

Scuola Dell'Infanzia e Primaria "Giovanni XXIII" e Scuola Secondaria di primo grado "Lomellini-Cantore"

E401

Piazza Galileo Ferraris 4

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 Dell’Infanzia e Primaria "Giovanni XXIII" e Scuola Secondaria di primo grado "Lomellini- Cantore"

E401

Piazza Galileo Ferraris 4

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA

FONDO KYOTO - SCUOLA 3

Maggio 2018

COMUNE DI GENOVA

STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER

Comune di Genova – Area Tecnica – Struttura di Staff Energy Manager

Via Di Francia 1 – 18° Piano Matitone – 16149 – Genova

Tel 010 5573560 – 5573855; energymanager@comune.genova.it; www.comune.genova.it

[Gruppo Eden srls

Via della Barca 24/3, 40133, Bologna

Tel: 051-7166459 – info@gruppoeden.it



REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI

Revisione	Data	Realizzazione	Revisione	Approvazione	Descrizione
Rev. A	23/04/2018	Gruppo EDEN Srls	Ing. Sonia Subazzoli	Arch. Valentina Raisa	Prima emissione
Rev. B	18/05/2018	Gruppo EDEN Srls	Ing. Sonia Subazzoli	Arch. Valentina Raisa	Seconda emissione
Rev. C	07/06/2018	Gruppo EDEN Srls	Ing. Sonia Subazzoli	Arch. Valentina Raisa	Terza emissione

Nell'ambito del servizio di Audit e Diagnosi Energetica, denominato Fondo Kyoto - Scuola 3, il presente documento si pone l'obiettivo di supportare la redazione del rapporto di diagnosi energetica attraverso la predisposizione di un modello di relazione standardizzato. Qualsiasi parere, suggerimento d'investimento o giudizio su fatti, persone o società contenuti all'interno di questo documento è di esclusiva responsabilità del soggetto terzo che lo utilizza per emanare tale parere, suggerimento o giudizio.

Il Comune di Genova non si assume alcuna responsabilità per le conseguenze che possano scaturire da qualsiasi uso di questo documento da parte di terzi. Questo documento contiene informazioni riservate e di proprietà intellettuale esclusiva. E' vietata la riproduzione totale o parziale, in qualsiasi forma o mezzo e di qualsiasi parte del presente documento senza l'autorizzazione scritta da parte del Comune di Genova.



INDICE

PAGINA

REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI.....	II
EXECUTIVE SUMMARY	1
1 INTRODUZIONE.....	4
1.1 PREMESA	4
1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA	4
1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO.....	4
1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO.....	5
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO	6
1.6 STRUTTURA DEL REPORT	9
2 DATI DELL'EDIFICIO	10
2.1 INFORMAZIONI SUL SITO	10
2.2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE, SOCIO-ECONOMICO E DESTINAZIONE D'USO.....	10
2.3 VERIFICA DEI VINCOLI INTERFERENTI SULLE PARTI DELL'IMMOBILE INTERESSATE DAGLI 'INTERVENTI	11
2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO	12
3 DATI CLIMATICI.....	14
3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO.....	14
3.2 DATI CLIMATICI REALI.....	15
3.3 ANALISI DELL'ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO	15
4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI	17
4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO	17
4.1.1 <i>Involucro opaco</i>	17
4.1.2 <i>Involucro trasparente</i>	19
4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/ CLIMATIZZAZIONE INVERNALE	20
4.2.1 <i>Sottosistema di emissione</i>	21
4.2.2 <i>Sottosistema di regolazione</i>	22
4.2.3 <i>Sottosistema di distribuzione</i>	23
4.2.4 <i>Sottosistema di generazione</i>	24
LE CARATTERISTICHE DEI SISTEMI DI GENERAZIONE SONO RIPORTATE NELLA TABELLA 4.7.	24
4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA	25
4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO/CLIMATIZZAZIONE ESTIVA	26
4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA	26
4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE	26
4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE	27
4.8 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DI IMPIANTI DI PRODUZIONE ENERGIA ELETTRICA O COGENERAZIONE	28
5 CONSUMI RILEVATI	29
5.1 CONSUMI ENERGETICI STORICI PER CIASCUN VETTORE E CONNESSIONE ALLE RETI GAS NATURALE ED ELETTRICA.....	29
5.1.1 <i>Energia termica</i>	29
5.1.2 <i>Energia elettrica</i>	32
5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI	38
6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO	42
6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO	42
6.1.1 <i>Validazione del modello termico</i>	43
6.1.2 <i>Validazione del modello elettrico</i>	44
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI.....	44
6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI.....	46
7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO	47
7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI	47



7.1.1	Vettore termico.....	47
7.1.2	Vettore elettrico.....	50
7.2	TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI.....	55
7.3	COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI.....	55
	$C_M = C_{SIE3} - C_Q$;.....	55
	$C_{MS} = 0.21 \times C_M$	56
7.4	BASELINE DEI COSTI.....	56
	TABELLA 7.8 – VALORI DI COSTO INDIVIDUATI PER IL CALCOLO DELLA BASELINE.....	56
8	IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA	58
8.1	DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI	58
8.1.1	<i>Involucro edilizio</i>	58
8.1.2	<i>Impianto di riscaldamento</i>	63
8.1.3	<i>Impianto di illuminazione ed impianto elettrico</i>	65
8.1.4	<i>Impianto di generazione da fonti rinnovabili</i>	67
9	VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA.....	69
9.1	ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	69
9.2	ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI	73
9.3	IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D'INTERVENTO E SCENARI D'INVESTIMENTO	81
9.3.1	<i>Scenario 1: EEM1 + EEM2 + EEM4 + EEM5</i>	83
9.3.2	<i>Scenario 2: EEM1 + EEM2 + EEM4 + EEM5 + EEM6</i>	88
10	CONCLUSIONI	95
10.1	RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA	95
10.2	RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI	95
10.2.1	<i>Priorità delle interazioni proposte e programma di attuazione:</i>	95
10.2.2	<i>Piani di misure e verifiche per accertare i risparmi</i>	96
10.3	CONCLUSIONI E COMMENTI.....	97
11	ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA.....	A
12	ALLEGATO B – ELABORATI	A
13	ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA.....	1
14	ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI.....	1
15	ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI	1
16	ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE	1
17	ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA.....	1
18	ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI.....	1
19	ALLEGATO I – DATI CLIMATICI	1
20	ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT	1
21	ALLEGATO K – SCHEDE ORE	1
22	ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI.....	1
23	ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK.....	1
24	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		1910
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]	6.476,604
Superficie disperdente (S)	[m ²]	10.920,033
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	40.245,209
Rapporto S/V	[1/m]	0,27
Superficie netta aree interne (scaldate e non scaldate) ⁽²⁾	[m ²]	6.808,52
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate) ⁽³⁾	[m ²]	9.479,01
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	2.327,5
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	11.806,57
Tipologia generatore riscaldamento	Generatori tradizionali a basamento	
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	955
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	0
Tipo di combustibile	Gas naturale	
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)	Boiler Elettrici	
Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	137,78
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{th} /anno]	362.795
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	27.957
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	138.080
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	28.075

Nota (1): Valori di Baseline

Nota (2): E' compreso solo il seminterrato agibile

Nota (3): E' compreso anche il seminterrato inagibile

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

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

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

	CON INCENTIVI													
	%Δ _E %	%Δ _{CO2} %	ΔC _E €/anno	ΔC _{MO} €/anno	ΔC _{MS} €/anno	I ₀ [€]	TRS anni	TRA anni	n anni	VAN €	TIR %	IP -	DSCR	LLCR
EEM1	12,1	12,9	6.796	0	0	- 498.044	35,4	46,9	30	- 185.119	-1,8	- 0,4	[n/a]	[n/a]
EEM2	5,5	5,8	3.067	0	0	- 108.460	17,7	31,5	30	-5.297	3,3	0,0	[n/a]	[n/a]
EEM3	15,3	16,2	8.561	0	0	- 582.798	40,0	55,4	30	- 275.334	-2,6	- 0,5	[n/a]	[n/a]
EEM4	5,3	5,6	2.942	10.200	2.712	-63.293	3,0	3,4	15	111.305	28,4	1,8	[n/a]	[n/a]
EEM5	17,7	16,4	9.940	0	0	-70.544	4,4	4,9	8	15.441	10,3	0,2	[n/a]	[n/a]
EEM6	16,5	15,2	9.258	0	0	- 126.154	13,0	18,7	20	2.106	4,2	0,0	[n/a]	[n/a]
SCN1	45,9	46,4	30.295	6.882	1.829	770.825	12,6	19	25	-78.809	1,8	- 0,1	1,2	0,5
SCN2	61,4	60,8	21.635	6.882	1.829	912.716	12,5	19	15	97.620	5,5	0,1	1,1	1,2

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. 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 solo l’intervento SCN2 presenta valori sufficienti per gli indicatori DSCR e LLCR. L’intervento SCN1 non riesce a soddisfare il requisito del tempo di ritorno minore di 15 anni e l’indicatore LLCR che risulta essere minore di 1.

1 INTRODUZIONE

1.1 PREMESSA

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

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

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

1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA

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

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

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

Scopo della DE è quindi 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 l’Arch. Valentina Raisa, soggetto certificato Esperto in Gestione dell’Energia (EGE) ai sensi della norma UNI CEI 11339.

Figura 1.1 - Vista della facciata [esposta a Sud]



In Tabella 1.1 sono riportati i nominativi di tutti i soggetti coinvolti nelle varie fasi di svolgimento della DE.

Tabella 1.1 – Soggetti coinvolti nella realizzazione del processo di Audit

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

1.4 IDENTIFICAZIONE DELL’EDIFICIO

L’immobile oggetto della DE, catastalmente individuato al NCEU F. 37 Mapp. 575 Sub. 1 è sito nel Comune di Genova e più precisamente in Piazza Galileo Ferraris 4

L’edificio è di proprietà del Comune di Genova ed è attualmente adibito a sede dell’istituto comprensivo Marassi, di cui fanno parte la Scuola Dell’Infanzia e Primaria "Giovanni XXIII" e la Scuola Secondaria di primo grado "Lomellini-Cantore".

Figura 1.2 – Ubicazione dell’edificio



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

Tabella 1.2 - Tabella riepilogativa dei dati dell’edificio

PARAMENTO	U.M.	VALORE
Anno di costruzione edificio		1910
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]	6.476,604
Superficie disperdente (S)	[m ²]	10.920,033
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	40.245,209
Rapporto S/V	[1/m]	0,27
Superficie netta aree interne (scaldate e non scaldate) ⁽²⁾	[m ²]	6.808,52

Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate) ⁽³⁾	[m ²]	9.479,01
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	2.327,5
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	11.806,57
Tipologia generatore riscaldamento	Generatori tradizionali a basamento	
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	955
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	0
Tipo di combustibile	Gas naturale	
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)	Boiler Elettrici	
Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	137,78
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{th} /anno]	362.795
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	27.957
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	138.080
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	28.075

Nota (1): Valori di Baseline

Nota (2): E' compreso solo il seminterrato agibile

Nota (3): E' compreso anche il seminterrato inagibile

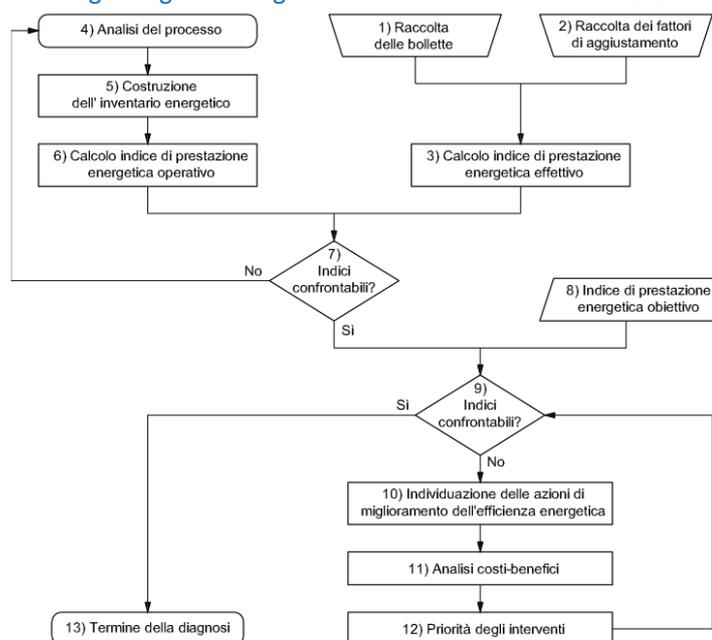
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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 Ageci, 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

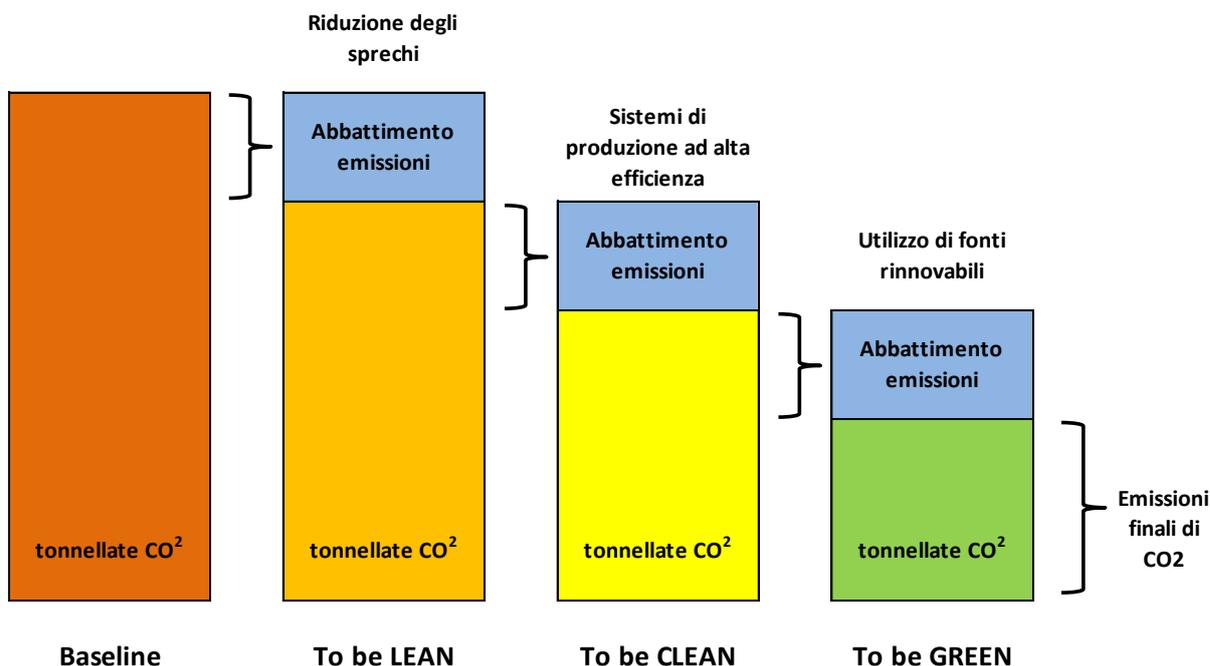
- destagionalizzazione dello stesso, utilizzando i relativi GG reali (GG_{real}), e conseguente normalizzazione secondo i GG di riferimento (GG_{rif});
- j) Individuazione della “baseline elettrica” di riferimento (e relative emissioni di CO_2) calcolata sulla media aritmetica dei valori relativi ai consumi elettrici reali per tre le annualità 2014, 2015, 2016;
 - k) Validazione del modello elaborato mediante il confronto con le baseline energetiche, al fine di ottenere uno scostamento inferiore al 5%;
 - l) Analisi delle possibili EEM necessarie per la riqualificazione energetica del sistema edificio-impianto analizzando gli aspetti tecnici, energetici, ed ambientali.
 - m) Simulazione del comportamento energetico dell’edificio a seguito dell’attuazione delle varie EEM proposte singolarmente, ed individuazione della nuova classe energetica raggiungibile;
 - n) Definizione di due scenari ottimali a partire dalla combinazione delle singole EEM proposte al fine di conseguire un miglioramento del parametro di efficienza energetica dell’edificio superiore a due classi energetiche e tempi di ritorno inferiore uguale rispettivamente a 25 e a 15 anni.
 - o) Analisi costi-benefici e di redditività finanziaria derivanti dalla realizzazione delle EEM previste singolarmente, con riferimento ai principali indicatori finanziari ed ai possibili sistemi di incentivazione;
 - p) Valutazione economico-finanziaria dei due scenari ottimali previsti, a partire dal “baseline di costi” e con riferimento ai principali indicatori finanziari e di sostenibilità finanziari ed ai possibili sistemi di incentivazione;
 - q) Identificazione dell’eventuale canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale attraverso un Energy Performance Contract, con lo scopo di analizzare il possibile interesse nella realizzazione degli interventi studiati, tramite l’intervento di una ESCO;
 - r) Realizzazione di una relazione tecnica descrittiva di dettaglio dell’analisi effettuata (Rapporto di DE);
 - s) Realizzazione di un report dei Benchmark.

Figura 1.3 – Schema metodologia diagnosi energetica ai sensi della norma UNI CEI 16247



Per la definizione di soluzioni integrate, la priorità con cui sono state analizzate la combinazione di possibili EEM è quella definita dal modello di gerarchia energetica riportato in Figura 1.4

Figura 1.4 - Principio della Gerarchia Energetica, (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.

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

L’edificio ospitante il complesso scolastico oggetto della DE è costituito complessivamente da cinque piani fuori terra, nei quali si sviluppano le varie attività scolastiche; un piano seminterrato dove si trovano la centrale termica e locali di servizio del personale.

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 Earth)



Tabella 2.1 - Suddivisione in piani dell’edificio

PIANO	UTILIZZO	U.M.	SUPERFICIE LORDA COMPLESSIVA ⁽²⁾	SUPERFICIE UTILE RISCALDATA ⁽³⁾	SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA ⁽³⁾
Seminterrato	Centrale termica e locali di servizio per il personale	[m ²]	1.844,15	148,77	0
Terra	Aule scolastiche, uffici, palestra	[m ²]	1.729,50	1402,93	0
Primo	Aule scolastiche	[m ²]	1.723,83	1424,55	0
Secondo	Aule scolastiche	[m ²]	1.723,83	1427,26	0
Terzo	Aule scolastiche	[m ²]	1.723,83	1445,08	0
Quarto	Aule scolastiche	[m ²]	733,87	628,03	0
TOTALE		[m²]	9479,01	6.476,60	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 risale agli inizi del XX secolo, ma non risulta un bene culturale, ambientale o paesaggistico soggetto a tutela; ciò nonostante l’edificio si trova all’interno della zona AC-IU, finalizzata alla conservazione dell’impianto urbanistico e/o è caratterizzato da elementi strutturali di interesse storico.

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

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

MISURA DI EFFICIENZA ENERGETICA	VINCOLO INTERESSATO	VALUTAZIONE INTERFERENZA ⁽⁴⁾	MISURA DI TUTELA DA ADOTTARE
EEM 1: Isolamento pareti esterne	Storico – Artistico		Previo parere della a Soprintendenza per i beni architettonici e paesaggistici
EEM 2: Isolamento copertura	-		-
EEM 3: Sostituzione Infissi	Storico –		Previo parere della a Soprintendenza per i

	Artistico		beni architettonici e paesaggistici
EEM 4: Sostituzione generatori di calore e installazione valvole termostatiche	-		-
EEM 5: Installazione nuove plafoniere con lampade led	-		-
EEM 6: Installazione impianto fotovoltaico			

Nota (4): Legenda livelli di interferenza:

	Non perseguibile
	Perseguibile tramite adozione misure di tutela indicate
	Interferenza nulla

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

Dal punto di vista storico l’edificio risale agli anni ‘10 del XX secolo e non risulta un bene culturale, ambientale o paesaggistico soggetto a tutela.

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

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.

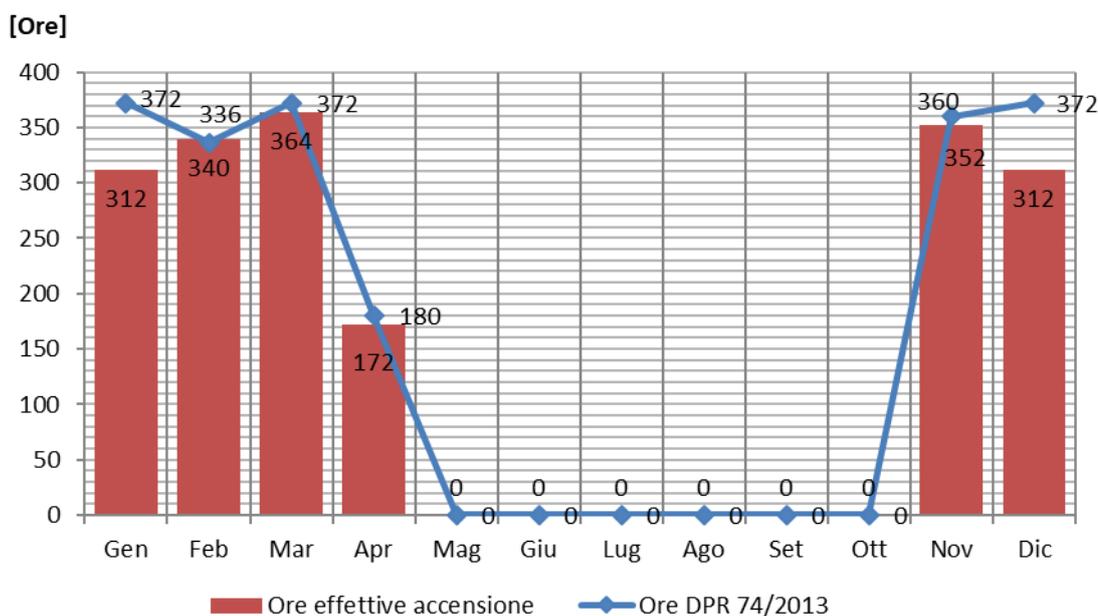
Gli orari di effettivo utilizzo dell’edificio sono stati indicati dal personale scolastico, mentre i periodi di attivazione e spegnimento degli impianti corrispondono ai giorni di apertura e chiusura dell’edificio.

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 EDIFICIO	ORARIO FUNZIONAMENTO IMPIANTO
Dal 1 Novembre al 15 Aprile	Lunedì	8.00 - 17.00	4.00 - 17.00
	Dal martedì al venerdì	8.00 - 17.00	6.00 - 17.00
	Sabato	-	6.00 - 13.00
Dal 15 Aprile al 1 Novembre	dal lunedì al Venerdì	8.00 - 17.00	-

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



Dall'analisi effettuata è emerso che gli orari di funzionamento degli impianti non sono strettamente correlati agli orari di espletamento delle lezioni, ma dipendono anche dalla presenza di personale all'interno della struttura. È risultato inoltre che gli impianti rimangono accesi anche nelle vacanze invernali come nei giorni feriali, e che possono rimanere accesi anche la domenica in occasioni di manifestazioni o eventi speciali.

Dal punto di vista manutentivo, attualmente le condizioni di Conduzione e Manutenzione (O&M) degli impianti a servizio dell'edificio scolastico oggetto della DE sono definite dal contratto Servizio Integrato Energia 3 che prevede l'affidamento ad un unico Gestore, del Servizio Energia, ovvero tutte le attività di gestione, conduzione e manutenzione degli impianti termici, compresa l'assunzione del ruolo di Terzo Responsabile, e di tutti gli impianti ad essi connessi.

Tale contratto è stato stipulato a partire da Ottobre 2016 ed ha una durata di 6 anni.

Precedentemente era presente un altro contratto, di "fornitura del servizio energia e manutenzione degli impianti termici e di condizionamento negli edifici di proprietà o di competenza del comune di Genova", di durata 3 anni.

3 DATI CLIMATICI

3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO

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

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

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

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

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

Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell’impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell’impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 1315 GG calcolati su 154 giorni effettivi di utilizzo dell’impianto di riscaldamento.

Tali GG sono valutati come la sommatoria estesa ai soli giorni di effettivo utilizzo degli impianti di riscaldamento nel periodo annuale di riscaldamento compreso tra il 1 Novembre e il 15 Aprile, delle sole differenze positive giornaliere tra la temperatura interna di 20°C e quella esterna giornaliera media mensile riportata in Tabella 3.1.

I GG così calcolati definiscono i GG_{rif} ai fini del processo di normalizzazione di cui al capitolo 5.1.1.

Tabella 3.2 – Profili mensili dei GG_{rif}

Mese	GIORNI MENSILI	TEMPERATURA ESTERNA UNI 10349:2016 [°C]	GIORNI RISCALDAMENTO [g/m]	GG	GIORNI DI UTILIZZO [g/m]	GIORNI RISCALDAMENTO EFFETTIVI [g/m]	GG _{risc}	PROFILO DI INCIDENZA
Gennaio	31	10,4	31	298	21	26	250	19%
Febbraio	28	10,5	28	266	20	28	269	20%
Marzo	31	11,1	31	276	23	30	270	21%
Aprile	30	15,3	31	71	15	14	70	5%
Maggio	31	18,7	15	-	22	-	-	0%
Giugno	30	22,4	-	-	25	-	-	0%
Luglio	31	24,6	-	-	21	-	-	0%
Agosto	31	23,6	-	-	21	-	-	0%
Settembre	30	22,2	-	-	21	-	-	0%
Ottobre	31	18,2	-	-	22	-	-	0%
Novembre	30	13,3	30	201	21	29	197	15%
Dicembre	31	10,0	31	310	18	26	260	20%
TOTALE	365	16,7	166	1421	250	154	1315	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 1,4 km di distanza in linea d’aria.

