

# SCUOLA ELEMENTARE "L. CICALA"

E175

VIA RINALDO RIGOLA n° 52 - GENOVA

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA

FONDO KYOTO - SCUOLA 3



Aprile/2018

COMUNE DI GENOVA  
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER



COMUNE DI GENOVA



# **SCUOLA ELEMENTARE “L. CICALA” E175**

**VIA RINALDO RIGOLA n° 52 - GENOVA**

**RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA**

**FONDO KYOTO - SCUOLA 3**

**Aprile/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](mailto:energymanager@comune.genova.it); [www.comune.genova.it](http://www.comune.genova.it)

IQS srl

Via Pertini, 39 • 20060 • Bussero

T [+39 02 953 34 022](tel:+390295334022) F [+39 02 953 30 543](tel:+390295330543) [info@iqssrl.eu](mailto:info@iqssrl.eu)

## REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI

Revisione	Data	Realizzazione	Revisione	Approvazione	Descrizione
A	02/03/2018	Ing. Elena Mazzucco	Ing. Elisa Bezzone	Ing. Fabio Gianola	Prima Pubblicazione
B	23/04/2018	Ing. Elena Mazzucco	Ing. Elisa Bezzone	Ing. Fabio Gianola	Revisione come richiesta dalla PA in data 10/04/2018
C	25/05/2018	Ing. Elena Mazzucco	Ing. Elisa Bezzone	Ing. Fabio Gianola	Revisione Figura 3.2
D	21/06/2018	Ing. Elena Mazzucco	Ing. Elisa Bezzone	Ing. Fabio Gianola	Revisione come richiesta dalla PA in data 20/06/2018

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

<b>EXECUTIVE SUMMARY .....</b>	<b>I</b>
<b>1 INTRODUZIONE .....</b>	<b>A</b>
1.1 PREMessa .....	A
1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA .....	A
1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO.....	B
1.4 IDENTIFICAZIONE DELL’EDIFICIO.....	B
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO .....	C
1.6 STRUTTURA DEL REPORT .....	F
<b>2 DATI DELL’EDIFICIO.....</b>	<b>G</b>
2.1 INFORMAZIONI SUL SITO .....	G
2.2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE, SOCIO-ECONOMICO E DESTINAZIONE D’USO .....	G
2.3 VERIFICA DEI VINCOLI INTERFERENTI SULLE PARTI DELL’IMMOBILE INTERESSATE DAGLI ’INTERVENTI .....	H
2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO .....	I
<b>3 DATI CLIMATICI .....</b>	<b>K</b>
3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO.....	K
3.2 DATI CLIMATICI REALI.....	L
3.3 ANALISI DELL’ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO .....	L
<b>4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI .....</b>	<b>N</b>
4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL’INVOLUCRO EDILIZIO .....	N
4.1.1 <i>Involucro opaco</i> .....	N
4.1.2 <i>Involucro trasparente</i> .....	O
4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/ CLIMATIZZAZIONE INVERNALE.....	Q
4.2.1 <i>Sottosistema di emissione</i> .....	Q
4.2.2 <i>Sottosistema di regolazione</i> .....	Q
4.2.3 <i>Sottosistema di distribuzione</i> .....	R
4.2.4 <i>Sottosistema di generazione</i> .....	T
4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA .....	U
4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO/CLIMATIZZAZIONE ESTIVA .....	U
4.5 IMPIANTO NON PRESENTE DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA .....	U
4.6 IMPIANTO NON PRESENTE DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE .....	U
4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE .....	V
4.8 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DI IMPIANTI DI PRODUZIONE ENERGIA ELETTRICA O COGENERAZIONE .....	W
<b>5 CONSUMI RILEVATI .....</b>	<b>X</b>
5.1 CONSUMI ENERGETICI STORICI PER CIASCUN VETTORE E CONNESSIONE ALLE RETI GAS NATURALE ED ELETTRICA.....	X
5.1.1 <i>Energia termica</i> .....	X
5.1.2 <i>Energia elettrica</i> .....	AA
5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI .....	DD
<b>6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO.....</b>	<b>HH</b>
6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO .....	HH
6.1.1 <i>Validazione del modello termico</i> .....	II
6.1.2 <i>Validazione del modello elettrico</i> .....	JJ
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI.....	KK
6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI.....	LL
<b>7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTERVENTO .....</b>	<b>OO</b>
7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI .....	OO
7.1.1 <i>Vettore termico</i> .....	OO
7.1.2 <i>Vettore elettrico</i> .....	PP

7.2	TARIFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI.....	SS
7.3	COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI.....	TT
7.4	BASELINE DEI COSTI.....	TT
<b>8</b>	<b>IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA .....</b>	<b>VV</b>
8.1	DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI .....	VV
8.1.1	<i>Involucro edilizio</i> .....	VV
8.1.2	<i>Impianto riscaldamento</i> .....	BBB
8.1.3	<i>Impianto produzione acqua calda sanitaria</i> .....	FFF
8.1.4	<i>Impianto di ventilazione e climatizzazione estiva</i> .....	FFF
8.1.5	<i>Impianto di illuminazione ed impianto elettrico</i> .....	FFF
8.1.6	<i>Impianto di generazione da fonti rinnovabili</i> .....	HHH
<b>9</b>	<b>VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA.....</b>	<b>LLL</b>
9.1	ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	LLL
9.2	ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	TTT
9.3	IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D'INTERVENTO E SCENARI D'INVESTIMENTO.....	EEEE
9.3.1	<i>Scenario 1: EEM1+ EEM2</i> .....	GGGG
9.3.2	<i>Scenario 2: EEM1+ EEM2+ EEM3+ EEM4+ EEM6</i> .....	MMMM
<b>10</b>	<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>SSSS</b>
10.1	RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA .....	SSSS
10.2	RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI .....	SSSS
10.3	CONCLUSIONI E COMMENTI.....	TTTT
	<b>ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA.....</b>	<b>UUUU</b>
	<b>ALLEGATO B – ELABORATI .....</b>	<b>A</b>
	<b>ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA .....</b>	<b>1</b>
	<b>ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI .....</b>	<b>2</b>
	<b>ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI .....</b>	<b>5</b>
	<b>ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE .....</b>	<b>6</b>
	<b>ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA .....</b>	<b>7</b>
	<b>ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI.....</b>	<b>1</b>
	<b>ALLEGATO I – DATI CLIMATICI.....</b>	<b>1</b>
	<b>ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT.....</b>	<b>1</b>
	<b>ALLEGATO K – SCHEDE ORE.....</b>	<b>1</b>
	<b>ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI .....</b>	<b>1</b>
	<b>ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK.....</b>	<b>1</b>
	<b>ALLEGATO N – CD-ROM .....</b>	<b>A</b>

## 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		1964
Anno di ristrutturazione		-
Zona climatica		[D]
Destinazione d'uso		E.7 Attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili
Superficie utile riscaldata	[m <sup>2</sup> ]	2.058
Superficie disperdente (S)	[m <sup>2</sup> ]	2.816
Volume lordo riscaldato (V)	[m <sup>3</sup> ]	8.268
Rapporto S/V	[1/m]	0,34
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m <sup>2</sup> ]	2.339,16
Superficie lorda aree esterne	[m <sup>2</sup> ]	1.410,99
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m <sup>2</sup> ]	3.750,15
Tipologia generatore riscaldamento		Caldai a basamento
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	349
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	0,0
Tipo di combustibile		Metano
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler Elettrici
Emissioni CO2 di riferimento <sup>(1)</sup>	[t/anno]	37,16
Consumo di riferimento Gas Metano <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>th</sub> /anno]	124.946
Spesa annuale Gas Metano <sup>(1)</sup>	[€/anno]	10.026
Consumo di riferimento energia elettrica <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>el</sub> /anno]	25.542
Spesa annuale energia elettrica <sup>(1)</sup>	[€/anno]	5.263

Nota (1): Valori di Baseline

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

- EEM 1: isolamento della copertura
- EEM 2: sostituzione del generatore con caldaia a condensazione e installazione termovalvole
- EEM 3: relamping
- EEM 4: isolamento a cappotto
- EEM 5: sostituzione del generatore con pompa di calore elettrica e installazione termovalvole
- EEM 6: installazione impianto fotovoltaico
- EEM 7: sostituzione serramenti

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													
	% $\Delta E$ [%]	% $\Delta CO_2$ [%]	$\Delta C_E$ [€/a]	$\Delta C_{MO}$ [€/a]	$\Delta C_{MS}$ [€/a]	$I_0$ [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]	DSCR	LLCR
EEM 1	32%	33%	4.850	0	0	32.478	4,2	4,7	30	62.129	20%	1,91	-	-
EEM 2	23%	24%	3.540	1.670	1.776	22.567	2,6	2,8	15	52.746	34%	2,34	-	-
EEM 3	13%	12%	2.545	0	0	53.028	14,7	16,6	8	-28.278	-17%	-0,53	-	-
EEM 4	23%	24%	3.510	0	0	147.514	24,4	37,7	30	-30.896	1,23%	-0,21	-	-
EEM 5	38%	42%	5.850	1.670	1.776	60.510	3,4	3,7	15	68.710	23%	1,14	-	-
EEM 6	10%	9%	1.527	0	0	20.762	13,0	18,7	20	388	4%	0,02	-	-
EEM 7	21%	22%	3.269	0	0	61.640	10,7	15,8	30	19.576	7%	0,32	-	-
SCN 1	51%	53%	7.864	1.670	1.776	55.045	3,11	3,65	15	35.469	47%	0,6	1,2	3,5
SCN 2	86%	86%	13.113	1.670	1.776	276.348	2,79	3,2	25	33.049	36%	0,1	1,2	1,1

Figura 0.1 – Scenario 1: analisi finanziaria



Figura 0.2 – Scenario 2: analisi finanziaria



Lo scenario 1 (SNC1) prevede il salto di 2 classi energetiche mediante l’isolamento della copertura, la sostituzione sistema di generazione obsoleto con caldaia a condensazione e installazione valvole termostatiche.

Lo scenario 2 (SNC2) prevede il salto di 3 classi energetiche mediante la posa di isolante sulla copertura piana dell’edificio, posa di isolamento a cappotto, installazione impianto fotovoltaico con contemporanea sostituzione del generatore di calore con caldaia a condensazione, installazione di valvole termostatiche sui corpi radianti e sostituzione dei corpi illuminanti fluorescenti con nuovi apparecchi a led.

In termini di sostenibilità finanziaria degli investimenti, entrambi gli scenari risultano convenienti con VAN positivi, LLCR maggiore di 1 e DSCR intorno a 1,3.

## 1 INTRODUZIONE

### 1.1 PREMESSA

Il Comune di Genova, in attuazione alle politiche di miglioramento dell'efficienza energetica degli edifici pubblici di sua proprietà, ha individuato negli edifici scolastici, la possibilità di intervenire, ai fini di ridurre il 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.

Figura 1.1 - Vista della facciata [esposta a Nord-Ovest]



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

### 1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA

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

La presente DE si inserisce in questo contesto ed analizza, pertanto, le possibili soluzioni tecniche e contrattuali, che potrebbero portare alla realizzazione di interventi di miglioramento dell'efficienza energetica volti ad una riduzione dei consumi e ad un conseguente abbattimento delle emissioni di CO<sub>2</sub>.

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 15 o a 25 anni.

### 1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO

La presente DE è stata eseguita dalla IQS S.r.l., il cui responsabile per il processo di audit è l'ing. Fabio Gianola soggetto certificato Esperto in Gestione dell'Energia (EGE) ai sensi della norma UNI CEI 11339.

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

Tabella 1.1 – Soggetti coinvolti nella realizzazione del processo di Audit

NOME E COGNOME	RUOLO	ATTIVITÀ SVOLTA
Ing. Elena Mazzucco Ing. Vittoria Citterio		Sopralluogo in sito
Ing. Elena Mazzucco		Elaborazione dei dati relativi ai consumi energetici
Ing. Elena Mazzucco		Elaborazione dei dati geometrici ed alla creazione del modello energetico
Geom. Silvano Roberto		Tecnico Termografico secondo livello: rilievo termografico ed elaborazione report termografico
Ing. Elena Mazzucco		Redazione report di diagnosi energetica
Ing. Elena Mazzucco	Responsabile involucro	Revisione report di diagnosi energetica
Ing. Elisa Bezzone	Responsabile impianti	Revisione report di diagnosi energetica
Ing. Fabio Gianola	EGE	Approvazione report di diagnosi energetica

### 1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO

L'immobile oggetto della DE, catastalmente individuato al NCT, Sez. A, Fgl. 42 Mapp. 400 è sito nel Comune di Genova e più precisamente nel quartiere Sampierdarena.

L'edificio è di proprietà del Comune di Genova ed è attualmente adibito a scuola elementare ed un asilo nido privato.

Figura 1.2 – Ubicazione dell'edificio



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

Tabella 1.2 - Tabella riepilogativa dei dati dell'edificio

PARAMENTO	U.M.	VALORE
Anno di costruzione edificio		1964
Anno di ristrutturazione		-
Zona climatica		[D]
Destinazione d'uso		E.7 Attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili
Superficie utile riscaldata	[m <sup>2</sup> ]	2.058
Superficie disperdente (S)	[m <sup>2</sup> ]	2.816
Volume lordo riscaldato (V)	[m <sup>3</sup> ]	8.268
Rapporto S/V	[1/m]	0,34
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m <sup>2</sup> ]	2.339,16
Superficie lorda aree esterne	[m <sup>2</sup> ]	1.410,99

Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m <sup>2</sup> ]	3.947,15
Tipologia generatore riscaldamento		Caldai a basamento
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	349
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	0,0
Tipo di combustibile		Metano
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler Elettrici
Emissioni CO2 di riferimento <sup>(1)</sup>	[t/anno]	37,16
Consumo di riferimento Gas Metano <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>net</sub> /anno]	124.946
Spesa annuale Gas Metano <sup>(1)</sup>	[€/anno]	10.026
Consumo di riferimento energia elettrica <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>net</sub> /anno]	25.542
Spesa annuale energia elettrica <sup>(1)</sup>	[€/anno]	5.263

Nota (1): Valori di Baseline

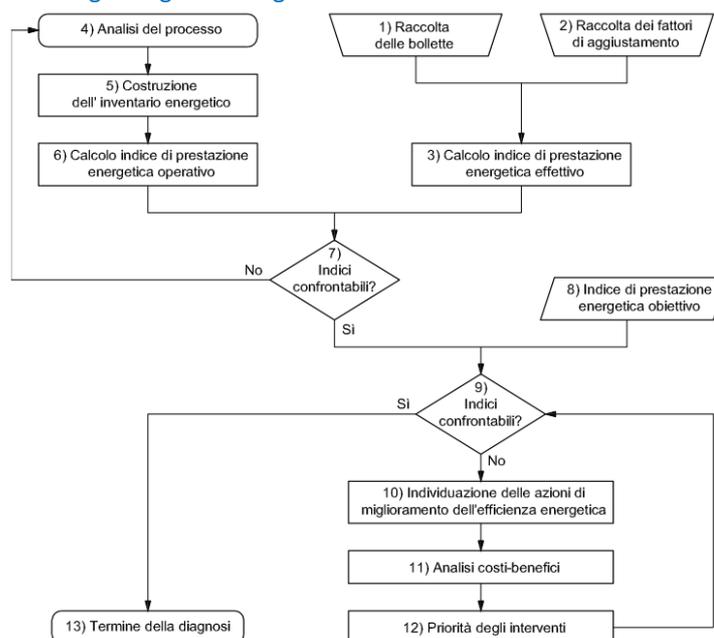
## 1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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

- a) Acquisizione della documentazione utile, fornita dalla PA, come riportato all’Allegato A – Elenco documentazione fornita dalla committenza
- b) Analisi del quadro normativo di riferimento, incluso la verifica dei vincoli ambientali, storici, archeologici e paesaggistici interferenti sull’immobile interessato dall’intervento;
- c) Visita agli edifici, effettuata in data 28/11/2018 con verifica degli elaborati forniti e rilievo dei dati relativi alle caratteristiche degli elementi disperdenti ed impiantistici costituenti il sistema edificio-impianto;
- d) Visita alla centrale termica e/o frigorifera, con il supporto del personale incaricato della conduzione e manutenzione degli impianti e rilevamento dei dati utili;
- e) Preparazione e compilazione delle schede di Audit previste per la diagnosi di livello II di cui all’appendice A delle LGEE - Linee Guida per l’Efficienza Energetica negli Edifici - sett. 2013 - elaborato da AiCARR per Agesi, Assistal, Assopetroli e Assoenergia, e riportate all’Allegato J – Schede di audit;
- f) Elaborazione del comportamento termico ed elettrico dell’edificio, realizzata utilizzando il software commerciale Termolog Epix8 in possesso di certificato di conformità rilasciato dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI) [Numero certificato 65] ai sensi del D.lgs. 192/05 e s.m.i. e riportato all’Allegato F – Certificato CTI Software;
- g) Analisi dei profili annuali di consumi e costi dei servizi energetici reali dell’edificio, comprensivi della fornitura dei vettori energetici sia elettrici che di gas e degli oneri di O&M, relativamente alle annualità 2014-2015-2016;
- h) Analisi dei dati climatici reali del sito ove è ubicato l’edificio con conseguente calcolo dei Gradi Giorno reali (GG<sub>real</sub>), utilizzando le temperature esterne rilevate dalla stazione meteo dell’Università di Genova e riportati all’Allegato I – Dati climatici;
- i) Individuazione della “baseline termica” di riferimento (e relative emissioni di CO<sub>2</sub>) 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<sub>real</sub>), e conseguente normalizzazione secondo i GG di riferimento (GG<sub>ref</sub>);
- j) Individuazione della “baseline elettrica” di riferimento (e relative emissioni di CO<sub>2</sub>) 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%;

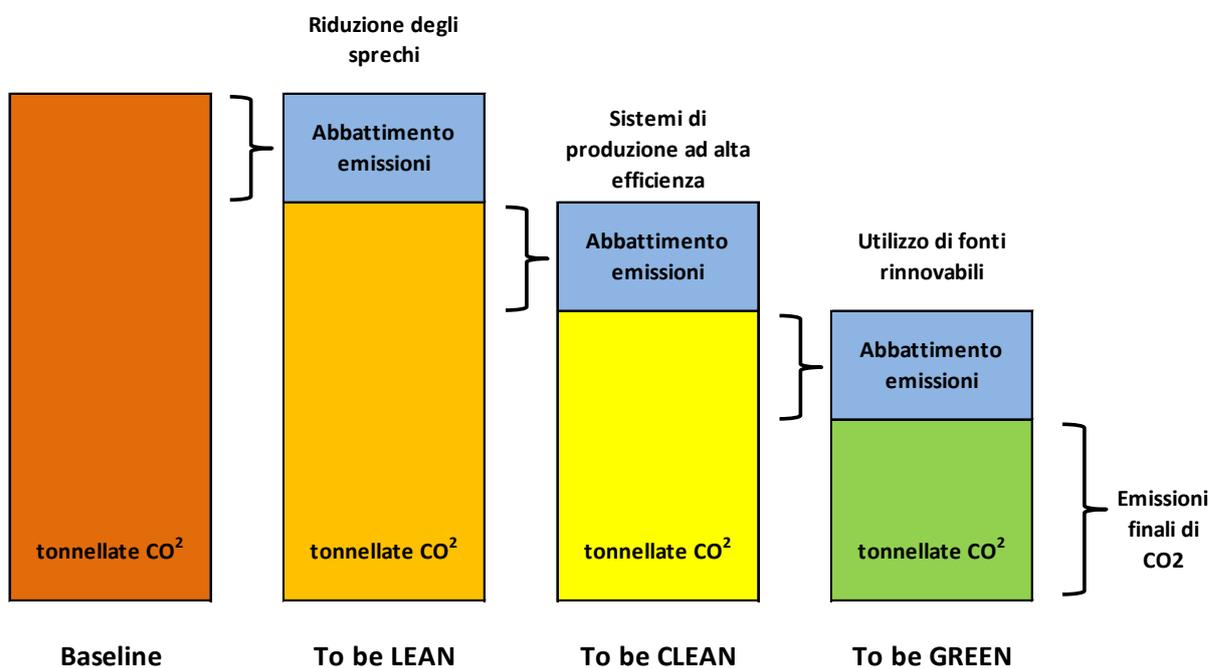
- l) Analisi delle possibili EEM necessarie per la riqualificazione energetica del sistema edificio-impianto analizzando gli aspetti tecnici, energetici, ed ambientali.
- m) Simulazione del comportamento energetico dell'edificio a seguito dell'attuazione delle varie EEM proposte singolarmente, ed individuazione 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 15 e a 25 anni.
- o) Analisi costi-benefici e di redditività finanziaria derivanti dalla realizzazione delle EEM previste singolarmente, con riferimento ai principali indicatori finanziari ed ai possibili sistemi di incentivazione;
- p) Valutazione economico-finanziaria dei due scenari ottimali previsti, a partire dal “baseline di costi” e con riferimento ai principali indicatori finanziari e di sostenibilità finanziari ed ai possibili sistemi di incentivazione;
- q) Identificazione dell'eventuale canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale attraverso un Energy Performance Contract, con lo scopo di analizzare il possibile interesse nella realizzazione degli interventi studiati, tramite l'intervento di una ESCo;
- r) Realizzazione di una relazione tecnica descrittiva di dettaglio dell'analisi effettuata (Rapporto di DE);
- s) Realizzazione di un report dei Benchmark.

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



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

Figura 1.4 - Principio della Gerarchia Energetica



Secondo tale modello possono essere definite delle strategie di intervento al fine di conseguire un efficace riduzione dei consumi energetici e conseguente abbattimento delle emissioni di CO<sub>2</sub>, 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 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 domande d'utenza (anche relativamente ai sistemi di emissione, regolazione, distribuzione, accumulo), partendo dal baseline e a approdando a un nuovo valore di baseline ridotto, ("to Be Lean"). In seguito, da questo valore ridotto di baseline si è valutato il dimensionamento delle apparecchiature e il risparmio conseguibile dapprima dalla riqualificazioni degli impianti di generazione per la climatizzazione e, dopo, dall'installazione di tecnologie di generazione da fonti rinnovabili.

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

- TRS (Tempo di rientro semplice);

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

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

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

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

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

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

## 1.6 STRUTTURA DEL REPORT

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

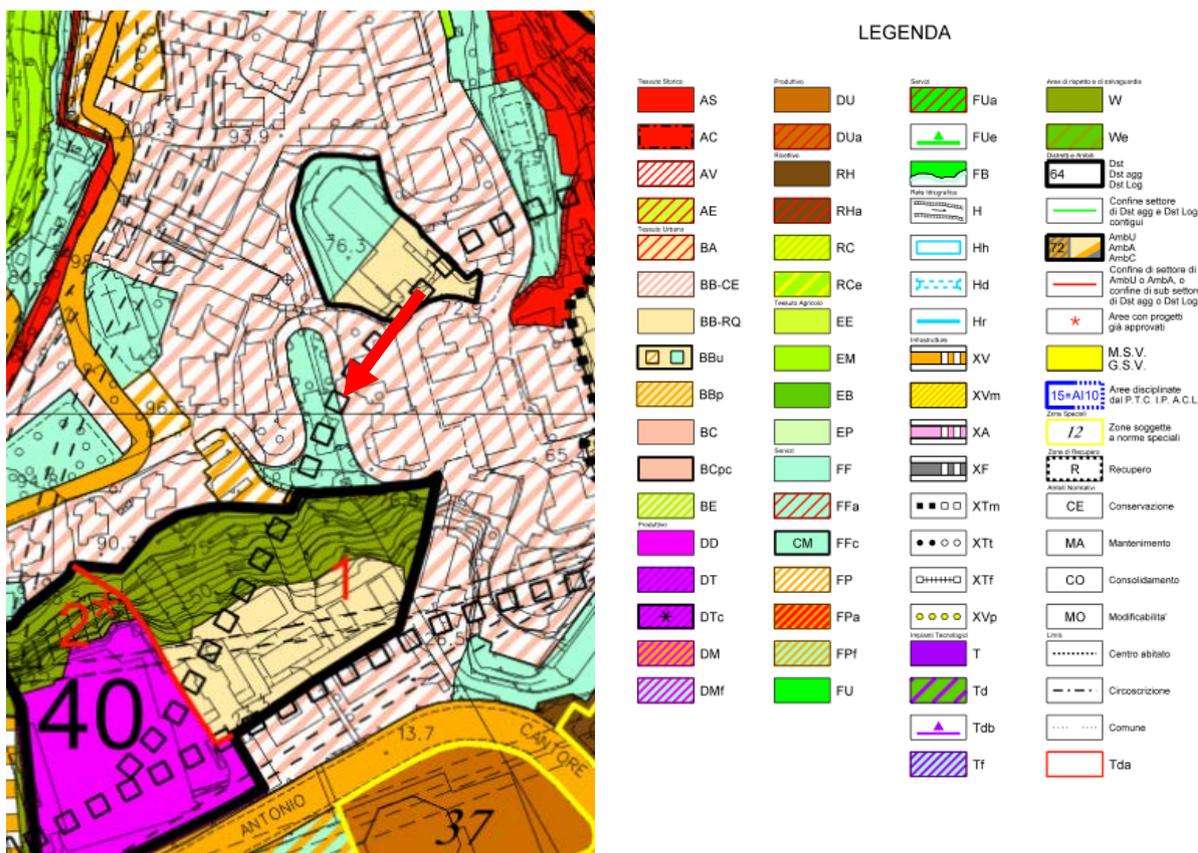
- Una prima parte nella quale sono descritti lo scopo ed i confini della DE e le metodologie di analisi adottate;
- Una seconda parte in cui sono riportate le informazioni dell'edificio rilevate in sede di sopralluogo e le valutazioni effettuate al fine di identificare le caratteristiche tecniche dei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

## 2 DATI DELL'EDIFICIO

### 2.1 INFORMAZIONI SUL SITO

Lo strumento urbanistico vigente, il P.U.C approvato con DD n° 2015/118.0.0./18 con entrata in vigore il 3/12/2015, classifica l'edificio oggetto della DE in zona FF, zona destinata a “servizi di quartiere di livello urbano o territoriale destinati a istruzione, interesse comune, verde, gioco e sport e attrezzature pubbliche di interesse generale”.

Figura 2.1 - Particolare estratto dal Piano Urbanistico Comunale



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

L'amministrazione comunale riferisce che l'edificio è risalente al 1964 e la data risulta coerente con quanto rilevato durante il sopralluogo.

Durante il sopralluogo il personale scolastico ci ha riferito che l'edificio non ha mai subito ristrutturazioni importanti fatta eccezione di interventi di manutenzione straordinaria quali:

- sostituzione dei serramenti esposti a Sud-Est e Nord-Est
- sostituzione del generatore di calore nel 1996.

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'edificio è frequentato giornalmente da 200 bimbi alle elementari, 46 bimbi al nido e 33 adulti tra bidelli, maestri ed educatori.

Si può pertanto affermare che la riqualificazione energetica dell'edificio potrebbe portare ad una maggiore valorizzazione socio-economica dell'edificio stesso e rappresentare un importante momento formativo sulle tematiche di efficienza energetica e protezione ambientale.

L’edificio ospitante il complesso scolastico oggetto della DE è costituito complessivamente da quattro piani fuori terra, nei quali si sviluppano le aule ed i locali accessori alla didattiche.

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

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

Figura 2.2 - Vista satellitare dell’edificio (Fonte: Google Earth)

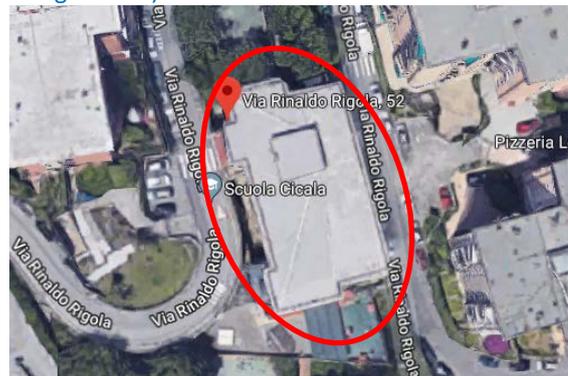


Tabella 2.1 - Suddivisione in piani dell’edificio

PIANO	UTILIZZO	U.M.	SUPERFICIE LORDA COMPLESSIVA <sup>(2)</sup>	SUPERFICIE UTILE RISCALDATA <sup>(3)</sup>	SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA <sup>(3)</sup>
Terra	Cucina, refettorio e palestra	[m <sup>2</sup> ]	623,19	450,4	0,00
Primo	Asilo nido	[m <sup>2</sup> ]	426,19	405,3	0,00
Secondo	Atrio, aule e locali accessori.	[m <sup>2</sup> ]	623,19	586,1	0,00
Terzo	Aule e locali accessori.	[m <sup>2</sup> ]	623,19	586,1	0,00
<b>TOTALE</b>		[m <sup>2</sup> ]	<b>2.339,16</b>	<b>2.027,90</b>	<b>0,00</b>

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, Sampierdarena è diventato un quartiere di Genova nel 1962. Precedentemente era un’importante cittadina industriale di cui ha mantenuto le caratteristiche architettoniche ed attualmente è una delle aree più popolate della città.

Come mostra la figura 2.3 che riporta un estratto dal portale della Regione Liguria (<http://geoportale.regione.liguria.it/geoviewer/pages/apps/vincoli/mappa.html>) l’edificio che ospita la scuola non risulta vincolato ne risultano esserci in prossimità altri vincoli che influiscano su eventuali interventi sull’edificio.

Nell’analisi delle EEM non si è quindi resa necessaria l’identificazione delle possibili interferenze con i vincoli presenti, tuttavia si procede nella compilazione della tabella 2.2 per omogeneità con le altre relazioni.

Non si identificano inoltre interferenze con gli aspetti geologici, geotecnici, idraulici o idrogeologici della zona.

Figura 2.3 - Particolare estratto dalla carta dei vincoli



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

MISURA DI EFFICIENZA ENERGETICA	VINCOLO INTERESSATO	VALUTAZIONE INTERFERENZA <sup>(4)</sup>	MISURA DI TUTELA DA ADOTTARE
EEM 1: isolamento della copertura	-		-
EEM 2: sostituzione del generatore con caldaia a condensazione e installazione termovalvole	-		-
EEM 3: relamping	-		-
EEM 4: isolamento a cappotto	-		-
EEM 5: sostituzione del generatore con pompa di calore elettrica e installazione termovalvole	-		-
EEM 6: installazione impianto fotovoltaico	-		-
EEM 7: sostituzione serramenti	-		-

Nota (4): Legenda livelli di interferenza:

	Non perseguibile
	Perseguibile tramite adozione misure di tutela indicate
	Interferenza nulla

## 2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO

Durante la fase di sopralluogo è stato possibile rilevare gli orari di effettivo funzionamento dell'edificio (7:15-18:30), intesi come gli orari di espletamento delle lezioni e gli orari di effettiva presenza del personale all'interno dell'edificio scolastico, mentre i periodi di attivazione e spegnimento degli impianti sono stati desunti dalle informazioni fornite dal personale scolastico presente durante il sopralluogo che ha descritto l'edificio già caldo alle 17:15 ed ancora caldo all'uscita (6:00-18:00).

Durante il sopralluogo il personale non era a conoscenza tuttavia delle temperature di settaggio del riscaldamento.

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

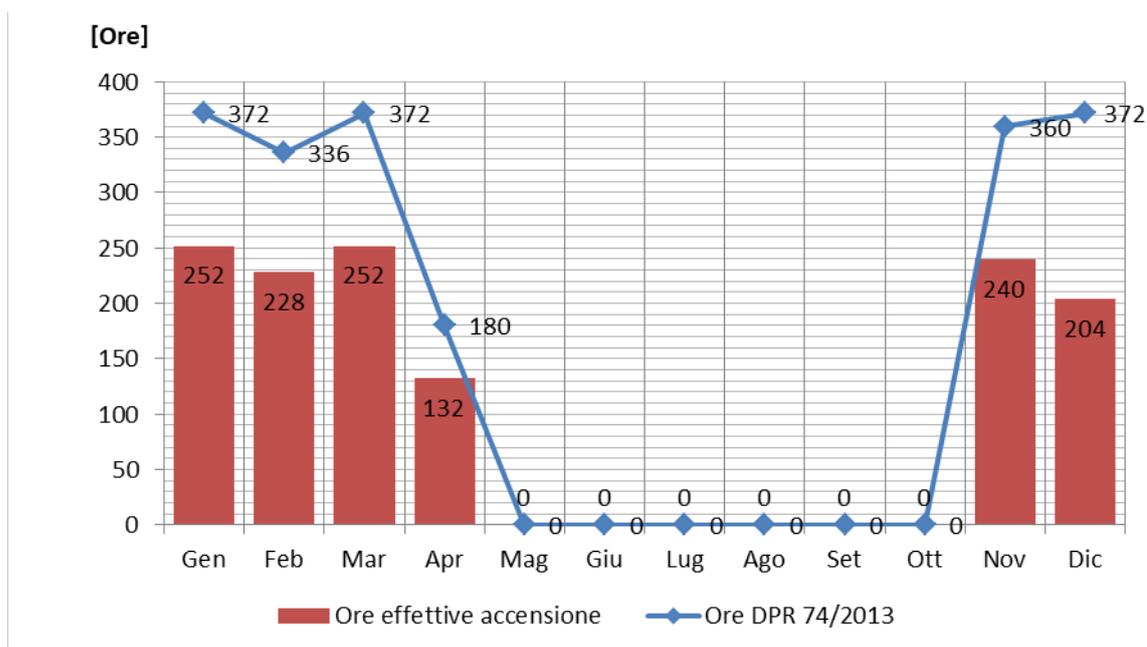
Il calendario scolastico della Regione Liguria, riportato sul portale internet regionale, segna l'inizio delle lezioni a metà settembre e la fine a metà giugno. Si sono considerati i mesi di giugno e

settembre completi in quanto i professori ed i maestri utilizzano l’edificio anche nelle prime settimane di settembre e nelle ultime di giugno per la preparazione/conclusione dell’anno scolastico.

