzione di acs	EP _{acs}	11,7	kWh/mq anno	17,3	kWh/mq anno
Indice di prestazione energetica per la climatizzazione estiva	EP _C	0,0	kWh/mq anno	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	20,2	kWh/mq anno	29	kWh/mq anno
Indice di prestazione energetica per il trasporto di persone o cose	EP _{Tr}	0,0	kWh/mq anno	0	kWh/mq anno
Indice di energia termica totale	EP _T	115,2	Kg/mq anno	130,2	Kg/mq anno
Indice di energia elettrica totale	EE	16,8	kWh/mq anno	16,9	kWh/mq anno
Indice di prestazione termica per il riscaldamento	ET _H	104,9	kWh/mq anno	117,9	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	10,7	kWh/mq anno	12,4	kWh/mq anno
Emissioni equivalenti di CO ₂	CO _{2eq}	30,5	Kg/mq anno	34,2	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:

Al 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	Criterio Energetico	Criterio Ambientale	Criterio Economico				Risultato complessivo
	Risparmio energia primaria	CO ₂ risparmiata	TIR	IP	TR	VAN	
	kWh/anno	Ton/anno	%	-	anni	€	
EEM 1*	13.747,97	2,66	3,7%	-0,02	16,98	-657,93	-
EEM 2*	13.341,63	2,40	1,4%	-0,20	23,72	-8.034,96	-
EEM 3	6.162,88	1,04	21,7%	1,16	3,66	5.177,75	0,20
EEM 4*	6.433,78	1,47	1,7%	-0,07	6,62	-625,97	-
EEM 5*	6.298,33	2,04	1,1%	-0,21	17,20	-4.045,22	-
SCN1*	31.491,66	7,20	-0,2%	-19,20	15,32	-14.020,00	-
SCN2	28.579,53	5,75	4,5%	2,68	11,61	1.211,00	0,82

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'SCN2 risulta essere l'intervento migliore tra quelli proposti, seguito dall'EEM3, che quindi risulta essere anche l'intervento migliore tra quelli singoli.

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	Allegato A_E679.docx

ALLEGATO B – ELABORATI

Titolo	Descrizione	Data	Nome file
Contesto geografico e urbano e zone termiche	Contesto geografico	07/06/18	ALLEGATO B_E679.dwg
Analisi fatture dell’energia elettrica	Analisi fatture EE	07/06/18	Analisi fatture dell’energia elettrica_E679.xlsx
Riepilogo dati fatture rilevati dall’auditor	Dati consumi termici ed elettrici	07/06/18	Kyotobaseline_E679.xlsx

ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

Non è stato effettuato un report di indagine termografica

ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI

Non sono state eseguite prove diagnostiche strumentali

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	Allegato E_E679.pdf

ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

Titolo	Data	Nome file
Certificato di conformità Namirial Termo	07/06/18	Allegato F_E679.pdf

ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

Titolo	Data	Nome file
Attestato di prestazione energetica	07/06/18	-

ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

Titolo	Data	Nome file
Attestato di prestazione energetica	07/06/18	APE_E679_SCN1.pdf
Attestato di prestazione energetica	07/06/18	APE_E679_SCN2.pdf

ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

	Titolo	Data	Nome file
Dati climatici		07/06/18	Dati Climatici_E679.xlsx

ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

	Titolo	Data	Nome file
Scheda Audit		07/06/18	Scheda audit_Lotto3_E679.xlsx

ALLEGATO K – SCHEDE ORE

Titolo	Data	Nome file
Scheda ORE_isolamento pareti esterne	07/06/18	Scheda ORE_EEM1.pdf
Scheda ORE_sostituzione infissi	07/06/18	Scheda ORE_EEM2.pdf
Scheda ORE_sostituzione caldaie	07/06/18	Scheda ORE_EEM3.pdf
Scheda ORE_valvole termostatiche.pdf	07/06/18	Scheda ORE_EEM2&EEM3.pdf
Scheda ORE_lampade led.pdf	07/06/18	Scheda ORE_EEM4.pdf
Scheda ORE_impianto fotovoltaivo.pdf	07/06/18	Scheda ORE_EEM5.pdf

ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI

Titolo	Data	Nome file
Analisi economica finanziaria degli scenari SCN1 e SCN2	07/06/18	AnalisiPEF_E679.xlsx

ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

	Titolo	Data	Nome file
	Report di benchamark	07/06/18	Lotto3_Benchmark_E679.docx



ALLEGATO N – CD-ROM

[Allegare CD-ROM o altro supporto di archiviazione digitale contenente tutta la documentazione relativa al Rapporto di Diagnosi Energetica e suoi allegati, in formato WORD, EXCEL e PDF con firma digitale certificata per gli elaborati documentali e formato DWG compatibile con i più diffusi software CAD per gli elaborati grafici.]