

**Scuola Materna "Via Terpi" e Scuola Vespertina "Montesignano"  
E471  
Via Terpi, n°24**

**RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA  
FONDO KYOTO - SCUOLA 3**



Aprile 2018

**COMUNE DI GENOVA  
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER**



# **Scuola Materna "Via Terpi" e Scuola Vespertina "Montesignano"**

**E471**

**Via Terpi, n°24**

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 0105573560 – 5573855; [energymanager@comune.genova.it](mailto:energymanager@comune.genova.it); [www.comune.genova.it](http://www.comune.genova.it)

eFM SpA

Via Laurentina, 455 - 00142 Roma

Tel 06 5400064– [efm@efmnet.com](mailto:efm@efmnet.com)

## REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI

Revisione	Data	Realizzazione	Revisione	Approvazione	Descrizione
00	16/03/2018	Carlotta Mordini Matteo Calvesi	Ing. Luca Grossi – Responsabile Involucro	Ing. Stefano Mazzetti	Prima Pubblicazione
			Ing. Luca Bonanno- Responsabile Impianti		
00	02/08/2018	Carlotta Mordini Matteo Calvesi	Ing. Luca Grossi – Responsabile Involucro	Ing. Stefano Mazzetti	Revisione
			Ing. Luca Bonanno- Responsabile Impianti		

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>1</b>
<b>1 INTRODUZIONE .....</b>	<b>1</b>
1.1 PREMessa .....	1
1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA .....	1
1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO.....	1
1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO.....	2
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO .....	3
1.6 STRUTTURA DEL REPORT .....	6
<b>2 DATI DELL'EDIFICIO.....</b>	<b>7</b>
2.1 INFORMAZIONI SUL SITO .....	7
2.2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE, SOCIO-ECONOMICO E DESTINAZIONE D'USO .....	7
2.3 VERIFICA DEI VINCOLI INTERFERENTI SULLE PARTI DELL'IMMOBILE INTERESSATE DAGLI 'INTERVENTI.....	8
2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO.....	8
<b>3 DATI CLIMATICI .....</b>	<b>9</b>
3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO.....	9
3.2 DATI CLIMATICI REALI.....	10
3.3 ANALISI DELL'ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO .....	11
<b>4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI .....</b>	<b>13</b>
4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO.....	13
4.1.1 <i>Involucro opaco</i> .....	13
4.1.2 <i>Involucro trasparente</i> .....	14
4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/ CLIMATIZZAZIONE INVERNALE.....	15
4.2.1 <b>Sottosistema di emissione</b> .....	15
4.2.2 <b>Sottosistema di regolazione</b> .....	16
4.2.3 <b>Sottosistema di distribuzione</b> .....	17
<b>4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA.</b>	<b>18</b>
4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO/CLIMATIZZAZIONE ESTIVA .....	18
4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA .....	18
4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE .....	18
4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE .....	19
4.8 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DI IMPIANTI DI PRODUZIONE ENERGIA ELETTRICA O COGENERAZIONE .....	19
<b>5 CONSUMI RILEVATI .....</b>	<b>20</b>
5.1 CONSUMI ENERGETICI STORICI PER CIASCUN VETTORE E CONNESSIONE ALLE RETI GAS NATURALE ED ELETTRICA.....	20
5.1.1 <i>Energia termica</i> .....	20
5.1.2 <i>Energia elettrica</i> .....	22
5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI .....	25
<b>6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO.....</b>	<b>29</b>
6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO .....	29
6.1.1 <i>Validazione del modello termico</i> .....	30
6.1.2 <i>Validazione del modello elettrico</i> .....	31
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI.....	31
6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI.....	33
<b>7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO.....</b>	<b>35</b>
7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI .....	35
7.1.1 <i>Vettore termico</i> .....	35
7.1.2 <i>Vettore elettrico</i> .....	38
7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI.....	41
7.3 COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI.....	41



7.4	BASLINE DEI COSTI.....	42
<b>8</b>	<b>IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA .....</b>	<b>44</b>
8.1	DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI .....	44
8.1.1	<b>Impianto riscaldamento.....</b>	<b>44</b>
8.1.2	<i>Involucro trasparente .....</i>	<i>47</i>
8.1.3	<b>Impianto di illuminazione ed impianto elettrico.....</b>	<b>49</b>
<b>9</b>	<b>VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA.....</b>	<b>51</b>
9.1	ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	51
9.2	ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	55
9.3	IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D'INTERVENTO E SCENARI D'INVESTIMENTO .....	61
9.3.1	<i>Scenario 1:Valvole+infissi+Led.....</i>	<i>63</i>
9.3.2	<i>Scenario 2:SCN1(Valvole+infissi+Led)+ Caldaia .....</i>	<i>70</i>
<b>10</b>	<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>77</b>
10.1	<b>RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA.....</b>	<b>77</b>
10.2	<b>RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI .....</b>	<b>77</b>
	<b>ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA.....</b>	<b>1</b>
	<b>ALLEGATO B – ELABORATI .....</b>	<b>1</b>
	<b>ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA .....</b>	<b>1</b>
	<b>ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI .....</b>	<b>1</b>
	<b>ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI .....</b>	<b>1</b>
	<b>ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE .....</b>	<b>1</b>
	<b>ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA .....</b>	<b>1</b>
	<b>ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI.....</b>	<b>2</b>
	<b>ALLEGATO I – DATI CLIMATICI.....</b>	<b>2</b>
	<b>ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT.....</b>	<b>2</b>
	<b>ALLEGATO K – SCHEDE ORE.....</b>	<b>2</b>
	<b>ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI .....</b>	<b>2</b>
	<b>ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK.....</b>	<b>2</b>
	<b>ALLEGATO N – CD-ROM .....</b>	<b>2</b>

## EXECUTIVE SUMMARY

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

Dall'analisi effettuata è emerso che il prelievo termico nel triennio è caratterizzato da un valore minimo pari a 0 smc, e un valore di massimo prelievo pari a 1.657 ed i consumi annui non hanno subito una sostanziale variazione.

Mentre l'analisi dei consumi storici di energia elettrica si basa sui kWh ottenuti dai dati di fatturazione rilevati nello stesso 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.

Dalla modellazione si può notare come la maggior parte dei consumi termici sia da attribuirsi all'utilizzo per il riscaldamento dei locali pertanto gli interventi migliorativi proposti, andranno ad interessare principalmente tali componenti.

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

Anche per la componente elettrica si è potuto notare nei diagrammi come la maggior parte dei consumi sia da attribuirsi all'illuminazione interna dei locali e all'assorbimento legato alle utenze elettriche presenti.

### Caratteristiche dell'edificio oggetto della DE

Tabella 1.1 - Tabella riepilogativa dei dati dell'edificio

PARAMENTO	U.M.	VALORE
Anno di costruzione edificio		1975
Anno di ristrutturazione		Rifacimento copertura per infiltrazioni 2012
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E.7 Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili
Superficie utile riscaldata	[m <sup>2</sup> ]	794,82
Superficie disperdente (S)	[m <sup>2</sup> ]	2.489,79
Volume lordo riscaldato (V)	[m <sup>3</sup> ]	3.002,02
Rapporto S/V	[1/m]	0,83
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m <sup>2</sup> ]	994,30
Superficie lorda aree esterne	[m <sup>2</sup> ]	1456
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m <sup>2</sup> ]	2450
Tipologia generatore riscaldamento		Generatore di calore a combustione
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	136
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	nd
Tipo di combustibile		Gas metano
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler Elettrici
Emissioni CO2 di riferimento <sup>(1)</sup>	[t/anno]	26
Consumo di riferimento Gas Metano <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>th</sub> /anno]	98.822
Spesa annuale Gas Metano <sup>(1)</sup>	[€/anno]	7.263
Consumo di riferimento energia elettrica <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>el</sub> /anno]	13.723
Spesa annuale energia elettrica <sup>(1)</sup>	[€/anno]	3.213

Nota (1): Valori di Baseline

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

- EEM 1: la sostituzione dell'attuale generatore di calore con altro a condensazione ad alta efficienza;
- EEM 2: l'installazione di valvole termostatiche;
- EEM3: La sostituzione degli infissi e vetrate;
- EEM4: l'installazione di un sistema di illuminazione a tecnologia LED.

Tabella 1.2 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria delle misure di efficienza energetica proposte e degli scenari ottimali, caso con incentivi

CON INCENTIVI												
	% $\Delta E$	% $\Delta CO_2$	$\Delta C_E$	$\Delta C_{MO}$	$\Delta C_{MS}$	$I_0$	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]
EEM 1	0%	14%	€ 243,46	-€ 0,30	-€ 0,36	€ 12.543,33	10,5	11,9	15	€ 1.816,73	4,12%	0,14
EEM 2	0%	9%	€ 1,99	-€ 0,30	-€ 0,37	€ 2.732,81	4,1	4,4	15	€ 5.092,09	22,54%	1,86
EEM 3	0%	15%	€ 70,78	-€ 0,30	€ 0,63	€ 99.931,32	33,3	38,3	30	-€ 22.263,92	-1,30%	-0,22
EEM 4	0%	17%	€ 1.566,02	-€ 0,30	€ 0,63	€ 5.832,32	2,8	2,9	8	€ 5.913,62	25,96%	1,01
Scn1	9,6%	12,3%	€ 2.958,00	€ 2.699,00	€ 240,00	€ 108.497,00	-45,4	-152	15	-€ 59.197	n.d.	-54,56
Scn2	9,6%	24,5%	€ 2.958,00	€ 2.684,00	€ 227,00	€ 121.040,00	-37,4	-149,7	25	-€ 63.488	n.d.	-52,45

Figura 1.1 – Scenario 1: analisi finanziaria

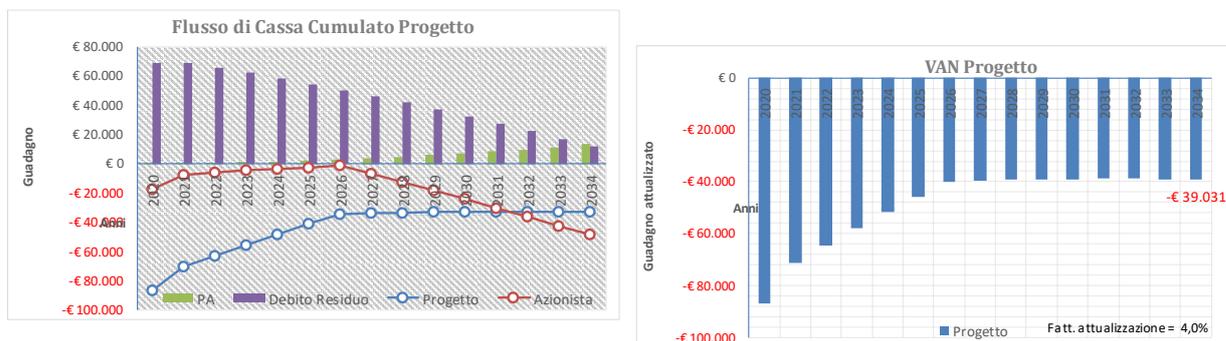
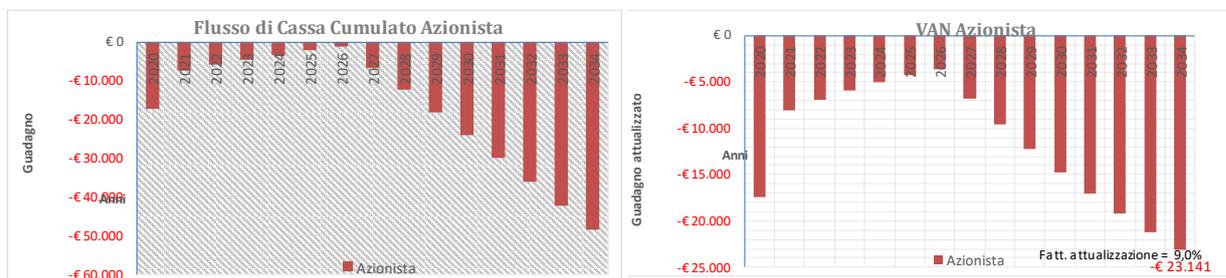


Figura 1.2 – Scenario 2: analisi finanziaria



## 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 i gli attuali consumi, in quanto tali edifici risultano essere particolarmente energivori.