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

PERIODO	GIORNI SETTIMENALI	ORARIO FUNZIONAMENTO EDIFICIO	ORARIO FUNZIONAMENTO IMPIANTO
Scuola Elementare “L. Cicale”			
Dal 1 Settembre al 30 Giugno	dal lunedì al venerdì	7:15-18:30 (bidelli/personale docente presente in struttura) 8:20-16:20 (orario scolastico)	7:00-19:00

Figura 2.4 – Andamento mensile delle ore effettive di utilizzo dell’impianto termico



Dall’analisi effettuata è emerso che gli orari di funzionamento degli impianti non sono strettamente correlati agli orari di espletamento delle lezioni, ma dipendono anche dalla presenza di personale all’interno della struttura inoltre il riscaldamento risulta acceso anche dopo che gli alunni hanno lasciato la struttura stessa in quanto c’è il personale (bidelli/personale docenti) ancora presente in struttura per pulizia e/o altro; risulterebbe pertanto un buon intervento ridefinire i momenti di accensione e spegnimento e magari in sede di sostituzione del generatore di calore effettuare una simulazione in dinamica per studiare la migliore combinazione di regolazione temporale del riscaldamento, temperature impostate ed impianto.

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

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

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

### 3 DATI CLIMATICI

#### 3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO

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

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

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

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

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

Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 929 GG calcolati su 109 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<sub>rif</sub> ai fini del processo di normalizzazione di cui al capitolo 0.

Tabella 3.2 – Profili mensili dei GG<sub>rif</sub>

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 <sub>rif</sub>	PROFILO DI INCIDENZA
Gennaio	31	10,4	31	201.60	21	21	202	22%
Febbraio	28	10,5	28	180.50	19	19	180	19%
Marzo	31	11,1	31	185.90	21	21	187	20%
Aprile	30	15,3	11	55.74	20	11	56	6%
Maggio	31	18,7	-	-	21	-	-	-
Giugno	30	22,4	-	-	20	-	-	-
Luglio	31	24,6	-	-	20	-	-	-
Agosto	31	23,6	-	-	-	-	-	-
Settembre	30	22,2	-	-	20	-	-	-
Ottobre	31	18,2	-	-	21	-	-	-
Novembre	30	13,3	30	134.00	20	20	134	14%
Dicembre	31	10,0	31	170.00	17	17	170	18%
<b>TOTALE</b>	<b>365</b>	<b>16,7</b>	<b>166</b>	<b>928.741</b>	<b>220</b>	<b>109</b>	<b>929</b>	<b>100%</b>

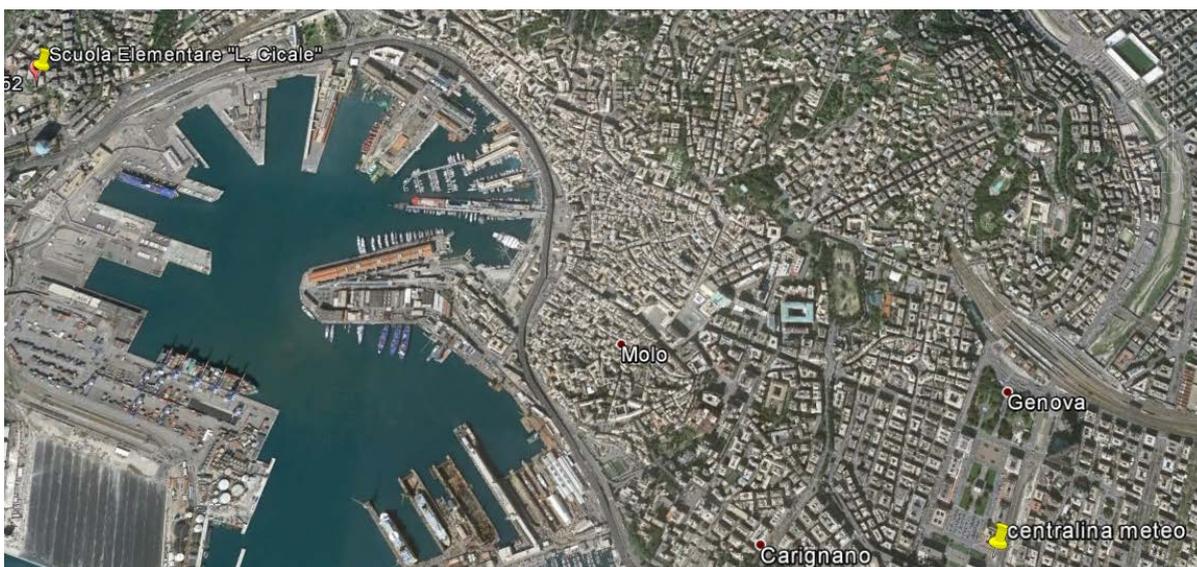
### 3.2 DATI CLIMATICI REALI

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 Stazione Meteo GENOVA-CENTRO FUNZIONALE –FOCE (GECF).

Si è deciso di utilizzare come riferimento tale centraline in quanto è la stazione climatica con i dati disponibili per le tre annualità (2014-2015-2016) più vicina all’edificio oggetto di DE.

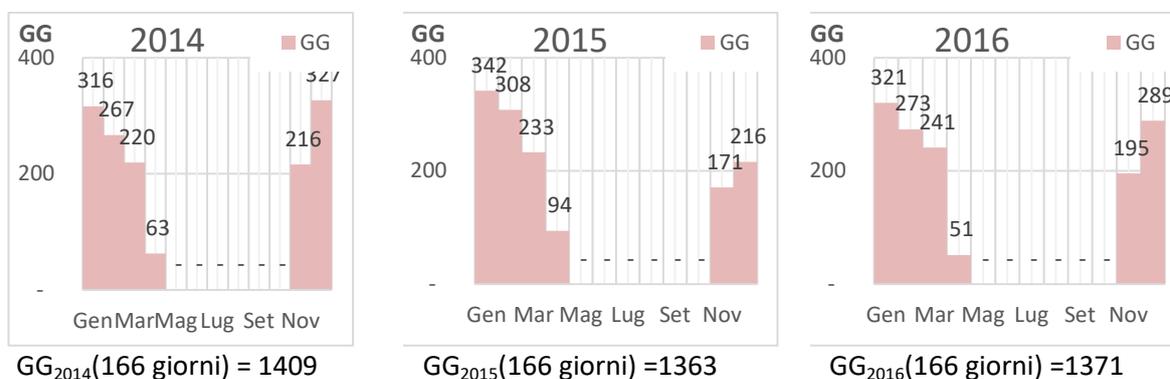
Figura 3.1 – Posizionamento della centralina meteo climatica rispetto all’edificio oggetto di DE



### 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



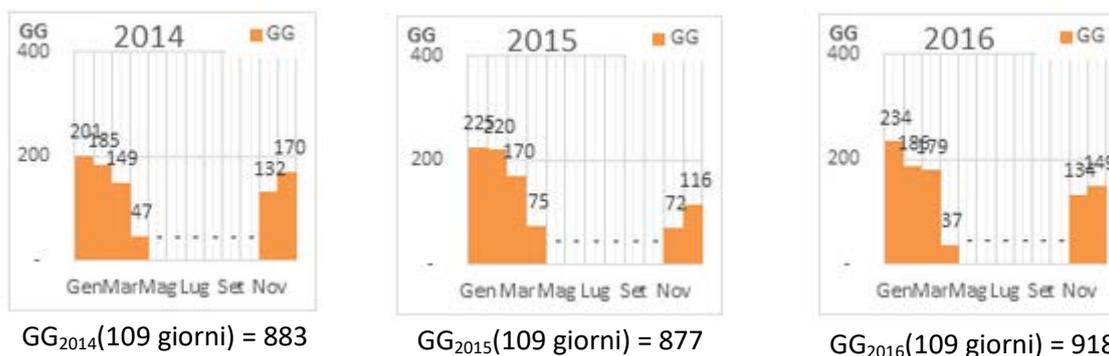
Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell’impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG reali sono stati ricalcolati in funzione

del numero di giorni effettivi di accensione dell’impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 893 GG calcolati su 109 giorni effettivi di utilizzo dell’impianto di riscaldamento.

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

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

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



Come si può notare dai grafici sopra riportati, l’andamento dei GG risulta differente per il triennio.

## 4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI

### 4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO

#### 4.1.1 Involucro opaco

L'edificio è caratterizzato da una struttura opaca omogenea costituita da una struttura portante in travi e pilastri ed un tamponamento in laterizio a cassa vuota. Sulle due facciate principali inoltre si aprono grosse aperture di lunghezza pari allo spazio tra i pilastri con affaccio a sud-est e nord-ovest. Ciò permette una notevole captazione della radiazione solare ma anche una maggiore dispersione di calore attraverso i serramenti.

La copertura piana si ritiene presumibilmente in laterocemento e il solaio in cemento su terra o ghiaia.

Ai fini di un'identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell'involucro opaco si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione di un rilievo termografico eseguito tramite l'utilizzo di termo camera Flir E8.

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

l'edificio è caratterizzato da un involucro con dispersioni localizzate in corrispondenza della struttura portante dell'edificio, dai sottofinestra, dai serramenti più vecchi e dai ponti termici geometrici.

Le specifiche degli strumenti di misura sono riportate all'Allegato D - Report relativi ad altre prove diagnostiche strumentali.

Figura 4.1 - Particolare della porzione di involucro verticale opaco



Figura 4.2 - Particolare della facciata Sud-Est



Figura 4.3 – Rilievo termografico della parate Sud-Est



I dettagli delle indagini diagnostiche effettuate sono riportate all’Allegato C – Report di indagine termografica ed all’Allegato D – Report relativi ad altre prove diagnostiche strumentali.

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
Copertura	COP1	22	Assente	2,2	Sufficiente
Parete verticale	M1 - M2 - M3	30 - 45 - 54	Assente	1,37 – 1,28 – 1,13	Insufficiente
Parete verticale	M4 - M5	10 – 75 – 35	Assente	0,815	Sufficiente
Parete verticale	M6 – M7 – M8 – M9 – M10	10 – 18 - 75	Assente	1.73 – 1.71 – 1.22	Sufficiente
Pavimento su terreno	PAV 1	34,5	Assente	2,3	Sufficiente
Pavimento su ZNR	PAV 2	33	1,2	1,27	Sufficiente
Soffitto	PAV3 – PAV4	33	Assente	1.806 – 1.543	Sufficiente

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

#### 4.1.2 Involucro trasparente

L’involucro trasparente che costituisce l’edificio è composto da due diverse tipologie di serramento:

- I serramenti originali in legno e vetro singolo;
- Serramenti di recente installazione in PVC e vetro doppio:

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

- Rilievo termografico
- Indagine con spessivetro.

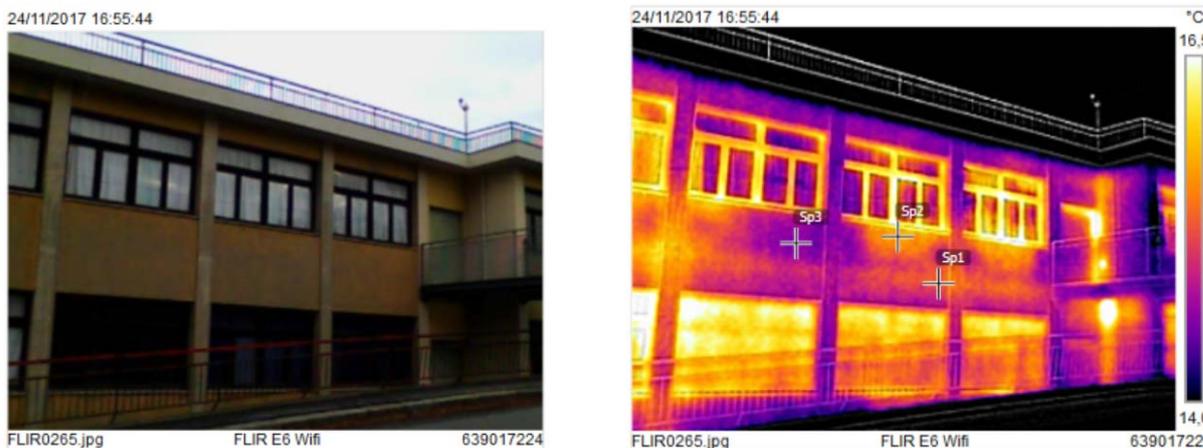
Figura 4.4 - Particolare dei serramenti



La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- Presenza di dispersioni di calore dal telaio dei serramenti originali
- Spessore vetro doppio 4-11-4.

Figura 4.5 – Rilievo termografico dei serramenti non sostituiti.



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 principali 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	137x170	PVC	Vetro doppio	2,85	[Buono]
Serramento verticale	F2	134x170	Metallo/Legno	Vetro singolo	4,24	[Buono]
Serramento verticale	F3	270x80	Metallo/Legno	Vetro singolo	4,43	[Buono]
Serramento verticale	F4	60x80	Metallo/Legno	Vetro singolo	3,97	[Buono]
Serramento verticale	F5	120x80	Metallo/Legno	Vetro singolo	4,19	[Buono]
Serramento verticale	F6	136x180	Metallo/Legno	Vetro singolo	4,49	[Buono]
Serramento verticale	F7	130x180	Metallo/Legno	Vetro singolo	4,45	[Buono]
Serramento verticale	F8	74x80	Metallo/Legno	Vetro singolo	4,14	[Buono]
Serramento verticale	F9	134x170	Metallo/Legno	Vetro singolo	4,24	[Buono]
Serramento verticale	F10	136x180	PVC	Vetro doppio	2,85	[Buono]
Serramento verticale	F11	130x180	PVC	Vetro doppio	2,85	[Buono]
Serramento verticale	F12	134x170	PVC	Vetro doppio	2,84	[Buono]
Serramento verticale	F13	200x240	PVC	Vetro doppio	2,87	[Buono]
Serramento verticale	F14	200x170	PVC	Vetro doppio	2,86	[Buono]
Serramento verticale	F15	114x170	PVC	Vetro doppio	2,84	[Buono]
Serramento verticale	F16	164x170	PVC	Vetro doppio	2,85	[Buono]

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

## 4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/CLIMATIZZAZIONE INVERNALE

L'impianto di riscaldamento degli ambienti è costituito da un impianto tradizionale con caldaia a basamento a gas metano e radiatori.

### 4.2.1 Sottosistema di emissione

Il sottosistema di emissione è costituito da termosifoni senza valvole termostatiche.

Figura 4.6 - Particolare corpi scaldanti - termosifoni



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
Intero edificio	termosifoni	94%

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

Tabella 4.4 - Riepilogo caratteristiche dei terminali di emissione installati

PIANO	TIPO DI INSTALLAZIONE	NUMERO	POTENZA TERMICA COMPLESSIVA <sup>(5)</sup>	POTENZA FRIGORIFERA COMPLESSIVA
			[kW]	[kW]
Terra	Su parete interna/esterna non isolata	21	47,69	0,00
Primo	Su parete interna/esterna non isolata	18	38,97	0,00
Secondo	Su parete interna/esterna non isolata	25	41,95	0,00
Terzo	Su parete interna/esterna non isolata	28	69,61	0,00
<b>TOTALE</b>		<b>92</b>	<b>198,22</b>	<b>0,00</b>

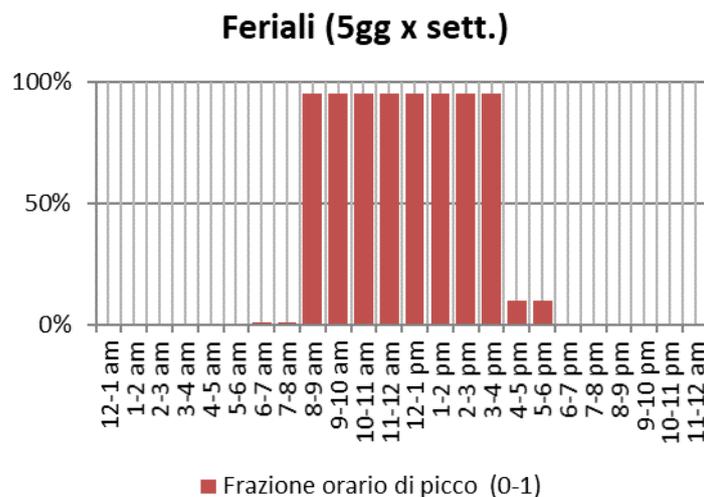
Nota (5): La potenza è stata verificata secondo la UNI 10200 che definisce un codice forma-materiale.

In sede di sopralluogo si sono verificati i dati delle check list fornite dalla PA e sono state prese le misure ulteriori richieste dalla UNI 10200 per il calcolo della potenza.

### 4.2.2 Sottosistema di regolazione

La regolazione del funzionamento dell'impianto avviene da centrale termica ove è presente una sonda climatica. Non sono presenti termostati ambiente e il personale scolastico non ha saputo fornire informazioni sulle temperature impostate.

Figura 4.7 - Profilo di funzionamento invernale dell'impianto per la zona termica



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
Intero edificio	Climatica	90%

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

#### 4.2.3 Sottosistema di distribuzione

Il sottosistema di distribuzione è costituito da una pompa gemellare con funzionamento in alternato collegata sulla mandata dell'acqua calda.

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

Tabella 4.6 - Riepilogo caratteristiche pompe circuito primario

NOME	SERVIZIO	PORTATA <sup>(6)</sup> [m <sup>3</sup> /h]	PREVALENZA <sup>(7)</sup> [kPa]	POTENZA ASSORBITA <sup>(8)</sup> [kW]
Grundfos UMK 32-30 ES01	anticondensa	-	-	0,125
Grundfos UPC 50-120 ES02	mandata acqua calda	-	-	0,940
Grundfos UPC 50-120 ES03	mandata acqua calda	-	-	0,940

Nota (6): Dato non disponibile da sopralluogo (libretto e visita centrale termica) e da scheda tecnica

Nota (7): Dato non disponibile da sopralluogo (libretto e visita centrale termica) e da scheda tecnica

Nota (8): Valori ricavati da dati di targa

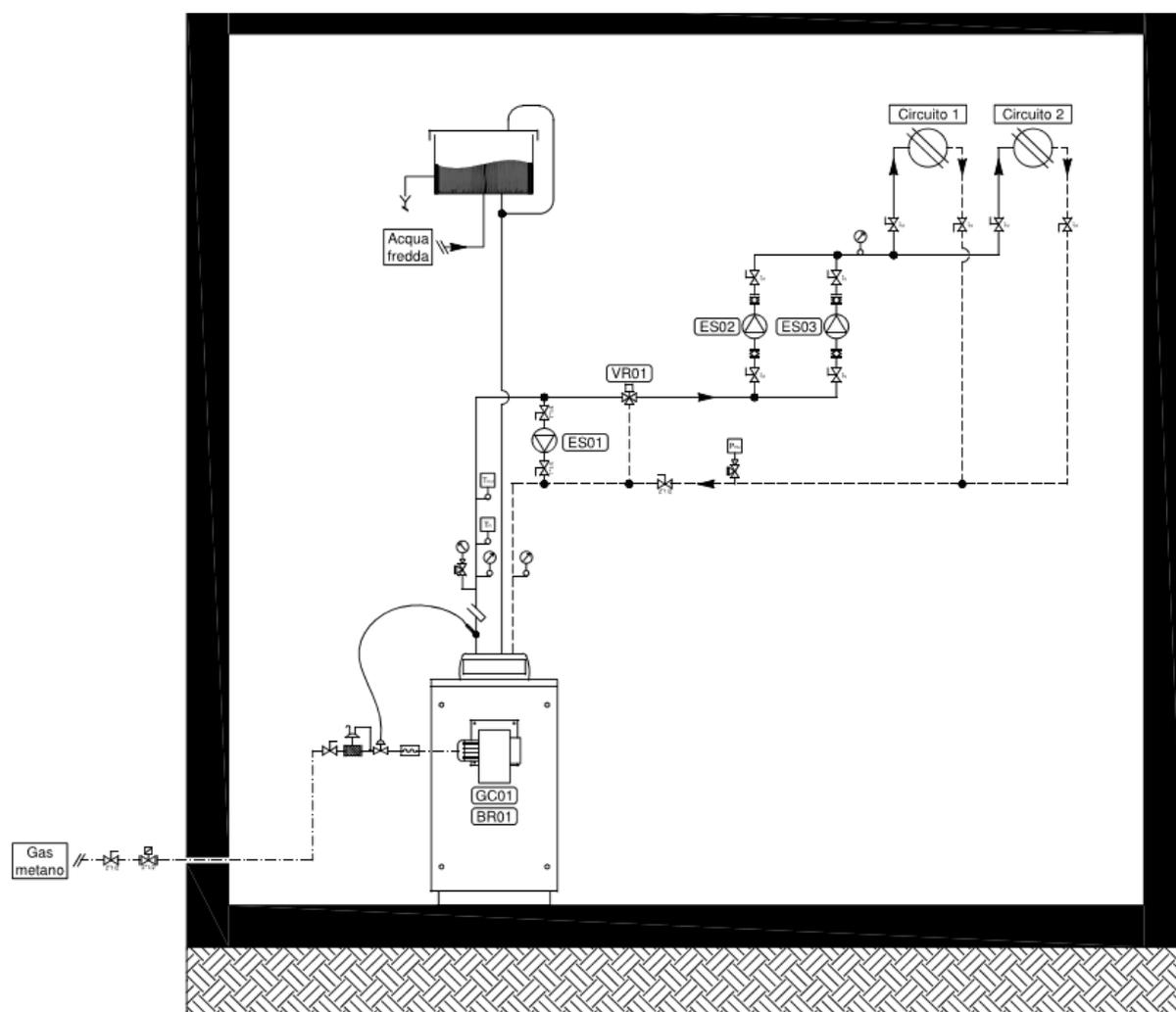
Le temperature del fluido termovettore all'interno del circuito primario sono riportate nella tabella seguente.

Tabella 4.7 – Temperature di mandata e ritorno del circuito primario

CIRCUITO			TEMPERATURA RILEVATA <sup>(9)</sup>	TEMPERATURA CALCOLO
			°C	°C
GEN	Mandata	Caldo	-	80
	Ritorno	Caldo	-	50

Nota (9): Le temperature di mandata e ritorno del circuito primario rilevate in sede di sopralluogo non sono state acquisite e riportate in quanto nella data di esecuzione dello stesso, per via della temperatura esterna elevata, l'impianto non è mai andato a regime nel lasso del tempo di visita al fabbricato. Si tratta pertanto di valori non rappresentativi e non necessari al fine della modellizzazione del sistema edificio-impianto.

Figura 4.8 - Particolare dello schema di impianto (Fonte: Tavola 142-P00-001.dwg)



Il rendimento complessivo del sottosistema di distribuzione è stato assunto nella DE pari al 95% (riferimento normativo 11300-2)

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

#### 4.2.4 Sottosistema di generazione

Il sottosistema di generazione è costituito da una caldaia a basamento ECOFLAM risalente al 1996 con bruciatore Baltur.

Figura 4.9 - Generatore di calore – ECOFLAM -ECOMAX 33 2F – BRUCIATORE BALTUR



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

Tabella 4.8 - Riepilogo caratteristiche centrale termica

SERVIZIO	MARCA	MODELLO	ANNO DI COSTRUZIONE	POTENZA AL FOCOLARE [kW]	POTENZA TERMICA UTILE [kW]	RENDIMENTO <sup>(10)</sup>	POTENZA ASSORBITA COMPLESSIVA [W]
Gen 1 Riscaldamento	ECOFLAM	ECOMAX 33 2F	1996	378,9	349	92,5 %	960

Nota (10) rendimento da prova fumi del 11/04/2017

Il rendimento complessivo del sottosistema di generazione, in regime di riscaldamento calcolato dal modello energetico è pari al 84% .

Il rendimento da scheda tecnica della caldaia in esame è pari al 92,8%.

Il rendimento della scheda tecnica è in linea con quello relativo alla prova fumi mentre il rendimento della modellazione energetica risulta il più basso dei tre.

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

#### 4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA

Il consumo di acqua calda sanitaria è relativamente ridotto data la destinazione d’uso dell’edificio.

Nell’edificio è installato un unico boiler elettrico ad accumulo da 1200 W.

Figura 4.10 - Particolare di un boiler elettrico per la produzione di acqua calda sanitaria



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

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

SOTTOSISTEMA DI EROGAZIONE	SOTTOSISTEMA DI DISTRIBUZIONE	SOTTOSISTEMA DI RICIRCOLO <sup>(11)</sup>	SOTTOSISTEMA DI ACCUMULO <sup>(12)</sup>	SOTTOSISTEMA DI GENERAZIONE	RENDIMENTO GLOBALE MEDIO STAGIONALE
1	0,89	-	-	0,75	0,277

Nota (11): sottosistema non presente

Nota (12): sottosistema non presente

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

Impianto non presente

#### 4.5 IMPIANTO NON PRESENTE DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA

Impianto non presente

#### 4.6 IMPIANTO NON PRESENTE DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE

Le utenze sottese all’impianto elettrico, oltre a quelle precedentemente descritte, sono costituite essenzialmente da utenze locali quali PC ed altri dispositivi in uso del personale e delle attività specifiche della destinazione d’usi.

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

.

Tabella 4.10 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA NOMINALE	POTENZA COMPLESSIVA	ORE ANNUE DI UTILIZZO
			[W]	[W]	[ore]
Z1 – Z2 – Z3 – Z4	PC	16	133	2.128	103 (0,5h x 205gg)
Z1 – Z2 – Z3 – Z4	Stampate tavolo	7	350	2.450	8 (0,04h x 205gg)
Z3	Stampante multifunzione	1	675	675	8 (0,04h x 205gg)
Z3	Fax analogico	1	20	20	4920 (24h x 205gg)
Z2	Piano cottura elettrico	1	2.000	2.000	205 (1h x 205gg)
Z2	Forno microonde	1	675	675	68 (0,33h x 205gg)
Z2	Cappa	1	250	250	205 (1h x 205gg)
Z2	Frigorifero	1	60	60	8.760 (24h x 365gg)
Z2	Lavastoviglie	1	3.000	3.000	513 (2,5h x 205gg)
Z2	Lavatrice	1	800	800	205 (1h x 205gg)
Z2	Ventilatore	2	42,5	85	25 (0,12h x 205gg)
Z1 – Z2 – Z3 – Z4	Proiettore	1	110	110	8 (0,04h x 205gg)
Z1 – Z2 – Z3 – Z4	Stereo	2	110	220	103 (0,5h x 205gg)

L'elenco delle altre utenze elettriche rilevate in sede di sopralluogo e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 11 dell' Allegato J – Schede di audit.

#### 4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE

L'impianto di illuminazione è costituito da lampade fluorescenti di diversa potenza.

Figura 4.11 - Particolare dei corpi illuminanti



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

Tabella 4.11 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA UNITARIA [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]
Z1	fluorescente 36 W	2	36	72
Z1	fluorescente 58 W	6	58	348
Z1	fluorescente 2x36 W	14	72	1008
Z1	fluorescente 4x18 W	25	72	1800
Z2	fluorescente 36 W	4	36	144
Z2	fluorescente 58 W	4	58	232
Z2	24 W	2	24	48
Z2	40 W	4	40	160
Z2	fluorescente 2x 58 W	28	116	3248
Z2	fluorescente 2x36 W	1	72	72
Z3	fluorescente 36 W	14	36	504
Z3	fluorescente 58 W	2	58	116
Z3	80 W	9	80	720
Z3	fluorescente 18 W	8	18	144
Z3	fluorescente 2x36 W	40	72	2880
Z4	fluorescente 36 W	20	36	720
Z4	fluorescente 58 W	4	58	232
Z4	fluorescente 18 W	10	18	180
Z4	fluorescente 2x36 W	28	72	2016

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

Impianto non presente

## 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;
- Gasolio.

#### 5.1.1 Energia termica

Il vettore termico utilizzato per la climatizzazione invernale è stato il Gasolio fino a parte del 2014 quando la caldaia è stata convertita a Gas Metano.

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

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

TIPO COMBUSTIBILE	PCI	DENSITÀ	PCI	FATTORE DI CONVERSIONE	PCI
	[kWh/kg]	[kWh/Sm <sup>3</sup> ]	[kWh/Nm <sup>3</sup> ]	[Sm <sup>3</sup> /Nm <sup>3</sup> ]	[kWh/Sm <sup>3</sup> ]
Metano	n/a	n/a	9,94 <sup>(1)</sup>	1,0549	9,42
Gasolio	11,87 <sup>(13)</sup>	0,85	n/a	n/a	10,09

Nota (13) Fonte: Prospetto B.19 UNI TS 11300-2:2014

La fornitura di Gas metano avviene tramite la presenza di 1 contatore a servizio della Centrale termica per il riscaldamento dell'intero edificio – PRD: 16220050672010.

All'interno del file KyotoBaseline è indentificato un secondo PDR che non è stato rilevato in struttura per cui i valori registrati (per quanto bassi ed ininfluenti) non vengono considerati al fine della modellizzazione e taratura del fabbricato. Durante il sopralluogo si è chiesto al personale operante all'interno dell'asilo nido privato se avessero un secondo contatore da loro gestito e hanno confermato l'utilizzo dei soli contatori generali dell'edificio.

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 m<sup>3</sup> di gas rilevati 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		2015		2016		
		[Smc]	[l]	[Smc]	[Smc]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
16220050672010	Riscaldamento	534	14.700	18.089	7.280	153.350	170.396	68.578

Parallelamente all’analisi dei consumi storici forniti dalla società di distribuzione si è provveduto alla valutazione dei consumi fatturati nel triennio di riferimento.

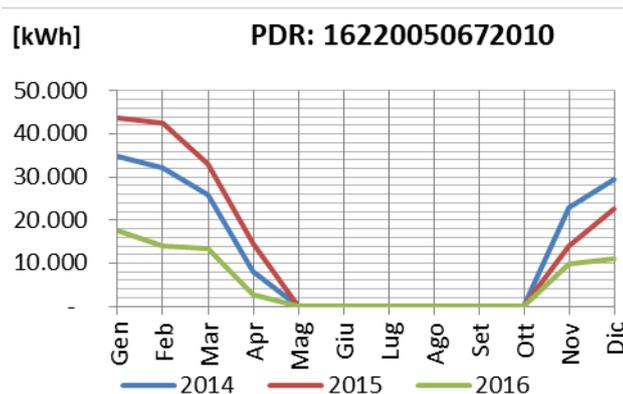
La ripartizione dei consumi annuli di energia termica in consumi mensili verrà eseguita in modo proporzionale rispetto ai GGreali per il triennio di riferimento. I consumi così ripartiti sono riportati nella Tabella 5.3.

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

PDR: 16220050672010	2014	2015	2016	2014	2015	2016	2014
Mese	[Sm <sup>3</sup> ]	[Sm <sup>3</sup> ]	[Sm <sup>3</sup> ]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[litri gasolio]
Gen	121	4.631	1.854	34.861	43.626	17.467	3.342
Feb	112	4.528	1.474	32.083	42.653	13.886	3.075
Mar	90	3.498	1.417	25.941	32.948	13.349	2.487
Apr	28	1.542	295	8.145	14.521	2.782	781
Mag	-	-	-	-	-	-	-
Giu	-	-	-	-	-	-	-
Lug	-	-	-	-	-	-	-
Ago	-	-	-	-	-	-	-
Set	-	-	-	-	-	-	-
Ott	-	-	-	-	-	-	-
Nov	80	1.489	1.061	22.849	14.026	9.991	2.190
Dic	103	2.402	1.179	29.471	22.623	11.103	2.825
<b>Totale</b>	<b>534</b>	<b>18.089</b>	<b>7.280</b>	<b>153.350</b>	<b>170.398</b>	<b>68.578</b>	<b>14.700</b>

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

Figura 5.1 – Andamento mensile dei consumi termici fatturati



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  $\bar{\alpha}_{rif}$  come di seguito riportato:

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

Dove:

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

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

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

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

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

$GG_{rif}$  = 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;

$\bar{Q}_{ALTRO}$  = Consumo termico reale per eventuali altri utilizzi dell'edificio, kWh/anno, valutato come la media dei consumi per altri usi, nel triennio di riferimento.

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

Tabella 5.4 – Normalizzazione dei consumi annuali di energia termica

ANNO	GG <sub>REALI</sub> SU [109] GIORNI	GG <sub>RIF</sub> SU [109] GIORNI	CONSUMO REALE RISC. [Smc]	CONSUMO REALE RISC. [kWh]	$\alpha_{rif}$	CONSUMO NORMALIZZATO A [926] GG [kWh]	CONSUMO ACS [kWh]	CONSUMO ALTRO [kWh]
2014	-	-	-	-	-	-	-	-
2015	877	929	18.189	170.396	194	180.499	0	0
2016	918	929	7.280	68.578	75	69.400	0	0
<b>Media</b>	<b>898</b>	<b>929</b>	<b>12.735</b>	<b>119.487</b>	<b>134</b>	<b>124.950</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

I dati del 2014 non vengono considerati in quanto derivanti in parte da consumo di gasolio ed in parte di gas metano forniti senza indicazione dei rispettivi mesi di utilizzo.

Come si può notare dai dati riportati i consumi di gas metano dal 2015 al 2016 risultano più che dimezzati nonostante si sia registrato un clima più rigido. Sarebbe pertanto necessario un'analisi dei comportamenti degli utenti e della Gestione calore per meglio comprendere questa netta diminuzione.

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

Tabella 5.5 – Individuazione della Baseline termica

GRANDEZZA	VALORE
	[kWh]
$\bar{Q}_{ACS}$	0,0
$\bar{Q}_{ALTRO}$	0,0

$$\bar{a}_{rif} \times GG_{rif}$$

124.950

 $Q_{baseline}$ 

124.950

### 5.1.2 Energia elettrica

La fornitura di energia elettrica avviene tramite la presenza di 1 contatore a servizio dell'intero edificio – POD IT001E00097064.