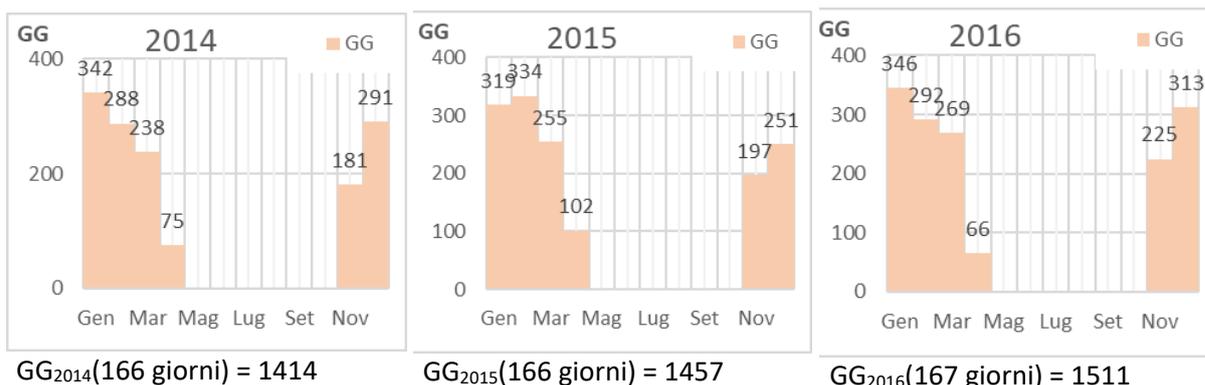
Figura 3.1 – Posizionamento della centralina meteo climatica rispetto all’edificio oggetto di DE



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

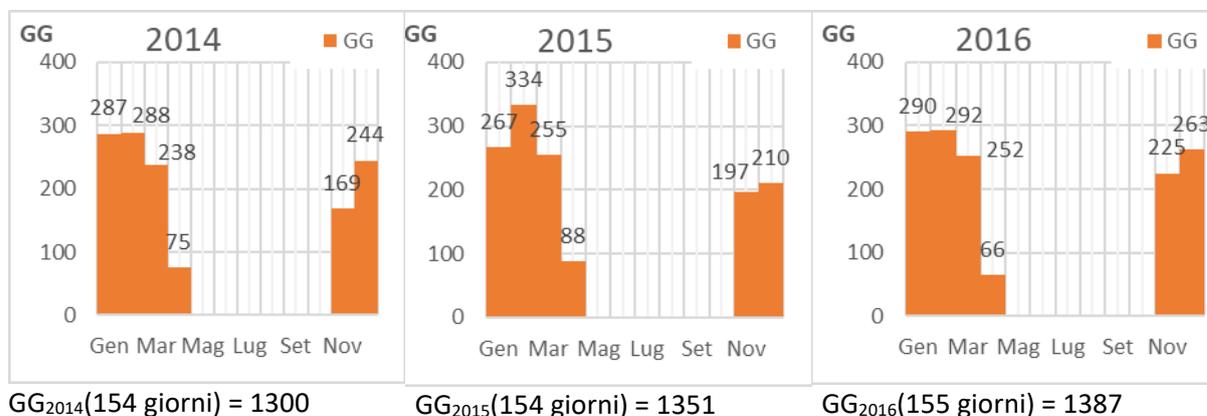


Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell’impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG reali sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell’impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 1346 GG calcolati su 154 giorni effettivi di utilizzo dell’impianto di riscaldamento.

Tali GG sono valutati come la sommatoria estesa ai soli giorni di effettivo utilizzo degli impianti di riscaldamento nel periodo annuale di riscaldamento compreso tra il 1 Novembre e il 15 Aprile, delle sole differenze positive giornaliere tra la temperatura interna di 20°C e quella esterna giornaliera media mensile calcolata in funzione delle temperature orarie rilevate dalla centralina meteorologica.

I GG così calcolati definiscono i GG_{real} ai fini del processo di normalizzazione di cui al capitolo 5.1.1.

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



Come si può notare dai grafici sopra riportati, l’andamento dei GG.

4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI

4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL’INVOLUCRO EDILIZIO

4.1.1 Involucro opaco

L’involucro edilizio opaco che costituisce l’edificio è composto da murature portanti in mattoni pieni intonacati sia all’esterno che all’interno. La copertura dell’edificio è piana, costituita da blocchi di laterizio più calcestruzzo. Le pareti fino al piano terra hanno un rivestimento esterno in pietra intonacata.

Figura 4.1 - Particolare della facciata principale



Figura 4.2 - Particolare della facciata retrostante

Va inoltre sottolineato che, anche se si tratta di un edificio che si trova all’interno di una zona di conservazione dell’impianto urbanistico, è possibile procedere a sostanziali interventi di efficientamento dell’involucro visibili dall’esterno in quanto l’edificio non risulta vincolato.



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 noti la zona del muro esterno al di sotto della finestra in corrispondenza dei radiatori quali gli elementi più disperdenti di calore in una facciata dell’edificio e la zona dell’angolo rientrante formato dalle due pareti esterne.

Figura 4.3 – Rilievo termografico della parete



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

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

Tabella 4.1 – Trasmittanze termiche dei componenti dell’involucro opaco

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	SPESSORE [cm]	ISOLAMENTO	TRASMITTANZA TERMICA [W/mqK]	STATO DI CONSERVAZIONE
Parete verticale	PE - 86	86	Assente	0,74	Sufficiente
Parete verticale	PE - 70	70	Assente	0,88	Sufficiente
Parete verticale	PE - 60	60	Assente	1,00	Sufficiente
Parete verticale	PE - 46	46	Assente	1,24	Sufficiente
Parete verticale	PE - 36	36	Assente	1,50	Sufficiente
Parete verticale	PE - 30	30	Assente	1,72	Sufficiente
Solaio verso seminterrato non scaldato	SOL1	30	Assente	1,18	Sufficiente
Copertura piana	COP1	30	Assente	1,65	Sufficiente

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

4.1.2 Involucro trasparente

L’involucro trasparente che costituisce l’edificio è composto prevalentemente da serramenti con telaio in legno a vetro singolo. Sono presenti in minore quantità anche porte finestre in metallo. Come si può notare dalle immagini lo stato di conservazione degli infissi in legno è pessimo.

Figura 4.4 - Particolare dei serramenti – vista dall’esterno



Figura 4.5 - Particolare dei serramenti – vista dall’interno



Figura 4.6 - Particolare dei serramenti – dettaglio angolo vetro



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

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

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- L’immagine termografica mostra alcuni ponti termici dell’involucro dell’edificio analizzato. Gli elementi in giallo, arancione e rosso sono i più disperdenti e quindi i punti deboli dell’involucro edilizio. Si noti in particolare i punti di dispersione delle finestre analizzate nelle zone di contatto con le pareti esterne e in corrispondenza del bancale in marmo.

Figura 4.7 – Rilievo termografico dei serramenti



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

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

Tabella 4.2 – Trasmittanze termiche dei componenti dell’involucro trasparente

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	DIMENSIONI [HXL] [cm]	TIPO TELAIO	TIPO VETRO	TRASMITTANZA TERMICA [W/mqK]	STATO DI CONSERVAZIONE
Serramento verticale	F1	145X360	Metallo senza taglio termico	Singolo	6,03	Sufficiente
Serramento verticale	F2	140X370	Metallo senza taglio termico	Singolo	4,91	Sufficiente
Serramento verticale	F3	140X252	Legno	Singolo	4,87	Pessimo
Serramento verticale	F4	130X330	Legno	Singolo	4,85	Pessimo
Serramento verticale	F5	120X110	Legno	Singolo	4,58	Pessimo
Serramento verticale	F6	185X240	Legno	Singolo	5,02	Pessimo

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

4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/CLIMATIZZAZIONE INVERNALE

L’impianto di riscaldamento degli ambienti è costituito prevalentemente da un impianto ad acqua a radiatori, alimentato da una caldaia a basamento.

4.2.1 Sottosistema di emissione

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

- Radiatori in ghisa e in metallo;

I radiatori in ghisa e in acciaio sono installati in tutte le aule, nei corridoi e nella palestra. Non sono installate valvole termostatiche sui radiatori.

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 e acciaio	91%
ZT-02 Cucina	Radiatori in ghisa e acciaio	91%
ZT-03 Palestra	Radiatori in ghisa e acciaio	91%

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

Tabella 4.4 - Riepilogo caratteristiche dei terminali di emissione installati

PIANO	TIPO DI INSTALLAZIONE	NUMERO	POTENZA TERMICA UNITARIA ⁽¹⁾	POTENZA TERMICA COMPLESSIVA ⁽¹⁾	POTENZA FRIGORIFERA UNITARIA	POTENZA FRIGORIFERA COMPLESSIVA
			[kW]	[kW]	[kW]	[kW]
Seminterrato	Radiatori in ghisa	8	0,54 ÷ 2,03	8,33	0	0
Terra	Radiatori in ghisa	49	0,87 ÷ 2,38	64,19	0	0
Primo	Radiatori in ghisa	53	0,94 ÷ 2,16	68,44	0	0
Secondo	Radiatori in ghisa	52	0,94 ÷ 2,49	73,61	0	0
Terzo	Radiatori in ghisa	57	0,94 ÷ 2,16	101,55	0	0
Quarto	Radiatori in ghisa	20	0,65 ÷ 1,95	28,69	0	0
TOTALE		239	-	344,81	-	-

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

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

4.2.2 Sottosistema di regolazione

La regolazione del funzionamento della caldaia in centrale termica avviene mediante telegestione con sonde climatiche esterne ed interne e gli orari di accensione e spegnimento vengono settati in una centralina di controllo. La temperatura di set-point invernale è di 20 °C. I radiatori sono dotati di valvole on-off.

Figura 4.9 - Particolare della centralina di controllo dell’edificio

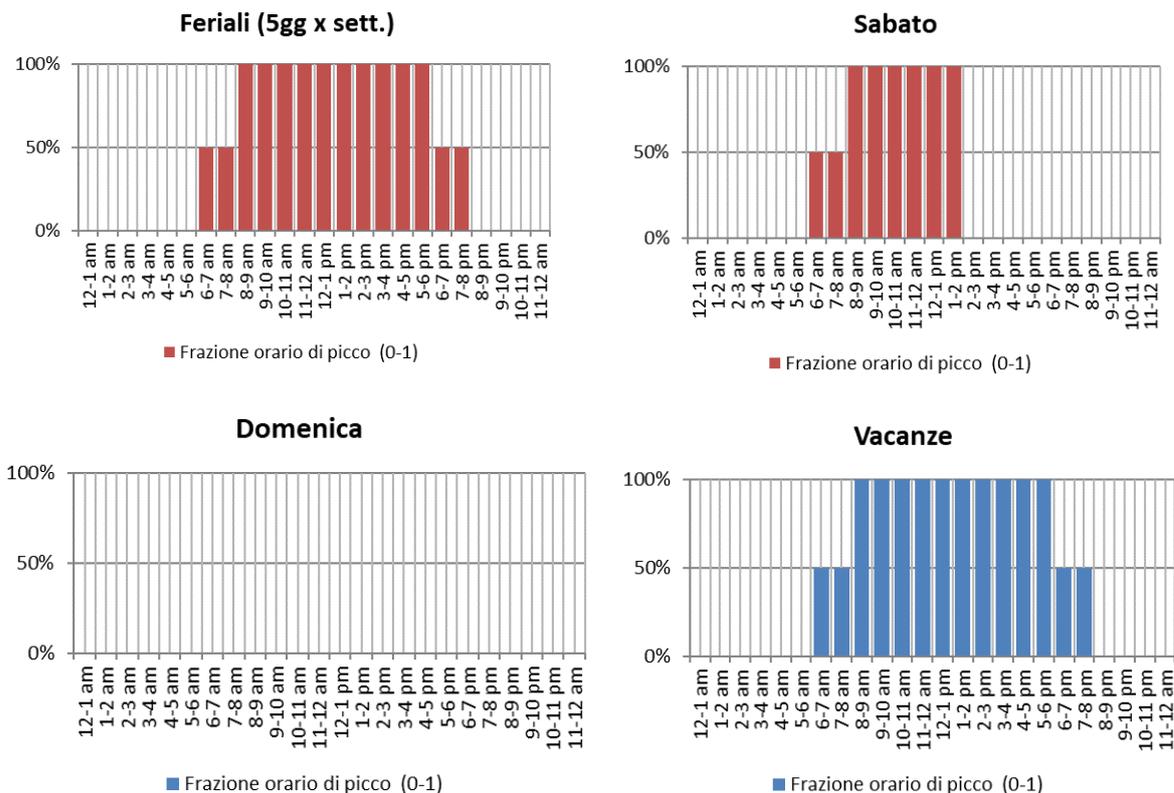


Figura 4.10 – Dispositivi per la telegestione



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

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



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

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

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

ZONA TERMICA	TIPO DI REGOLAZIONE	RENDIMENTO
ZT-01 Aule scolastiche	Zona + Climatica	96%
ZT-02 Cucina	Zona + Climatica	96%
ZT-03 Palestra	Zona + Climatica	96%

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

4.2.3 Sottosistema di distribuzione

Il sottosistema di distribuzione è costituito dai seguenti elementi:

1) Circuito primario di mandata ai terminali di emissione (fluido termovettore acqua).

1) **Circuito primario:** è presente una pompa di circolazione gemellare per il collettore di mandata, da cui partono circuiti secondari a servizio delle seguenti zone termiche:

- ZT-01: per le aule scolastiche, i servizi igienici e per i corridoi;
- ZT-02: per la cucina;
- ZT-03: per la palestra;

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

Tabella 4.6 - Riepilogo caratteristiche pompe circuito primario

NOME	SERVIZIO	PORTATA ⁽¹⁾ m ³ /h	PREVALENZA ⁽¹⁾ kPa	POTENZA ASSORBITA ⁽²⁾ kW
ZT-01; ZT-02; ZT-03; Salmson	mandata acqua calda a radiatori	Non disponibile	Non disponibile	2,27 ÷ 3,12
TOTALE	-	-	-	2,27 ÷ 3,12

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

Nota (2): Valori ricavati da dati di targa

Le temperature del fluido termovettore all’interno del circuito primario sono riportate nella Tabella 4.7.

Tabella 4.7 – Temperature di mandata e ritorno del circuito primario

CIRCUITO	TEMPERATURA RILEVATA °C	TEMPERATURA CALCOLO ⁽³⁾ °C
ZT-01; ZT-02; ZT-03 Mandata	Caldo Non disponibile ⁽¹⁾	70
Ritorno	Caldo 38 ⁽²⁾	55

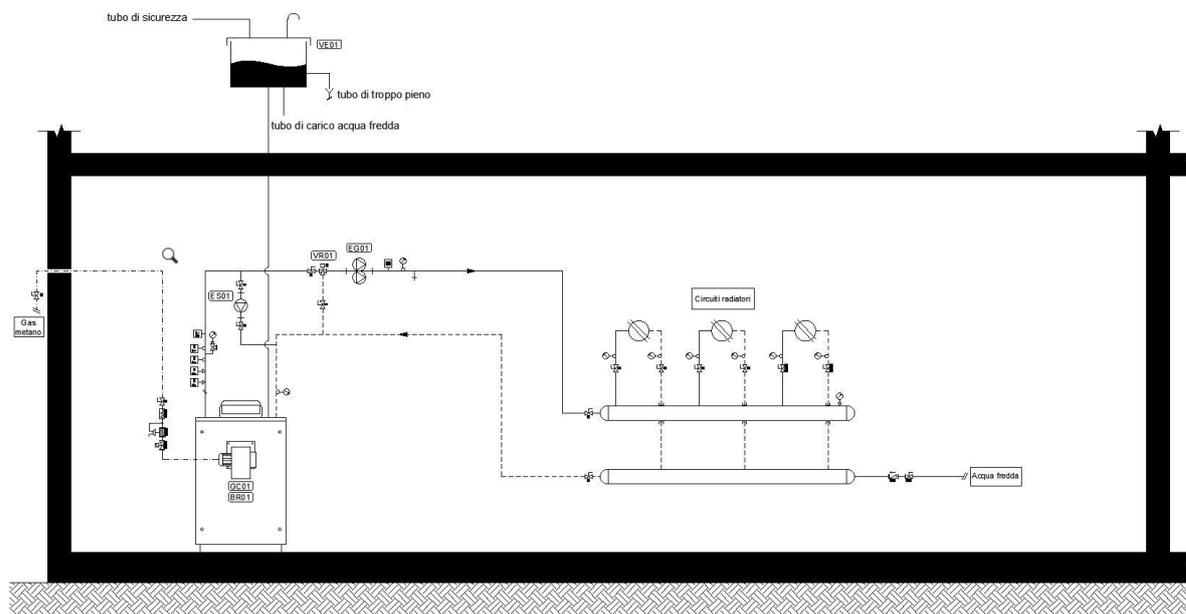
Nota (1): Non è disponibile la temperatura di mandata e di ritorno dei circuiti in quanto non è stato possibile rilevarle in fase di rilievo

Nota (2): Valori rilevati il giorno 23/11/2017 alle ore 10.00, in orario di apertura dell’edificio scolastico, con una temperatura esterna di circa 12°C

Nota (3): Valori utilizzati nel modello di calcolo

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

Figura 4.12 - Particolare dello schema di impianto [(Fonte: Tavola 038-P00-AE-CENTRALE TERMICA.dwg)]



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.

4.2.4 Sottosistema di generazione

Il sottosistema di generazione è costituito da una centrale termica dotata di una caldaia standard a basamento, marca UNICAL modello P1040.

Figura 4.13 - Particolare della caldaia



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

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	UNICAL	P1040	1999	1.040	955	91,8%	0,18

Nota (1): Valori ricavati da dati di targa

Nota (2): Valori ricavati dal modello energetico

Il rendimento complessivo del sottosistema di generazione, in regime di riscaldamento è stato assunto nella DE pari al 92,5%. Il rendimento indicato nelle prove dei fumi è di 92,5% misurato il giorno 17/01/17 con una temperatura dell’aria di 6,3 °C. Pertanto il rendimento di calcolo assunto è identico a quello misurato.

L’elenco dei componenti del sottosistema di generazione per il riscaldamento degli ambienti rilevati in sede di sopralluogo e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 6.1 e 8 dell’ Allegato J – Schede di audit.

4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA

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

La produzione di acqua calda sanitaria è eseguita tramite 5 bollitori elettrici ad accumulo; installati nei locali adibiti a servizi igienici della scuola.

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



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

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

Nota (1): Valori ricavati da modello energetico

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

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

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

4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO/CLIMATIZZAZIONE ESTIVA

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

4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA

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

4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE

Le utenze sottese all’impianto elettrico, oltre a quelle precedentemente descritte, sono costituite essenzialmente da utenze locali quali ascensori, PC, stampanti ed altri dispositivi in uso del personale. Sono state valutate le ore di utilizzo in base ai giorni di occupazione dell’edificio e il numero di ore giornaliere in cui mediamente vengono usate queste utenze.

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

Tabella 4.10 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche

ZONA TERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA NOMINALE [W]	POTENZA COMPLESSIVA [kW]	ORE ANNUE DI UTILIZZO [ore]
Aule	LIM	17	300	5,1	1.470
Laboratori e uffici	PC + Monitor	62	150	9,3	1.470
Laboratori e uffici	CED	4	1000	4	1.470
Uffici	FAX/stampanti	6	300	1,8	1.470
Locali di servizio	MACCHINETTE SNACK	5	1100	5,5	8.232
Cucina	FRIGORIFERO	3	500	1,5	8.232
Aule	Ascensore	1	9.000	9,0	1.470

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 nei servizi igienici;

Figura 4.15 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nelle aule scolastiche



Figura 4.16 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati in un corridoio



Figura 4.17 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nella palestra



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

Tabella 4.11 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

ZONA TERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA UNITARIA	POTENZA COMPLESSIVA
			[W]	[kW]
Servizi igienici - PSS	1x42 W fluorescente	3	42	0,13
Locali di servizio, corridoi, scale - PSS	2x36 W fluorescente	20	72	1,44
Aule - PT	2x36 W fluorescente	11	72	0,79
Aule - PT	4x18 W fluorescente	36	72	2,59
Uffici - PT	4x36 W fluorescente	8	144	1,15
Mensa - PT	4x18 W fluorescente	60	72	4,32
Cucina - PT	2x36 W fluorescente	10	72	0,72
Palestra - PT	2x36 W fluorescente	9	72	0,65
Palestra - PT	4x18 W fluorescente	12	72	0,86

ZONA TERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA UNITARIA	POTENZA COMPLESSIVA
			[W]	[kW]
Servizi igienici - PT	2x36 W fluorescente	4	72	0,29
Servizi igienici - PT	1x42 W fluorescente	6	42	0,25
Locali di servizio, corridoi, scale - PT	2x36 W fluorescente	26	72	1,87
Aule - P1	2x36 W fluorescente	14	72	1,01
Aule - P1	4x18 W fluorescente	74	72	5,33
Uffici - PT	4x18 W fluorescente	24	72	1,73
Servizi igienici - PT	2x36 W fluorescente	6	72	0,43
Locali di servizio, corridoi, scale - P1	2x36 W fluorescente	17	72	1,22
Locali di servizio, corridoi, scale - P1	4x18 W fluorescente	44	72	3,17
Aule - P2	2x36 W fluorescente	52	72	3,74
Aule - P2	4x18 W fluorescente	8	72	0,58
Uffici - P2	4x18 W fluorescente	19	72	1,37
Servizi igienici - P2	2x36 W fluorescente	6	72	0,43
Locali di servizio, corridoi, scale - P2	2x36 W fluorescente	24	72	1,73
Locali di servizio, corridoi, scale - P2	4x18 W fluorescente	27	72	1,94
Aule - P3	2x36 W fluorescente	68	72	4,90
Servizi igienici - P3	2x36 W fluorescente	6	72	0,43
Locali di servizio, corridoi, scale - P3	2x36 W fluorescente	40	72	2,88
Aule - P4	2x36 W fluorescente	31	72	2,23
Servizi igienici - P3	2x36 W fluorescente	4	72	0,29
Locali di servizio, corridoi, scale - P3	2x36 W fluorescente	18	72	1,30

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 di produzione di energia elettrica o cogenerazione

5 CONSUMI RILEVATI

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

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

I vettori energetici analizzati sono i seguenti:

- Gas metano;
- Energia elettrica;

5.1.1 Energia termica

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

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

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

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

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

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

- Centrale termica per il riscaldamento degli ambienti;
- 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 si basa sulla base de m³ di gas metano forniti dalla società di distribuzione nel triennio di riferimento, ma il PDR 03270049191054 è gestito tramite contratto SI3, quindi non si hanno a disposizione le fatture; perciò sono stati ricostruiti i consumi mensili parametrizzando i consumi annuali forniti dalla società di distribuzione sulla base dei GG nei giorni di utilizzo per ogni mese nel periodo di riscaldamento.

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

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

Combustibile: Gas metano

PDR	Utilizzo	2014 [Sm ³]	2015 [Sm ³]	2016 [Sm ³]	2014 [kWh]	2015 [kWh]	2016 [kWh]
03270049191054	Riscaldamento	39.364	35.784	43.138	370.808	337.082	406.360

03270020898838 Uso cottura 4.675 5.449 4.591 44.039 51.328 43.247

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

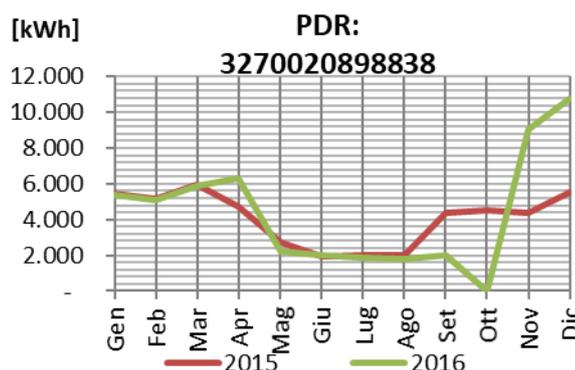
Tabella 5.3 - Consumi mensili di energia termica per il triennio di riferimento – Dati fatturati dalla società di fornitura

PDR: 03270049191054	2014 ⁽¹⁾	2015 ⁽¹⁾	2016 ⁽¹⁾	2014	2015	2016
Mese di riferimento	[Sm ³]	[Sm ³]	[Sm ³]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	8.678	7.074	9.024	81.747	66.641	85.001
Febbraio	8.709	8.845	9.087	82.036	83.324	85.601
Marzo	7.204	6.761	7.829	67.859	63.690	73.748
Aprile	2.268	2.332	2.040	21.365	21.967	19.218
Maggio	0	0	0	0	0	0
Giugno	0	0	0	0	0	0
Luglio	0	0	0	0	0	0
Agosto	0	0	0	0	0	0
Settembre	0	0	0	0	0	0
Ottobre	0	0	0	0	0	0
Novembre	5.113	5.207	6.994	48.160	49.046	65.886
Dicembre	7.393	5.564	8.164	69.642	52.413	76.905
Totale	39.364	35.784	43.138	370.808	337.082	406.360

PDR: 03270020898838	2014 ⁽¹⁾	2015	2016	2014	2015	2016
Mese di riferimento	[Sm ³]	[Sm ³]	[Sm ³]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	n.d.	579	571	n.d.	5.456	5.378
Febbraio	n.d.	552	544	n.d.	5.196	5.122
Marzo	n.d.	634	625	n.d.	5.975	5.890
Aprile	n.d.	504	673	n.d.	4.748	6.340
Maggio	n.d.	291	232	n.d.	2.741	2.185
Giugno	n.d.	203	212	n.d.	1.912	1.997
Luglio	n.d.	211	195	n.d.	1.988	1.837
Agosto	n.d.	210	193	n.d.	1.978	1.818
Settembre	n.d.	465	212	n.d.	4.380	1.997
Ottobre	n.d.	481	0	n.d.	4.531	0
Novembre	n.d.	465	960	n.d.	4.380	9.043
Dicembre	n.d.	587	1.144	n.d.	5.530	10.776
Totale	n.d.	5.182	5.561	n.d.	48.814	52.385

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

Figura 5.1 – Andamento mensile dei consumi termici fatturati



Dall’analisi effettuata è emerso che il prelievo termico del triennio per il primo PDR è caratterizzato da un valore minimo pari a 35.784 m³ nel 2015, e un valore di massimo prelievo pari a 43.138 m³ nel 2016. I consumi annui hanno subito una crescita dal 2015 al 2016 del 17% conseguentemente all’aumento dei gradi giorni invernali in questi due anni.

