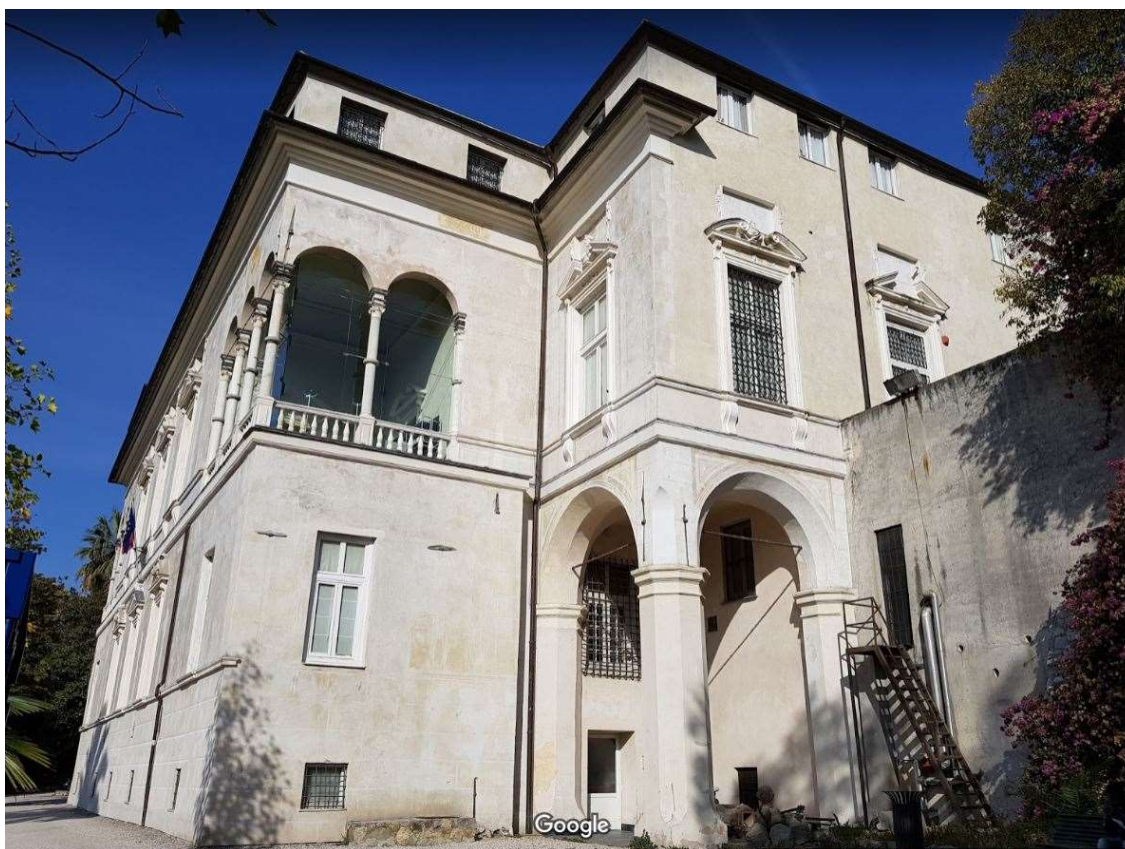


SCUOLA COMUNALE INFANZIA "RODARI" e PRIMAVERA TEMPO PIENO "RODARI" E493

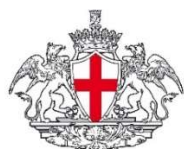
Via San Fruttuoso 74

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA
FONDO KYOTO - SCUOLA 3



Maggio 2018

COMUNE DI GENOVA
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER



COMUNE DI GENOVA

 eden
edilizia energetica

Scuola Comunale Infanzia "Rodari" e Primavera Tempo Pieno "Rodari" E493

Via San Fruttuoso 74

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	18/05/2018	Gruppo EDEN Srls	Ing. Sonia Subazzoli	Arch. Valentina Raisa	Prima emissione
Rev. B	06/06/2018	Gruppo EDEN Srls	Ing. Sonia Subazzoli	Arch. Valentina Raisa	Seconda emissione

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

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

INDICE

PAGINA

EXECUTIVE SUMMARY	V
INTRODUZIONE.....	1
1.1 PREMESSA	1
1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA	1
1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO.....	1
1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO.....	2
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO	3
1.6 STRUTTURA DEL REPORT	6
2 DATI DELL'EDIFICIO.....	7
2.1 INFORMAZIONI SUL SITO	7
2.2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE, SOCIO-ECONOMICO E DESTINAZIONE D'USO	7
2.3 VERIFICA DEI VINCOLI INTERFERENTI SULLE PARTI DELL'IMMOBILE INTERESSATE DAGLI 'INTERVENTI.....	8
2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO	10
3 DATI CLIMATICI	12
3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO.....	12
3.2 DATI CLIMATICI REALI.....	13
3.3 ANALISI DELL'ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO	13
4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI	15
4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO	15
<i>Involucro opaco</i>	<i>15</i>
<i>Involucro trasparente</i>	<i>16</i>
4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/ CLIMATIZZAZIONE INVERNALE	18
<i>Sottosistema di emissione</i>	<i>18</i>
<i>Sottosistema di regolazione.....</i>	<i>20</i>
<i>Sottosistema di distribuzione.....</i>	<i>21</i>
<i>Sottosistema di generazione.....</i>	<i>24</i>
4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA	25
4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO/CLIMATIZZAZIONE ESTIVA	27
4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA	27
4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE	28
4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE	29
4.8 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DI IMPIANTI DI PRODUZIONE ENERGIA ELETTRICA O COGENERAZIONE	30
5 CONSUMI RILEVATI	31
5.1 CONSUMI ENERGETICI STORICI PER CIASCUN VETTORE E CONNESSIONE ALLE RETI GAS NATURALE ED ELETTRICA.....	31
<i>Energia termica.....</i>	<i>31</i>
<i>Energia elettrica.....</i>	<i>35</i>
5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI	40
6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO.....	43
6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO	43
<i>Validazione del modello termico.....</i>	<i>44</i>
<i>Validazione del modello elettrico.....</i>	<i>45</i>
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI.....	45
6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI.....	47
7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO	50
7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI	50
<i>Vettore termico.....</i>	<i>50</i>
<i>Vettore elettrico.....</i>	<i>53</i>
7.2 TARiffe E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI.....	56

7.3	COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI	57
7.4	BASELINE DEI COSTI.....	57
8	IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA	59
8.1	DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI	59
8.1.1	<i>Involucro opaco</i>	59
8.1.2	<i>Impianto di riscaldamento.....</i>	60
8.1.3	<i>Impianto di illuminazione ed impianto elettrico.....</i>	62
9	VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA.....	64
9.1	ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI	64
9.2	ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI	66
9.3	IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D'INTERVENTO E SCENARI D'INVESTIMENTO	71
9.3.1	<i>Scenario 1: EEM1 + EEM3</i>	73
9.3.2	<i>Scenario 2: EEM1 + EEM2 + EEM3</i>	79
10	CONCLUSIONI	85
10.1	RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA	85
10.2	RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI	85
10.2.1	<i>Priorità delle interazioni proposte e programma di attuazione:.....</i>	85
10.2.2	<i>Piani di misure e verifiche per accertare i risparmi</i>	86
10.3	CONCLUSIONI E COMMENTI.....	87
	ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA.....	A
	ALLEGATO B – ELABORATI	A
	ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA	1
	ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI	1
	ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI	1
	ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE	1
	ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA	1
	ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI.....	1
	ALLEGATO I – DATI CLIMATICI	1
	ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT.....	1
	ALLEGATO K – SCHEDE ORE.....	1
	ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI	1
	ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK.....	1
	ALLEGATO N – CD-ROM	1

EXECUTIVE SUMMARY

Caratteristiche dell'edificio oggetto della DE

Tabella 0.1 - Tabella riepilogativa dei dati dell'edificio

PARAMENTO	U.M.	VALORE
Anno di costruzione edificio		1500
Anno di ristrutturazione		2006
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E.7 (Edificio adibito ad attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili) E.4 (2) (Edificio adibito ad attività ricreative (mostre, musei, biblioteche, luoghi di culto))
Superficie utile riscaldata	[m ²]	2.002,92
Superficie disperdente (S)	[m ²]	5.489,90
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	13.376,27
Rapporto S/V	[1/m]	0,410
Superficie netta aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	2.532,23
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	3.021
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	326
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	3.347
Tipologia generatore riscaldamento		Generatori tradizionali a basamento + Caldaia murale + Pompa di calore
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	Due caldaie standard a basamento autonome: una da 230 kW a servizio della scuola, una da 131 kW a servizio della biblioteca. Potenza totale impianto pari a 431 kW.
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	158
Tipo di combustibile		Gas naturale Energia elettrica
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Scalda acqua a gas + Boiler Elettrici
Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	119,55
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{th} /anno]	201.912
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	15.862
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	168.652
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	38.708

Nota (1): Valori di Baseline

Descrizione delle Misure di efficienza energetiche proposte:

- EEM 1: Isolamento sottotetto;
- EEM 2: Sostituzione dei generatori di calore e installazione di valvole termostatiche;
- EEM 3: Installazione di nuove plafoniere con lampade led;
- SCN 1: Isolamento sottotetto e installazione di lampade led;
- SCN 2: Isolamento sottotetto, installazione lampade led, sostituzione dei generatori di calore e installazione di valvole termostatiche.

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 _{MIO} €/anno	ΔC _{MS} €/anno	I ₀ [€]	TRS anni	TRA anni	n anni	VAN €	TIR %	IP -	DSCR	LLCR
EEM1	6,0%	7,0%	3.266,0	0,0	0,0	-43.835,3	7,5	9,0	30	31.949,6	12,3%	0,7	[n/a]	[n/a]
EEM2	4,8%	5,6%	2.598,4	1.409,6	156,6	-31.472,3	4,0	4,9	15	23.423,9	18,3%	0,9	[n/a]	[n/a]
EEM3	12,2%	11,3%	6.646,2	0,0	0,0	-48.299,2	3,9	4,5	8	11.126,6	12,4%	0,2	[n/a]	[n/a]
SCN1	18,9%	19,2%	10.315,2	0,0	0,0	-92.134,6	6,1	7,7	15	15.357,6	8,8%	0,2	1,104	1,342
SCN2	22,0%	23,2%	12.018,7	1.409,6	156,6	-123.606,8	6,1	7,7	25	32.931,9	10,5%	0,3	1,172	1,277

Figura 0.1 – Scenario 1: analisi finanziaria

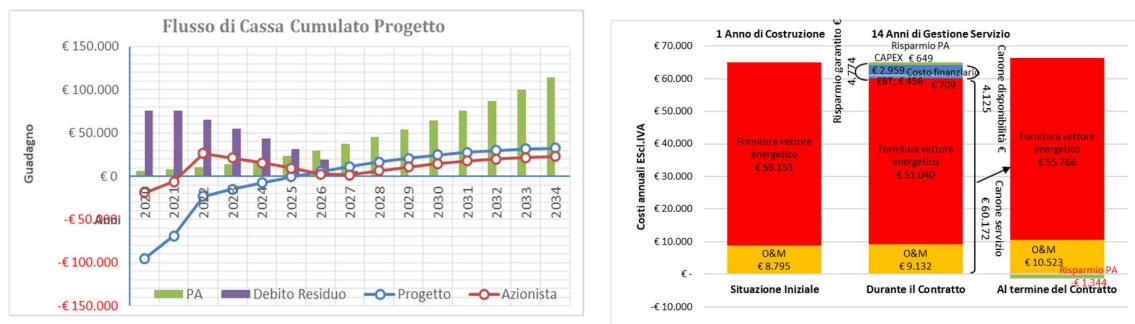


Figura 0.2 – Scenario 2: analisi finanziaria



Gli interventi analizzati coinvolgono sia l’involucro sia l’impianto nel rispetto dei vincoli dell’edificio oggetto di DE. Gli scenari ottenuti sono stati condizionati dai requisiti imposti dalla committenza, rispettando i tempi di ritorno rispettivamente inferiori a 15 e 25 anni. Tuttavia i due scenari non rispettano il vincolo del superamento di due classi energetiche, poiché il valore storico e artistico dell’edificio non permette di intervenire sull’involucro, se non limitatamente a quanto proposto nell’EEM1. Inoltre gli impianti a servizio dell’edificio sono stati installati nel 2004, quindi non hanno raggiunto un’obsolescenza tale da rendere conveniente la loro sostituzione. Si è proposta comunque la sostituzione delle due caldaie con generatori a basamento a condensazione poiché si otterrebbe un interessante risparmio energetico.

Entrambi gli scenari proposti prevedono interventi che coinvolgono sia l’involucro edilizio sia gli impianti termico ed elettrico. 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).

INTRODUZIONE

1.1 PREMESSA

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

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

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

Figura 0.1 - Vista della facciata [esposta a Sud]



1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA

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

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

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

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

1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO

La presente DE è stata eseguita dal Gruppo Eden srls il cui responsabile per il processo di audit è l'Arch. Valentina Raisa, soggetto certificato Esperto in Gestione dell'Energia (EGE) ai sensi della norma UNI CEI 11339.

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

Tabella 0.1 – Soggetti coinvolti nella realizzazione del processo di Audit

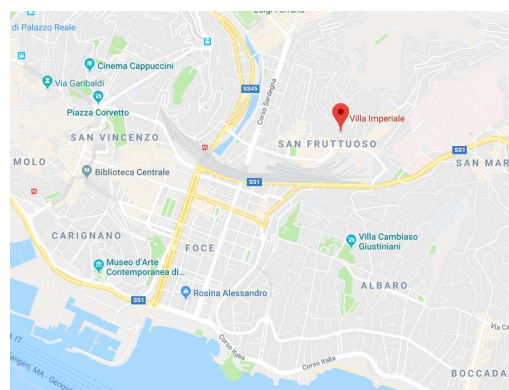
NOME E COGNOME	RUOLO	ATTIVITÀ SVOLTA
Ing. Eugenio Ardeni	TA – Tecnico dell’analisi preliminare	Analisi del capitolato tecnico del bando e preparazione materiale per il sopralluogo
Ing. Sara Finardi	TR – Tecnico del rilievo	Sopralluogo in sito
Ing. Eleonora Cintura	TR – Tecnico del rilievo	Sopralluogo 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. 51 Mapp. 113 Sub 1, è sito nel Comune di Genova e più precisamente nel quartiere San Fruttuoso, in via San Fruttuoso 74.

L’edificio, denominato Villa Imperiale, è di proprietà del Comune di Genova ed è attualmente adibito in parte a sede della Scuola Comunale dell’Infanzia “G. Rodari” e in parte a sede della biblioteca comunale “Lercari”.

Figura 0.2 – Ubicazione dell’edificio



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

Tabella 0.2 - Tabella riepilogativa dei dati dell’edificio

PARAMENTO	U.M.	VALORE
Anno di costruzione edificio		1500
Anno di ristrutturazione		2006
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E.7 (Edificio adibito ad attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili) E.4 (2) (Edificio adibito ad attività ricreative (mostre, musei, biblioteche, luoghi di culto))
Superficie utile riscaldata	[m ²]	2.002,92
Superficie disperdente (S)	[m ²]	5.489,90
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	13.376,27
Rapporto S/V	[1/m]	0,410
Superficie netta aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	2.532,23
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	3.021

scaldate)		
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	326
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	3.347
Tipologia generatore riscaldamento	Generatori tradizionali a basamento + Caldaia murale + Pompa di calore	
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	Due caldaie standard a basamento autonome: una da 230 kW a servizio della scuola, una da 131 kW a servizio della biblioteca. Potenza totale impianto pari a 431 kW.
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	158
Tipo di combustibile	Gas naturale Energia elettrica	
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)	Scalda acqua a gas + Boiler Elettrici	
Emissioni CO ₂ di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	119,55
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{th} /anno]	201.912
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	15.862
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	168.652
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	38.708

Nota (1): Valori di Baseline

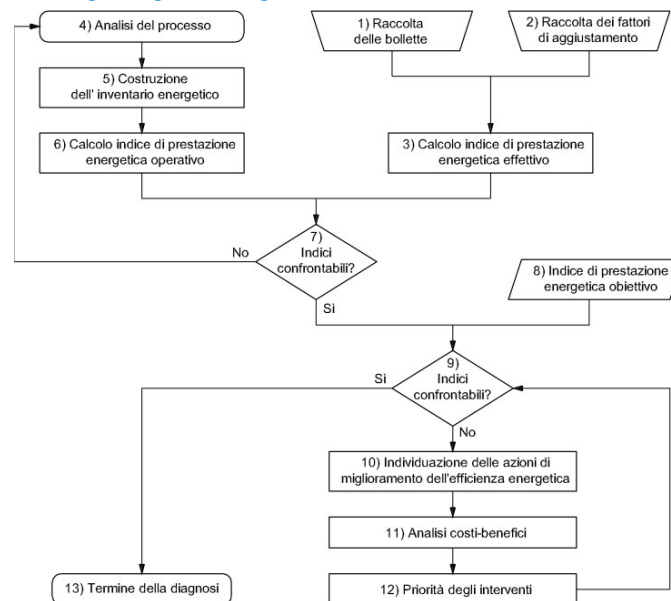
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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

- Acquisizione della documentazione utile, fornita dalla PA, come riportato all'Allegato A – Elenco documentazione fornita dalla committenza;
- Analisi del quadro normativo di riferimento, incluso la verifica dei vincoli ambientali, storici, archeologici e paesaggistici interferenti sull'immobile interessato dall'intervento;
- Visita agli edifici, effettuata in data 22/11/2017 con verifica degli elaborati forniti e rilievo dei dati relativi alle caratteristiche degli elementi disperdenti ed impiantistici costituenti il sistema edificio-impianto;
- Visita alla centrale termica e/o frigorifera, con il supporto del personale incaricato della conduzione e manutenzione degli impianti e rilevamento dei dati utili;
- Preparazione e compilazione delle schede di Audit previste per la diagnosi di livello II di cui all'appendice A delle LGEE - Linee Guida per l'Efficienza Energetica negli Edifici - sett. 2013 - elaborato da AiCARR per Agesi, Assisat, Assopetroli e Assoenergia, e riportate all'Allegato J – Schede di audit;
- Elaborazione del comportamento termico ed elettrico dell'edificio, realizzata utilizzando il software commerciale Namirial Termo 4.2, rilasciato dalla Namirial Spa in possesso di certificato di conformità rilasciato dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI) in data 29/06/2016, protocollo n.71, come rispondente alle specifiche tecniche UNI TS 11300, ai sensi del D.lgs. 192/05 e s.m.i. e riportato all'Allegato F – Certificato CTI Software;
- Analisi dei profili annuali di consumi e costi dei servizi energetici reali dell'edificio, comprensivi della fornitura dei vettori energetici sia elettrici che di gas e degli oneri di O&M, relativamente alle annualità 2014-2015-2016;
- Analisi dei dati climatici reali del sito ove è ubicato l'edificio con conseguente calcolo dei Gradi Giorno reali (GG_{real}), utilizzando le temperature esterne rilevate dalla stazione meteo dell'Università di Genova e riportati all'Allegato I – Dati climatici;
- Individuazione della "baseline termica" di riferimento (e relative emissioni di CO₂) tramite opportuna ripartizione del consumo di combustibile tra le varie utenze a servizio dell'edificio e

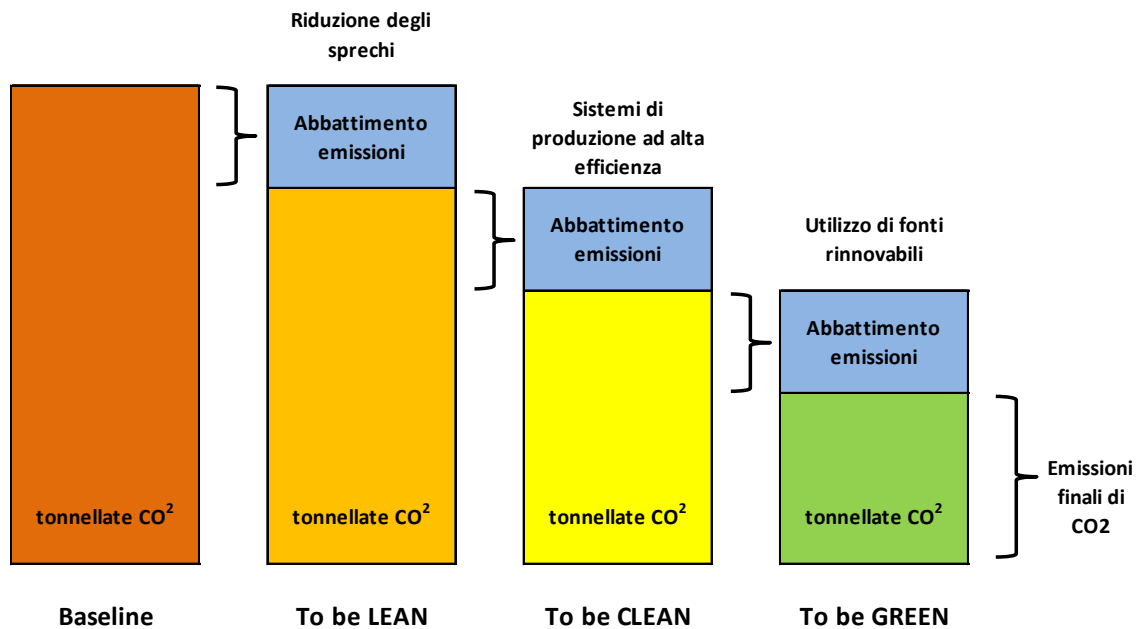
- destagionalizzazione dello stesso, utilizzando i relativi GG reali (GG_{real}), e conseguente normalizzazione secondo i GG di riferimento (GG_{rif});
- j) Individuazione della "baseline elettrica" di riferimento (e relative emissioni di CO_2) calcolata sulla media aritmetica dei valori relativi ai 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 inferiori uguale rispettivamente a 25 e a 15 anni.
 - o) Analisi costi-benefici e di redditività finanziaria derivanti dalla realizzazione delle EEM previste singolarmente, con riferimento ai principali indicatori finanziari ed ai possibili sistemi di incentivazione;
 - p) Valutazione economico-finanziaria dei due scenari ottimali previsti, a partire dal "baseline di costi" e con riferimento ai principali indicatori finanziari e di sostenibilità finanziari ed ai possibili sistemi di incentivazione;
 - q) Identificazione dell'eventuale canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale attraverso un Energy Performance Contract, con lo scopo di analizzare il possibile interesse nella realizzazione degli interventi studiati, tramite l'intervento di una ESCO;
 - r) Realizzazione di una relazione tecnica descrittiva di dettaglio dell'analisi effettuata (Rapporto di DE);
 - s) Realizzazione di un report dei Benchmark.

Figura 0.3 – Schema metodologia diagnosi energetica ai sensi della norma UNI CEI 16247



Per la definizione di soluzioni integrate, la priorità con cui sono state analizzate la combinazione di possibili EEM è quella definita dal modello di gerarchia energetica riportato in Figura 0.4

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



Secondo tale modello possono essere definite delle strategie di intervento al fine di conseguire un efficace riduzione dei consumi energetici e conseguente abbattimento delle emissioni di CO₂, secondo tre livelli consequenziali:

- **To be Lean:** Utilizzo di EEM che limitino gli sprechi ed ottimizzino il funzionamento del sistema edificio-impianto (es: illuminazione a led, coibentazione strutture, efficientamento serramenti, termoregolazione, variazioni nelle modalità di utilizzo, ecc.);
- **To be Clean:** Aumento dell'efficienza dei sistemi di produzione in loco dell'energia tramite lo sfruttamento di tecnologie ad alto rendimento (es: sostituzione generatore di calore con uno ad alta efficienza, chiller ad alta efficienza, teleriscaldamento, teleraffrescamento, cogenerazione);
- **To be Green:** Produzione di energia da fonti rinnovabili (es: pompe di calore, fotovoltaico, ecc.).

Secondo questo modello di gerarchia energetica non è raccomandato riqualificare gli impianti di generazione della climatizzazione e gli impianti rinnovabili se non a partire da rinnovate e ridotte condizioni del fabbisogno energetico, conseguenti all'adozione di EEM preliminari atte a ridurre il fabbisogno energetica primario.

Per tanto, nel caso di soluzioni integrate, dapprima si è valutata la fattibilità di ridurre gli sprechi mediante misure sull'involucro e sulla domanda d'utenza (anche relativamente ai sistemi di emissione, regolazione, distribuzione, accumulo), partendo dal baseline e a approdando a un nuovo valore di baseline ridotto, ("to Be Lean"). In seguito, da questo valore ridotto di baseline si è valutato il dimensionamento delle apparecchiature e il risparmio conseguibile dapprima dalle riqualificazioni degli impianti di generazione per la climatizzazione e, dopo, dall'installazione di tecnologie di generazione da fonti rinnovabili.