Durante il sopralluogo si è chiesto al personale operante all'interno dell'asilo nido privato se avessero un secondo contatore da loro gestito e hanno confermato l'utilizzo dei soli contatori generali dell'edificio.

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

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

L'analisi dei consumi storici di energia elettrica è effettuata sulla base dei kWh ottenuti dai dati di fatturazione rilevati nel triennio di riferimento.

Tali consumi annuali derivanti dall'analisi delle fatture elettriche 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]
IT001E00097064	Z1 - Z2 - Z3 - Z4	25.578	24.557	26.491	25.542
<b>TOTALE</b>		<b>25.578</b>	<b>24.557</b>	<b>26.491</b>	<b>25.542</b>

Tali consumi sono stati confrontati con i consumi annui elaborati e forniti dalla PA ed (identificati per l'edificio oggetto della DE all'interno del file kyotoBaseline-E175) ed è emerso che i consumi registrati in tale file sono superiori di circa 2.000 kWh all'anno.

Dati relativi a Kyoto Baseline: anno 2014 27.270 kWh; anno 2015 27.412 kWh; anno 2016 28.490 kWh.

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

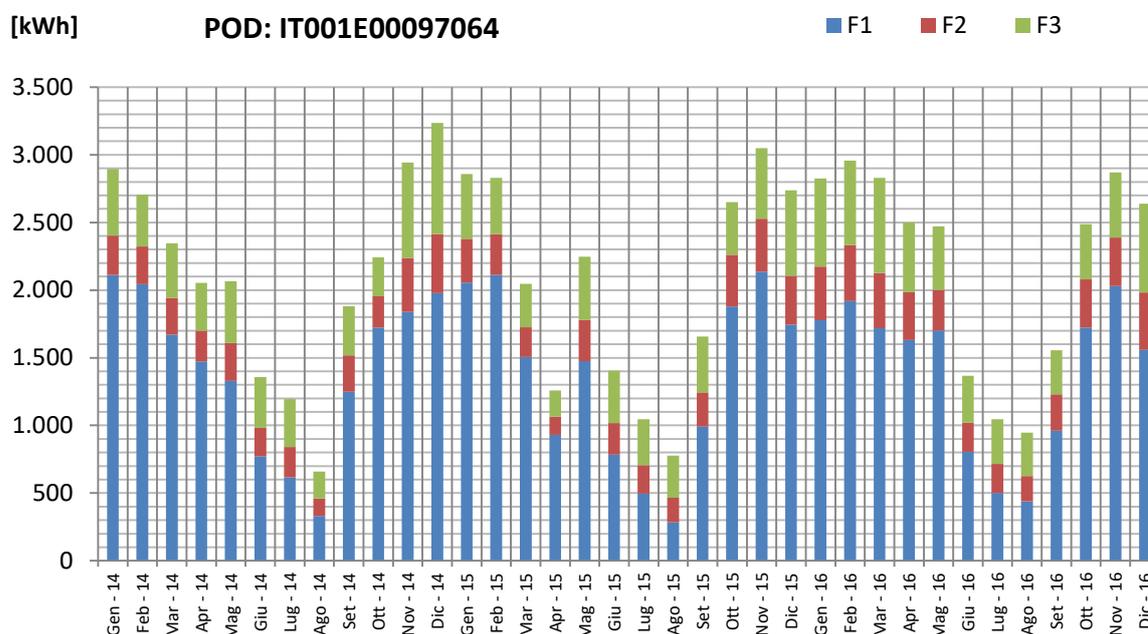
Si è pertanto definito un consumo  $EE_{baseline}$  pari a 25.542 kWh.

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

POD: IT001E00097064	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen-14	2.113	290	493	2.896
Feb-14	2.043	279	382	2.704
Mar-14	1.671	271	404	2.346
Apr-14	1.472	228	354	2.054
Mag-14	1.330	281	454	2.065
Giu-14	773	209	375	1.357
Lug-14	617	223	355	1.195
Ago-14	330	131	198	659
Set-14	1.250	268	364	1.882
Ott-14	1.722	233	287	2.242
Nov-14	1.839	399	704	2.942
Dic-14	1.977	437	822	3.236
<b>Totale</b>	<b>1.951</b>	<b>3.249</b>	<b>5.192</b>	<b>25.578</b>
POD: IT001E00097064	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen-15	2.055	325	478	2.858
Feb-15	2.113	302	414	2.829
Mar-15	1.505	221	320	2.046
Apr-15	931	134	193	1.258
Mag-15	1.475	305	467	2.247
Giu-15	785	233	386	1.404
Lug-15	497	209	341	1.047
Ago-15	284	182	310	776
Set-15	992	251	414	1.657
Ott-15	1.880	381	389	2.650
Nov-15	2.137	390	521	3.048
Dic-15	1.744	362	631	2.737
<b>Totale</b>	<b>16.398</b>	<b>3.295</b>	<b>4.864</b>	<b>24.557</b>
POD: IT001E00097064	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen-16	1.777	396	651	2.824
Feb-16	1.920	413	625	2.958
Mar-16	1.718	408	703	2.829
Apr-16	1.630	356	513	2.499
Mag-16	1.703	298	469	2.470
Giu-16	805	216	346	1.367
Lug-16	501	214	331	1.046
Ago-16	439	187	322	948
Set-16	961	268	326	1.555
Ott-16	1.722	357	408	2.487
Nov-16	2.030	359	480	2.869
Dic-16	1.558	425	656	2.639
<b>Totale</b>	<b>16.764</b>	<b>3.897</b>	<b>5.830</b>	<b>26.491</b>

Il profilo così ottenuto è rappresentato nel grafico della figura seguente.

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



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

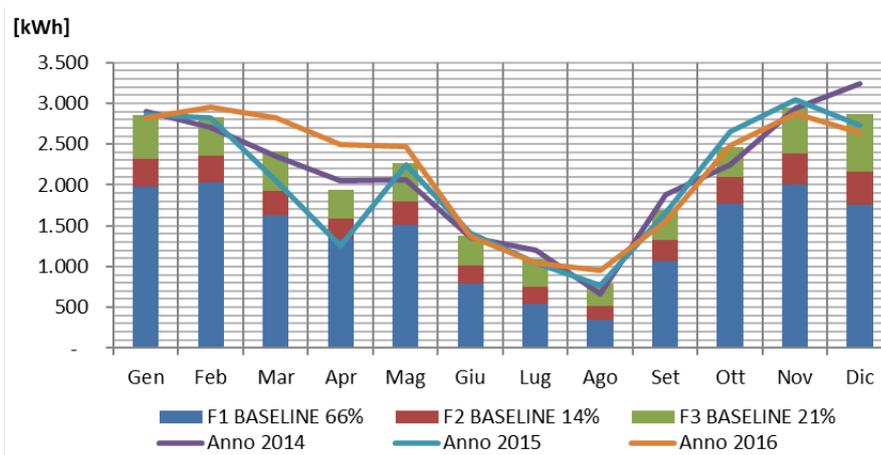
Tali valori sono riportati nella Tabella 5.8.

Tabella 5.8 – Consumi mensili di Baseline

BASELINE	F1	F2	F3	TOTALE
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	1.982	337	541	2.859
Febbraio	2.025	331	474	2.830
Marzo	1.631	300	476	2.407
Aprile	1.344	239	353	1.937
Maggio	1.503	295	463	2.261
Giugno	788	219	369	1.376
Luglio	538	215	342	1.096
Agosto	351	167	277	794
Settembre	1.068	262	368	1.698
Ottobre	1.775	324	361	2.460
Novembre	2.002	383	568	2.953
Dicembre	1.760	408	703	2.871
<b>Totale</b>	<b>16.766</b>	<b>3.480</b>	<b>5.295</b>	<b>25.542</b>

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

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



I profili di prelievo mensili nel triennio di riferimento presentano andamenti costanti durante tutti i mesi dell'anno tranne per i mesi estivi di chiusura della scuola.

Non è stato possibile rappresentare i profili giornalieri dei consumi elettrici del POD IT001E00097064 in quanto la società di distribuzione dell'energia elettrica non ha reso disponibili tali informazioni.

In considerazione del fatto che sul portale e-distribuzione sono presenti le letture dei contatori con potenza superiore a 55kW non è stato possibile effettuare l'analisi dei profili orari dei consumi elettrici del POD IT001E00097064.

È stata quindi effettuata una verifica degli andamenti mensili deducibili dalla analisi delle letture riportate dal distributore.

## 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 CO<sub>2</sub> utilizzati sono riportati nella Tabella 5.9 - Fattori di emissione di CO<sub>2</sub>. Tabella 5.9.

Tabella 5.9 - Fattori di emissione di CO<sub>2</sub>.

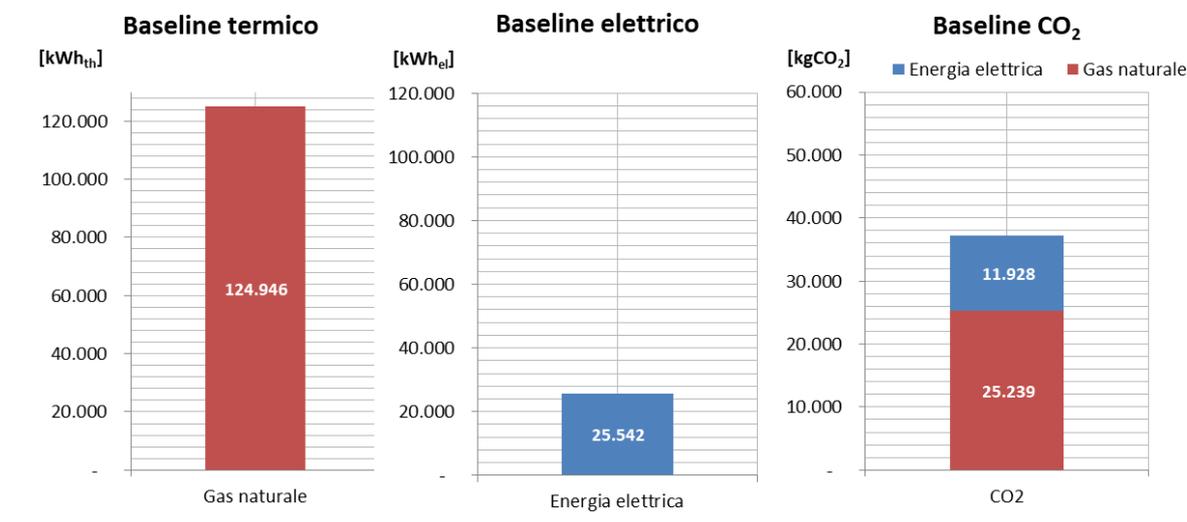
COMBUSTIBILE	FATTORE DI CONVERSIONE
	kgCO <sub>2</sub> /kWh
Energia elettrica	* 0,467
Gas naturale	* 0,202
GPL	* 0,227
Olio combustibile	* 0,267
Gasolio	* 0,267
Benzina	* 0,249

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

Applicando tali fattori di conversione è stato possibile valutare la Baseline delle emissioni di CO<sub>2</sub>, come riportato nella tabella seguente.

Tabella 5.10 – Baseline delle emissioni di CO<sub>2</sub>.

COMBUSTIBILE	CONSUMO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE	
	[kWh]	[tCO <sub>2</sub> /MWh]	[tCO <sub>2</sub> ]
Energia elettrica	25.542	* 0,467	11,93
Gas naturale	124.946	* 0,202	25,24

Figura 5.4 - Rappresentazione grafica della Baseline dei consumi e delle emissioni di CO<sub>2</sub>.

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

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

COMBUSTIBILE	F <sub>P,nren</sub>	F <sub>P,ren</sub>	F <sub>P,tot</sub>
Gas naturale	1,05	0	1,05
Energia elettrica da rete	1,95	0,47	2,42

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

Tabella 5.12 – Fattori di riparametrizzazione

	PARAMETRO	VALORE	U.M.
FATTORE 1	Superficie netta riscaldata	2.058	m <sup>2</sup>
FATTORE 2	Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	2.156	m <sup>3</sup>
FATTORE 3	Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate)	8.693	m <sup>3</sup>

Nella Tabella 5.13 e

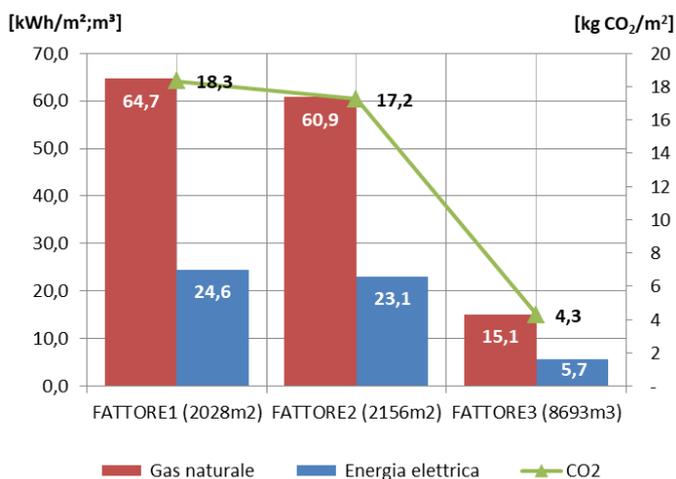
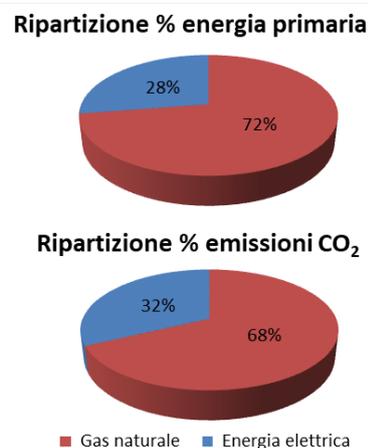
Tabella 5.14 sono riportati gli indicatori di performance valutati coerentemente con quanto riportato nella sezione 2.5 dell’Allegato J – Schede di audit.

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

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE [kWh/anno]	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA TOTALE	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA TOTALE [kWh/anno]	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA TOTALE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1 [kWh/m <sup>2</sup> ]	FATTORE 2 [kWh/m <sup>2</sup> ]	FATTORE 3 [kWh/m <sup>3</sup> ]	FATTORE 1 [Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]	FATTORE 2 [Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]	FATTORE 3 [Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> ]
Gas naturale	124.946	1,05	131.193	64,7	60,9	15,1	12,45	11,71	2,90
Energia elettrica	25.542	2,42	61.812	30,5	28,7	7,1	5,88	5,53	1,37
<b>TOTALE</b>			<b>193.004</b>	<b>95</b>	<b>90</b>	<b>22</b>	<b>18</b>	<b>17</b>	<b>4</b>

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

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE [kWh/anno]	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA NON RINN.	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA NON RINN. [kWh/anno]	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1 [kWh/m <sup>2</sup> ]	FATTORE 2 [kWh/m <sup>2</sup> ]	FATTORE 3 [kWh/m <sup>3</sup> ]	FATTORE 1 [Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]	FATTORE 2 [Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]	FATTORE 3 [Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> ]
Gas naturale	124.946	1,05	131.193	64,7	60,9	15,1	12,45	11,71	2,90
Energia elettrica	25.542	1,95	49.807	24,6	23,1	5,7	5,88	5,53	1,37
<b>TOTALE</b>			<b>181.000</b>	<b>89</b>	<b>84</b>	<b>21</b>	<b>18</b>	<b>17</b>	<b>4</b>

Figura 5.4 – Indicatori di performance e relative emissioni di CO<sub>2</sub> valutati in funzione dei fattori di riparametrizzazioneFigura 5.5 – Ripartizione % dei consumi specifici di energia primaria e delle relative emissioni di CO<sub>2</sub>

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

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

- Fattore di forma dell’edificio, rapporto fra superficie disperdente e volume riscaldato S/V (fattore F<sub>e</sub>);
- Ore di occupazione dell’edificio scolastico (fattore F<sub>h</sub>);

- Gradi Giorno convenzionali della località (1435 GG) così come definiti D.P.R. 412/93 - allegato A
- Volume riscaldato ( $V_{risc}$ ).

La formula definita è sotto riportata:

$$IEN_R = \frac{\text{Consumo\_annuo\_riscaldamento} \times F_e \times F_h \times 1000}{GG \times V_{risc}}$$

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

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

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

$$IEN_E = \frac{\text{Consumo\_energia\_elettrica} \times F_h}{A_p}$$

Tabella 5.15 – Indicatori di performance energetici

COMBUSTIBILE	IEN <sub>R</sub>			IEN <sub>E</sub>		
	Wh/(m <sup>3</sup> GG anno)			Wh/(m <sup>3</sup> anno)		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Gas Naturale	14,75 <sup>14</sup>	15,58	6,08			
Energia elettrica				10,93	10,50	11,33

Nota (14): valore ricavato dai kWh riferiti dall'amministrazione per l'anno 2014 nel file KyotoBaseline – E175 che si riferisce in parte ad un consumo di gasolio ed in parte di gas metano.

E' stato quindi possibile effettuare un raffronto con le classi di merito riportate nelle suddette Linee Guida ENEA - FIRE, ottenendo:

- Un valore sufficiente per gli anni 2014 e 2015 per quanto riguarda l'indice IEN<sub>R</sub> e buono per l'anno 2016;
- Un valore sufficiente per tutti e tre gli anni considerati per l'indice IEN<sub>E</sub>.

I dettagli dell'analisi degli indici di performance energetici sono riportati 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, UNI-TS 11300-4:2016, UNI-TS 11300-5:2016 e UNI-TS 11300-6:2016.

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

Nella Tabella 6.1 sono riportati gli indicatori di performance energetica ricavati dalla modellazione dell’edificio (APE).

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 NON RINNOVABILE	ENERGIA PRIMARIA TOTALE
Globale non rinnovabile	$EP_{gl\ nren}$	kWh/mq anno	236,48	246,71
Climatizzazione invernale	$EP_H$	kWh/mq anno	197,59	198,63
Produzione di acqua calda sanitaria	$EP_w$	kWh/mq anno	0,15	0,19
Ventilazione	$EP_v$	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	$EP_c$	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	$EP_L$	kWh/mq anno	38,59	47,90
Trasporto di persone e cose	$EP_T$	kWh/mq anno	-	-
Emissioni equivalenti di CO2	$CO_{2eq}$	Kg/mq anno	60,59	60,59

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

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
	[m <sup>3</sup> /anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	39.528	390.971
Energia Elettrica	-	87.350

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

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

Dove:

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

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

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

FABBISOGNO	Corrispondenza UNI TS 11300 [kWhel]
Energia ausiliaria complessiva assorbita dal sottosistema di generazione per la produzione di ACS	$E_{W, aux, gn}$
Energia ausiliaria complessiva assorbita dal sottosistema di generazione per il riscaldamento	$E_{H, aux, gn}$
Fabbisogno di energia elettrica dell’impianto di ventilazione meccanica e dei terminali di emissione	$E_{ve, el} + E_{aux, e}$
Fabbisogno di energia elettrica per gli ausiliari di distribuzione (Riscaldamento e ACS)	$E_{W, aux, d} + E_{W, aux, d}$
Fabbisogno di energia elettrica per l’illuminazione interna dell’edificio	$E_{l, int}$
Fabbisogno di energia elettrica per gli ausiliari degli impianti di climatizzazione	$Q_{c, aux}$
Fabbisogno di energia elettrica per i sistemi di trasporto (+ eventuali altri carichi interni)	$E_T + E_{altro}^{(15)}$
Perdite al trasformatore	$E_{trasf}^{(15)}$
Energia elettrica esportata dall’impianto a fonti rinnovabili	$E_{exp, el}$

Nota (15) Tale contributo non è definito all’interno delle norme UNITS 11300 pertanto è stato valutato dall’Auditor sulla base del censimento delle utenze e del relativo tempo di utilizzo, rilevati in sede di sopralluogo

### 6.1.1 Validazione del modello termico

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

Si è quindi provveduto alla simulazione dei parametri reali di utilizzo dell’edificio considerando le temperature medie reali di ogni mese, il profilo di utilizzo dell’edificio e le temperature interne rilevate durante il sopralluogo.

I valori effettivi di temperatura rilevati ed utilizzati all’interno della modellazione, e gli altri eventuali parametri che sono stati modificati rispetto alla condizione standard sono riportati nell’Allegato E – Relazione di dettaglio dei calcoli.

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 NON RINNOVABILE	ENERGIA PRIMARIA TOTALE
Globale non rinnovabile	EP <sub>gl</sub>	kWh/mq anno	104,20	113,89
Climatizzazione invernale	EP <sub>H</sub>	kWh/mq anno	65,46	65,82
Produzione di acqua calda sanitaria	EP <sub>w</sub>	kWh/mq anno	0,15	0,18
Ventilazione	EP <sub>v</sub>	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	EP <sub>c</sub>	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	EP <sub>L</sub>	kWh/mq anno	38,59	47,90
Trasporto di persone e cose	EP <sub>T</sub>	kWh/mq anno	-	-
Emissioni equivalenti di CO <sub>2</sub> <sup>(16)</sup>	CO <sub>2eq</sub>	Kg/mq anno	31,97	31,97

Nota (16): i fattori utilizzati per il calcolo della produzione di CO<sub>2</sub> dal software di modellazione energetica sono 0,227 kgCO<sub>2</sub>/kWh per il gas metano e 0,200 kgCO<sub>2</sub>/kWh per l’energia elettrica.

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

Gli indicatori di performance energetica ricavati dai consumi di baseline (Tabelle 5.13 e 5.14) e quelli ricavati dalla modellazione in modalità adattata all’utenza (Tabella 6.4) non sono congruenti in quanto non è possibile eseguire una validazione del modello elettrico mediante il software per la modellazione energetica.

Il metodo utilizzato per la validazione del modello elettrico è riportato al paragrafo 6.1.2 Validazione del modello elettrico.

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	13.121,55	123.605
Energia elettrica		25.020

La validazione del modello energetico termico è stata effettuata confrontando il consumo energetico di baseline (Q<sub>baseline</sub>) così come definito al precedente capitolo 0 ed il fabbisogno teorico (Q<sub>teorico</sub>) derivante dalla modellazione energetica.

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

Q <sub>teorico</sub>	Q <sub>baseline</sub>	Congruità
[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
123.605	124.946	1,1%

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

### 6.1.2 Validazione del modello elettrico

La validazione del modello energetico elettrico è stata effettuata confrontando il consumo energetico di baseline (EE<sub>baseline</sub>) così come definito al precedente capitolo 5.1.2 ed il fabbisogno teorico (EE<sub>teorico</sub>) derivante dalla modellazione energetica.

Il dettaglio dei calcoli effettuati ai fini della definizione del modello elettrico è riportato nell’Allegato B – Elaborati.

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

EE <sub>teorico</sub>	EE <sub>baseline</sub>	Congruità
[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
25.020	25.542	-2,1%

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

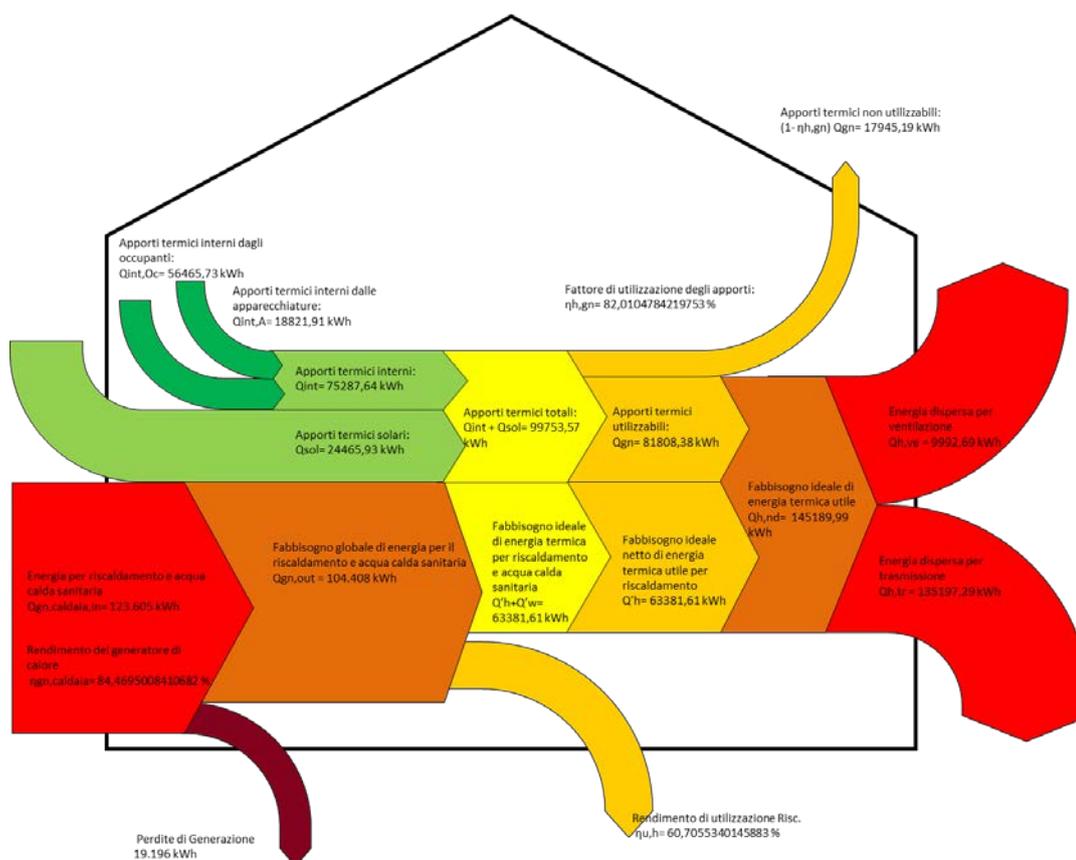
## 6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

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

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

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

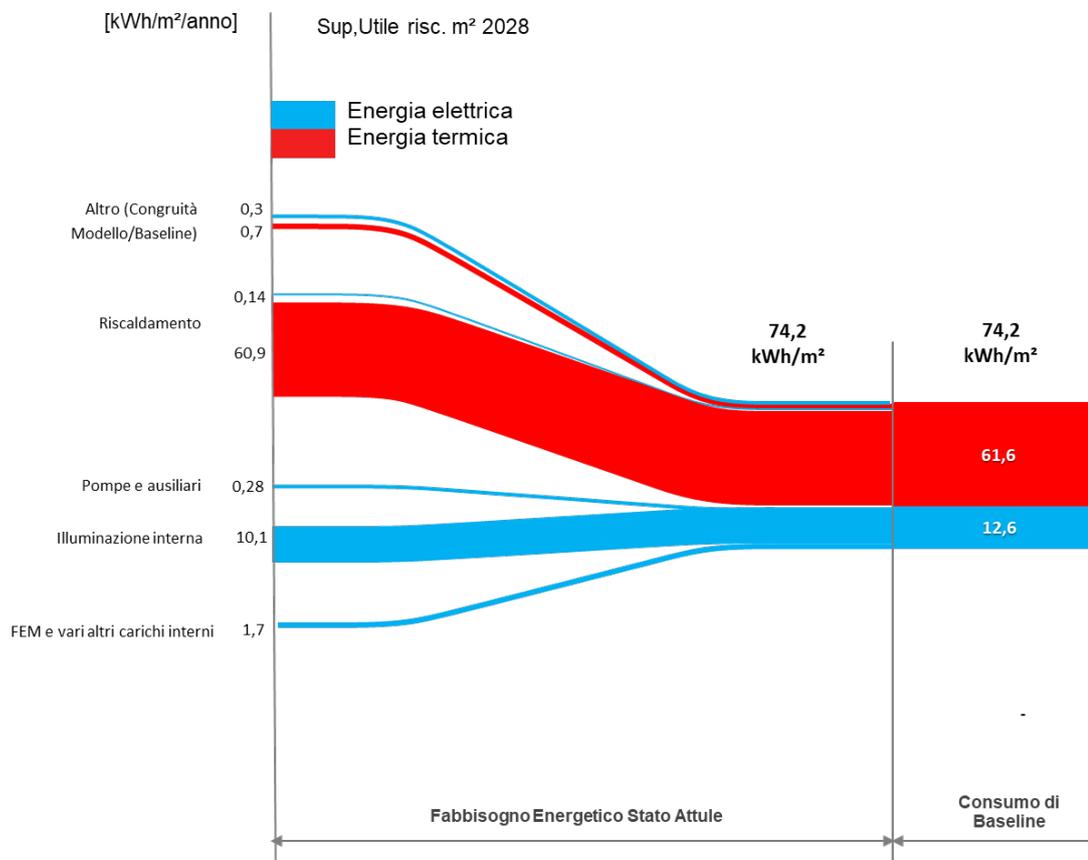
Figura 6.1 – Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell’edificio allo stato attuale



Dall’analisi del diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell’edificio è possibile notare che l’edificio oggetto della DE non presenta né energia recuperata nel sottosistema di generazione né energia termica da fonte rinnovabile. Il fattore di utilizzazione degli apporti gratuiti è l’84% mentre il rendimento di utilizzazione del sistema di riscaldamento è l’82%.

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/(m<sup>2</sup> 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.

Dall'analisi del diagramma di Sankey relativo al bilancio energetico complessivo dell'edificio   possibile notare che il gas naturale   impiegato interamente per il riscaldamento, mentre il servizio di produzione di ACS viene soddisfatto mediante vettore elettrico. Il principale utilizzo dell'energia elettrica risulta essere l'illuminazione interna.

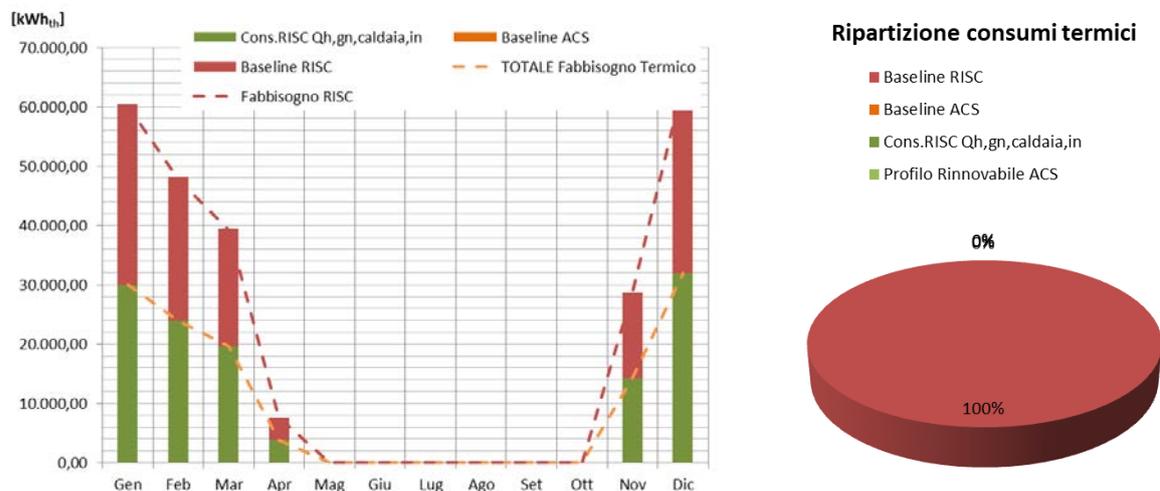
### 6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI

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 è riportato nella figura seguente.

Figura 6.3 – Andamento mensile dei consumi termici ricavati dalla modellazione



Si può notare come la maggior parte dei consumi termici sia da attribuirsi all'utilizzo per la climatizzazione dei locali pertanto gli interventi migliorativi proposti, andranno ad interessare principalmente tale utilizzo.

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.

Il dato di FEM è stato calcolato come prodotto tra la potenza elettrica complessiva delle apparecchiature elettriche e i relativi profili di utilizzo.

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'impianto di illuminazione pertanto gli interventi migliorativi proposti, andranno ad interessare principalmente tali componenti.

## 7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTERVENTO

### 7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI

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

#### 7.1.1 Vettore termico

La fornitura del vettore termico riferito al PDR 16220050672010 avviene tramite un contratto di Servizio Integrato Energia 3 (SIE3) stipulato dalla PA con un soggetto terzo, comprensivo sia la fornitura del vettore energetico che la conduzione e manutenzione degli impianti. Non è stato quindi possibile effettuare un'analisi dei costi di fatturazione del vettore energetico in quanto tali fatture non sono a disposizione tuttavia per la valutazione del risparmio negli interventi migliorativi simulati si è risalito al costo unitario al m<sup>3</sup> di tale contratto.

All'interno del file KyotoBaseline è indentificato un secondo PDR (3270008516288) che non è stato rilevato in struttura per cui i valori registrati (per quanto bassi ed ininfluenti) non vengono considerati al fine della modellizzazione e taratura del fabbricato. Durante il sopralluogo si è chiesto al personale operante all'interno dell'asilo nido privato se avessero un secondo contatore da loro gestito e hanno confermato l'utilizzo dei soli contatori generali dell'edificio.

Per le forniture di gas metano gestite tramite il Contratto di Servizio Energia SIE3, non essendo disponibile la fatturazione, è stato considerato il prezzo desunto da ARERA per l'anno 2017.

Il calcolo della tariffa è stato effettuato considerando come tipologia di classe del contatore il range G10-G40.