Inoltre per il secondo PDR è emerso che il prelievo termico del triennio è caratterizzato da un valore minimo pari a 4.675 m³ nel 2014, e un valore di massimo prelievo pari a 5.561 m³ nel 2016. I consumi annui per l’uso cottura hanno subito un aumento del 10% dal 2014 al 2015 e del 7% 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.

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

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

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

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

\bar{Q}_{ALTRO} = Consumo termico reale per eventuali altri utilizzi dell’edificio, kWh/anno, valutato come la media dei consumi per altri usi, nel triennio di riferimento. Tale contributo non è stato valutato in quanto i suddetti utilizzi sono serviti da un contatore dedicato, pertanto con 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 ^{REAL} SU 154 GIORNI	GG ^{RIF} SU 154 GIORNI	CONSUMO REALE RISC. [Smc]	CONSUMO REALE RISC. [kWh]	α_{rif}	CONSUMO NORMALIZZATO A 1315 GG [kWh]	CONSUMO ACS [kWh]	CONSUMO ALTRO [kWh]
2014	1.300	1.315	39.364	370.808	285,2	375.094	-	-
2015	1.351	1.315	35.784	337.082	249,5	328.056	-	-
2016	1.387	1.315	43.138	406.360	293,0	385.236	-	-
Media	1.346	1.315	39.429	371.417	276	362.795	-	-

Come si può notare dai dati riportati il comportamento energetico dell’edificio, negli anni considerati, è stato caratterizzato da un andamento variabile dei consumi: dal 2014 al 2015 sono diminuiti del 12,5% nonostante una diminuzione delle temperature esterne medie mensili, mentre dal 2015 al 2016 sono aumentati del 15,2%.

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}	-
\bar{Q}_{ALTRO}	-
$\bar{\alpha}_{rif} \times GG_{rif}$	362.795
$Q_{baseline}$	362.795

5.1.2 Energia elettrica

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

- Scuola Primaria "Giovanni XXIII" e Scuola Secondaria di primo grado "Lomellini-Cantore"
- Scuola Dell’Infanzia "Giovanni XXIII"

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 sulla base dei 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 [kWh]	2015 [kWh]	2016 [kWh]	MEDIA [kWh]
IT001E00097203	Scuola Primaria "Giovanni XXIII" e Scuola Secondaria di primo grado "Lomellini-Cantore"	116.941	115.108	123.801	118.617

IT001E00097205	Scuola Dell’Infanzia "Giovanni XXIII"	18.925	19.915	19.551	19.464
TOTALE		135.866	135.023	143.352	138.080

Tali consumi sono stati confrontati con i consumi annui elaborati e forniti dalla PA e sono emerse le seguenti differenze: per il POD1 il 2014 il consumo fornito dalla PA è uguale al dato elaborato tramite l’analisi della fatturazione. Nel 2015 per il POD1 sono stati elaborati tramite l’analisi della fatturazione 3.250 kWh in meno del dato fornito dalla PA. Maggiore è la differenza per il 2016 per cui la PA ha indicato un consumo di 19.572 kWh in più del dato elaborato.

Per il POD2 per il 2014 il consumo fornito dalla PA è uguale al dato elaborato tramite l’analisi della fatturazione. Per il POD2 nel 2015 il consumo fornito dalla PA è di 178 kWh maggiore del dato elaborato tramite l’analisi della fatturazione. Mentre nel 2016 la PA ha indicato un consumo superiore di 2.071 kWh.

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 138.080 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: IT001E00097203	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	9.240	1.304	2.169	12.713
Febbraio	8.799	1.249	1.812	11.860
Marzo	8.856	1.293	1.943	12.092
Aprile	7.728	1.104	1.898	10.730
Maggio	7.217	1.395	2.481	11.093
Giugno	4.700	1.057	1.825	7.582
Luglio	2.113	936	1.616	4.665
Agosto	1.843	1.016	1.968	4.827
Settembre	5.724	1.120	1.689	8.533
Ottobre	8.081	1.306	1.849	11.236
Novembre	7.500	1.138	2.028	10.666
Dicembre	7.202	1.373	2.369	10.944
Totale	79.003	14.291	23.647	116.941
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	8.303	1.260	2.130	11.693
Febbraio	8.724	1.227	1.861	11.812
Marzo	8.403	1.230	1.912	11.545
Aprile	6.815	1.043	1.894	9.752
Maggio	6.458	1.368	2.279	10.105
Giugno	4.240	965	1.569	6.774
Luglio	1.790	872	1.470	4.132
Agosto	1.545	838	1.679	4.062
Settembre	5.896	1.138	1.650	8.684
Ottobre	8.834	1.374	1.869	12.077
Novembre	9.064	1.475	2.432	12.971



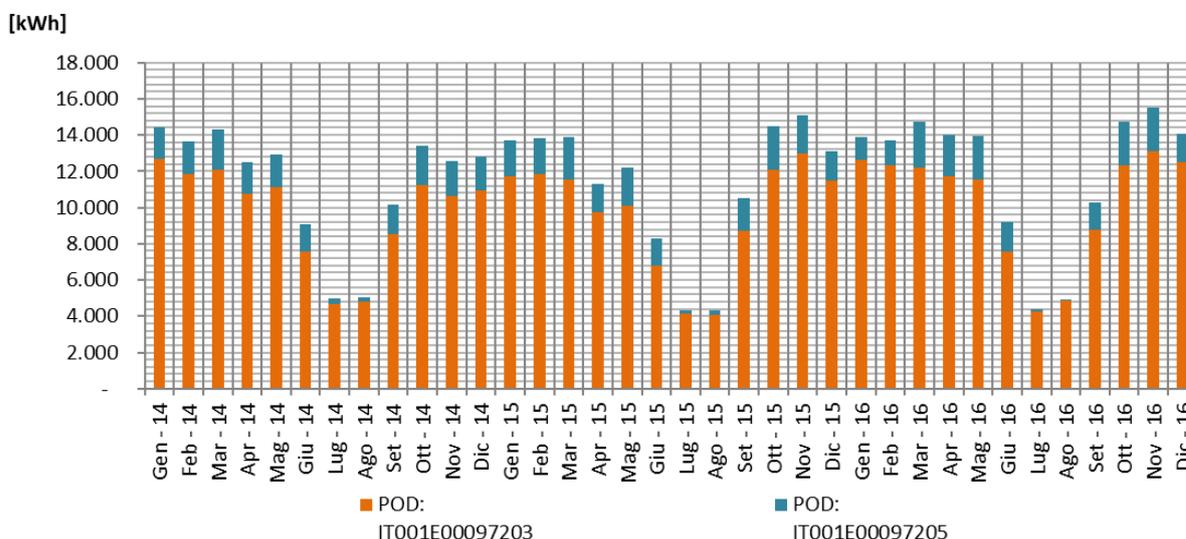
POD: IT001E00097203	F1	F2	F3	TOTALE
Dicembre	7.658	1.362	2.481	11.501
Totale	77.730	14.152	23.226	115.108
POD: IT001E00097203	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	8.676	1.416	2.507	12.599
Febbraio	8.889	1.400	2.052	12.341
Marzo	8.398	1.450	2.350	12.198
Aprile	7.393	1.558	2.778	11.729
Maggio	8.178	1.366	2.020	11.564
Giugno	4.585	1.105	1.901	7.591
Luglio	1.740	909	1.621	4.270
Agosto	1.865	1.027	1.939	4.831
Settembre	5.652	1.300	1.813	8.765
Ottobre	8.639	1.496	2.162	12.297
Novembre	9.667	1.380	2.052	13.099
Dicembre	7.676	1.864	2.977	12.517
Totale	81.358	16.271	26.172	123.801

POD: IT001E00097205	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	1.082	256	404	1.742
Febbraio	1.098	282	391	1.771
Marzo	1.390	341	483	2.214
Aprile	1.065	269	432	1.766
Maggio	1.038	320	448	1.806
Giugno	835	266	418	1.519
Luglio	111	79	142	332
Agosto	51	46	88	185
Settembre	1.085	228	312	1.625
Ottobre	1.536	279	381	2.196
Novembre	1.195	265	439	1.899
Dicembre	1.113	269	488	1.870
Totale	11.599	2.900	4.426	18.925
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	1.353	257	396	2.006
Febbraio	1.438	229	322	1.989
Marzo	1.700	280	370	2.350
Aprile	883	257	401	1.541
Maggio	1.398	286	443	2.127
Giugno	883	257	401	1.541
Luglio	54	40	71	165
Agosto	84	68	125	277
Settembre	1.159	261	388	1.808
Ottobre	1.691	306	401	2.398
Novembre	1.466	262	381	2.109

POD: IT001E00097205	F1	F2	F3	TOTALE
Dicembre	1.001	208	395	1.604
Totale	13.110	2.711	4.094	19.915
POD: IT001E00097205	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	641	234	409	1.284
Febbraio	737	239	362	1.338
Marzo	1.743	320	458	2.521
Aprile	1.525	311	470	2.306
Maggio	1.629	286	469	2.384
Giugno	971	248	405	1.624
Luglio	26	19	35	80
Agosto	26	21	35	82
Settembre	1.095	179	262	1.536
Ottobre	1.694	286	444	2.424
Novembre	1.700	272	448	2.420
Dicembre	983	208	361	1.552
Totale	12.770	2.623	4.158	19.551

Considerando la presenza di più POD a servizio dell' edificio oggetto della DE si riporta nella Figura 5.2 si riporta un confronto grafico tra i profili elettrici reali relativi a ciascuna utenza elettrica per il triennio di riferimento.

Figura 5.2 – Confronto tra i profili elettrici reali relativi a ciascun POD per il triennio di riferimento



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

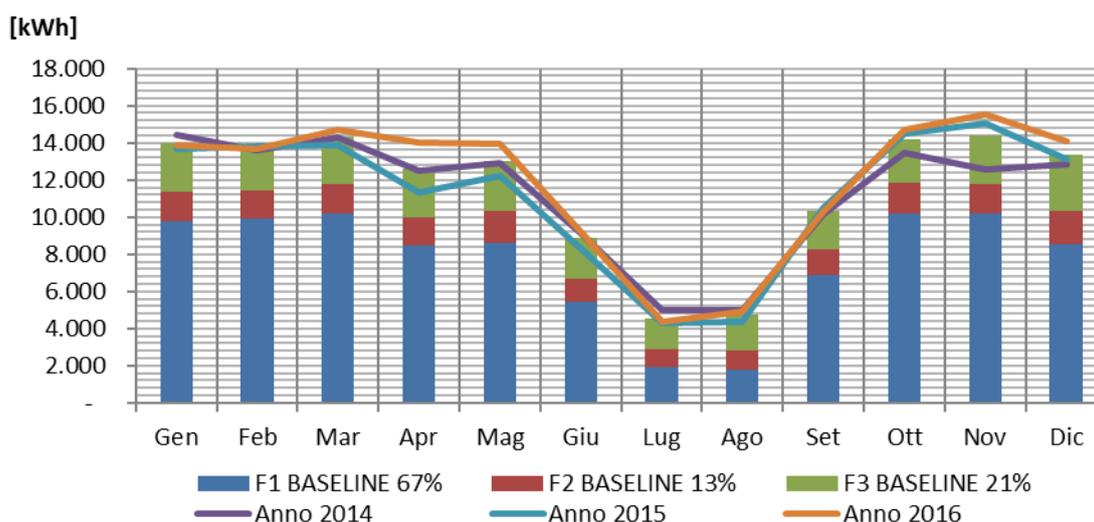
Tabella 5.8 – Consumi mensili di Baseline

BASELINE	F1	F2	F3	TOTALE
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	9.765	1.576	2.672	14.012

Febbraio	9.895	1.542	2.267	13.704
Marzo	10.163	1.638	2.505	14.307
Aprile	8.470	1.514	2.624	12.608
Maggio	8.639	1.674	2.713	13.026
Giugno	5.405	1.299	2.173	8.877
Luglio	1.945	952	1.652	4.548
Agosto	1.805	1.005	1.945	4.755
Settembre	6.870	1.409	2.038	10.317
Ottobre	10.158	1.682	2.369	14.209
Novembre	10.197	1.597	2.593	14.388
Dicembre	8.544	1.761	3.024	13.329
Totale	91.857	17.649	28.574	138.080

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

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



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

È stato inoltre possibile rappresentare i profili giornalieri dei consumi elettrici solo del POD1, in quanto la potenza installata è maggiore di 55 kW, accedendo alle informazioni fornite dalla società di distribuzione dell’energia elettrica, il quale rende disponibili i prelievi di energia elettrica con cadenza quarti oraria.

Si sono pertanto analizzati dei profili giornalieri campione, rappresentativi delle diverse condizioni di utilizzo dell’edificio e di funzionamento dell’impianto.

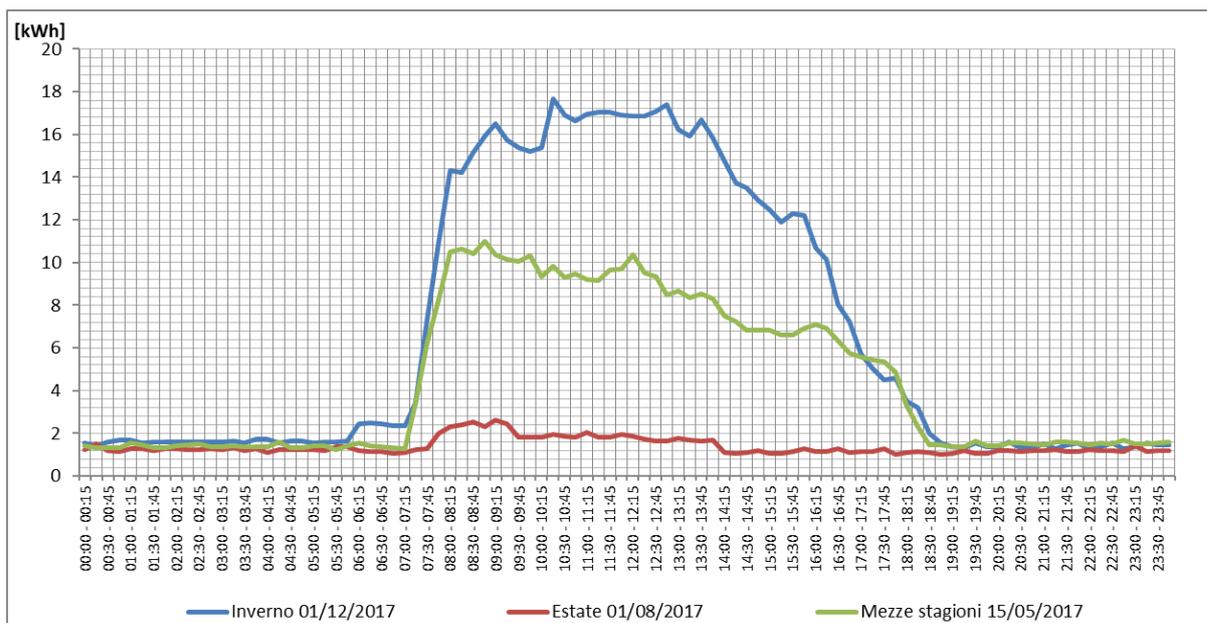
Le giornate analizzate sono riportate nella Tabella 5.9

Tabella 5.9 – Giornate valutate per l’analisi dei profili giornalieri di consumo elettrico relative al POD1

PROFILO	DATA	GIORNO DELLA SETTIMANA	PERIODO	TEMPERATURA ESTERNA MEDIA [°C]
Profilo 1	01/12/2017	Lunedì	Periodo scolastico	6,2
Profilo 2	15/05/2017	Martedì	Periodo scolastico	18,1
Profilo 3	01/08/2017	Mercoledì	Periodo di vacanze	29,0

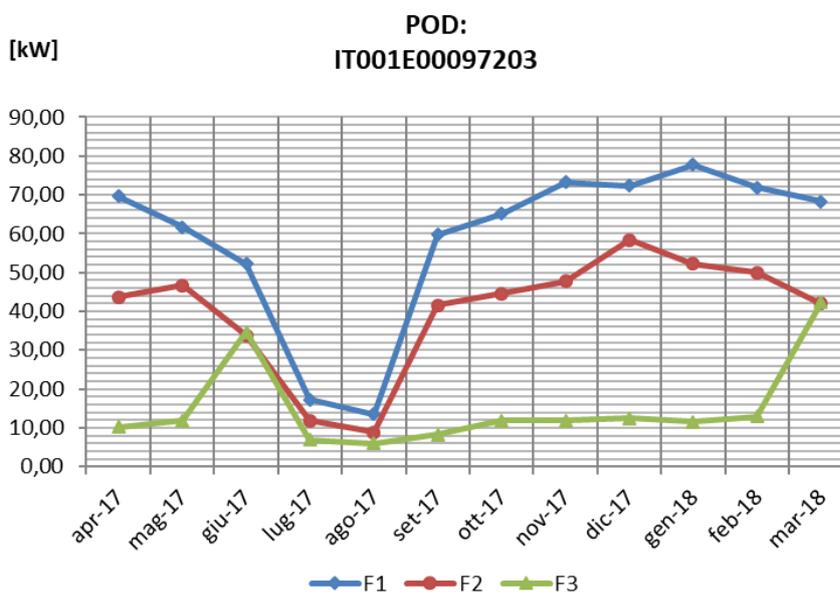
L’andamento dei profili giornalieri di consumo è riportato nei grafici in Figura 5.4.

Figura 5.4 – Profilo giornaliero dei consumi elettrici per il POD IT001E00097203



Dai grafici così ottenuti si rileva un andamento dei consumi di tipo “a campana”. Tali andamenti risultano coerenti rispetto alle caratteristiche delle utenze rilevate in sede di sopralluogo e al giorno analizzato nel profilo.

Figura 5.5 – Profili di potenza giornalieri per il POD IT001E00097203



Il prelievo di potenza massima è pari a circa 78 kW e si verifica a Gennaio in fascia F1. Tale potenza richiesta risulta coerente con la potenza massima erogata dal contatore installato.

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.

Applicando tali fattori di conversione è stato possibile valutare la Baseline delle emissioni di CO₂, come riportato nella Tabella 5.11 e nella Figura 5.6.

Tabella 5.10 - Fattori di emissione di CO₂.

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

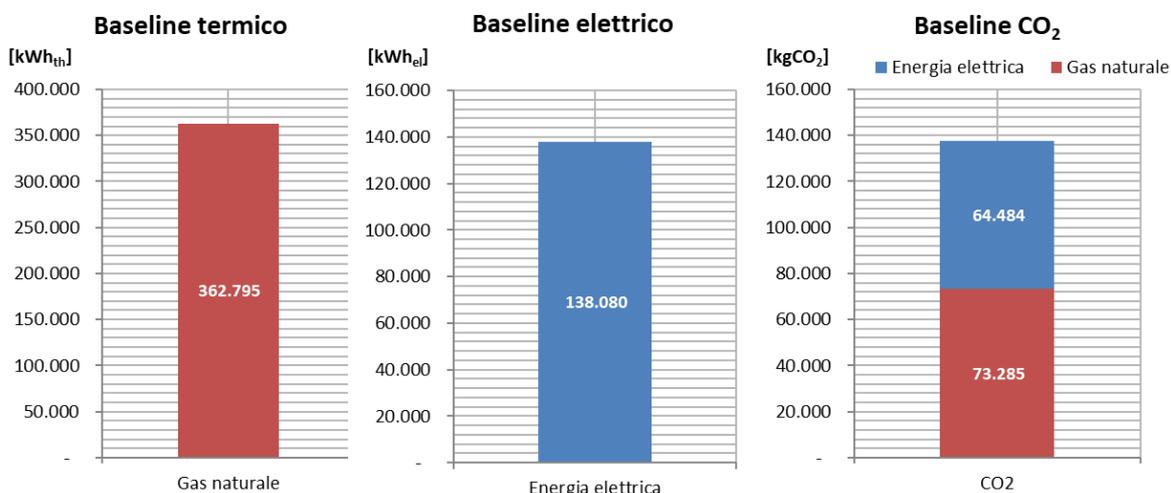
* da "Linee Guida Patto dei Sindaci" per anno 2010

Applicando tali fattori di conversione è stato possibile valutare la Baseline delle emissioni di CO₂, come riportato nella Tabella 5.11 – Baseline delle emissioni di CO₂. Tabella 5.11 e nella Figura 5.6

Tabella 5.11 – Baseline delle emissioni di CO₂.

COMBUSTIBILE	CONSUMO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE	
	[kWh]	[tCO ₂ /MWh]	[tCO ₂]
Energia elettrica	138.080	* 0,467	64,88
Gas naturale	362.795	* 0,202	73,29

Figura 5.6 – Rappresentazione grafica della Baseline e delle emissioni di CO₂.



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

Tabella 5.12 - 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 5.13.

Tabella 5.13 – Fattori di riparametrizzazione

PARAMETRO		VALORE	U.M.
FATTORE 1	Superficie netta riscaldata	6.476,45	m ²
FATTORE 2	Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	6.808,52	m ²
FATTORE 3	Volume lordo riscaldato	40.245,21	m ³

Nella Tabella 5.14 e nella tabella 5.15 sono riportati gli indicatori di performance valutati coerentemente con quanto riportato nella sezione 2.5 dell’Allegato J – Schede di audit.

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

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA TOTALE	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA TOTALE	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA TOTALE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3	FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3
	[kWh/anno]		[kWh/anno]	[kWh/m ²]	[kWh/m ²]	[kWh/m ³]	[Kg CO ₂ /m ²]	[Kg CO ₂ /m ²]	[Kg CO ₂ /m ³]
Energia elettrica	138.080	2,42	334.154	51,60	49,08	8,30	9,96	9,47	1,60
Gas naturale	362.795	1,05	380.935	58,82	55,95	9,47	11,32	10,76	1,82
TOTALE	500.875		715.090	110,41	105,03	17,77	21,27	20,23	3,42

Tabella 5.15 – Indicatori di performance calcolati con riferimento all’energia primaria non rinnovabile

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA NON RINN.	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA NON RINN.	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3	FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3
	[kWh/anno]		[kWh/anno]	[kWh/m ²]	[kWh/m ²]	[kWh/m ³]	[Kg CO ₂ /m ²]	[Kg CO ₂ /m ²]	[Kg CO ₂ /m ³]
Energia elettrica	138.080	1,95	269.257	41,57	39,55	6,69	9,96	9,47	1,60
Gas naturale	362.795	1,05	380.935	58,82	55,95	9,47	11,32	10,76	1,82
TOTALE	500.875		650.192	100,39	95,50	16,16	21,27	20,23	3,42

Figura 5.7 – Indicatori di performance e relative emissioni di CO2 valutati in funzione della superficie utile riscaldata

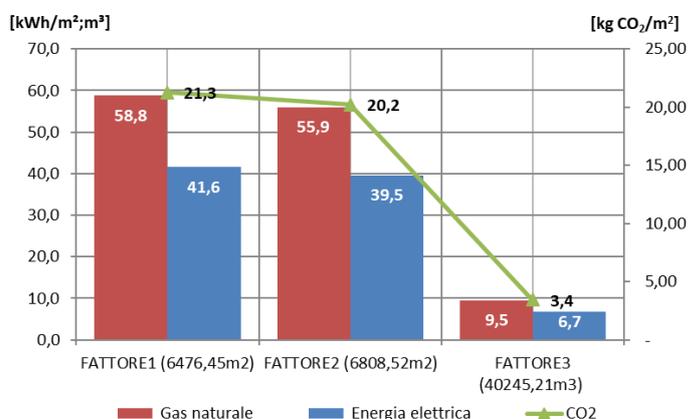
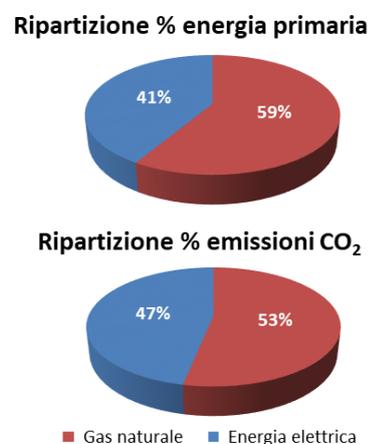


Figura 5.8 – Ripartizione % dei consumi di energia primaria e delle relative emissioni di CO2



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

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

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

La formula definita è sotto riportata:

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

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

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

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

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

Tabella 5.16 – Indicatori di performance energetici

COMBUSTIBILE	IEN _R			IEN _E		
	Wh/(m³ GG anno)			Wh/(m² anno)		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Gas Naturale	8,51	7,44	8,74	-	-	-
Energia elettrica	-	-	-	19,96	19,83	21,05

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

Classi di merito dei consumi specifici di riferimento per riscaldamento

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

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

Classi di merito dei consumi specifici di riferimento per energia elettrica

$kWh_e / m^2 \times anno$

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

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 è “buono” in tutto il triennio per tutti i livelli scolastici.