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

- TRS (Tempo di rientro semplice);

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

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

- DSCR (Debt Service Cover Ratio) medio di periodo;
- LLLCR (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 LLLCR maggiori di 1.

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

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

1.6 STRUTTURA DEL REPORT

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

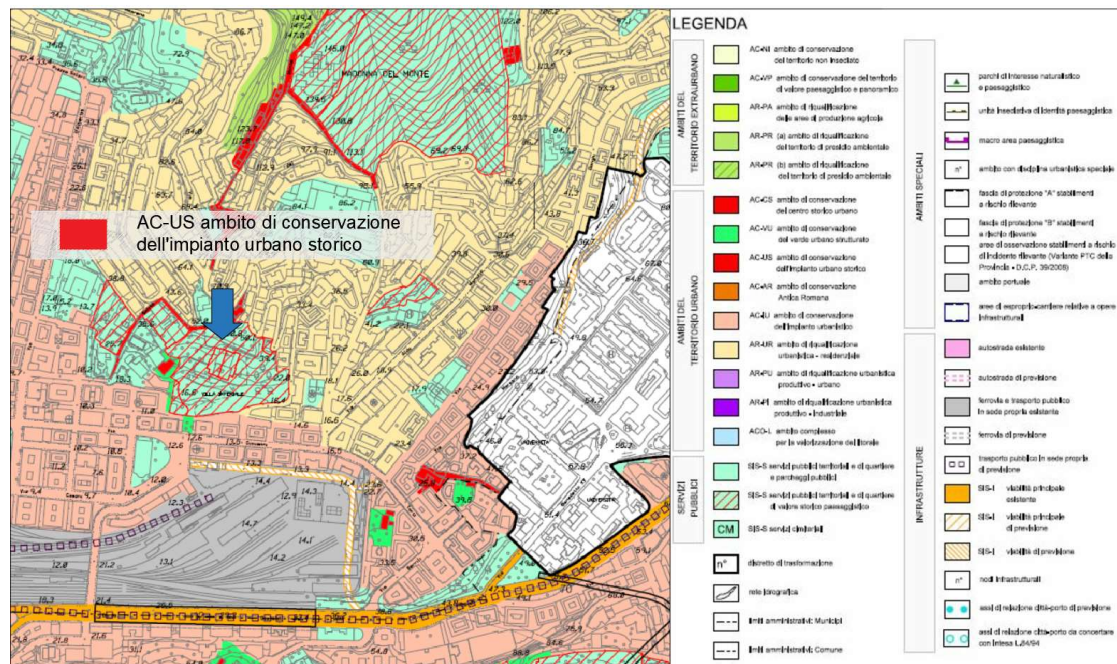
- Una prima parte nella quale sono descritti lo scopo ed i confini della DE e le metodologie di analisi adottate;
- Una seconda parte in cui sono riportate le informazioni dell'edificio rilevate in sede di sopralluogo e le valutazioni effettuate al fine di identificare le caratteristiche tecniche dei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

2 DATI DELL'EDIFICIO

2.1 INFORMAZIONI SUL SITO

Lo strumento urbanistico vigente, il P.U.C approvato con DD n° 2015/118.0.0./18 con entrata in vigore il 3/12/2015, classifica l'edificio oggetto della DE in zona AC-US ambito di conservazione dell'impianto urbano storico, secondo il quale i progetti di intervento sul patrimonio edilizio esistente devono dimostrare la compatibilità degli interventi sotto il profilo architettonico e funzionale. In particolare l'edificio oggetto della DE viene classificato come SIS-S (Servizi pubblici territoriali e di quartiere di valore storico paesaggistico).

Figura 2.1 - Particolare estratto dal Piano Urbanistico Comunale



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

L'edificio ove è ubicata la sede della Scuola Comunale d'Infanzia "Rodari" e la Biblioteca Civica Lercari è un edificio storico risalente ai primi anni del 1500 e denominato Villa Imperiale, dal nome della famiglia che ne ha avuto la proprietà fino agli anni venti del Novecento. Attualmente risulta di proprietà del Comune e gli ultimi lavori di ristrutturazione sono stati effettuati tra il 2004 e il 2006. Ai sensi del DPR 412/93 ricade nella destinazione d'uso E.7 - Edificio adibito ad attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili per il piano adibito a Scuola d'Infanzia e nella destinazione d'uso E.4 (2) - Edificio adibito ad attività ricreative (mostre, musei, biblioteche, luoghi di culto) per la parte destinata alla biblioteca.

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

L'ipotesi di intervenire al fine di migliorarne l'efficienza energetica è innanzitutto volta ad una diminuzione delle emissioni di CO₂, la quale rientra negli obiettivi prefissati dal Comune di Genova all'interno del SEAP (Sustainable Energy Action Plan), ma può anche essere considerata di notevole

interesse socio-culturale al fine della sensibilizzazione del pubblico alle tematiche di interesse ambientale ed energetico.

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

L'edificio oggetto della DE è costituito complessivamente da tre piani fuori terra e un piano seminterrato. Le attività scolastiche sono svolte al secondo piano dell'edificio, mentre i piani sottostanti sono occupati dai locali della biblioteca comunale. Sul piano copertura sono presenti i locali tecnici della centrale termica, di pompaggio e trattamento aria.

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



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

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

Tabella 2.1 - Suddivisione in piani dell'edificio

PIANO	UTILIZZO	U.M.	SUPERFICIE LORDA COMPLESSIVA (2)	SUPERFICIE UTILE RISCALDATA(3)	SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA(3)
Seminterrato	Archivio Biblioteca	[m ²]	363	0	0
Rialzato	Biblioteca	[m ²]	738	498,34	498,34
Primo	Biblioteca	[m ²]	1070	808,29	808,29
Secondo	Aule scolastiche	[m ²]	850	696,28	696,28
TOTALE		[m²]	3.021	2.002,92	2.002,92

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

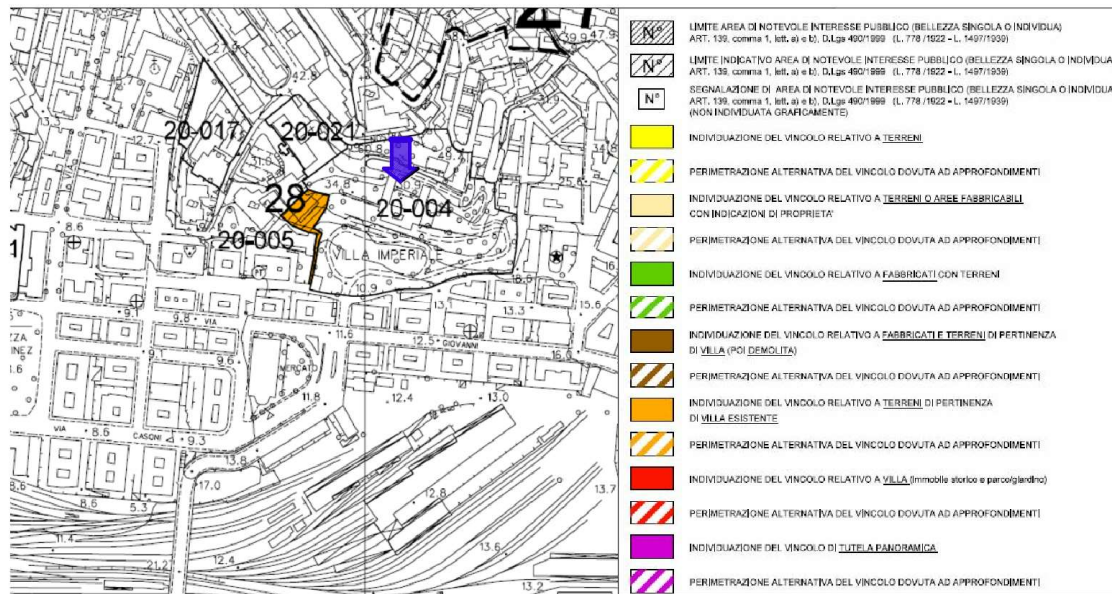
Nota (3): Superficie utile valutata ai fini della creazione del modello energetico

2.3 VERIFICA DEI VINCOLI INTERFERENTI SULLE PARTI DELL'IMMOBILE INTERESSATE DAGLI INTERVENTI

Dal punto di vista storico l'edificio risale all'inizio del XVI secolo e risulta un bene culturale di interesse storico-paesaggistico soggetto a tutela; l'edificio si trova infatti all'interno della zona AC-US ambito di conservazione dell'impianto urbano storico.

La seguente figura, estratta dal piano comunale dei beni culturali, ambientali e paesaggistici soggetti a tutela, mostra l'area di interesse pubblico in cui ricade l'edificio di Villa Imperiale.

Figura 2.3 - Particolare estratto dalla carta dei vincoli

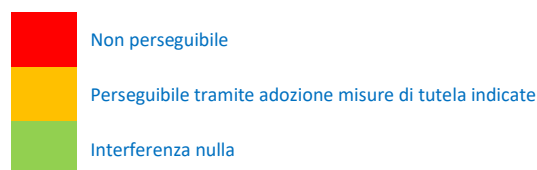


Nell'analisi delle EEM si è quindi resa necessaria l'identificazione delle possibili interferenze con i vincoli presenti.

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 sottotetto	Storico – Artistico		Previo parere della Soprintendenza per i beni architettonici e paesaggistici
EEM 2: Sostituzione generatori di calore e installazione valvole termostatiche	-		-
EEM 3: Installazione nuove plafoniere con lampade led	Storico – Artistico		Previo parere della Soprintendenza per i beni architettonici e paesaggistici

Nota (4): Legenda livelli di interferenza:



Tra le misure proposte non sono presenti interventi riguardanti l'involucro, poiché l'edificio presenta elementi architettonici decorativi all'esterno ed affreschi e stucchi all'interno. Si è proposto l'isolamento del sottotetto non scaldato operando sul lato esterno rispetto alle zone termiche scaldate. Il livello di interferenza dell'installazione delle lampade a tecnologia LED è stato indicato come perseguibile previo parere della Soprintendenza, al fine di individuare una tipologia di luce adeguata agli affreschi presenti in molti ambienti interni dell'edificio.

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

2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO

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

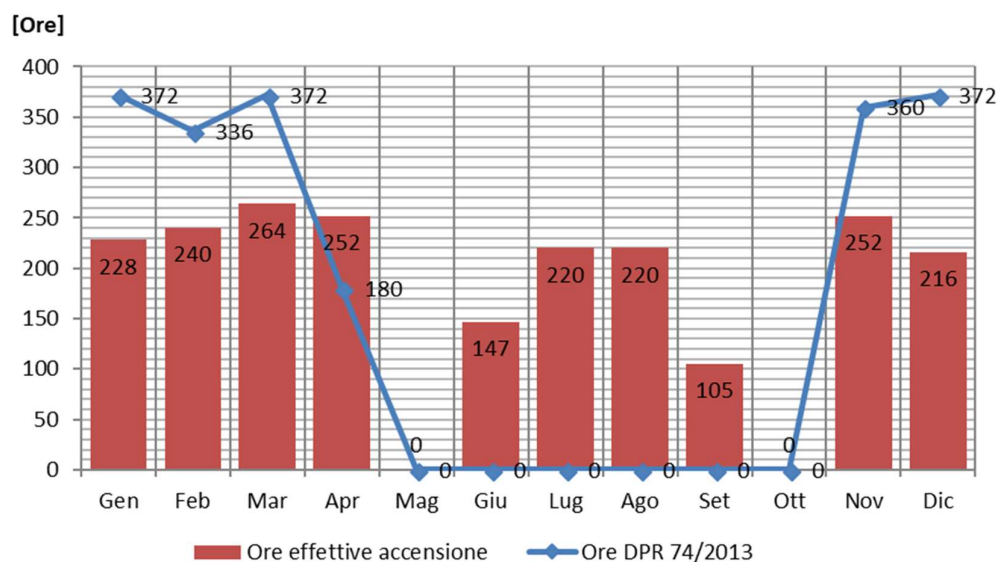
Gli orari di effettivo utilizzo dell'edificio sono stati indicati dal personale scolastico, mentre i periodi di attivazione e spegnimento degli impianti corrispondono ai giorni di apertura e chiusura dell'edificio.

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

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

PERIODO	GIORNI SETTIMENALI	ORARIO FUNZIONAMENTO EDIFICIO	ORARIO FUNZIONAMENTO IMPIANTO
Dal 1 Novembre al 15 Aprile	dal lunedì al venerdì	7.30 – 17.30 (Scuola) 8:30 – 18:30 (Biblioteca)	6:00 – 18:00 (Scuola) 7:00 – 19:00 (Biblioteca)
Dal 15 Aprile al 1 Novembre	dal lunedì al venerdì	7.30 – 17.30 (Scuola) 8:30 – 18:30 (Biblioteca)	7:00 – 19:00 (Pompa di calore + UTA)

Figura 2.4 – Andamento mensile delle ore effettive di utilizzo degli impianti



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

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

Ove presenti, all'interno del contratto di Servizio Energia sono stati inseriti la gestione, conduzione e manutenzione degli impianti di climatizzazione estiva.

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 959 GG calcolati su 115 giorni effettivi di utilizzo dell'impianto di riscaldamento.

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

I GG così calcolati definiscono i GG_{rif} ai fini del processo di normalizzazione di cui al capitolo 0.

Tabella 3.2 – Profili mensili dei GGrif

Mese	GIORNI MENSILI	TEMPERATURA ESTERNA UNI 10349:2016 [°C]	GIORNI RISCALDAMENTO [g/m]	GG	GIORNI DI UTILIZZO [g/m]	GIORNI RISCALDAMENTO EFFETTIVI [g/m]	GG _{risc}	PROFILO DI INCIDENZA
Gennaio	31	10,4	31	298	19	19	182	19%
Febbraio	28	10,5	28	266	20	20	190	20%
Marzo	31	11,1	31	276	22	22	196	20%
Aprile	30	15,3	31	71	21	15	71	7%
Maggio	31	18,7	15	-	22	-	-	0%
Giugno	30	22,4	-	-	21	-	-	0%
Luglio	31	24,6	-	-	22	-	-	0%
Agosto	31	23,6	-	-	22	-	-	0%
Settembre	30	22,2	-	-	21	-	-	0%
Ottobre	31	18,2	-	-	22	-	-	0%
Novembre	30	13,3	30	201	21	21	141	15%
Dicembre	31	10,0	31	310	18	18	180	19%
TOTALE	365	16,7	166	1421	251	115	959	100%

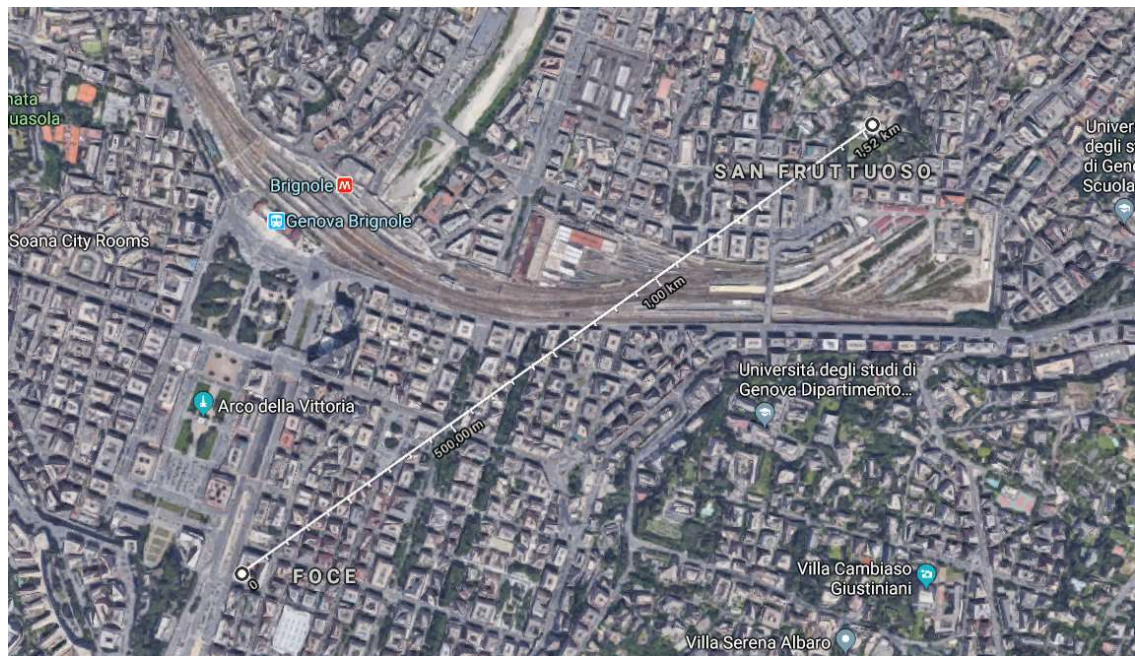
3.2 DATI CLIMATICI REALI

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 CENTRO FUNZIONALE" in viale delle Brigate Partigiane 2.

Si è deciso di utilizzare come riferimento tale centralina in quanto è ubicata in una zona limitrofa all'edificio oggetto della DE, a circa 1500 m di distanza in linea d'aria.

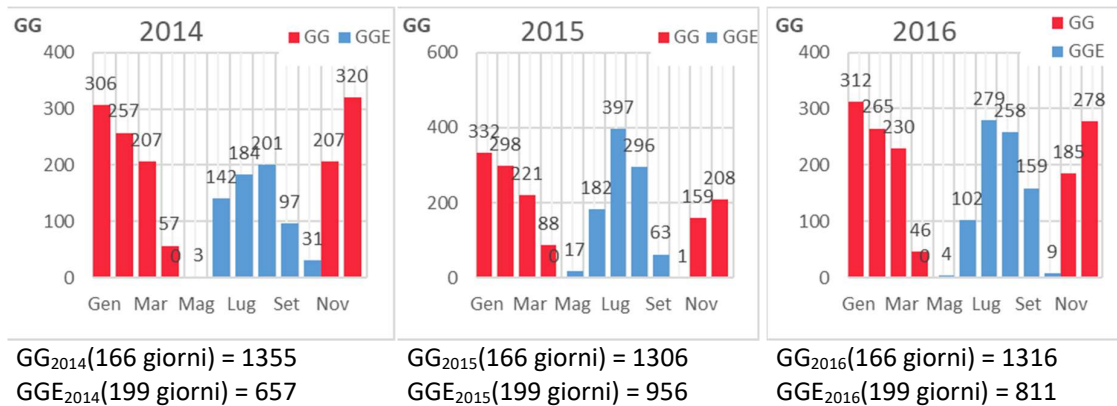
Figura 3.1 – Posizionamento della centralina meteo climatica rispetto all'edificio oggetto di DE



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

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

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

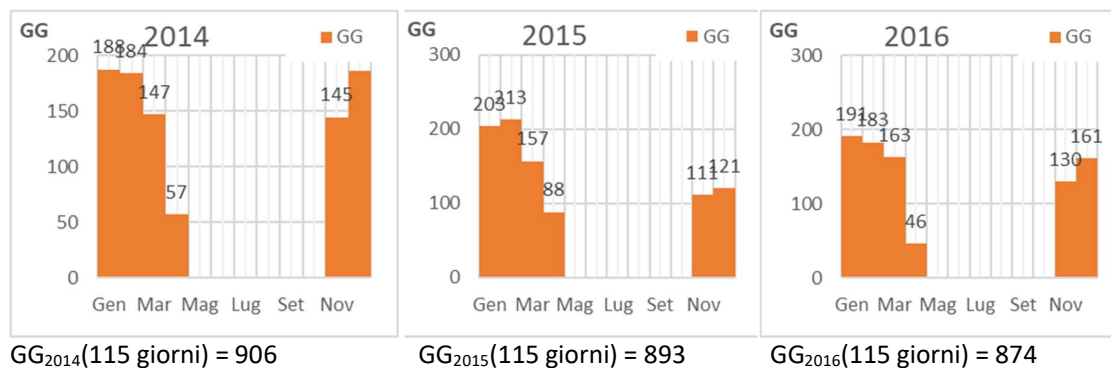


Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG reali sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 891 GG calcolati su 115 giorni effettivi di utilizzo dell'impianto di riscaldamento.

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

I GG così calcolati definiscono i GG_{real} ai fini del processo di normalizzazione di cui al capitolo 0.

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



4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI

4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO

Involucro opaco

L'involucro edilizio opaco che costituisce l'edificio è composto da murature portanti costituite prevalentemente da mattoni pieni. La copertura dell'edificio è a falde, controsoffittata a volte a crociera nella maggior parte dei locali. Le facciate rivolte verso il parco circostante presentano diversi elementi architettonici decorativi, oltre a due portici e due loggiati, mentre le pareti esterne rivolte verso il cortile interno sono più semplici e regolari. Anche all'interno dell'edificio le pareti e i soffitti presentano decorazioni con affreschi e stucchi, sia nei piani della Biblioteca che in alcune sale della Scuola.

Figura 4.1 – Ingresso Biblioteca Lercari



Figura 4.2 - Particolare dal cortile interno



Va perciò sottolineato, sempre in riferimento all'involucro edilizio, che trattandosi di un edificio vincolato e/o che si trova all'interno di una zona di interesse storico, non è possibile procedere a sostanziali interventi di efficientamento dell'involucro stesso visibili dall'esterno se non sugli infissi, previo consenso della Soprintendenza.

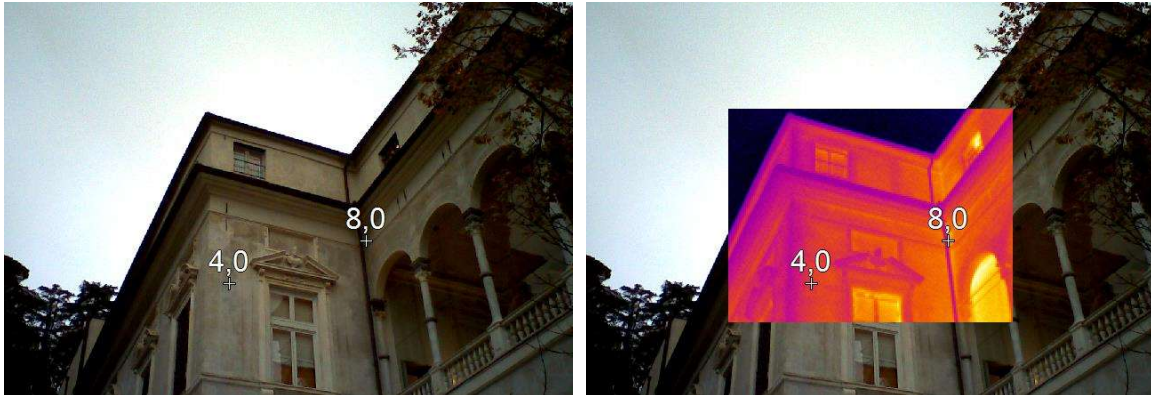
Ai fini di un'identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell'involucro opaco si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione delle seguenti indagini diagnostiche:

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

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- L'immagine termografica mostra alcuni ponti termici dell'involucro dell'edificio analizzato. Gli elementi in giallo, arancione e rosso sono i più disperdenti e quindi i punti deboli dell'involucro edilizio. Si notino in particolare le discontinuità dell'involucro opaco come gli angoli rientranti.

Figura 4.3 – Rilievo termografico della parete



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

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

Tabella 4.1 – Trasmittanze termiche dei componenti dell'involucro opaco

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	SPESORE [cm]	ISOLAMENTO	TRASMITTANZA TERMICA [W/mqK]	STATO DI CONSERVAZIONE
Parete verticale	PE - 70	70	Assente	1,05	Buono
Parete verticale	PE - 60	60	Assente	1,19	Buono
Parete verticale	PE - 45	45	Assente	1,48	Buono
Parete verticale	PE - 35	35	Assente	1,54	Buono
Parete verticale	PE - 25	25	Assente	1,95	Buono
Solaio (flusso indefinito)	SOL1	25	Assente	1,59	Buono
Copertura in legno	COP1	25	Assente	1,40	Buono

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

Involucro trasparente

L'involucro trasparente che costituisce l'edificio è composto prevalentemente da serramenti con telaio in legno e vetri doppi 4-6-4. Come schermature vengono utilizzate soltanto tende interne di colore chiaro.

Sono presenti anche porte finestre con telaio in legno o in metallo e vetro doppio 4-6-4.

Lo stato di conservazione degli stessi è buono, anche se il vetrocamera non offre prestazioni ottime.

Al primo piano della biblioteca, i due loggiati rivolti verso il parco circostante e il loggiato rivolto verso il cortile sono stati chiusi con vetrate singole.