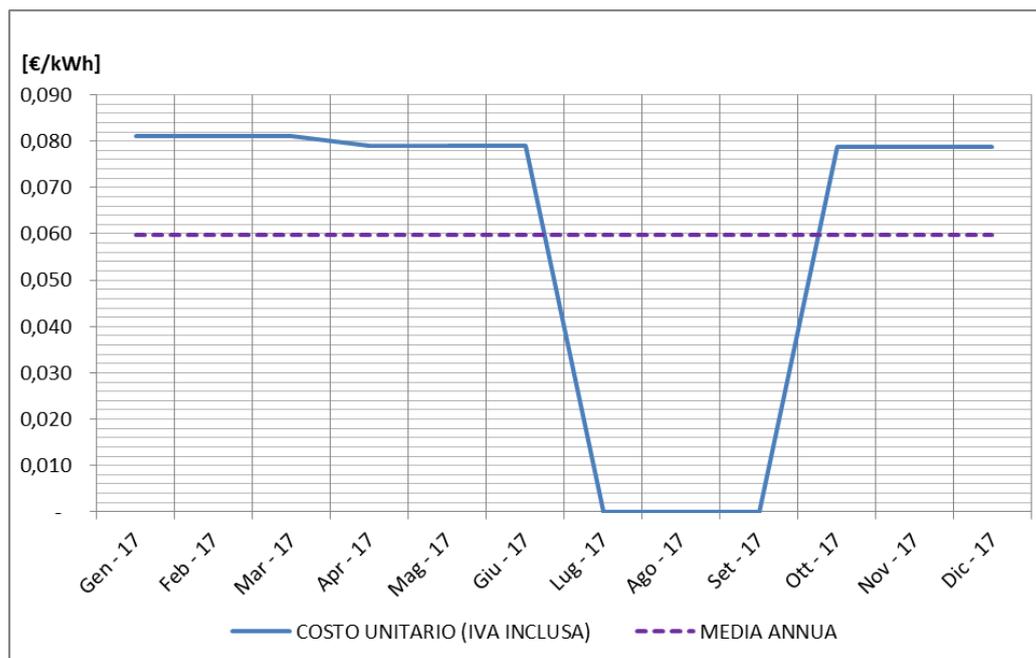
Nella Tabella 7.1 si riporta l'andamento mensile del costo del vettore termico nell'anno 2017.

Tabella 7.1 – Caratteristiche dei contratti di fornitura del vettore elettrico per l'anno 2017

ANNO 2017	[€/kWh]
Gen - 17	0,081
Feb - 17	0,081
Mar - 17	0,081
Apr - 17	0,079
Mag - 17	0,079
Giu - 17	0,079
Lug - 17	-
Ago - 17	-
Set - 17	-
Ott - 17	0,079
Nov - 17	0,079
Dic - 17	0,079
<b>Media, CuQ</b>	<b>0,080</b>

Nel grafico in Figura 7.1 è riportato l'andamento del costo unitario del vettore termico per le mensilità dell'anno 2017 per cui è stato possibile ricavare i costi unitari forniti da ARERA.

Figura 7.1 – Andamento del costo unitario del vettore termico per il 2017



### 7.1.2 Vettore elettrico

La fornitura del vettore elettrico riferito al POD IT001E00097064 avviene tramite un contratto di fornitura del vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. E' stato quindi possibile effettuare un'analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura.

Nella Tabella 7.2 si riportano le principali caratteristiche del contratto di fornitura del vettore termico per gli anni di riferimento.

Tabella 7.2 – Caratteristiche dei contratti di fornitura del vettore elettrico per il triennio di riferimento

POD: IT001E00097064	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura			
Dati di intestazione fattura	COMUNE DI GENOVA, via Francia 1, 16124 Genova	COMUNE DI GENOVA, via Garibaldi 9, 16124 Genova	COMUNE DI GENOVA, via Garibaldi 9, 16124 Genova
Società di fornitura	Edison Energia	Edison Energia + Gala	Gala + Iren
Inizio periodo fornitura	01/10/2013	01/10/2013 - 01/04/2015	01/04/2015 - 01/04/2016
Fine periodo fornitura	31/03/2015	31/03/2015 - 31/03/2016	31/03/2016 – info non disponibile
Potenza elettrica impegnata	24,20 kW	22 – 24,20 kW	24,20 kW
Potenza elettrica disponibile	24,20 kW	24,20 kW	24,20 kW
Tipologia di contratto	BT	BT	BT
Opzione tariffaria <sup>(17)</sup>	-	A6	-
Prezzi del forniture dell'energia elettrica <sup>(18)</sup>	0,08 €/Kwh	0,06 €/Kwh	0,07 €/Kwh

Nota (17) per fatturazioni non mensili la spesa economica mensile andrà calcolata suddividendo percentualmente la spesa aggregata in base ai valori di consumo energetico mensile.

Nota (18): 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.

Dalle informazioni riportate nella tabella si può desumere che il contratto di fornitura è stato cambiato ogni anno e che il prezzo dopo una prima diminuzione è tornato ad aumentare ma mantenendo sempre valori tra loro coerenti.

Nella Tabella 7.3 si riporta l'andamento del costo del vettore elettrico nel triennio di riferimento, suddiviso nelle varie componenti.

Tabella 7.3 – Andamento del costo del vettore elettrico nel triennio di riferimento

POD: IT001E00097064	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 14	226,26	34,10	290,24	36,20	58,68	645	2.896	0,223
Feb - 14	212,89	34,97	275,79	33,80	55,74	613	2.704	0,227
Mar - 14	183,67	30,33	248,83	29,33	49,14	541	2.346	0,231
Apr - 14	160,14	36,02	231,54	25,68	45,34	499	2.054	0,243
Mag - 14	157,88	35,51	232,42	25,81	45,16	497	2.065	0,241
Giu - 14	101,62	23,61	148,26	16,94	29,02	319	1.357	0,235
Lug - 14	88,71	19,08	165,67	14,94	28,84	317	1.195	0,265
Ago - 14	48,86	10,55	123,77	8,24	19,14	211	659	0,320
Set - 14	144,01	30,05	219,39	23,53	41,70	459	1.882	0,244
Ott - 14	174,39	32,84	251,90	28,03	48,72	536	2.242	0,239
Nov - 14	218,30	44,48	307,96	36,78	60,62	668	2.942	0,227
Dic - 14	233,82	47,46	331,50	40,45	65,32	719	3.236	0,222
<b>Totale</b>	<b>1.951</b>	<b>379</b>	<b>2.827</b>	<b>320</b>	<b>547</b>	<b>6.024</b>	<b>25.578</b>	<b>0,236</b>
POD: IT001E00097064	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO
ANNO 2015	[€]	PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
Gen - 15	204,99	37,28	291,61	35,73	59,96	630	2.858	0,220
Feb - 15	194,71	37,35	289,40	35,36	55,68	613	2.829	0,217
Mar - 15	194,93	39,11	299,59	37,03	57,07	628	2.046	0,307
Apr - 15	77,95	-	151,19	16,86	24,60	271	1.258	0,215
Mag - 15	111,15	-	194,74	24,26	33,02	363	2.247	0,162
Giu - 15	83,63	-	182,90	20,08	28,66	315	1.404	0,225
Lug - 15	57,84	-	144,94	13,30	21,61	238	1.047	0,227
Ago - 15	66,22	-	160,92	16,27	24,34	268	776	0,345
Set - 15	86,79	-	183,01	21,50	29,13	320	1.657	0,193
Ott - 15	90,59	-	184,69	23,38	29,87	329	2.650	0,124
Nov - 15	119,35	-	249,46	33,04	40,18	442	3.048	0,145
Dic - 15	249,43	-	339,36	44,44	63,32	697	2.737	0,254
<b>Totale</b>	<b>1.538</b>	<b>114</b>	<b>2.672</b>	<b>321</b>	<b>467</b>	<b>5.112</b>	<b>24.557</b>	<b>0,208</b>

POD: IT001E00097064	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO  (IVA INCLUSA)
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 16	172,40	279,62	35,50	-	48,75	536	2.824	0,190
Feb - 16	171,85	284,93	36,98	-	49,38	543	2.958	0,184
Mar - 16	158,82	287,53	35,36	-	48,17	530	2.829	0,187
Apr - 16	132,10	80,25	182,34	31,25	42,59	469	2.499	0,187
Mag - 16	139,60	79,98	180,29	30,88	43,08	474	2.470	0,192
Giu - 16	81,22	69,99	105,18	17,09	27,35	301	1.367	0,220
Lug - 16	74,68	67,30	83,21	13,08	23,83	262	1.046	0,251
Ago - 16	64,76	66,98	80,90	12,65	22,53	248	948	0,261
Set - 16	108,67	71,08	113,47	18,64	31,19	343	1.555	0,221
Ott - 16	201,18	81,25	182,02	31,09	49,55	545	2.487	0,219
Nov - 16	254,73	84,88	208,12	35,86	58,36	642	2.869	0,224
Dic - 16	220,26	80,95	192,41	32,99	52,66	579	2.639	0,220
<b>Totale</b>	<b>1.780</b>	<b>1.535</b>	<b>1.436</b>	<b>224</b>	<b>497</b>	<b>5.472</b>	<b>26.491</b>	<b>0,207</b>

Nel grafico in Figura 7.2 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 7.2 – Andamento del costo unitario del vettore elettrico per il triennio di riferimento e per il 2017

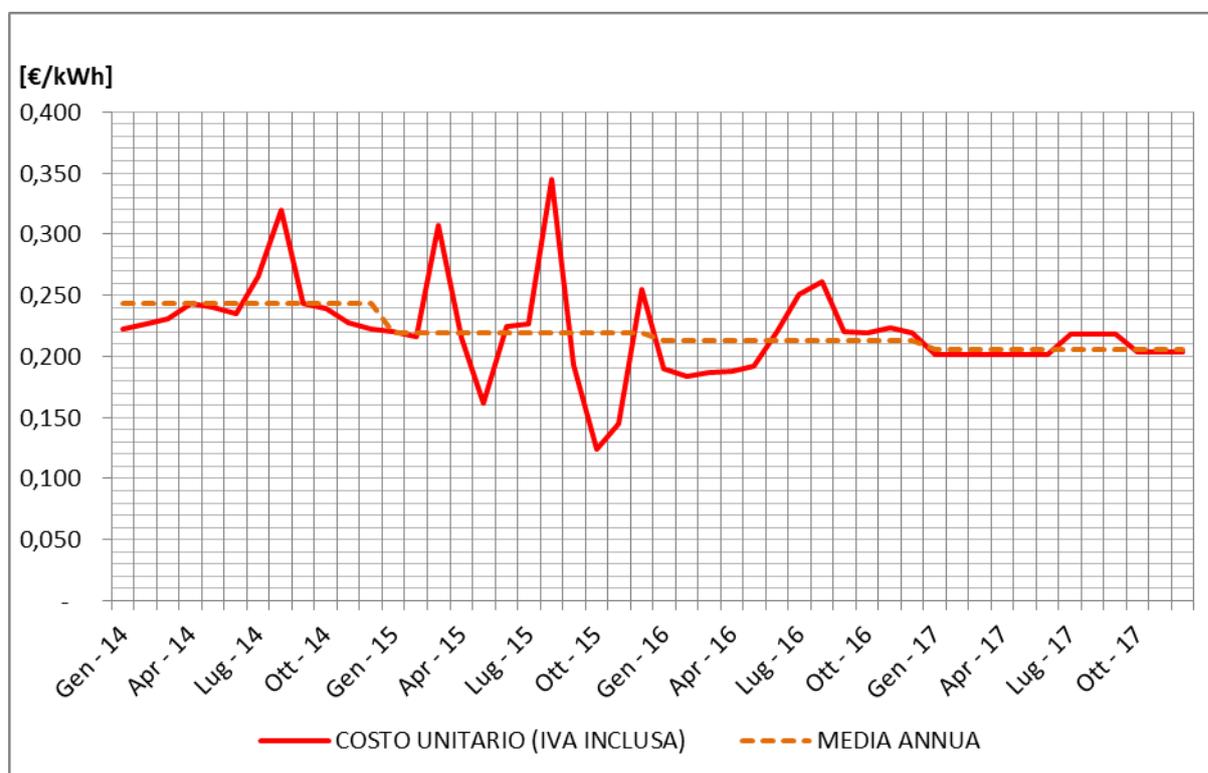
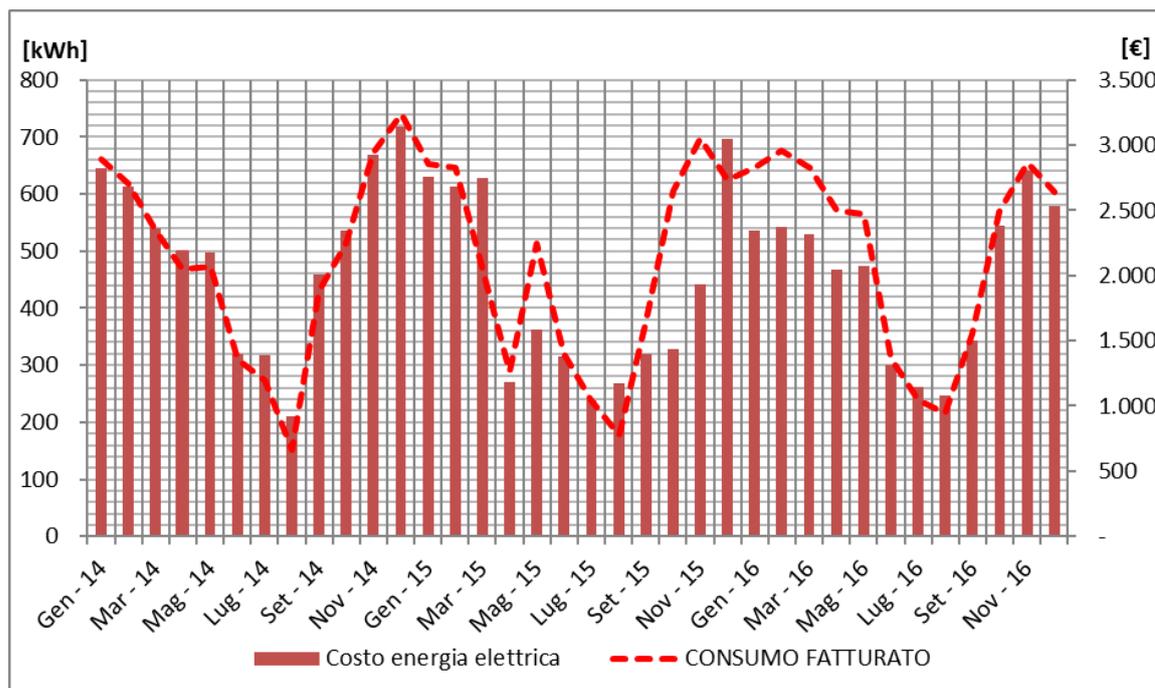


Figura 7.3 – Andamento dei consumi e dei costi dell’energia elettrica



Dall’analisi effettuata risulta evidente che l’andamento dei costi segue l’andamento dei consumi di energia elettrica.

## 7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL’ANALISI

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

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

Tabella 7.4 - Sintesi dei consumi nel triennio di riferimento

ANNO	VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			TOTALE
	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[€]
2014	153.350 <sup>19</sup>	-	-	25.578	6.024	€ 0,236	-
2015	170.396	-	-	24.557	5.112	€ 0,208	-
2016	68.578	-	-	26.491	5.472	€ 0,207	-
Media	130.775	-	-	25.542	5.218	€ 0,206	-

Nota (19): valore che si riferisce in parte ad un consumo di gasolio ed in parte di gas metano.

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

Ai fini del calcolo della Baseline dei costi si sono pertanto assunti i valori di riportati nella Tabella 7.5.

Tabella 7.5 – Valori di costo individuati per il calcolo della Baseline

Definizione		Valore	U.M.
Costo unitario dell’energia termica	Valore AEEGSI	Cu <sub>Q</sub>	0,080 [€/kWh]
Costo unitario dell’energia elettrica	Valore AEEGSI	Cu <sub>EE</sub>	0,206 [€/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 all'impianto:

- L1-042-142: servizio SIE3.

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

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

Tali servizi prevedono il pagamento di un canone annuale da parte della PA pari a 20.595 €.

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

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

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

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

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

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

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo per la gestione e manutenzione ordinaria	Corrispettivo annuale relativo al contratto O&M in essere	$CM_o$ 8.350	[€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Corrispettivo annuale relativo al contratto O&M in essere	$CM_s$ 2.220	[€/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:

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

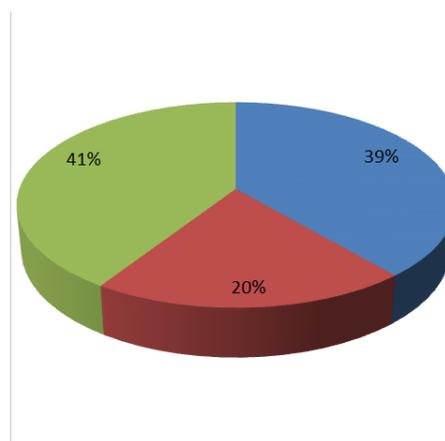
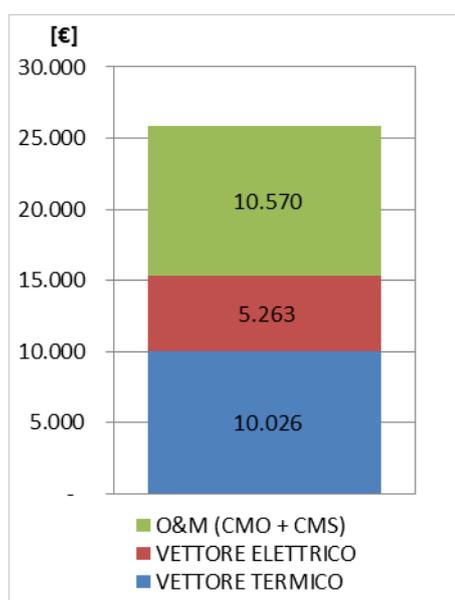
Ne risulta quindi un  $C_E$  pari a 12.531 euro e un  $C_{baseline}$  pari a 25.858 euro.

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

VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			O&M ( $C_{MO} + C_{MS}$ )			TOTALE
$Q_{baseline}$	$Cu_Q$	$C_Q$	$EE_{baseline}$	$Cu_{EE}$	$C_{EE}$	$C_M$	$C_{MO}$	$C_{MS}$	$CQ+CEE+CM$
[kWh]	[€/kWh]	[€]	[kWh]	[€/kWh]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
124.946	0,080	10.026	25.542	0,206	5.263	10.570	8.350	2.220	25.858

Figura 7.4 – Confronto tra i costi medi e di baseline

Figura 7.5 – Ripartizione costi di baseline



## 8 IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA

### 8.1 DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI

#### 8.1.1 Involucro edilizio

##### EEM1: isolamento copertura

###### Generalità

La misura prevede la posa di uno strato di materiale isolante all’estradosso della copertura al fine di raggiungere un valore di trasmittanza totale per la struttura orizzontale opaca conforme da quanto incentivabile attraverso il conto termico vigente.

Il sistema comporta l’applicazione al di sopra della struttura esistente, di un nuovo strato isolante, di un nuovo manto impermeabile ed infine e di una eventuale protezione del manto stesso conforme all’uso che tale copertura dovrà avere.

Figura 8.1 - Particolare della copertura – ripresa satellitare

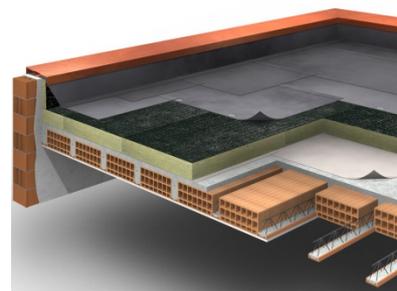


###### Caratteristiche funzionali e tecniche

Questo tipo di soluzione prevede che l’elemento di tenuta sia posto al di sopra dell’elemento termoisolante realizzando così una copertura continua. È molto importante in questo caso la scelta della membrana impermeabile in quanto, essendo essa a contatto con gli agenti atmosferici, deve resistere con successo alle sollecitazioni termiche e meccaniche (vento). Perché l’elemento termoisolante mantenga nel tempo le proprie caratteristiche di resistenza alla trasmissione del calore, è molto importante che esso, salvo casi particolari, venga protetto da uno schermo o barriera al vapore posto al di sotto di esso in modo da evitare che l’umidità proveniente dagli ambienti sottostanti ne pregiudichi nel tempo le caratteristiche

Lana di roccia ad alta resistenza meccanica, conduttività termica  $\lambda$  **0,037 W/mK**,  $150 \text{ kg/m}^3$

Spessore isolante: 16 cm



###### Descrizione dei lavori

L’intervento è così articolato:

- verifica della planarità della superficie destinata a ricevere la barriera al vapore ed eliminazione di eventuali asperità;
- posa della barriera al vapore;
- posa a secco dei pannelli isolanti in un unico strato sfalsati, avendo cura di accostarli perfettamente fra loro per non creare ponti termici in corrispondenza dei giunti: si utilizzano, per questo, pannelli con bordi perimetrali a battente;
- stesura dello strato di separazione costituito da un tessuto non tessuto in poliestere
- posa del manto impermeabile.

### Prestazioni raggiungibili

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

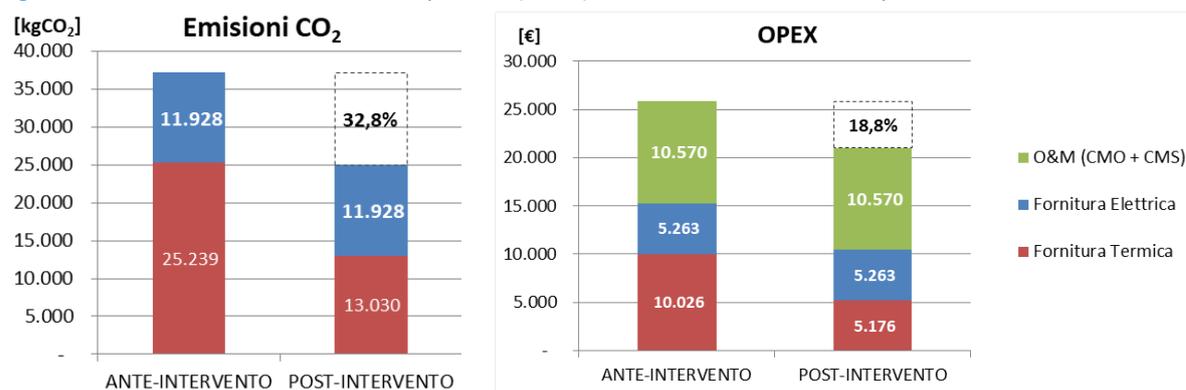
Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM1: isolamento copertura

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM1 [Parametro caratteristico dell'intervento]	[W/m <sup>2</sup> K]	2,205	0,214	<b>64,9%</b>
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	123.605	63.813	<b>48,4%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	25.020	25.020	<b>0,0%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	124.946	64.505	<b>48,4%</b>
EE <sub>Baseline</sub>	[kWh]	25.542	25.542	<b>0,0%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	25.239	13.030	<b>48,4%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	11.928	11.928	<b>0,0%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>37.167</b>	<b>24.958</b>	<b>32,8%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	10.026	5.176	<b>48,4%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	5.263	5.263	<b>0,0%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>15.289</b>	<b>10.439</b>	<b>31,7%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	8.350	8.350	<b>0,0%</b>
C <sub>MS</sub>	[€]	2.220	2.220	<b>0,0%</b>
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>10.570</b>	<b>10.570</b>	<b>0,0%</b>
OPEX	[€]	<b>25.858</b>	<b>21.008</b>	<b>18,8%</b>
Classe energetica	[-]	E	D	+1 classi

I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO<sub>2</sub> sono: 0,202 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore termico e 0,476 [kgCO<sub>2</sub>/kWh]

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,080 [€/kWh] per il vettore termico e 0,206 [€/kWh]

Figura 8.2 - EEM1: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO<sub>2</sub> a partire dalla baseline



### **EEM4: isolamento a cappotto**

#### **Generalità**

La misura prevede la posa di uno strato di materiale isolante con sistema a al fine di raggiungere un valore di trasmittanza totale per la struttura conforme da quanto incentivabile attraverso il conto termico vigente.

Figura 8.3 - Particolare parete esterna

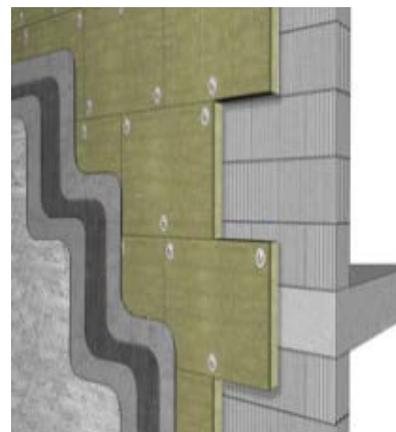


#### **Caratteristiche funzionali e tecniche**

L'isolamento a cappotto consiste nell'applicazione di uno strato di materiale coibente sulle pareti perimetrali verticali all'esterno dell'edificio, in modo da ridurre considerevolmente la dispersione di calore attraverso l'involucro. L'isolamento a cappotto presenta gli ulteriori vantaggi di annullare l'effetto di dissipazione dei ponti termici e di aumentare il comfort interno dell'edificio, grazie ad un innalzamento delle temperature superficiali delle facciate interne.

**Polistirene espanso in lastre** sinterizzato, conduttività termica lambda **0,039 W/mK**, 10-13 kg/m<sup>3</sup>

**Spessore isolante: 14 cm**



#### **Descrizione dei lavori**

Per eseguire una posa del cappotto a regola d'arte è necessario, in primo luogo, fissare al muro, tramite tasselli ad espansione, le basi di partenza. Per la posa del cappotto termico è necessario inoltre selezionare un collante per cappotto idoneo per isolamento termico a cappotto: il collante per cappotto termico si applica con il sistema a cordolo e tre punti centrali, oppure su supporti complanari, con il sistema del collaggio totale con spatola in acciaio inox dentata. Il collante deve ricoprire almeno il 40% della superficie totale del pannello isolante.

Per eseguire correttamente il cappotto termico, durante la posa del cappotto i pannelli isolanti per cappotto devono essere posati a “mattoncino”, sfalsati di almeno 25 cm partendo dal basso verso l'alto. Eventuali giunti aperti tra le lastre, durante la posa del cappotto termico, dovranno essere colmati con adeguata schiuma espansa.

I tasselli per l'ancoraggio meccanico, dove necessari, devono essere applicati a due o tre giorni di distanza dalla posa dei pannelli. Durante la posa del cappotto termico i tasselli vanno invece applicati immediatamente in caso di pannelli in EPS con aggiunta di grafite o pannelli in fibra di legno. La tipologia di tassello per la corretta posa del cappotto termico va scelta in base al tipo di supporto su cui si andrà a posare il cappotto termico.

Dopo un periodo di tre, dieci giorni, si applica una prima rasatura di adesivo rasante.

La posa del cappotto termico prevede poi di applicare il primer, una volta che il rasante si è asciugato.

Il rivestimento della facciata deve essere di 1,2 o 1,5 millimetri e deve essere applicato con temperature e umidità idonee, di colore chiaro, usando prodotti vernicianti con indice di riflessione superiore al 25%.

La posa del cappotto termico si conclude infine con l'applicazione di accessori dedicati quali il nastro autoespandente, il profilo per davanzale, giunti di dilatazione.

### **Prestazioni raggiungibili**

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

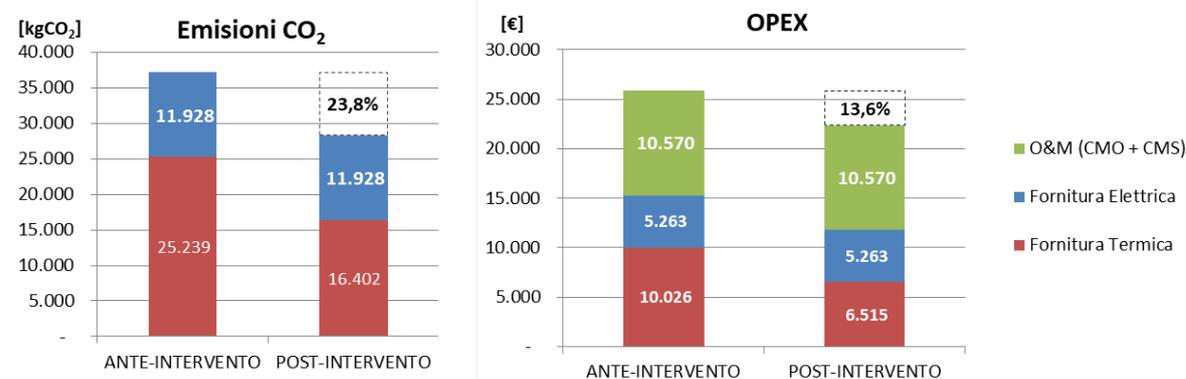
Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM4: isolamento a cappotto

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM4 [Parametro caratteristico dell'intervento]	[W/m <sup>2</sup> K]	1,38	0,24	<b>64,9%</b>
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	123.605	80.327	<b>35,0%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	25.020	25.020	<b>0,0%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	124.946	81.198	<b>35,0%</b>
EE <sub>Baseline</sub>	[kWh]	25.542	25.542	<b>0,0%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	25.239	16.402	<b>35,0%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	11.928	11.928	<b>0,0%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>37.167</b>	<b>28.330</b>	<b>23,8%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	10.026	6.515	<b>35,0%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	5.263	5.263	<b>0,0%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>15.289</b>	<b>11.778</b>	<b>23,0%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	8.350	8.350	<b>0,0%</b>
C <sub>MS</sub>	[€]	2.220	2.220	<b>0,0%</b>
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>10.570</b>	<b>10.570</b>	<b>0,0%</b>
OPEX	[€]	<b>25.858</b>	<b>22.348</b>	<b>13,6%</b>
Classe energetica	[-]	E	D	+1 classi

I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO<sub>2</sub> sono: 0,202 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore termico e 0,476 [kgCO<sub>2</sub>/kWh]

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,080 [€/kWh] per il vettore termico e 0,206 [€/kWh]

Figura 8.4 – EEM4: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO<sub>2</sub> a partire dalla baseline



**EEM7: sostituzione dei serramenti a vetro singolo ed installazione valvole termostatiche****Generalità**

L'intervento prevede la sostituzione dei serramenti ancora in legno a vetro singolo e l'installazione delle valvole termostatiche sui corpi radianti.

Figura 8.5 - Particolare serramenti da sostituire.

**Caratteristiche funzionali e tecniche**

L'intervento permette la diminuzione delle dispersioni attraverso i serramenti e gli spifferi esistenti e un netto miglioramento del confort interno e della sicurezza.

Infissi in pvc con sistema a giunto aperto, permeabilità all'aria secondo norma EN 12207, tenuta alla pioggia battente secondo norma EN 12208, resistenza al vento secondo la norma EN 12210.

Vetrocamera costituito da due lastre antieffrazione e anticaduta; una lastra è rifinita con uno speciale trattamento basso-emissivo che garantisce un elevato isolamento termico. L'intercapedine tra i vetri è riempita con argon.

L'installazione di termovalvole sui corpi scaldanti permette la gestione della temperatura per ogni ambiente, così facendo, si otterrà un considerevole risparmio energetico dovuto alla riduzione degli specchi.

**Serramenti in legno/PVC/alluminio con trasmittanza complessiva pari a 1,5 W/m<sup>2</sup>K****Descrizione dei lavori**

Inserire nell'opera muraria un'apposita controcassa, su misura da progetto. Successivamente effettuare l'installazione del serramento completo di ferramenta, guarnizioni e vetro per garantire il corretto isolamento termico e acustico.

Il piano di separazione tra clima ambiente e clima esterno sarà realizzato in modo da garantire la protezione del giunto dal clima ambiente. Il rispetto di questo requisito viene assicurato dall'esecuzione in forma di barriera al vapore (nastri di tenuta, sigillanti, membrane impermeabili).

Grazie alla sigillatura esterna, il piano di protezione dagli agenti atmosferici nella zona di raccordo correrà sulla superficie esterna della costruzione.

I fissaggi dovranno trasmettere all'edificio, con la necessaria sicurezza, tutte le forze che agiscono a livello della finestra, tenendo conto dei movimenti che intervengono nella zona di raccordo. Nella fase di progettazione valutare le condizioni della struttura esistente, il rilevamento delle forze agenti nella zona di raccordo e dei movimenti che interessano tale zona. A seguito di tale analisi verranno scelti i punti e gli elementi di fissaggio.

L'installazione del profilo tramite viti autofilettanti in acciaio, garantirà il diretto fissaggio tra i componenti edilizi, aumentato ulteriormente dall'inserimento di schiuma poliuretanica negli spazi rimanenti, materiale che permette il continuo assestamento del serramento.

Per quanto riguarda le termovalvole ogni terminale di emissione verrà smontato, pulito e rimontato con le nuove valvole installate. Alla fine dei lavori tutto l'impianto verrà caricato e si procederà ad un test di funzionamento.

### **Prestazioni raggiungibili**

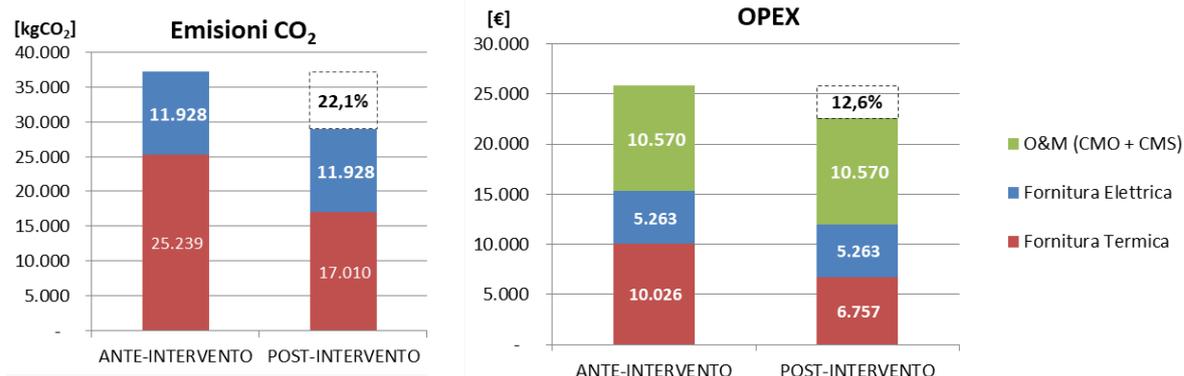
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM7 sono riportati nella tabella che segue.