Per quanto riguarda il consumo specifico per l’energia elettrica è “insufficiente” in tutto il triennio sia per la scuola dell’infanzia che per la scuola primaria e la scuola secondaria di primo grado. Da questa analisi emerge che i consumi di metano sono già sufficientemente bassi con un trend variabile nel corso del triennio, mentre sono sensibilmente alti 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	210,9	199,9
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	161,2	160,3
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	2,1	1,7
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	0,0	0,0
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	0,0	0,0
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	46,3	37,3
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	1,3	0,6
Emissioni equivalenti di CO2	CO _{2eq}	Kg/mq anno	40,4	40,4

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	962.413	1.010.534
Energia Elettrica	143.911	280.626

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	$E_{exp,el}$

6.1.1 Validazione del modello termico

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

Si è quindi provveduto alla simulazione dei parametri reali di utilizzo dell’edificio considerando le 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 Gli indici di prestazione energetica sopra riportati corrispondono ad un quantitativo annuo di vettore energetico consumato, riportato nella Tabella 6.5.

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	99,2	108,1
Climatizzazione invernale	EP_H	kWh/mq anno	65,3	66,0
Produzione di acqua calda sanitaria	EP_w	kWh/mq anno	1,4	1,7
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	31,9	39,6
Trasporto di persone e cose ⁽¹⁾	EP _T	kWh/mq anno	0,6	0,7
Emissioni equivalenti di CO2	CO _{2eq}	Kg/mq anno	21,9	21,9

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)

FONTI ENERGETICHE UTILIZZATE	CONSUMO [mc/anno]	CONSUMO [kWh/anno]
Gas Naturale	40.643	381.188
Energia Elettrica	-	143.716

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

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

Q _{teorico} [kWh/anno]	Q _{baseline} [kWh/anno]	Congruità [%]
381.188	362.795	4,82%

Dall’analisi effettuata è emerso che il modello valutato in “Modalità adattata all’utenza” risulta validato.

6.1.2 Validazione del modello elettrico

La validazione del modello energetico elettrico è stata effettuata confrontando il consumo energetico di baseline (EE_{baseline}) così come definito al precedente capitolo 5.1.2 ed il fabbisogno teorico (EE_{teorico}) derivante dalla modellazione energetica.

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

EE _{teorico} [kWh/anno]	EE _{baseline} [kWh/anno]	Congruità [%]
143.736	138.080	3,93%

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

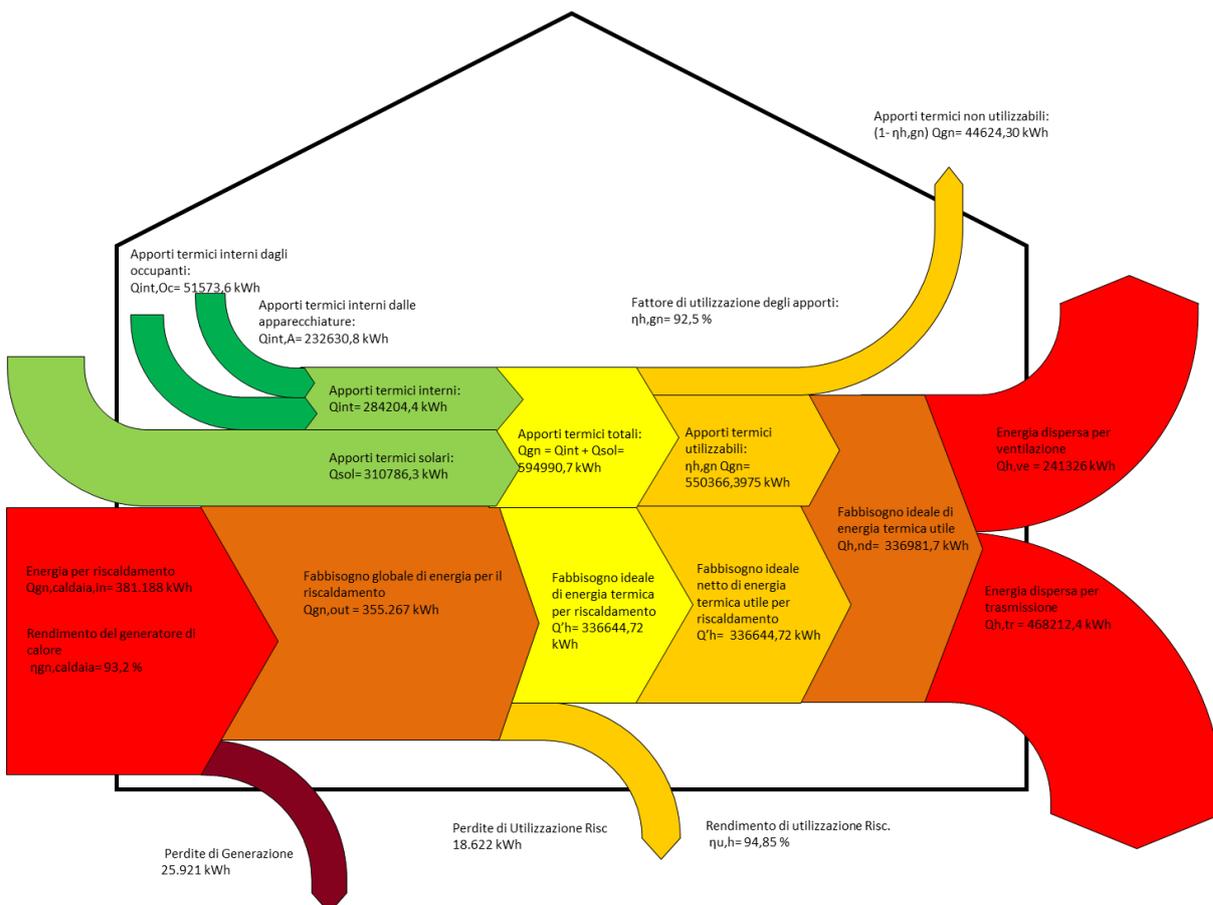
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

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

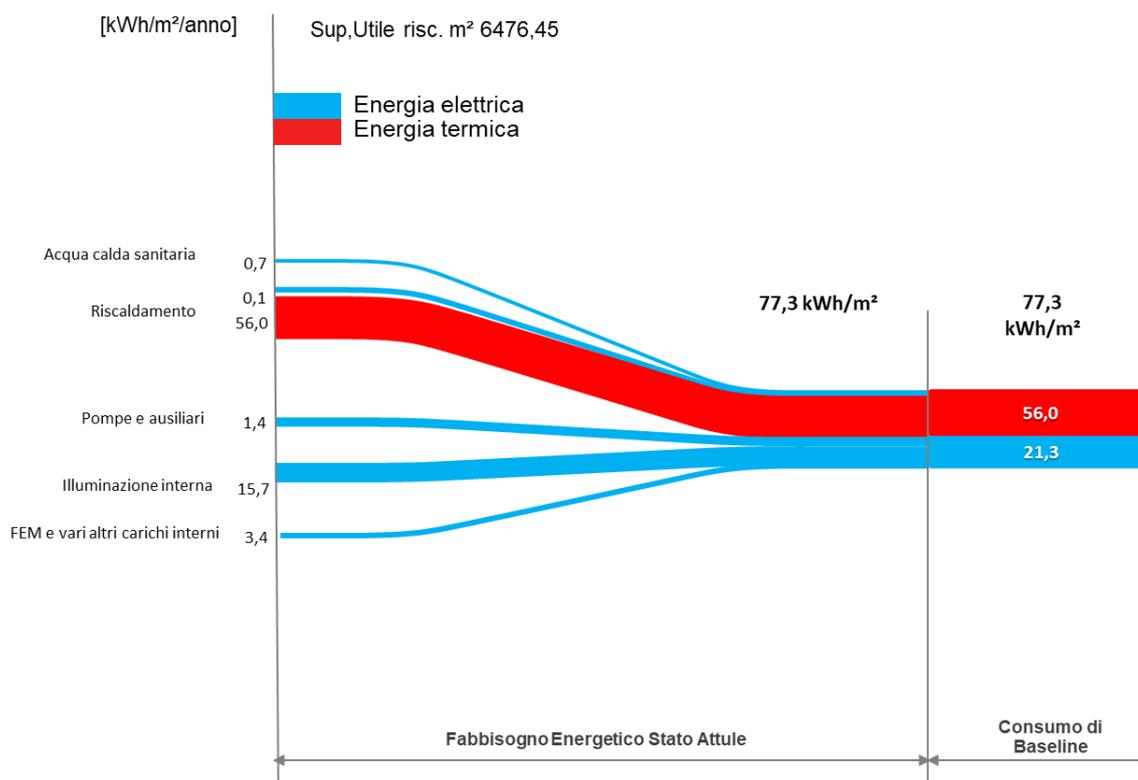
Figura 6.1 – Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell’edificio allo stato attuale



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 92,5% mentre il rendimento di utilizzazione del sistema di riscaldamento è pari a 94,85%

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

Figura 6.2 – Bilancio energetico complessivo dell’edificio



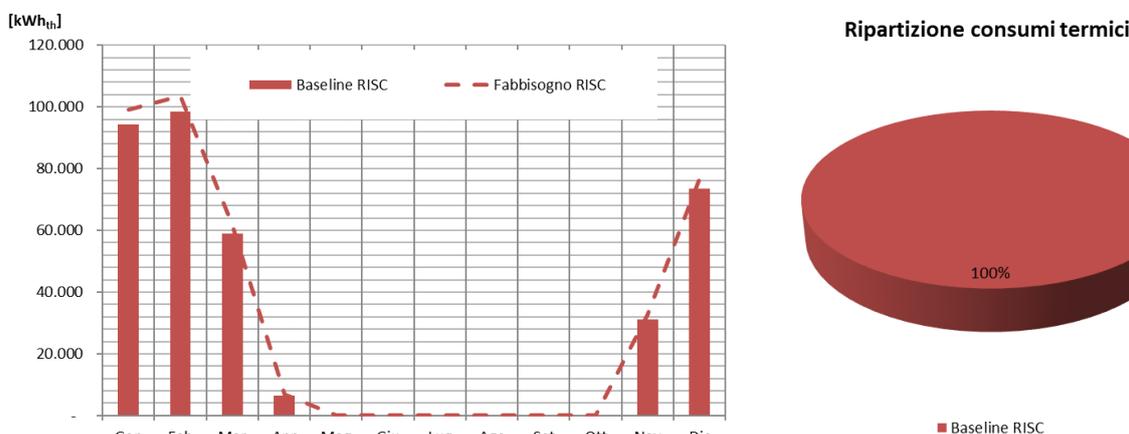
I consumi specifici rappresentati a bilancio sono valori indicizzati in kWh/(m² anno), sulla base delle superfici utili delle zone riscaldate.

6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI

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

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

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



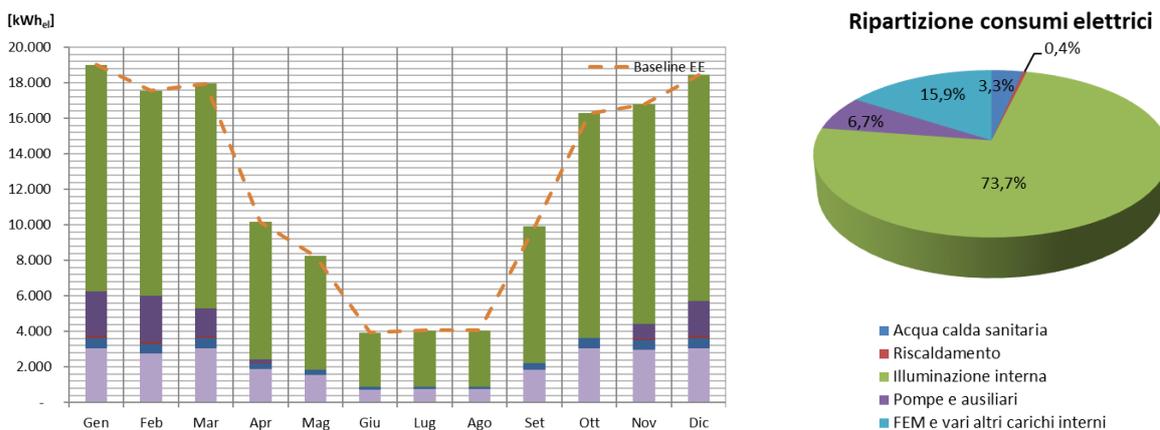
Si può notare che tutti i consumi termici siano da attribuirsi esclusivamente all’utilizzo per il riscaldamento dei locali (100%). Pertanto tra gli interventi migliorativi proposti si andranno a migliorare anche i per la climatizzazione invernale dell’edificio.

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 (circa 74%) e alle utenze elettriche installate all’interno dell’edificio (circa 16%).

Pertanto tra gli interventi migliorativi proposti si andrà a migliorare l’impianto di illuminazione o 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.

7.1.1 Vettore termico

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

- PDR 1 – 03270049191054: contratto di Servizio Integrato Energia 3 (SIE3) stipulato dalla PA con un soggetto terzo, comprensivo sia la fornitura del vettore energetico che la conduzione e manutenzione degli impianti. Non è stato quindi possibile effettuare un’analisi dei costi di fatturazione del vettore energetico in quanto tali fatture non sono a disposizione della PA;
- PDR 2 – 03270020898838: 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: 03270020898838	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura - Piazza Galileo Ferraris 4, 16142 Genova (GE)			
Dati di intestazione fattura	Non disponibile	Comune di Genova	Comune di Genova
Società di fornitura : fino a Marzo 2015: (1); da Aprile 2015 a Marzo 2016: (2); da Aprile 2016: (3)	Non disponibile	(1): Iren Mercato spa (2): Eni spa	(2): Eni spa (3): Energetic spa
Inizio periodo fornitura	Non disponibile	(1): 22/01/2004 (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): G016 (2): G16	(2): G16 (3): G16
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 (*)	Non disponibile	Non disponibile	Non disponibile
Valore del coefficiente correttivo dei consumi	Non disponibile	(1): 1,023 (2): 1,00	(2): 1,00 (3): 1,00
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): 38,38 MJ/Sm ³
Prezzi di fornitura del combustibile ⁽²⁾ (IVA INCLUSA)	Non disponibile	(1): 0,42 €/Sm ³ (2): 0,28 €/Sm ³	(2): 0,26 €/Sm ³ (3): 0,20 €/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.

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: 03270020898838	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	254	111	-	113	91	569	5.456	0,104
Feb - 15	242	106	-	107	87	542	5.196	0,104
Mar - 15	278	122	-	124	100	624	5.975	0,104
Apr - 15	144	24	58	94	70	390	4.748	0,082
Mag - 15	82	24	34	62	44	245	2.741	0,090
Giu - 15	57	24	23	43	32	180	1.912	0,094
Lug - 15	57	24	24	45	33	183	1.988	0,092
Ago - 15	57	24	24	44	33	182	1.978	0,092
Set - 15	125	24	54	86	64	353	4.380	0,081
Ott - 15	132	24	56	89	66	367	4.531	0,081
Nov - 15	128	24	54	86	64	356	4.380	0,081
Dic - 15	58	24	24	44	33	183	5.530	0,033

Totale	1.613	555	352	938	718	4.176	48.814	0,086
PDR: 03270020898838	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	151	28	66	121	80	446	5.378	0,083
Feb - 16	134	28	63	115	75	415	5.122	0,081
Mar - 16	154	28	72	132	85	472	5.890	0,080
Apr - 16	132	27	80	143	84	466	6.340	0,073
Mag - 16	46	27	28	49	33	183	2.185	0,084
Giu - 16	42	27	25	45	31	170	1.997	0,085
Lug - 16	41	27	24	41	29	162	1.837	0,088
Ago - 16	40	27	23	41	29	160	1.818	0,088
Set - 16	44	27	26	45	31	172	1.997	0,086
Ott - 16	-	27	-	-	6	33	-	-
Nov - 16	226	27	94	203	121	671	9.043	0,074
Dic - 16	269	27	98	242	140	776	10.776	0,072
Totale	1.278	325	599	1.178	744	4.124	52.385	0,079

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

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

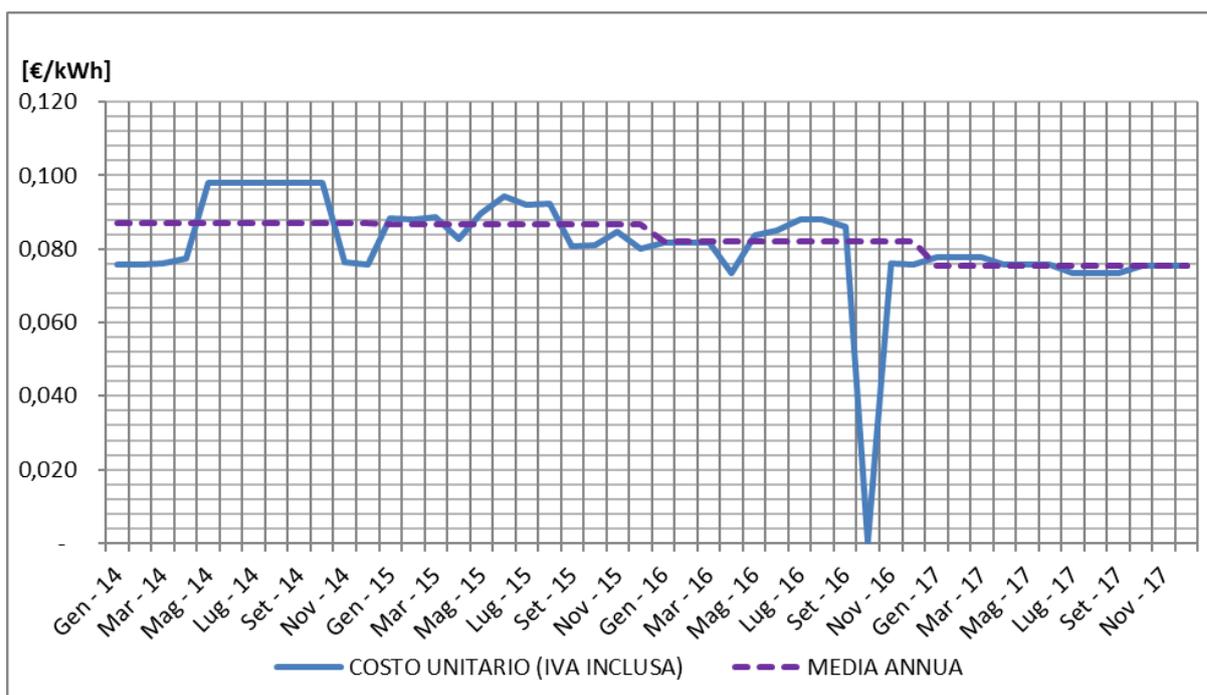
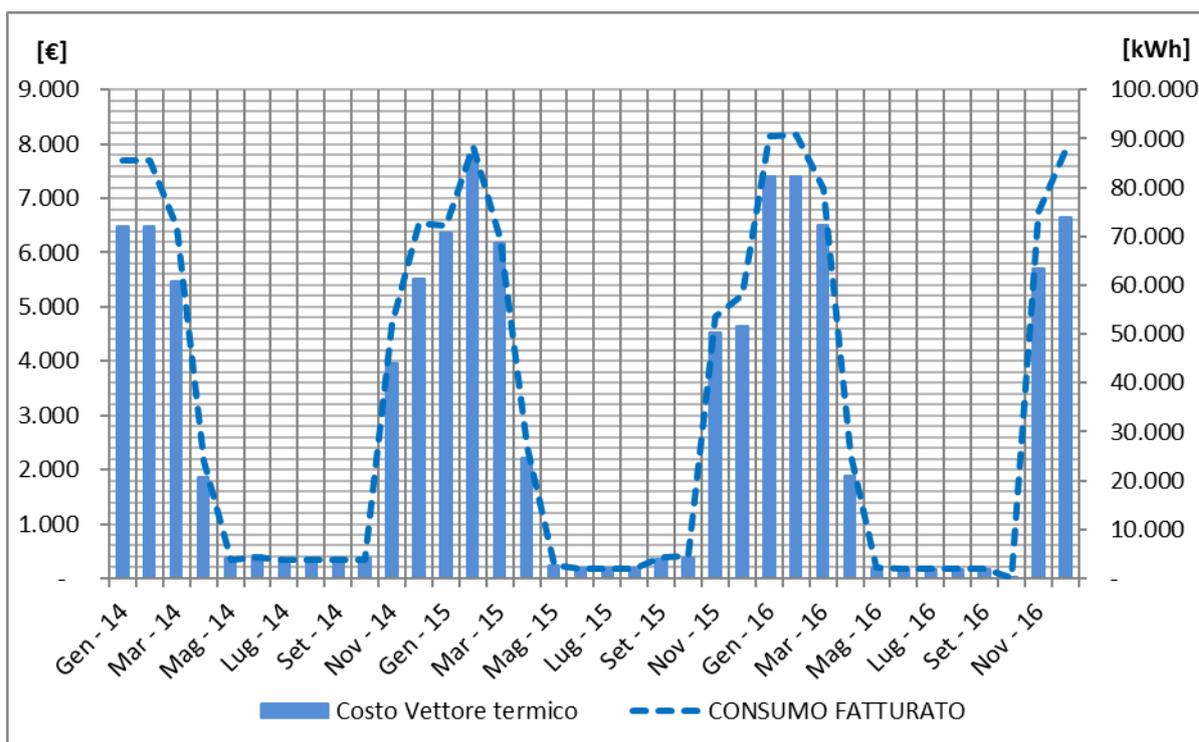


Figura 7.2 – Andamento dei consumi e dei costi dell’energia termica



Dall’analisi effettuata risulta evidente che l’andamento dei costi sinusoidale con valori molto più bassi durante il periodo di non funzionamento del riscaldamento; nei mesi il costo unitario subisce un innalzamento la forte incidenza dei costi fissi rispetto ad un consumo molto basso.

7.1.2 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 – IT001E00097203: 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.
- POD 2 – IT001E00097205: stesso contratto di fornitura del vettore energetico del POD1, 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: IT001E00097203	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura – Piazza Galileo Ferraris 4, 16142 Genova (GE)			
Dati di intestazione fattura	Comune di Genova	Comune di Genova	Comune di Genova
Società di fornitura: fino a Marzo 2015 (1); da Aprile 2015 a Marzo 2016: (2); da Aprile 2016 (3)	Edison Energia spa	(1): Edison Energia spa (2): Gala spa	(2): Gala spa (3): Iren Mercato spa
Inizio periodo fornitura	01/01/2014	(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	80 kW	80 kW	80 kW
Potenza elettrica disponibile	80 kW	80 kW	(2): 80 Kw (3): 51 kW
Tipologia di contratto	Forniture in BT (escluso IP)	(1): Forniture in BT (escluso IP) (2): CONSIP-EE12	(2): Forniture in BT (escluso IP) (3): CONSIP13 VERDE - L0390
Opzione tariffaria ⁽¹⁾			
Prezzi del forniture dell'energia elettrica ⁽²⁾	0,071	(1): 0,071 (2): 0,036	(2): 0,029 (2): 0,045

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 forniture 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.