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

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

### 1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA

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

La presente DE si inserisce in questo contesto ed analizza, pertanto, le possibili soluzioni tecniche e contrattuali, che potrebbero portare alla realizzazione di interventi di miglioramento dell'efficienza energetica volti ad una riduzione dei consumi e ad un conseguente abbattimento delle emissioni di 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 25 o a 15 anni.

### 1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO

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

Figura 1.1 - Vista della facciata esposta ad Est



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
Carlotta Mordini, Matteo Calvesi		Sopralluogo in sito
Carlotta Mordini		Elaborazione dei dati relativi ai consumi energetici
Carlotta Mordini		Elaborazione dei dati geometrici ed alla creazione del modello energetico
Ing. Luca Grossi	Responsabile involucro	Revisione report di diagnosi energetica
Ing. Luca Bonanni	Responsabile impianti	Revisione report di diagnosi energetica
Stefano Mazzetti	EGE	Approvazione report di diagnosi energetica
Carlotta Mordini, Matteo Calvesi		Sopralluogo in sito

## 1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO

L'immobile oggetto della DE, catastalmente individuato al NCEU F.41 Mapp. 1470 è sito nel Comune di Genova e più precisamente e più precisamente nell'area Media val Bisagno, in Molassana.

L'edificio è di proprietà del Comune di Genova ed è attualmente adibito a scuola materna e scuola vespertina per taglio e cucito.

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		1975
Anno di ristrutturazione		Rifacimento copertura per infiltrazioni 2012
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E.7 Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili
Superficie utile riscaldata	[m <sup>2</sup> ]	794,82
Superficie disperdente (S)	[m <sup>2</sup> ]	2.489,79
Volume lordo riscaldato (V)	[m <sup>3</sup> ]	3.002,02
Rapporto S/V	[1/m]	0,83
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m <sup>2</sup> ]	994,30
Superficie lorda aree esterne	[m <sup>2</sup> ]	1456
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m <sup>2</sup> ]	2450
Tipologia generatore riscaldamento		Generatore di calore a combustione
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	136
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	nd

Tipo di combustibile		Gas metano
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler Elettrici
Emissioni CO2 di riferimento <sup>(1)</sup>	[t/anno]	26
Consumo di riferimento Gas Metano <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>ti</sub> /anno]	98.822
Spesa annuale Gas Metano <sup>(1)</sup>	[€/anno]	7.263
Consumo di riferimento energia elettrica <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>ei</sub> /anno]	13.723
Spesa annuale energia elettrica <sup>(1)</sup>	[€/anno]	3.213
Anno di costruzione edificio		1975

Nota (1): Valori di Baseline

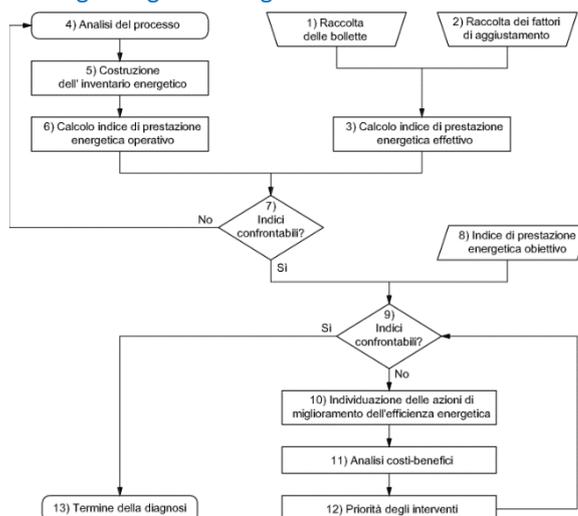
## 1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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 B – Elaborati ;
- 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 24/11/2017 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 Namirial Termo Software versione 4.1.3 in possesso di certificato di conformità rilasciato dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI) Numero certificato CTI n°66 del 15/03/2017 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>rif</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.

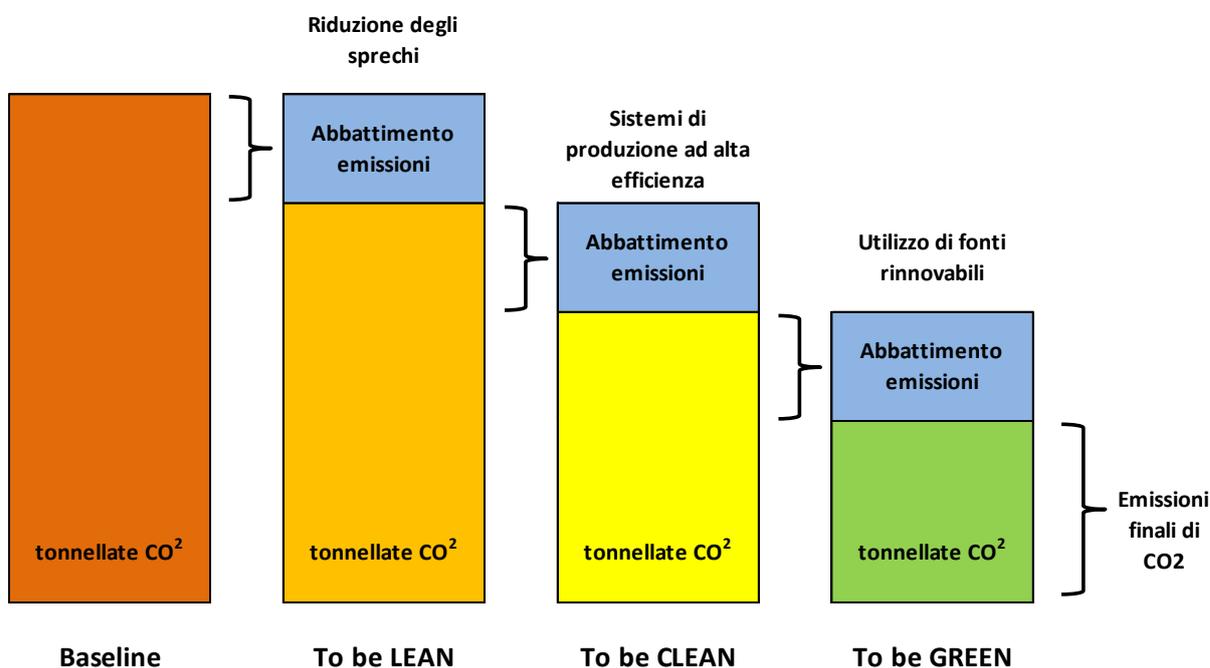
- m) Simulazione del comportamento energetico dell'edificio a seguito dell'attuazione delle varie EEM proposte singolarmente, ed individuazione della nuova classe energetica raggiungibile;
- n) Definizione di due scenari ottimali a partire dalla combinazione delle singole EEM proposte al fine di conseguire un miglioramento del parametro di efficienza energetica dell'edificio superiore a due classi energetiche e tempi di ritorno inferiori uguale rispettivamente a 25 e a 15 anni.
- o) Analisi costi-benefici e di redditività finanziaria derivanti dalla realizzazione delle EEM previste singolarmente, con riferimento ai principali indicatori finanziari ed ai possibili sistemi di incentivazione;
- p) Valutazione economico-finanziaria dei due scenari ottimali previsti, a partire dal "baseline di costi" e con riferimento ai principali indicatori finanziari e di sostenibilità finanziari ed ai possibili sistemi di incentivazione;
- q) Identificazione dell'eventuale canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale attraverso un Energy Performance Contract, con lo scopo di analizzare il possibile interesse nella realizzazione degli interventi studiati, tramite l'intervento di una ESCo;
- r) Realizzazione di una relazione tecnica descrittiva di dettaglio dell'analisi effettuata (Rapporto di DE);
- s) Realizzazione di un report dei Benchmark.

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



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

Figura 1.4 - Principio della Gerarchia Energetica



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 lo sfruttamento di tecnologie ad alto rendimento (es: sostituzione generatore di calore con uno ad alta efficienza, chiller ad alta efficienza, teleriscaldamento, teleraffrescamento, cogenerazione);
- **To be Green:** Produzione di energia da fonti rinnovabili (es: pompe di calore, fotovoltaico, ecc.).

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

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

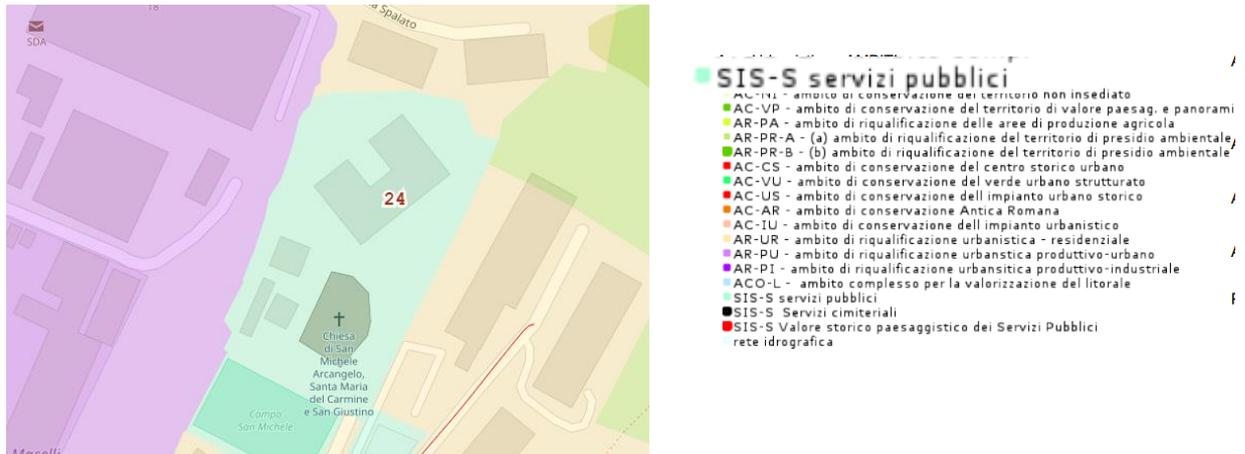
- Una prima parte nella quale sono descritti lo scopo ed i confini della DE e le metodologie di analisi adottate;
- Una seconda parte in cui sono riportate le informazioni dell'edificio rilevate in sede di sopralluogo e le valutazioni effettuate al fine di identificare le caratteristiche tecniche dei 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 SIS -Servizi pubblici.

Figura 2.1 - Particolare estratto dal Piano Urbanistico Comunale



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

L'edificio ove è ubicata la Scuola Materna "via Terpi" e la Scuola Vespertina "Montesignano" è stata realizzata nel 1975. L'edificio è un prefabbricato poggiato su basamento di cemento armato. La destinazione d'uso ai sensi del DPR 412/93 associata all'edificio è E.7 \_Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili. Dal punto di vista urbanistico ricade nell'ambito territoriale "SIS -S Servizi pubblici."

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

L'immobile è sede di una scuola materna e una scuola vespertina che attualmente ospita circa 20 allievi. La riqualificazione energetica dell'edificio permettere una riduzione dei consumi di energia e maggiore confort per i fruitori.

L'edificio ospitante il complesso scolastico oggetto della DE è costituito complessivamente da un piano fuori terra, nei quali si sviluppano le diverse attività didattiche e vespertine.