Tabella 8.3 – Risultati analisi EEM7: sostituzione dei serramenti a vetro singolo ed installazione valvole termostatiche

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM7 [Parametro caratteristico dell'intervento]	[W/m <sup>2</sup> K]	4,4	1,67	<b>64,9%</b>
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	123.605	83.306	<b>32,6%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	25.020	25.020	<b>0,0%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	124.946	84.209	<b>32,6%</b>
EE <sub>baseline</sub>	[kWh]	25.542	25.542	<b>0,0%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	25.239	17.010	<b>32,6%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	11.928	11.928	<b>0,0%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>37.167</b>	<b>28.938</b>	<b>22,1%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	10.026	6.757	<b>32,6%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	5.263	5.263	<b>0,0%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>15.289</b>	<b>12.020</b>	<b>21,4%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	8.350	8.350	<b>0,0%</b>
C <sub>MS</sub>	[€]	2.220	2.220	<b>0,0%</b>
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>10.570</b>	<b>10.570</b>	<b>0,0%</b>
OPEX	[€]	<b>25.858</b>	<b>22.589</b>	<b>12,6%</b>
Classe energetica	[-]	E	D	+1 classi

I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO<sub>2</sub> sono: 0,202 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore termico e 0,476 [kgCO<sub>2</sub>/kWh]

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,080 [€/kWh] per il vettore termico e 0,206 [€/kWh]

Figura 8.6 – EEM4: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO<sub>2</sub> a partire dalla baseline

### 8.1.2 Impianto riscaldamento

#### **EEM2: sostituzione generatore con caldaia a condensazione ed installazione termovalvole**

##### **Generalità**

Il miglioramento delle prestazioni energetiche del sottosistema di generazione e regolazione dell'impianto termico si può ottenere intervenendo con la sostituzione del generatore di calore di tipo tradizionale con un nuovo generatore a condensazione omologato quattro stelle e contestuale installazione di circolatori ad inverter in classe "A", di un sistema di regolazione primario efficiente e di termovalvole su ciascun corpo scaldante.

La caldaia a condensazione- omologata quattro stelle- garantirà temperature di mandata compatibili con la temperatura esterna di progetto riferita al comune di Genova e con il sistema di distribuzione ed emissione esistenti.

Per migliorare la distribuzione del calore si prevede la sostituzione dei vecchi circolatori esistenti con nuove elettropompe ad inverter a portata variabile.

La regolazione della temperatura nel sistema di distribuzione secondaria avverrà grazie a valvole miscelatrici comandate da servomotori modulanti gestite dalla centralina climatica della caldaia.

Su ciascun corpo scaldante verranno sostituite le valvole ed i detentori per permettere l'installazione di testine di termoregolazione a bassa inerzia.

##### **Caratteristiche funzionali e tecniche**

La caldaia a condensazione da installarsi sarà del tipo a grande accumulo per limitare il numero di accensioni ed il pendolamento dell'impianto termico. Vista la vetustà dell'impianto termico si provvederà all'installazione di uno scambiatore di calore a pacco alettato smontabile. Si creerà quindi un circuito primario con circolatore ad inverter gestito con un segnale 0-10 dalla centralina di comando installata a bordo della caldaia. Tale pompa garantirà la circolazione dell'acqua primaria tra la caldaia e lo scambiatore mantenendo costante la differenza di temperatura tra mandata e ritorno al variare del carico termico.

La temperatura e gli orari di funzionamento dei circuiti di distribuzione secondari verranno gestite da una centralina climatica che, in funzione della temperatura esterna agirà sui servomotori delle valvole miscelatrici regolando le temperature dei vari circuiti in funzione delle temperature di mandata rilevate.

L'utilizzo degli inverter per la modulare la velocità di rotazione sulle pompe di circolazione consentirà di modificare l'effettiva portata dei circuiti in funzione dei carichi termici e delle prestazioni attese. Tale soluzione consentirà primariamente di ridurre i consumi energetici dei motori di pertinenza in presenza di carichi parziali. L'installazione di un inverter su ogni circolatore permetterà all'impianto di adattarsi alla curva di carico termico richiesta. La logica con cui si opererà sarà quella di parzializzare i dispositivi in funzione dell'effettivo carico termico, inserendo valvole e sonde per la gestione automatica: tale soluzione risulta di estremo vantaggio specialmente nel corso delle stagioni intermedie.

Così facendo, si otterrà un considerevole risparmio energetico dovuto alla minore potenza assorbita dalle apparecchiature installate.

### Descrizione dei lavori

I lavori consisteranno nello smantellamento del generatore di calore, delle pompe, delle valvole miscelatrici e della relativa componentistica elettrica. Successivamente verrà installato il nuovo generatore di calore con lo scambiatore e realizzato il circuito primario. Allo scambiatore verranno successivamente collegati i circuiti secondari dotati dei nuovi circolatori e delle nuove valvole miscelatrici. A completamento verranno installati i dispositivi di controllo (termometri, manometri), regolazione (servomotori, sonde) e sicurezza (vasi di espansione, ecc.).

Terminata l'installazione idraulica si provvederà al cablaggio elettrico delle varie apparecchiature e delle centraline di regolazione. La fase terminale comporterà la regolazione, il controllo di funzionamento e l'ottimizzazione del sistema.



Figura 8.7 – Sostituzione generatore con PdC e valvole termostatiche



### Prestazioni raggiungibili

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

Tabella 8.4 – Risultati analisi EEM2: sostituzione generatore con caldaia a condensazione ed installazione termovalvole

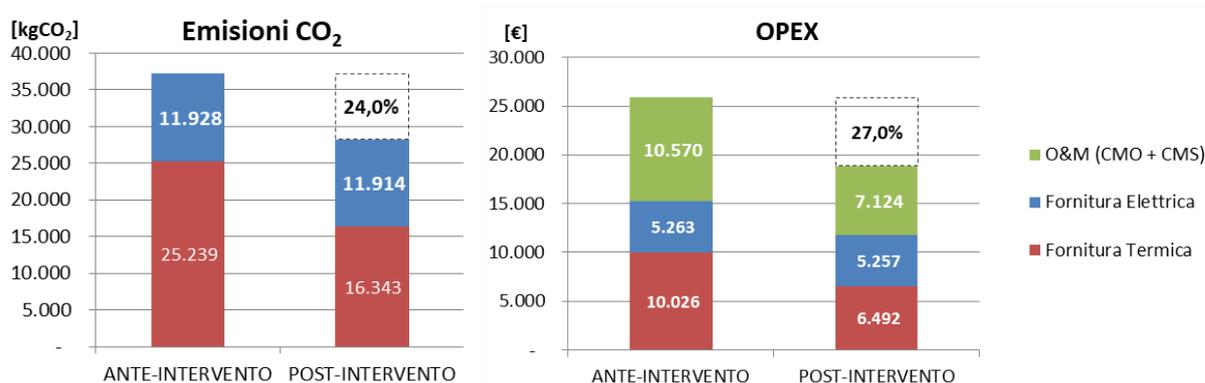
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM2 [Rendimento]	[%]	92,50%	103,00%	<b>-11,4%</b>
$Q_{teorico}$	[kWh]	123.605	80.039	<b>35,2%</b>
$EE_{teorico}$	[kWh]	25.020	24.991	<b>0,1%</b>
$Q_{baseline}$	[kWh]	124.946	80.907	<b>35,2%</b>
$EE_{baseline}$	[kWh]	25.542	25.512	<b>0,1%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	25.239	16.343	<b>35,2%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	11.928	11.914	<b>0,1%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>37.167</b>	<b>28.257</b>	<b>24,0%</b>
Fornitura Termica, $C_Q$	[€]	10.026	6.492	<b>35,2%</b>
Fornitura Elettrica, $C_{EE}$	[€]	5.263	5.257	<b>0,1%</b>
<b>Fornitura Energia, <math>C_E</math></b>	<b>[€]</b>	<b>15.289</b>	<b>11.749</b>	<b>23,2%</b>
$C_{MO}$	[€]	8.350	6.680	<b>20,0%</b>
$C_{MS}$	[€]	2.220	444	<b>80,0%</b>
O&M ( $C_{MO} + C_{MS}$ )	[€]	<b>10.570</b>	<b>7.124</b>	<b>32,6%</b>
OPEX	[€]	<b>25.858</b>	<b>18.873</b>	<b>27,0%</b>
Classe energetica	[-]	E	D	+1 classi

I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO<sub>2</sub> sono: 0,202 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore termico e 0,476 [kgCO<sub>2</sub>/kWh]

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,080 [€/kWh] per il vettore termico e 0,206 [€/kWh]

Nota (20) La riduzione del 32,6% del costo di manutenzione è dovuto alla minore spesa per le riparazioni e i controlli.

Figura 8.8 – EEM2: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO<sub>2</sub> a partire dalla baseline



### **EEM5: sostituzione generatore con pompa di calore elettrica ed installazione termovalvole**

#### **Generalità**

Il miglioramento delle prestazioni energetiche del sottosistema di generazione e regolazione dell'impianto termico si può ottenere intervenendo con la sostituzione del generatore di calore di tipo tradizionale con una pompa di calore ad alta efficienza e contestuale installazione di circolatori ad inverter in classe "A", di un sistema di regolazione primario efficiente e di termovalvole su ciascun corpo scaldante.

La pompa di calore, ad alta efficienza, dovrà garantire temperature di mandata compatibili con la temperatura esterna di progetto riferita al comune di Genova e con il sistema di distribuzione ed emissione esistenti.

Per migliorare la distribuzione del calore si prevede la sostituzione dei vecchi circolatori esistenti con nuove elettropompe ad inverter a portata variabile.

La regolazione della temperatura nel sistema di distribuzione secondaria avverrà grazie a valvole miscelatrici comandate da servomotori modulanti gestite da propria centralina climatica.

Su ciascun corpo scaldante verranno sostituite le valvole ed i detentori per permettere l'installazione di testine di termoregolazione a bassa inerzia.

#### **Caratteristiche funzionali e tecniche**

La pompa di calore dovrà essere dotata di un circolatore ad inverter gestito con un segnale 0-10 dalla centralina di comando installata a bordo della pompa di calore. Tale pompa garantirà la circolazione dell'acqua primaria tra la pompa di calore ed il serbatoio di accumulo mantenendo costante la differenza di temperatura tra mandata e ritorno al variare del carico termico.

La temperatura e gli orari di funzionamento dei circuiti di distribuzione secondari verranno gestite da una centralina climatica che, in funzione della temperatura esterna agirà sui servomotori delle valvole miscelatrici regolando le temperature dei vari circuiti in funzione delle temperature di mandata rilevate.

L'utilizzo degli inverter per la modulare la velocità di rotazione sulle pompe di circolazione consentirà di modificare l'effettiva portata dei circuiti in funzione dei carichi termici e delle prestazioni attese. Tale soluzione consentirà primariamente di ridurre i consumi energetici dei motori di pertinenza in presenza di carichi parziali. L'installazione di un inverter su ogni circolatore permetterà all'impianto di adattarsi alla curva di carico termico richiesta. La logica con cui si opererà sarà quella di parzializzare i dispositivi in funzione dell'effettivo carico termico, inserendo valvole e sonde per la gestione automatica: tale soluzione risulta di estremo vantaggio specialmente nel corso delle stagioni intermedie.

Così facendo, si otterrà un considerevole risparmio energetico dovuto alla minore potenza assorbita dalle apparecchiature installate.

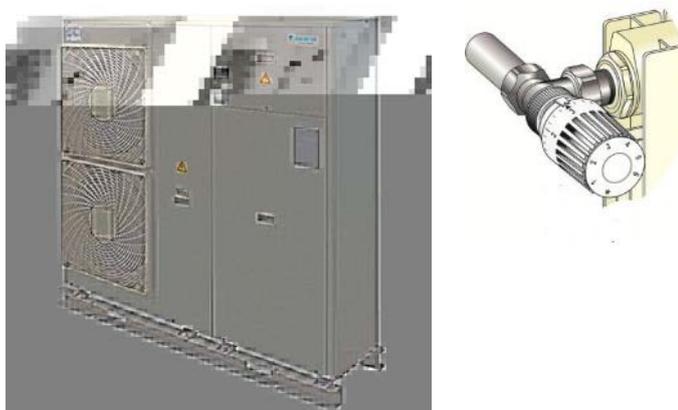
### Descrizione dei lavori

I lavori consisteranno nello smantellamento del generatore di calore, delle pompe, delle valvole miscelatrici e della relativa componentistica elettrica. Successivamente verrà installata la pompa di calore con serbatoio di accumulo e circuito primario. Al serbatoio verranno successivamente collegati i circuiti secondari dotati dei nuovi circolatori e delle nuove valvole miscelatrici. A completamento verranno installati i dispositivi di controllo (termometri, manometri), regolazione (servomotori, sonde) e sicurezza (vasi di espansione, ecc.).

Terminata l'installazione idraulica si provvederà al cablaggio elettrico delle varie apparecchiature e delle centraline di regolazione. La fase terminale comporterà la regolazione, il controllo di funzionamento e l'ottimizzazione del sistema.



Figura 8.9 – Sostituzione generatore con PdC e valvole termostatiche



### Prestazioni raggiungibili

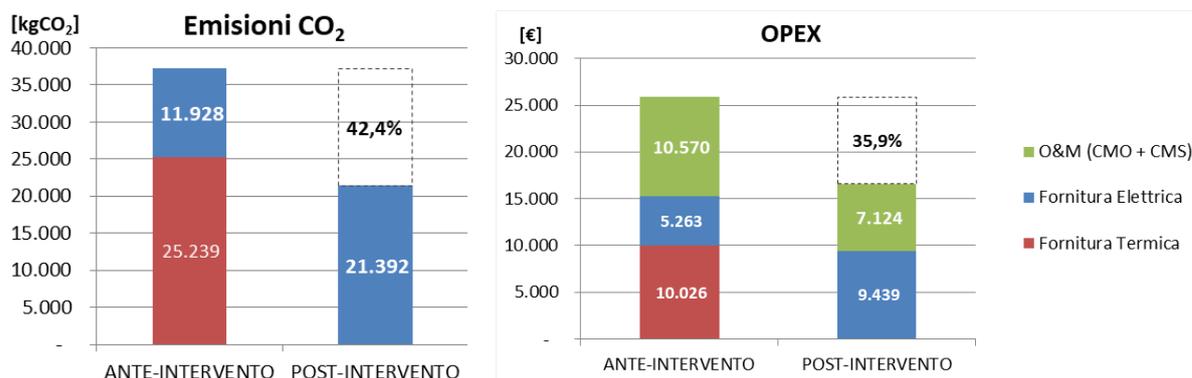
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM5 sono riportati nella tabella che segue.

Tabella 8.5 – Risultati analisi EEM5: sostituzione generatore con pompa di calore elettrica ed installazione termovalvole

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM5 [Rendimento]	[%]	92,50%	420,00%	<b>-354,1%</b>
$Q_{teorico}$	[kWh]	123.605	0	<b>100,0%</b>
$EE_{teorico}$	[kWh]	25.020	44.872	<b>-79,3%</b>
$Q_{baseline}$	[kWh]	124.946	-	<b>100,0%</b>
$EE_{baseline}$	[kWh]	25.542	45.808	<b>-79,3%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	25.239	-	<b>100,0%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	11.928	21.392	<b>-79,3%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>37.167</b>	<b>21.392</b>	<b>42,4%</b>
Fornitura Termica, $C_Q$	[€]	10.026	-	<b>100,0%</b>
Fornitura Elettrica, $C_{EE}$	[€]	5.263	9.439	<b>-79,3%</b>
<b>Fornitura Energia, <math>C_E</math></b>	<b>[€]</b>	<b>15.289</b>	<b>9.439</b>	<b>38,3%</b>
$C_{MO}$	[€]	8.350	6.680	<b>20,0%</b>
$C_{MS}$	[€]	2.220	444	<b>80,0%</b>
O&M ( $C_{MO} + C_{MS}$ )	[€]	<b>10.570</b>	<b>7.124</b>	<b>32,6%</b>
OPEX	[€]	<b>25.858</b>	<b>16.563</b>	<b>35,9%</b>
Classe energetica	[-]	E	C	+2 classi

I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO<sub>2</sub> sono: 0,202 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore termico e 0,476 [kgCO<sub>2</sub>/kWh]

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,080 [€/kWh] per il vettore termico e 0,206 [€/kWh]

Figura 8.10 – EEM2: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO<sub>2</sub> a partire dalla baseline

### 8.1.3 Impianto produzione acqua calda sanitaria

Nessun intervento simulato in quanto il consumo dell'acqua calda sanitaria risulta poco significativo e non si ritiene conveniente applicare misure di efficientamento energetico in termini di costi-benefici.

### 8.1.4 Impianto di ventilazione e climatizzazione estiva

Nessun intervento simulato perché l'impianto di ventilazione e climatizzazione estiva non è presente.

### 8.1.5 Impianto di illuminazione ed impianto elettrico

#### EEM3: relamping

##### Generalità

Il miglioramento delle prestazioni energetiche dell'impianto di illuminazione si può ottenere sostituendo le attuali lampade fluorescenti con nuovi apparecchi a led.

L'intervento comporta la sostituzione di tutti gli apparecchi che montano lampade fluorescenti ed incandescenti dell'edificio.

Figura 8.11 - Particolare impianto illuminazione su cui intervenire.



##### Caratteristiche funzionali e tecniche

Per evidenziare la convenienza che si ha nell'uso della tecnologia a led si possono citare i seguenti aspetti:

- Risparmio energetico: il consumo dei led è provato nettamente inferiore alle tecnologie tradizionali.
- Durata del ciclo di vita: la durata media di una lampada a LED viene stimata da laboratori specializzati intorno alle 60.000 ore (ovvero 13 anni con un funzionamento di 12 ore/giorno); tale ciclo di vita stimato è tuttavia conservativo; di fatto si stima che può facilmente

raggiungere oltre le 80000 – 100000 ore (ovvero fino a 23 anni con un uso di 12 ore al giorno). Per fare un confronto con le lampade al sodio ad alta pressione queste hanno una durata di 4000 – 5000 ore (tradotto dagli 11 ai 14 mesi sempre con un uso di 12 ore/giorno) e dopo 3000 ore subiscono una riduzione del 40% del flusso luminoso.

- Qualità della luce: i LED emettono luce bianca che consente di far risaltare in modo ottimale i colori.
- Efficienza luminosa: l'efficienza luminosa di una sorgente di luce è il rapporto tra il flusso luminoso e la potenza in ingresso ed è espressa in lumen/watt. La tecnologia a **LED** proposta ha una efficienza luminosa che va da **90 lm/W** per il modello standard a **111 lm/W**. In confronto le altre tecnologie hanno le seguenti efficienze:
  - 13 lm/W delle lampade ad incandescenza
  - 16 lm/W per le alogene
  - 50 lm/W per le fluorescenti (cosiddette a risparmio energetico)
  - 111 lm/W per i Led.
- Manutenzione: i costi per la manutenzione degli apparati di illuminazione a LED vengono stimati nell'ordine di un decimo rispetto agli impianti di uso comune.
- Salubrità e rischio inquinamento: I LED non contengono gas nocivi alla salute; in tema poi di inquinamento luminoso il led brilla, ma non satura l'ambiente e nulle sono le emissioni di raggi ultravioletti che possono essere dannose per l'uomo in caso di lunghe esposizioni

### Descrizione dei lavori

I lavori avverranno sostituendo completamente gli apparecchi esistenti con nuovi apparecchi a led. Si procederà locale per locale durante le ore di non utilizzo dell'edificio scolastico previo scollegamento dei punti luce dalla corrente. Per accedere all'apparecchio si utilizzerà un trabattello.

### Prestazioni raggiungibili

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

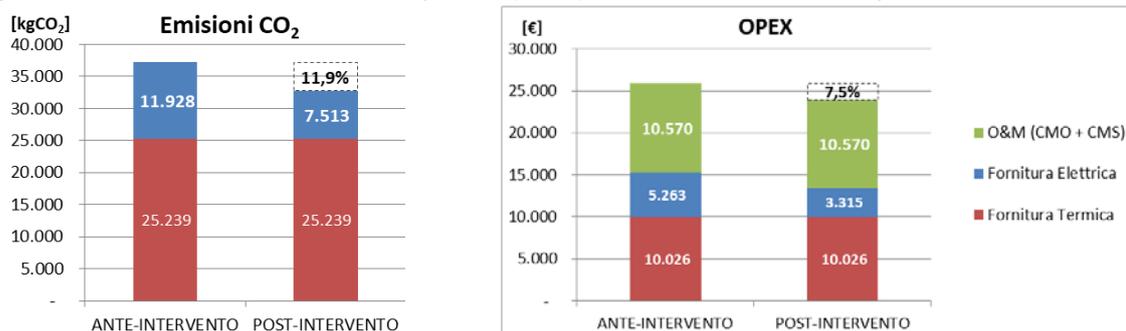
Tabella 8.6 – Risultati analisi EEM3: relamping

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM3 [Efficienza luminosa]	lm/W]	86	110	-27,9%
$Q_{teorico}$	[kWh]	123.605	123.605	0,0%
$EE_{teorico}$	[kWh]	25.020	15.760	37,0%
$Q_{baseline}$	[kWh]	124.946	124.946	0,0%
$EE_{baseline}$	[kWh]	25.542	16.089	37,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	25.239	25.239	0,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	11.928	7.513	37,0%
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>37.167</b>	<b>32.752</b>	<b>11,9%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	10.026	10.026	0,0%
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	5.263	3.315	37,0%
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>15.289</b>	<b>13.341</b>	<b>12,7%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	8.350	8.350	0,0%
C <sub>MS</sub>	[€]	2.220	2.220	0,0%
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>10.570</b>	<b>10.570</b>	<b>0,0%</b>
OPEX	[€]	<b>25.858</b>	<b>23.910</b>	<b>7,5%</b>
Classe energetica	[-]	E	E	nessun salto di classe

I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO<sub>2</sub> sono: 0,202 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore termico e 0,476 [kgCO<sub>2</sub>/kWh]

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,080 [€/kWh] per il vettore termico e 0,206 [€/kWh]

Figura 8.12 – EEM3: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO<sub>2</sub> a partire dalla baseline



### 8.1.6 Impianto di generazione da fonti rinnovabili

#### **EEM6: installazione impianto fotovoltaico da 5,48 kWp**

##### Generalità



Realizzazione di un impianto di produzione di energia elettrica tramite conversione fotovoltaica, avente una potenza di picco pari a **5,48 kWp**.

Produzione di circa **7.260 kWh** annui distribuiti su una superficie di 110 m<sup>2</sup> circa.

### **Caratteristiche funzionali e tecniche**

#### **PVGIS estimates of solar electricity generation**

Location: 44°24'50" North, 8°54'21" East, Elevation: 82 m a.s.l.,

Solar radiation database used: PVGIS-CMSAF

Nominal power of the PV system: 5.5 kW (crystalline silicon)

Estimated losses due to temperature and low irradiance: 9.5% (using local ambient temperature)

Estimated loss due to angular reflectance effects: 2.7%

Other losses (cables, inverter etc.): 14.0%

Combined PV system losses: 24.3%

<b>Fixed system: inclination=36 deg., orientation=0 deg. (Optimum at given orientation)</b>				
<b>Month</b>	<b>Ed</b>	<b>Em</b>	<b>Hd</b>	<b>Hm</b>
Jan	10.80	336	2.47	76.4
Feb	16.50	462	3.77	106
Mar	21.00	650	4.91	152
Apr	23.00	690	5.51	165
May	25.30	784	6.15	191
Jun	26.60	798	6.58	197
Jul	27.70	860	6.96	216
Aug	26.00	805	6.53	202
Sep	23.00	691	5.68	170
Oct	16.50	512	3.96	123
Nov	12.00	359	2.78	83.4
Dec	10.10	314	2.31	71.7
Year	19.90	605	4.81	146
Total for year		7260		1750

Ed: Average daily electricity production from the given system (kWh)

Em: Average monthly electricity production from the given system (kWh)

Hd: Average daily sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m<sup>2</sup>)

Hm: Average sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m<sup>2</sup>)

### Descrizione dei lavori

L'installazione di tutte le componenti dell'impianto avverrà sulla copertura e nel locale tecnico sul tetto. Da lì si intercederà l'impianto elettrico dell'edificio ed il contatore di rete.

### Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM6 sono riportati nella Tabella 8.7.

Figura 8.13 – Specifiche impianto fotovoltaico simulato

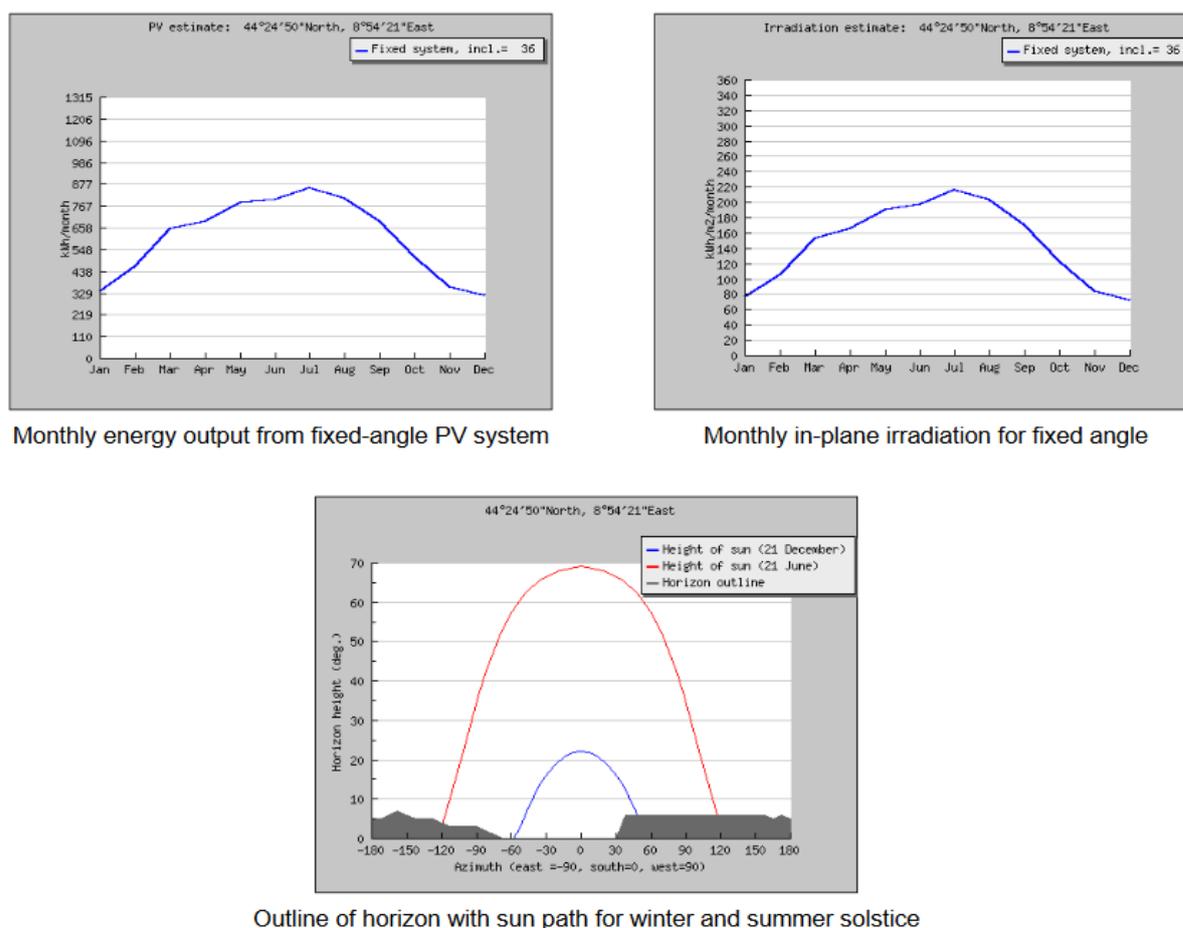


Tabella 8.7 – Risultati analisi EEM6: Impianto di generazione da fonti rinnovabili

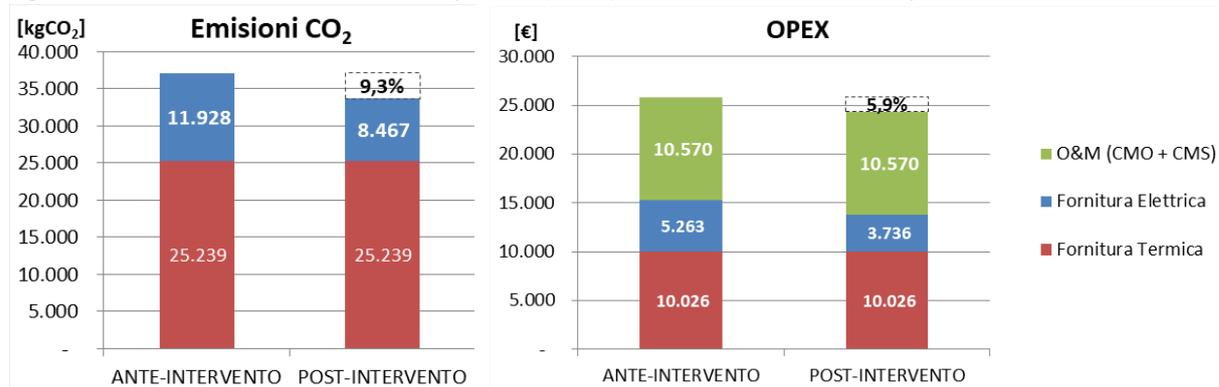
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM6 [kWp installato]	kWp	0	5,5	<b>-100,0%</b>
$Q_{teorico}$	[kWh]	123.605	123.605	<b>0,0%</b>
$EE_{teorico}$	[kWh]	25.020	17.760	<b>29,0%</b>
$Q_{baseline}$	[kWh]	124.946	124.946	<b>0,0%</b>
$EE_{baseline}$	[kWh]	25.542	18.131	<b>29,0%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	25.239	25.239	<b>0,0%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	11.928	8.467	<b>29,0%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>37.167</b>	<b>33.706</b>	<b>9,3%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	10.026	10.026	<b>0,0%</b>

Fornitura Elettrica, $C_{EE}$	[€]	5.263	3.736	<b>29,0%</b>
<b>Fornitura Energia, <math>C_E</math></b>	<b>[€]</b>	<b>15.289</b>	<b>13.761</b>	<b>10,0%</b>
$C_{MO}$	[€]	8.350	8.350	<b>0,0%</b>
$C_{MS}$	[€]	2.220	2.220	<b>0,0%</b>
O&M ( $C_{MO} + C_{MS}$ )	[€]	<b>10.570</b>	<b>10.570</b>	<b>0,0%</b>
OPEX	[€]	<b>25.858</b>	<b>24.331</b>	<b>5,9%</b>
Classe energetica	[-]	E	E	stessa classe

I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO<sub>2</sub> sono: 0,202 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore termico e 0,476 [kgCO<sub>2</sub>/kWh]

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,080 [€/kWh] per il vettore termico e 0,206 [€/kWh]

Figura 8.14 – EEM6: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO<sub>2</sub> a partire dalla baseline



## 9 VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA

### 9.1 ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

#### **EEM1: isolamento copertura**

Nella Tabella 9.2 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 1, che consiste nella posa di uno strato di isolante sulla copertura piana dell'edificio.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati come riportato nella tabella che segue.

Tabella 9.1 – Stima dell'incentivo da Conto Termico

STIMA INCENTIVO CONTO TERMICO	
Percentuale spesa ammissibile	40%
Costo massimo ammissibile	200 €/m <sup>2</sup>
Valore massimo incentivo	400.000 €

Tabella 9.2 – Analisi dei costi della EEM1

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO [€/n° o €/m <sub>2</sub> ]	PREZZO UNITARIO SCONTATO [€/n° o €/m <sub>2</sub> ]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA [%]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
Posa isolamento termo-acustico superfici orizzontali (coperture e simili)	Prezziario Regione Liguria - voce: 25.A44.A50.019	606	mq	6,26	5,69	3.448,69	22%	4.207,40
Membrana elastoplastomerica munita di adesivo incorporata	Prezziario Regione Liguria - voce: PR.A18.A25.039	606	mq	5,67	5,15	3.123,65	22%	3.810,86
Pannelli rigidi in lana di roccia della densità di 150 kg/mc e lambda pari a 0,037 W/mK	Prezziario Regione Liguria - voce: PR.A17.Y04.010	606x16	mq cm	2,00	1,82	17.629,09	22%	21.507,49
Costi per la sicurezza	-	3%	%			726,04	22%	885,77
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			1.694,10	22%	2.066,80
<b>TOTALE (I<sub>0</sub> – EEM1)</b>						<b>26.621,58</b>	<b>22%</b>	<b>32.478,33</b>
<b>Incentivi</b>	<b>Conto termico</b>							<b>12.991,00</b>
<b>Durata incentivi</b>	<b>5 anni</b>							<b>5,00</b>
<b>Incentivo annuo</b>								<b>2.598,20</b>

#### **EEM2: sostituzione generatore con caldaia a condensazione ed installazione termovalvole**

Nella Tabella 9.4 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 2, che consiste nella sostituzione del generatore di calore standard risalente al 1994 con una poma di calore elettrica ed installazione delle valvole termostatiche.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati come riportato nella tabella che segue.