Figura 4.4 - Particolare della vetrata



Figura 4.5 - Particolare dei serramenti Scuola dell'Infanzia – dettaglio angolo vetro



Figura 4.6 – Serramenti Biblioteca Lercari



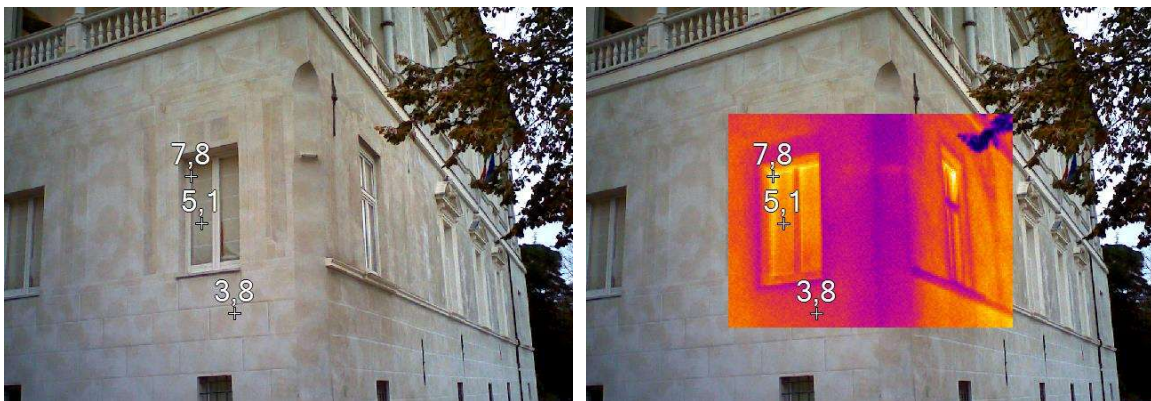
Ai fini di un'identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell'involucro trasparente si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione delle seguenti indagini diagnostiche:

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

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- L'immagine termografica mostra alcuni ponti termici dell'involucro dell'edificio analizzato. Gli elementi in giallo, arancione e rosso sono i più disperdenti e quindi i punti deboli dell'involucro edilizio. Si notino in particolare gli infissi della Biblioteca Lercari.

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	135x185	Legno	Vetro doppio	3,15	Sufficiente
Serramento verticale	F2	135x150	Legno	Vetro doppio	3,14	Sufficiente
Serramento verticale	F3	135x135	Legno	Vetro doppio	3,13	Sufficiente
Serramento verticale	F4	120x140	Legno	Vetro doppio	3,12	Sufficiente
Serramento verticale	F5	125x150	Legno	Vetro doppio	3,13	Sufficiente
Serramento verticale	F6	120x180	Legno	Vetro doppio	3,13	Sufficiente

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

4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/CLIMATIZZAZIONE INVERNALE

L'impianto di riscaldamento degli ambienti è di tipo misto aria-acqua. Sono infatti presenti due caldaie a basamento e una caldaia murale per la produzione del fluido caldo, oltre ad una pompa di calore aria-acqua. Il fluido termovettore caldo o freddo arriva poi ai terminali di emissione idronici o alle batterie delle UTA.

Sottosistema di emissione

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

- Radiatori in ghisa;
- Bocchette d'aria;
- Ventilconvettori idronici.

I radiatori in ghisa e le bocchette d'aria sono installati nei locali della Scuola dell'Infanzia, la quale è servita da un'UTA che permette i ricambi d'aria. Sono presenti anche griglie di ripresa in corrispondenza delle canalizzazioni di idistribuzione dell'aria.

Nella Biblioteca Lercari prevalgono invece i ventilconvettori idronici, oltre ai radiatori presenti nei servizi igienici e alle griglie di mandata e ripresa dell'aria primaria.

Figura 4.8 - Particolare di un radiatore in ghisa



Figura 4.9 – Particolare delle bocchette di aerazione d'immissione a soffitto nella Scuola dell'Infanzia



Figura 4.10 - Particolare ventilconvettori Biblioteca Lercari



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
ZT01 - Scuola	Radiatori in acciaio	93%
ZT01 - Scuola	Diffusori a soffitto	97%
ZT02 - Biblioteca	Ventilconvettori idronici	96%
ZT03 - Biblioteca	Radiatori in ghisa	93%

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

Tabella 4.4 - Riepilogo caratteristiche dei terminali di emissione installati

PIANO	TIPO DI INSTALLAZIONE	NUMERO	POTENZA TERMICA UNITARIA ⁽²⁾	POTENZA TERMICA COMPLESSIVA ⁽²⁾	POTENZA FRIGORIFERA UNITARIA	POTENZA FRIGORIFERA COMPLESSIVA
			[kW]	[kW]	[kW]	[kW]
Rialzato	Radiatori in ghisa	4	1,35 – 2,16	7,43	0	0
Rialzato	Ventilconvettori	16	non disponibile ⁽¹⁾	non disponibile ⁽¹⁾	non disponibile ⁽¹⁾	non disponibile ⁽¹⁾
Rialzato	Bocchette in sistemi ad aria	3	non disponibile ⁽¹⁾	non disponibile ⁽¹⁾	non disponibile ⁽¹⁾	non disponibile ⁽¹⁾
Primo	Radiatori in ghisa	6	0,54 – 2,43	7,74	0	0
Primo	Ventilconvettori	21	non disponibile ⁽¹⁾	non disponibile ⁽¹⁾	non disponibile ⁽¹⁾	non disponibile ⁽¹⁾
Secondo	Radiatori in acciaio	27	0,22 – 2,03	30,90	0	0
Secondo	Bocchette in sistemi ad aria	2	non disponibile ⁽¹⁾	non disponibile ⁽¹⁾	non disponibile ⁽¹⁾	non disponibile ⁽¹⁾
TOTALE		79	-	-	-	-

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

Nota (2): I dati inseriti sono stati presi dalle check list dei componenti dell'impianto di climatizzazione - terminali messi a disposizione da parte della PA; così è stato riportato il range della potenza termica unitaria indicando il valor minimo e massimo e la potenza termica totale dei terminali di emissione

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

Sottosistema di regolazione

La regolazione del funzionamento delle caldaie 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 4.11 – Quadro centrale termica Scuola



Figura 4.12 – Quadro centrale termica Biblioteca



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

Figura 4.13 - Profilo di funzionamento invernale dell'impianto per la zona termica ZT01 - Scuola

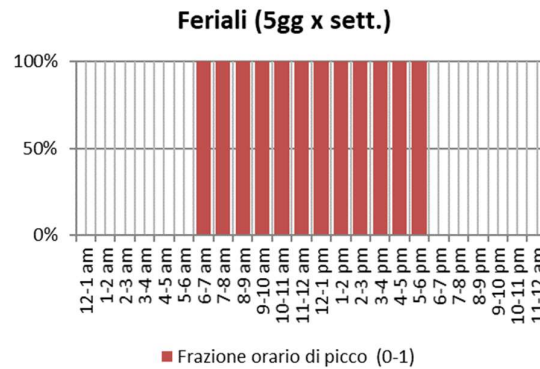
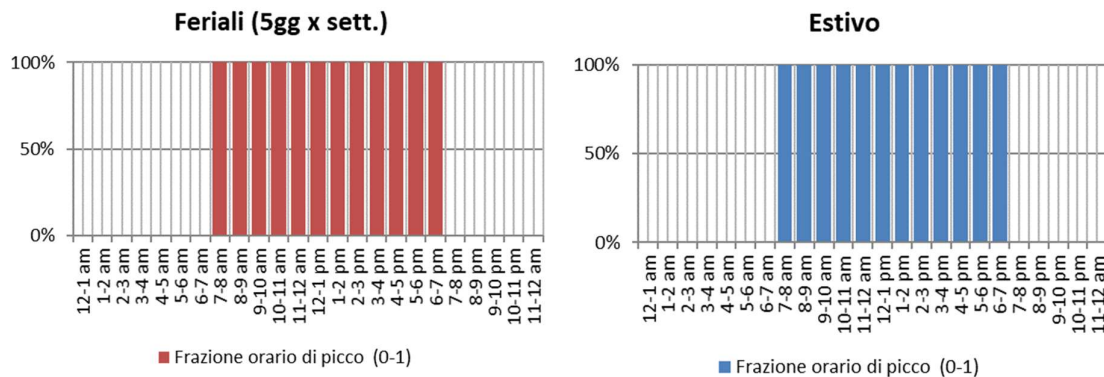


Figura 4.14 - Profilo di funzionamento invernale dell'impianto per la zona termica ZT02 e ZT03 - Biblioteca



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 Scuola	Zona + Climatica	96%
ZT-02 Biblioteca (fancoil)	Zona + Climatica	96%
ZT-03 Biblioteca (radiatori)	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.

Sottosistema di distribuzione

Il sottosistema di distribuzione è costituito dai seguenti elementi:

- 1) Circuito primario di collegamento tra le caldaie a basamento e il collettore del caldo;
- 2) Circuito primario di collegamento tra la pompa di calore e il collettore del freddo;
- 3) Circuiti secondari di mandata alle UTA e alle diverse tipologie di terminali di emissione (fluido termovettore acqua).

1) **Circuito primario:** sono presenti due gruppi di pompe di circolazione gemellari, uno per ogni generatore di calore, per inviare l'acqua calda al collettore di mandata.

2) **Circuito primario:** è presente un gruppo di pompe di circolazione gemellari a servizio della pompa di calore aria/acqua, per il collegamento con il collettore di mandata del fluido freddo.

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 ⁽²⁾ [m ³ /h]	PREVALENZA ⁽¹⁾ [kPa]	POTENZA ASSORBITA ⁽¹⁾ [kW]
Circuito primario	Salmson DCX40-40	mandata acqua calda a collettore	Non disponibile	40	0,37
Circuito primario	Salmson DCX 65-25	mandata acqua calda a collettore	Non disponibile	25	0,61
Circuito primario	Salmson DCX 80-25	mandata acqua fredda a collettore	Non disponibile	25	1,05
TOTALE			-	90	2,03

Nota (1): Valori ricavati da dati di targa

Nota (2): non è stato possibile determinare il dato della portata né dalla targa né dalla marca e modello della pompa

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 ⁽²⁾ °C	TEMPERATURA CALCOLO ⁽¹⁾ °C
Circuito Primario	Mandata	Caldo	Non disponibile	70
	Ritorno	Caldo	Non disponibile	55
Circuito Primario	Mandata	Freddo	Non disponibile	7
	Ritorno	Freddo	Non disponibile	12

Nota (1): Valori utilizzati nel modello di calcolo

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

3) **Circuiti secondari:** sono presenti sette pompe di circolazione gemellari per le varie zone termiche con diversi terminali di emissione e per le UTA; quindi i circuiti secondari sono a servizio di:

- ZT-01: per i radiatori della Scuola dell'Infanzia;
- ZT-01: per la batteria calda della UTA a servizio della Scuola dell'Infanzia;
- ZT-01: per l'accumulo dell'ACS della Scuola dell'Infanzia;
- ZT-02: per il circuito caldo dei fancoil della Biblioteca;
- ZT-02: per il circuito freddo dei fancoil della Biblioteca;
- ZT-02: per le batterie della UTA a servizio della Biblioteca;
- ZT-03: per i radiatori della Biblioteca.

Le caratteristiche dei circolatori a servizio dei circuiti secondari sono riportate nella Tabella 4.8.

Tabella 4.8 - Riepilogo caratteristiche pompe circuito secondario

	NOME	SERVIZIO	PORTATA ⁽²⁾ m ³ /h	PREVALENZA ⁽¹⁾ kPa	POTENZA ASSORBITA ⁽¹⁾ kW
ZT-03	Salmson DCX 40-80	mandata acqua calda a radiatori Biblioteca	Non disponibile	80	0,585
ZT-01	Salmson DCX 40-40	Mandata acqua calda a serbatoio inerziale	Non disponibile	40	0,37
ZT-02	Salmson DCX 32-35	Mandata acqua calda a fancoil Biblioteca	Non disponibile	35	0,14
ZT-01	Salmson DCX 40-25	Mandata acqua calda a batteria UTA Scuola	Non disponibile	25	0,18

ZT-01	Salmson DCX 40-40	mandata acqua calda a radiatori Scuola	Non disponibile	40	0,37
ZT-02	Salmson DCX 65-90	Mandata acqua calda/fredda a fancoil Biblioteca	Non disponibile	90	1,52
ZT-02	Salmson Priux master-D 40-60	Mandata acqua calda/fredda a UTA Biblioteca	Non disponibile	60	0,305
TOTALE	-	-	-	370	3,47

Nota (1): Valori ricavati da dati di targa

Nota (2): non è stato possibile determinare il dato della portata né dalla targa né dalla marca e modello della pompa

Le temperature del fluido termovettore all'interno del circuito secondario sono riportate nella Tabella 4.9.

Tabella 4.9 – Temperature di mandata e ritorno del circuito secondario

	CIRCUITO		TEMPERATURA RILEVATA	TEMPERATURA CALCOLO ⁽¹⁾
			°C	°C
ZT-01	Mandata	Caldo	Non disponibile	70
		Ritorno	Non disponibile	55
ZT-01	Mandata	Freddo	Non disponibile	7
		Ritorno	Non disponibile	12
ZT-02	Mandata	Caldo	Non disponibile	55
		Ritorno	Non disponibile	45
ZT-02	Mandata	Freddo	Non disponibile	7
		Ritorno	Non disponibile	12
ZT-03	Mandata	Caldo	Non disponibile	70
		Ritorno	Non disponibile	55

Nota (1): Valori utilizzati nel modello di calcolo

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

Figura 4.15 - Particolare dello schema di impianto [(Fonte: Tavola 194-195-P00-AE-CENTRALE TERMICA.dwg)]

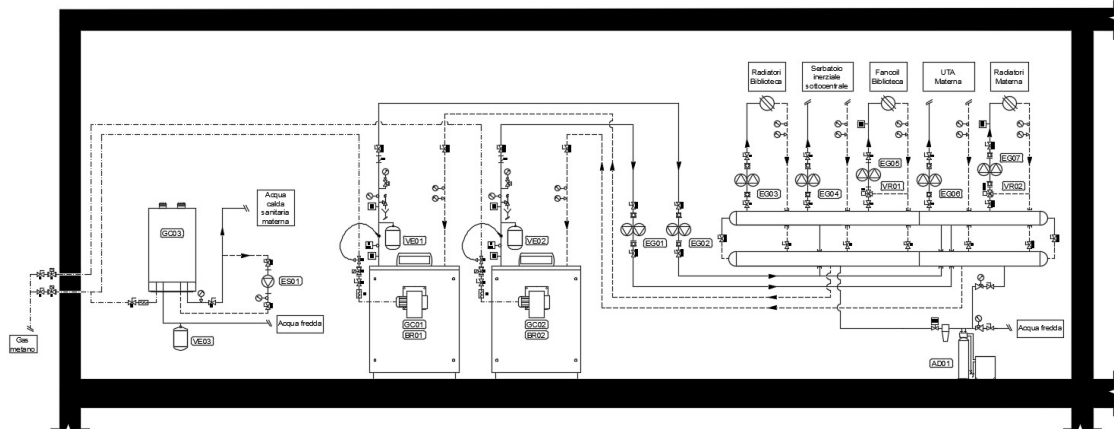
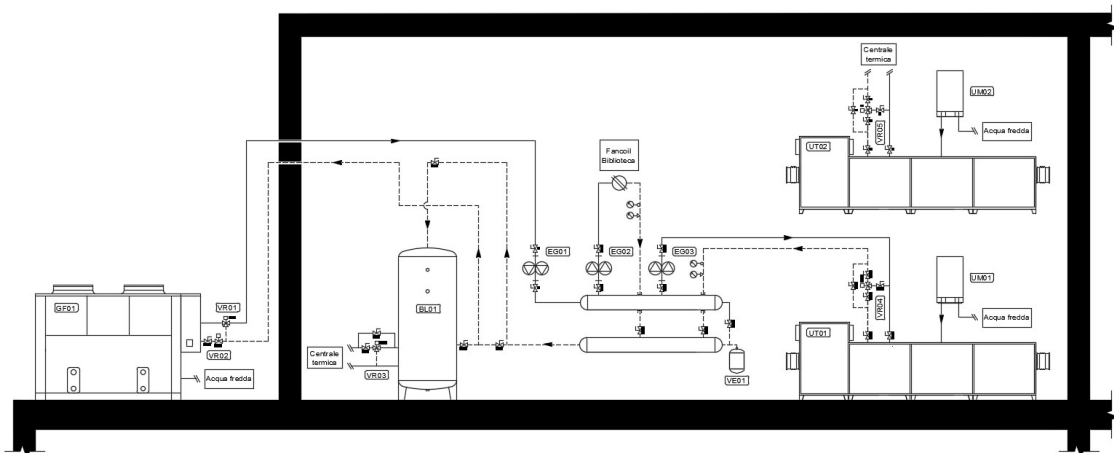


Figura 4.16 - Particolare dello schema di impianto [(Fonte: Tavola 194-195-P00-AE-SOTTOCENTRALE TERMICA.dwg)]



Il rendimento complessivo del sottosistema di distribuzione è stato assunto nella DE pari al 95%.

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

Sottosistema di generazione

Il sottosistema di generazione è costituito da una centrale termica dotata di due caldaie standard a basamento, la prima marca Blowtherm modello GUAL 20 CE, la seconda marca Blowtherm PACK PAR 125. La prima caldaia è a servizio della scuola mentre la seconda è a servizio della biblioteca. E' inoltre presente una pompa di calore aria/acqua Aermec NRA700H02 a servizio delle batterie delle UTA e dei fancoil della Biblioteca. Sono presenti infatti due unità di trattamento dell'aria (UTA), marca FAST modello ME 20 e ME 35, installate nella sottocentrale termica in copertura vicino alla centrale termica con le batterie collegate ai circuiti secondari dell'acqua calda e fredda provenienti dalla centrale termica e dalla pompa di calore esterna.

Figura 4.17 - Particolare delle caldaie



Figura 4.18 - Distribuzione fluido caldo



Le caratteristiche dei sistemi di generazione sono riportate nella Tabella 4.9.

Tabella 4.10 - Riepilogo caratteristiche dei sistemi di generazione

	Servizio	MARCA	MODELLO	ANNO DI COSTRUZIONE	POTENZA AL FOCOLARE ⁽¹⁾	POTENZA TERMICA UTILE ⁽¹⁾	RENDIMENTO	POTENZA ASSORBITA COMPLESSIVA
					[kW]	[kW]		[kW]
Gen 1	Riscaldamento	Blowtherm	GUAL 20 CE	2004	232	210	90% ⁽²⁾	0,3 ⁽¹⁾
Gen 2	Riscaldamento	Blowtherm	PACK PAR 125	2004	145	131	90% ⁽²⁾	0,3 ⁽¹⁾
Gen 3	Riscaldamento	Aermec	NRA700H02	2004	-	177	COP=2,55 ⁽¹⁾	69,35 ⁽¹⁾

Nota (1): Valori ricavati da dati di targa

Nota (2): Valori ricavati da modello energetico

Il rendimento complessivo del sottosistema di generazione, in regime di riscaldamento è stato assunto nella DE pari al 90%. Il rendimento indicato dalle prove fumi per la prima caldaia è del 92% mentre il rendimento delle prove fumi per la seconda caldaia è del 94,7%, ma in condizioni nominali di funzionamento viene assunto il rendimento indicato da modello energetico.

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

La produzione di acqua calda sanitaria della Scuola dell'Infanzia è eseguita tramite uno scaldacqua alimentato a gas metano da 16,7 kW di potenza termica e 145 litri di capacità, installato nella centrale termica in copertura.

Per la produzione di acqua calda sanitaria nella Biblioteca, invece, sono presenti boiler elettrici installati in corrispondenza dei servizi igienici.

Figura 4.19 - Particolare dello scaldacqua a gas



Figura 4.20 - Boiler elettrici Biblioteca



Le caratteristiche dei sistemi di generazione di acqua calda sanitaria per la Scuola sono riportate nella Tabella 4.9.

Tabella 4.11 - Riepilogo caratteristiche dei sistemi di generazione

Servizio	MARCA	MODELLO	ANNO DI COSTRUZIONE	POTENZA AL FOCOLARE ⁽¹⁾	POTENZA TERMICA UTILE ⁽¹⁾	RENDIMENTO ⁽²⁾	POTENZA ASSORBITA COMPLESSIVA ⁽¹⁾
				[kW]	[kW]		[kW]
Gen 1 Acqua Calda Sanitaria Scuola	Accorroni	SCAL S 150	2004	18	16,7	72%	0,062

Nota (1): Valori ricavati da dati di targa

Nota (2): Valori ricavati dal modello energetico

I rendimenti caratteristici dei sottosistemi dell'impianto di produzione acqua calda sanitaria per la Biblioteca sono riportati nella Tabella 4.12.

Tabella 4.12 – Rendimenti dell'impianto di produzione acqua calda sanitaria

Sottosistema di Erogazione ⁽¹⁾	Sottosistema di Distribuzione ⁽¹⁾	Sottosistema di Ricircolo ⁽²⁾	Sottosistema di Accumulo ⁽¹⁾	Sottosistema di Generazione ⁽¹⁾	Rendimento Globale medio stagionale ⁽¹⁾
100%	92,6%	-	95%	72%	63%

Nota (1): Valori ricavati da modello energetico

Nota (2): 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

La climatizzazione in regime estivo è effettuata grazie alla presenza di una pompa di calore aria/acqua in copertura, la quale alimenta le batterie delle UTA e il circuito idronico dei fancoil della Biblioteca, grazie al collettore di mandata presente nella sottocentrale termica adiacente. Si tratta di una pompa di calore AERMEC NRA700H02 da 158 kW di potenza frigorifera, installata nel 2004, con fluido frigorifero R407C.

Figura 4.21 - Pompa di calore in copertura



I rendimenti caratteristici dei sottosistemi dell'impianto di climatizzazione estiva sono riportati nella tabella Tabella 4.13.

Tabella 4.13 – Rendimenti dell'impianto di climatizzazione estiva

Sottosistema di Emissione ⁽²⁾	Sottosistema di Regolazione ⁽²⁾	Sottosistema di Distribuzione ⁽²⁾	Sottosistema di Accumulo	Sottosistema di Generazione ⁽¹⁾	Rendimento Globale medio stagionale
97%	97%	98%	-	EER = 2,6	N.d.

Nota (1): Valori ricavati da dati di targa

Nota (2): Valori ricavati dal modello energetico

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

4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA

La ventilazione meccanica controllata è effettuata grazie alla presenza di due UTA installate all'interno della sottocentrale termica, di cui una a servizio della Scuola dell'Infanzia e una a servizio della Biblioteca.

Entrambe sono di marca FAST, modello ME 20 da 2540 m³/h di portata nominale per la Biblioteca e modello ME 35 da 4390 m³/h di portata nominale per la Scuola.

Sono entrambe dotate di sezioni umidificanti collegate a due umidificatori di marca Carel.

Figura 4.22 - Unità di trattamento aria



Figura 4.23 - Umidificatori Carel



Tabella 4.14 – Rendimenti dell'impianto di ventilazione meccanica

Servizio	MARCA	MODELLO	POTENZA ELETTRICA INSTALLATA	PORTATA D'ARIA	ZONA TERMICA SERVITA DALLA VENTILAZIONE MECCANICA	PORTATA D'ARIA DA ESTRARRE SECONDO NORMATIVA UNI 10339
			[kW]	[m ³ /h]		[10 ⁻³ * m ³ /s per persona]
UTA Riscaldamento raffrescamento	FAST	ME 35	2,67	4.390	Scuola	4,0
UTA Riscaldamento raffrescamento	FAST	ME 20	1,420	2.540	Biblioteca	5,5

L'elenco dei componenti dell'impianto di ventilazione meccanica controllata rilevati in sede di sopralluogo e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 8 dell' Allegato J – Schede di audit.

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 PC, fotocopiatrici ed altri dispositivi per il personale e per i visitatori della biblioteca. Sono state valutate le ore di utilizzo in base ai giorni di occupazione dell'edificio e il numero di ore giornaliere in cui mediamente vengono usate queste utenze.

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

Tabella 4.15 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA NOMINALE	POTENZA COMPLESSIVA	ORE ANNUE DI UTILIZZO
			[W]	[kW]	[ore]
Scuola dell'Infanzia	PC+Monitor	1	150	0,15	2.000
Scuola dell'Infanzia	Stampanti Multifunzione /Fotocopiatrici	1	1100	1,1	2.000
Scuola dell'Infanzia	Macchinette snack	1	1100	1,1	2.000
Scuola dell'Infanzia	Estrattori bagni	3	20	0,06	2.000
Cucina Scuola	Cappa	1	300	0,0	800
Cucina Scuola	Forno	1	2000	2,0	800
Cucina Scuola	Lavastoviglie	1	2000	2,0	800
Cucina Scuola	Frigorifero	1	500	0,5	800

Biblioteca	PC + Monitor	20	150	3,0	2.500
Biblioteca	Macchinette Snack	4	1100	4,4	2.500
Biblioteca	Postazioni di lettura (lampade e prese elettriche)	10	250	2,5	2.500
Edificio	Ascensore	1	5000	5,0	2.500

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:

- Applique con tubi fluorescenti monoattacco per la maggior parte dei locali della Scuola dell'Infanzia;
- Faretto a ioduri metallici installati nelle sale della Biblioteca;
- Plafoniere tonde installate nei corridoi e nei servizi igienici della Scuola e della Biblioteca;
- Lampade a tubi fluorescenti installate a soffitto nei corridoi della Scuola e nei locali di servizio (es: archivio) e servizi igienici della Biblioteca.