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)



Tabella2.1 - 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 (unico)	Ingresso, Aule, deposito, servizi igienici	[m <sup>2</sup> ]	994	794.82	nd
<b>TOTALE</b>		[m <sup>2</sup> ]	994	794.82	nd

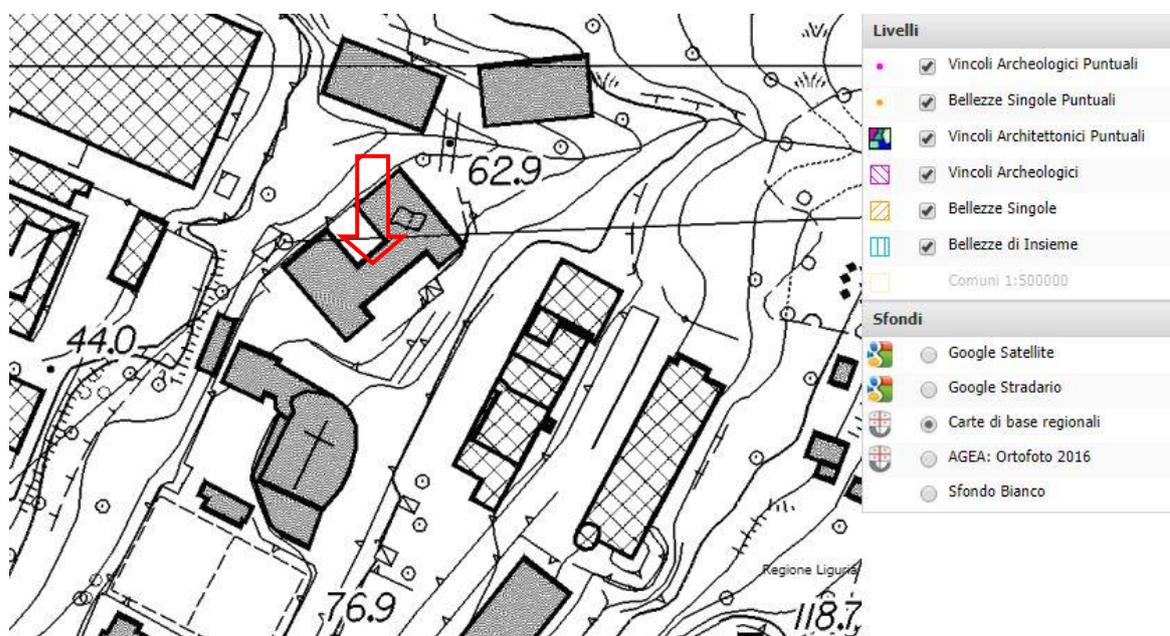
Nota (2): Superficie lorda comprensiva delle zone interne climatizzate e non climatizzate, valutate a partire dalle planimetrie progettuali, opportunamente verificate in fase di sopralluogo

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

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

L'edificio scolastico non ricade in nessuna area soggetta a vincoli architettonici, archeologici, paesaggistici.

Figura 2.3 - Particolare estratto dalla carta dei vincoli



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

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

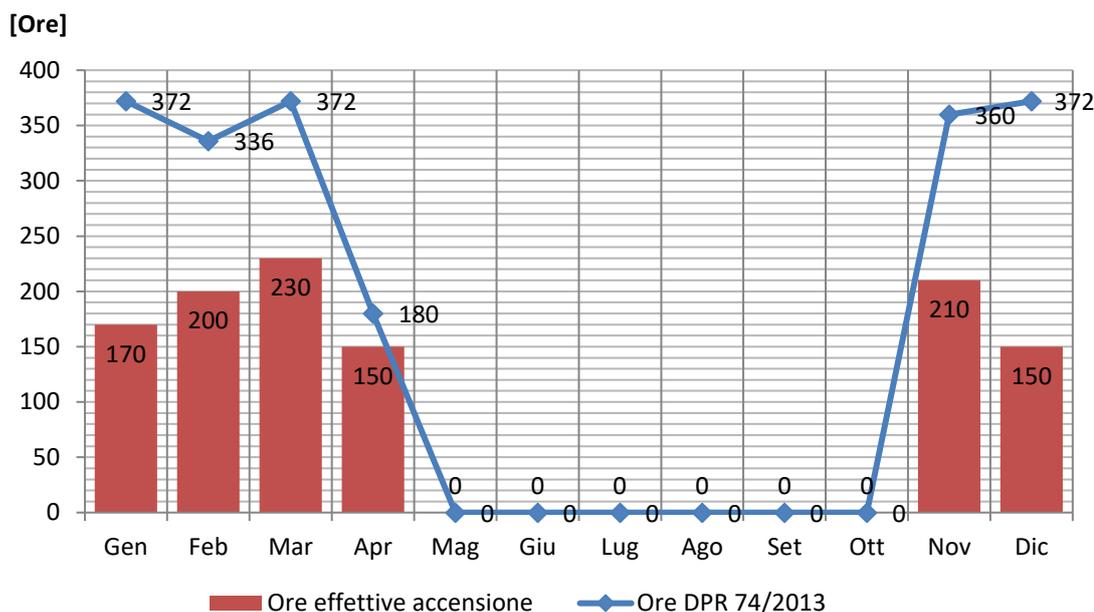
Gli orari di effettivo utilizzo dell'edificio e i periodi di attivazione e spegnimento degli impianti sono stati ricavati tramite intervista al personale.

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

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

PERIODO	GIORNI SETTIMENALI	ORARIO FUNZIONAMENTO EDIFICIO	ORARIO FUNZIONAMENTO IMPIANTO
[16 aprile-31 ottobre]	[dal lunedì al venerdì]	[7.15 – 17.30]	Non attivo
[1 novembre -15 aprile]	[dal lunedì al venerdì]	[7.15 – 17.30]	[6.00 – 16.00]

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 sono strettamente correlati agli orari di espletamento delle lezioni.

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

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

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

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

### 3 DATI CLIMATICI

#### 3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO

L'edificio oggetto della DE è ubicato nel Comune di Genova, il quale ricade nella zona climatica D, a cui corrispondono 1421 **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 1421GGdi riferimento, valutati in condizioni standard di utilizzo dell'edificio, come la sommatoria, estesa a tutti i giorni del periodo annuale di riscaldamento compreso tra il 1 Novembre e il 15 Aprile, delle sole differenze positive giornaliere tra la temperatura interna di 20°C e quella esterna giornaliera media mensile riportata in Tabella 3.1.

Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.2, i GG sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 921 GGcalcolati su 111 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 5.1.1.

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

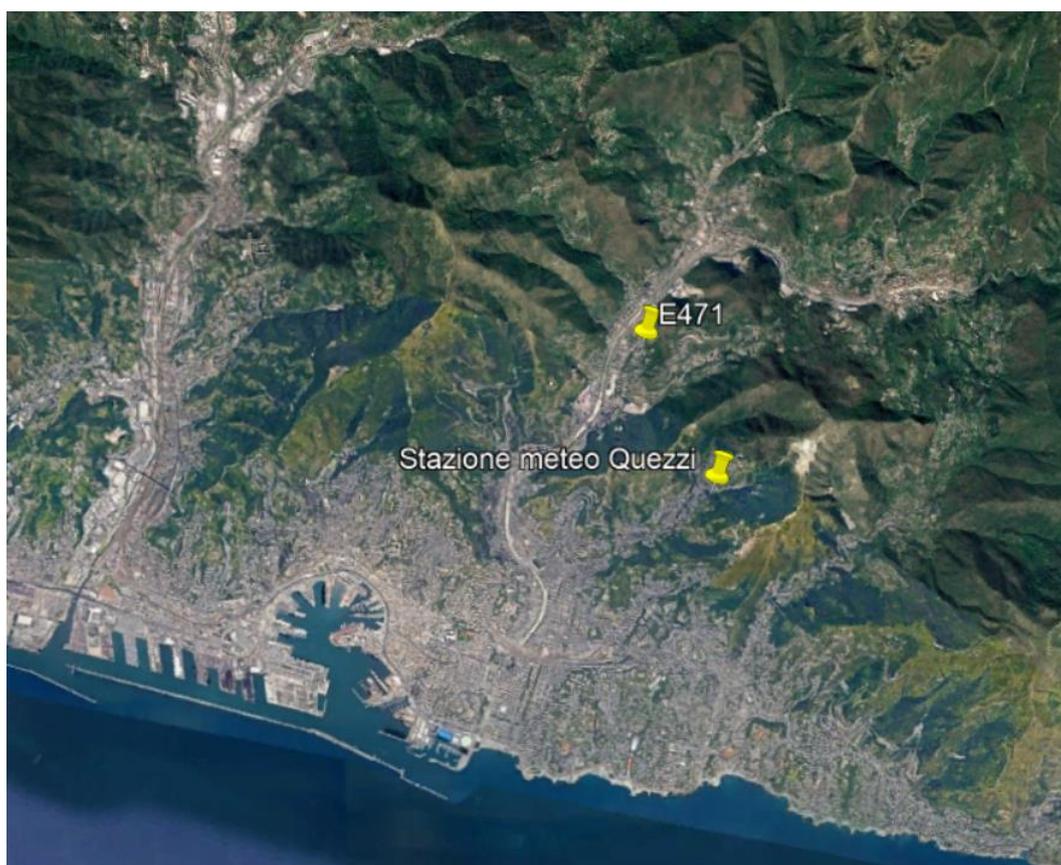
Mese	GIORNI MENSILI	TEMPERATURA ESTERNA UNI 10349:2016 [°C]	GIORNI RISCALDAMENTO [g/m]	GG	GIORNI DI UTILIZZO [g/m]	GIORNI RISCALDAMENTO EFFETTIVI [g/m]	GG <sub>rif</sub>	PROFILO DI INCIDENZA
Gennaio	31	10,4	31	298	17	17	163	18%
Febbraio	28	10,5	28	266	20	20	190	21%
Marzo	31	11,1	31	276	23	23	205	22%
Aprile	30	15,3	15	71	19	15	73	8%
Maggio	31	18,7	-	-	22	-	-	0%
Giugno	30	22,4	-	-	21	-	-	0%
Luglio	31	24,6	-	-	10	-	-	0%
Agosto	31	23,6	-	-	-	-	-	0%
Settembre	30	22,2	-	-	15	-	-	0%
Ottobre	31	18,2	-	-	22	-	-	0%
Novembre	30	13,3	30	201	21	21	141	15%
Dicembre	31	10,0	31	310	15	15	150	16%
<b>TOTALE</b>	<b>365</b>	<b>16,7</b>	<b>166</b>	<b>1421</b>	<b>205</b>	<b>111</b>	<b>921</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 temperature 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 di Genova – Quezzi.