POD: IT001E00097205	2014	2015	2016
Indirizzo di forniture – Piazza Galileo Ferraris 4, 16142 Genova (GE)			
Dati di intestazione fattura	Comune di Genova	Comune di Genova	Comune di Genova
Società di forniture: 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 forniture	01/01/2014	(1): 01/01/2014 (2): 01/04/2015	(2): 01/04/2015 (3): 01/01/2016
Fine periodo forniture	31/03/2015	(1): 31/03/2015 (2): 31/03/2016	(2): 31/03/2016
Potenza elettrica impegnata	23 kW	(1): 23 kW (2): 28 kW	28 kW
Potenza elettrica disponibile	23 kW	(1): 23 kW (2): 28 kW	28 kW
Tipologia di contratto	Forniture in BT (escluso IP)	(1): Forniture in BT (escluso IP) (2): CONSIP-EE12	(2): Forniture in BT (escluso IP) (3): CONSIP13 VERDE - L0390
Opzione tariffaria ⁽¹⁾			
Prezzi del forniture dell'energia elettrica ⁽²⁾	0,071	(1): 0,071 (2): 0,036	(2): 0,028 (2): 0,054

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 forniture 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: IT001E00097203	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
	FISSA	PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen – 14	993	169	1.144	159	246	2.711	12.713	0,213
Feb – 14	930	169	1.093	148	234	2.575	11.860	0,217
Mar – 14	946	158	1.102	151	236	2.594	12.092	0,214
Apr – 14	836	194	1.019	134	218	2.401	10.730	0,224
Mag – 14	848	189	1.029	139	220	2.425	11.093	0,219
Giu – 14	575	132	738	95	154	1.693	7.582	0,223
Lug – 14	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	1.377	4.665	0,295
Ago – 14	584	135	788	103	161	1.772	4.827	0,367
Set – 14	652	138	827	107	172	1.896	8.533	0,222
Ott – 14	864	166	1.073	140	224	2.468	11.236	0,220



POD: IT001E00097203	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
	FISSA	PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
Nov – 14	805	158	1.038	133	213	2.347	10.666	0,220
Dic – 14	835	154	1.095	146	223	2.453	10.944	0,224
Totale	8.869	1.761	10.946	1.456	2.303	26.711	116.941	0,228
POD: IT001E00097203	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
	FISSA	PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen – 15	835	154	1.095	146	223	2.453	11.693	0,210
Feb – 15	810	157	1.091	148	221	2.427	11.812	0,205
Mar – 15	759	154	1.073	144	213	2.343	11.545	0,203
Apr – 15	449	86	921	122	158	1.736	9.752	0,178
Mag – 15	447	127	941	126	164	1.806	10.105	0,179
Giu – 15	288	86	662	85	112	1.233	6.774	0,182
Lug – 15	175	47	379	52	65	718	4.132	0,174
Ago – 15	170	47	371	51	64	702	4.062	0,173
Set – 15	316	97	857	109	138	1.516	8.684	0,175
Ott – 15	423	101	1.180	151	186	2.041	12.077	0,169
Nov – 15	463	108	1.260	107	194	2.131	12.971	0,164
Dic – 15	405	104	1.143	144	180	1.975	11.501	0,172
Totale	5.541	1.267	10.973	1.383	1.916	21.080	115.108	0,183
POD: IT001E00097203	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
	FISSA	PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen – 16	419	145	1.160	157	188	2.069	12.599	0,164
Feb – 16	371	142	1.116	154	178	1.961	12.341	0,159
Mar – 16	340	140	1.116	152	175	1.923	12.198	0,158
Apr – 16	427	182	1.079	147	183	2.018	11.729	0,172
Mag – 16	466	190	1.071	145	187	2.058	11.564	0,178
Giu – 16	328	125	730	95	128	1.405	7.591	0,185
Lug – 16	211	93	389	53	75	820	4.270	0,192
Ago – 16	333	105	427	60	92	1.017	4.831	0,211
Set – 16	449	190	826	110	157	1.731	8.765	0,197
Ott – 16	796	198	1.140	154	229	2.517	12.297	0,205
Nov – 16	962	209	1.208	164	254	2.796	13.099	0,213
Dic – 16	853	196	1.175	156	238	2.619	12.517	0,209
Totale	5.952	1.915	11.435	1.548	2.085	22.934	123.801	0,185
POD: IT001E00097205	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
	FISSA	PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen – 14	133	23	220	22	88	487	1.742	0,279
Feb – 14	136	23	216	22	87	484	1.771	0,273
Mar – 14	170	29	256	28	106	589	2.214	0,266
Apr – 14	134	31	221	22	90	498	1.766	0,282
Mag – 14	137	31	227	23	92	509	1.806	0,282
Giu – 14	114	26	200	19	79	437	1.519	0,288
Lug – 14	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	102	332	0,306
Ago – 14	13	3	31	2	11	60	185	0,324
Set – 14	124	26	208	20	83	462	1.625	0,284
Ott – 14	168	32	260	27	107	596	2.196	0,271
Nov – 14	141	28	235	24	94	522	1.899	0,275
Dic – 14	135	27	232	23	92	510	1.870	0,273
Totale	1.406	280	2.306	232	929	5.255	18.925	0,278

POD: IT001E00097203	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
	FISSA	PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
POD: IT001E00097205	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen – 15	142	26	238	25	95	526	2.006	0,262
Feb – 15	136	26	236	25	93	517	1.989	0,260
Mar – 15	155	31	264	29	105	585	2.350	0,249
Apr – 15	88	24	225	24	79	439	1.541	0,285
Mag – 15	93	26	247	27	87	480	2.127	0,226
Giu – 15	66	19	204	16	67	372	1.541	0,242
Lug – 15	7	2	103	2	25	139	165	0,841
Ago – 15	12	3	43	3	13	74	277	0,269
Set – 15	66	20	225	23	73	407	1.808	0,225
Ott – 15	104	20	287	30	97	538	2.398	0,224
Nov – 15	75	170	257	26	116	645	2.109	0,306
Dic – 15	57	14	217	20	68	376	1.604	0,234
Totale	1.002	381	2.546	250	919	5.098	19.915	0,256
POD: IT001E00097205	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen – 16	45	15	15	132	45	251	1.284	0,195
Feb – 16	42	16	156	17	51	281	1.338	0,210
Mar – 16	103	29	277	32	97	536	2.521	0,213
Apr – 16	84	38	265	29	92	508	2.306	0,220
Mag – 16	96	39	272	30	96	532	2.384	0,223
Giu – 16	70	27	213	20	73	403	1.624	0,248
Lug – 16	4	2	91	1	21	119	80	1,490
Ago – 16	3	2	91	1	21	119	82	1,450
Set – 16	79	33	205	19	74	410	1.536	0,267
Ott – 16	156	39	276	30	110	612	2.424	0,253
Nov – 16	176	39	276	30	114	634	2.420	0,262
Dic – 16	106	24	207	19	79	436	1.552	0,281
Totale	963	301	2.344	360	873	4.841	19.551	0,248

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

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

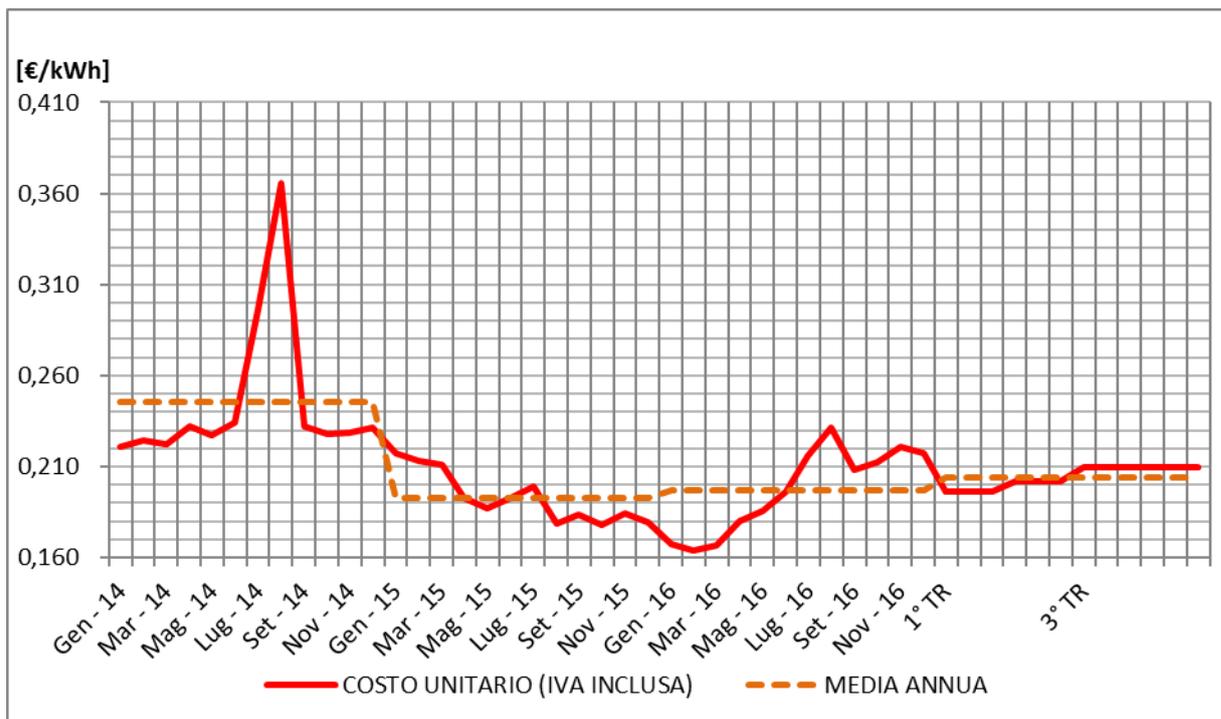
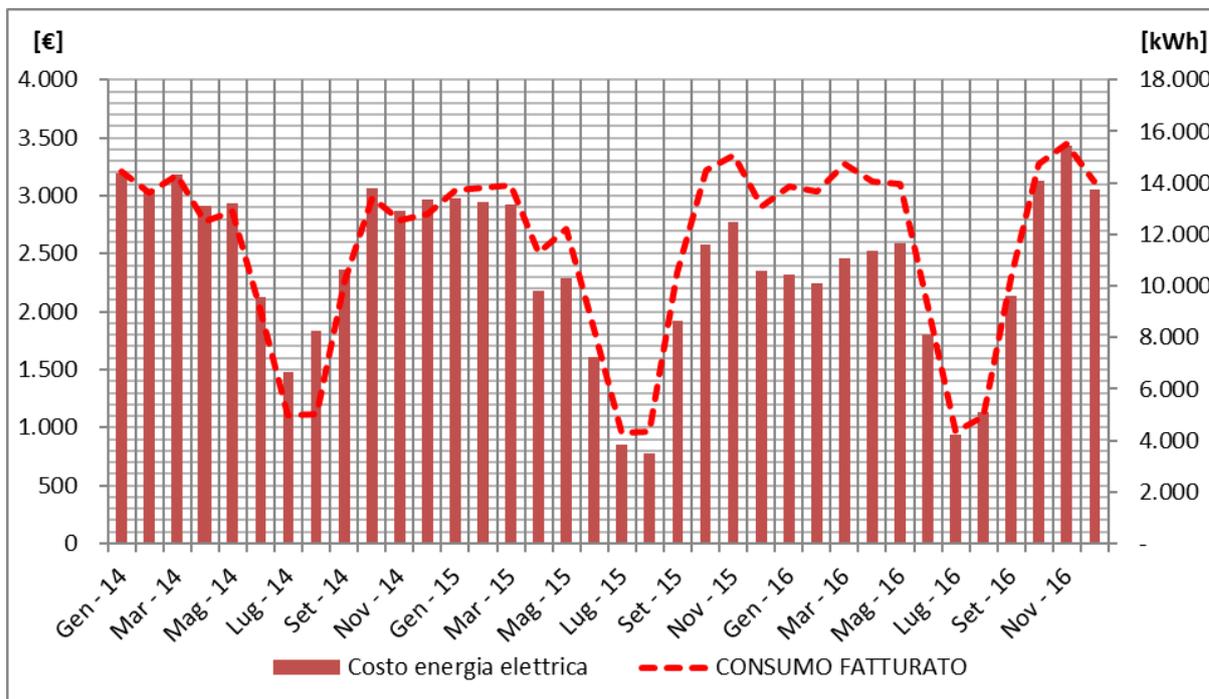


Figura 7.4 – Andamento dei consumi e dei costi dell’energia elettrica



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

7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL’ANALISI

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

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

Tabella 7.5 - Sintesi dei consumi nel triennio di riferimento

ANNO	VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			TOTALE
	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[€]
2014	414.847	32.071,76	0,077	135.866	31.965,95	0,24	64.037,71
2015	385.896	33.209,45	0,086	135.023	26.178,79	0,19	59.388,24
2016	458.745	36.419,28	0,079	143.352	27.775,36	0,19	64.194,64
Media	419.829	33.900,16	0,081	138.080	28.640,04	0,21	62.540,20

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	0,077 [€/kWh]
Costo unitario dell’energia elettrica	Valore relativo all’ultimo anno a disposizione	Cu _{EE}	0,203 [€/kWh]

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

7.3 COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI

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

- L1-042-038: servizio SIE3

Facendo riferimento al capitolo 5 del Capitolato Tecnico della convenzione per l’affidamento del servizio integrato energia per le pubbliche amministrazioni ai sensi dell’art. 26 legge n. 488/1999 e s.m.i. e dell’art. 58 legge n. 388/2000, dove sono descritte nel dettaglio le caratteristiche del servizio di “Gestione, Conduzione e Manutenzione”, si deduce che i servizi compresi all’interno della componente manutentiva riguardano:

- 1) Gestione e conduzione degli impianti, comprensivo del servizio di terzo responsabile;
- 2) Manutenzione ordinaria degli impianti:
 - Manutenzione Preventiva,
 - Manutenzione Correttiva a guasto (con servizio di reperibilità e pronto intervento);
- 3) Manutenzione straordinaria:
 - Interventi di adeguamento normativo;
 - Interventi di riqualificazione energetica.

Nel caso di impianti su cui è attivo il Servizio A all’interno del vigente contratto SIE3, i costi di manutenzione C_M sono stimati come segue:

$$C_M = C_{SIE3} - C_Q;$$

e sono ripartiti in una quota ordinaria (C_{MO}) e in una quota straordinaria (C_{MS}) come segue:

$$C_{MS} = 0.21 \times C_M$$

$$C_{MO} = 0.79 \times C_M$$

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

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo per la gestione e manutenzione ordinaria	Corrispettivo annuale relativo al contratto O&M in essere	C_{MO}	17.082 [€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Media relativa a gli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici	C_{MS}	4.541 [€/anno]

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

7.4 BASELINE DEI COSTI

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

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

Per la componente energetica vale la seguente formula:

$$C_E = Q_{baseline} \times C_{uQ} + EE_{baseline} \times C_{uEE}$$

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

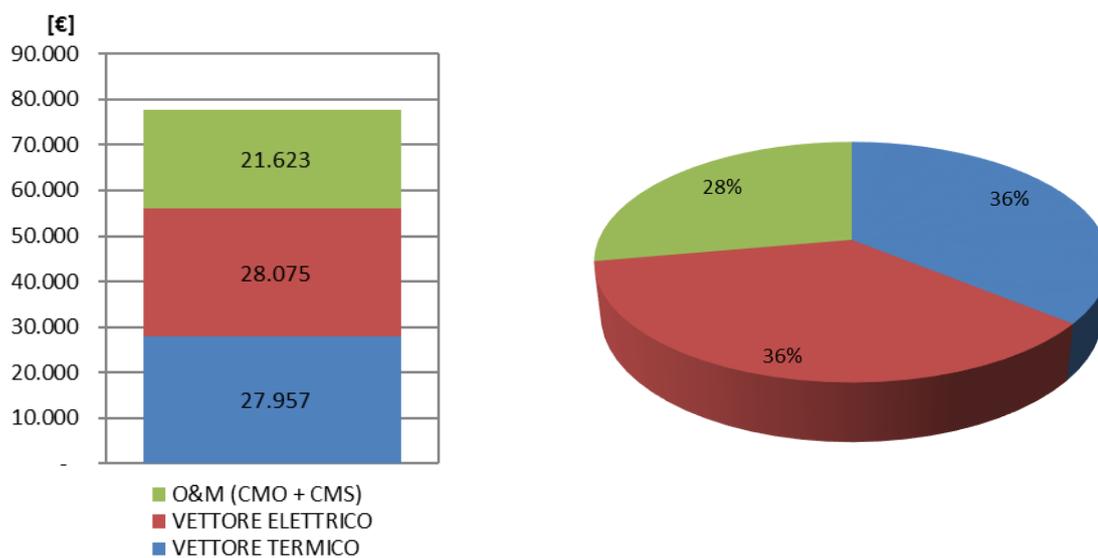
$$C_{baseline} = C_E + C_{MO} + C_{MS}$$

Ne risulta quindi un C_E pari a 56.031 € e un $C_{baseline}$ pari a 77.654 €

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

VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)			TOTALE
$Q_{baseline}$	C_{uQ}	C_Q	$EE_{baseline}$	C_{uEE}	C_{EE}	C_M	C_{MO}	C_{MS}	$C_Q + C_{EE} + C_M$
[kWh]	[€/kWh]	[€]	[kWh]	[€/kWh]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
362.795	0,077	27.957	138.080	0,203	28.075	21.623	17.082	4.541	77.654

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

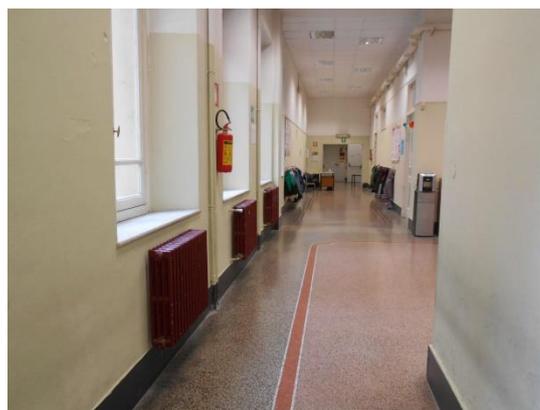
EEM1: Isolamento delle pareti esterne

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 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 [vista internamente]



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 86 cm e 30 cm, ha un valore di trasmittanza medio stimato a ca. 1,23 W/m²K. L'intervento prevede l'applicazione 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

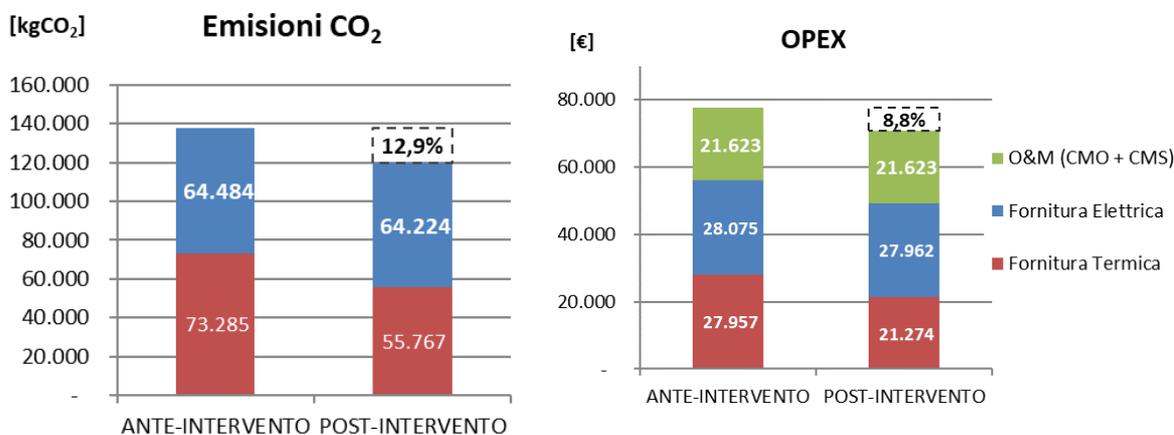
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM1 [trasmittanza parete]	[W/m ² K]	1,23	0,24	80,5%
Q _{teorico}	[kWh]	381.188	290.072	23,9%
EE _{teorico}	[kWh]	143.736	143.157	0,4%

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Q _{baseline}	[kWh]	362.795	276.076	23,9%
EE _{Baseline}	[kWh]	138.080	137.524	0,4%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	73.285	55.767	23,9%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	64.484	64.224	0,4%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	137.768	119.991	12,9%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	27.957	21.274	23,9%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	28.075	27.962	0,4%
Fornitura Energia, C_E	[€]	56.032	49.236	12,1%
C _{MO}	[€]	17.082	17.082	0,0%
C _{MS}	[€]	4.541	4.541	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	21.623	21.623	0,0%
OPEX	[€]	77.654	70.859	8,8%
Classe energetica	[-]	E	D	+1 classe

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO2 sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,077 [€/kWh] per il vettore termico e 0,203 [€/kWh] per il vettore elettrico

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

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



EEM2: Isolamento della copertura

Generalità

L’intervento prevede l’isolamento copertura piana. Limitazioni a tale intervento potrebbero essere l’interruzione dell’attività scolastica, soprattutto nel periodo da Settembre a Giugno. L’isolamento della copertura 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 della copertura



Caratteristiche funzionali e tecniche

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

Per la zona climatica D il valore limite della trasmittanza termica U delle strutture opache orizzontali (coperture) è pari a 0,22 W/m²K. Allo stato attuale la copertura piana, di spessore 30 cm, ha una trasmittanza stimata di 1,65 W/m²K ed è costituita da un solaio in laterocemento con massetto e rifinitura esterna.

L’intervento per l’isolamento della copertura piana prevede l’applicazione di pannelli di lana di roccia ($\lambda=0,037$ W/mK). Lo spessore scelto di 14 cm consente al solaio di raggiungere una trasmittanza di 0,22 W/m²K, inferiore al limite previsto dalla legislazione vigente.

Descrizione dei lavori

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

Prestazioni raggiungibili

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

Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM2 – Isolamento della copertura

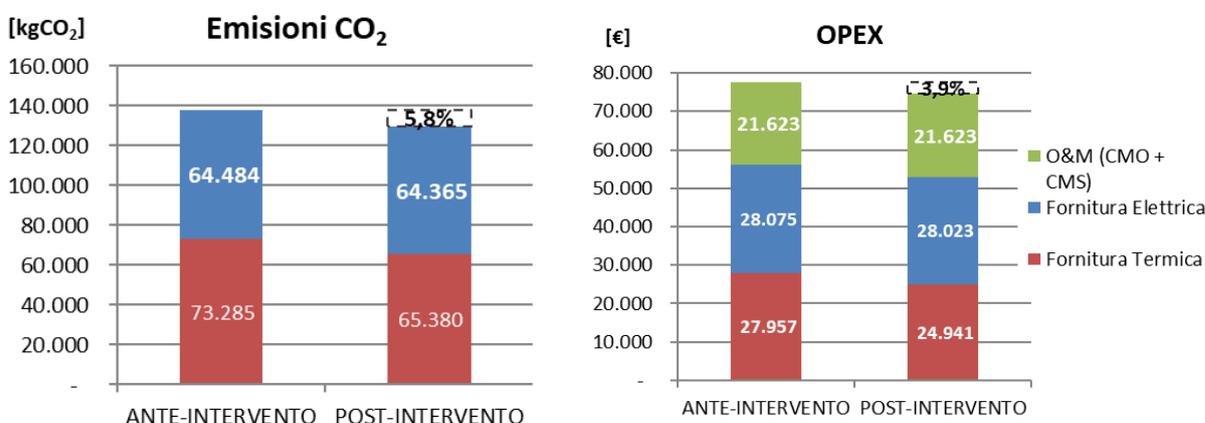
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM2 [trasmittanza solaio]	[W/m ² K]	1,65	0,22	86,7%
Q _{teorico}	[kWh]	381.188	340.073	10,8%
EE _{teorico}	[kWh]	143.736	143.472	0,2%
Q _{baseline}	[kWh]	362.795	323.665	10,8%
EE _{Baseline}	[kWh]	138.080	137.827	0,2%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	73.285	65.380	10,8%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	64.484	64.365	0,2%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	137.768	129.745	5,8%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	27.957	24.941	10,8%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	28.075	28.023	0,2%
Fornitura Energia, C_E	[€]	56.032	52.965	5,5%

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
C _{MO}	[€]	17.082	17.082	0,0%
C _{MS}	[€]	4.541	4.541	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	21.623	21.623	0,0%
OPEX	[€]	77.654	74.587	3,9%
Classe energetica	[-]	E	E	+0 classe

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,077 [€/kWh] per il vettore termico e 0,203 [€/kWh] per il vettore elettrico

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

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



EEM3: Sostituzione degli infissi e installazione delle valvole termostatiche

Generalità

L'intervento prevede la sostituzione 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. Si prevede anche l'installazione delle valvole termostatiche per ottenere gli incentivi previsti dal conto termico.

Figura 8.5 - 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.

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 con telaio in legno a vetro singolo hanno una trasmittanza media

pari circa 4,9 W/m²K le porte finestre in metallo hanno una trasmittanza media pari circa 5,49 W/m²K.

Si propone di sostituire tutti gli infissi con nuovi infissi in telaio in pvc. La nuova tipologia di serramento esterno consente di raggiungere una trasmittanza media di 1,38 W/m²K, inferiore al limite previsto dalla legislazione vigente.

Descrizione dei lavori

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

Prestazioni raggiungibili

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

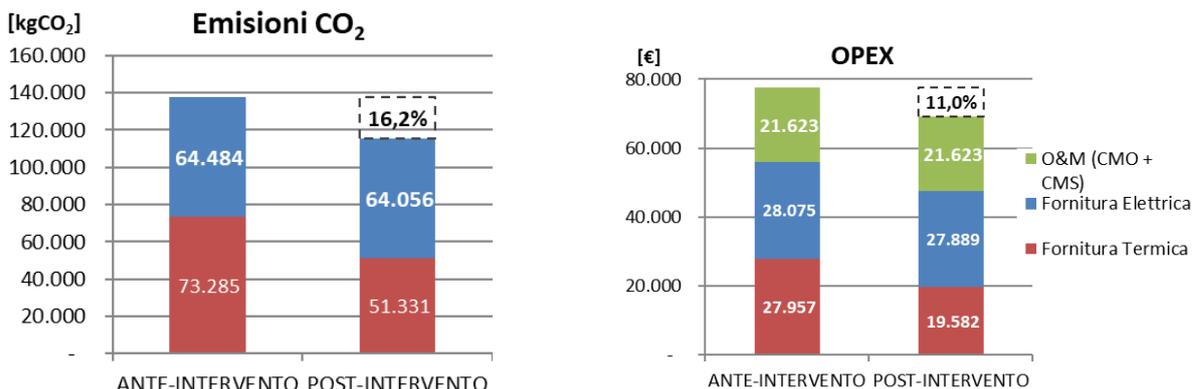
Tabella 8.3 – Risultati analisi EEM3 – Sostituzione degli infissi e installaione delle valvole termostatiche

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM3 [trasmittanza finestra]	[W/m ² K]	4,9	1,38	71,8%
Q _{teorico}	[kWh]	381.188	266.998	30,0%
EE _{teorico}	[kWh]	143.736	142.784	0,7%
Q _{baseline}	[kWh]	362.795	254.115	30,0%
EE _{Baseline}	[kWh]	138.080	137.166	0,7%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	73.285	51.331	30,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	64.484	64.056	0,7%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	137.768	115.388	16,2%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	27.957	19.582	30,0%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	28.075	27.889	0,7%
Fornitura Energia, C_E	[€]	56.032	47.471	15,3%
C _{MO}	[€]	17.082	17.082	0,0%
C _{MS}	[€]	4.541	4.541	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	21.623	21.623	0,0%
OPEX	[€]	77.654	69.094	11,0%
Classe energetica	[-]	E	D	+1 classe

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO2 sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,077 [€/kWh] per il vettore termico e 0,203 [€/kWh] per il vettore elettrico

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

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



8.1.2 Impianto di riscaldamento

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

Generalità

L'intervento prevede la sostituzione del generatore di calore e l'installazione di valvole termostatiche ai terminali di emissione. Una limitazione a tale intervento potrebbe essere l'interruzione dell'attività scolastica, soprattutto nel periodo da Settembre a Giugno.