Tabella 9.3 – Stima dell’incentivo da Conto Termico

STIMA INCENTIVO CONTO TERMICO	
Percentuale spesa ammissibile	40%
Costo massimo ammissibile	130 €/kW
Valore massimo incentivo	40.000 €

Tabella 9.4 – Analisi dei costi della EEM2

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U. M.	PREZZO UNITARIO [€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	PREZZO UNITARIO SCONTATO [€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA [%]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
Caldaia a condensazione a basamento	Prezziario Regione Liguria PR.C76.B10.01 5	1	cad	10.151,00	9.228,18	9.228,18	22%	11.258,38
Sistema fumario prefabbricato a sezione circolare, con giunti maschio-femmina con profilo conico a elementi modulari a doppia parete acciaio inox (parete interna AISI316L e parete esterna AISI304), coibentazione 25mm in lana di roccia pressata, senza guarnizioni di tenuta Coppa di scarico condensa Ø 300 mm	Prezziario Regione Liguria PR.C84.C05. 520	1	cad	253,00	230,00	230,00	22%	280,60
Accessori per caldaie a condensazione: Tubi Ø 80mm della lunghezza 1 m	Prezziario Regione Liguria PR.C76.A30. 020	3	cad	21,13	19,21	57,63	22%	70,31
Accessori per caldaie a condensazione: Kit scarichi separati per tubi Ø 80mm	Prezziario Regione Liguria PR.C76.A30. 015	2	cad	28,46	25,87	51,75	22%	63,13
Sola posa in opera di accessori per impianti di termoregolazione compresi collegamenti elettrici: sonde in genere	Prezziario Regione Liguria 40.F10.H10. 030	1	cad	120,60	109,64	109,64	22%	133,76
Sola posa in opera di accessori per impianti di termoregolazione compresi collegamenti elettrici: interruttore orologio da inserire in quadro elettrico	Prezziario Regione Liguria 40.F10.H10. 040	1	cad	29,71	27,01	27,01	22%	32,95
Interruttore orario digitale modulare per la programmazione settimanale a due canali	Prezziario Regione Liguria PR.C74.C10. 010	1	cad	146,74	133,40	133,40	22%	162,75
Opere edili Operaio Qualificato	Prezziario Regione Liguria RU.M01.A01 .030	20	h	34,41	31,28	625,64	22%	763,28
Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezziario Regione Liguria RU.M01.E01.	40	h	31,88	28,98	1.159,27	22%	1.414,31

020								
Trasporto a discarica o a centro di riciclaggio di materiali di risulta provenienti da scavi e/o demolizioni, misurato su autocarro in partenza, esclusi gli eventuali oneri di discarica o smaltimento, eseguito con piccolo mezzo di trasporto con capacità di carico fino a 3 t. per ogni chilometro del tratto oltre i primi 5 km e fino al decimo km.	Prezziario Regione Liguria 20.A15.B10.015	100	m <sup>3</sup> k m	4,72	4,29	429,09	22%	523,49
Valvole micrometriche a squadra complete di testa termostatica con elemento sensibile a gas: Ø 15 mm	Prezziario Regione Liguria PR.C17.A15.010	92	cad	35,42	32,20	2.962,40	22%	3.614,13
Circolatori per impianti di riscaldamento e condizionamento a velocità variabile, regolate elettronicamente, classe di protezione IP44, classe energetica A, 230V, del tipo: versione gemellare con attacchi flangiati, Ø 40, PN6-10, prevalenza da 1 a 8 m, portata da 1 a 12 m <sup>3</sup> /h	Prezziario Regione Liguria PR.C47.H10.115	1	cad	1.916,48	1.742,25	1.742,25	22%	2.125,55
Sola posa in opera di pompe e/o circolatori singoli o gemellari per fluidi caldi o freddi, compreso bulloni, guarnizioni e il collegamento alla linea elettrica, escluse le flange. Per attacchi del diametro nominale di: fino a 40 mm	Prezziario Regione Liguria 40.E10.A10.010	1	cad	43,05	39,14	39,14	22%	47,75
Interruttore automatico magnetotermico con potere di interruzione 4,5KA bipolare fino a 32 A - 230 V	Prezziario Regione Liguria PR.E40.B05.210	1	cad	22,69	20,63	20,63	22%	25,17
Costi per la sicurezza	-	3%	%			504,48	22%	615,47
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			1.177,12	22%	1.436,09
<b>TOTALE (I<sub>0</sub>-EEM2)</b>						<b>18.497,62</b>	<b>22%</b>	<b>22.567,10</b>
<b>Incentivi</b>	<b>Conto termico</b>							<b>9.027</b>
<b>Durata incentivi</b>	<b>5 anni</b>							<b>5</b>
<b>Incentivo annuo</b>								<b>1.805</b>

### EEM3: relamping

Nella Tabella 9.6 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 3, che consiste nella sostituzione degli apparecchi illuminanti esistenti con nuovi apparecchi a led.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati come riportato nella tabella che segue.

Tabella 9.5 – Stima dell’incentivo da Conto Termico

STIMA INCENTIVO CONTO TERMICO	
Percentuale spesa ammissibile	40%
Costo massimo ammissibile	35 €/m <sup>2</sup>
Valore massimo incentivo	70.000 €

Tabella 9.6 – Analisi dei costi della EEM3

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m <sub>2</sub> ]	[€/n° o €/m <sub>2</sub> ]	[€]	[%]	[€]
Rimozione e smaltimento di corpo illuminante	Prezziario Comune di Milano - voce: 1E.02.070.0020	212	cad.	5,73	5,21	1.214,76	22%	1.482,01
Plafoniera a tenuta stagna per installazione diretta a parete o a soffitto - monolampada led 4000K 1600 lm potenza 13 W - lunghezza 690 mm	Prezziario Comune di Milano - voce: 1E.06.060.0140.a	40	cad.	96,24	87,49	3.849,60	22%	4.696,51
Plafoniera a tenuta stagna per installazione diretta a parete o a soffitto - monolampada led 4000K 2800 lm potenza 29 W - lunghezza 1600 mm	Prezziario Comune di Milano - voce: 1E.06.060.0140.c	16	cad.	139,5	126,82	2.232,00	22%	2.723,04
Plafoniera tonda per interni ed esterni - 1300 lm potenza 16 W - Ø 300 mm	Prezziario Comune di Milano - voce: 1E.06.060.0130.a	2	cad.	108,04	98,22	216,08	22%	263,62
Plafoniera a tenuta stagna per installazione diretta a parete o a soffitto - bilampada led 4000K 7500 lm potenza 56 W - lunghezza 1600 mm	Prezziario Comune di Milano - voce: 1E.06.060.0140.f	28	cad.	183,7	167,00	5.143,60	22%	6.275,19
Lampade a led corpo ceramico, temperatura di colore 2700° K - potenza 6 W	Prezziario Comune di Milano - voce: 1E.06.060.0180.b	18	cad.	14,85	13,50	267,3	22%	326,11
Plafoniera per installazione a soffitto o a sospensione - lampada led 4000K 3700lm potenza 31 W - modulo da 300x1200 mm	Prezziario Comune di Milano - voce: 1E.06.060.0120.a	83	cad.	260,87	237,15	21.652,21	22%	26.415,70
Plafoniera ad incasso per controsoffittature	Prezziario Comune di Milano - voce: 1E.06.060.0095.b	25	cad.	197,53	179,57	4.938,25	22%	6.024,67

- lampada led 4000K 3700lm potenza 31 W - modulo da 600x600 mm						
Costi per la progettazione	-	7%	%	2.765,97	22%	3.374,48
Costi per la sicurezza	-	3%	%	1.185,41	22%	1.446,21
<b>TOTALE (I<sub>0</sub>- EEM3)</b>				<b>43.465,18</b>	<b>22%</b>	<b>53.027,53</b>
<b>Incentivi</b>	<b>Conto termico</b>					<b>8.382</b>
<b>Durata incentivi</b>	<b>5 anni</b>					<b>5</b>
<b>Incentivo annuo</b>						<b>1.676,40</b>

#### EEM4: isolamento a cappotto

Nella Tabella 9.8 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 4, che consiste nell'isolamento a cappotto della parete verticale della palestra.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati come riportato nella tabella che segue.

Tabella 9.7 – Stima dell'incentivo da Conto Termico

STIMA INCENTIVO CONTO TERMICO	
Percentuale spesa ammissibile	40%
Costo massimo ammissibile	100 €/m <sup>2</sup>
Valore massimo incentivo	400.000 €

Tabella 9.8 – Analisi dei costi della EEM4

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)	
				[€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	[€]	[%]	[€]	
Posa di isolamento termico-acustico superfici verticali (intercapedini e simili)	Prezziario Regione Liguria - voce: 25.A44.A30.010	1110,72	mq	13,98	12,71	14.116,24	22%	17.221,81
Pannelli rigidi in lana in polistirene espanso sinterizzato della densità di 10-13 kg/mc	Prezziario Regione Liguria - voce: PR.A17.Y04.010	1110,72x16	mq cm	0,33	0,30	5.331,46	22%	6.504,38
Intonaco esterno in malta cementizia	Prezziario Regione Liguria - voce: 1.16.1. A10	1110,72	mq	21,79	19,81	22.002,35	22%	26.842,87
Strato aggrappante a base di cemento portland, sabbie classificate e additivi specifici	Prezziario Regione Liguria - voce: 20.A54.A10.010	1110,72	mq	5,32	4,84	5.371,85	22%	6.553,65
Strato di fondo a base di calce idrata, cemento portland, sabbie classificate e additivi specifici	Prezziario Regione Liguria - voce: 20.A54.A10.020	1110,72	mq	19,79	17,99	19.982,86	22%	24.379,09

Strato di finitura a base di calce idrata, cemento portland, sabbie classificate e additivi specifici	Prezziario Regione Liguria - voce: 20.A54.A10.030	1110,72	mq	7,91	7,19	7.987,09	22%	9.744,25
Strollato tirato a fratazzo su pareti verticali o soffitti	Prezziario Regione Liguria - voce: 20.A54.A10.040	1110,72	mq	13,48	12,25	13.611,37	22%	16.605,87
Tinteggiatura superfici murarie esterne con idropittura acrilica (prime due mani)	Prezziario Regione Liguria - voce: 0.A90.A20.010	1110,72	mq	5,98	5,44	6.038,28	22%	7.366,70
Ponteggio: nolo, montaggio e smontaggio per il primo mese	Prezziario Regione Liguria - voce: 95.B10.S10.010	1110,72	mq	14,03	12,75	14.166,73	22%	17.283,41
Noleggio per ponteggio per ogni mese successivo al primo	Prezziario Regione Liguria - voce: 95.B10.S10.015	1110,72	mq/mese	1,30	1,18	1.312,67	22%	1.601,46
Costi per la sicurezza	-	3%	%			3.297,63	22%	4.023,10
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			7.694,46	22%	9.387,24
<b>TOTALE (I<sub>0</sub>–EEM4)</b>						<b>120.912,98</b>	<b>22%</b>	<b>147.513,83</b>
<b>Incentivi</b>	<b>Conto termico</b>							<b>44429</b>
<b>Durata incentivi</b>	<b>5 anni</b>							<b>5</b>
<b>Incentivo annuo</b>								<b>8.885,80</b>

### **EEM5: sostituzione generatore con pompa di calore elettrica ed installazione termovalvole**

Nella Tabella 9.10 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 5, che consiste nella sostituzione del generatore di calore standard risalente al 1996 con una pompa di calore elettrica ed installazione delle valvole termostatiche.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati come riportato nella tabella che segue.

Tabella 9.9 – Stima dell'incentivo da Conto Termico

STIMA INCENTIVO CONTO TERMICO			
Incentivo complessivo		57.685	€
Incentivo massimo 65%		34.011	€
Anni incentivo		5	€
Incentivo annuo		11.537	€
Coefficiente di valorizzazione	Ci	0,045	€/kWht
Energia termica prodotta	Ei	256379,1469	kWht
Calore prodotto	Qu	336000	kWht
Potenza termica nominale PDC	Pn	240	kW
Coefficiente di utilizzo	Quf	1400	-
Coefficiente di prestazione PDC	COP	4,22	-

Tabella 9.10 – Analisi dei costi della EEM5

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m <sub>2</sub> ]	[€/n° o €/m <sub>2</sub> ]	[€]	[%]	[€]
Pompa di calore con ventilatori elicoidali - inclusa manodopera	Prezziario Comune di Milano - voce: 1M.02.050.0020.h	1	cad	41.846,05	38.041,86	38.041,86	22%	46.411,07
Kit idronico	Prezziario Comune di Milano - voce: 1M.02.050.0030.b	1	cad	1.420,71	1.291,55	1.291,55	22%	1.575,70
Valvole micrometriche a squadra complete di testa termostatica con elemento sensibile a gas: Ø 15 mm	Prezziario Regione Liguria PR.C17.A15.010	92	cad	35,42	32,20	2.962,40	22%	3.614,13
Circolatori per impianti di riscaldamento e condizionamento a velocità variabile, regolate elettronicamente, classe di protezione IP44, classe energetica A, 230V, del tipo: versione gemellare con attacchi flangiati, Ø 50, PN6-10, prevalenza da 1 a 11 m, portata da 1 a 26 m <sup>3</sup> /h	Prezziario Regione Liguria PR.C47.H10.135	1	cad	2.999,95	2.727,23	2.727,23	22%	3.327,22
Sola posa in opera di pompe e/o circolatori singoli o gemellari per fluidi caldi o freddi, compreso bulloni, guarnizioni e il collegamento alla linea elettrica, escluse le flange. Per attacchi del diametro nominale di: maggiore di 40 mm fino a 65 mm	Prezziario Regione Liguria 40.E10.A10.020	1	cad	50,06	45,51	45,51	22%	55,52
Interruttore automatico magnetotermico con potere di interruzione 4,5KA bipolare fino a 32 A - 230 V	Prezziario Regione Liguria PR.E40.B05.210	1	cad	22,69	20,63	20,63	22%	25,17
Costi per la sicurezza	-	3%	%			1.352,68	22%	1.650,26
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			3.156,24	22%	3.850,62
<b>TOTALE (I<sub>0</sub> – EEM1)</b>						<b>49.598,10</b>	<b>22%</b>	<b>60.509,68</b>
<b>Incentivi</b>	<b>Conto termico</b>							<b>39.332</b>
<b>Durata incentivi</b>	<b>5 anni</b>							<b>5</b>
<b>Incentivo annuo</b>								<b>7.866</b>

**EEM6: installazione impianto fotovoltaico da 5,48 kWp**

Nella Tabella 9.11 è riportata l'analisi dei costi relativi alla EEM 6, che consiste nell'installazione sul tetto piano della scuola di un impianto fotovoltaico da 5,5 kWp.

Tabella 9.11 – Analisi dei costi della EEM6

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO [€/n° o €/m <sub>2</sub> ]	PREZZO UNITARIO SCONTATO [€/n° o €/m <sub>2</sub> ]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA [%]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
Fornitura e posa di impianto fotovoltaico costituito da: 1. Modulo fotovoltaico a struttura rigida in silicio monocristallino/policristallino (compreso: sostegno e struttura per qualsiasi tipo di tetto in materiale anticorrosivo inossidabile; cablaggi, condutture, connettori e scatole IP 65, diodi di bypass, involucro in classe II con struttura sandwich e telaio anodizzato).	Prezziario Comune di Milano - voce: 1E.17.010.0010	-	-	-	-	-	-	-
2. Inverter bidirezionale, filtri e controllore di isolamento.								
3. Quadro di parallelo inverter.								
4. Oneri relativi a tutte le pratiche documentali e fiscali necessarie.								
5. Dichiarazioni di conformità, garanzie, manuale.								
Sono comprese nel prezzo le assistenze murarie								
<b>Con potenza complessiva per singolo impianto:</b>								
da 1 fino a 6 kWp	1E.17.010.0010.a	5,48	kWp	3.105,42	2.823,11	15.470,64	22%	18.874,18
da 7 a 20 kWp	1E.17.010.0010.b		kWp	2.713,48	2.466,80	0,00	22%	0,00
da 21 a 50 kWp	1E.17.010.0010.c		kWp	2.236,65	2.033,32	0,00	22%	0,00
oltre 50 kWp	1E.17.010.0010.d		kWp	1.988,55	1.807,77	0,00	22%	0,00
Costi per la progettazione	-	7%	%			1.082,94	22%	1.321,19
Costi per la sicurezza	-	3%	%			464,12	22%	566,23
<b>TOTALE (I<sub>0</sub> – EEM3)</b>						<b>17.017,70</b>	<b>22%</b>	<b>20.761,60</b>

**EEM7: sostituzione dei serramenti a vetro singolo ed installazione valvole termostatiche**

Nella Tabella 9.13 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 7, che consiste nella sostituzione dei serramenti originali con nuovi serramenti a vetro doppio con trasmittanza nel rispetto dei limiti per ottenere l'incentivo da conto termico ed installazione delle valvole termostatiche.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati come riportato nella tabella che segue.

Tabella 9.12 – Stima dell'incentivo da Conto Termico

STIMA INCENTIVO CONTO TERMICO	
Percentuale spesa ammissibile	40%
Costo massimo ammissibile	450 €/m <sup>2</sup>
Valore massimo incentivo	100.000 €

Tabella 9.13 – Analisi dei costi della EEM7

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO [€/n° o €/m <sub>2</sub> ]	PREZZO UNITARIO SCONTATO [€/n° o €/m <sub>2</sub> ]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA [%]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
Smontaggio e recupero delle parti riutilizzabili, incluso accantonamento nell'ambito del cantiere, di: serramenti in legno (misura minima 2,00 m <sup>2</sup> )	Prezziario Regione Liguria - voce: 25.A05.H01.110	123,62	mq	10,15	9,23	1.140,68	22%	1.391,62
Finestra o portafinestra in PVC apertura ad una o due ante	Prezziario Regione Liguria - voce: PR.A23.A30.010	123,62	mq	328,90	299,00	36.962,38	22%	45.094,10
Posa serramento	Prezziario Regione Liguria - voce: 25.A80.A30.010	123,62	mq	47,62	43,29	5.351,62	22%	6.528,98
Valvole micrometriche a squadra complete di testa termostatica con elemento sensibile a gas: Ø 15 mm	Prezziario Regione Liguria PR.C17.A15.010	92	cad	35,42	32,20	2.962,40		2.962,40
Costi per la sicurezza	-	3%	%			1.392,51	22%	1.698,87
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			3.249,20	22%	3.964,02
<b>TOTALE (I<sub>0</sub>–EEM1)</b>						<b>51.058,79</b>	<b>22%</b>	<b>61.639,99</b>
<b>Incentivi</b>	<b>Conto termico</b>					<b>20.424</b>		<b>22.252</b>
<b>Durata incentivi</b>	<b>5 anni</b>					<b>5</b>		<b>5</b>
<b>Incentivo annuo</b>						<b>4.084,80</b>		<b>4.450,40</b>

## 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. In attuazione delle disposizioni di cui all'articolo 7, comma 6 del decreto legislativo 102/2014, le amministrazioni pubbliche che optino, anche per il tramite di una ESCO, per la procedura di prenotazione dell'incentivo del Conto Termico, possono richiedere l'erogazione di una rata di acconto al momento della comunicazione dell'avvio dei lavori e di una rata di saldo a seguito della sottoscrizione della scheda-contratto. A tal fine, il GSE eroga la rata di acconto entro 60 giorni dalla ricezione della comunicazione di avvio dei lavori suddetta. La rata di acconto è pari ai due

quinti del beneficio complessivamente riconosciuto, se la durata dell’incentivo è di cinque anni, ovvero al 50%, nel caso in cui la durata sia di due anni.

Gli indicatori economici d’investimento utilizzati sono:

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

Essi sono così definiti:

1) Tempo di ritorno semplice (TRS):

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

Dove:

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

2) Tempo di ritorno attualizzato (TRA):

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

Dove:

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

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

Dove:

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

3) Valore Attuale Netto (VAN) del progetto:

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

Dove:

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

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

5) Indice di Profitto (IP):

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

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

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

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

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

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

Il dettaglio dei calcoli è riportato all’ Allegato B – Elaborati.

### **EEM1: isolamento copertura**

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

Tabella 9.14 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM1

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	32.478
Oneri Finanziari % $I_0$	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	$n_{IVA}$	anni	3
Vita utile	n	anni	30
Incentivo annuo	B	€/anno	2.598
Durata incentivo	$n_B$	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	6,7	4,2
Tempo di rientro attualizzato	TRA	8,0	4,7
Valore attuale netto	VAN	50.562	62.129
Tasso interno di rendimento	TIR	14,7%	19,7%
Indice di profitto	IP	1,56	1,91

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

Figura 9.1 – EEM1: Flusso di cassa non attualizzato (senza incentivi)

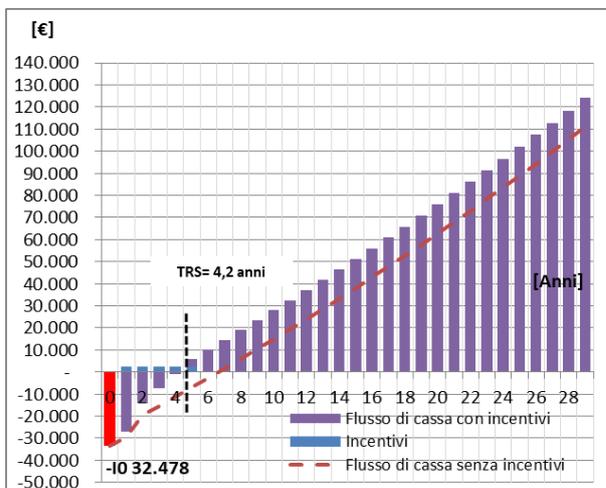
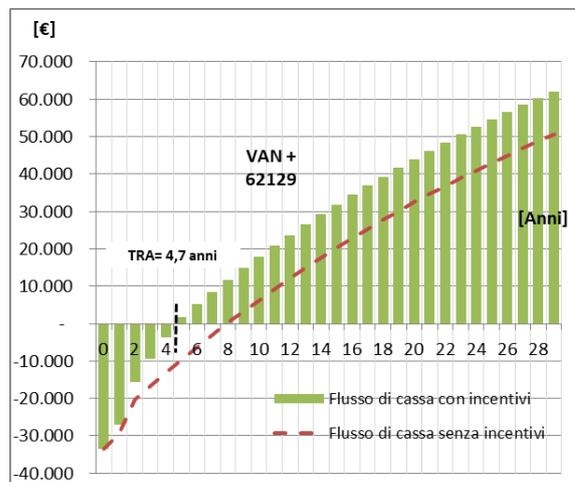


Figura 9.2 – EEM1: Flusso di cassa attualizzato (con incentivi)



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento ha un tempo di ritorno vantaggioso ed un van nettamente positivo.

**EEM2: sostituzione generatore con caldaia a condensazione ed installazione termovalvole**

Tabella 9.15 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM2

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	22.567
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	1.805
Durata incentivo	$n_B$	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	3,4	2,6
Tempo di rientro attualizzato	TRA	3,7	2,8
Valore attuale netto	VAN	44.708	52.746
Tasso interno di rendimento	TIR	27,7%	34,3%
Indice di profitto	IP	1,98	2,34

I flussi di cassa rappresentativi dell’analisi sono riportati nelle figure che seguono.

Figura 9.3 – EEM2: Flusso di cassa non attualizzato (senza incentivi)

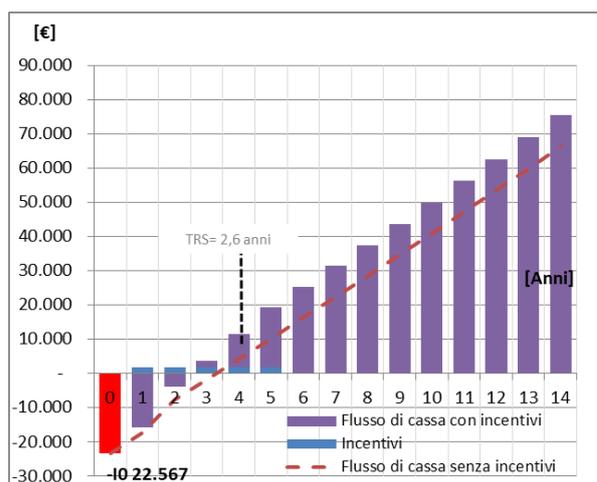
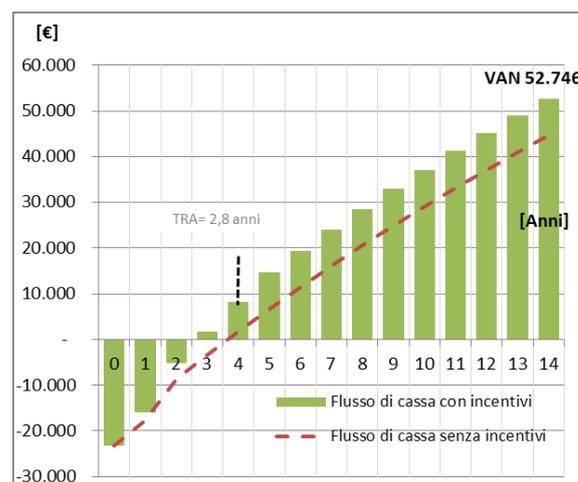


Figura 9.4 – EEM2: Flusso di cassa attualizzato (con incentivi)



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento ha un tempo di ritorno vantaggioso ed un van nettamente positivo.

**EEM3: relamping**

Tabella 9.16 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM3

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	53.028
Oneri Finanziari % $I_0$	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	$n_{IVA}$	anni	3
Vita utile	n	anni	8
Incentivo annuo	B	€/anno	1.676
Durata incentivo	$n_B$	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	20,5	14,7
Tempo di rientro attualizzato	TRA	23,1	16,6
Valore attuale netto	VAN	35.741	28.278
Tasso interno di rendimento	TIR	-23,0%	-16,5%
Indice di profitto	IP	-0,67	-0,53

I flussi di cassa rappresentativi dell’analisi sono riportati nelle figure che seguono.

Figura 9.5 – EEM3: Flusso di cassa non attualizzato (senza incentivi)

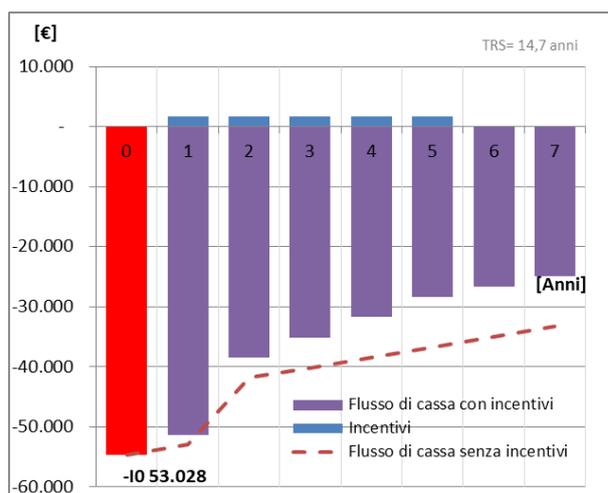
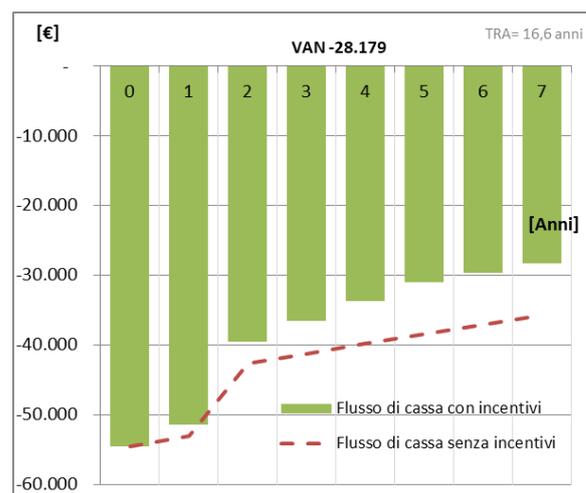


Figura 9.6 – EEM3: Flusso di cassa attualizzato (con incentivi)



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento come ipotizzato non risulta economicamente vantaggioso. Si ritiene più idonea la sostituzione delle sole lampade con lampade a LED.

**EEM4: isolamento a cappotto**

Tabella 9.17 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM4

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	147.514
Oneri Finanziari % $I_0$	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	$n_{IVA}$	anni	3
Vita utile	n	anni	30
Incentivo annuo	B	€/anno	8.886
Durata incentivo	$n_B$	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	35,9	24,4
Tempo di rientro attualizzato	TRA	55,9	37,7
Valore attuale netto	VAN	-	-
		70.454	30.896
Tasso interno di rendimento	TIR	-1,3%	1,2%
Indice di profitto	IP	-0,48	-0,21

I flussi di cassa rappresentativi dell’analisi sono riportati nelle figure che seguono.

Figura 9.7 – EEM4: Flusso di cassa non attualizzato (senza incentivi)

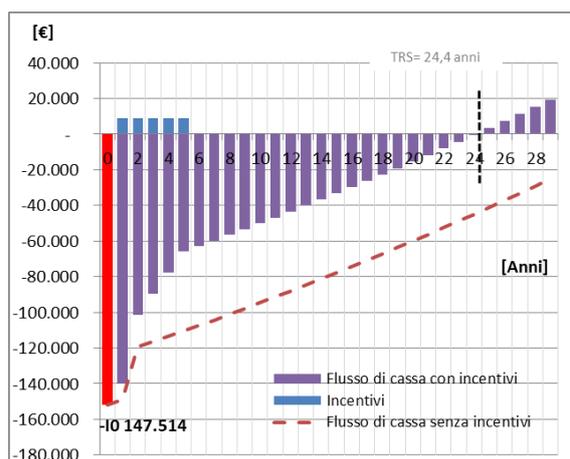
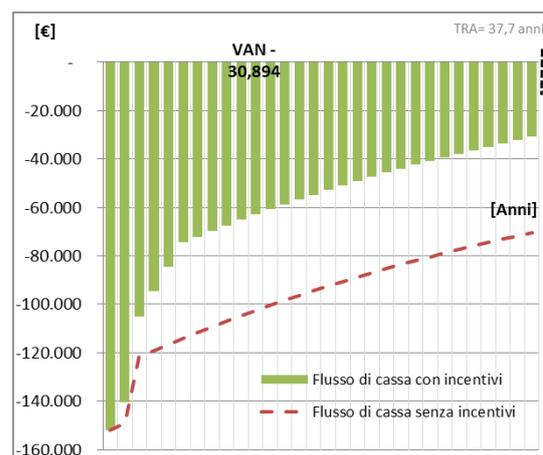


Figura 9.8 – EEM4: Flusso di cassa attualizzato (con incentivi)



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento come ipotizzato non risulta economicamente vantaggioso.

**EEM5: sostituzione generatore con pompa di calore elettrica ed installazione termovalvole**

Tabella 9.18 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM5

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	60.510
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	7.866
Durata incentivo	$n_B$	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	6,6	3,4
Tempo di rientro attualizzato	TRA	7,9	3,7
Valore attuale netto	VAN	33.691	68.710
Tasso interno di rendimento	TIR	11,9%	22,8%
Indice di profitto	IP	0,56	1,14

I flussi di cassa rappresentativi dell’analisi sono riportati nelle figure che seguono.

Figura 9.9 – EEM5: Flusso di cassa non attualizzato (senza incentivi)

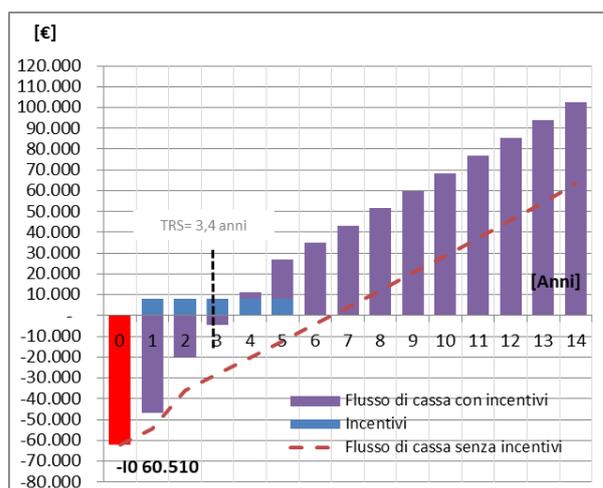
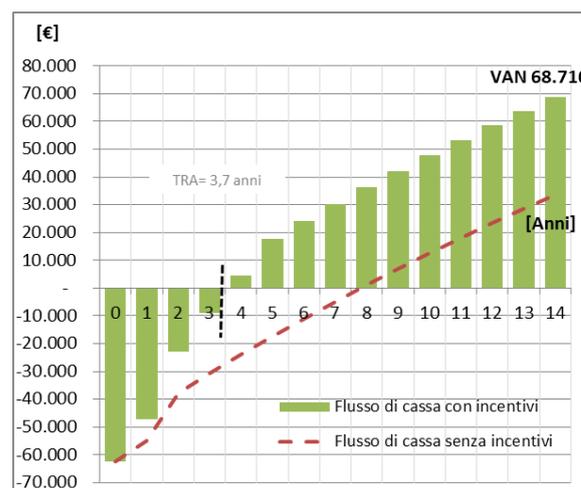


Figura 9.10 – EEM5: Flusso di cassa attualizzato (con incentivi)



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento ha un tempo di ritorno vantaggioso ed un van nettamente positivo.

**EEM6: installazione impianto fotovoltaico da 5,48 kWp**

Tabella 9.19 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM6

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	20.762
Oneri Finanziari % $I_0$	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	$n_{IVA}$	anni	3
Vita utile	n	anni	20
Incentivo annuo	B	€/anno	-
Durata incentivo	$n_B$	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	13,0	13,0
Tempo di rientro attualizzato	TRA	18,7	18,7
Valore attuale netto	VAN	388	388
Tasso interno di rendimento	TIR	4,2%	4,2%
Indice di profitto	IP	0,02	0,02

I flussi di cassa rappresentativi dell’analisi sono riportati nelle figure che seguono.