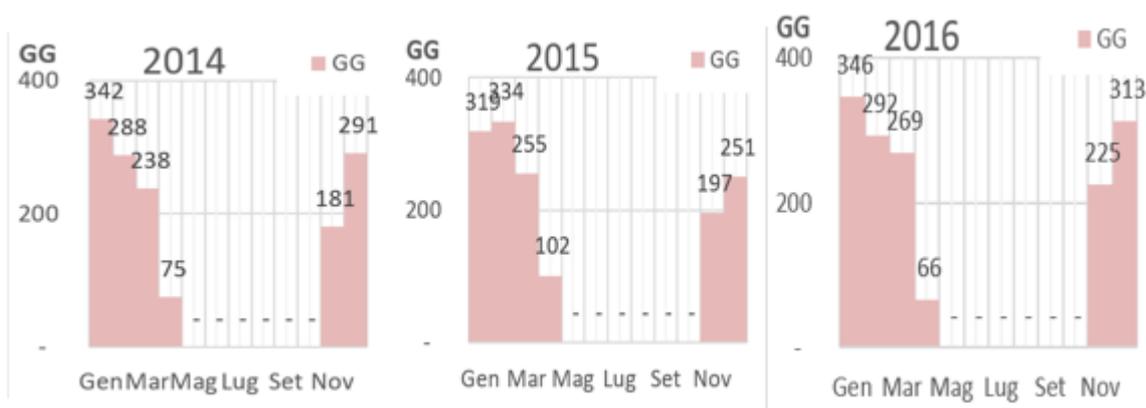
Figura 3.1 – Posizionamento della centralina meteo climatica rispetto all’edificio oggetto di DE



### 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.

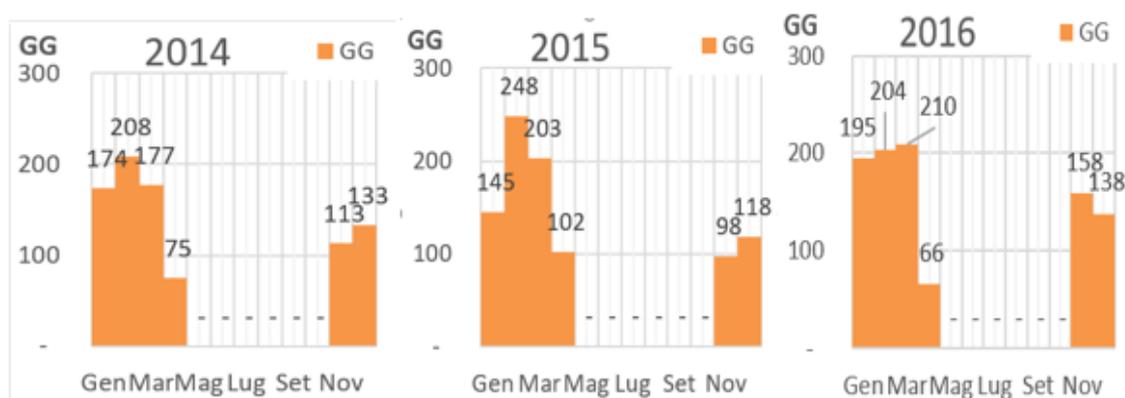
Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell’impianto, come riportato nella Tabella 2.2, i GG reali sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell’impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 843 GG calcolati su 100 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<sub>real</sub> ai fini del processo di normalizzazione di cui al capitolo 5.1.1.

Figura 3.2 - Andamento mensile dei GG<sub>reali</sub>, valutati in condizioni di effettivo utilizzo degli impianti, per il triennio di riferimento



## 4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI

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

#### 4.1.1 Involucro opaco

L'involucro edilizio opaco che costituisce l'edificio è costituita da struttura prefabbricata in acciaio ricoperta da lamiera grecata coibentata (o con intercapedine) La copertura del tipo piano invece è rifinita con manto impermeabile. La struttura poggia su basamento in cemento armato con intercapedine.

Figura 4.1 - Particolare della porzione di involucro opaco



Questa soluzione realizzata incide profondamente sul comportamento termico dell'edificio in termini di comfort termico all'interno degli ambienti e quindi di consumi per il riscaldamento, essendo un involucro poco massivo.

Figura 4.2 - Particolare della facciata est



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

- Rilievo termografico

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni.

Le analisi termografiche effettuate hanno permesso di rilevare in maniera efficace le dispersioni termiche associate all'involucro edilizio. Le indagini sono state eseguite nel periodo invernale e durante le ore diurne in accordo con la norma UNI 13187. La differente tonalità cromatica delle immagini è legata molto spesso alla diversa emissività dei corpi analizzati, in particolare nel caso delle componenti vetrate.

Le immagini termografiche, relative al prospetto, non hanno messo in evidenza particolari ponti termici o disomogeneità della struttura. L'involucro edilizio è caratterizzato in generale, da un isolamento termico uniforme.

Figura 4.3 –Rilievo termografico delle pareti



I dettagli delle indagini diagnostiche effettuate sono riportate all'Allegato C – Report di Indagine Termografica. L'allegato D – Report Relativi ad altre prove diagnostiche strumentali non presente in quanto non è stata svolta nessun'altra prova diagnostica strumentale.

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

Tabella 4.1 – Trasmittanze termiche dei componenti dell'involucro opaco

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	SPESSORE	ISOLAMENTO	TRASMITTANZA TERMICA	STATO DI CONSERVAZIONE
		[cm]		[W/m <sup>2</sup> K]	
Copertura	COP1	25	[Presente]	0,40	[Buono]
Parete verticale	M1	20	[Presente]	0.35	[Buono]
Basamento	BAS	25	n.d.	0.40	[Buono]

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

#### 4.1.2 Involucro trasparente

L'involucro trasparente che costituisce l'edificio è composto da serramenti con telaio in alluminio e vetri singoli.

Lo stato di conservazione degli stessi è sufficiente, tale da non comprometterne il comfort all'interno dell'edificio.

Figura 4.4 - Particolare dei serramenti



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
- Misura tramite spessivetro dello spessore dei vetri e delle camere d'aria.

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- Il comportamento dell'infisso ai fini dello scambio termico è discreto, più critico è l'isolamento tra infisso e parete.

Figura 4.5 –Rilievo termografico dei serramenti



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

Tabella 4.2 – Trasmittanze termiche dei componenti dell'involucro trasparente

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	DIMENSIONI [HXL] [cm]	TIPO TELAIO	TIPO VETRO	TRASMITTANZA TERMICA [W/mqK]	STATO DI CONSERVAZIONE
Serramento verticale		200x170	Alluminio	Vetro singolo	2.50	sufficiente
Serramento verticale		200x250	Alluminio	Vetro singolo	2.50	sufficiente
Serramento verticale		30x30	Alluminio	Vetro singolo	2.50	sufficiente
Serramento verticale		75x170	Alluminio	Vetro singolo	2.50	sufficiente

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

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

L'impianto di riscaldamento degli ambienti è costituito da un generatore di calore a combustione alimentato a gas metano, che distribuisce calore agli ambienti tramite una rete di radiatori nei quali viene introdotta acqua calda.

### 4.2.1 Sottosistema di emissione

Il sottosistema di emissione è costituito dalle seguenti tipologie di terminali: radiatori in metallo posti solitamente al di sotto delle finestre, sulle murature esterne.

Figura 4.6 - Vista d'insieme dell'aula con i radiatori sotto finestra



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
Zona termica unica	Radiatori a parete	97%

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

Tabella 4.4 - Riepilogo caratteristiche dei radiatori installati

PIANO	TIPO DI INSTALLAZIONE	NUMERO	POTENZA TERMICA UNITARIA	POTENZA TERMICA COMPLESSIVA
Terra			[kW]	[kW]
Edificio E471	Radiatore e a parete	50	0.77	40
				40

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

#### 4.2.2 Sottosistema di regolazione

La regolazione del funzionamento dell'impianto termico avviene attraverso l'impostazione di una centralina con sistema di regolazione con impostazione della curva climatica indipendente. Al momento del sopralluogo (periodo invernale) era impostata a 21°C.]

Si tratta del sistema di regolazione più semplice. La regolazione a punto fisso garantisce all'impianto una temperatura del fluido di mandata costante. Il valore viene impostato manualmente attraverso una valvola termostatica.

Il limite maggiore è la necessità, da parte dell'utilizzatore, di dover regolare l'impianto ogni volta che variano le condizioni esterne. Per ridurre questa esigenza si è diffusa la consuetudine di tarare la valvola termostatica sulla temperatura di progetto (uguale alla massima temperatura necessaria nel giorno più freddo dell'inverno) e di montare sui circuiti dell'impianto attuatori elettrotermici comandati da termostati di zona. Il termostato confronta la temperatura impostata dall'utilizzatore con quella presente e, se la temperatura in ambiente supera quella impostata, toglie corrente

all'attuatore che chiude il/i circuito/i. Così facendo all'avvicinarsi alla temperatura di comfort viene progressivamente ridotto il calore fornito con l'effetto di ridurre l'oscillazione della temperatura ambiente

#### 4.2.3 Sottosistema di distribuzione

Il sottosistema di distribuzione è costituito da un unico circuito primario di collegamento tra le unità polivalenti ed i due collettori caldo e freddo (fluido termovettore acqua).

E' presente un'unica pompa di circolazione per la linea mandata acqua calda del tipo elettropompa gemellare di potenza elettrica pari a 0.37 kWe.

Le caratteristiche della pompa di circolazione a servizio del circuito primario sono riportate nella Tabella 4.5.

Tabella 4.5 - Riepilogo caratteristiche pompe circuito primario

NOME		SERVIZIO	PORTATA <sup>(5)</sup> [m <sup>3</sup> /h]	PREVALENZA <sup>(6)</sup> [kPa]	POTENZA ASSORBITA <sup>(7)</sup> [kW]
Pompa di circolazione	EG01	mandata acqua calda a collettore	8	42	0.37
TOTALE			8	42	0.37

Nota (5): Valori ricavati da dati di targa

Nota (6): Valori ricavati da dati di targa

Nota (7): Valori ricavati da dati di targa

Le temperature del fluido termovettore all'interno del circuito primario sono riportate nella Tabella 4.6.

Tabella 4.6 – Temperature di mandata e ritorno del circuito primario

CIRCUITO			TEMPERATURA RILEVATA <sup>(8)</sup> °C	TEMPERATURA CALCOLO °C
Circuito principale 1	Mandata	Caldo	57	70
Circuito principale 1	Ritorno	Caldo	40	55

Nota (5): Valori utilizzati nel modello di calcolo

Nota (6): Valori ricavati in sede di sopralluogo

Nota (8): Valori rilevati

#### 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. La produzione è eseguita tramite bollitori elettrici ad accumulo installati localmente nei servizi igienici a ad uso del personale e degli alunni dell'istituto scolastico.

Figura 4.7 - Particolare del 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 4.7.

Tabella 4.7 – Rendimenti dell'impianto di produzione acqua calda sanitaria

Sottosistema di Erogazione	Sottosistema di Distribuzione	Sottosistema di Ricircolo	Sottosistema di Accumulo	Sottosistema di Generazione	Rendimento Globale medio stagionale
100%	85.7	n.d	nd	75%	7.5-%

Il rendimento caratteristico dei sottosistemi dell'impianto di produzione acqua calda sanitaria è 75%. 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

Non presente

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

Non presente

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

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

Tali tipologie di utenze sono state raggruppate insieme ed identificate con la denominazione di forza elettromotrice (FEM) e sono riportate nella Tabella 4.8.

Tabella 4.8 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA NOMINALE [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]	ORE ANNUE DI UTILIZZO [ore]
Zona termica unica	PC f	1	30	30	560
Zona termica unica	frigo	1	480	480	49728
Zona termica unica	stampante	2	35	70	60
Zona termica unica	Macchine per cucire	17	20	340	560

#### 4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE

L'impianto di illuminazione è costituito da neon, fluorescenti a medio consumo in plafoniere collegate direttamente al controsoffitto. Tutti gli ambienti presentano la stessa tipologia di impianto di illuminazione, ovvero:

- Lampade a neon in plafoniere installate a soffitto.

Figura 4.8 - Particolare dei corpi illuminanti



L'elenco e le caratteristiche dei corpi illuminanti sono riportate nella Tabella 4.9.

Tabella 4.9 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA UNITARIA [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]
[Zona 1]	neon fluorescenti 2x36	85	72	6120
[Zona 1]	neon fluorescenti 1x36	6	36	216

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.



Figura 4.9 - Particolare dei corpi illuminanti corridoio

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

Non esiste impianto di produzione elettrica.

## 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 (non disponibili consumi del gas), 2015 e 2016.

I vettori energetici analizzati sono i seguenti:

- Gas metano;
- Energia elettrica.