Figura 4.24 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nella Scuola dell'Infanzia



Figura 4.25 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nella Scuola dell'Infanzia



Figura 4.26 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nelle sale della Biblioteca



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

Tabella 4.16 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA UNITARIA [W]	POTENZA COMPLESSIVA [kW]
Scuola dell'Infanzia	Fluorescenti 2x36	68	72	4,90
Scuola dell'Infanzia	Fluorescenti 1x36	5	36	0,18

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA UNITARIA [W]	POTENZA COMPLESSIVA [kW]
Scuola dell'Infanzia	Fluorescenti 2x24	2	48	0,10
Scuola dell'Infanzia	Fluorescenti 2x58	7	116	0,81
Scuola dell'Infanzia	Fluorescenti 1x58	1	58	0,06
Scuola dell'Infanzia	Fluorescenti 4x18	4	72	0,42
Scuola dell'Infanzia	Fluorescenti compatte	14	18	0,25
Biblioteca – Seminterrato	Fluorescenti 2x58	13	116	1,51
Biblioteca – Rialzato	Fluorescenti 2x36W	3	72	0,22
Biblioteca – Rialzato	Faretti a ioduri metallici	35	100	3,50
Biblioteca – Piano Nobile	Fluorescenti 1x36W	14	36	0,50
Biblioteca – Piano Nobile	Faretti a ioduri metallici	36	100	3,6

L'elenco completo dei corpi illuminanti rilevati in sede di sopralluogo e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 10 dell' Allegato J – Schede di audit.

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

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

5 CONSUMI RILEVATI

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

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

I vettori energetici analizzati sono i seguenti:

- Gas metano;
- Energia elettrica.

Energia termica

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

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

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

TIPO COMBUSTIBILE	PCI [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 (1) Fonte: Prospetto B.19 UNI TS 11300-2:2014

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

- Riscaldamento degli ambienti e produzione ACS della Zona 01 (Scuola dell'Infanzia);
- Riscaldamento degli ambienti della Zona 02 e 03 (Biblioteca).

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

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

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

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

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

PDR	Utilizzo	2014 [Sm ³]	2015 [Sm ³]	2016 [Sm ³]	2014 [kWh]	2015 [kWh]	2016 [kWh]
3270037044547	Riscaldamento Biblioteca	12.713	11.911	8.719	119.757	112.205	82.133
3270037043436	Riscaldamento e ACS Scuola	9.057	8.800	8.860	85.317	82.898	83.461

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.

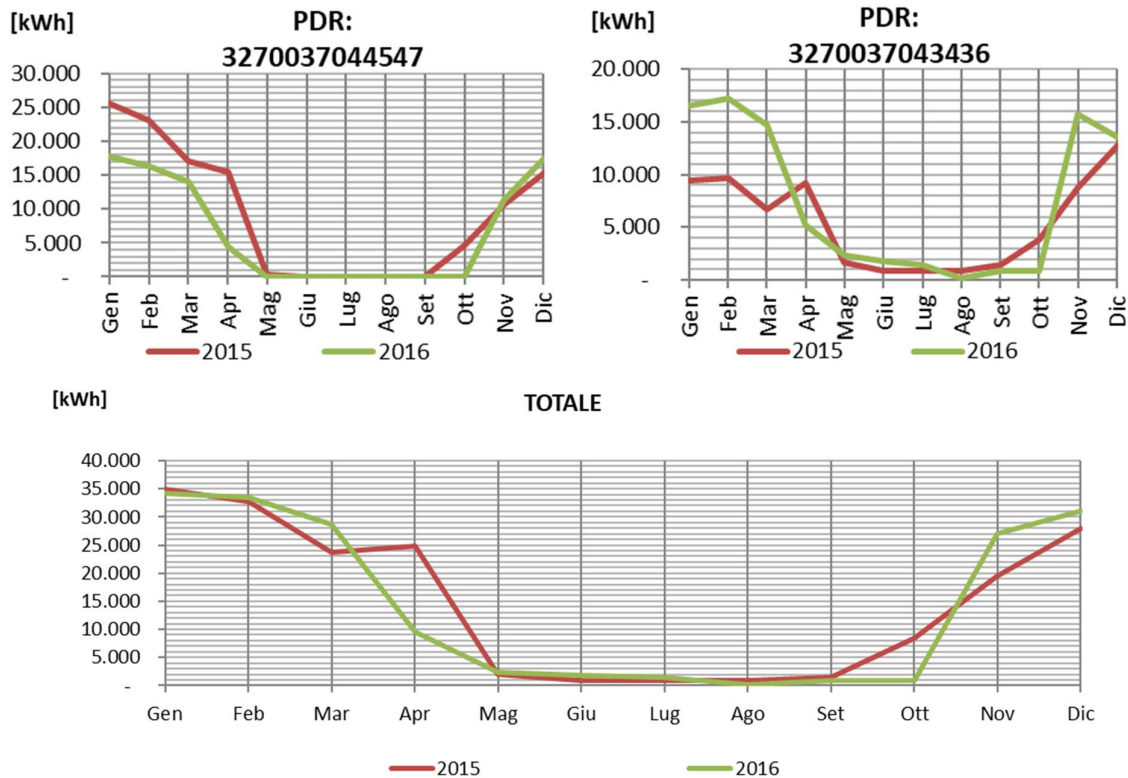
Tabella 5.3 - Consumi mensili di energia termica per il triennio di riferimento – Dati fatturati dalla società di fornitura

PDR: 3270037044547	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Mese di riferimento	[Sm ³]	[Sm ³]	[Sm ³]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	n.d.	2.720	1.879	n.d.	25.622	17.700
Febbraio	n.d.	2.443	1.728	n.d.	23.013	16.278
Marzo	n.d.	1.809	1.495	n.d.	17.040	14.083
Aprile	n.d.	1.642	468	n.d.	15.468	4.409
Maggio	n.d.	44	3	n.d.	414	28
Giugno	n.d.	-	-	n.d.	-	-
Luglio	n.d.	-	-	n.d.	-	-
Agosto	n.d.	-	-	n.d.	-	-
Settembre	n.d.	2	-	n.d.	19	-
Ottobre	n.d.	493	-	n.d.	4.644	-
Novembre	n.d.	1.137	1.210	n.d.	10.711	11.398
Dicembre	n.d.	1.621	1.854	n.d.	15.270	17.465
Totale	-	11.911	8.637	-	112.201	81.361

PDR: 3270037043436	2014 ⁽¹⁾	2015	2016	2014	2015	2016
Mese di riferimento	[Sm ³]	[Sm ³]	[Sm ³]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	n.d.	997	1.755	n.d.	9.387	16.532
Febbraio	n.d.	1.026	1.821	n.d.	9.661	17.154
Marzo	n.d.	710	1.555	n.d.	6.688	14.648
Aprile	n.d.	983	547	n.d.	9.260	5.153
Maggio	n.d.	173	252	n.d.	1.630	2.374
Giugno	n.d.	91	193	n.d.	857	1.818
Luglio	n.d.	93	147	n.d.	876	1.385
Agosto	n.d.	94	23	n.d.	885	217
Settembre	n.d.	152	91	n.d.	1.432	857
Ottobre	n.d.	412	95	n.d.	3.881	895
Novembre	n.d.	929	1.663	n.d.	8.751	15.665
Dicembre	n.d.	1.352	1.441	n.d.	12.736	13.574
Totale	-	7.011	9.583	-	66.045	90.272

L'andamento dei consumi mensili fatturati è riportato nei grafici in Figura 5.1.

Figura 5.1 – Andamento mensile dei consumi termici fatturati



Dall'analisi effettuata si possono distinguere i diversi tipi di utilizzo dei due PDR. Il PDR legato al riscaldamento della Biblioteca è infatti caratterizzato da consumi nulli nel periodo estivo, in quanto il generatore di calore risulta non in funzione. Il PDR legato alla Scuola, invece, è caratterizzato da consumi non nulli anche nei mesi estivi, poiché viene utilizzato lo scaldacqua a metano per la produzione di acqua calda sanitaria, o per le attività di pulizia dei locali o per il servizio estivo che potrebbe essere stato attivato.

Dall'analisi effettuata è emerso che il prelievo termico del triennio per il primo PDR è caratterizzato da un valore minimo pari a 8.637 m³ nel 2016, e un valore di massimo prelievo pari a 12.713 m³ nel 2014. I consumi annui hanno subito un graduale calo, pari al 6% tra 2014 e 2015 e 27% tra 2015 e 2016, nonostante i gradi giorni invernali non siano diminuiti analogamente.

Per il secondo PDR è emerso che il prelievo termico del triennio è caratterizzato da un valore minimo pari a 7.011 m³ nel 2015, e un valore di massimo prelievo pari a 9.583 m³ nel 2016. I consumi annui hanno subito un andamento oscillante nel triennio, con una diminuzione del 23% tra 2014 e 2015 e un aumento del 37% tra 2015 e 2016, non giustificato dall'andamento dei gradi giorno.

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

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

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

Dove:

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

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

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

Tale consumo è stato valutato scorporando, dal consumo complessivo del contatore che alimenta la centrale termica della Scuola, il contributo per la produzione di acqua calda sanitaria.

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

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

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

\bar{Q}_{ACS} = Consumo termico reale per ACS dell'edificio, kWh/anno, valutato come la media dei consumi per l'ACS nel triennio di riferimento; Tale consumo termico è stato valutato sulla base della richiesta stimata di acs giornaliera e dei giorni di utilizzo dell'edificio; per cui è stato calcolato nel modello teorico di calcolo un contributo pari al 6% rispetto al consumo complessivo.

\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 il servizio mensa della Scuola dell'Infanzia e la relativa alimentazione dalla rete del gas naturale è gestita separatamente dalla ditta incaricata del servizio.

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

Tabella 5.4 – Normalizzazione dei consumi annuali di energia termica

ANNO	GG _{REALI} SU 115 GIORNI	GG _{RIF} SU 115 GIORNI	CONSUMO REALE RISC. [Smc]	CONSUMO REALE RISC. [kWh]	α_{rif}	CONSUMO NORMALIZZATO A 959 GG [kWh]	CONSUMO ACS [kWh]	CONSUMO ALTRO [kWh]
2014	906	959	20.538	193.466	213,5	204.733	11.607	-
2015	893	959	19.539	184.060	206,0	197.564	11.043	-
2016	874	959	16.584	156.222	178,7	171.418	9.373	-
Media	891	959	18.887	177.916	199	191.238	10.674	-

Come si può notare dai dati riportati il comportamento energetico dell'edificio, negli anni considerati, si è registrato un graduale calo dei consumi termici, pari al 4% tra 2014 e 2015 e 18% tra 2015 e 2016, nonostante i gradi giorni invernali non siano diminuiti analogamente. I consumi dovuti alla produzione di acs sono risultati costanti durante il triennio.

La riduzione dei consumi per il riscaldamento non è dovuta alla realizzazione di interventi di efficientamento, quanto più all'aumento delle temperature esterne medie mensili rilevate nel triennio di riferimento o al minor utilizzo dell'edificio.

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]
\overline{Q}_{ACS}	10.674
\overline{Q}_{ALTRO}	-
$\overline{a}_{rif} \times GG_{rif}$	191.238
$Q_{baseline}$	201.912

Energia elettrica

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

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

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

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

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

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

POD	ZONA SERVITA	2014	2015	2016	MEDIA
		[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
IT001E04805519	Scuola Rodari e Biblioteca Lercari	155.422	191.880	158.653	168.652
TOTALE		155.422	191.880	158.653	168.652

Tali consumi sono stati confrontati con i consumi annui elaborati e forniti dalla PA e sono emerse le seguenti differenze. Per il 2014 il consumo fornito dalla PA è di 9.276 kWh in più del dato elaborato tramite l'analisi della fatturazione (+6%). Per il 2016 il consumo fornito dalla PA è di 14.620 kWh in più (+9%). Solo per il 2015 la differenza tra consumo fornito dalla PA e consumo elaborato dall'analisi della fatturazione è del -2%.

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 168.652 kWh.

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

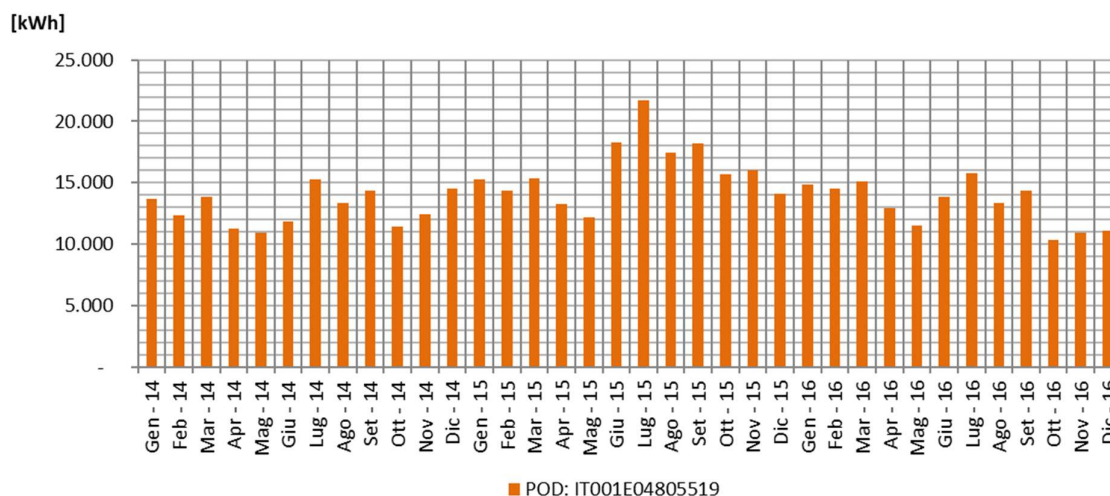
Tabella 5.7 – Consumi mensili di energia elettrica suddivisi per fasce, per il triennio di riferimento

POD: IT001E04805519	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	8.236	2.134	3.308	13.678
Febbraio	7.819	1.988	2.535	12.342
Marzo	8.315	2.379	3.202	13.896
Aprile	6.938	1.681	2.682	11.301
Maggio	6.887	1.723	2.355	10.965
Giugno	6.519	2.045	3.251	11.815
Luglio	8.687	2.981	3.579	15.247

POD: IT001E04805519	F1	F2	F3	TOTALE
Agosto	6.981	2.620	3.759	13.360
Settembre	9.012	2.413	2.955	14.380
Ottobre	7.047	1.864	2.508	11.419
Novembre	6.871	2.199	3.384	12.454
Dicembre	7.871	2.419	4.275	14.565
Totale	91.183	26.446	37.793	155.422
POD: IT001E04805519	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	8.303	2.740	4.214	15.257
Febbraio	8.520	2.480	3.323	14.323
Marzo	9.203	2.483	3.652	15.338
Aprile	7.924	1.999	3.329	13.252
Maggio	7.354	1.957	2.861	12.172
Giugno	10.516	3.366	4.414	18.296
Luglio	13.011	4.329	4.407	21.747
Agosto	9.795	3.377	4.258	17.430
Settembre	11.026	3.426	3.766	18.218
Ottobre	9.098	3.075	3.529	15.702
Novembre	9.041	2.880	4.132	16.053
Dicembre	8.131	2.011	3.950	14.092
Totale	111.922	34.123	45.835	191.880
POD: IT001E04805519	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	8.295	2.416	4.125	14.836
Febbraio	9.031	2.301	3.160	14.492
Marzo	9.183	2.415	3.503	15.101
Aprile	7.670	2.291	2.958	12.919
Maggio	7.426	1.733	2.360	11.519
Giugno	8.445	2.315	3.124	13.884
Luglio	8.792	3.176	3.845	15.813
Agosto	7.519	2.519	3.293	13.331
Settembre	9.068	2.465	2.844	14.377
Ottobre	6.641	1.620	2.092	10.353
Novembre	7.331	1.585	2.003	10.919
Dicembre	7.016	1.769	2.324	11.109
Totale	96.417	26.605	35.631	158.653

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

Figura 5.2 – Profilo elettrico reale relativo al triennio di riferimento



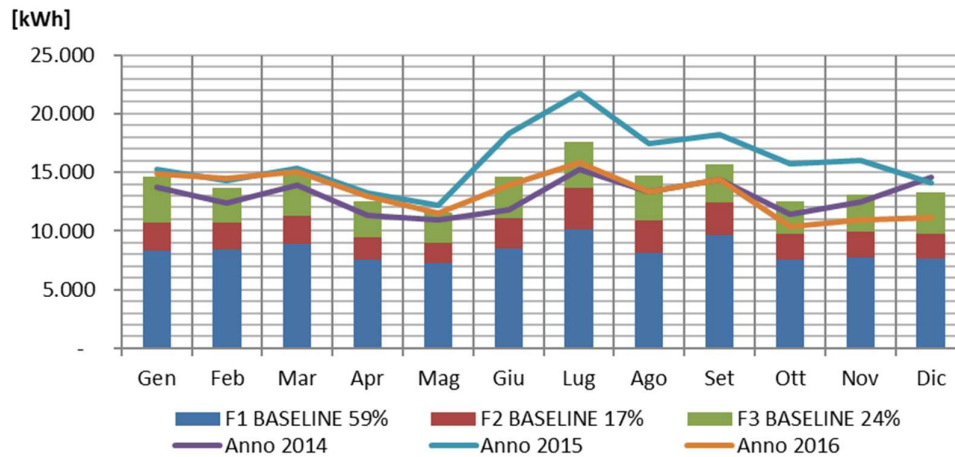
Dall'analisi effettuata è stato possibile definire i profili mensili dei consumi elettrici di Baseline, valutati come la media dei valori mensili analizzati nel triennio di riferimento. Tali valori sono riportati nella Tabella 5.8.

Tabella 5.8 – Consumi mensili di Baseline

BASILINE	F1	F2	F3	TOTALE
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	8.278	2.430	3.882	14.590
Febbraio	8.457	2.256	3.006	13.719
Marzo	8.900	2.426	3.452	14.778
Aprile	7.511	1.990	2.990	12.491
Maggio	7.222	1.804	2.525	11.552
Giugno	8.493	2.575	3.596	14.665
Luglio	10.163	3.495	3.944	17.602
Agosto	8.098	2.839	3.770	14.707
Settembre	9.702	2.768	3.188	15.658
Ottobre	7.595	2.186	2.710	12.491
Novembre	7.748	2.221	3.173	13.142
Dicembre	7.673	2.066	3.516	13.255
Totale	99.841	29.058	39.753	168.652

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

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



I profili di prelievo mensili nel triennio di riferimento presentano andamenti sinusoidali. Si può notare il picco dei consumi elettrici nei mesi estivi, in particolare a Luglio, a causa dell'assorbimento elettrico della pompa di calore per il raffrescamento dell'edificio. 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 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.

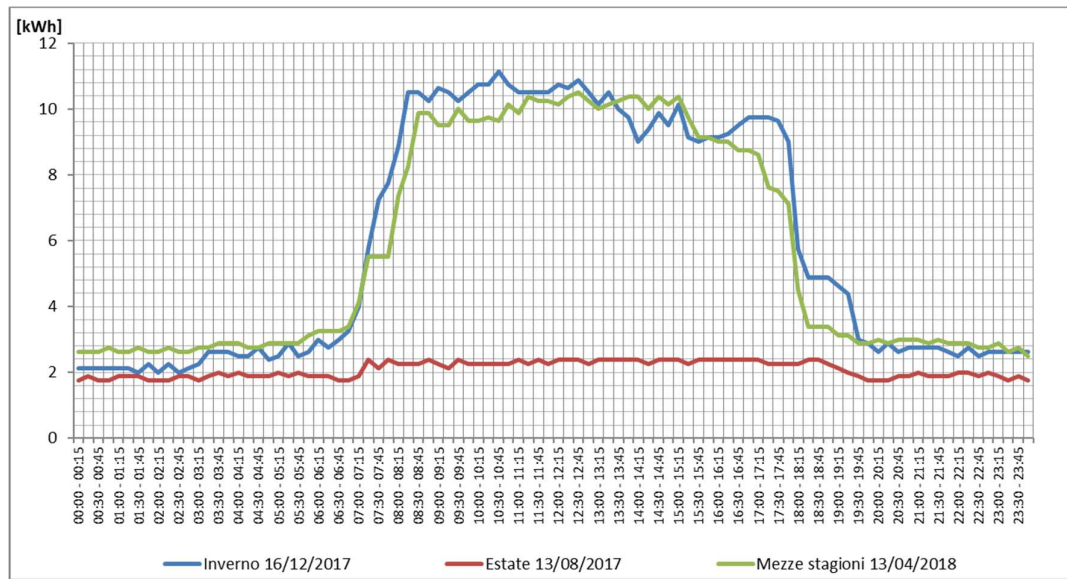
Le giornate analizzate sono riportate nella Tabella 5.9

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

PROFILO	DATA	GIORNO DELLA SETTIMANA	PERIODO	TEMPERATURA ESTERNA MEDIA [°C]
Profilo 1	13/04/2018	Venerdì	Periodo scolastico	18,7
Profilo 2	13/12/2017	Mercoledì	Periodo scolastico	10,4
Profilo 3	13/08/2017	Domenica	Periodo di vacanze	23,6

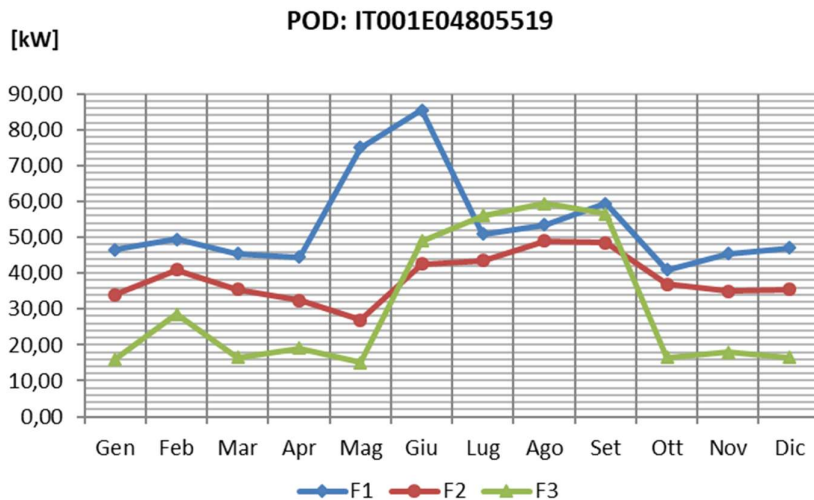
L'andamento dei profili giornalieri di consumo è riportato nei grafici in Figura 5.4.

Figura 5.4 – Profilo giornaliero dei consumi elettrici per il POD IT001E04805519



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 IT001E04805519



Il prelievo di potenza massima è pari a circa 85,5 kW e si verifica a Giugno in fascia F1. Tale potenza richiesta risulta coerente con la potenza massima erogata dal contatore installato.

Tali profili risultano coerenti con l’effettivo utilizzo dell’edificio e delle utenze elettriche presenti dato che in estate i consumi elettrici aumentano per la climatizzazione estiva.

5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI

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

I fattori di emissione di CO₂ utilizzati sono riportati nella Tabella 5.10 - Fattori di emissione di CO₂. Tabella 5.10.

Tabella 5.10 - Fattori di emissione di CO₂.