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

Figura 8.7 - Particolare del generatore di calore



Figura 8.8 - Particolare di un radiatore



Caratteristiche funzionali e tecniche

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

Attualmente l'impianto di generazione del calore per il riscaldamento è costituito da una caldaia standard a basamento con rendimento pari al 91,8%, mentre l'impianto di regolazione è costituito da una centralina di controllo con dispositivo per la telegestione collegato ad una sonda climatica; il

rendimento di regolazione è calcolato pari al 96%. I terminali di emissione nelle aule scolastiche e nei corridoi sono costituiti da radiatori senza valvole termostatiche.

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

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

Si prevede di installare due caldaie a condensazione in parallelo di potenza di picco pari a 350 kW ognuna.

Descrizione dei lavori

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

Prestazioni raggiungibili

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

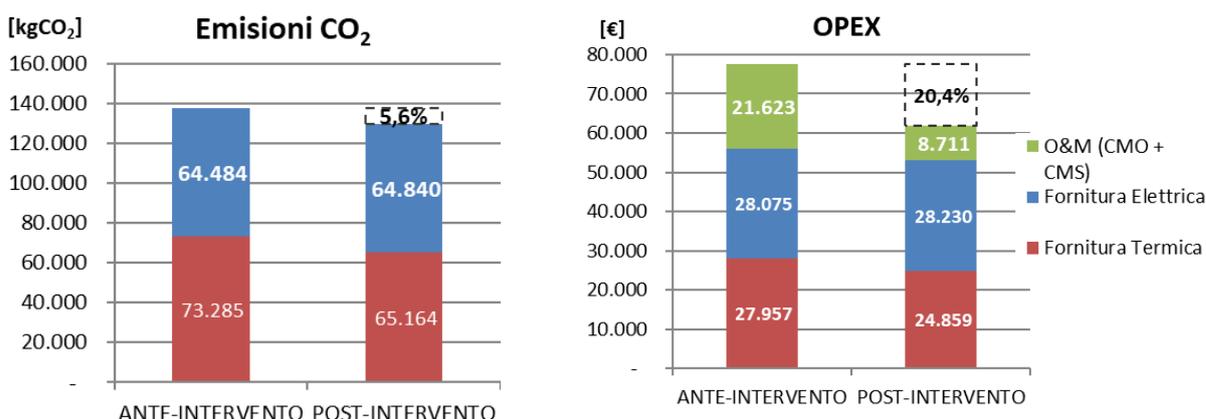
Tabella 8.4 – Risultati analisi EEM4 – Sostituzione dei generatori di calore e installazione di valvole termostatiche

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM4 [Rendimento generazione calore]	[%]	93,5	104	11,2%
$Q_{teorico}$	[kWh]	381.188	338.949	11,1%
$EE_{teorico}$	[kWh]	143.736	144.532	-0,6%
$Q_{baseline}$	[kWh]	362.795	322.595	11,1%
$EE_{Baseline}$	[kWh]	138.080	138.845	-0,6%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	73.285	65.164	11,1%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	64.484	64.840	-0,6%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	137.768	130.005	5,6%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	27.957	24.859	11,1%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	28.075	28.230	-0,6%
Fornitura Energia, C_E	[€]	56.032	53.089	5,3%
C_{MO}	[€]	17.082	6.882	59,7%
C_{MS}	[€]	4.541	1.829	59,7%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	21.623	8.711	59,7%
OPEX	[€]	77.654	61.800	20,4%
Classe energetica	[-]	E	D	+1 classe

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO2 sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,077 [€/kWh] per il vettore termico e 0,203 [€/kWh] per il vettore elettrico

Si può notare un aumento dei consumi elettrici per il maggior fabbisogno elettrico richiesto dagli ausiliari elettrici delle nuove caldaie a condensazione.

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



8.1.3 Impianto di illuminazione ed impianto elettrico

EEM5: Installazione di nuove plafoniere con lampade led

Generalità

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

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

Figura 8.10 - Particolare di una plafoniera a tubi fluorescenti



Caratteristiche funzionali e tecniche

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

Attualmente l'impianto di illuminazione è costituito principalmente lampade fluorescenti o da plafoniere con lampade a tubi fluorescenti. L'intervento propone di sostituire tutti i corpi illuminanti con lampade a led con indice di resa cromatica maggiore di 80 per l'illuminazione degli ambienti interni e maggiore di 60 per l'illuminazione delle pertinenze esterne ed efficienza luminosa maggiore di 80 lm/W.

Descrizione dei lavori

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

Prestazioni raggiungibili

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

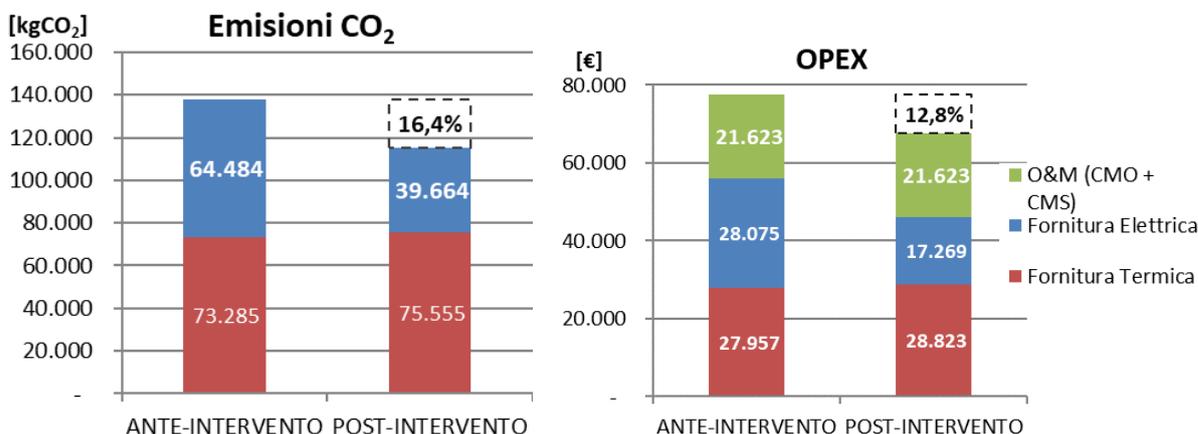
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM5 sono riportati nella tabella 8.5.

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

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM5 [Potenza installata]	[W]	4.977	2.488	50,0%
Q _{teorico}	[kWh]	381.188	392.997	-3,1%
EE _{teorico}	[kWh]	143.736	88.412	38,5%
Q _{baseline}	[kWh]	362.795	374.035	-3,1%
EE _{Baseline}	[kWh]	138.080	84.933	38,5%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	73.285	75.555	-3,1%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	64.484	39.664	38,5%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	137.768	115.219	16,4%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	27.957	28.823	-3,1%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	28.075	17.269	38,5%
Fornitura Energia, C_E	[€]	56.032	46.092	17,7%
C _{MO}	[€]	17.082	17.082	0,0%
C _{MS}	[€]	4.541	4.541	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	21.623	21.623	0,0%
OPEX	[€]	77.654	67.715	12,8%
Classe energetica	[-]	E	E	+0 classe

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO2 sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,077 [€/kWh] per il vettore termico e 0,203 [€/kWh] per il vettore elettrico

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



8.1.4 Impianto di generazione da fonti rinnovabili

EEM6: Installazione di un impianto fotovoltaico

Generalità

La misura prevede l’installazione dell’impianto sulla copertura piana dell’edificio scolastico, la quale offre una superficie di circa 1.400 m². Si prevede di sfruttare la tecnologia al silicio cristallino, con pannelli solari di inclinazione pari a 35°, orientamento a Sud ed una potenza di picco installata di circa 52 kWp. Una limitazione a tale intervento potrebbe essere l’interruzione dell’attività scolastica, soprattutto nel periodo da Settembre a Giugno.

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

Figura 8.12 - Particolare della copertura dove installare l’impianto



Caratteristiche funzionali e tecniche

I consumi elettrici in fascia oraria F1 risultano di circa il 67% corrispondente a 91.857 kWh/anno, con il sistema proposto verrebbe prodotta per la suddetta fascia una energia elettrica pari a 64.910 kWh/anno, di vengono autoconsumati sul posto circa 51.834 kWh/anno, in grado di coprire circa il 56% del consumo in F1. Si considera che l’energia elettrica autoconsumata non supera mai la richiesta da parte dell’utenza in fascia F1 per lo stesso mese esaminato.

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

Descrizione dei lavori

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

Prestazioni raggiungibili

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

I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione della EEM6 sono riportati nella tabella 8.5.

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

Mese	Consumo Energia elettrica fascia F1 (kWh)	Produzione energia elettrica con Impianto fotovoltaico (kWh)	Energia autoconsumata (kWh)	Copertura (%)
Gennaio	9.765	2.950	2.950	30%
Febbraio	9.895	4.100	4.100	41%
Marzo	10.163	5.790	5.790	57%
Aprile	8.470	6.190	6.190	73%
Maggio	8.639	7.070	7.070	82%
Giugno	5.405	7.210	5.405	100%
Luglio	1.945	7.790	1.945	100%
Agosto	1.805	7.230	1.805	100%
Settembre	6.870	6.160	6.160	90%
Ottobre	10.158	4.540	4.540	45%
Novembre	10.197	3.160	3.160	31%

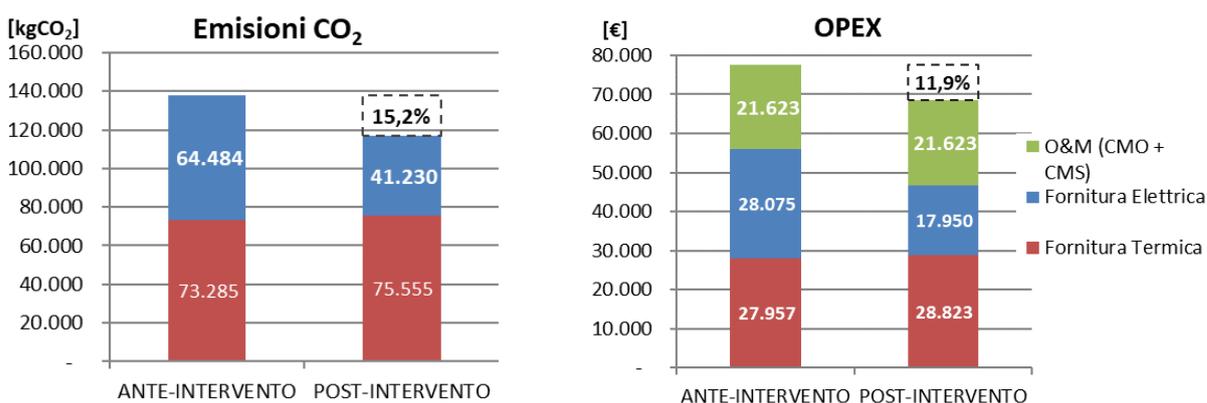
Dicembre	8.544	2.720	2.720	32%
TOTALE	91.857	64.910	51.834	56%

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

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM6 [Potenza installata]	[W]	0	50.000	100,0%
Q _{teorico}	[kWh]	381.188	392.997	-3,1%
EE _{teorico}	[kWh]	143.736	91.902	36,1%
Q _{baseline}	[kWh]	362.795	374.035	-3,1%
EE _{Baseline}	[kWh]	138.080	88.286	36,1%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	73.285	75.555	-3,1%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	64.484	41.230	36,1%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	137.768	116.785	15,2%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	27.957	28.823	-3,1%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	28.075	17.950	36,1%
Fornitura Energia, C_E	[€]	56.032	46.773	16,5%
C _{MO}	[€]	17.082	17.082	0,0%
C _{MS}	[€]	4.541	4.541	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	21.623	21.623	0,0%
OPEX	[€]	77.654	68.396	11,9%
Classe energetica	[-]	E	D	+1 classe

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO2 sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,077 [€/kWh] per il vettore termico e 0,203 [€/kWh] per il vettore elettrico

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



9 VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA

9.1 ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

EEM1: Isolamento delle pareti esterne

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

Nella L’analisi dei costi è basata sull’applicazione di uno strato di isolante di 14 cm al fine di 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 14 cm al fine di garantire il rispetto dei requisiti per accedere al “Conto Termico 2.0”.

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

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	56.729,72	m2cm	2,00	1,82	103.144,95	22.691,89	125.836,84
25.A44.A30.010	25.A44.A30.010	4.727,48	m2	6,68	6,07	28.708,68	6.315,91	35.024,59
Malta premiscelata	PR.A02.A20.600	4.727,48	kg	0,82	0,75	3.524,12	775,31	4.299,43
Collante cementizio per murature	PR.A02.A25.010	2.363,74	kg	0,49	0,45	1.052,94	231,65	1.284,58
Preparazione muratura interna	25.A05.E10.020	4.727,48	m2	7,03	6,39	30.212,88	6.646,83	36.859,71
Impalcature per interni	95.B10.S20.020	4.727,48	m2	21,17	19,25	90.982,44	20.016,14	110.998,58
Rasatura armata con interposta rete in fibra di vetro	25.A54.B40.010	4.727,48	m2	23,79	21,63	102.242,43	22.493,34	124.735,77
Intonaco interno in malta	20.A54.B10.010	4.727,48	m2	4,80	4,36	20.628,99	4.538,38	25.167,37
Costi per la sicurezza		3	%			8.320,57	1.830,53	10.151,10
Costi per la progettazione		7	%			19.414,67	4.271,23	23.685,90
TOTALE (I₀)						408.232,68	89.811,19	498.043,87
Incentivi	[Conto termico]							151.279,26
Durata incentivi								5
Incentivo annuo								30.255,85
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: Isolamento della copertura

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

Nella tabella 9.2 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 2.

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

Tabella 9.2 – Analisi dei costi della EEM2 – Isolamento della copertura

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO SCONTATO [€/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	19.888,47	m2cm	2,00	1,82	1,82	36.160,85	7.955,39
Posa in opera materiale isolante	25.A44.A50.010	1.420,61	m2	6,68	6,07	6,07	8.626,95	1.897,93
Preparazione muratura	25.A05.C10.010	1.420,61	m2	6,88	6,25	6,25	8.885,24	1.954,75
Posa in opera materiale impermeabilizzante	03.P10.B01.005 ⁽¹⁾	1.420,61	m2	15,35	13,95	13,95	19.823,90	4.361,26
Membrana elastoplastomerica	PR.A18.A25.030	1.420,61	m2	5,67	5,15	5,15	7.322,57	1.610,97
Costi per la sicurezza		3	%				2.424,59	533,41
Costi per la progettazione		7	%				5.657,37	1.244,62
TOTALE (I₀)						88.901,46	19.558,32	108.459,78
Incentivi	[Conto termico]							43.383,91
Durata incentivi								5
Incentivo annuo								8.676,78
FONTE PREZZO UTILIZZATO	Analisi prezzi da listini del Prezzario Opere Edili ed Impiantistiche Regione Liguria (anno 2018).L'importo dell'incentivo corrisponde al 40% del costo complessivo dell'intervento siccome il costo unitario al metro quadro di superficie isolata non supera i 200 €/m ² . Nota (1): La fonte del prezzo utilizzato proviene dal prezzario della Regione Piemonte Viene applicata una riduzione del 10% a tutti i prezzi unitari per la quota di profitto della ESCO							

EEM3: 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 permette di garantire il rispetto dei requisiti per accedere al "Conto Termico 2.0".

Tabella 9.3 – Analisi dei costi della EEM3 – Sostituzione degli infissi

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) [€]
Smontaggio vecchi serramenti	25.A05.H01.100	1.265,02	m2	39,61	36,01	45.552,26	10.021,50	55.573,75
Fornitura serramenti	PR.A23.A30.010	1.265,02	m2	328,90	299,00	378.241,28	83.213,08	461.454,36
Fornitura controtelaio	PR.A23.B10.020	142,27	m	7,59	6,90	981,65	215,96	1.197,62
Trasporto materiale	25.A15.C10.020	189,75	m3	11,77	10,70	2.030,36	446,68	2.477,04
Installazione valvole termostatiche	PR.C17.A15.010	232,00	cad	35,42	32,20	7.470,40	1.643,49	9.113,89
Costi per la sicurezza		3	%			13.028,28	2.866,22	15.894,50
Costi per la progettazione		7	%			30.399,32	6.687,85	37.087,17
TOTALE (I₀)						477.703,54	105.094,78	582.798,32
Incentivi	[Conto termico]							100.000,00
Durata incentivi								5
Incentivo annuo								20.000,00
FONTE PREZZO UTILIZZATO	Analisi prezzi da listini del Prezzario Opere Edili ed Impiantistiche Regione Liguria (anno 2018). Viene applicata una riduzione del 10% a tutti i prezzi unitari per la quota di profitto della ESCO. Siccome il costo complessivo dell'intervento supera i 450 €/m ² si valuta l'importo dell'incentivo come il 40% del calcolo ottenuto moltiplicando la superficie finestrata da sostituire per 450, ma dato che tale valore supera il limite massimo incentivabile, si considera l'importo dell'incentivo pari a 100.000 €.							

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

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

Nelle Tabelle 9.4 e 9.5 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 4.

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

Tabella 9.4 – Analisi dei costi della EEM4 – Sostituzione dei generatori di calore

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO [€/n° o €/m ²]	PREZZO UNITARIO SCONTATO [€/n° o €/m ²]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA AL 22% [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
Rimozione caldaia esistente	CCIAA RE ⁽¹⁾	1	cad	4.067,25	3.697,50	3.697,50	813,45	4.510,95
Installazione nuova caldaia	PR.C76.B10.010	3	cad	11.498,85	10.453,50	31.360,50	6.899,31	38.259,81
Canna fumaria	PR.C84.C05.500	3	cad	165,72	150,65	451,96	99,43	551,40
Installazione nuovo bruciatore	40.C10.B10.110	3	cad	392,78	357,07	1.071,22	235,67	1.306,89
Accessori per l'impianto	PR.C76.A30.020	25	cad	21,13	19,21	480,23	105,65	585,88
	PR.C76.A30.015	3	cad	28,46	25,87	77,62	17,08	94,69
	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	20	h	34,41	31,28	625,64	137,64	763,28
Impianti elettrici	RU.M01.E01.020	40	h	31,88	28,98	1.159,27	255,04	1.414,31
Trasporto materiali	20.A15.B10.015	100	m ³ km	4,72	4,29	429,09	94,40	523,49
Installazione valvole termostatiche	PR.C17.A15.010	232	cad	35,42	32,20	7.470,40	1.643,49	9.113,89
Costi per la sicurezza		3	%			1.414,89	311,28	1.726,17
Costi per la progettazione		7	%			3.301,41	726,31	4.027,72
TOTALE (I₀)						51.879,29	11.413,44	63.292,73
Incentivi	[Conto termico]							25.317,09
Durata incentivi								5
Incentivo annuo								5.063,42
FONTA 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.							

EEM5: Installazione di nuove plafoniere con lampade led

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

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

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

Tabella 9.5 – Analisi dei costi della EEM5 – Installazione di nuove plafoniere con lampade led

DESCRIZIONE	FONTA 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 – 22 W	043084f ⁽²⁾	9	cad	16,91	15,37	138,35	30,44	168,79
Fornitura e installazione lampade LED – 36 W	045161b ⁽²⁾	343	cad	156,66	142,42	48.849,44	10.746,88	59.596,31
Rimozione vecchi corpi illuminanti	1E.17.010.0010 ⁽¹⁾	687	cad	5,73	5,21	3.578,65	787,30	4.365,95
Costi per la sicurezza		3	%			1.576,99	346,94	1.923,93
Costi per la progettazione		7	%			3.679,65	809,52	4.489,17
TOTALE (I₀)						57.823,08	12.721,08	70.544,16
Incentivi	[Conto termico]							28.217,66
Durata incentivi								5
Incentivo annuo								5.643,53
FONTA PREZZO UTILIZZATO	Nota (1): La fonte del prezzo utilizzato proviene dal prezzario Dei. Imp. Ele. 2017 Nota (2): La fonte del prezzo utilizzato proviene dal prezzario delle opere compiute di impianti elettrici e meccanici della Comune di Milano. Viene applicata una riduzione del 10% a tutti i prezzi unitari per la quota di profitto della ESCO. L'importo dell'incentivo corrisponde al 40% del costo complessivo dell'intervento siccome il costo unitario al metro quadro di superficie utile calpestabile dell'edificio soggetta all'intervento non supera i 35 €/m ² .							

EEM6: Installazione di un impianto fotovoltaico

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

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

Tabella 9.6 – Analisi dei costi della EEM6 – Installazione di un impianto fotovoltaico

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO [€/n° o €/m ²]	PREZZO UNITARIO SCONTATO [€/n° o €/m ²]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA AL 22% [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
Fornitura impianto fotovoltaico “Chiavi in mano”	1E.17.010.0010 ⁽¹⁾	52	kWp	1.988,55	1.988,55	94.004,18	20.680,92	114.685,10
Costi per la sicurezza		3	%			2.820,13	620,43	3.440,55
Costi per la progettazione		7	%			6.580,29	1.447,66	8.027,96
TOTALE (I₀)						103.404,60	22.749,01	126.153,61
Incentivi	[Conto termico]							-
Durata incentivi								-
Incentivo annuo								-
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. Viene applicata una riduzione del 10% a tutti i prezzi unitari per la quota di profitto della ESCO.							

9.2 ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

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

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

Gli indicatori economici d’investimento utilizzati sono:

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

Essi sono così definiti:

1) Tempo di ritorno semplice (TRS):

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

Dove:

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

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	498.044
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	30.256
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	54,2	35,4
Tempo di rientro attualizzato	TRA	79,7	46,9
Valore attuale netto	VAN	-319.812	-185.119
Tasso interno di rendimento	TIR	-4,3%	-1,8%
Indice di profitto	IP	-0,64	-0,37

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

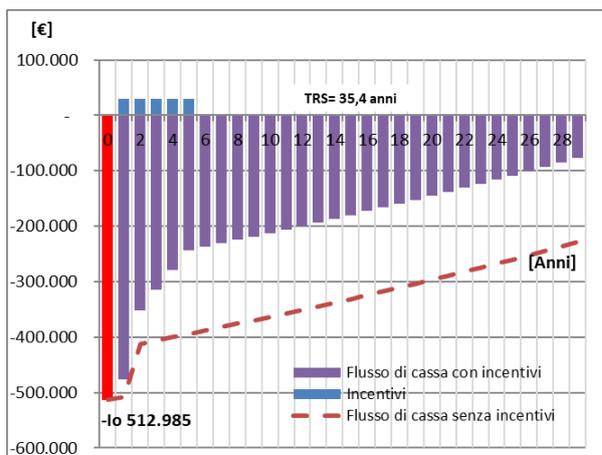
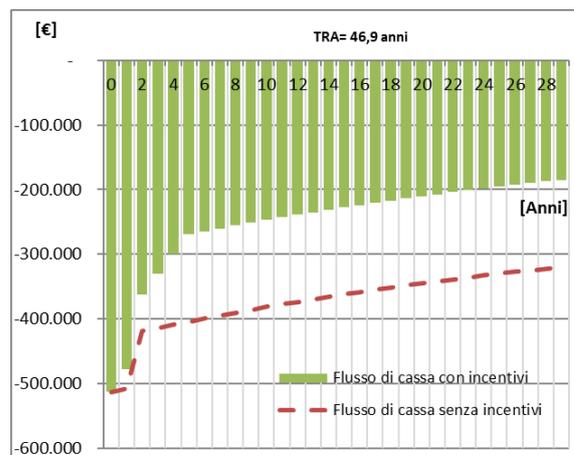


Figura 9.2 – EEM1: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



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 metano a seguito dell’intervento a fronte della spesa sostenuta per l’intervento. Qualora si decidesse di intervenire sull’involucro consigliamo di valutare preventivamente l’isolamento delle pareti esterne, poiché applicando prima altri interventi sulla riduzione del consumo di combustibile si possono ottenere risultati più vantaggiosi in termini di costi-benefici.