#### 5.1.1 Energia termica

Il vettore termico utilizzato per il riscaldamento dell'edificio è il gas metano

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

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

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

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

La fornitura di Gas metano avviene tramite la presenza di un unico contatore il quali risulta a servizio dei seguenti utilizzi:

- Centrale termica per il riscaldamento degli ambienti della Zona 1;

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

L'analisi dei consumi storici di Gas metano si basa sulla base de 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	2014	2015	2016
		[Sm <sup>3</sup> ]	[Sm <sup>3</sup> ]	[Sm <sup>3</sup> ]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
PDR:3270002026310	Riscaldamento	5945	2949	6556	56.002	27.777	61.758

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

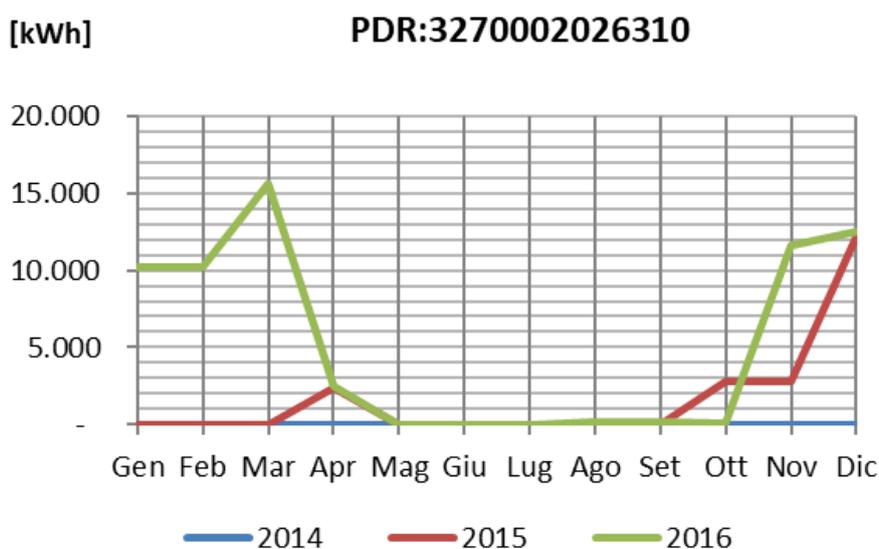
I consumi fatturati dalla società di fornitura sono riportati nella Tabella 5.3.

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

PDR: PDR:3270002026310	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Mese	[Sm <sup>3</sup> ]	[Sm <sup>3</sup> ]	[Sm <sup>3</sup> ]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	n.d.	n.d.	1.088	n.d.	n.d.	10.244
Febbraio	n.d.	n.d.	1.088	n.d.	n.d.	10.244
Marzo	n.d.	n.d.	1.657	n.d.	n.d.	15.609
Aprile	n.d.	249	269	n.d.	2.344	2.534
Maggio	n.d.	0	-	n.d.	2	-
Giugno	n.d.	0	-	n.d.	2	-
Luglio	n.d.	0	-	n.d.	2	-
Agosto	n.d.	0	16	n.d.	2	151
Settembre	n.d.	0	15,0	n.d.	2	141
Ottobre	n.d.	294	7,0	n.d.	2.769	66
Novembre	n.d.	294	1.236	n.d.	2.769	11.643
Dicembre	n.d.	1.295	1.330	n.d.	12.199	12.529
Totale	n.d.	2.133	6.705	n.d.	20.091	63.161

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

Figura 5.1 – Andamento mensile dei consumi termici fatturati



Dall'analisi effettuata è emerso che il prelievo del vettore termico è massimo nei periodi invernali e tende a zero nei periodi estivi in quanto il gas metano è utilizzato esclusivamente per il riscaldamento.

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 GGreali del triennio di riferimento ed i GG di riferimento come valutati al Capitolo 3, definendo il fattore di normalizzazione  $\bar{a}_{rif}$  come di seguito riportato:

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

Dove:

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

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

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

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

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

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

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

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

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	Ggreali su 111 giorni reali di occupazione	GGRif	Consumo Reale [Smc]	Potere calorifico inferiore [kWh/Nmc]	Fattore di conversione [Smc/Nmc]	Potere calorifico inferiore [kWh/Smc]	Consumo Reale [kWh]	Fattore di normalizzazione $\alpha_{rif}$	Consumo normalizzato a 1421 GG [kWh]
2014	880	921	5.945	9,94	1,0549	9,42	56.018	63,7	58.666
2015	914	921	2.949	9,94	1,0549	9,42	27.788	30,4	28.021
2016	971	921	6.556	9,94	1,0549	9,42	61.775	63,6	58.607
<b>Media</b>	<b>922</b>	<b>921</b>	<b>5.150</b>				<b>58.897</b>	<b>63,9</b>	<b>58.885</b>

Come si può notare dai dati riportati il valore dei consumi per il 2015 è notevolmente inferiore alla media degli altri due anni presi in riferimento. Per tale motivo il valore di baseline è stato calcolato sulla media dei consumi registrati per l'anno 2014 e l'anno 2016.

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

Tabella 5.5 – Individuazione della Baseline termica

GRANDEZZA	VALORE [Kwh]
$\bar{Q}_{ACS}$	
$\bar{Q}_{ALTRO}$	
$\bar{a}_{rif} \times GG_{rif}$	58.885
$Q_{baseline}$	<b>58.885</b>

### 5.1.2 Energia elettrica

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

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

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

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

POD	ZONA SERVITA	2014 [kWh]	2015 [kWh]	2016 [kWh]	MEDIA [kWh]
IT001E00097373	Scuola materna e scuola vespertina	12.022	13.291	15.856	13.723
<b>TOTALE</b>					<b>13.723</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-E471) e sono da ritenersi analoghi.

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

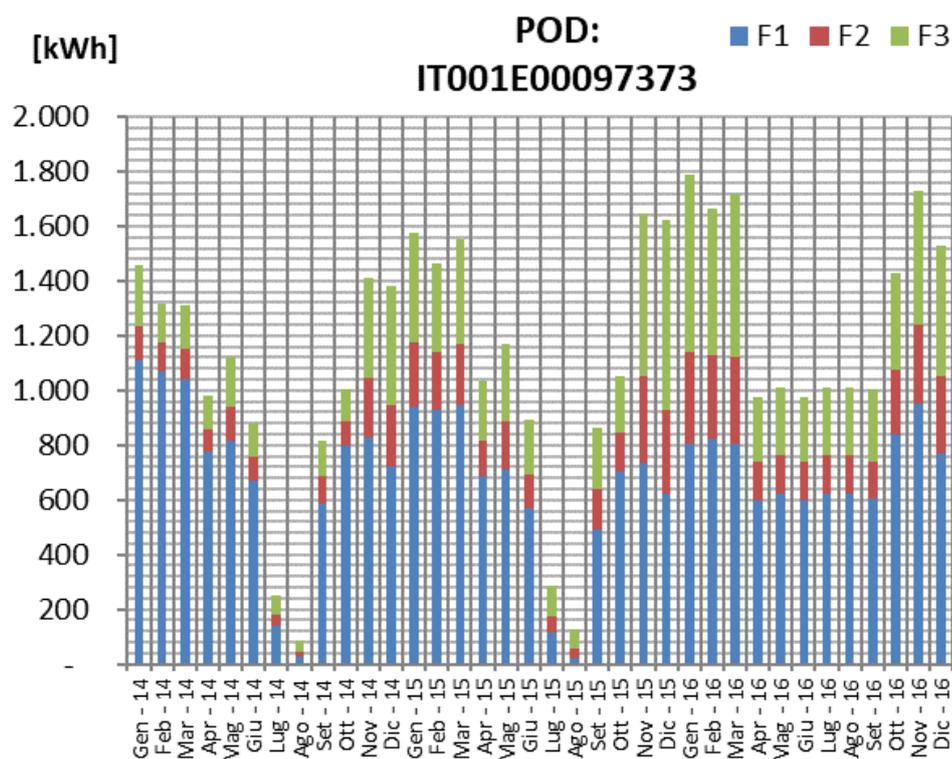
Si è pertanto definito un consumo  $EE_{baseline}$  pari a 13723 kWh

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

POD IT001E00097373	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 14	1.113	120	223	1.456
Feb - 14	1.070	106	141	1.317
Mar - 14	1.041	114	157	1.312
Apr - 14	773	85	126	984
Mag - 14	819	123	178	1.120
Giu - 14	671	85	123	879
Lug - 14	139	41	68	248
Ago - 14	26	21	41	88
Set - 14	587	97	132	816
Ott - 14	796	93	116	1.005
Nov - 14	829	216	368	1.413
Dic - 14	724	220	440	1.384
<b>Totale</b>	<b>8.588</b>	<b>1.321</b>	<b>2.113</b>	<b>12.022</b>
POD IT001E00097373	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 15	938	235	404	1.577
Feb - 15	930	208	327	1.465
Mar - 15	948	224	381	1.553
Apr - 15	685	133	216	1.034
Mag - 15	710	178	279	1.167
Giu - 15	567	126	199	892
Lug - 15	113	60	113	286
Ago - 15	22	33	71	126
Set - 15	494	146	226	866
Ott - 15	702	145	206	1.053
Nov - 15	732	319	595	1.646
Dic - 15	619	309	698	1.626
<b>Totale</b>	<b>7.460</b>	<b>2.116</b>	<b>3.715</b>	<b>13.291</b>

POD IT001E00097373	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 16	807	334	650	1.791
Feb - 16	824	306	533	1.663
Mar - 16	804	318	597	1.719
Apr - 16	601	138	238	977
Mag - 16	622	144	246	1.012
Giu - 16	601	139	238	978
Lug - 16	622	143	246	1.011
Ago - 16	621	144	246	1.011
Set - 16	602	139	264	1.005
Ott - 16	840	238	350	1.428
Nov - 16	952	287	490	1.729
Dic - 16	771	280	481	1.532
<b>Totale</b>	<b>8.667</b>	<b>2.610</b>	<b>4.579</b>	<b>15.856</b>

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.

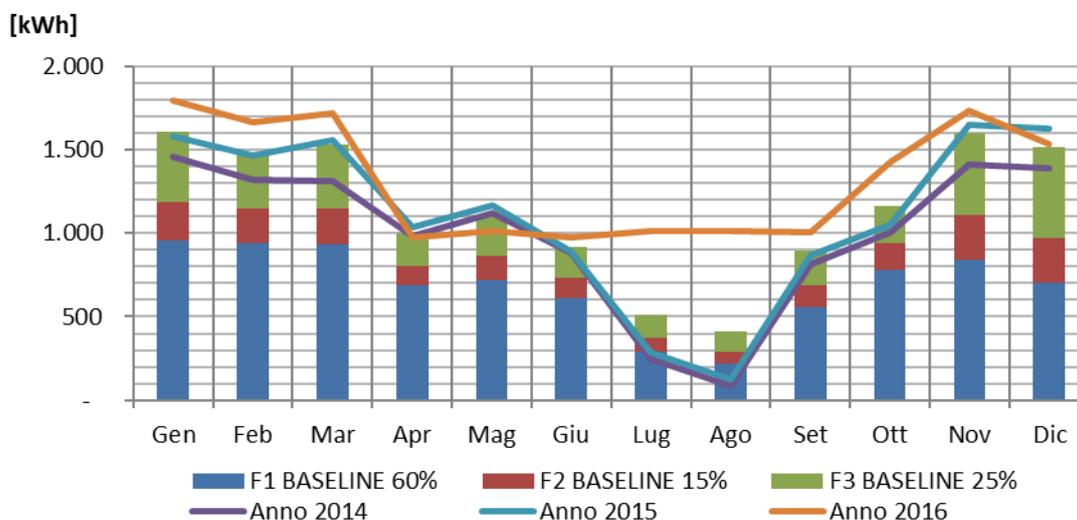
Tali valori sono riportati nella Tabella 5.8.