Figura 9.11 – EEM6: Flusso di cassa non attualizzato (senza incentivi)

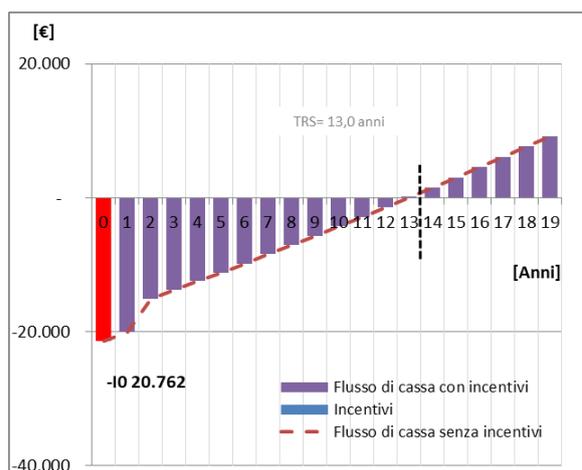
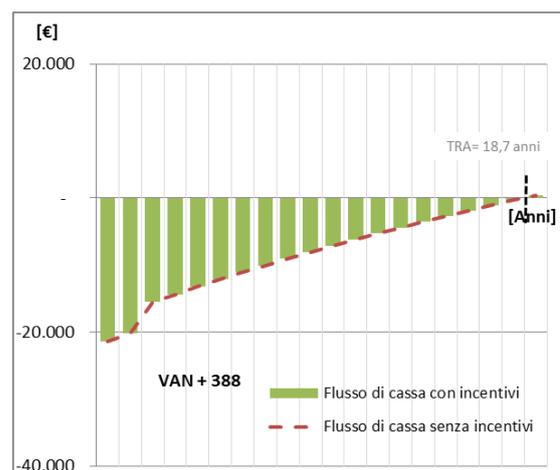


Figura 9.12 – EEM6: Flusso di cassa attualizzato (con incentivi)



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento ha un tempo di ritorno vantaggioso ed un van nettamente positivo.

**EEM7: sostituzione dei serramenti a vetro singolo ed installazione valvole termostatiche**

Tabella 9.20 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM7

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	61.640
Oneri Finanziari % $I_0$	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	$n_{IVA}$	anni	3
Vita utile	$n$	anni	30
Incentivo annuo	B	€/anno	4.450
Durata incentivo	$n_B$	anni	5
Tasso di attualizzazione	$i$	[%]	3,5%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	17,5	10,7
Tempo di rientro attualizzato	TRA	30,1	15,8
Valore attuale netto	VAN	-	19.576
Tasso interno di rendimento	TIR	4,0%	7,4%
Indice di profitto	IP	0,00	0,32

I flussi di cassa rappresentativi dell’analisi sono riportati nelle figure che seguono.

Figura 9.13 – EEM7: Flusso di cassa non attualizzato (senza incentivi)

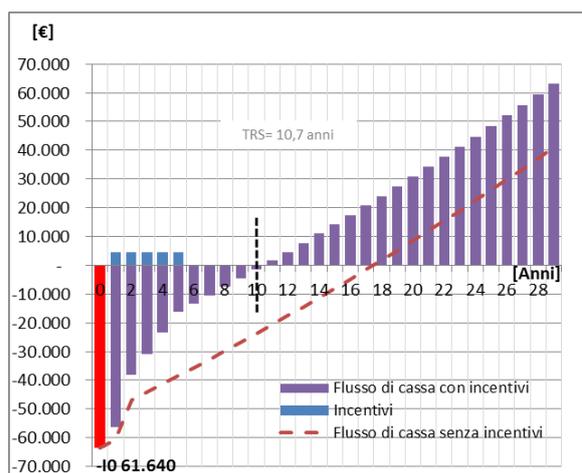
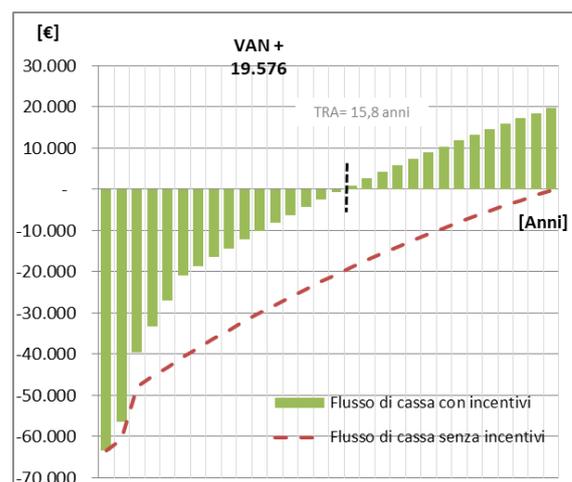


Figura 9.14 – EEM7: Flusso di cassa attualizzato (con incentivi)



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento ha un tempo di ritorno abbastanza vantaggioso ed un van positivo.

### Sintesi

La sintesi della valutazione economico – finanziaria delle EEM proposte è riportata nelle Tabella 9.21 e Tabella 9.22.

Tabella 9.21 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso senza incentivi

SENZA INCENTIVI												
	% $\Delta_E$ [%]	% $\Delta_{CO_2}$ [%]	$\Delta C_E$ [€/a]	$\Delta C_{MO}$ [€/a]	$\Delta C_{MS}$ [€/a]	$I_0$ [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]
EEM 1	32%	33%	4.850	0	0	32.478	6,7	8,0	30	50.562	15%	1,56
EEM 2	23%	24%	3.540	1.670	1.776	22.567	3,4	3,7	15	44.708	28%	1,98
EEM 3	13%	12%	1.948	0	0	53.028	20,5	23,1	8	-35.741	-23%	-0,67
EEM 4	23%	24%	3.510	0	0	147.514	35,9	55,9	30	-70.454	-1%	-0,48
EEM 5	38%	42%	5.850	1.670	1.776	60.510	6,6	7,9	15	33.691	12%	0,56
EEM 6	10%	9%	1.527	0	0	20.762	13,0	18,7	20	388	4%	0,02
EEM 7	21%	22%	3.269	0	0	61.640	17,5	30,1	30	-237	4%	0,00

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 CO<sub>2</sub> rispetto al baseline dell'emissioni complessivo (termico + elettrico);
- $\Delta C_E$  è il risparmio economico annuo attribuibile alla riduzione dei consumi energetici (termico + elettrico); assume valori positivi;
- $\Delta C_{MO}$  è la variazione di costo annuo attribuibile al nuovo costo per la gestione e la manutenzione ordinaria; assume valori positivi per un decremento e valori negativi per un incremento;
- $\Delta C_{MS}$  è la variazione di costo annuo attribuibile al nuovo costo previsto per la manutenzione straordinaria; assume valori positivi per un decremento e valori negativi per un incremento;
- $I_0$  è il valore dell'investimento iniziale per la realizzazione dell'intervento; assume valori negativi;

Dall'analisi dei risultati emerge che tutti gli interventi hanno un TRS minore della vita utile dell'intervento tranne EEM3 e EEM4; tutti gli interventi sono economicamente convenienti tranne EEM3, EEM4 e EEM7.

Tabella 9.22 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso con incentivi

CON INCENTIVI												
	% $\Delta_E$ [%]	% $\Delta_{CO_2}$ [%]	$\Delta C_E$ [€/a]	$\Delta C_{MO}$ [€/a]	$\Delta C_{MS}$ [€/a]	$I_0$ [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]
EEM 1	32%	33%	4.850	0	0	32.478	4,2	4,7	30	62.129	20%	1,91
EEM 2	23%	24%	3.540	1.670	1.776	22.567	2,6	2,8	15	52.746	34%	2,34
EEM 3	13%	12%	2.545	0	0	53.028	14,7	16,6	8	-28.278	-17%	-0,53
EEM 4	23%	24%	3.510	0	0	147.514	24,4	37,7	30	-30.896	1,23%	-0,21
EEM 5	38%	42%	5.850	1.670	1.776	60.510	3,4	3,7	15	68.710	23%	1,14
EEM 6	10%	9%	1.527	0	0	20.762	13,0	18,7	20	388	4%	0,02
EEM 7	21%	22%	3.269	0	0	61.640	10,7	15,8	30	19.576	7%	0,32

Dall'analisi dei risultati emerge che grazie agli incentivi del conto termico tutti i tempi di ritorno sono notevolmente diminuiti e solo EEM3 ha TRS inferiore alla vita utile dell'intervento; con incentivo anche la EEM7 diventa economicamente vantaggiosa. La misura EEM6 ha gli stessi indici economici della tabella precedente in quanto l'installazione del fotovoltaico non prevede incentivi.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Dove:

- $Kd$  è costo del debito, sarà ipotizzato pari a 3.82%
- $Ke$  è il costo dell'equity, ossia il rendimento atteso dall'investitore, sarà ipotizzato pari a 9.00%
- $D$  è il Debito, pari a 80% di  $I_0$
- $E$  è l'Equity, pari a 20% di  $I_0$
- $\frac{D}{D+E}$  è la leva finanziaria, sarà quindi pari a 80%
- $\tau$  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:** tale scenario consiste nella posa di isolante sulla copertura piana dell’edificio con contemporanea sostituzione del generatore di calore con caldaia a condensazione ed installazione di valvole termostatiche sui corpi radianti.
- **Scenario 2:** Tale scenario consiste nella posa di isolante sulla copertura piana dell’edificio, posa di isolamento a cappotto, installazione impianto fotovoltaico con contemporanea sostituzione del generatore di calore con caldaia a condensazione, installazione di valvole termostatiche sui corpi radianti e sostituzione dei corpi illuminanti fluorescenti con nuovi apparecchi a led.

### 9.3.1 Scenario 1: EEM1+ EEM2

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

- EEM 1: isolamento della copertura
- EEM 2: sostituzione generatore con caldaia a condensazione ed installazione termovalvole

Tabella 9.23 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 1

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA AL 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[%]	[€]
EEM1 Fornitura & Posa	24.201,44	22%	29.525,75
EEM2 Fornitura & Posa	16.816,02	22%	20.515,54
Costi per la sicurezza	1.230,52	22%	1.501,24
Costi per la progettazione	2.871,22	22%	3.502,89
<b>TOTALE (I<sub>0</sub>)</b>	<b>45.119,20</b>	<b>22%</b>	<b>55.045,42</b>
VOCE MANUTENZIONE	C <sub>MO</sub> (IVA INCLUSA)	C <sub>MS</sub> (IVA INCLUSA)	C <sub>M</sub> (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 O&M	0	0	0
EEM2 O&M	1.670	1.776	3.446
<b>TOTALE (C<sub>M</sub>)</b>	<b>1.670</b>	<b>1.776</b>	<b>3.446</b>
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	
		[€]	
<b>Incentivi</b>	<b>Conto termico</b>	<b>30.275</b>	
<b>Durata incentivi</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	
<b>Incentivo annuo</b>		<b>6.055</b>	

Tabella 9.24– Stima dell’incentivo da Conto Termico

STIMA INCENTIVO CONTO TERMICO	
Percentuale spesa ammissibile per ognuno degli interventi	55%
Costo massimo ammissibile per EEM1	200 €/m <sup>2</sup>
Costo massimo ammissibile per EEM2	130 €/kW
Valore massimo incentivo EEM1	400.000 €
Valore massimo incentivo EEM2	40.000 €

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 9.15 – Scenario 1: Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico post intervento

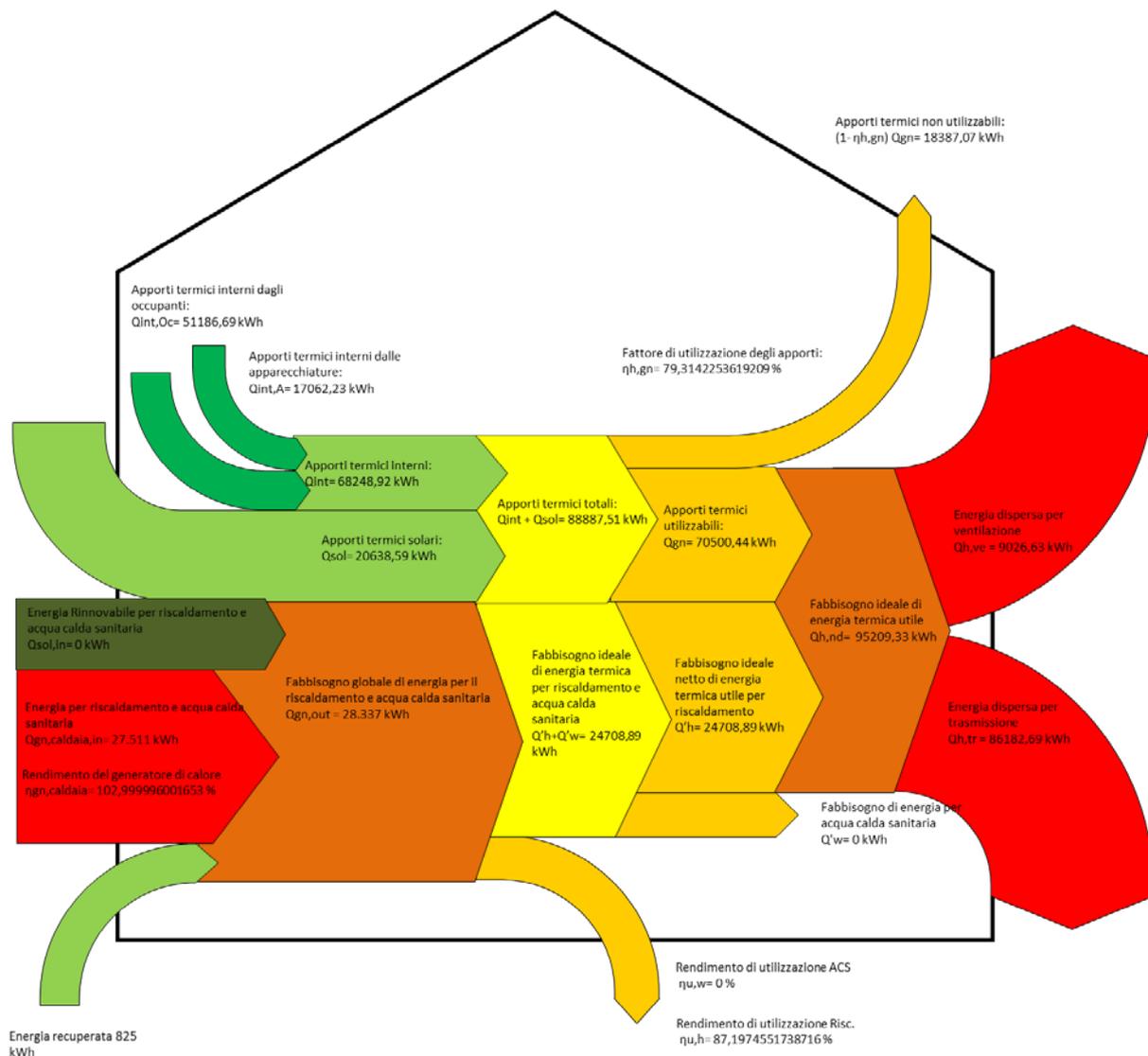
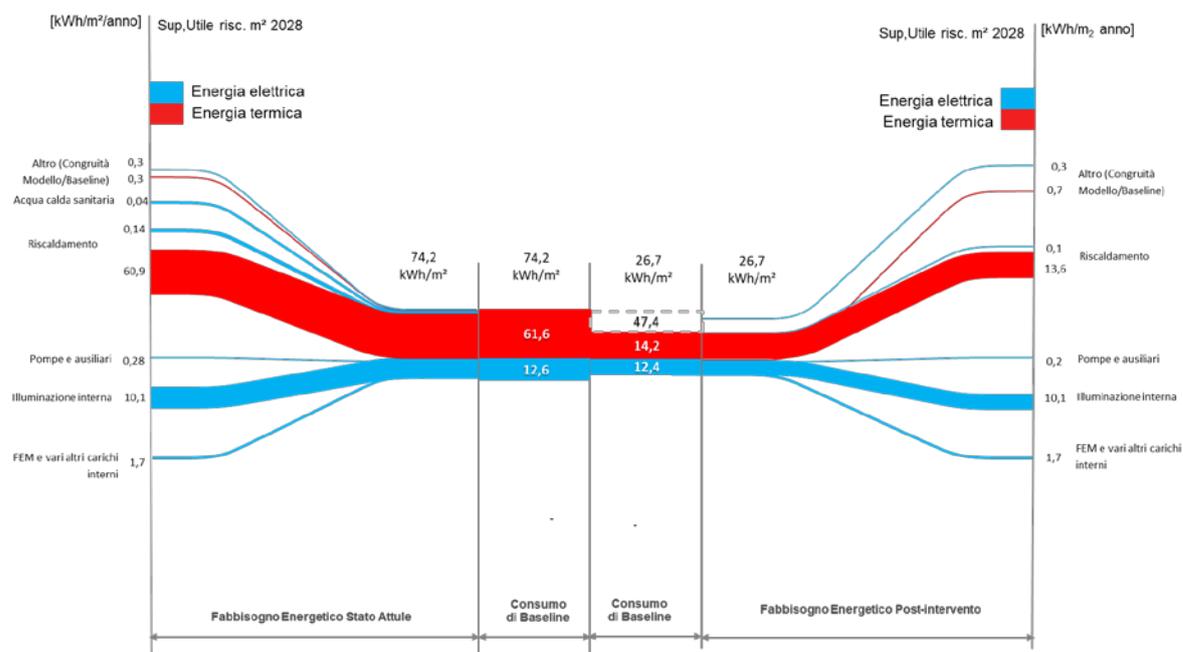


Figura 9.16 – Scenario 1: Bilancio energetico complessivo dell’edificio post intervento



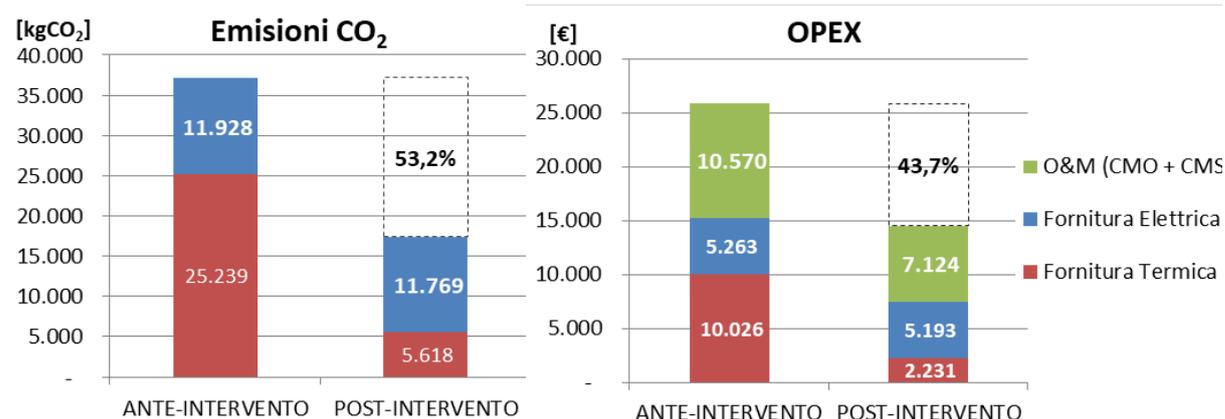
I grafici Sankey in Figura 9.15 e 9.16 mostrano una diminuzione del fabbisogno termico, un aumento del rendimento del generatore ed una diminuzione dei consumi di gas metano.

Tabella 9.25 – Risultati analisi SCN1

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM1 [Trasmittanza]	[W/m²K]	2,205	0,214	<b>90,3%</b>
EEM5 [Rendimento]	[W/m²K]	92,50%	103,00%	<b>-11,4%</b>
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	123.605	27.511	<b>77,7%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	25.020	24.686	<b>1,3%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	124.946	27.810	<b>77,7%</b>
EE <sub>baseline</sub>	[kWh]	25.542	25.201	<b>1,3%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	25.239	5.618	<b>77,7%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	11.928	11.769	<b>1,3%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>37.167</b>	<b>17.387</b>	<b>53,2%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	10.026	2.231	<b>77,7%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	5.263	5.193	<b>1,3%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>15.289</b>	<b>7.424</b>	<b>51,4%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	8.350	6.680	<b>20,0%</b>
C <sub>MS</sub>	[€]	2.220	444	<b>80,0%</b>
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>10.570</b>	<b>7.124</b>	<b>32,6%</b>
OPEX	[€]	<b>25.858</b>	<b>14.548</b>	<b>43,7%</b>
Classe energetica	[-]	E	C	+2 classi

Nota (21) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO<sub>2</sub> sono: 0,202 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,080 [€/kWh] per il vettore termico e 0,206 [€/kWh] per il vettore elettrico.

Figura 9.17 – SCN1: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO<sub>2</sub> 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 9.26, Tabella 9.27 e Tabella 9.28 e nelle successive figure.

Tabella 9.26 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN1

PARAMETRI FINANZIARI			
Anni Costruzione	$n_i$		<b>1</b>
Anni Gestione Servizio	$n_s$		<b>14</b>
Anni Concessione	$n$		<b>15</b>
Anno inizio Concessione	$n_0$		<b>2020</b>
Anni dell'ammortamento	$n_A$		<b>10</b>
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	$k_{cdp}$		<b>2,00%</b>
Costo Capitale Azienda	<b>WACC</b>		<b>4,00%</b>
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{cdp})$	$k_{pogetto}$		<b>4,00%</b>
Inflazione ISTAT	$f$		<b>0,50%</b>
deriva dell'inflazione	$f'$		<b>0,70%</b>
%, interessi debito	$k_D$		<b>3,82%</b>
%, interessi equity	$k_E$		<b>9,00%</b>
Aliquota IRES	<b>IRES</b>		<b>24,0%</b>
Aliquota IRAP	<b>IRAP</b>		<b>3,9%</b>
Aliquota fiscale	$\tau$		<b>27,90%</b>
Anni debito (finanziamento)	$n_D$		<b>5</b>
Anni Equity	$n_E$		<b>14</b>
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	$I_0$	€	<b>55.045</b>
Oneri Finanziari (costi indiretti)	<b>%Of</b>		<b>3,00%</b>
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	<b>Of</b>	€	<b>1.651</b>
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	<b>CAPEX</b>	€	<b>56.697</b>
%CAPEX a Debito	<b>D</b>		<b>80,0%</b>
%CAPEX a Equity	<b>E</b>		<b>20,00%</b>
Debito	$I_D$	€	<b>45.357</b>
Equity	$I_E$	€	<b>11.339</b>
Fattore di annualità Debito	<b>FA<sub>D</sub></b>		<b>4,55</b>
Rata annua debito	$q_D$	€	<b>9.979</b>
Costo finanziamento,(D+INT <sub>D</sub> )	$q_D * n_D$	€	<b>49.896</b>
Costi per interessi debito, INT <sub>D</sub>	<b>INT<sub>D</sub>=q<sub>D</sub>*n<sub>D</sub>-D</b>	€	<b>4.538</b>

Tabella 9.27 – Parametri Economici dell’analisi di redditività dello SCN1

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	$C_{E0}$	€ 12.532
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	$C_{MO}$	€ 8.664
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€ 21.196
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	$C_{Altro}$	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$	51,4%
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$	32,6%
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$	5,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€ 8.462
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€ 1.060
Risparmio PA durante la concessione	14%	€ 49.789
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€ 11.087
N° di Canoni annuali	anni	14
Utile lordo della ESCO	$\% CAPEX$	136,07%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	$C_{ESCO}$	€ 5.510
Costi FTT €/anno IVA escl.	$C_{FTT}$	€ 324
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	$C_{CAPEX}$	€ 1.568
Canone O&M €/anno	$CnM$	€ 6.063
Canone Energia €/anno	$CnE$	€ 6.670
Canone Servizi €/anno IVA escl.	$CnS$	€ 12.733
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	$CnD$	€ 7.403
Canone Totale €/anno IVA escl.	$Cn$	€ 20.136
Aliquota IVA %	IVA	22%
Rimborso erariale IVA	$R_{IVA}$	€ 9.926
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	$R_B$	€ 24.816
Durata Incentivi, anni	$n_B$	5
Inizio erogazione Incentivi, anno		2022

Tabella 9.28 – 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.	5,01
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	5,49
Valore Attuale Netto, $VAN = VA - Io$	$VAN > 0$	€ 53.024
Tasso interno di rendimento del progetto	$TIR > WACC$	19,69%
Indice di Profitto	IP	96,33%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, $Spb = Io / FC$ , Anni	T.R.S.	3,11
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	3,65
Valore Attuale Netto, $VAN = VA - Io$	$VAN > 0$	€ 35.469
Tasso interno di rendimento dell'azionista	$TIR > ke$	47,47%
Debit Service Cover Ratio	$DSCR < 1,3$	1,208
Loan Life Cover Ratio	$LLCR > 1$	3,460
Indice di Profitto Azionista	IP	64,44%

Figura 9.18 –SCN1: Flussi di cassa del progetto

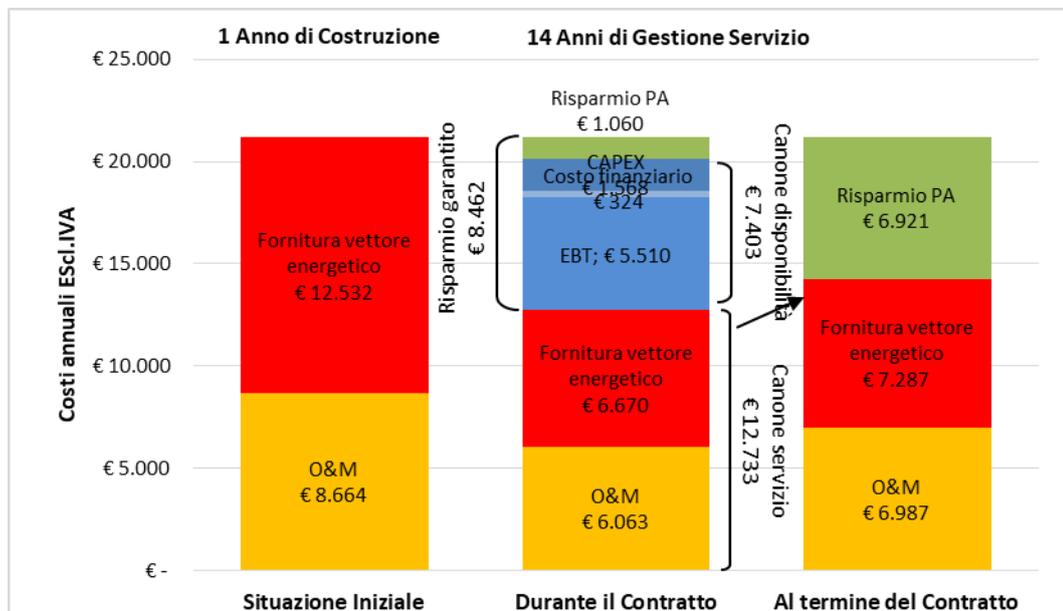


Figura 9.19 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



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 9.20.

Figura 9.20 – Scenario 1: Schema di Energy Performance Contract



### 9.3.2 Scenario 2: EEM1+ EEM2+ EEM3+ EEM4+ EEM6

- EEM 1: isolamento della copertura
- EEM 2: sostituzione generatore con caldaia a condensazione ed installazione termovalvole
- EEM 3: relamping
- EEM 4: isolamento a cappotto
- EEM 6: installazione impianto fotovoltaico

Tabella 9.29 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 2

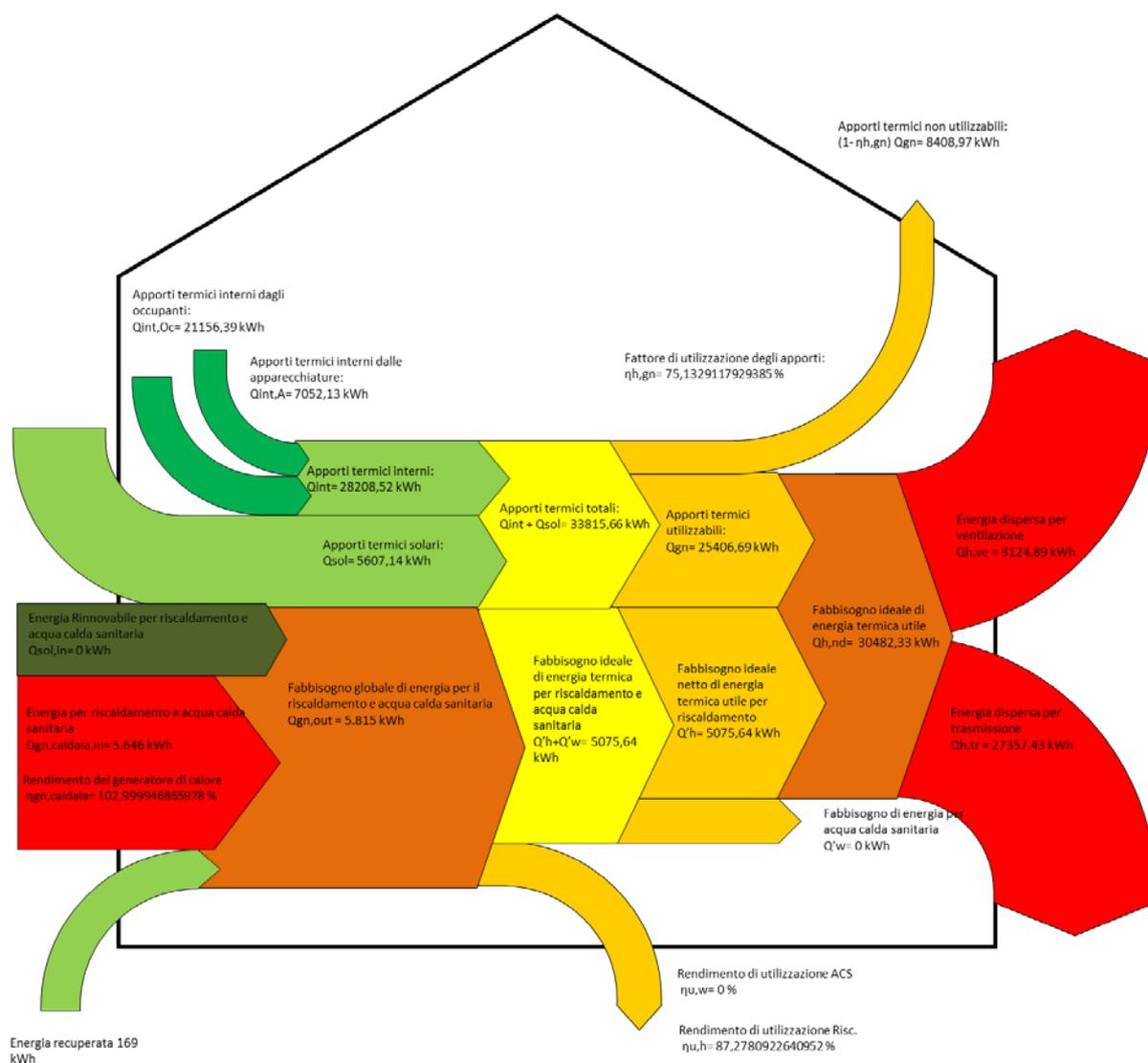
VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA AI 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 Fornitura & Posa	24.201,44	22%	29.525,75
EEM2 Fornitura & Posa	16.816,02	22%	20.515,54
EEM3 Fornitura & Posa	39.513,80	22%	48.206,85
EEM4 Fornitura & Posa	109.920,89	22%	134.103,49
EEM6 Fornitura & Posa	15.470,64	22%	18.874,18
Costi per la sicurezza	6.177,68	22%	7.536,77
Costi per la progettazione	14.414,59	22%	17.585,81
<b>TOTALE (I<sub>0</sub>)</b>	<b>226.515,06</b>	<b>22%</b>	<b>276.348,39</b>
VOCE MANUTENZIONE	C <sub>MO</sub>	C <sub>MS</sub>	C <sub>M</sub>
	(IVA INCLUSA)	(IVA INCLUSA)	(IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 O&M	0	0	0
EEM2 O&M	1.670	1.776	3.446
EEM3 O&M	0	0	0
EEM4 O&M	0	0	0
EEM6 O&M	0	0	0
<b>TOTALE (C<sub>M</sub>)</b>	<b>1.670</b>	<b>1.776</b>	<b>3.446</b>
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	
		[€]	
<b>Incentivi</b>	<b>Conto termico</b>	<b>83.086</b>	
<b>Durata incentivi</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	
<b>Incentivo annuo</b>		<b>16.617,20</b>	

Tabella 9.30– Stima dell’incentivo da Conto Termico

STIMA INCENTIVO CONTO TERMICO	
Percentuale spesa ammissibile per gli interventi EEM1+EEM2	55%
Percentuale spesa ammissibile per ognuno degli interventi EEM3+EEM4	40%
Costo massimo ammissibile per EEM3	35 €/m <sup>2</sup>
Costo massimo ammissibile per EEM4	100 €/m <sup>2</sup>
Valore massimo incentivo EEM3	70.000 €
Valore massimo incentivo EEM4	400.000 €

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 9.21 – Scenario 2: Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico post intervento



I grafici Sankey in figura 9.21 e 9.22 mostrano una diminuzione del fabbisogno termico, un aumento del rendimento del generatore, un annullamento dei consumi di gas metano e la diminuzione dei consumi elettrici.