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

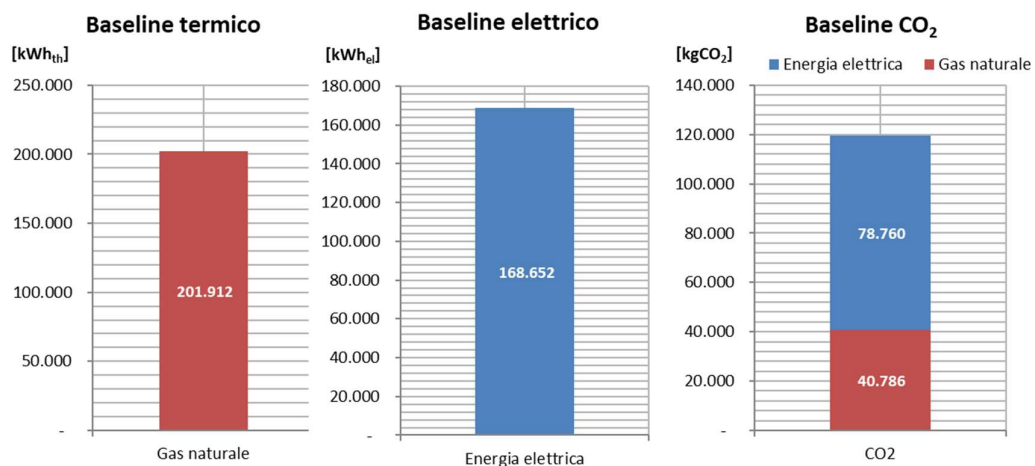
* da "Linee Guida Patto dei Sindaci" per anno 2010

Applicando tali fattori di conversione è stato possibile valutare la Baseline delle emissioni di CO₂, come riportato nella Tabella 5.11 – 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	168.652	* 0,467	78,76
Gas naturale	201.912	* 0,202	40,79

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



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

Tabella 5.12 - Fattori di conversione in energia primaria dei vettori energetici

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

La valutazione degli indicatori di performance è stata effettuata parametrizzando i consumi reali di Baseline di cui al Capitolo 5, in funzione dei fattori riportati nella Tabella 5.13.

Tabella 5.13 – Fattori di riparametrizzazione

PARAMETRO		VALORE	U.M.
FATTORE 1	Superficie netta riscaldata	2.002,92	m ²
FATTORE 2	Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	2.532,32	m ²
FATTORE 3	Volume lordo riscaldato	13.376,27	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	168.652	2,42	408.137	203,77	161,18	30,51	39,32	31,10	5,89
Gas naturale	201.912	1,05	212.008	105,85	83,72	15,85	20,36	16,11	3,05
TOTALE	370.564	3,47	620.145	309,62	244,90	46,36	59,69	47,21	8,94

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	168.652	1,95	328.871	164,20	129,87	24,59	39,32	31,10	5,89
Gas naturale	201.912	1,05	212.008	105,8	83,7	15,8	20,36	16,11	3,05
TOTALE	370.564	3,00	540.879	270,05	213,60	40,44	59,69	47,21	8,94

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

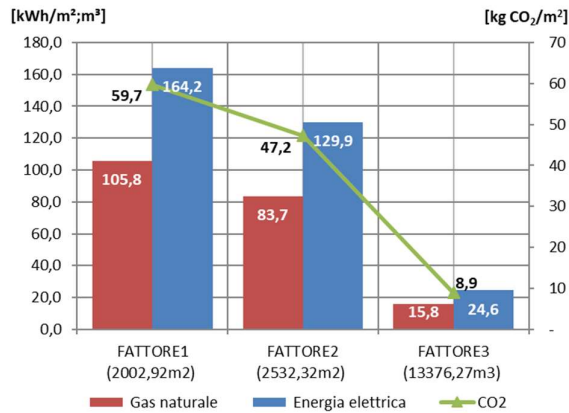
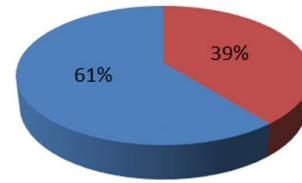
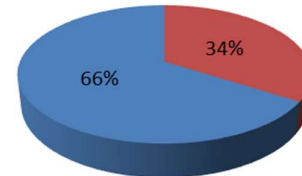


Figura 5.8 – Ripartizione % dei consumi di energia primaria e delle relative emissioni di CO₂

Ripartizione % energia primaria



Ripartizione % emissioni CO₂



Poiché l'edificio oggetto di analisi non è soltanto un edificio scolastico, ma è utilizzato prevalentemente come biblioteca civica, non verranno esposti gli indicatori di performance energetica definiti all'interno delle Linee Guida ENEA- FIRE "Guida per il contenimento della spesa energetica nelle scuole". I consumi dell'intero edificio, infatti, porterebbero a risultati non confrontabili con i limiti delle classi di merito definite dalle linee guida.

Comunque l'analisi del confronto con le linee guida ENEA – FIRE per gli altri edifici dello stesso lotto è riportato nell'Allegato M – Report di Benchmark.

6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO

6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO

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

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

Gli impianti termici ed elettrici sono stati simulati considerando le caratteristiche dei vari sottosistemi impiantistici presenti, secondo quanto previsto dalle norme UNI-TS 11300-2:2014, UNI-TS 11300-3:2010 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	335,7	295,4
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	128,0	126,9
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	11,3	10,3
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	113,1	91,1
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	43,3	34,9
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	37,8	30,5
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	2,1	1,7
Emissioni equivalenti di CO2	CO _{2eq}	Kg/mq anno	64,0	64,0

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

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO [kWh/anno]	CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE [kWh/anno]
Gas Naturale	244.553	256.780
Energia Elettrica	168.821	329.201

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

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

Dove:

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

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

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

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

Validazione del modello termico

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

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

Nella Tabella 6.6 sono riportati gli indicatori di performance energetica ricavati dalla modellazione dell'edificio in modalità "Adattata all'utenza".

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale non rinnovabile	$EP_{gl, nren}$	kWh/mq anno	301,2	262,3
Climatizzazione invernale	EP_H	kWh/mq anno	99,4	98,7
Produzione di acqua calda sanitaria	EP_w	kWh/mq anno	10,5	9,5
Ventilazione	EP_v	kWh/mq anno	77,2	62,2
Raffrescamento	EP_c	kWh/mq anno	43,3	34,9

Illuminazione artificiale ⁽¹⁾	EP _L	kWh/mq anno	68,6	55,3
Trasporto di persone e cose ⁽¹⁾	EP _T	kWh/mq anno	2,1	1,7
Emissioni equivalenti di CO2	CO _{2eq}	Kg/mq anno	59,7	59,7

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

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

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	CONSUMO
	[mc/anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	20.370	193.652
Energia Elettrica	-	170.564

La validazione del modello energetico termico è stata effettuata confrontando il consumo energetico di baseline (Q_{baseline}) così come definito al precedente capitolo 0 ed il fabbisogno teorico (Q_{teorico}) derivante dalla modellazione energetica.

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

Q _{teorico}	Q _{baseline}	Congruità
[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
193.652	201.912	4,3%

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

Validazione del modello elettrico

La validazione del modello energetico elettrico è stata effettuata confrontando il consumo energetico di baseline (EE_{baseline}) così come definito al precedente capitolo 0 ed il fabbisogno teorico (EE_{teorico}) derivante dalla modellazione energetica.

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

EE _{teorico}	EE _{baseline}	Congruità
[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
170.563	168.652	1,1%

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

6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

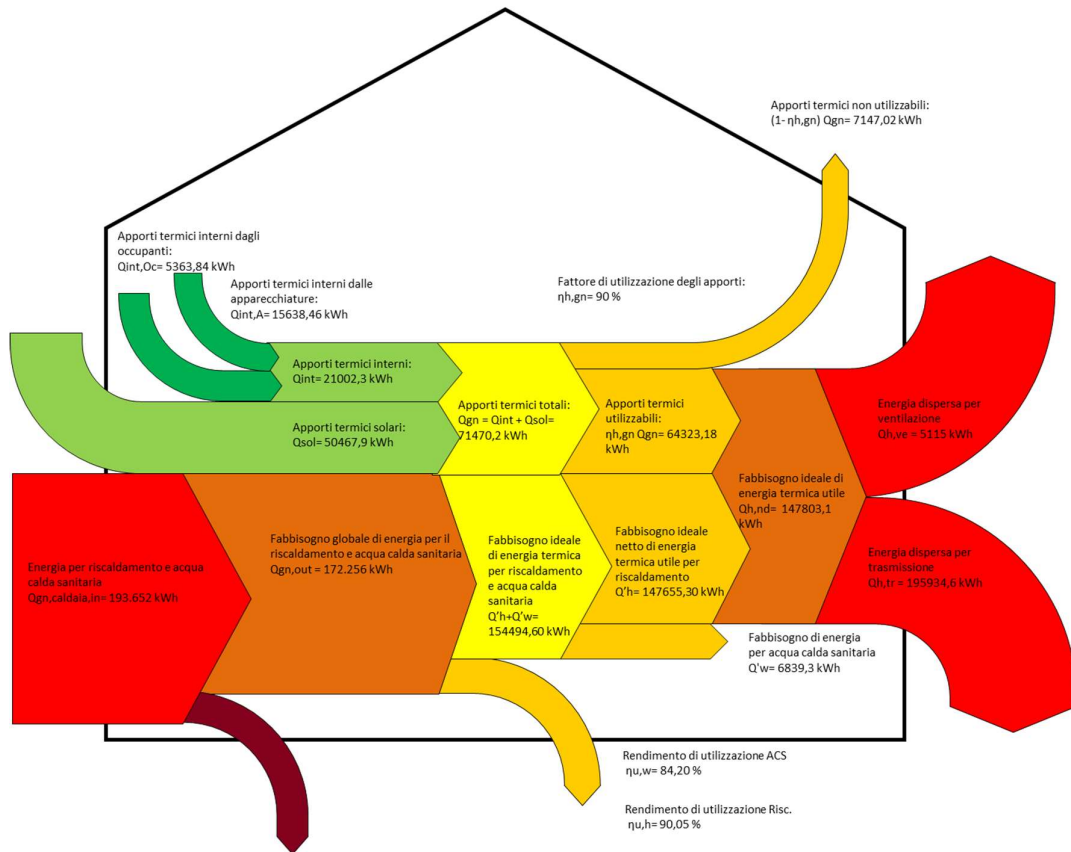
Al fine di valutare la prestazione energetica del sistema edificio-impianti si è reso necessario predisporre i risultati della modellazione energetica nella forma di un bilancio energetico che descriva l'andamento dei flussi energetici caratteristici dell'edificio in modo da valutare in maniera puntuale i consumi specifici, le criticità e gli interventi da considerare, sia per quanto riguarda il bilancio termico, sia per quanto riguarda il bilancio elettrico.

A conclusione della procedura di calcolo del fabbisogno di energia primaria, i risultati del bilancio energetico sono quindi stati rappresentati mediante diagrammi di sankey.

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

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

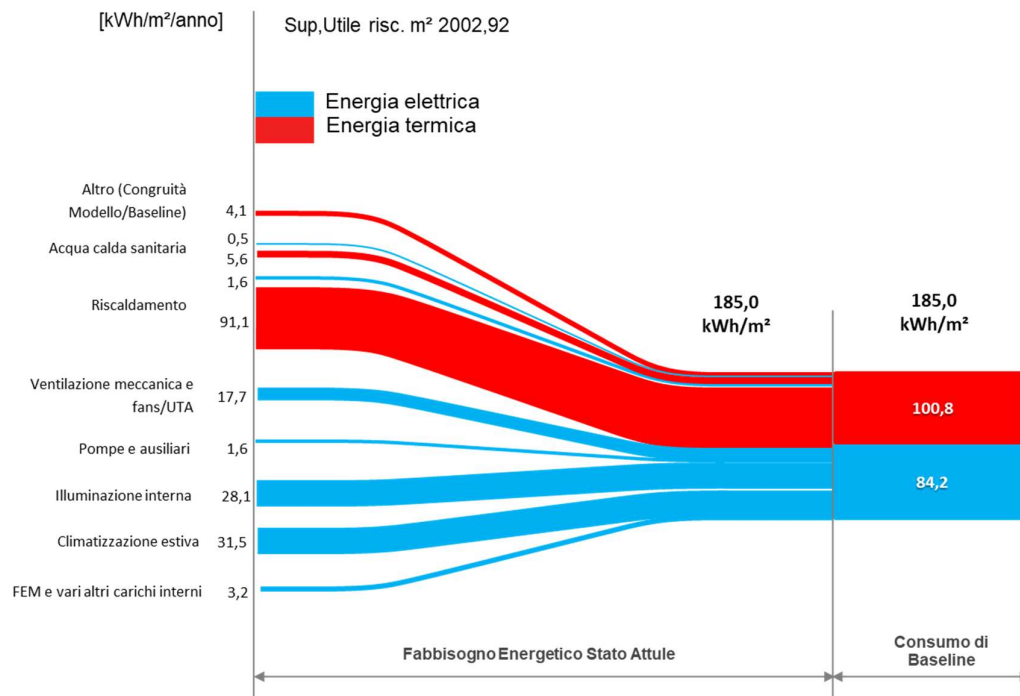
Figura 6.1 – Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio allo stato attuale



L'analisi del diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio riguarda solo il riscaldamento ed è possibile notare che l'edificio oggetto di DE non presenta né energia recuperata nel sottosistema di generazione né energia termica da fonte rinnovabile. Il fattore di utilizzazione degli apporti gratuiti è 90% mentre il rendimento di utilizzazione del sistema di riscaldamento è pari al 90%.

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

Figura 6.2 – Bilancio energetico complessivo dell'edificio



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

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

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

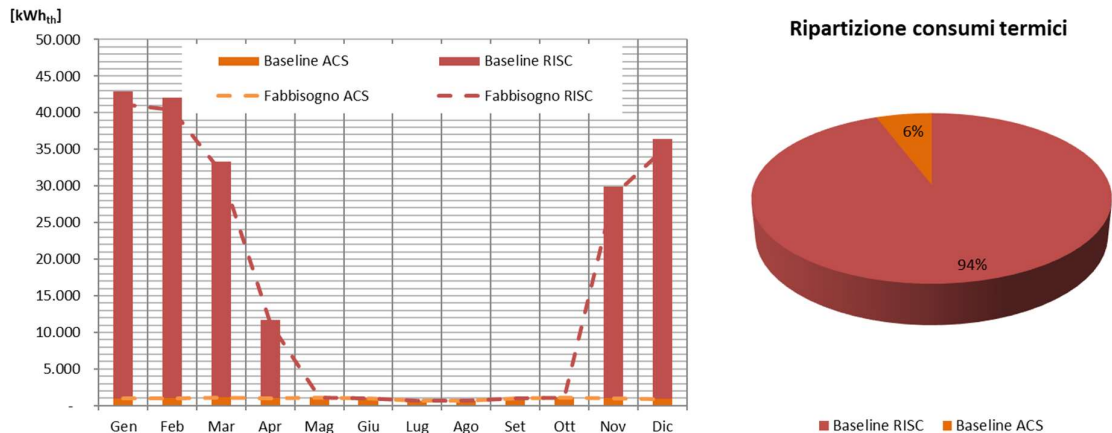
Nel caso in cui, invece i consumi teorici siano inferiori rispetto alla Baseline il termine "Altro – Congruit " rappresenta la differenza per eccesso tra i consumi specifici di Baseline ed i consumi teorici.

6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI

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

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

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



Si può notare che la maggior parte dei consumi termici siano da attribuirsi all'utilizzo per il riscaldamento dei locali, mentre la produzione di acqua calda sanitaria tramite scaldacqua a metano incide per il 6%.

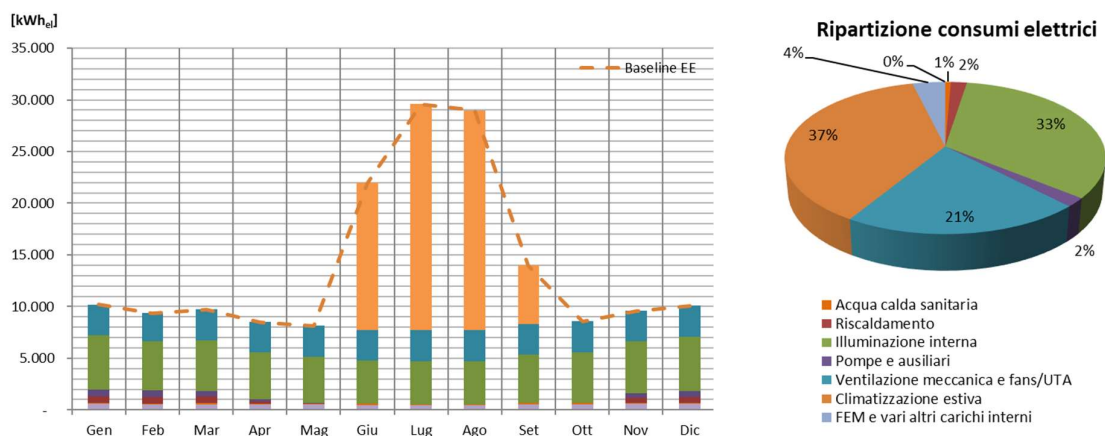
Pertanto tra gli interventi migliorativi proposti si andranno a migliorare anche i componenti per la climatizzazione invernale dell'edificio.

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

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

I risultati di tale valutazione sono riportati nella Figura 6.4.

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



Si può notare come la maggior parte dei consumi sia da attribuirsi all'utilizzo per l'illuminazione e il raffrescamento estivo dei locali all'interno dell'edificio. Anche la ventilazione meccanica, in funzione per tutta la durata dell'anno, costituisce una quota rilevante di consumo elettrico.

Pertanto tra gli interventi migliorativi proposti si andrà a migliorare l'impianto di illuminazione o a ridurre i consumi elettrici per la climatizzazione.

7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO

7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI

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

Vettore termico

La fornitura del vettore termico avviene tramite due contratti differenti per i due PDR presenti all'interno dell'edificio, come di seguito elencato:

- PDR 1 – 3270037044547: 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.
- PDR 2 – 3270037043436: 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: 3270037044547	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura - via San Fruttuoso 72 Int.A, 16143 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): G025 (2): G025	(2): G025 (3): non disponibile
Tipologia di contratto	Non disponibile	(1): Punto di riconsegna per servizio pubblico (2): utenze con attività di servizio pubblico	(2): utenze con attività di servizio pubblico (3): punto di riconsegna per usi diversi
Opzione tariffaria ⁽¹⁾	Non disponibile	Non disponibile	Non disponibile
Valore del coefficiente correttivo dei consumi	Non disponibile	(1): 1,02332800 (2): 1,000000	1,000000
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): 38,97 MJ/Sm ³
Prezzi di fornitura del combustibile ⁽²⁾ (IVA INCLUSA)	Non disponibile	(1): 0,42 €/Sm ³ (2) ⁽³⁾ : 0,33 €/Sm ³	(2) ⁽³⁾ : 0,28 €/Sm ³ (3) ⁽³⁾ : 0,25 €/Sm ³

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

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

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

Nella tabella 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 rierimento - PDR: 3270037044547

PDR: 3270037044547	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	1.060	374	-	510	413	2.357	25.622	0,092
Feb - 15	1.110	391	-	534	432	2.468	23.013	0,107
Mar - 15	817	288	-	393	318	1.815	17.040	0,107
Apr - 15	465	72	151	346	228	1.262	15.468	0,082
Mag - 15	12	72	4	9	21	118	414	0,285
Giu - 15	-	72	-	-	16	87	-	-
Lug - 15	-	72	-	-	16	87	-	-
Ago - 15	-	72	-	-	16	87	-	-
Set - 15	1	72	0	0	16	89	19	4,715
Ott - 15	140	72	46	92	77	425	4.644	0,092
Nov - 15	309	72	187	211	171	950	10.711	0,089
Dic - 15	447	24	150	343	212	1.175	15.270	0,077
Totale	4.361	1.650	537	2.440	1.935	10.922	112.201	0,097
PDR: 3270037044547	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	485	28	184	359	206	1.262	17.700	0,071
Feb - 16	446	28	200	366	229	1.269	16.278	0,078
Mar - 16	386	28	342	317	236	1.308	14.083	0,093
Apr - 16	93	27	45	99	58	321	4.409	0,073
Mag - 16	1	27	0	1	6	35	28	1,225
Giu - 16	-	27	-	-	6	33	-	-
Lug - 16	-	27	-	-	6	33	-	-
Ago - 16	-	27	-	-	6	33	-	-
Set - 16	-	27	-	-	6	33	-	-
Ott - 16	-	27	-	-	6	33	-	-
Nov - 16	284	27	104	256	148	819	11.398	0,072
Dic - 16	436	27	159	393	223	1.237	17.465	0,071
Totale	2.130	325	1.034	1.791	1.136	6.415	81.361	0,079

Tabella 7.3 – Andamento del costo del vettore termico nel triennio di rierimento - PDR: 3270037043436"

PDR: 3270037043436	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	634	242	-	301	245	1.421	9.387	0,151
Feb - 15	622	237	-	295	240	1.394	9.661	0,144
Mar - 15	497	190	-	236	192	1.114	6.688	0,167
Apr - 15	278	72	90	205	142	787	9.260	0,085
Mag - 15	48	72	16	37	38	211	1.630	0,129

Giu - 15	25	72	8	19	27	152	857	0,178
Lug - 15	25	72	9	20	27	152	876	0,174
Ago - 15	25	24	9	20	17	95	885	0,107
Set - 15	41	24	14	32	25	136	1.432	0,095
Ott - 15	113	24	38	87	58	320	3.881	0,082
Nov - 15	255	24	86	197	124	685	8.751	0,078
Dic - 15	372	24	125	286	178	985	12.736	0,077
Totale	2.936	1.075	395	1.734	1.312	7.452	66.045	0,113
PDR: 3270037043436	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	453	28	207	333	199	1.219	16.532	0,074
Feb - 16	470	28	211	386	241	1.335	17.154	0,078
Mar - 16	400	28	177	329	205	1.139	14.648	0,078
Apr - 16	108	27	52	116	67	370	5.153	0,072
Mag - 16	50	27	24	53	34	189	2.374	0,080
Giu - 16	38	27	19	41	27	152	1.818	0,084
Lug - 16	31	27	14	31	23	126	1.385	0,091
Ago - 16	5	27	2	5	9	47	217	0,218
Set - 16	19	27	9	19	16	90	857	0,105
Ott - 16	22	27	8	20	17	95	895	0,106
Nov - 16	392	27	143	352	201	1.115	15.665	0,071
Dic - 16	339	27	123	305	175	969	13.574	0,071
Totale	2.327	325	990	1.991	1.213	6.846	90.272	0,076

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

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

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

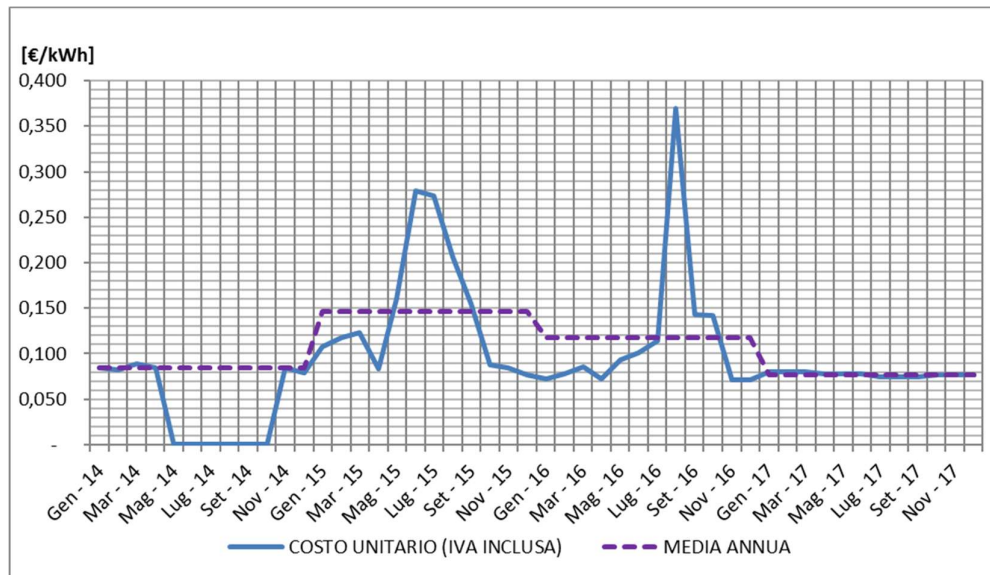
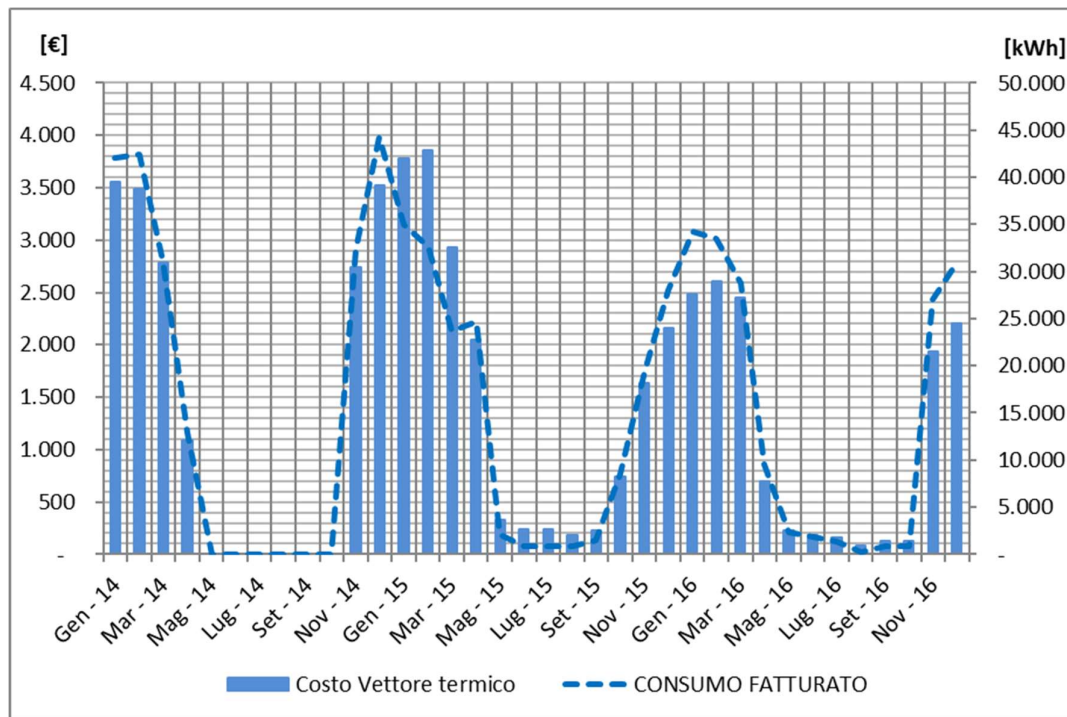


Figura 7.2 – Andamento dei consumi e dei costi dell’energia termica



Dall’analisi effettuata risulta evidente che l’andamento dei costi rispecchia l’andamento dei consumi termici. L’andamento del costo unitario presenta dei picchi in alcuni mesi, ma l’andamento complessivo è coerente con la media annua.