Tabella 5.8 – Consumi mensili di Baseline

BASELINE	F1	F2	F3	TOTALE
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	953	230	426	1.608
Febbraio	941	207	334	1.482
Marzo	931	219	378	1.528
Aprile	686	119	193	998
Maggio	717	148	234	1.100
Giugno	613	117	187	916
Luglio	291	81	142	515
Agosto	223	66	119	408
Settembre	561	127	207	896
Ottobre	779	159	224	1.162
Novembre	838	274	484	1.596
Dicembre	705	270	540	1.514
<b>Totale</b>	<b>8.238</b>	<b>2.016</b>	<b>3.469</b>	<b>13.723</b>

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

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



I profili di prelievo mensili nel triennio di riferimento presentano andamenti confrontabili nei tre anni di riferimento.

## 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

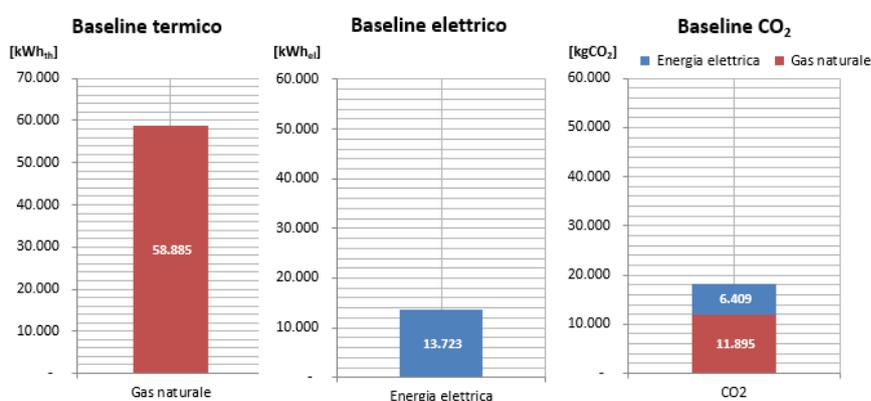
\* da "Linee Guida Patto dei Sindaci" per anno 2010

Applicando tali fattori di conversione è stato possibile valutare la Baseline delle emissioni di CO<sub>2</sub>, come riportato nella Tabella 5.10 e nella Figura 5.4.

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

COMBUSTIBILE	CONSUMO DI BASELINE [kWh]	FATTORE DI CONVERSIONE [kgCO <sub>2</sub> /kWh]	EMISSIONI DI CO <sub>2</sub> [kgCO <sub>2</sub> ]
Gas naturale	58.885	0,202	11.895
Energia elettrica	13.723	0,467	6.409

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 5, in funzione dei fattori riportati nella Tabella 5.12.

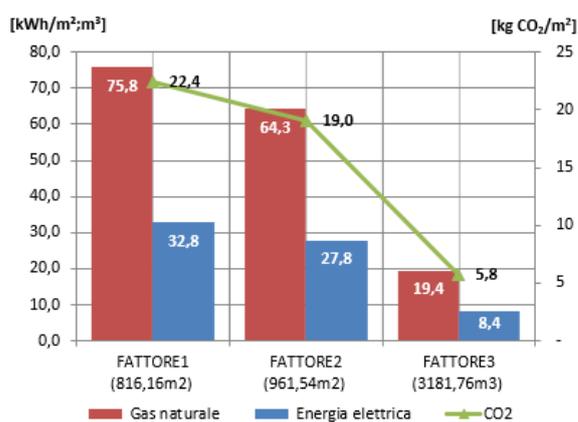
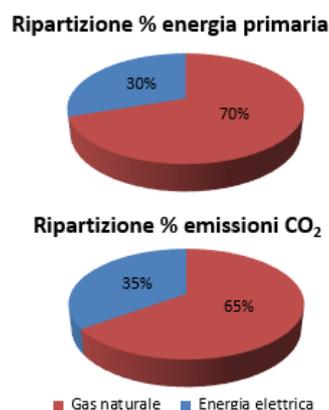
Tabella 5.12 – Fattori di riparametrizzazione

PARAMETRO		VALORE	U.M.
FATTORE 1	Superficie netta riscaldata	816,16	m <sup>2</sup>
FATTORE 1	Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	961,54	m <sup>2</sup>
FATTORE 1	Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate)	3.181,76	m <sup>3</sup>

Nella Tabella 5.13 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 non rinnovabile

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE [kWh/anno]	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA A 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	58.885	1,05	61.829	75,8	64,3	19,4	14,57	12,37	3,74
Energia elettrica	13.723	1,95	26.760	32,8	27,8	8,4	7,85	6,66	2,01
<b>TOTALE</b>			<b>88.589</b>	<b>109</b>	<b>92</b>	<b>28</b>	<b>22</b>	<b>19</b>	<b>6</b>

Figura 5.5–Indicatori di performance e relative emissioni di CO<sub>2</sub> valutati in funzione della superficie utile riscaldataFigura 5.6–Ripartizione % dei consumi 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 riscaldata 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 5.14–Indicatori di performance energetici

COMBUSTIBILE	IEN <sub>R</sub>			IEN <sub>E</sub>		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
		Wh/(m <sup>3</sup> GG anno)		Wh/(m <sup>3</sup> anno)		
Gas Naturale	nd	10,565	11,876			
Energia elettrica				10,885	12,034	14,357

E' stato quindi possibile effettuare un raffronto con le classi di merito riportate nelle suddette Linee Guida ENEA- FIRE, ottenendo una classe di merito per il riscaldamento buono e per l'energia elettrica sufficiente.

## 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.

Tabella 6.1–Indicatori di performance energetica e ambientali ricavati dalla modellazione (valutazione in modalità standard di utilizzo)

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale non rinnovabile	EP <sub>gl,nren</sub>	kWh/mq anno	149,5	149,5
Climatizzazione invernale	EP <sub>H</sub>	kWh/mq anno	106,4	106,2
Produzione di acqua calda sanitaria	EP <sub>w</sub>	kWh/mq anno	0,3	0,2
Ventilazione	EP <sub>v</sub>	kWh/mq anno	0,0	0,0
Raffrescamento	EP <sub>c</sub>	kWh/mq anno	0,0	0,0
Illuminazione artificiale	EP <sub>L</sub>	kWh/mq anno	53,5	43,1
Trasporto di persone e cose	EP <sub>T</sub>	kWh/mq anno	0,0	0,0

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

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	CONSUMO
	[m <sup>3</sup> /anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	6298	59.326
Energia Elettrica		13.897

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 a  $Q_{baseline}$  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)	$E_T + E_{altro}^{(*)}$
Perdite al trasformatore	$E_{trasf}^{(*)}$
Energia elettrica esportata dall'impianto a fonti rinnovabili	$E_{exp,el}$

Nota (\*) Tale contributo non è definito all'interno delle norme UNITS 11300 pertanto è stato valutato dall'Auditor

### 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 i profili reali di utilizzo.

Nella Tabella 6.4 sono riportati gli indicatori di performance energetica ricavati dalla modellazione dell'edificio in modalità "Adattata all'utenza".

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale non rinnovabile	$EP_{gl,nren}$	kWh/mq anno	104,7	109,6
Climatizzazione invernale	$EP_H$	kWh/mq anno	82,2	81,3
Produzione di acqua calda sanitaria	$EP_w$	kWh/mq anno	8,2	7,7
Ventilazione	$EP_v$	kWh/mq anno	0,0	0,0
Raffrescamento	$EP_c$	kWh/mq anno	0,0	0,0
Illuminazione artificiale	$EP_L$	kWh/mq anno	16,6	15,7
Trasporto di persone e cose	$EP_T$	kWh/mq anno	0,0	0,0

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

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	
	[mc/anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	6.251	58.885
Energia Elettrica		13.723

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

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

$Q_{teorico}$	$Q_{baseline}$	Congruità
[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
59.326	58.885	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 ( $EE_{baseline}$ ) così come definito al precedente capitolo 5.1.2 ed il fabbisogno teorico ( $EE_{teorico}$ ) derivante dalla modellazione energetica.

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

$EE_{teorico}$	$EE_{baseline}$	Congruità
[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
13.897	13.723	1%

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

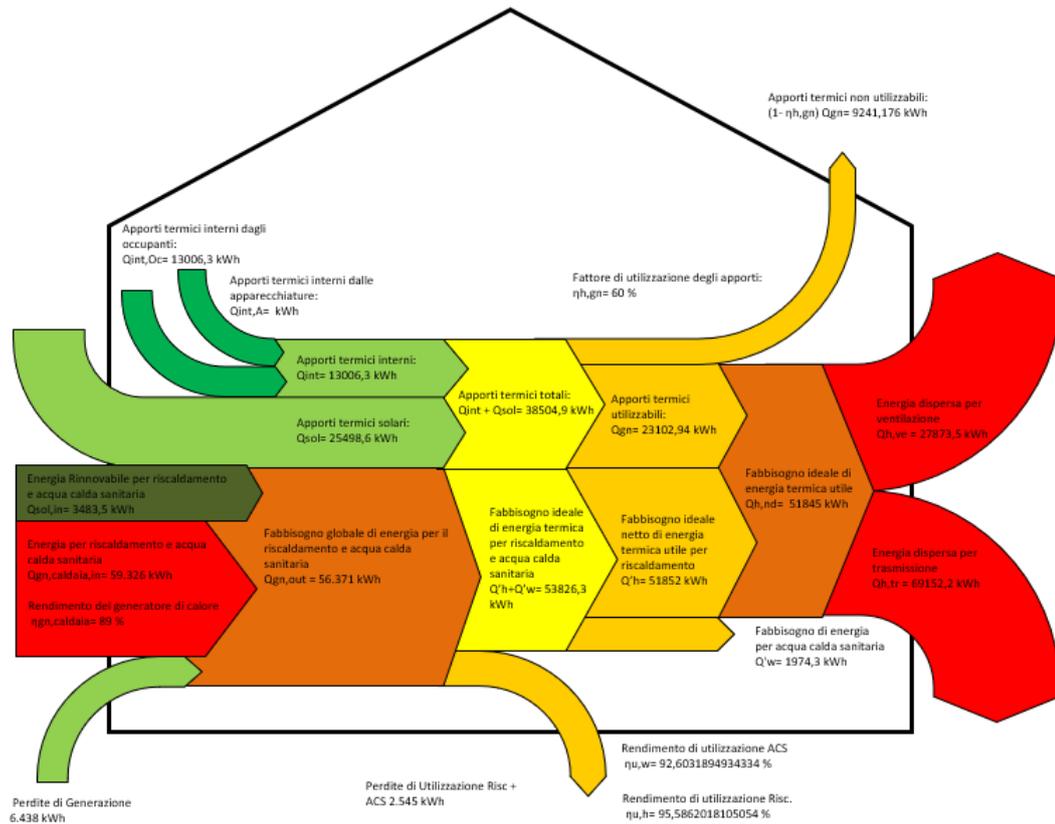
## 6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

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.