Figura 9.22 – Scenario 2: Bilancio energetico complessivo dell’edificio post intervento

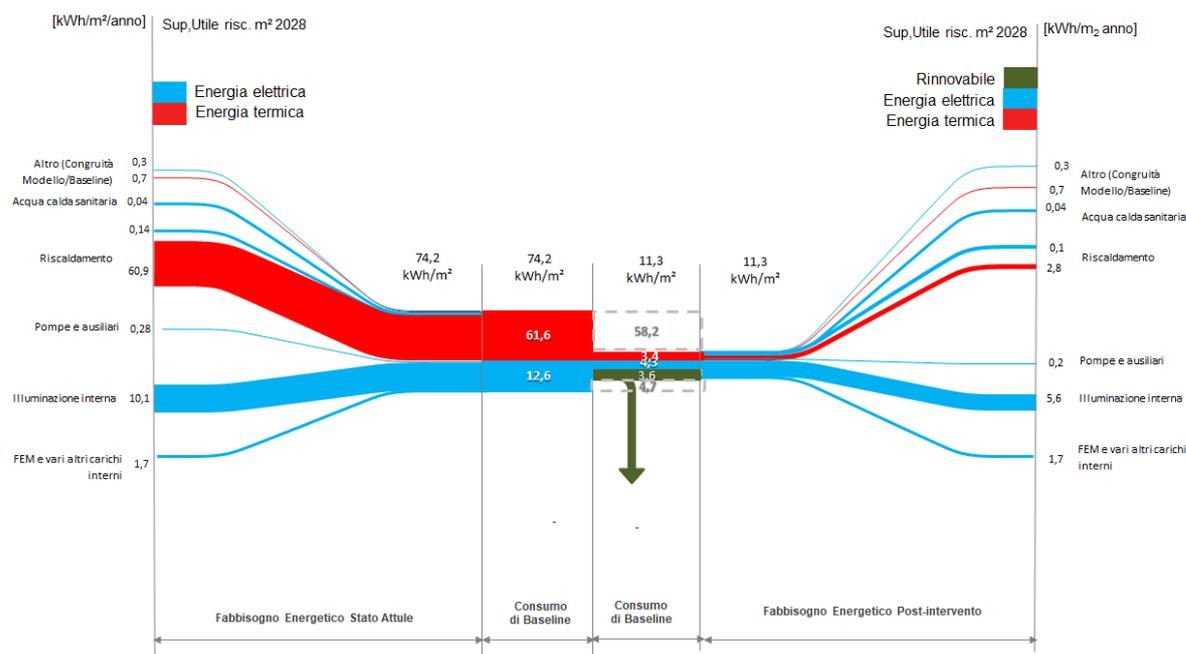
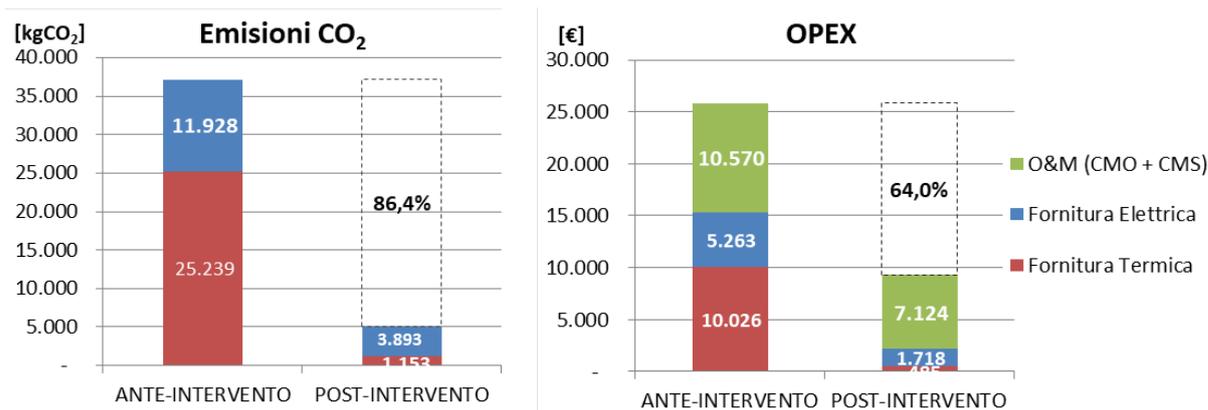


Tabella 9.31 – Risultati analisi SCN2

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM1 [Trasmittanza]	[W/m²K]	2,205	0,214	<b>90,30%</b>
EEM2 [Rendimento]	[%]	92,50%	103,00%	<b>-11,35%</b>
EEM3 [Efficienza luminosa]	lm/W]	86	110	<b>-27,90%</b>
EEM4 [Trasmittanza]	[W/m²K]	1,38	0,24	<b>82,60%</b>
EEM6 [kWp installati]	kWp	0	5,5	<b>82,60%</b>
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	123.605	5.646	<b>95,4%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	25.020	8.166	<b>67,4%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	124.946	5.707	<b>95,4%</b>
EE <sub>baseline</sub>	[kWh]	25.542	8.337	<b>67,4%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	25.239	1.153	<b>95,4%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	11.928	3.893	<b>67,4%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>37.167</b>	<b>5.046</b>	<b>86,4%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	10.026	458	<b>95,4%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	5.263	1.718	<b>67,4%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>15.289</b>	<b>2.176</b>	<b>85,8%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	8.350	6.680	<b>20,0%</b>
C <sub>MS</sub>	[€]	2.220	444	<b>80,0%</b>
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>10.570</b>	<b>7.124</b>	<b>32,6%</b>
OPEX	[€]	<b>25.858</b>	<b>9.300</b>	<b>64,0%</b>
Classe energetica	[-]	E	B	+3 classi

Nota (22) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO<sub>2</sub> sono: 0,202 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,08 [€/kWh] per il vettore termico e 0,214 [€/kWh] per il vettore elettrico.

Figura 9.23 – SCN2: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO<sub>2</sub> 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 9.32, Tabella 9.33e Tabella 9.34 e nelle successive figure.

Tabella 9.32 – 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	$n_o$	2020
Anni dell'ammortamento	$n_A$	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	$k_{CdP}$	2,00%
Costo Capitale Azienda	WACC	4,00%
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CdP})$	$k_{progetto}$	4,00%
Inflazione ISTAT	$f$	0,50%
deriva dell'inflazione	$f'$	0,70%
%, interessi debito	$k_D$	3,82%
%, interessi equity	$k_E$	9,00%
Aliquota IRES	IRES	24,0%
Aliquota IRAP	IRAP	3,9%
Aliquota fiscale	$\tau$	27,90%
Anni debito (finanziamento)	$n_D$	16
Anni Equity	$n_E$	24
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	$I_o$	€ 276.348
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 8.290
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 284.639
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	$I_D$	€ 227.711
Equity	$I_E$	€ 56.928
Fattore di annualità Debito	$FA_D$	11,96
Rata annua debito	$q_D$	€ 19.040
Costo finanziamento,(D+INT <sub>D</sub> )	$q_D * n_D$	€ 304.639
Costi per interessi debito, INT <sub>D</sub>	$INT_D = q_D * n_D - D$	€ 76.928

Tabella 9.33 – Parametri Economici dell'analisi di redditività dello SCN2

PARAMETRI ECONOMICI			
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	$C_{E0}$	€	12.532
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	$C_{M0}$	€	8.664
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€	<b>21.196</b>
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	$C_{Altro}$	€	-
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$		<b>85,8%</b>
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$		<b>32,6%</b>
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$		<b>5,0%</b>
Risparmio annuo PA garantito	<b>45,6%</b>	€	<b>12.903</b>
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	<b>Risp.IM</b>	€	1.060
Risparmio PA durante la concessione	<b>14%</b>	€	116.439
Risparmio annuo PA al termine della concessione	<b>Risp.Term.</b>	€	18.310
N° di Canoni annuali	<b>anni</b>		<b>24</b>
Utile lordo della ESCO	<b>%CAPEX</b>		<b>32,43%</b>
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	$C_{ESCO}$	€	3.846
Costi FTT €/anno IVA escl.	$C_{FTT}$	€	3.205
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	$C_{CAPEX}$	€	4.792
Canone O&M €/anno	$C_{nM}$	€	6.219
Canone Energia €/anno	$C_{nE}$	€	2.074
Canone Servizi €/anno IVA escl.	$C_{nS}$	€	8.293
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	$C_{nD}$	€	11.843
Canone Totale €/anno IVA escl.	$C_n$	€	<b>20.136</b>
Aliquota IVA %	<b>IVA</b>		<b>22%</b>
Rimborso erariale IVA	$R_{IVA}$	€	49.833
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	$R_B$	€	119.789
Durata Incentivi, anni	$n_B$		<b>5</b>
Inizio erogazione Incentivi, anno			<b>2022</b>

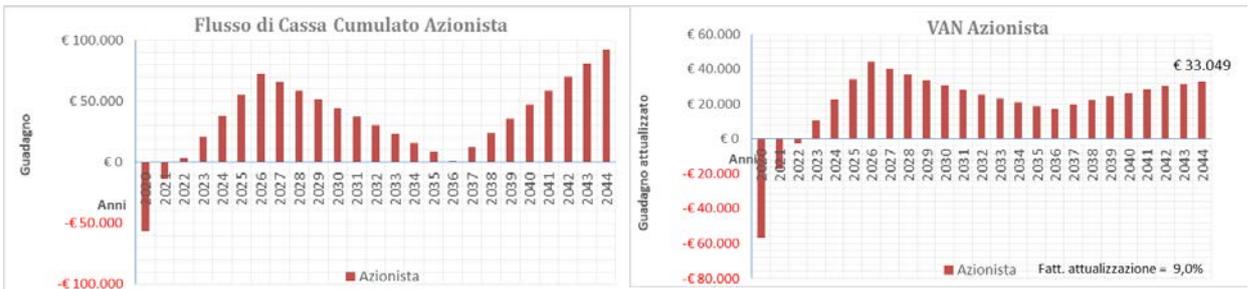
Tabella 9.34 – Risultati dell’analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN2

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, $Spb = Io / FC$ , Anni	<b>T.R.S.</b>		<b>10,39</b>
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	<b>T.R.A.</b>		<b>15,88</b>
Valore Attuale Netto, $VAN = VA - Io$	<b><math>VAN &gt; 0</math></b>	€	<b>47.977</b>
Tasso interno di rendimento del progetto	<b><math>TIR &gt; WACC</math></b>		<b>6,47%</b>
Indice di Profitto	<b>IP</b>		<b>17,36%</b>
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, $Spb = Io / FC$ , Anni	<b>T.R.S.</b>		<b>2,79</b>
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	<b>T.R.A.</b>		<b>3,20</b>
Valore Attuale Netto, $VAN = VA - Io$	<b><math>VAN &gt; 0</math></b>	€	<b>33.049</b>
Tasso interno di rendimento dell'azionista	<b><math>TIR &gt; k_e</math></b>		<b>35,78%</b>
Debit Service Cover Ratio	<b><math>DSCR &lt; 1,3</math></b>		<b>1,155</b>
Loan Life Cover Ratio	<b><math>LLCR &gt; 1</math></b>		<b>1,096</b>
Indice di Profitto Azionista	<b>IP</b>		<b>11,96%</b>

Figura 9.24 –SCN2: Flussi di cassa del progetto

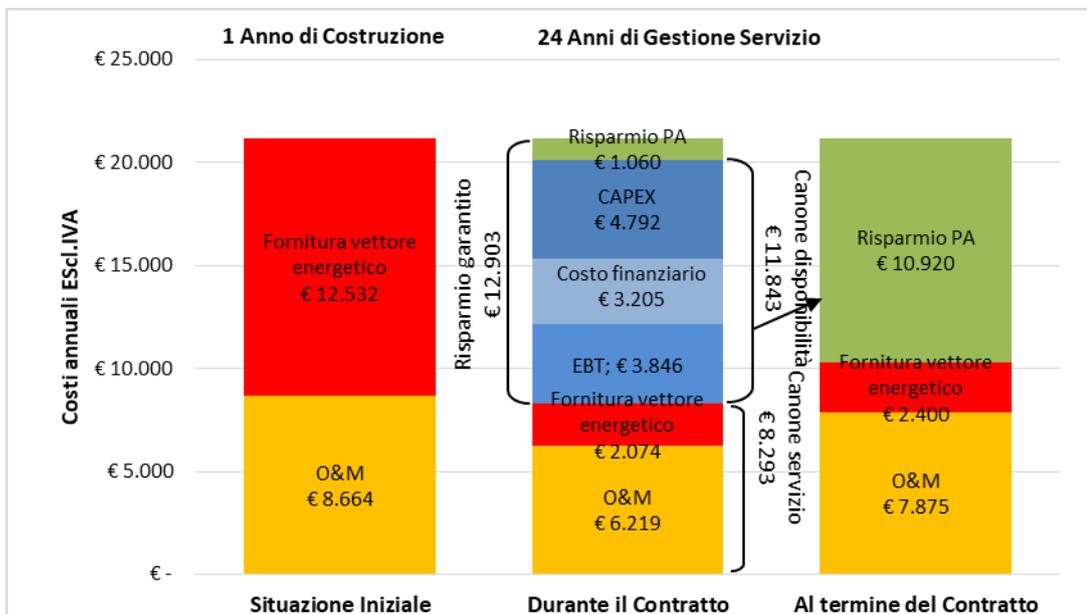


Figura 9.25 – SCN2: Flussi di cassa dell'azionista



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 9.20.

Figura 9.26 – Scenario 2: Schema di Energy Performance Contract



## 10 CONCLUSIONI

### 10.1 RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA

La classe di merito che si ottiene confrontando gli indici di performance energetica dell'edificio oggetto di analisi con la classificazione riportata nelle Linee Guida ENEA – FIRE è SUFFICIENTE sia per l'indice IEN<sub>R</sub> che per l'indice IEN<sub>E</sub>.

COMBUSTIBILE	IEN <sub>R</sub>			IEN <sub>E</sub>		
	Wh/(m <sup>3</sup> GG anno)			Wh/(m <sup>3</sup> anno)		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Gas Naturale	14,75 <sup>23</sup>	15,58	6,08			
Energia elettrica				10,93	10,50	11,33

Nota (23): valore ricavato dai kWh riferiti dall'amministrazione per l'anno 2014 nel file KyotoBaseline – E175 che si riferisce in parte ad un consumo di gasolio ed in parte di gas metano.

### 10.2 RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI

Lo scenario 1 (SNC1) prevede il salto di 2 classi energetiche mediante l'isolamento della copertura, la sostituzione sistema di generazione obsoleto con caldaia a condensazione e installazione valvole termostatiche.

Lo scenario 2 (SNC2) prevede il salto di 3 classi energetiche mediante la posa di isolante sulla copertura piana dell'edificio, posa di isolamento a cappotto, installazione impianto fotovoltaico con contemporanea sostituzione del generatore di calore con caldaia a condensazione, installazione di valvole termostatiche sui corpi radianti e sostituzione dei corpi illuminanti fluorescenti con nuovi apparecchi a led.

Nel caso con incentivi entrambi gli scenari risultano convenienti con VAN positivi, LLCR maggiore di 1 e DSCR intorno a 1,3.

	CON INCENTIVI													
	%Δ <sub>E</sub>	%Δ <sub>CO2</sub>	ΔC <sub>E</sub>	ΔC <sub>MO</sub>	ΔC <sub>MS</sub>	I <sub>0</sub>	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP	DSCR	LLCR
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]		
SCN 1	51%	53%	7.864	1.670	1.776	55.045	3,11	3,65	15	35.469	47%	0,6	1,2	3,5
SCN 2	86%	86%	13.113	1.670	1.776	276.348	2,79	3,2	25	33.049	36%	0,1	1,2	1,1

Nel caso senza incentivi solo lo scenario 1 risulta conveniente con VAN positivo, LLCR maggiore di 1 ma DSCR minore di 1,3.

	SENZA INCENTIVI													
	%Δ <sub>E</sub>	%Δ <sub>CO2</sub>	ΔC <sub>E</sub>	ΔC <sub>MO</sub>	ΔC <sub>MS</sub>	I <sub>0</sub>	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP	DSCR	LLCR
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]		
SCN 1	51%	53%	7.864	1.670	1.776	55.045	7,57	8,45	15	17.758	24%	0,3	0,9	2,8
SCN 2	86%	86%	13.113	1.670	1.776	276.348	27,46	62,1	25	-52444	-2%	-0,2	0,8	1,0

### 10.3 CONCLUSIONI E COMMENTI

L'analisi dei consumi di energia termica ed elettrica e dei possibili scenari di intervento dell'edificio oggetto di DE ha portato alle seguenti conclusioni:

- gli impianti per la produzione e la distribuzione di energia presentano bassi rendimenti
- è stata constatata la presenza di elevate dispersioni di calore dall'edificio
- è stato constatato un sovrariscaldamento degli ambienti

In questo caso non si ha un impiego di risorse energetiche maggiore di quello necessario ma si sono verificati effetti negativi sul comfort degli utenti, per questo motivo si ritiene prioritario intervenire sul miglioramento delle prestazioni dell'involucro.

Si sottolinea che gli scenari SCN1 e SCN2 sono stati definiti in modo da rispettare i vincoli della committenza (salto superiore a due classi e tempi di ritorno rispettivamente inferiori a 15 e 25 anni).

Si propone l'attuazione di un Piano di Misure e Verifiche (PMV) in accordo con il protocollo EVO (Efficiency Valuation Organization) per accertare i risparmi energetici conseguiti dopo l'implementazione delle raccomandazioni.

Per poter massimizzare i benefici delle EEM proposte si suggerisce la realizzazione di campagne di sensibilizzazione degli utenti finali volte a:

- favorire un uso più razionale dell'energia incrementando la consapevolezza delle proprie azioni sul risparmio energetico
- migliorare la gestione dei sistemi di regolazione, come ad esempio le valvole termostatiche, attraverso l'informazione agli utenti circa il loro funzionamento;

## ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA

	Titolo	Data	Nome file
1	TAVOLA DI INQUADRAMENTO COMPLESSO/EDIFICIO	10/1997	E00175
2	TAVOLA PIANO 1 EDIFICIO	11/1999	PIAN1
3	TAVOLA PIANO 2 EDIFICIO	11/1999	PIAN2
4	TAVOLA PIANO 3 EDIFICIO	11/1999	PIAN3
5	TAVOLA PIANO COPERTURA EDIFICIO	11/1999	PIANC
6	TAVOLA PIANO TERRA EDIFICIO	11/1999	PIANT
7	TAVOLA PIANO 4 EDIFICIO	11/1999	PIAN4
8	TAVOLA PIANO TERRA AMMEZZATO EDIFICIO	11/1999	PIANT_A
9	SCHEDA CENTRALE TERMICA	06/2017	142-P00-001-CENTRALE TERMICA
10	CENSIMENTO PIANO TERRA	06/2017	L1-042-142-P00
11	CENSIMENTO PIANO 1	06/2017	L1-042-142-P01
12	CENSIMENTO PIANO 2	06/2017	L1-042-142-P02
13	CENSIMENTO PIANO 3	06/2017	L1-042-142-P03
14	CENSIMENTO PIANO TERRA-CHECKLIST	05/2017	L1-042-142-P00 - Checklist
15	CENSIMENTO PIANO 1-CHECKLIST	05/2017	L1-042-142-P01 - Checklist
16	CENSIMENTO PIANO 2-CHECKLIST	05/2017	L1-042-142-P02 - Checklist
17	CENSIMENTO PIANO 3-CHECKLIST	05/2017	L1-042-142-P03 – Checklist
18	FATTURA DEL 06/03/2014	03/2014	2014-5700065495
19	FATTURA DEL 20/03/2014	03/2014	2014-5700098218
20	FATTURA DEL 23/04/2014	03/2014	2014-5700134957
21	FATTURA DEL 27/05/2014	03/2014	2014-5700176145
22	FATTURA DEL 23/06/2014	03/2014	2014-5700214975
23	FATTURA DEL 21/07/2014	03/2014	2014-5700248944
24	FATTURA DEL 12/09/2014	03/2014	2014-5700291206
25	FATTURA DEL 14/10/2014	03/2014	2014-5700345541
26	FATTURA DEL 13/11/2014	03/2014	2014-5700373449
27	FATTURA DEL 12/12/2014	03/2014	2014-5700411327
28	FATTURA DEL 13/04/2015	09/2017	2015-5750081967
29	FATTURA DEL 06/03/2015	09/2017	2015-5700493139
30	FATTURA DEL 17/03/2015	09/2017	2015-5700544142
31	FATTURA DEL 07/05/2015	09/2017	2015-E000140844
32	FATTURA DEL 11/03/2016	09/2017	2015-E000163929
33	FATTURA DEL 03/06/2015	09/2017	2015-E000175672
34	FATTURA DEL 02/09/2015	09/2017	2015-E000337522
35	FATTURA DEL 01/07/2015	09/2017	2015-E000234065
36	FATTURA DEL 03/08/2015	09/2017	2015-E000281520
37	FATTURA DEL 02/10/2015	09/2017	2015-E000386676
38	FATTURA DEL 02/11/2015	09/2017	2015-E000432863
39	FATTURA DEL 01/12/2015	09/2017	2015-E000483582
40	FATTURA DEL 02/01/2016	09/2017	2015-E000018557
41	FATTURA DEL 11/03/2016	09/2017	2015-E000163929
42	FATTURA DEL 02/02/2016	09/2017	2015-E000084135
43	FATTURA DEL 16/06/2016	09/2017	2015-E000310245
44	FATTURA DEL 03/03/2016	01/2018	2016-E000150590
45	FATTURA DEL 02/02/2016	01/2018	2016-E000084136
46	FATTURA DEL 26/04/2016	01/2018	2016-E000218121
47	FATTURA DEL 26/04/2016	01/2018	2016-E000218120
48	FATTURA DEL 17/06/2016	01/2018	2016-E000334604
49	FATTURA DEL 02/05/2016	01/2018	2016-E000238237
50	FATTURA DEL 01/06/2016	01/2018	2016-E000278554
51	FATTURA DEL 28/06/2016	01/2018	2016-011640025275
52	FATTURA DEL 13/10/2016	01/2018	2016-011640087943

53	FATTURA DEL 25/07/2016	01/2018	2016-011640048519
54	FATTURA DEL 24/08/2016	01/2018	2016-011640060830
55	FATTURA DEL 26/09/2016	01/2018	2016-011640074903
56	FATTURA DEL 19/12/2016	01/2018	2016-011640126637
57	FATTURA DEL 15/11/2016	01/2018	2016-011640100078
58	FATTURA DEL 14/03/2017	01/2018	2016-011740042570
59	FATTURA DEL 16/01/2017	01/2018	2016-011740001581
60	FATTURA DEL 25/07/2014	03/2014	2014-20141121738
61	FATTURA DEL 25/08/2015	03/2015	2015-20151876
62	FATTURA DEL 15/07/2015	03/2015	2015-P150007518
63	FATTURA DEL 18/08/2015	03/2015	2015-P150015576
64	FATTURA DEL 16/09/2015	03/2015	2015-P150019771
65	FATTURA DEL 16/10/2015	03/2015	2015-P150032667
66	FATTURA DEL 16/11/2015	03/2015	2015-P150037967
67	FATTURA DEL 17/08/2015	03/2015	2015-20151229
68	FATTURA DEL 16/12/2015	03/2015	2015-P150048624
69	FATTURA DEL 19/01/2016	03/2015	2015-P150003881
70	FATTURA DEL 16/02/2016	09/2017	2016-P160012671
71	FATTURA DEL 16/03/2016	09/2017	2016-P160023980
72	FATTURA DEL 15/04/2016	09/2017	2016-P160031417
73	FATTURA DEL 06/05/2016	09/2017	2016-EX15066/2016
74	FATTURA DEL 18/05/2016	09/2017	2016-P160041242
75	FATTURA DEL 10/06/2016	09/2017	2016-EX19107/2016
76	FATTURA DEL 04/07/2016	09/2017	2015-EX22893/2016
77	FATTURA DEL 19/07/2016	09/2017	2015-P160053190
78	FATTURA DEL 08/08/2016	09/2017	2015-EX26900/2016
79	FATTURA DEL 05/09/2016	09/2017	2015-EX31010/2016
80	FATTURA DEL 06/10/2016	09/2017	2015-EX33534/2016
81	FATTURA DEL 14/11/2016	09/2017	2015-EX38844/2016
82	FATTURA DEL 12/12/2016	09/2017	2015-EX43773/2016
83	FATTURA DEL 10/01/2017	09/2017	2015-EX03011/2017

**ALLEGATO B – ELABORATI**

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO B – Elaborato planimetrico P00	02/2018	DE_Lotto.2-E175_revA-AllegatoB-ElaboratoPlanimetricoP0
02	ALLEGATO B – Elaborato planimetrico P01	02/2018	DE_Lotto.2-E175_revA-AllegatoB-ElaboratoPlanimetricoP1
03	ALLEGATO B – Elaborato planimetrico P02	02/2018	DE_Lotto.2-E175_revA-AllegatoB-ElaboratoPlanimetricoP2
04	ALLEGATO B – Elaborato planimetrico P03	02/2018	DE_Lotto.2-E175_revA-AllegatoB-ElaboratoPlanimetricoP3
05	ALLEGATO B – Analisi fatture fornitura elettrica	03/2018	DE_Lotto.2-E175_revA-AllegatoB-AnalisiFattureFornituraElettrica
06	ALLEGATO B – Analisi fatture fornitura Gas	03/2018	DE_Lotto.2-E175_revA-AllegatoB-AnalisiFattureFornituraGas
07	ALLEGATO B- DEFINIZIONE DEL MODELLO ELETTRICO	04/2018	DE_Lotto.2-E175_revA-AllegatoB-DefinizioneDelModelloElettrico

## ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA	03/2018	DE_Lotto.2-E175_revA-AllegatoC-ReportDiIndagineTermografica

## ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI

Il presente allegato è finalizzato ad illustrare l'utilizzo o motivare il mancato utilizzo degli strumenti di diagnostica strumentale dichiarati nella Proposta Tecnica (Relazione illustrativa sulla metodologia di lavoro e gestione della commessa).

### RISORSE STRUMENTALI DEDICATE ALL'APPALTO

Le risorse strumentali in dotazione dedicate all'appalto, descritte nel suddetto documento, sono di seguito elencate.

N.	Strumento
01	DISTANZIOMETRO LASER LEICA Disto A2
02	SPESSIVETRO MERLIN GLAZER GMGlass
03	LUXMETRO DELTA-OHM HD 2102.2
04	TERMOFLUSSIMETRO EXTRATECH THERMOZIG SN20/21/22/23/24
05	TERMOCAMERA FLIR T335
06	TERMOIGROMETRO EXTECH MO297
07	Centralina Microclimatica DELTA-OHM HD 32.3
08	PINZA AMPEROMETRICA FLUKE 345

### STRUMENTAZIONE E CAMPAGNE DI MISURA

#### MISURE METRICHE

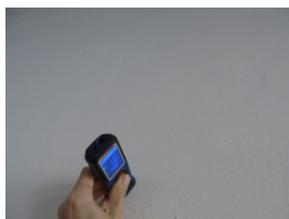
##### **Distanziometro e bindella metrica**

Durante i sopralluoghi ci si è avvalsi di metro laser e bindella metrica al fine di verificare le misure planimetriche del fabbricato e rilevare le dimensioni dei serramenti, le quote e gli spessori dei componenti edilizi.

A seconda del tipo di misura da rilevare è stato utilizzato il primo o il secondo strumento, sulla base della praticità di impiego.

Tali strumenti, per loro natura, non producono un output ma restituiscono valori da leggere istantaneamente; ad ogni modo il modello tridimensionale dell'edificio elaborato con il software di calcolo è da considerarsi come il risultato delle misure effettuate, riproducendo fedelmente tutte le caratteristiche plani-volumetriche reali.

Di seguito si riporta una fotografia che documenta l'utilizzo degli strumenti durante il sopralluogo presso l'edificio oggetto di DE.



##### **Spessivetro**

Durante i sopralluoghi ci si è avvalsi di uno spessivetro al fine di rilevare le caratteristiche dimensionali dei vetri.

Analogamente alle altre misure metriche, lo strumento, per sua natura, non produce un output ma restituisce valori da visualizzare istantaneamente; gli esiti delle misure sono riportati nel paragrafo 4.1.2.

Di seguito si riporta una fotografia che documenta l'utilizzo dello strumento durante il sopralluogo presso l'edificio oggetto di DE.



#### MISURE ILLUMINOTECNICHE

Durante il sopralluogo non sono stati rilevate palesi situazioni di inadeguatezza del livello di illuminamento e non sono state riscontrate segnalazioni di particolari criticità in merito da parte degli utenti intervistati. Non essendo l'illuminamento un parametro di input della modellazione energetica e non essendo la progettazione illuminotecnica ambito del presente lavoro, si è ritenuto non necessario, stante l'assenza di anomalie, un approfondimento diagnostico attraverso l'utilizzo di un luxmetro.

#### ANALISI TERMOGRAFICA

Si veda ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA.

#### RILIEVO TERMOFLUSSIMETRO

##### Metodi di calcolo e misura della trasmittanza

L'acquisizione dei dati necessari per la diagnosi energetica di un edificio esistente risulta spesso problematica a causa delle difficoltà di reperimento dei dati progettuali. Per questo motivo, in assenza di informazioni precise, risulta indispensabile effettuare delle misure strumentali sul campo. Per quanto concerne la valutazione della trasmittanza termica dell'involucro edilizio si procede tenendo conto dei seguenti possibili scenari:

Condizione	Metodo
Stratigrafia della struttura nota (sono disponibili i disegni aggiornati del progetto architettonico o della relazione di legge 10/91)	La trasmittanza viene calcolata in accordo con la norma UNI EN ISO 6946
Stratigrafia della struttura non nota ma edificio riconducibile ad una determinata tipologia edilizia di cui si conoscono le stratigrafie	La trasmittanza viene stimata avvalendosi di opportuni abachi di riferimento (ES: raccomandazioni CTI, norma UNI / TS 11300)
Stratigrafia della struttura non nota	Si esegue un foro nella struttura (endoscopio o carotaggio) per determinare la stratigrafia e si procede al calcolo in accordo con la norma UNI EN ISO 6946 Si determina la trasmittanza mediante misura in opera ( <b>termoflussimetria</b> ) in accordo con la norma ISO 9869

Nel caso non sia possibile determinare la stratigrafia della struttura o non siano note le proprietà termofisiche dei materiali utilizzati, il rilievo termoflussimetrico risulta essere l'unica metodologia di indagine non invasiva.

### Stima della trasmittanza della muratura dell'edificio oggetto di audit

Nel caso in esame le strutture del fabbricato sono riconducibili a tipologie edilizie di cui si conoscono le stratigrafie, grazie alla ridondanza di informazioni a disposizione:

Tipo di informazione	Dettaglio
Informazioni reperite sull'edificio	Epoca costruttiva
Evidenze di sopralluogo	Riscontro acustico (suono pieno/vuoto) Spessori murari rilevati con bindella metrica
Rilievo termografico	Osservazione diretta della trama muraria attraverso la tecnica della termografia attiva Osservazione indiretta della composizione muraria attraverso l'analisi dei ponti termici caratteristici della tipologia edilizia

### RILIEVI TERMOIGROMETRICI

Durante il sopralluogo sono state effettuate misure di temperatura e umidità relativa sia all'esterno sia all'interno degli ambienti, aventi le seguenti finalità:

- 1) individuazione di eventuali anomalie legate al comfort termoigrometrico;
- 2) individuazione di eventuali anomalie legate alla regolazione degli impianti termici;
- 3) quantificazione dei parametri di settaggio della termocamera.

Per quanto concerne i primi due punti, le misurazioni istantanee effettuate tramite il termoigrometro sono risultate congruenti con quanto dichiarato dagli utenti, pertanto non si è ritenuto necessario procedere all'installazione della centralina climatica per acquisire dati in continuo.

Per l'ultimo punto, il termoigrometro rappresenta infine l'unico strumento idoneo, in quanto la termocamera richiede come dati di input i valori di temperatura e umidità relativa registrati istantaneamente al momento del rilievo.

Di seguito si riporta la fotografia che documenta l'utilizzo del termoigrometro durante il sopralluogo presso l'edificio oggetto di DE.



### MISURE ELETTRICHE

Durante il sopralluogo è stato effettuato un censimento di dettaglio di tutte le utenze elettriche presenti all'interno del fabbricato. Ove possibile sono stati rilevati i dati di targa riportanti la potenza o l'assorbimento nominale. Tali dati sono stati utilizzati, congiuntamente agli orari di utilizzo, per stimare il consumo annuo di ciascuna utenza. Per le apparecchiature sprovviste di targa non è stato ad ogni modo necessario effettuare rilievi strumentali, infatti, trattandosi di dispositivi di comune utilizzo nelle scuole è stato possibile avvalersi di valori di letteratura e/o derivanti dall'esperienza pregressa in attività svolte in edifici aventi una dotazione analoga.

## ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI	04/2018	DE_Lotto.2-E175_revA-AllegatoE-RelazioneDiCalcolo
02	ALLEGATO E – EXCEL DETTAGLIO DEI CALCOLI	04/2018	DE_Lotto.2-E175_revA-AllegatoE-DettagliDiCalcolo

## ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE	03/2017	DE_Lotto.2-E175_revA-AllegatoF-CertificatoDiConformita

## ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA	03/2018	DE_Lotto.2-E175_revA-AllegatoG-ApeStatoDiFatto

## ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARIO 1	04/2018	DE_Lotto.2-E175_revA-AllegatoH-ApeScenario1
02	ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARIO 2	04/2018	DE_Lotto.2-E175_revA-AllegatoH-ApeScenario2

## ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO I – DATI CLIMATICI	04/2018	DE_Lotto.2-E175_revA-AllegatoI-Dati climatici

## ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT	04/2018	DE_Lotto.2-E175_revA-AllegatoJ-SchedaAudit

## ALLEGATO K – SCHEDE ORE

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO K – SCHEDE ORE	03/2018	DE_Lotto.2-E175_revA-AllegatoK-SchedeOre

## ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO L – PEF SCENARI CON INCENTIVI	04/2018	DE_Lotto.2-E175_revA-AllegatoL-AnalisiPEF_con incentivi
02	ALLEGATO L – PEF SCENARI SENZA INCENTIVI	04/2018	DE_Lotto.2-E175_revA-AllegatoL-AnalisiPEF_senza incentivi

## ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK	04/2018	DE_Lotto.2-E175_revA-AllegatoM-ReportDiBenchmark

**ALLEGATO N – CD-ROM**