Vettore elettrico

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

- **POD 1 – IT001E04805519** : contratto di fornitura del vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. È stato quindi possibile effettuare un'analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura.

Nella Tabella 7.4 si riportano le principali caratteristiche del contratto di fornitura del vettore termico per gli anni di riferimento.

Tabella 7.4 – Caratteristiche dei contratti di fornitura del vettore elettrico per il triennio di riferimento

POD: IT001E04805519	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura – Via Imperiale 70, 16143 Genova (GE) - Via San Fruttuoso 74, 16143 Genova (GE)			
Dati di intestazione fattura	Comune di Genova	Comune di Genova	Comune di Genova
Società di fornitura: (1) fino a Marzo 2015; (2) da Aprile 2015 a Marzo 2016; (3) da Aprile 2016.	(1): Edison Energia spa	(2): Gala spa	(2):Gala spa (3): Iren Mercato spa
Inizio periodo fornitura	(1): 01/01/2013	(2): 01/04/2015	(3): 01/04/2016
Fine periodo fornitura	-	(1): 31/03/2015	(2): 31/03/2016
Potenza elettrica impegnata	220 kW	220 kW	53 kW
Potenza elettrica disponibile	220 kW	220 kW	220 kW
Tipologia di contratto	(1): Forniture in BT (escluso IP)	(1): Forniture in BT (escluso IP) (2): CONSIP EE12 – Lotto 2	(2): CONSIP EE12 – Lotto 2 (3): CONSIP13 VERDE - L0390
Opzione tariffaria ⁽¹⁾	Non disponibile	Non disponibile	Non disponibile
Prezzi del fornitura dell'energia elettrica (IVA INCLUSA) ⁽²⁾	(1): 0,092	(1): 0,066 (2): 0,039	(2): 0,035 (3): 0,051

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

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

Nella Tabella 7.5 si riporta l'andamento del costo del vettore elettrico nel triennio di riferimento, suddiviso nelle varie componenti.

Tabella 7.5 – Andamento del costo del vettore elettrico nel triennio di riferimento

POD: IT001E04805519	QUOTA ENERGIA VENDITA	ONERI DI DISPACCIAMENTO	SERIVZI DI RETE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen – 14	1.043	182	1.163	171	563	3.122	13.678	0,228
Feb – 14	950	177	1.060	154	515	2.857	12.342	0,231
Mar – 14	1.062	181	1.191	174	574	3.181	13.896	0,229
Apr – 14	862	204	1.011	141	488	2.707	11.301	0,240
Mag – 14	839	186	964	137	468	2.594	10.965	0,237
Giu – 14	884	205	1.047	148	502	2.787	11.815	0,236
Lug – 14	3.681	-	-	-	-	3.681	15.247	0,241
Ago – 14	996	218	1.263	167	582	3.225	13.360	0,241
Set – 14	1.095	231	1.331	180	624	3.460	14.380	0,241
Ott – 14	861	169	1.037	143	486	2.696	11.419	0,236
Nov – 14	913	184	1.159	156	531	2.942	12.454	0,236
Dic – 14	1.038	215	1.327	182	608	3.370	14.565	0,231
Totale	14.223	2.152	12.553	1.752	5.940	36.621	155.422	0,236
POD: IT001E04805519	QUOTA ENERGIA VENDITA	ONERI DI DISPACCIAMENTO	SERIVZI DI RETE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]

Gen – 15	1.052	200	1.333	191	611	3.387	15.257	0,222
Feb – 15	954	191	1.255	179	567	3.146	14.323	0,220
Mar – 15	979	204	1.333	192	596	3.303	15.338	0,215
Apr – 15	619	166	1.176	166	468	2.595	13.252	0,196
Mag – 15	538	153	1.159	152	440	2.442	12.172	0,201
Giu – 15	774	229	1.686	229	642	3.559	18.296	0,195
Lug – 15	859	152	2.074	272	739	4.096	21.747	0,188
Ago – 15	676	191	1.660	218	604	3.348	17.430	0,192
Set – 15	658	201	1.157	228	494	2.737	18.218	0,150
Ott – 15	558	131	1.478	196	520	2.883	15.702	0,184
Nov – 15	583	133	1.512	201	534	2.963	16.053	0,185
Dic – 15	509	143	1.338	176	477	2.643	14.092	0,188
Totale	8.759	2.094	17.160	2.399	6.690	37.101	191.880	0,193
POD: IT001E04805519	QUOTA ENERGIA VENDITA	ONERI DI DISPACCIAMENTO	SERIVZI DI RETE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen – 16	507	170	1.292	185	474	2.630	14.836	0,177
Feb – 16	442	170	1.271	181	454	2.519	14.492	0,174
Mar – 16	611	173	1.317	189	504	2.794	15.101	0,185
Apr – 16	472	202	1.143	161	198	2.176	12.919	0,168
Mag – 16	462	191	1.045	144	184	2.026	11.519	0,176
Giu – 16	600	230	1.283	174	229	2.515	13.884	0,181
Lug – 16	800	344	1.407	198	275	3.024	15.813	0,191
Ago – 16	568	291	1.200	167	223	2.448	13.331	0,184
Set – 16	734	313	1.284	180	251	2.762	14.377	0,192
Ott – 16	663	169	933	129	189	2.083	10.353	0,201
Nov – 16	789	175	981	136	208	2.291	10.919	0,210
Dic – 16	761	176	997	139	207	2.280	11.109	0,205
Totale	7.411	2.604	14.153	1.983	3.396	29.548	158.653	0,186

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

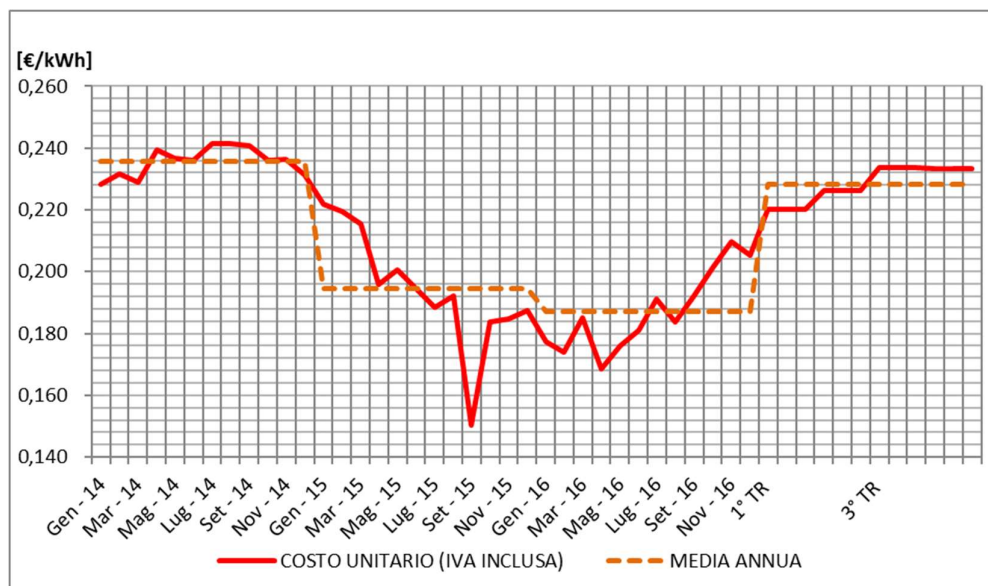
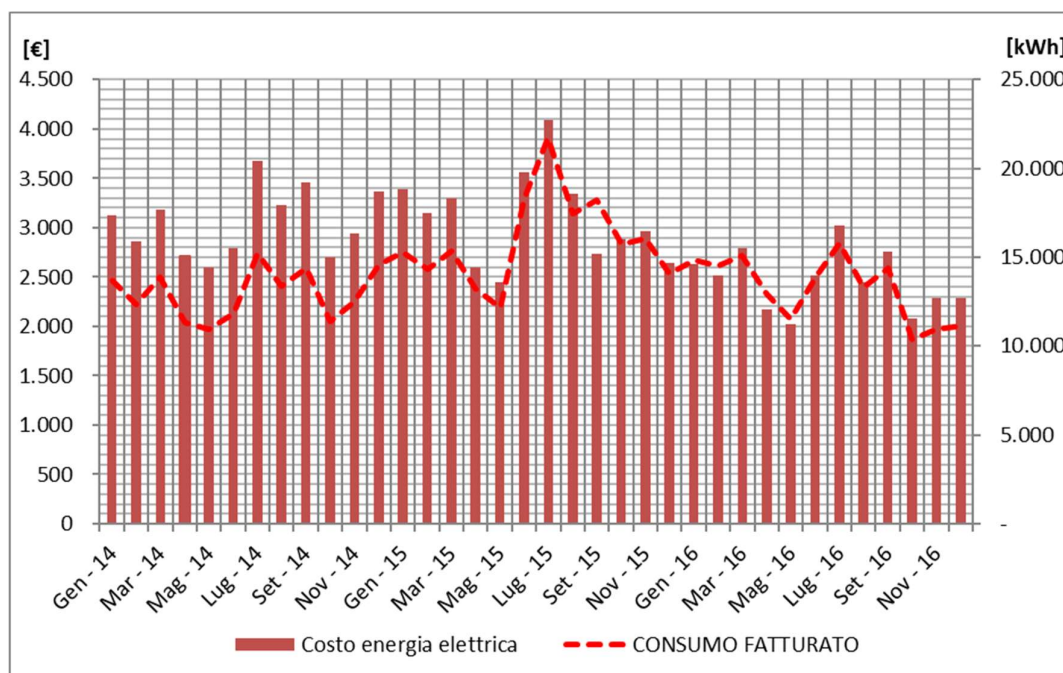


Figura 7.4 – Andamento dei consumi e dei costi dell'energia elettrica



Dall'analisi effettuata risulta evidente che l'andamento dei costi sia coerente con l'andamento dei consumi elettrici mensili. Anche l'andamento del costo unitario del vettore elettrico non si scosta di molto dall'andamento della media annua.

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 7.6 sono sintetizzati i costi ed i consumi energetici precedentemente analizzati.

Tabella 7.6 - Sintesi dei consumi nel triennio di riferimento

ANNO	VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			TOTALE
	[€]	[kWh]	[€/kWh]	[€]	[kWh]	[€/kWh]	[€]
2014	17.172	205.073	0,084	36.621	155.422	0,236	53.793
2015	18.375	178.246	0,103	37.101	191.880	0,193	55.476
2016	13.260	171.632	0,077	29.548	158.653	0,186	42.808
Media	16.269	184.984	0,088	34.423	168.652	0,205	50.692

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 individuati per il calcolo della Baseline

Definizione		Valore	U.M.
Costo unitario dell'energia termica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	Cu _Q	0,079 [€/kWh]
Costo unitario dell'energia elettrica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	Cu _{EE}	0,230 [€/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:

- L1-042-195: servizio di conduzione e manutenzione caldaia con potenza > 35 kW;
- L1-042-320: servizio di conduzione e manutenzione caldaia con potenza > 35 kW;
- L1-042-507: servizio di conduzione e manutenzione climatizzazione.

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

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

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

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

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

Ai fini del calcolo della Baseline dei costi si sono pertanto assunti i valori di riportati nella Tabella 7.8.

Tabella 7.8 – 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} 7.915	[€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Media relativa a gli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici	C_{MS} 879	[€/anno]

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

7.4 BASELINE DEI COSTI

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

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

Per la componente energetica vale la seguente formula:

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

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

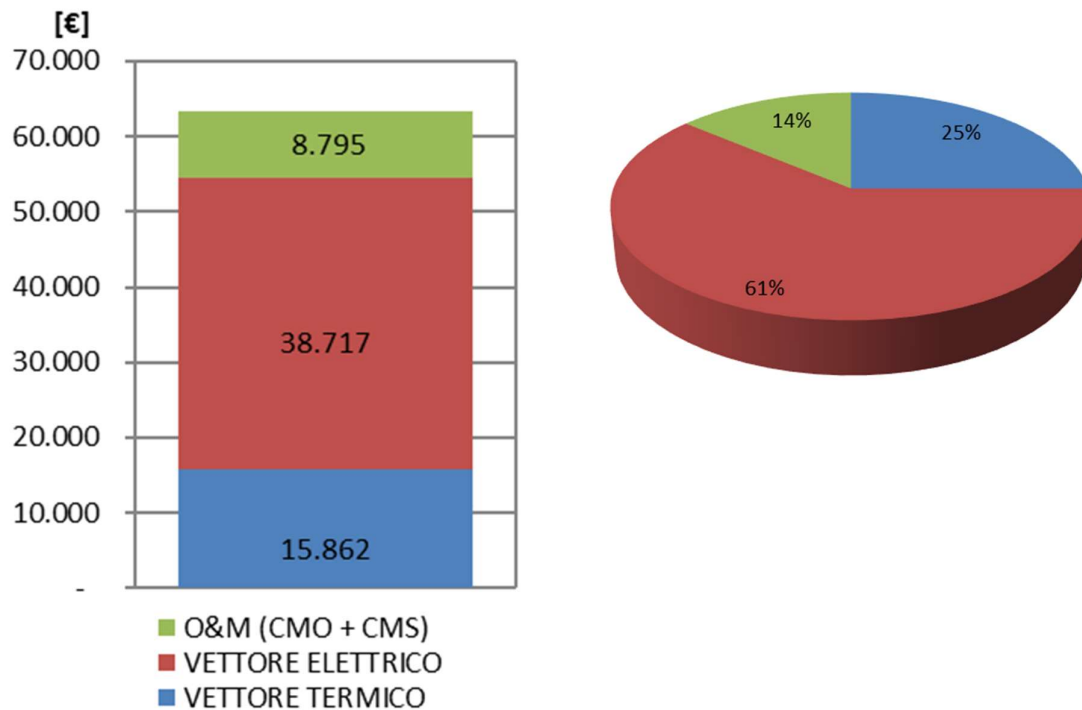
$$C_{baseline} = C_E + C_{MO} + C_{MS}$$

Ne risulta quindi un C_E pari a 56.151,16 € e un $C_{baseline}$ pari a 64.946 €

Tabella 7.9 – Valori di costo individuati per il calcolo della Baseline

VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			O&M (C _{MO} + C _{MS})			TOTALE
Q _{baseline}	Cu _Q	C _Q	EE _{baseline}	Cu _{EE}	C _{EE}	C _M	C _{MO}	C _{MS}	C _Q +C _{EE} +C _M
[kWh]	[€/kWh]	[€]	[kWh]	[€/kWh]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
201.912	0,079	15.862	175.540	0,230	40.289	8.795	7.915	879	64.946

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 opaco

EEM1: Isolamento sottotetto

Generalità

La misura prevede l'isolamento dell'involucro opaco orizzontale rivolto verso il sottotetto non scaldato. Limitazioni a tale intervento potrebbero essere l'interruzione dell'attività scolastica, soprattutto nel periodo da Settembre a Giugno e la presenza di volte e travi in legno.

L'isolamento porta al risparmio di combustibile usato per il riscaldamento invernale e ad un miglioramento del comfort termico, dato dalla minor influenza dei parametri esterni sulle condizioni di benessere termo-igrometrico.

Caratteristiche funzionali e tecniche

Per la zona climatica D il valore limite della trasmittanza termica U delle strutture opache orizzontali è pari a 0,28 W/m²K. Attualmente le strutture orizzontali rivolte verso il sottotetto hanno uno spessore di circa 25 cm con un valore di trasmittanza stimato a ca. 1,77 W/m²K. L'intervento prevede l'applicazione di pannelli di polistirene espanso sinterizzato (EPS, λ=0,033 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.

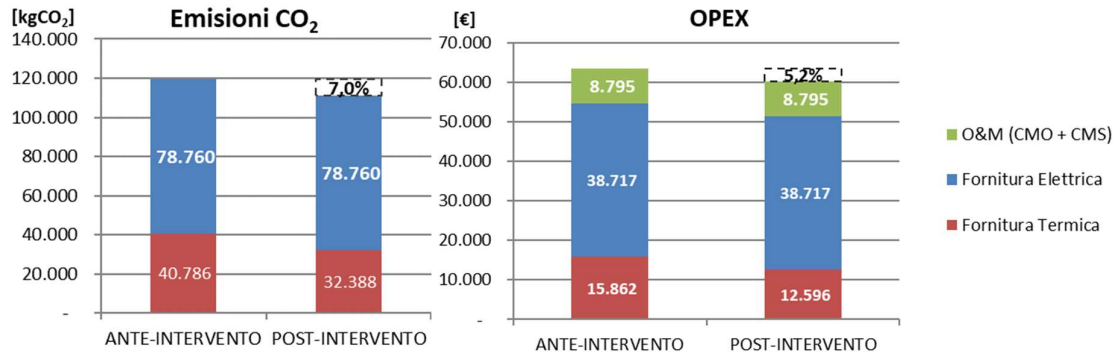
Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM1 sono riportati nella tabella 8.2.

Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM1 – Isolamento sottotetto

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM1 [trasmittanza]	W/m ² K	1,77	0,24	86,4%
Q _{teorico}	kWh	193.652	153.779	20,6%
EE _{teorico}	kWh	170.563	170.563	0,0%
Q _{baseline}	kWh	201.912	160.338	20,6%
EE _{baseline}	kWh	168.652	168.652	0,0%
Emiss. CO2 Termico	kgCO ₂	40.786	32.388	20,6%
Emiss. CO2 Elettrico	kgCO ₂	78.760	78.760	0,0%
Emiss. CO2 TOT	kgCO₂	119.547	111.149	7,0%
Fornitura Termica, C _Q	€	15.862	12.596	20,6%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	€	38.717	38.717	0,0%
Fornitura Energia, C_E	€	54.579	51.313	6,0%
C _{MO}	€	7.915	7.915	0,0%
C _{MS}	€	879	879	0,0%
O&M (C_{MO} + C_{MS})	€	8.795	8.795	0,0%
OPEX	€	63.373	60.107	5,2%
Classe energetica	-	F	E	+1 classe

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,079 [€/kWh] per il vettore termico e 0,230 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 8.1 – EEM1: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline

8.1.2 Impianto di riscaldamento

EEM2: Sostituzione dei generatori di calore e installazione valvole termostatiche

Generalità

La misura prevede la sostituzione dei generatori di calore e l'installazione di valvole termostatiche ai terminali di emissione. Gli attuali generatori di calore, infatti, non sono particolarmente datati, ma, essendo generatori standard e non a condensazione, offrono prestazioni non ottimali.

Una limitazione a tale intervento è l'interruzione dell'attività scolastica nel periodo da Novembre ad Aprile.

La sostituzione delle caldaie e l'installazione di valvole termostatiche porta al risparmio di combustibile usato per il riscaldamento invernale e ad un miglioramento del comfort termico.

Figura 8.2 - Particolare dei generatori di calore



Caratteristiche funzionali e tecniche

Attualmente l'impianto di generazione del calore per il riscaldamento è costituito da due caldaie standard a basamento usate con rendimento pari al 90% 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. Nella biblioteca, invece, prevalgono i ventilconvettori.

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.

Descrizione dei lavori

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

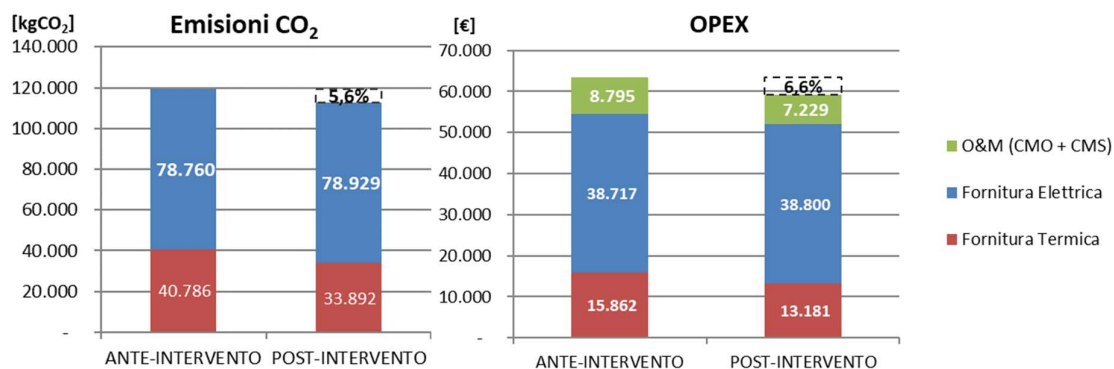
Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM2 sono riportati nella tabella 8.4.

Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM2 – Sostituzione dei generatori di calore e installazione di valvole termostatiche

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	AUMENTO DAL BASELINEE
EM2 [Rendimento generazione calore]	%	90	104	15,6%
Q _{teorico}	kWh	193.652	160.918	16,9%
EE _{teorico}	kWh	170.563	170.928	-0,2%
Q _{baseline}	kWh	201.912	167.782	16,9%
EE _{baseline}	kWh	168.652	169.012	-0,2%
Emiss. CO2 Termico	kgCO ₂	40.786	33.892	16,9%
Emiss. CO2 Elettrico	kgCO ₂	78.760	78.929	-0,2%
Emiss. CO2 TOT	kgCO₂	119.547	112.821	5,6%
Fornitura Termica, C _Q	€	15.862	13.181	16,9%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	€	38.717	38.800	-0,2%
Fornitura Energia, C_E	€	54.579	51.980	4,8%
C _{MO}	€	7.915	6.506	17,8%
C _{MS}	€	879	723	17,8%
O&M (C_{MO} + C_{MS})	€	8.795	7.229	17,8%
OPEX	€	63.373	59.209	6,6%
Classe energetica	-	F	E	+1 classe

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,079 [€/kWh] per il vettore termico e 0,230 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 8.3 – EEM2: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline

8.1.3 Impianto di illuminazione ed impianto elettrico

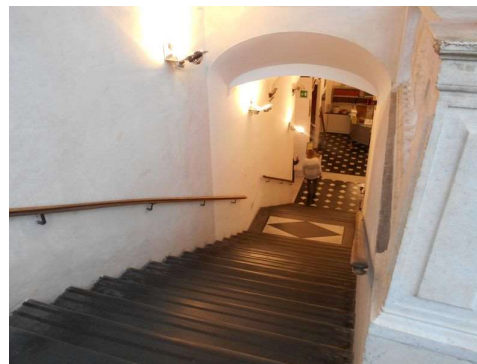
EEM3: Installazione di nuove plafoniere con lampade led

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 e la parziale chiusura della biblioteca durante l'installazione.

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 8.4 – Proiettori biblioteca



Caratteristiche funzionali e tecniche

Attualmente l'impianto di illuminazione è costituito principalmente lampade fluorescenti o da proiettori a ioduri metallici nella biblioteca.

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 EEM3 sono riportati nella tabella 8.5.