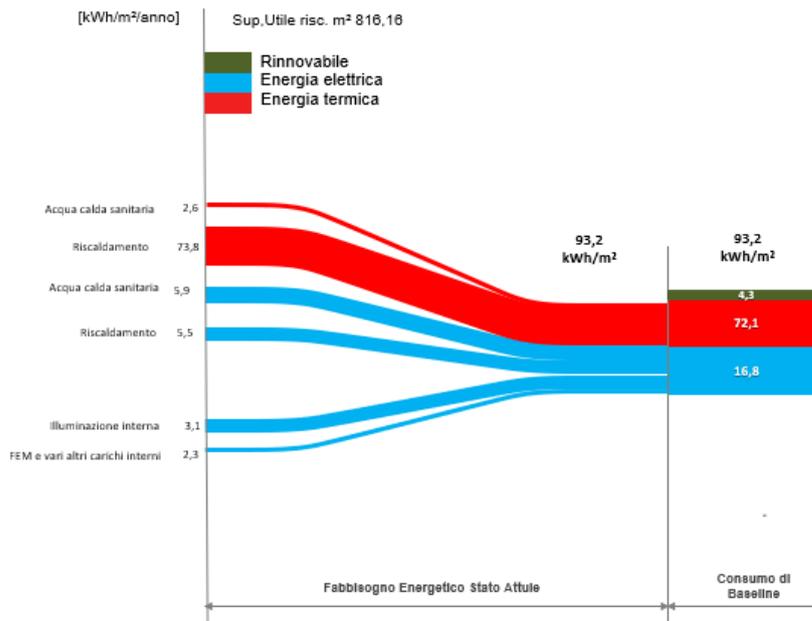
I risultati del bilancio energetico termico sono stati rappresentati nella forma di diagramma di Sankey riportato in Figura 6.1

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



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

Figura 6.2 – Bilancio energetico complessivo dell'edificio allo stato attuale



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

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

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

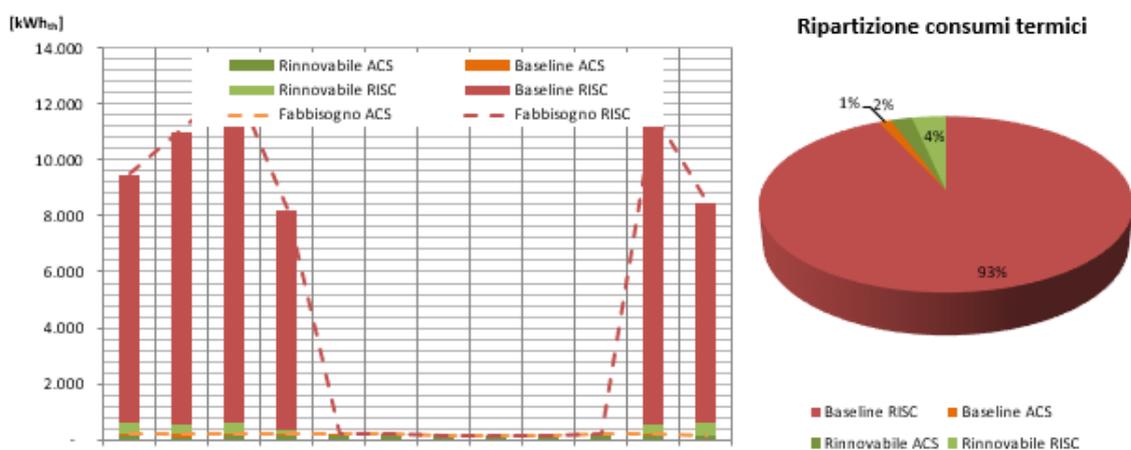
Nel caso in cui, invece i consumi teorici siano inferiori rispetto alla Baseline il termine “Altro – Congruità” rappresenta la differenza per eccesso tra i consumi specifici di Baseline ed i consumi teorici.

### 6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI

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

Il confronto tra i due profili è riportato in Figura 6.2.

Figura 6.2 – Confronto tra il profilo mensile del Baseline Termico e il profilo mensile dei GG rif



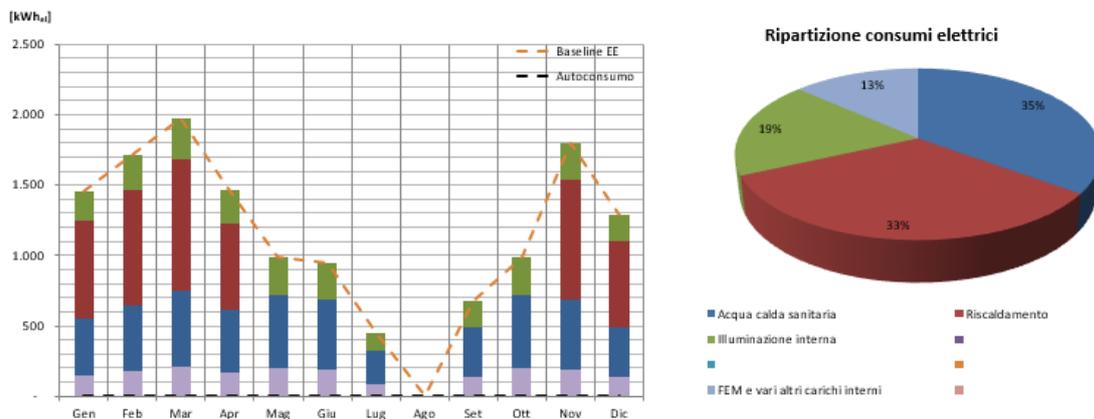
Si può notare come la maggior parte dei consumi termici sia da attribuirsi all'utilizzo per il riscaldamento dei locali nei periodi invernali di accensione dell'impianto

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

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

I risultati di tale valutazione sono riportati nella Figura 6.3.

Figura 6.3 – Andamento mensile dei consumi elettrici ricavati dalla modellazione energetica, ripartiti tra i vari utilizzi



Si può notare come la maggior parte dei consumi sia da attribuirsi all'utilizzo degli impianti di riscaldamento e alla utilizzazione dei boiler per la produzione dell'acqua calda sanitaria.

## 7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO

### 7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI

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

#### 7.1.1 Vettore termico

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

- PDR 1 – 3270002026310: contratto di fornitura del solo 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 7.1 si riportano le principali caratteristiche del contratto di fornitura del vettore termico per gli anni di riferimento.

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

PDR: 3270002026310	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura			
Dati di intestazione fattura	Comune di Genova	Comune di Genova	Comune di Genova
Società di fornitura	nd	Eni	Energetic
Inizio periodo fornitura	nd	01/04/2015	01/04/2016
Fine periodo fornitura	01/04/2015	01/04/2016	01/04/2017
Classe del contatore	nd	CLASSE CORRETTORE (G0004)	con correttore automatico
Tipologia di contratto	nd	Utenze con attività di servizio pubblico	Punto di riconsegna per usi diversi
Opzione tariffaria (*)	nd	oP1208	nd
Valore del coefficiente correttivo dei consumi	nd	1	1
Potere calorifico inferiore convenzionale del combustibile	nd	38,190 (superiore)	38,972(Sup)
Prezzi di fornitura del combustibile (*) (IVA INCLUSA)	nd	0,25 €/Smc	0,19 €/Smc

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

Nota (\*): 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 l'Amministrazione aderisce al mercato libero dell'energia.

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

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

PDR: 3270002026310	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gennaio	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Febbraio	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Marzo	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Aprile	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Maggio	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Giugno	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Luglio	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Agosto	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Settembre	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ottobre	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Novembre	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Dicembre	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
<b>Totale</b>	<b>n.d.</b>	<b>n.d.</b>	<b>n.d.</b>	<b>n.d.</b>	<b>n.d.</b>	<b>n.d.</b>	<b>n.d.</b>	<b>n.d.</b>
PDR: 3270002026310	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gennaio	272,16	27,81	128,91	177,84	133,48	740,20	10.244	0,072
Febbraio	316,00	27,81	192,05	154,10	151,79	841,75	10.244	0,082
Marzo	294,58	27,81	192,05	308,20	180,98	1.003,62	15.609	0,064
Aprile	141,58	23,89	58,45	94,12	69,97	388,01	2.344	0,17
Maggio	-	23,89	-	0,04	5,26	29,19	2	15,81
Giugno	-	23,89	-	0,04	5,26	29,19	2	15,81
Luglio	0,27	23,89	0,12	0,04	5,35	29,67	2	16,06
Agosto	-	23,89	0,12	0,04	5,29	29,34	2	15,89
Settembre	38,00	23,89	16,57	0,04	17,27	95,77	2	51,85
Ottobre	77,53	23,89	34,44	54,69	41,92	232,47	2.769	0,08
Novembre	199,35	23,89	125,21	240,87	129,65	718,97	2.769	0,26
Dicembre	323,30	23,89	112,01	219,94	149,41	828,55	12.199	0,07
<b>Totale</b>	<b>1.662,77</b>	<b>298,44</b>	<b>859,93</b>	<b>1.249,96</b>	<b>895,64</b>	<b>4.966,74</b>	<b>56.189</b>	<b>0,09</b>
PDR: 3270002026310	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gennaio	272,16	27,81	128,91	177,84	133,48	740,20	10.244	0,07
Febbraio	316,00	27,81	192,05	154,10	151,79	841,75	10.244	0,08
Marzo	294,58	27,81	192,05	308,20	180,98	1.003,62	15.609	0,06
Aprile	52,14	26,85	32,12	50,03	35,45	196,59	2.534	0,08
Maggio	-	26,85	-	-	5,91	32,76	-	-
Giugno	-	26,85	-	-	5,91	32,76	-	-
Luglio	-	26,85	-	-	5,91	32,76	-	-
Agosto	3,25	26,85	1,94	2,98	7,70	42,72	151	0,28

Settembre	3,04	26,85	1,81	2,79	7,59	42,08	141	0,30
Ottobre	1,58	26,85	0,76	1,30	6,71	37,20	66	0,56
Novembre	278,54	26,85	108,54	229,90	141,64	785,47	11.643	0,07
Dicembre	298,54	26,85	113,96	247,38	151,08	837,81	12.529	0,07
<b>Totale</b>	<b>1.519,83</b>	<b>325,08</b>	<b>772,14</b>	<b>1.174,52</b>	<b>834,15</b>	<b>3.791,57</b>	<b>63.161</b>	<b>0,06</b>

Nel grafico in Figura 7.1 è riportato l'andamento del costo unitario del vettore termico nel triennio di riferimento e per le mensilità dell'anno 2017 per cui è stato possibile ricavare i costi unitari forniti dall'AEEGSI.