EEM2: Isolamento della copertura

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

Tabella 9.8 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM2 – Isolamento della copertura

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	108.460
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	8.677
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	31,3	17,7
Tempo di rientro attualizzato	TRA	49,4	31,5
Valore attuale netto	VAN	-43.925	-5.297
Tasso interno di rendimento	TIR	-0,3%	3,3%
Indice di profitto	IP	-0,40	-0,05

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

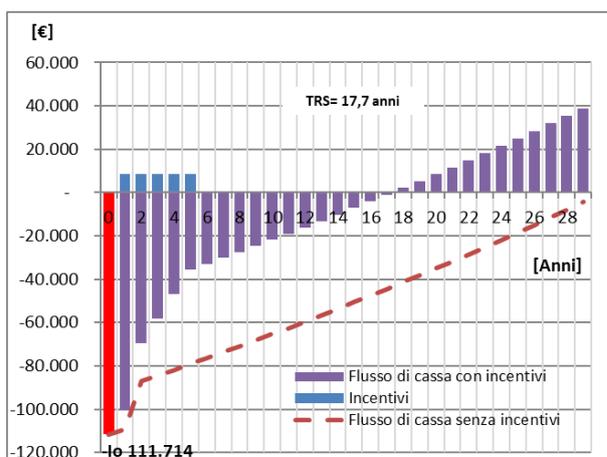
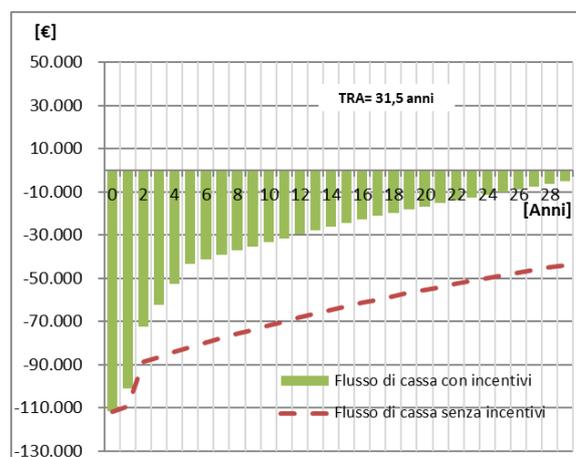


Figura 9.4 – EEM2: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



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

EEM3: Sostituzione degli infissi e installazione delle valvole termostatiche

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

Tabella 9.9 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM3 – Sostituzione degli infissi e installazione delle valvole termostatiche

PARMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	582.798
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	30
Incentivo annuo	B	€/anno	20.000
Durata incentivo	n_B	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	51,5	40,0
Tempo di rientro attualizzato	TRA	76,3	55,4
Valore attuale netto	VAN	-364.371	-275.334
Tasso interno di rendimento	TIR	-3,9%	-2,6%
Indice di profitto	IP	-0,63	-0,47

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

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

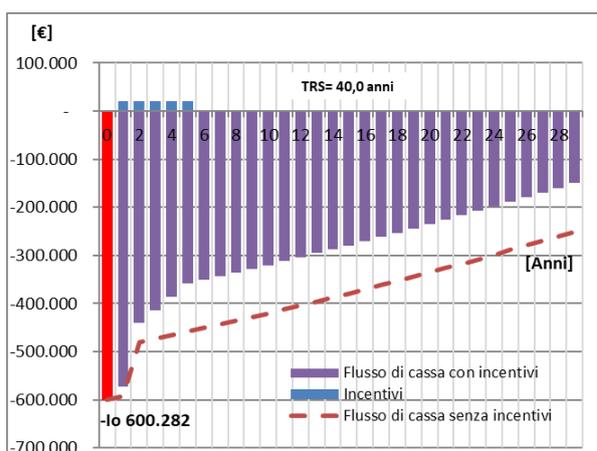
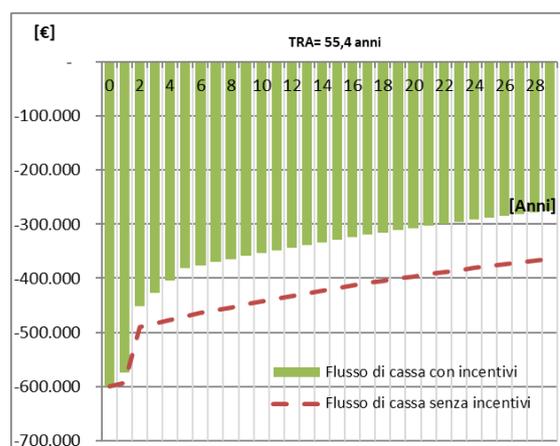


Figura 9.6 – EEM3: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



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

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

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

Tabella 9.10 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM4 – Sostituzione dei generatori di calore e installazione delle valvole termostatiche

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	63.293
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	5.063
Durata incentivo	n_B	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	4,2	3,0
Tempo di rientro attualizzato	TRA	4,7	3,4
Valore attuale netto	VAN	88.764	111.305
Tasso interno di rendimento	TIR	21,8%	28,4%
Indice di profitto	IP	1,40	1,76

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

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

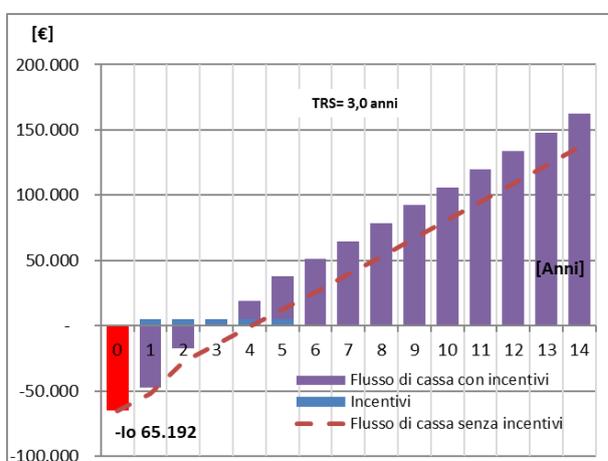
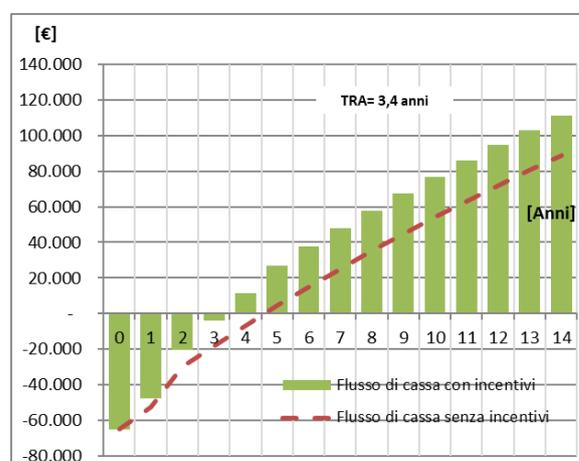


Figura 9.8 – EEM4: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento risulta essere economicamente vantaggioso con un tempo di ritorno attualizzato pari a 3,4 anni nel caso di incentivi.

EEM5: Installazione di nuove plafoniere con lampade led

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

Tabella 9.11 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM5 – Installazione di nuove plafoniere con lampade led

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	70.544
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%]	3,0%

Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n _{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	8
Incentivo annuo	B	€/anno	5.644
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	8,0	4,4
Tempo di rientro attualizzato	TRA	9,2	4,9
Valore attuale netto	VAN	-9.683	15.441
Tasso interno di rendimento	TIR	0,0%	10,3%
Indice di profitto	IP	-0,14	0,22

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

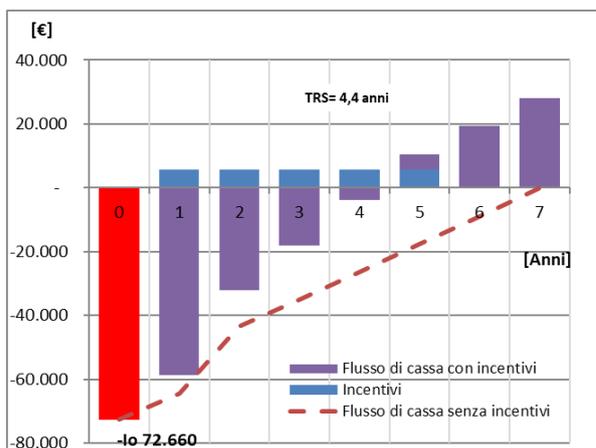
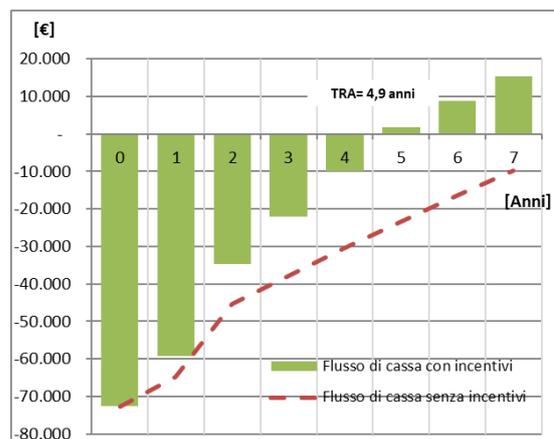


Figura 9.10 – EEM5: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento risulta essere economicamente vantaggioso con un tempo di ritorno attualizzato pari a 4,9 anni anche nel caso di incentivi. Invece nel caso senza incentivi l’intervento non risulta vantaggioso.

EEM6: Installazione di un impianto fotovoltaico

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

Tabella 9.12 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM6 – Installazione di un impianto fotovoltaico

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I ₀	€	126.154
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 SENZA INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	13,0	13,0
Tempo di rientro attualizzato	TRA	18,7	18,7
Valore attuale netto	VAN	2.106	2.106
Tasso interno di rendimento	TIR	4,2%	4,2%
Indice di profitto	IP	0,02	0,02

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

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

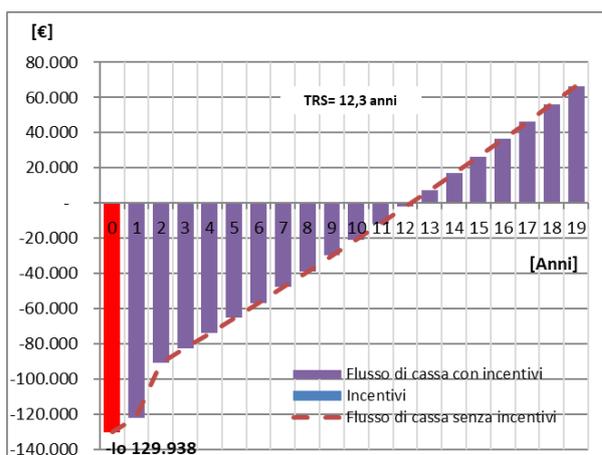
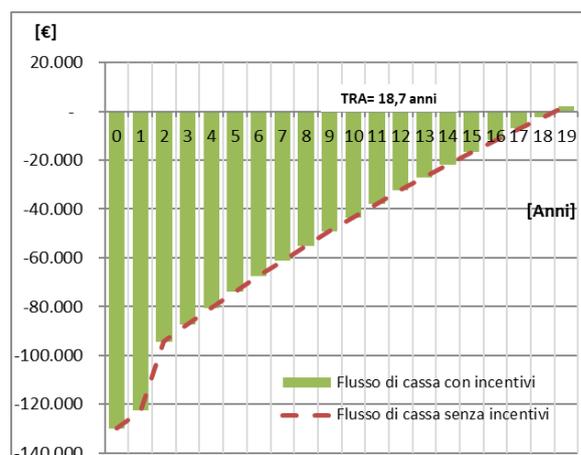


Figura 9.12 – EEM6: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento risulta essere economicamente vantaggioso con un tempo di ritorno attualizzato pari a 18,7.

Sintesi

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

Tabella 9.13 – 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]	[€]	[%]	[-]
EEM 1	12,1	12,9	6.796	0	0	-498.044	54,2	79,7	30	-319.812	-4,3	-0,6
EEM 2	5,5	5,8	3.067	0	0	-108.460	31,3	49,4	30	-43.925	-0,3	-0,4
EEM 3	15,3	16,2	8.561	0	0	-582.798	51,5	76,3	30	-364.371	-3,9	-0,6
EEM 4	5,3	5,6	2.942	10.200	2.712	-63.293	4,2	4,7	15	88.764	21,8	1,4
EEM 5	17,7	16,4	9.940	0	0	-70.544	8,0	9,2	8	-9.683	0,0	-0,1
EEM 6	16,5	15,2	9.258	0	0	-126.154	13,0	18,7	20	2.106	4,2	0,0

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;

- Δ_{CMO} è la variazione di costo annuo attribuibile al nuovo costo per la gestione e la manutenzione ordinaria; assume valori positivi per un decremento e valori negativi per un incremento;
- Δ_{CMS} è la variazione di costo annuo attribuibile al nuovo costo previsto per la manutenzione straordinaria; assume valori positivi per un decremento e valori negativi per un incremento;
- I_0 è il valore dell’investimento iniziale per la realizzazione dell’intervento; assume valori negativi;

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

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

	CON INCENTIVI											
	% ΔE	% Δ_{CO2}	ΔC_E	ΔC_{MO}	ΔC_{MS}	I_0	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]
EEM 1	12,1	12,9	6.796	0	0	-498.044	35,4	46,9	30	-185.119	-1,8	-0,4
EEM 2	5,5	5,8	3.067	0	0	-108.460	17,7	31,5	30	-5.297	3,3	0,0
EEM 3	15,3	16,2	8.561	0	0	-582.798	40,0	55,4	30	-275.334	-2,6	-0,5
EEM 4	5,3	5,6	2.942	10.200	2.712	-63.293	3,0	3,4	15	111.305	28,4	1,8
EEM 5	17,7	16,4	9.940	0	0	-70.544	4,4	4,9	8	15.441	10,3	0,2
EEM 6	16,5	15,2	9.258	0	0	-126.154	13,0	18,7	20	2.106	4,2	0,0

Dall’analisi dei risultati emerge che i singoli interventi che risultano economicamente vantaggiosi e tecnicamente fattibili sono l’EEM4, l’EEM5, l’EEM6, seppur con un tempo di ritorno attualizzato maggiore della metà della vita utile dell’intervento stesso, tranne che per l’EEM4.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Dove:

- 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: [EEM1 + EEM2 + EEM4 + EEM5]:** Tale scenario consiste nell’isolamento delle pareti esterne, l’isolamento della copertura, sostituzione del generatore di calore e installazione di nuove plafoniere con lampade led;
- **Scenario 2: [EEM1 + EEM2 + EEM4 + EEM5 + EEM6]:** Tale scenario consiste nell’isolamento delle pareti esterne, l’isolamento della copertura, sostituzione del generatore di calore, l’installazione di nuove plafoniere con lampade led e di un impianto fotovoltaico.

9.3.1 Scenario 1: EEM1 + EEM2 + EEM4 + EEM5

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

- EEM1: Isolamento delle pareti esterne
- EEM2: Isolamento della copertura;
- EEM4: Sostituzione del generatore di calore con installazione delle valvole termostatiche;
- EEM5: Installazione di nuove plafoniere con lampade led.

Tabella 9.15 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA AL 22% [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
EEM1 – Fornitura e Posa	380.497,43	83.709,44	464.206,87
EEM2 – Fornitura e Posa	88.901,46	19.558,32	108.459,78
EEM4 – Fornitura e Posa	47.162,99	10.375,86	57.538,85
EEM5 – Fornitura e Posa	57.823,08	12.721,08	70.544,16
Costi per la sicurezza	17.231,55	3.790,94	21.022,49
Costi per la progettazione	40.206,95	8.845,53	49.052,48

TOTALE (I ₀)	631.823,46	139.001,16	770.824,62
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO} (IVA INCLUSA)	C _{MS} (IVA INCLUSA)	C _M (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 O&M	-	-	-
EEM2 O&M	-	-	-
EEM4 O&M	6.882	1.829	8.711
EEM5 O&M	-	-	-
TOTALE (C_M)	6.882	1.829	8.711
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	
		[€]	
Incentivi	[Conto termico]	248.197,93	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		49.639,59	

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

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

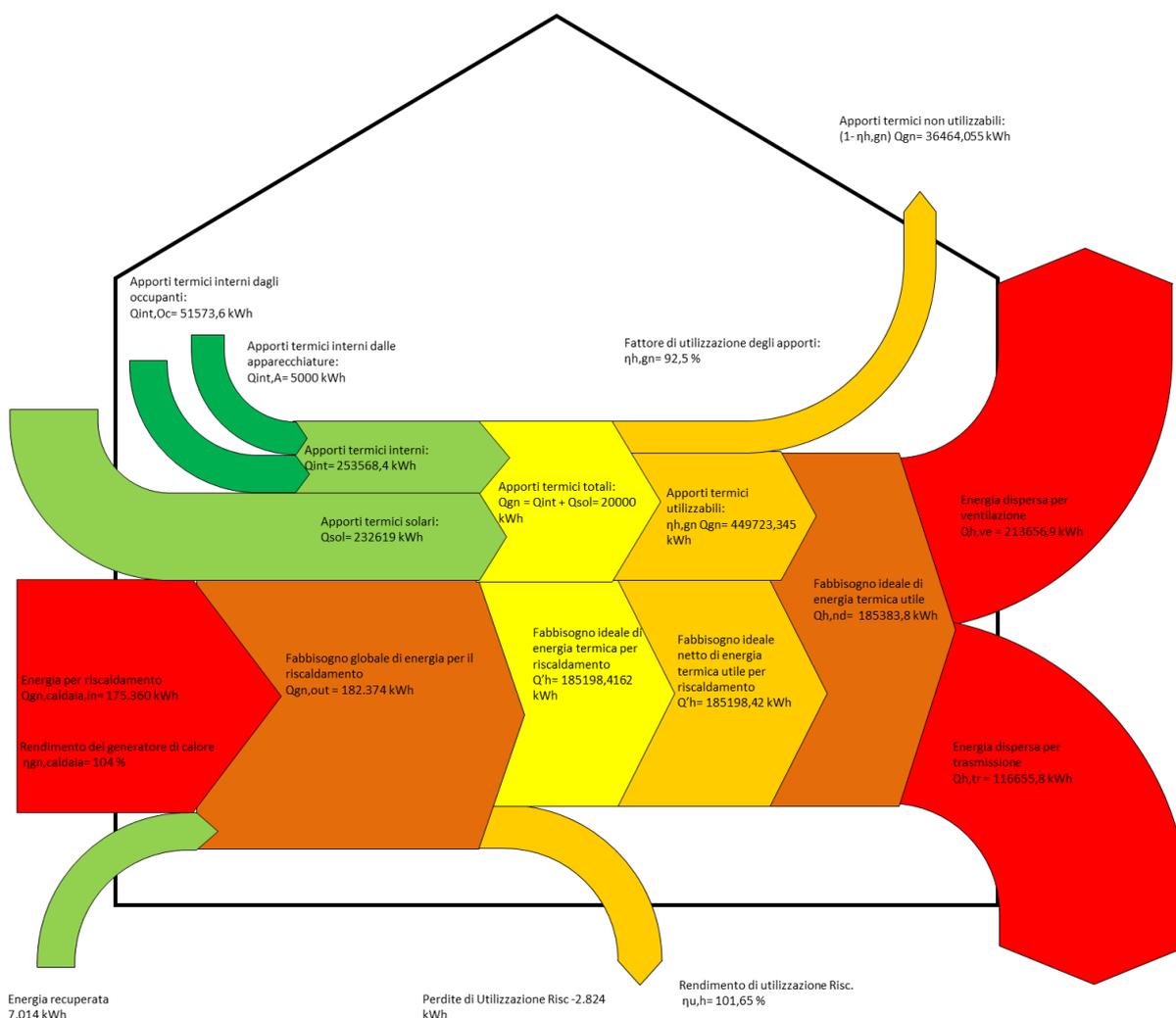
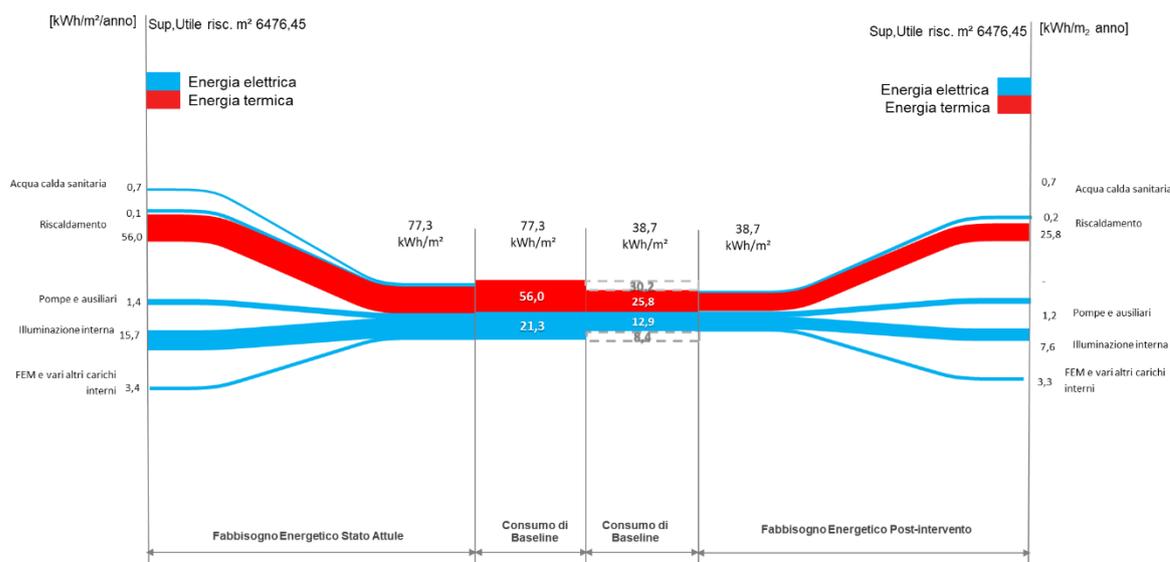


Figura 9.14 – SCN1: Bilancio energetico complessivo dell'edificio post intervento



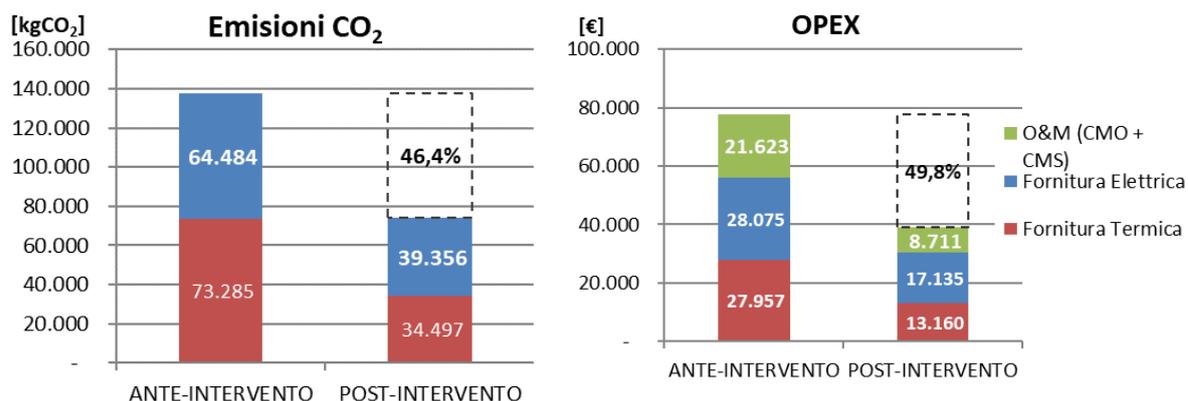
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella tabella 9.16. e nella figura 9.15.

Tabella 9.16 – Risultati analisi SCN1

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EM1 [trasmissione parete]	[W/m ² K]	1,23	0,24	80,5%
EM2 [trasmissione copertura]	[W/m ² K]	1,65	0,22	86,7%
EM4 [Rendimento generazione calore]	[%]	93	104	11,8%
EM5 [Potenza installata]	[W]	4.977	2.488	50,0%
Q _{teorico}	[kWh]	381.188	179.435	52,9%
EE _{teorico}	[kWh]	143.736	87.725	39,0%
Q _{baseline}	[kWh]	362.795	170.777	52,9%
EE _{Baseline}	[kWh]	138.080	84.273	39,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	73.285	34.497	52,9%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	64.484	39.356	39,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	137.768	73.853	46,4%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	27.957	13.160	52,9%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	28.075	17.135	39,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	56.032	30.295	45,9%
C _{MO}	[€]	17.082	6.882	59,7%
C _{MS}	[€]	4.541	1.829	59,7%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	21.623	8.711	59,7%
OPEX	[€]	77.654	39.005	49,8%
Classe energetica	[-]	E	C	+2 classi

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,077 [€/kWh] per il vettore termico e 0,203 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 9.15 - SCN1: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



E' stato quindi possibile presentare un modello semplificato di Piano Economico Finanziario (PEF) indicativo, i cui calcoli di dettaglio sono riportati all'Allegato L – Piano Economico Finanziario scenari. I risultati dell'analisi sono riportati nella Tabella 9.17, Tabella 9.18 e Tabella 9.19 e nelle successive figure.