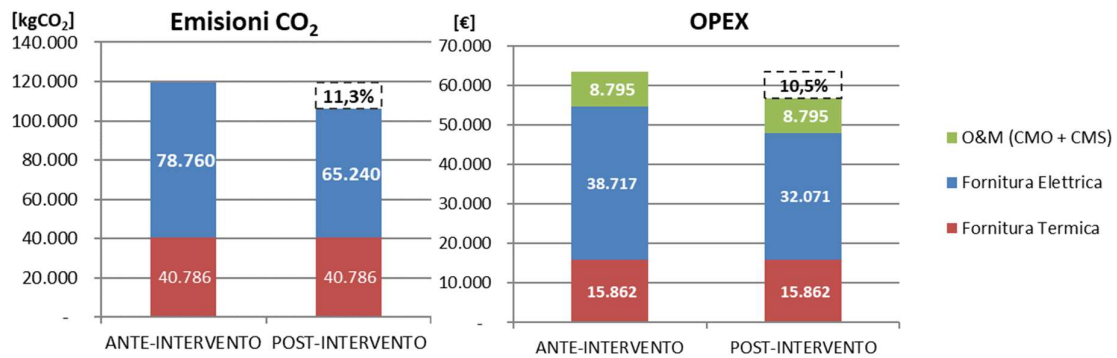
Tabella 8.3 – Risultati analisi EEM3 – Installazione di nuove plafoniere con lampade LED

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM3 [Potenza installata]	W	15,19	7,85	48,3%
Q _{teorico}	kWh	193.652	193.652	0,0%
EE _{teorico}	kWh	170.563	141.284	17,2%
Q _{baseline}	kWh	201.912	201.912	0,0%
EE _{baseline}	kWh	168.652	139.701	17,2%
Emiss. CO2 Termico	kgCO ₂	40.786	40.786	0,0%
Emiss. CO2 Elettrico	kgCO ₂	78.760	65.240	17,2%
Emiss. CO2 TOT	kgCO₂	119.547	106.026	11,3%
Fornitura Termica, C _Q	€	15.862	15.862	0,0%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	€	38.717	32.071	17,2%
Fornitura Energia, C_E	€	54.579	47.932	12,2%
C _{MO}	€	7.915	7.915	0,0%

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
C _{MS}	€	879	879	0,0%
O&M (C_{MO} + C_{MS})	€	8.795	8.795	0,0%
OPEX	€	63.373	56.727	10,5%
Classe energetica	-	F	F	+0 classi

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,079 [€/kWh] per il vettore termico e 0,230 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 8.5 – EEM3: 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 sottotetto

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

Nella L'analisi dei costi è basata sull'applicazione di uno strato di isolante di 12 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 del sottotetto non scaldato

L'analisi dei costi è basata sull'applicazione di uno strato di isolante di 12 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 sottotetto

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) [€]
Pannello in EPS 12 cm	01.P09.A04.030	856,00	m2	8,50	7,73	6.614,55	1.455,20	8.069,75
Collante cementizio	PR.A02.A25.010	428,00	kg	0,49	0,45	190,65	41,94	232,60
Impalcature per interni	95.B10.S20.020	856,00	m2	21,17	19,25	16.474,11	3.624,30	20.098,41
Scrostamento intonaco	25.A05.E10.015	856,00	m2	7,26	6,60	5.649,60	1.242,91	6.892,51
Intonaco interno in malta cementizia	20.A54.B10.010	856,00	m2	4,80	4,36	3.735,27	821,76	4.557,03
Costi per la sicurezza		3	%			979,93	215,58	1.195,51
Costi per la progettazione		7	%			2.286,49	503,03	2.789,52
TOTALE (I₀)						35.930,60	7.904,73	43.835,33
Incentivi	[Conto termico]							17.534,13
Durata incentivi								5
Incentivo annuo								3.506,83
FONTE PREZZO UTILIZZATO	Analisi prezzi da listini del Prezzario Opere Edili ed Impiantistiche Regione Liguria (anno 2018). Nota (1): La fonte del prezzo utilizzato proviene dal prezzario della Regione Piemonte. Viene applicata una riduzione del 10% a tutti i prezzi unitari per la quota di profitto della ESCO. L'importo dell'incentivo corrisponde al 40% del costo complessivo dell'intervento siccome il costo unitario al metro quadro di superficie isolata non supera i 100 €/m ² .							

EEM2: 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 9.2 – Analisi dei costi della EEM2 – Sostituzione dei generatori di calore e installazione delle valvole termostatiche

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA AL 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ²]	[€/n° o €/m ²]	[€]	[€]	[€]
Rimozione caldaie esistenti	CCIAA RE ⁽¹⁾	2	cad	1.426,90	1.297,18	2.594,36	570,76	3.165,12
Installazione nuova caldaia	PR.C76.B10.005	1	cad	7.969,50	7.245,00	7.245,00	1.593,90	8.838,90
Installazione nuova caldaia	PR.C76.B10.010	1		8.918,25	8.107,50	8.107,50	1.783,65	9.891,15
Canna fumaria	PR.C84.C05.495	2	cad	146,74	133,40	266,80	58,70	325,50
Installazione nuovo bruciatore	40.C10.B10.120	2	cad	392,78	357,07	714,15	157,11	871,26
Accessori per l'impianto	PR.C76.A30.020	30	cad	21,13	19,21	576,27	126,78	703,05
	PR.C76.A30.015	2	cad	28,46	25,87	51,75	11,38	63,13
	40.F10.H10.030	2	cad	120,60	109,64	219,27	48,24	267,51
Termoregolazione	40.F10.H10.040	2	cad	29,71	27,01	54,02	11,88	65,90
	PR.C74.C10.010	2	cad	146,74	133,40	266,80	58,70	325,50
	PR.C74.E05.030	2	cad	76,47	69,52	139,04	30,59	169,62
Manodopera	RU.M01.A01.030	15	h	34,41	31,28	469,23	103,23	572,46
Impianti elettrici	RU.M01.E01.020	50	h	31,88	28,98	1.449,09	318,80	1.767,89
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	27	cad	35,42	32,20	869,40	191,27	1.060,67
Costi per la sicurezza		3	%			703,55	154,78	858,33
Costi per la progettazione		7	%			1.641,62	361,16	2.002,78
TOTALE (I₀)						25.796,94	5.675,33	31.472,27
Incentivi	[Conto termico]							12.589,00
Durata incentivi								5
Incentivo annuo								2.517,80
FONTE PREZZO UTILIZZATO	Analisi prezzi da listini del Prezzario Opere Edili ed Impiantistiche Regione Liguria (anno 2018). Nota (1): La fonte del prezzo utilizzato proviene dal prezzario della Camera di Commercio di Reggio Emilia. Viene applicata una riduzione del 10% a tutti i prezzi unitari per la quota di profitto della ESCO. L'importo dell'incentivo corrisponde al 40% del costo complessivo dell'intervento siccome il costo unitario al kWt di potenza utile complessiva dell'impianto termico non supera i 130 €/kWt.							

EEM3: 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 EEM3.

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

Tabella 9.3 – Analisi dei costi della EEM3 – Installazione di nuove plafoniere con lampade led

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA AL 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ²]	[€/n° o €/m ²]	[€]	[€]	[€]
Fornitura e installazione lampade LED – 31 W	1E.06.060.0120.b ⁽²⁾	4	cad		224,21	896,84	197,30	1.094,14

Fornitura e installazione lampade LED – 20 W	045129b ⁽¹⁾	161	cad	89,65	14.432,92	3.175,24	17.608,16
Fornitura e installazione lampade LED – 25 W	043084g ⁽¹⁾	41	cad	18,32	751,05	165,23	916,28
Fornitura e installazione lampade LED – 29 W	1E.06.060.0140.c ⁽²⁾	2	cad	126,82	253,64	55,80	309,44
Fornitura e installazione lampade LED – 6 W	1E.06.060.0180.b ⁽²⁾	14	cad	13,50	189,00	41,58	230,58
Fornitura e installazione lampade LED – 47 W	1E.06.060.0040.a ⁽²⁾	71	cad	259,36	18.414,82	4.051,26	22.466,08
Rimozione vecchi corpi illuminanti	1E.02.070.0020 ⁽¹⁾	202	cad	5,21	1.052,24	231,49	1.283,73
Costi per la sicurezza		3	%		1.079,71	237,54	1.317,25
Costi per la progettazione		7	%		2.519,33	554,25	3.073,59
TOTALE (I₀)					39.589,54	8.709,70	48.299,24
Incentivi	[Conto termico]						19.319,70
Durata incentivi							5
Incentivo annuo							3.863,94

**FORNITURA
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 €/m².

9.2 ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

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

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

Gli indicatori economici d'investimento utilizzati sono:

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

Essi sono così definiti:

1) Tempo di ritorno semplice (TRS):

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

Dove:

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

2) Tempo di ritorno attualizzato (TRA):

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

Dove:

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

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

Dove:

- FC_n è il flusso di cassa all'anno n-esimo;
- f è il tasso di inflazione;
- f' è la deriva dell'inflazione;
- R è il tasso di sconto;
- $i = R - f - f'$ è il tasso di attualizzazione;
- $\frac{1}{(1+i)^n}$ è il fattore di annualità (FA_n).

3) Valore Attuale Netto (VAN) del progetto:

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

Dove:

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

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

5) Indice di Profitto (IP):

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

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

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

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

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

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

EEM1: Isolamento sottotetto

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

Tabella 9.4 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM1– Isolamento sottotetto

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	43.835
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	17.534
Durata incentivo	n_B	anni	1
Tasso di attualizzazione	i	%	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	12,8	7,5
Tempo di rientro attualizzato	TRA	18,5	9,0
Valore attuale netto	VAN	15.090	31.950
Tasso interno di rendimento	TIR	6,8%	12,3%
Indice di profitto	IP	0,34	0,73

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

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

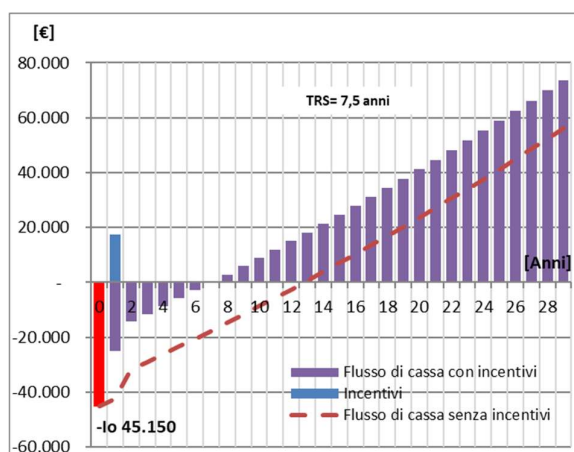
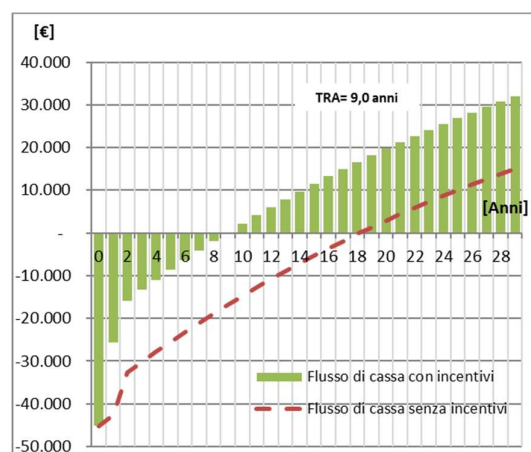


Figura 9.2 – EEM1: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento risulta essere economicamente vantaggioso, con un tempo di ritorno attualizzato inferiore ai 30 anni di vita utile, anche nel caso senza incentivi.

EEM2: Sostituzione dei generatori di calore e installazione delle valvole termostatiche

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

Tabella 9.5 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM2 – Sostituzione dei generatori di calore e installazione delle valvole termostatiche

PARMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	31.472
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	12.589
Durata incentivo	n_B	anni	1
Tasso di attualizzazione	i	%	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	7,6	4,5
Tempo di rientro attualizzato	TRA	9,4	4,9
Valore attuale netto	VAN	11.319	23.424
Tasso interno di rendimento	TIR	9,3%	18,3%
Indice di profitto	IP	0,36	0,74

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

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

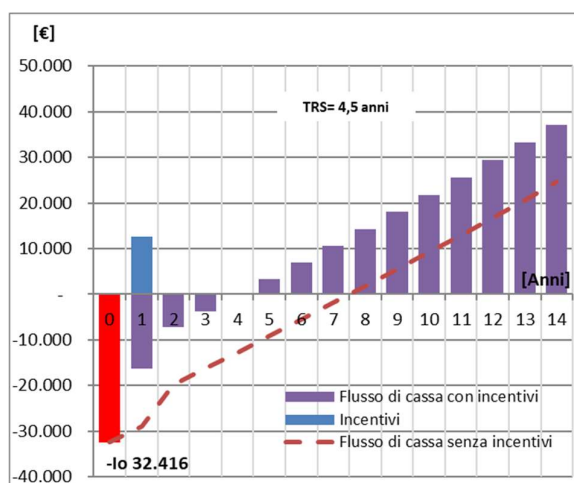
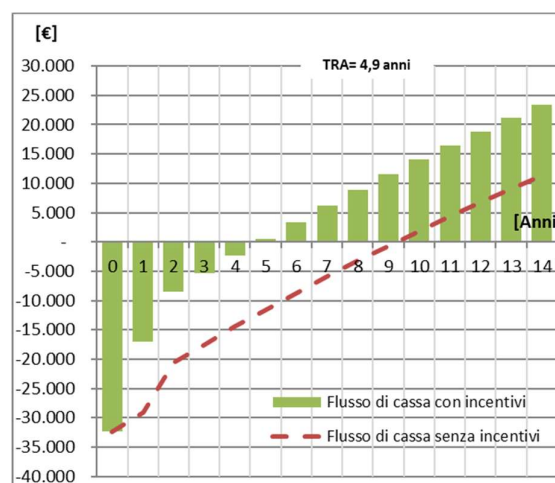


Figura 9.4 – EEM2: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento risulta essere economicamente vantaggioso, con un tempo di ritorno attualizzato inferiore ai 15 anni di vita utile, anche nel caso senza incentivi.

EEM3: Installazione di nuove plafoniere con lampade led

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

Tabella 9.6 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM3 – Installazione di nuove plafoniere con lampade led

PARMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	48.299
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	19.320
Durata incentivo	n _B	anni	1
Tasso di attualizzazione	i	%	3,5
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	8,2	3,9
Tempo di rientro attualizzato	TRA	9,4	4,8
Valore attuale netto	VAN	- 7.450	11.127
Tasso interno di rendimento	TIR	-0,6%	12,4%
Indice di profitto	IP	-0,15	0,23

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

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

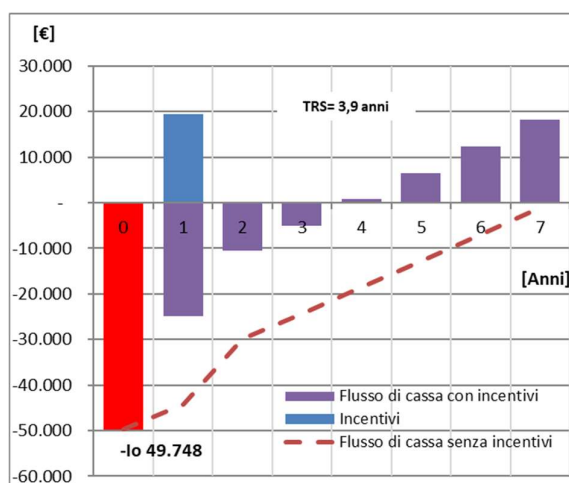
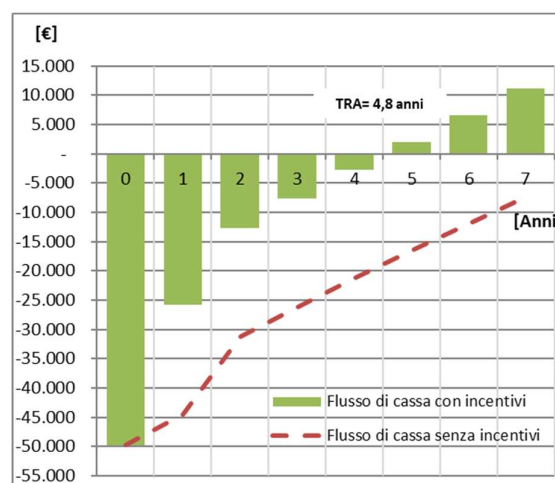


Figura 9.6 – EEM3: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento risulta essere economicamente vantaggioso nel caso di ottenimento di incentivi, con un tempo di ritorno attualizzato di 4,8 anni, inferiore alla vita utile.

Sintesi

La sintesi della valutazione economico – finanziaria delle EEM proposte è riportata nella Tabella 9.7 e nella Tabella 9.8.

Tabella 9.7 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso senza incentivi

	SENZA INCENTIVI											
	%Δ _E	%Δ _{CO2}	ΔC _E	ΔC _{MO}	ΔC _{MS}	I ₀	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]
EEM1	6,0%	7,0%	3.266,0	0,0	0,0	-43.835,3	12,8	18,5	30	15.089,8	6,8%	0,3
EEM2	4,8%	5,6%	2.598,4	1.409,6	156,6	-31.472,3	7,6	9,4	15	11.319,1	9,3%	0,4
EEM3	12,2%	11,3%	6.646,2	0,0	0,0	-48.299,2	8,2	9,4	8	-7.450,0	-0,6%	-0,1

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

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

Dall'analisi dei risultati emerge che solo i primi due interventi proposti risultano 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 9.8.

Tabella 9.8 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso con incentivi

	SENZA INCENTIVI											
	$\% \Delta_E$	$\% \Delta_{CO_2}$	Δ_{CE}	Δ_{CMO}	Δ_{CMS}	I_0	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]
EEM1	6,0%	7,0%	3.266,0	0,0	0,0	-43.835,3	7,5	9,0	30	31.949,6	12,3%	0,7
EEM2	4,8%	5,6%	2.598,4	1.409,6	156,6	-31.472,3	4,0	4,9	15	23.423,9	18,3%	0,87
EEM3	12,2%	11,3%	6.646,2	0,0	0,0	-48.299,2	3,9	4,5	8	11.126,6	12,4%	0,2

Dall'analisi dei risultati emerge che tutti i interventi singoli risultano economicamente vantaggiosi e tecnicamente fattibili, con un tempo di ritorno attualizzato minore o uguale alla metà della vita utile dell'intervento stesso.

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+EEM3]** Tale scenario consiste nell'isolamento del sottotetto e installazione di nuove plafoniere con lampade led;
- **Scenario 2: [EEM1+EEM2+EEM3]** Tale scenario consiste nell'isolamento del sottotetto, nella sostituzione dei generatori di calore e nell'installazione di nuove plafoniere con lampade led.

9.3.1 Scenario 1: EEM1 + EEM3

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

- EEM1: Isolamento dell'involucro opaco orizzontale rivolto verso il sottotetto non scaldato;
- EEM3: Installazione di nuove plafoniere con lampade led.

Tabella 9.9 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA Al 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 – Fornitura e Posa	35.990,49	7.917,91	43.908,40
EEM3 – Fornitura e Posa	32.664,18	7.186,12	39.850,30
Costi per la sicurezza	2.059,64	453,12	2.512,76
Costi per la progettazione	4.805,83	1.057,28	5.863,11
TOTALE (I₀)	75.520,14	16.614,43	92.134,57
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO} (IVA INCLUSA)	C _{MS} (IVA INCLUSA)	C _M (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]

EEM1 O&M	-	-	-
EEM3 O&M	-	-	-
TOTALE (C_M)	-	-	-
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	
		[€]	
Incentivi	Conto termico	36.853,83	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		7.370,77	

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

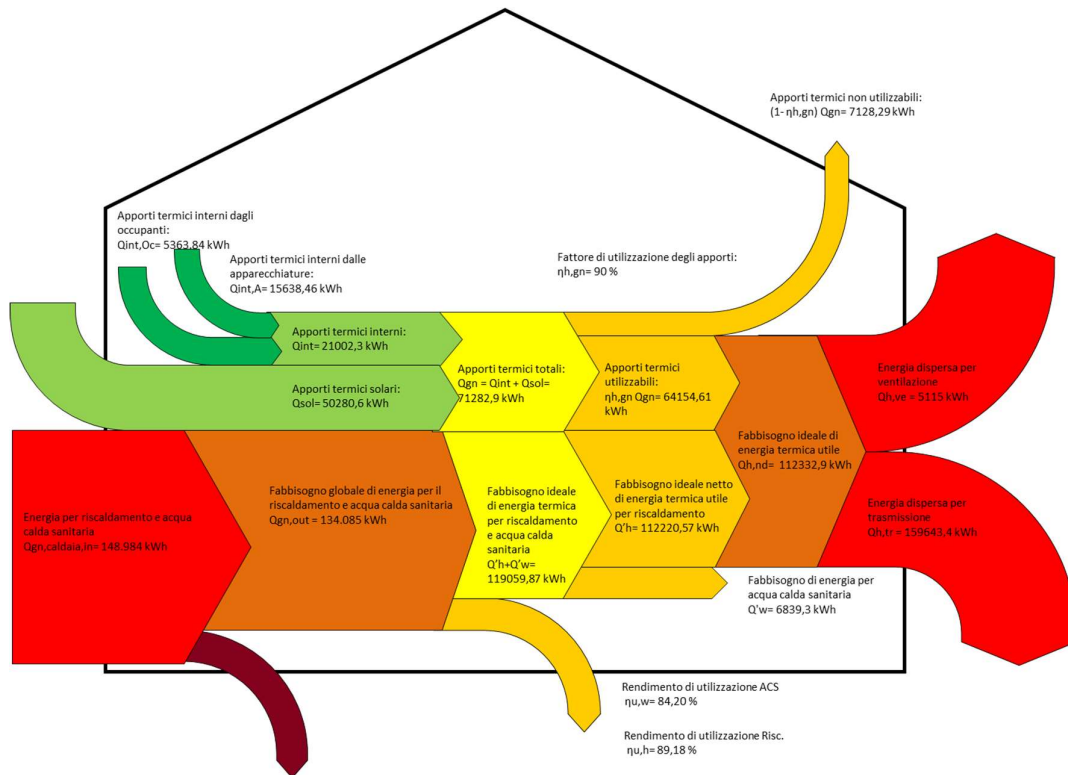
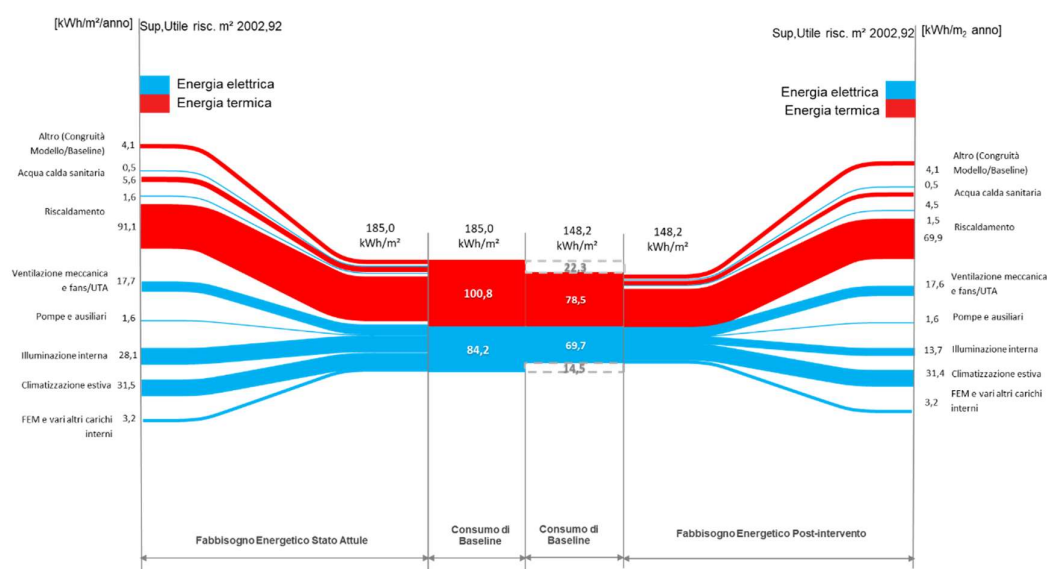


Figura 9.8 – SCN1: Bilancio energetico complessivo dell'edificio post intervento

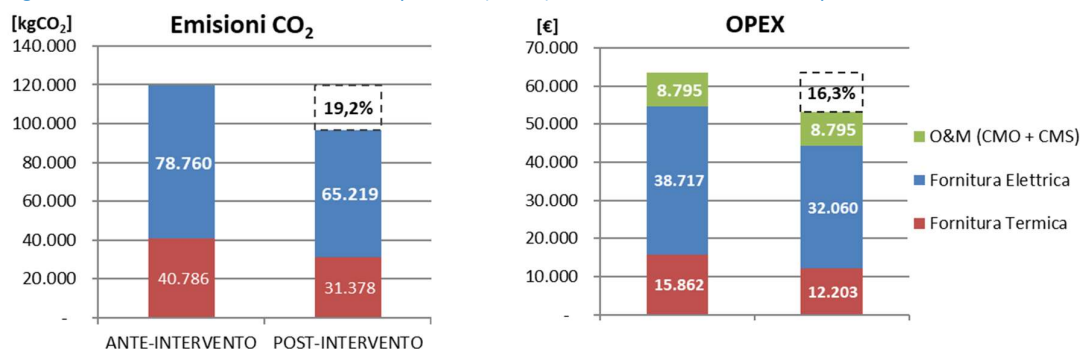


I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella Tabella 9.10 – Risultati analisi SCN1 e nella Figura 9.9.