Tabella 9.17 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello

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	16
Anni Equity	n_E	14
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_0	€ 770.825
Oneri Finanziari (costi indiretti)	$\%Of$	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 23.125
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 793.949
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€ 635.159
Equity	I_E	€ 158.790
Fattore di annualità Debito	FA_D	11,96
Rata annua debito	q_D	€ 53.109
Costo finanziamento,(D+INT _D)	$q_D * n_D$	€ 849.737
Costi per interessi debito, INT _D	INT_D=q_D*n_D-D	€ 214.578

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

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€ 56.032
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€ 21.623
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€ 77.654
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$	45,9%
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$	59,7%
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$	1,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€ 35.429
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€ 777
Risparmio PA durante la concessione	14%	€ 142.046
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€ 46.242
N° di Canoni annuali	anni	14
Utile lordo della ESCO	$\% CAPEX$	-17,15%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	-€ 9.728
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€ 15.327
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€ 29.054
Canone O&M €/anno	CnM	€ 9.048
Canone Energia €/anno	CnE	€ 33.177
Canone Servizi €/anno IVA escl.	CnS	€ 42.225
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	CnD	€ 34.653
Canone Totale €/anno IVA escl.	Cn	€ 76.878
Aliquota IVA %	IVA	22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€ 139.001
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€ 248.198
Durata Incentivi, anni	n_B	5
Inizio erogazione Incentivi, anno		2022

Tabella 9.19 – 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.	12,56
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	19,30
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	-€ 78.809
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC	1,82%
Indice di Profitto	IP	-10,22%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC , Anni	T.R.S.	3,02
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	3,68
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€ 6.864
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke	5,31%
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3	1,188
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1	0,497
Indice di Profitto Azionista	IP	0,89%

Figura 9.16 –SCN1: Flussi di cassa del progetto

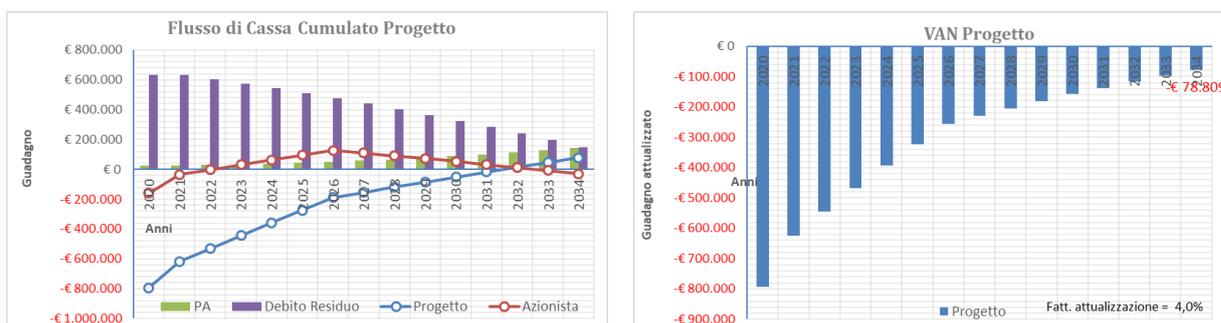
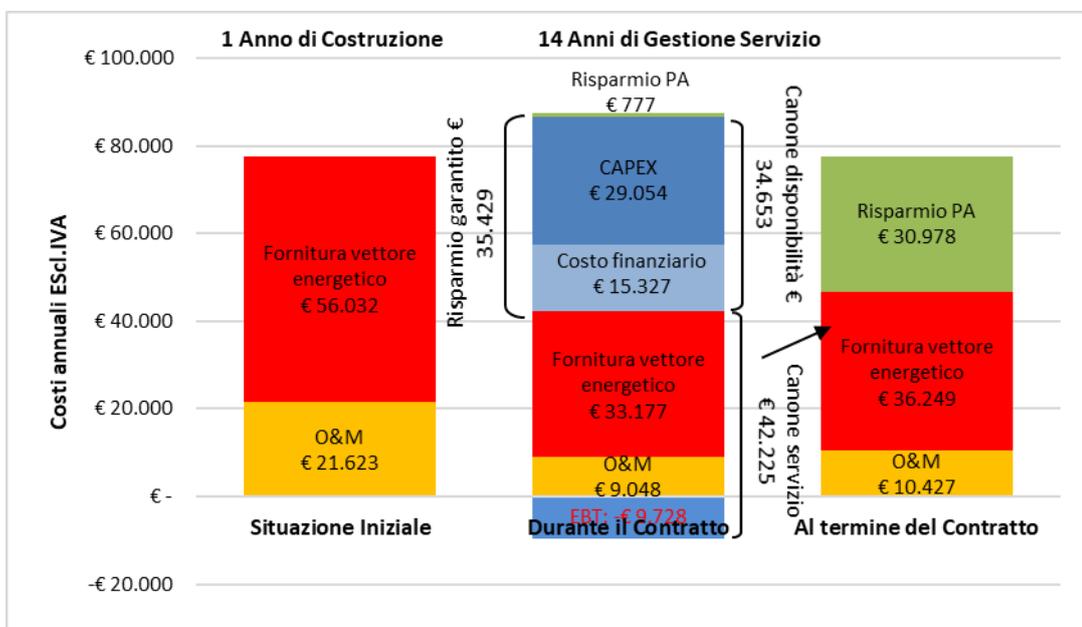


Figura 9.17 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



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

Figura 9.18 – Scenario 1: Schema di Energy Performance Contract



9.3.2 Scenario 2: EEM1 + EEM2 + EEM4 + EEM5 + EEM6

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

- EEM1: Isolamento delle pareti esterne
- EEM2: isolamento della copertura;

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

Tabella 9.20 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA AI 22% [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
EEM1 – Fornitura e Posa	380.497,43	83.709,44	464.206,87
EEM2 – Fornitura e Posa	88.901,46	19.558,32	108.459,78
EEM4 – Fornitura e Posa	47.162,99	10.375,86	57.538,85
EEM5 – Fornitura e Posa	57.823,08	12.721,08	70.544,16
EEM6 – Fornitura e Posa	94.004,18	20.680,92	114.685,10
Costi per la sicurezza	19.809,22	4.358,03	24.167,24
Costi per la progettazione	46.221,50	10.168,73	56.390,23
TOTALE (I₀)	726.337,92	159.794,34	886.132,26
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO} (IVA INCLUSA) [€]	C _{MS} (IVA INCLUSA) [€]	C _M (IVA INCLUSA) [€]
EEM1 O&M	-	-	-
EEM2 O&M	-	-	-
EEM4 O&M	6.882	1.829	8.711
EEM5 O&M	-	-	-
EEM6 O&M	-	-	-
TOTALE (C_M)	6.882	1.829	8.711
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]	
Incentivi	[Conto termico]	248.197,93	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		49.639,59	

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

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

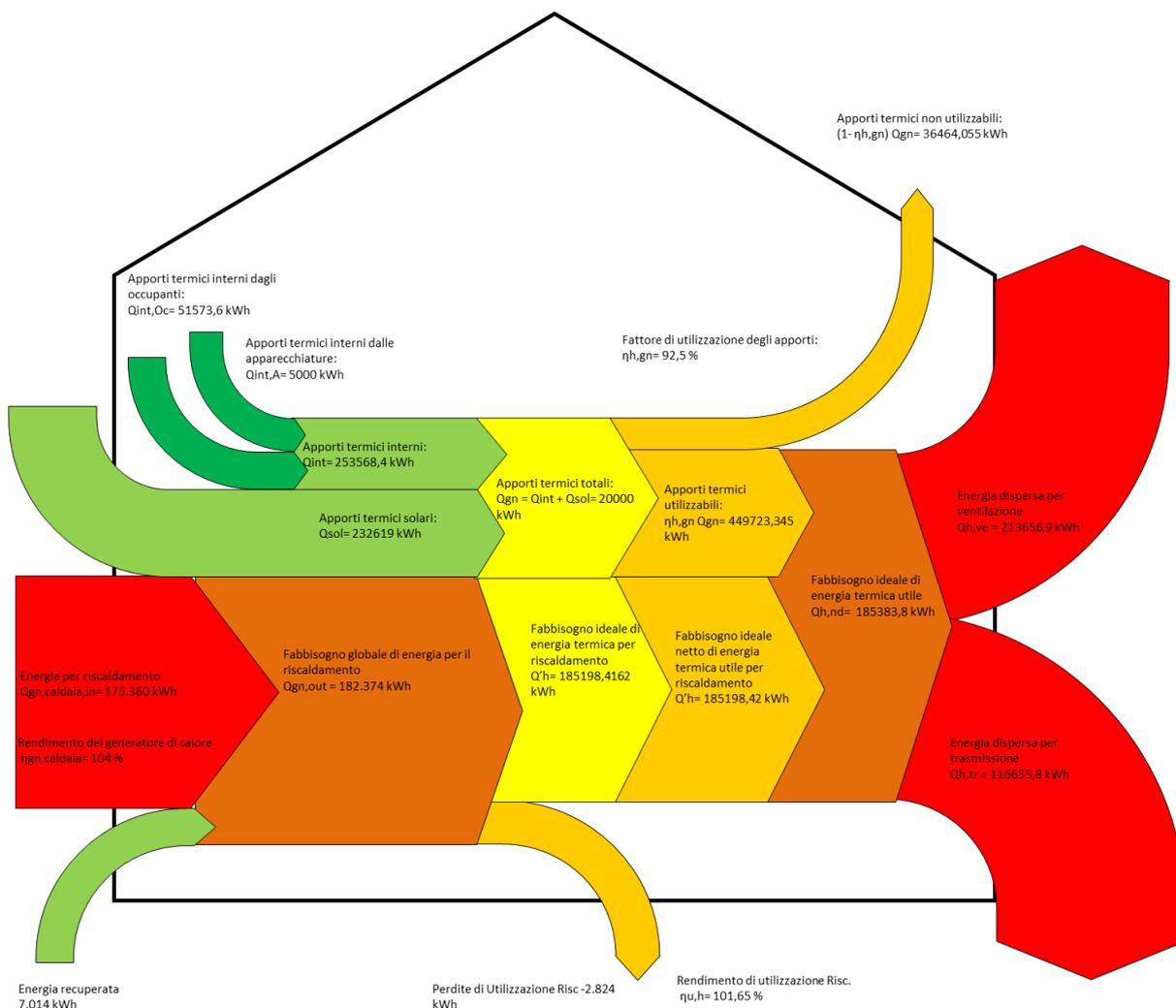
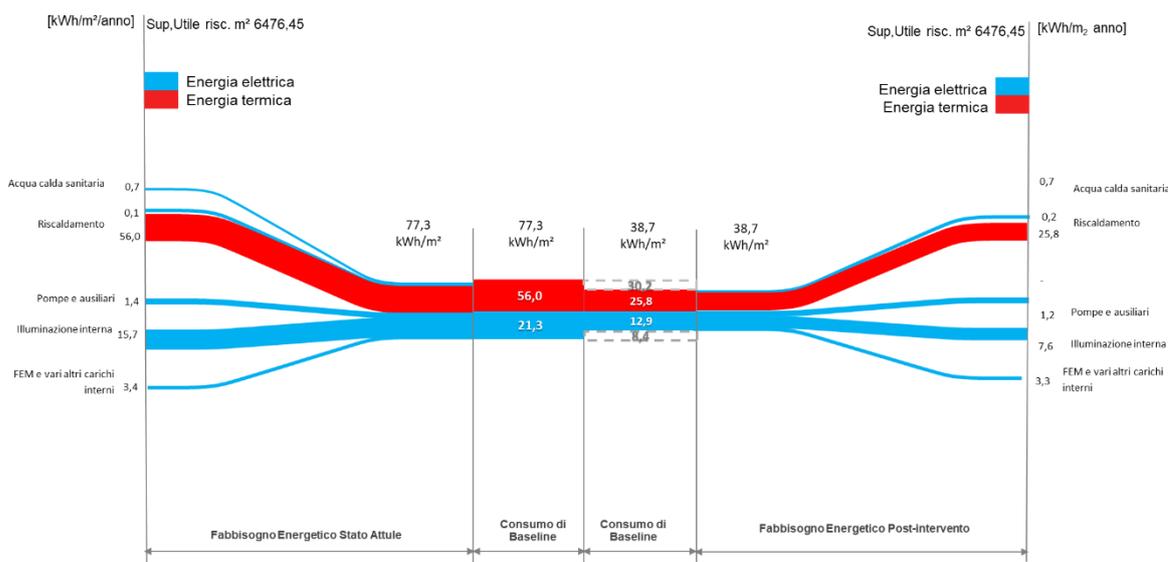


Figura 9.20 – SCN2: Bilancio energetico complessivo dell'edificio post intervento



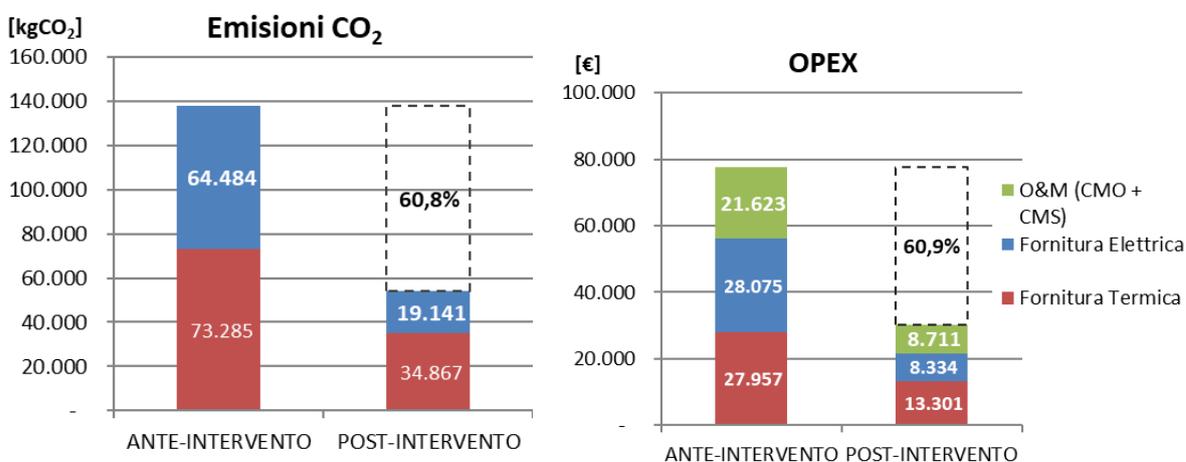
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario 2 sono riportati nella Tabella 9.21 e nella figura 9.21.

Tabella 9.21 – Risultati analisi SCN2

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EM1 [trasmissione parete]	[W/m²K]	1,23	0,24	80,5%
EM2 [trasmissione copertura]	[W/m²K]	1,65	0,22	86,7%
EM4 [Rendimento generazione calore]	[%]	93	104	11,8%
EM5 [Potenza installata]	[W]	4.977	2.488	50,0%
EM6 [Potenza installata]	[W]	-	52.000	100,0%
Q _{teorico}	[kWh]	381.188	181.361	52,4%
EE _{teorico}	[kWh]	143.736	42.667	70,3%
Q _{baseline}	[kWh]	362.795	172.610	52,4%
EE _{Baseline}	[kWh]	138.080	40.988	70,3%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	73.285	34.867	52,4%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	64.484	19.141	70,3%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	137.768	54.009	60,8%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	27.957	13.301	52,4%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	28.075	8.334	70,3%
Fornitura Energia, C_E	[€]	56.032	21.635	61,4%
C _{MO}	[€]	17.082	6.882	59,7%
C _{MS}	[€]	4.541	1.829	59,7%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	21.623	8.711	59,7%
OPEX	[€]	77.654	30.346	60,9%
Classe energetica	[-]	E	B	+3 classi

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,077 [€/kWh] per il vettore termico e 0,203 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 9.21 – SCN2: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



E' stato quindi possibile presentare un modello semplificato di Piano Economico Finanziario (PEF) indicativo, i cui calcoli di dettaglio sono riportati all'Allegato L – Piano Economico Finanziario scenari. I risultati dell'analisi sono riportati nella Tabella 9.17, Tabella 9.18 e Tabella 9.19 e nelle successive figure.

Tabella 9.22 – 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	15
Anni Equity	n_E	24
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_0	€ 886.132
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 26.584
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 912.716
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€ 730.173
Equity	I_E	€ 182.543
Fattore di annualità Debito	FA_D	11,41
Rata annua debito	q_D	€ 64.013
Costo finanziamento,(D+INT _D)	$q_D * n_D$	€ 960.199
Costi per interessi debito, INT _D	INT_D=q_D*n_D-D	€ 230.026

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

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€ 56.032
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€ 21.623
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	C_{Baseline}	€ 77.654
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	%ΔC_E	61,4%
Riduzione% costi O&M	%ΔC_M	59,7%
Obiettivo riduzione spesa PA	%C_{Baseline}	2,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€ 43.163
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€ 1.553
Risparmio PA durante la concessione	14%	€ 386.627
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€ 63.797
N° di Canoni annuali	anni	24
Utile lordo della ESCO	%CAPEX	28,91%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	€ 10.996

Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€ 9.584
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€ 21.030
Canone O&M €/anno	CnM	€ 9.280
Canone Energia €/anno	CnE	€ 25.211
Canone Servizi €/anno IVA escl.	CnS	€ 34.491
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	CnD	€ 41.610
Canone Totale €/anno IVA escl.	Cn	€ 76.101
Aliquota IVA %	IVA	22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€ 159.794
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€ 248.198
Durata Incentivi, anni	n_B	5
Inizio erogazione Incentivi, anno		2022

Tabella 9.24 – 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.	12,53
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	19,10
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€ 97.620
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC	5,47%
Indice di Profitto	IP	11,02%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	12,23
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	12,58
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€ 42.008
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke	17,07%
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3	1,090
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1	1,205
Indice di Profitto Azionista	IP	4,74%

Figura 9.22 –SCN2: Flussi di cassa del progetto

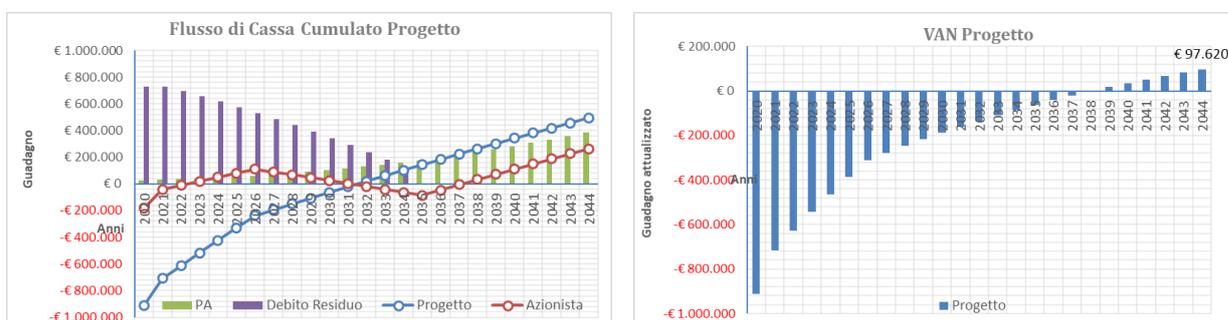
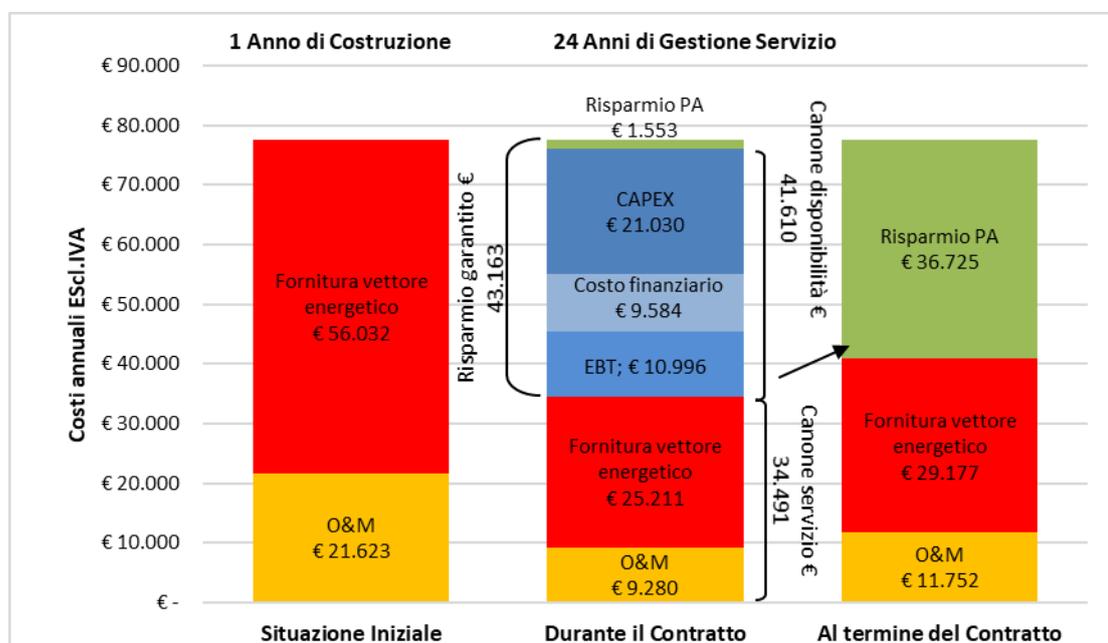


Figura 9.23 – SCN2: Flussi di cassa dell'azionista



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

Figura 9.24 – Scenario 2: 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}	99,2	kWh/mq anno	199,9	kWh/mq anno
Indice di prestazione energetica per il riscaldamento invernale	EP _H	65,3	kWh/mq anno	160,3	kWh/mq anno
Indice di prestazione energetica per la produzione di acs	EP _{acs}	1,4	kWh/mq anno	1,7	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	31,9	kWh/mq anno	37,3	kWh/mq anno
Indice di prestazione energetica per il trasporto di persone o cose	EP _{Tr}	0,6	kWh/mq anno	0,6	kWh/mq anno
Indice di energia termica totale	EP _T	59,1	kWh/mq anno	148,6	kWh/mq anno
Indice di energia elettrica totale	EE	22,2	kWh/mq anno	22,2	kWh/mq anno
Indice di prestazione termica per il riscaldamento	ET _H	59,1	kWh/mq anno	148,6	kWh/mq anno
Indice di prestazione termica per il raffrescamento	ET _C	0,0	kWh/mq anno	0,00	kWh/mq anno
Indice di prestazione termica per la produzione di acs	ET _W	0,7	kWh/mq anno	0,9	kWh/mq anno
Emissioni equivalenti di CO2	CO _{2eq}	21,9	Kg/mq anno	40,4	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*	95.203,81	17,78	-1,8%	-0,37	35,35	-185.118,55	-0,18
EEM 2*	41.114,73	8,02	3,3%	-0,05	17,68	-5.297,04	-0,02
EEM 3*	130.824,29	22,38	-2,6%	-0,47	40,04	-275.334,07	-0,24
EEM 4	53.754,53	7,76	28,4%	1,76	2,96	111.305,05	0,50
EEM 5	107.509,07	22,55	10,3%	0,22	4,37	15.441,18	0,18
EEM 6	81.603,27	20,98	4,2%	0,02	12,98	2.106,22	0,08
SCN1*	319.936,63	63,92	1,8%	-0,10	12,56	-78.808,72	0,30
SCN2	383.405,84	83,76	5,5%	0,11	12,53	97.619,89	0,62

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’EEM4.

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

10.2.2 Piani di misure e verifiche per accertare i risparmi

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

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

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

- valutare l’efficacia e l’efficienza dell’uso delle risorse investite per raggiungere l’obiettivo dell’iniziativa;
- garantire la corretta gestione del Contratto stipulato con la ESCO. I dati utilizzati per calcolare i pagamenti devono essere veritieri e garantire, trasparenza e tracciabilità;
- come esempio per replicare l’iniziativa e dimostrarne l’efficacia.

Il Sistema di Monitoraggio e Verifica delle Prestazioni prevede:

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

Il report annuale di monitoraggio dovrà contenere gli elementi seguenti:

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

10.3 CONCLUSIONI E COMMENTI

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



ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA

Titolo	Data	Nome file
Allegato A - Elenco documentazione fornita dalla committenza	07/06/18	DE_Lotto.3-E401_revA-AllegatoA.docx



ALLEGATO B – ELABORATI

Titolo	Descrizione	Data	Nome file
Contesto geografico e urbano e zone termiche	Contesto geografico	07/06/18	DE_Lotto.3-E401_revA-AllegatoB-Zone termiche e contatori.dwg
Analisi fatture dell'energia elettrica	Analisi fatture EE	07/06/18	DE_Lotto.3-E401_revA-AllegatoB-Analisi fatture di energia elettrica.xlsx
Analisi fatture dell'energia termica	Analisi fatture GAS	07/06/18	DE_Lotto.3-E401_revA-AllegatoB-Analisi fatture di energia termica.xlsx
Riepilogo dati fatture rilevati dall'auditor	Dati consumi termici ed elettrici	07/06/18	kyotoBaseline-E401_rev10.xlsx



ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

Titolo	Data	Nome file
Allegato C – Report di indagine termografica	07/06/18	DE_Lotto.3-E401_revA-AllegatoC.docx



ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI

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



ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI

Titolo	Data	Nome file
Relazione di calcolo, fabbisogno di energia e diagnosi energetica rilasciati dal software	07/06/18	DE_Lotto.3-E401_revA-AllegatoE.pdf



ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

Titolo	Data	Nome file
Certificato di conformità Namirial Termo	07/06/18	DE_Lotto.3-E401_revA-Allegato F.pdf



ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

Titolo	Data	Nome file
Attestato di prestazione energetica	07/06/18	DE_Lotto.3-E401_revA-AllegatoG-APE.pdf



ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

Titolo	Data	Nome file
Attestato di prestazione energetica	07/06/18	DE_Lotto.3._E401_revA-Allegato H-APE SCN1.pdf
Attestato di prestazione energetica	07/06/18	DE_Lotto.3._E401_revA-Allegato H-APE SCN2.pdf



ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

	Titolo	Data	Nome file
Dati climatici		08/05/18	GG_Lotto.3-E116_revB.xlsx



ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

Titolo	Data	Nome file
Scheda Audit	07/06/18	DE_Lotto3-E401_revB_AllegatoJ-Scheda audit.xlsx



ALLEGATO K – SCHEDE ORE

Titolo	Data	Nome file
Scheda ORE_isolamento pareti esterne	07/06/18	DE_Lotto.3-E401_revA-AllegatoK-Scheda ORE_EEM1.pdf
Scheda ORE_isolamento copertura piana	07/06/18	DE_Lotto.3-E401_revA-AllegatoK-Scheda ORE_EEM2.pdf
Scheda ORE_sostituzione infissi	07/06/18	DE_Lotto.3-E401_revA-AllegatoK-Scheda ORE_EEM3.pdf
Scheda ORE_sostituzione caldaie	07/06/18	DE_Lotto.3-E401_revA-AllegatoK-Scheda ORE_EEM4.pdf
Scheda ORE_valvole termostatiche	07/06/18	DE_Lotto.3-E401_revA-AllegatoK-Scheda ORE_EEM3&EEM4.pdf
Scheda ORE_lampade led	07/06/18	DE_Lotto.3-E401_revA-AllegatoK-Scheda ORE_EEM5.pdf
Scheda ORE_impianto fotovoltaico	07/06/18	DE_Lotto.3-E401_revA-AllegatoK-Scheda ORE_EEM6.pdf



ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI

Titolo	Data	Nome file
Analisi economica finanziaria degli scenari SCN1 e SCN2	08/05/18	DE_Lotto.3-E401_rev06-AllegatoL-Analisi PEF.xlsx



ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

Titolo	Data	Nome file
Report di benchamark	07/06/18	DE_Lotto.3-E401_revC-AllegatoM-Benchmark.docx



ALLEGATO N – CD-ROM