Tabella 9.10 – Risultati analisi SCN1

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM1 [trasmissione]	[W/m²K]	1,77	0,24	86,4%
EEM3 [Potenza installata]	[W]	15,19	7,85	48,3%
Q _{teorico}	[kWh]	193.652	148.984	23,1%
EE _{teorico}	[kWh]	170.563	141.238	17,2%
Q _{baseline}	[kWh]	201.912	155.338	23,1%
EE _{baseline}	[kWh]	168.652	139.656	17,2%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	40.786	31.378	23,1%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	78.760	65.219	17,2%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	119.547	96.598	19,2%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	15.862	12.203	23,1%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	38.717	32.060	17,2%
Fornitura Energia, C_E	[€]	54.579	44.263	18,9%
C _{MO}	[€]	7.915	7.915	0,0%
C _{MS}	[€]	879	879	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	8.795	8.795	0,0%
OPEX	[€]	63.373	53.058	16,3%
Classe energetica	[-]	F	E	+1 classe

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,079 [€/kWh] per il vettore termico e 0,230 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 9.9 - 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 9.11,

Tabella 9.12 e Tabella 9.13 e nelle successive figure.

Tabella 9.11 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN1

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	n_i	1
Anni Gestione Servizio	n_s	14
Anni Concessione	n	15
Anno inizio Concessione	n_0	2020
Anni dell'ammortamento	n_A	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	k_{CdP}	2,00%
Costo Capitale Azienda	WACC	4,00%
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CdP})$	$k_{progetto}$	4,00%
Inflazione ISTAT	f	0,50%
deriva dell'inflazione	f'	0,70%
%, interessi debito	k_D	3,82%
%, interessi equity	k_E	9,00%
Aliquota IRES	IRES	24,0%
Aliquota IRAP	IRAP	3,9%
Aliquota fiscale	τ	27,90%
Anni debito (finanziamento)	n_D	6,5
Anni Equity	n_E	14
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_0	€ 92.135
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 2.764
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti), IVA incl.	CAPEX	€ 94.899
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€ 75.919
Equity	I_E	€ 18.980
Fattore di annualità Debito	FA_D	5,75
Rata annua debito	q_D	€ 13.207
Costo finanziamento,(D+INT _D)	$q_D * n_D$	€ 85.847
Costi per interessi debito, INT _D	INT_D=q_D*n_D-D	€ 9.928

Tabella 9.12 – Parametri Economici dell'analisi di redditività dello SCN1

PARAMETRI ECONOMICI			
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€	56.151
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€	8.795
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€	64.946
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€	-
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$		18,9%
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$		0,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$		1,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€	5.943
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€	649
Risparmio PA durante la concessione	14%	€	114.573
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€	12.699
N° di Canoni annuali	anni		14
Utile lordo della ESCO	$\% CAPEX$		23,97%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	€	1.625
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€	709
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€	2.959
Canone O&M €/anno	CnM	€	9.132
Canone Energia €/anno	CnE	€	49.871
Canone Servizi €/anno IVA escl.	CnS	€	59.003
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	CnD	€	5.293
Canone Totale €/anno IVA escl.	Cn	€	64.296
Aliquota IVA %	IVA		22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€	16.614
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€	36.854
Durata Incentivi, anni	n_B		1
Inizio erogazione Incentivi, anno			2022

Tabella 9.13 – Risultati dell'analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN1

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.		6,10
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		7,77
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	$VAN > 0$	€	15.358
Tasso interno di rendimento del progetto	$TIR > WACC$		8,78%
Indice di Profitto	IP		16,67%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.		2,19
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		2,27
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	$VAN > 0$	€	12.450
Tasso interno di rendimento dell'azionista	$TIR > k_e$		51,83%
Debit Service Cover Ratio	$DSCR < 1,3$		1,104
Loan Life Cover Ratio	$LLCR > 1$		1,343
Indice di Profitto Azionista	IP		13,51%

Figura 9.10 –SCN1: Flussi di cassa del progetto

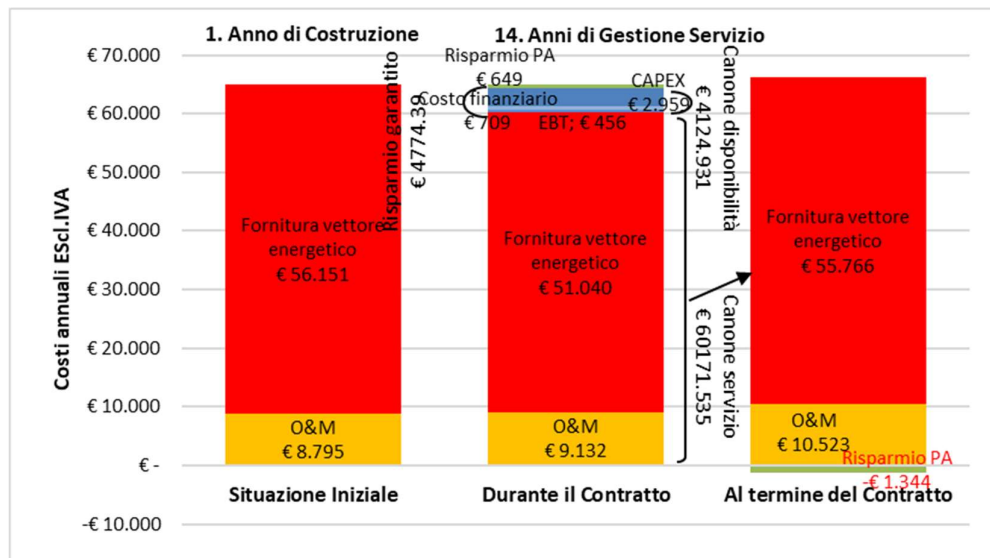


Figura 9.11 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



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 9.12.

Figura 9.12 – Scenario 1: Schema di Energy Performance Contract



9.3.2 Scenario 2: EEM1 + EEM2 + EEM3

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

- EEM1: Isolamento dell'involucro opaco orizzontale rivolto verso il sottotetto non scaldato;
- EEM2: Sostituzione generatori di calore con caldaie a condensazione;
- EEM3: Installazione di nuove plafoniere con lampade led.

Tabella 9.14 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA AI 22% [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
EEM1 – Fornitura e Posa	35.990,49	7.917,91	43.908,40
EEM2 – Fornitura e Posa	32.664,18	7.186,12	39.850,30
EEM3 – Fornitura e Posa	23.451,76	5.159,39	28.611,15
Costi per la sicurezza	2.763,19	607,90	3.371,10
Costi per la progettazione	6.447,45	1.418,44	7.865,89
TOTALE (I₀)	101.317,08	22.289,76	123.606,84
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO} (IVA INCLUSA) [€]	C _{MS} (IVA INCLUSA) [€]	C _M (IVA INCLUSA) [€]
EEM1 O&M	-	-	-
EEM2 O&M	6.506	723	7.229
EEM3 O&M	-	-	-
TOTALE (C_M)	6.506	723	7.229
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]	
Incentivi	[Conto termico]	49.442,83	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		9.888,57	

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

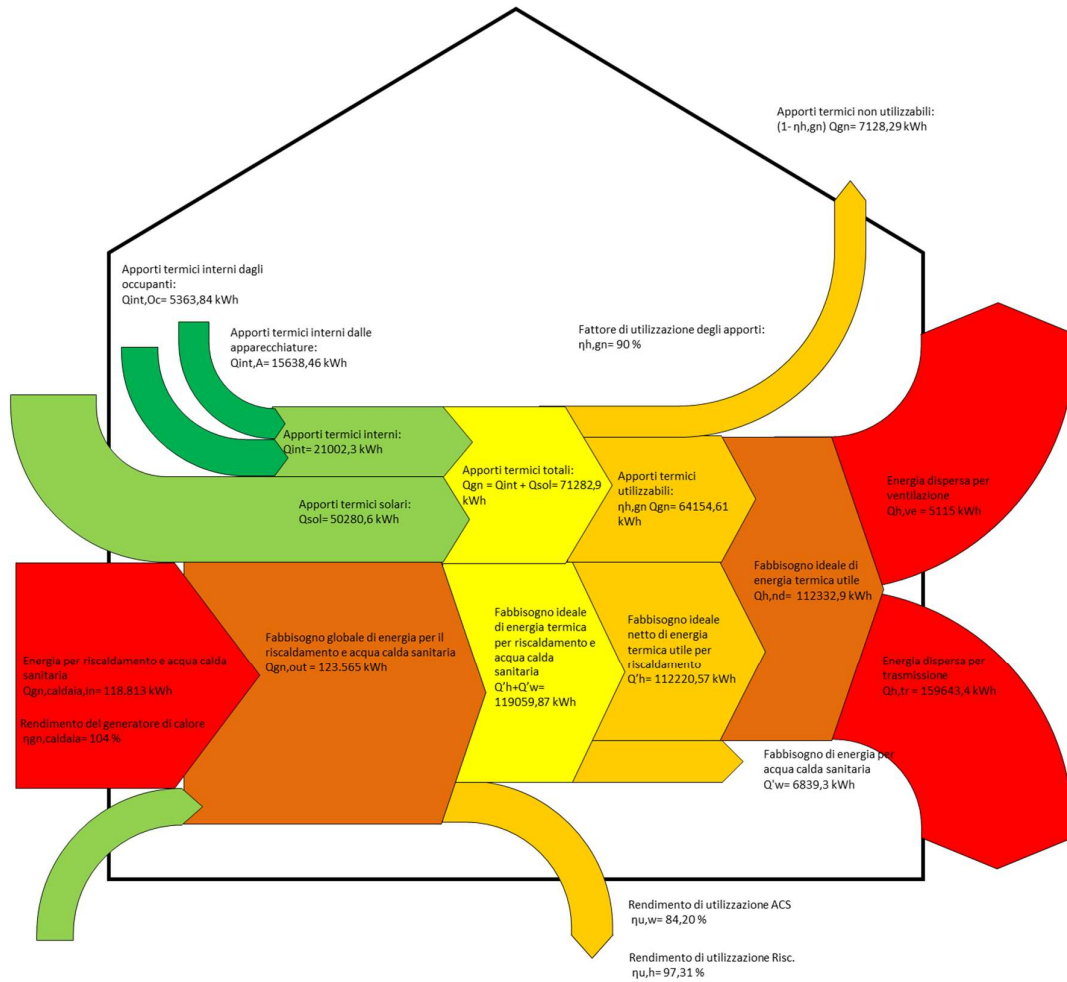
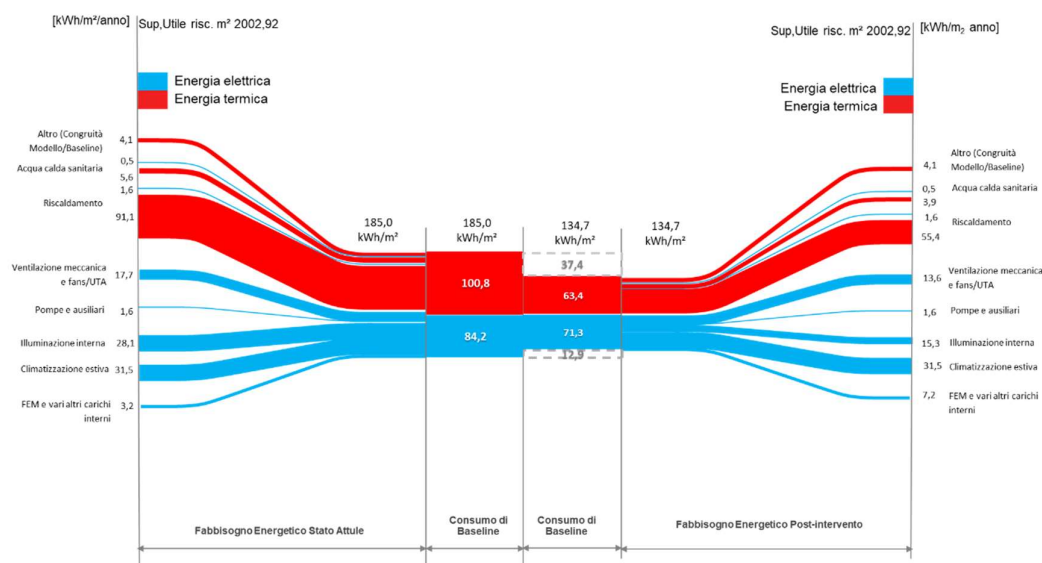


Figura 9.14 – SCN1: Bilancio energetico complessivo dell'edificio post intervento

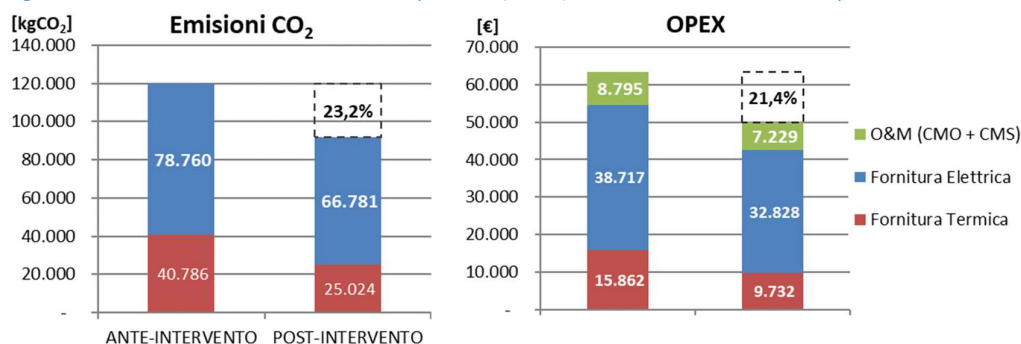


I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella Tabella 9.15 e nella Figura 9.15.

Tabella 9.15 – Risultati analisi SCN2

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM1 [trasmittanza]	[W/m²K]	1,77	0,24	86,4%
EEM2 [Rendimento generazione calore]	[%]	90	104	15,6%
EEM3 [Potenza installata]	[W]	15,19	7,85	48,3%
Q _{teorico}	[kWh]	193.652	118.813	38,6%
EE _{teorico}	[kWh]	170.563	144.621	15,2%
Q _{baseline}	[kWh]	201.912	123.880	38,6%
EE _{baseline}	[kWh]	168.652	143.000	15,2%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	40.786	25.024	38,6%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	78.760	66.781	15,2%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	119.547	91.805	23,2%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	15.862	9.732	38,6%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	38.717	32.828	15,2%
Fornitura Energia, C_E	[€]	54.579	42.560	22,0%
C _{MO}	[€]	7.915	6.506	17,8%
C _{MS}	[€]	879	723	17,8%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	8.795	7.229	17,8%
OPEX	[€]	63.373	49.788	21,4%
Classe energetica	[-]	F	E	+1 classe

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,079 [€/kWh] per il vettore termico e 0,230 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 9.15 – 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 9.11, Tabella 9.12 e Tabella 9.13 e nelle successive figure.

Tabella 9.16 – 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	T	27,90%
Anni debito (finanziamento)	n_D	8
Anni Equity	n_E	24
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_o	€ 123.607
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 3.708
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 127.315
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€ 101.852
Equity	I_E	€ 25.463
Fattore di annualità Debito	FA_D	6,88
Rata annua debito	q_D	€ 14.794
Costo finanziamento, (D+INT _D)	$q_D * n_D$	€ 118.356
Costi per interessi debito, INT _D	INT_D = q_D * n_D - D	€ 16.504

Tabella 9.17 – Parametri Economici dell'analisi di redditività dello SCN2

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€ 56.151
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€ 8.795
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€ 64.946
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$	22,0%
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$	17,8%
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$	2,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€ 6.210
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€ 1.299
Risparmio PA durante la concessione	14%	€ 334.998
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€ 18.771
N° di Canoni annuali	Anni	24
Utile lordo della ESCO	$\% CAPEX$	35,96%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	€ 1.907
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€ 688
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€ 2.316
Canone O&M €/anno	C_{nM}	€ 7.699
Canone Energia €/anno	C_{nE}	€ 51.037
Canone Servizi €/anno IVA escl.	C_{nS}	€ 58.736
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	C_{nD}	€ 4.911
Canone Totale €/anno IVA escl.	C_n	€ 63.647
Aliquota IVA %	IVA	22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€ 22.290
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€ 49.443
Durata Incentivi, anni	n_B	1
Inizio erogazione Incentivi, anno		2022

Tabella 9.18 – 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.	6,12
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	7,65
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	$VAN > 0$	€ 32.932
Tasso interno di rendimento del progetto	$TIR > WACC$	10,55%
Indice di Profitto	IP	26,64%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	2,13
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	2,19
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	$VAN > 0$	€ 26.457
Tasso interno di rendimento dell'azionista	$TIR > k_e$	69,84%
Debit Service Cover Ratio	$DSCR < 1,3$	1,172
Loan Life Cover Ratio	$LLCR > 1$	1,277
Indice di Profitto Azionista	IP	21,40%

Figura 9.16 –SCN2: Flussi di cassa del progetto

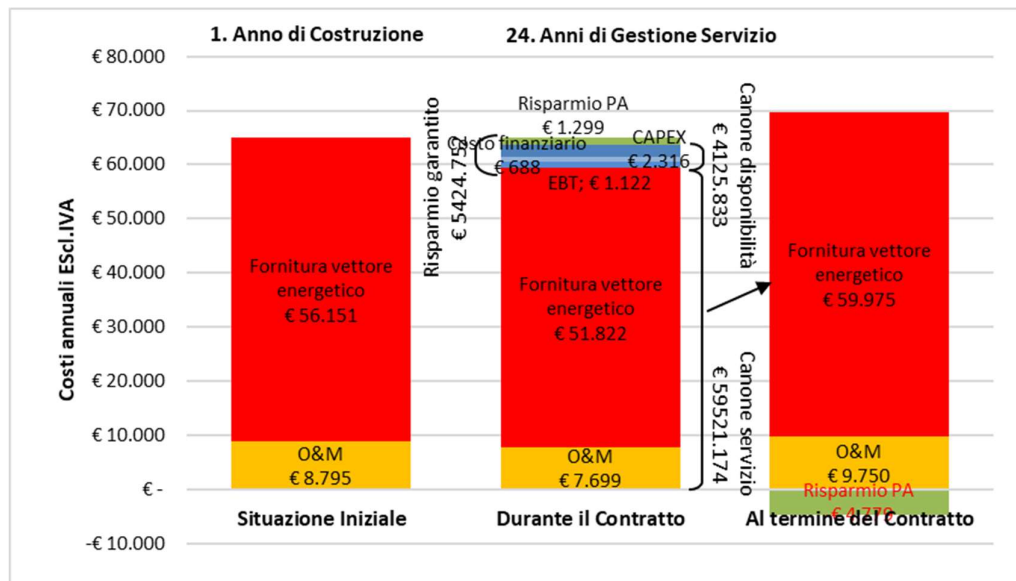


Figura 9.17 – SCN2: Flussi di cassa dell'azionista



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 9.12.

Figura 9.18 – 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}	262,3	kWh/mq anno	295,4	kWh/mq anno
Indice di prestazione energetica per il riscaldamento invernale	EP _H	98,7	kWh/mq anno	126,9	kWh/mq anno
Indice di prestazione energetica per la produzione di acs	EP _{acs}	9,5	kWh/mq anno	10,3	kWh/mq anno
Indice di prestazione energetica per la climatizzazione estiva	EP _C	62,2	kWh/mq anno	91,1	kWh/mq anno
Indice di prestazione energetica per la ventilazione	EP _V	34,9	kWh/mq anno	34,9	kWh/mq anno
Indice di prestazione energetica per illuminazione artificiale	EP _L	55,3	kWh/mq anno	30,5	kWh/mq anno
Indice di prestazione energetica per il trasporto di persone o cose	EP _{Tr}	1,7	kWh/mq anno	1,7	kWh/mq anno
Indice di energia termica totale	EP _T	95,8	kWh/mq anno	122,1	kWh/mq anno
Indice di energia elettrica totale	EE	85,2	kWh/mq anno	84,3	kWh/mq anno
Indice di prestazione termica per il riscaldamento	ET _H	90,8	kWh/mq anno	116,0	kWh/mq anno
Indice di prestazione termica per il raffrescamento	ET _C	31,9	kWh/mq anno	46,7	kWh/mq anno
Indice di prestazione termica per la produzione di acs	ET _w	5,0	kWh/mq anno	6,1	kWh/mq anno
Emissioni equivalenti di CO ₂	CO _{2eq}	59,7	Kg/mq anno	64,0	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	Critero Energetico	Critero Ambientale	Critero Economico				Risultato complessivo
	Risparmio energia primaria	CO ₂ risparmiata	TIR	IP	TR	VAN	
	kWh/anno	Ton/anno	%	-	anni	€	
EEM 1	31.846,43	8,40	12,3%	0,70	7,50	31.949,60	0,40
EEM 2	36.453,14	6,73	18,3%	0,87	4,00	23.423,90	0,47
EEM 3	56.882,93	13,52	12,4%	0,20	3,90	11.126,60	0,29
SCN1	88.929,65	21,94	8,8%	0,17	6,10	15.357,59	0,52
SCN2	53.357,79	23,65	10,5%	0,27	6,10	32.931,90	0,56
PESO	20%	30%	5%	30%	5%	10%	

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'SCN1.

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	06/06/18	DE_Lotto.3-E493_revA-AllegatoA.docx

ALLEGATO B – ELABORATI

Titolo	Descrizione	Data	Nome file
Contesto geografico e urbano e zone termiche	Contesto geografico	06/06/18	DE_Lotto.3-E493_revA-AllegatoB-Zone termiche e contatori.dwg
Analisi fatture dell'energia elettrica	Analisi fatture EE	06/06/18	DE_Lotto.3-E493_revA-AllegatoB-Analisi fatture di energia elettrica.xlsx
Analisi fatture dell'energia termica	Analisi fatture GAS	06/06/18	DE_Lotto.3-E493_revA-AllegatoB-Analisi fatture di energia termica.xlsx
Riepilogo dati fatture rilevati dall'auditor	Dati consumi termici ed elettrici	06/06/18	kyotoBaseline-E493_rev10.xlsx

ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

Titolo	Data	Nome file
Allegato C – Report di indagine termografica	06/06/18	DE_Lotto.3-E493_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	06/06/18	DE_Lotto.3-E493_revA-AllegatoE.pdf

ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

Titolo	Data	Nome file
Certificato di conformità Namirial Termo	06/06/18	DE_Lotto.3-E493_revA-Allegato F.pdf

ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

Titolo	Data	Nome file
Attestato di prestazione energetica	06/06/18	DE_Lotto.3-E493_revA-AllegatoG-APE.pdf

ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

Titolo	Data	Nome file
Attestato di prestazione energetica	06/06/18	DE_Lotto.3._E493_revA-Allegato H-APE SCN1.pdf
Attestato di prestazione energetica	06/06/18	DE_Lotto.3._E493_revA-Allegato H-APE SCN2.pdf

ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

	Titolo	Data	Nome file
	Dati climatici	06/06/18	GG_Lotto.3-E493_revB.xlsx

ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

Titolo	Data	Nome file
Scheda Audit	06/06/18	DE_Lotto3-E493_revB_AllegatoJ-Scheda audit.xlsx

ALLEGATO K – SCHEDE ORE

Titolo	Data	Nome file
Scheda ORE_isolamento sottotetto	06/06/18	DE_Lotto.3-E493_revA-AllegatoK-Scheda ORE_EEM1.pdf
Scheda ORE_sostituzione caldaie	06/06/18	DE_Lotto.3-E493_revA-AllegatoK-Scheda ORE_EEM2.pdf
Scheda ORE_valvole termostatiche.pdf	06/06/18	DE_Lotto.3-E493_revA-AllegatoK-Scheda ORE_EEM2 (2).pdf
Scheda ORE_lampade led.pdf	06/06/18	DE_Lotto.3-E493_revA-AllegatoK-Scheda ORE_EEM3.pdf

ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI

Titolo	Data	Nome file
Analisi economica finanziaria degli scenari SCN1 e SCN2	06/06/18	DE_Lotto.3-E493_rev06-AllegatoL-Analsi PEF.xlsx

ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

Titolo	Data	Nome file
Report di benchmark	06/06/18	DE_Lotto.3-E493_revC-AllegatoM-Benchmark.docx

ALLEGATO N – CD-ROM