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

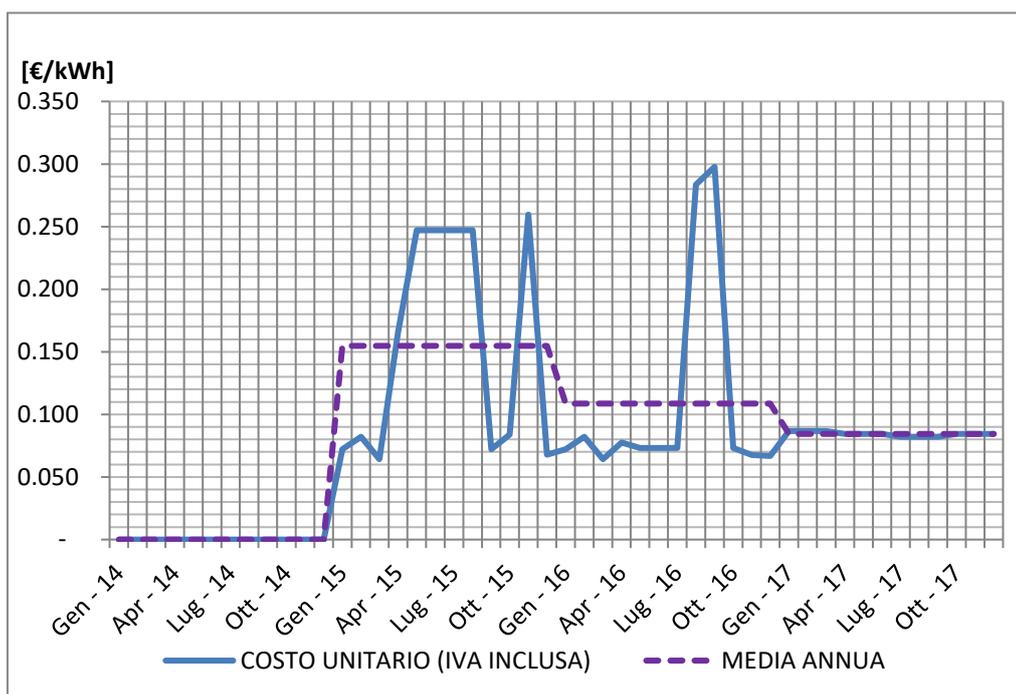
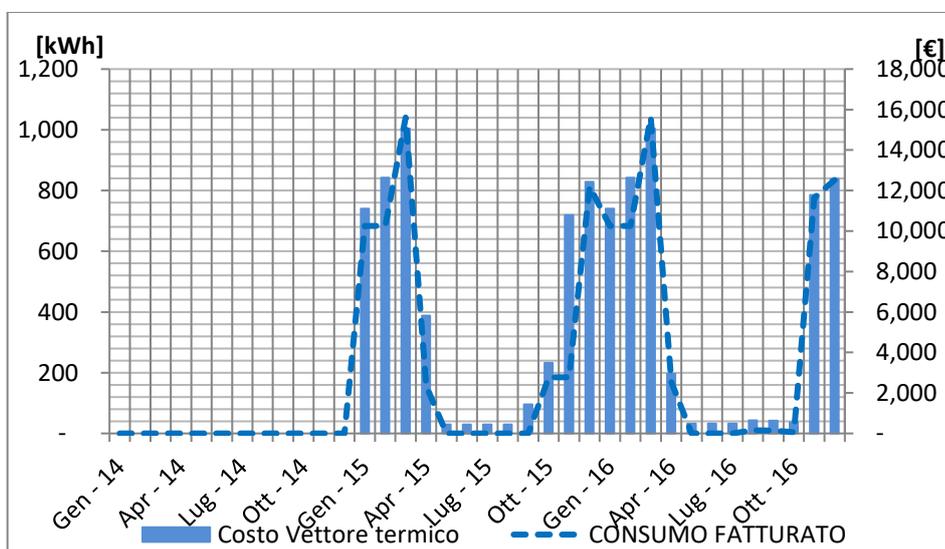


Figura 7.2 – Andamento dei consumi e dei costi dell'energia termica



Dall'analisi effettuata risulta evidente che l'andamento dei costi è analogo nei due anni di riferimento.

### 7.1.2 Vettore elettrico

La fornitura del vettore elettrico avviene tramite un unico POD, come di seguito elencato:

- POD 1 – IT001E00097373: 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 7.3 si riportano le principali caratteristiche del contratto di fornitura del vettore termico per gli anni di riferimento.

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

POD:IT001E00097373	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura			
Dati di intestazione fattura	Comune di Genova	Comune di Genova	Comune di Genova
Società di fornitura	Edison	Gala	Iren
Inizio periodo fornitura	01/10/2013	01/04/2015	01/04/2016
Fine periodo fornitura	31/03/2015	31/03/2016	31/03/2017
Potenza elettrica impegnata	53 kW	53 kW	53 kW
Potenza elettrica disponibile	53 kW	53 kW	53 kW
Tipologia di contratto	Forniture in BT	CONSIP EE12 - Lotto 2	CONSIP13 VERDE - L0390
Opzione tariffaria <sup>(1)</sup>	Genova-2013-NEW	CONSIP EE12 - Lotto 2	[...]
Prezzi del fornitura dell'energia elettrica <sup>(2)</sup>	0,071	0,055	0,048

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

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

Dalle informazioni riportate nella tabella si può desumere che l'Amministrazione aderisce al mercato libero dell'energia elettrica.

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

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

POD: IT001E00097 373	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen – 14	109,65	17,05	149,32	18,20	67,00	361,22	1.456	0,248
Feb – 14	100,45	17,06	144,09	16,46	63,47	341,53	1.317	0,259
Mar – 14	99,69	16,96	144,49	16,40	63,33	340,88	1.312	0,260
Apr – 14	74,60	17,25	117,35	12,30	50,43	271,93	984	0,276
Mag – 14	84,09	19,29	126,00	14,00	55,47	298,85	1.120	0,267
Giu – 14	66,39	15,13	108,90	10,99	45,84	247,25	879	0,281

## E471– Scuola Materna "Via Terpi" e Scuola Vespertina "Montesignano"

Lug – 14	17,97	21,26	54,31	12,64	24	130,59	248	0,527
Ago – 14	6,00	1,43	25,15	1,10	7,55	41,23	88	0,469
Set – 14	61,19	13,05	93,57	10,20	40,56	218,57	816	0,268
Ott – 14	76,43	14,73	115,70	12,56	50	269,45	1.005	0,268
Nov – 14	102,88	20,72	153,69	17,66	67	362,17	1.413	0,256
Dic – 14	99,09	20,31	143,41	17,30	-	280,11	1.384	0,202
<b>Totale</b>	<b>898,42</b>	<b>194,24</b>	<b>1.375,98</b>	<b>159,81</b>	<b>535,32</b>	<b>3.163,77</b>	<b>12.022</b>	<b>3,58</b>
<b>POD: IT001E00012 345</b>	<b>QUOTA ENERGIA</b>	<b>ONERI DI SISTEMA  PARTE FISSA</b>	<b>ONERI DI SISTEMA  PARTE VARIABILE</b>	<b>IMPOSTE</b>	<b>IVA</b>	<b>TOTALE</b>	<b>CONSUMO FATTURATO</b>	<b>COSTO UNITARIO  (IVA INCLUSA)</b>
<b>ANNO 2015</b>	<b>[€]</b>	<b>[€]</b>	<b>[€]</b>	<b>[€]</b>	<b>[€]</b>	<b>[€]</b>	<b>[KWH]</b>	<b>[€/kWh]</b>
Gen – 15	114,98	20,56	161,10	19,71	-	316,35	1.577	0,20
Feb – 15	107,85	19,36	149,83	18,31	67,46	362,81	1.465	0,25
Mar – 15	113,61	20,51	153,86	19,41	70,23	377,62	1.553	0,24
Apr – 15	43,20	12,83	101,69	12,93	38,53	209,18	1.034	0,20
Mag – 15	46,87	14,53	114,69	14,59	43,03	233,70	1.167	0,20
Giu – 15	34,28	11,07	90,72	11,15	33,18	180,40	892	0,20
Lug – 15	11,16	3,12	24,56	3,58	9,59	52,01	286	0,18
Ago – 15	5,03	1,37	13,65	1,58	4,87	26,49	126	0,21
Set – 15	29,31	9,46	90,77	10,83	31,55	171,92	866	0,20
Ott – 15	33,94	8,69	109,83	13,16	37,21	202,83	1.053	0,19
Nov – 15	56,89	14,56	161,69	20,58	57,12	310,84	1.646	0,19
Dic – 15	92,79	14,32	157,31	20,33	64,77	349,51	1.626	0,21
<b>Totale</b>	<b>689,90</b>	<b>150,38</b>	<b>1.329,70</b>	<b>166,16</b>	<b>457,52</b>	<b>2.793,66</b>	<b>13.291</b>	<b>0,21</b>
<b>POD: IT001E00012 345</b>	<b>QUOTA ENERGIA</b>	<b>ONERI DI SISTEMA  PARTE FISSA</b>	<b>ONERI DI SISTEMA  PARTE VARIABILE</b>	<b>IMPOSTE</b>	<b>IVA</b>	<b>TOTALE</b>	<b>CONSUMO FATTURATO</b>	<b>COSTO UNITARIO  (IVA INCLUSA)</b>
<b>ANNO 2016</b>	<b>[€]</b>	<b>[€]</b>	<b>[€]</b>	<b>[€]</b>	<b>[€]</b>	<b>[€]</b>	<b>[KWH]</b>	<b>[€/kWh]</b>
Gen – 16	57,68	20,40	162,37	22,39	59,15	321,99	1.791	0,180
Feb – 16	48,51	19,35	152,50	20,79	54,16	295,31	1.663	0,178
Mar – 16	46,83	19,57	156,84	21,49	54,91	299,64	1.719	0,174
Apr – 16	31,65	15,74	53,99	12,21	25,71	139,31	977	0,143
Mag – 16	36,12	16,33	54,30	12,65	27,10	146,50	1.012	0,145
Giu – 16	37,70	15,85	54,00	12,23	27,21	147,00	978	0,150
Lug – 16	46,03	21,26	54,31	12,64	30,58	164,82	1.011	0,163
Ago – 16	38,47	21,25	54,30	12,64	28,75	155,41	1.011	0,154
Set – 16	45,36	21,78	119,94	49,91	53,18	290,17	1.005	0,289
Ott – 16	81,14	23,04	58,65	17,85	41,61	222,29	1.428	0,156
Nov – 16	108,40	27,53	61,54	21,61	50,68	269,76	1.729	0,156
Dic – 16	91,41	24,05	59,77	19,15	44,86	239,24	1.532	0,156
<b>Totale</b>	<b>669,31</b>	<b>246,15</b>	<b>1.042,51</b>	<b>235,56</b>	<b>497,90</b>	<b>2.691,43</b>	<b>15.856</b>	<b>0,170</b>

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

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

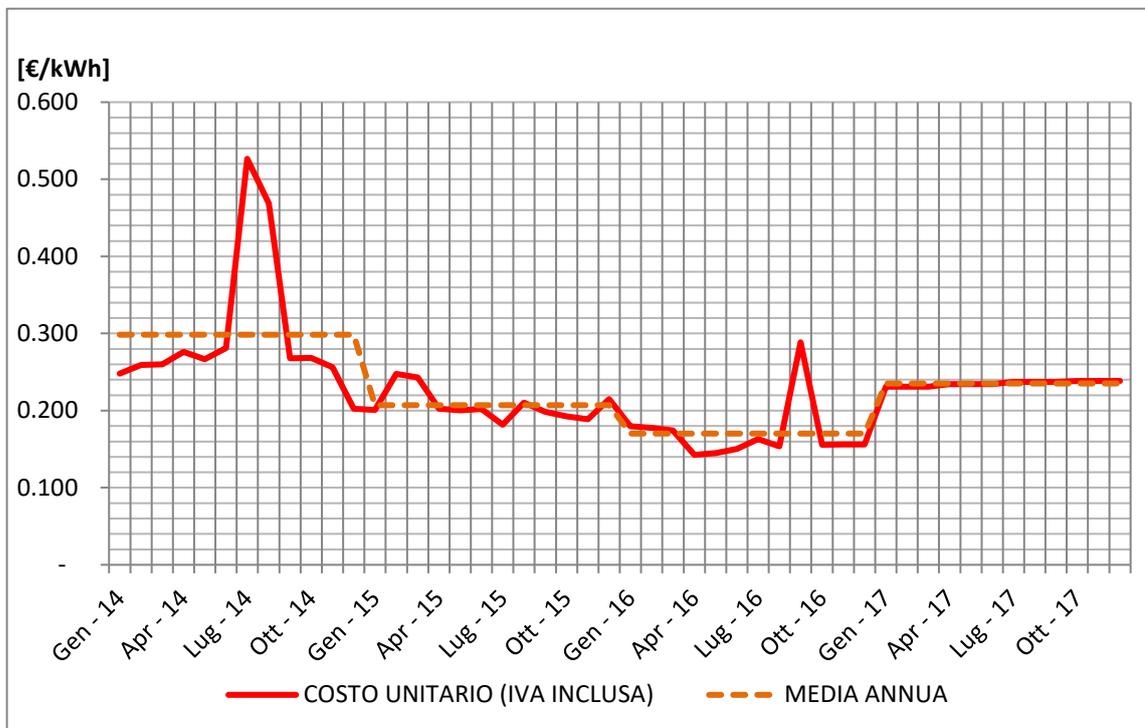
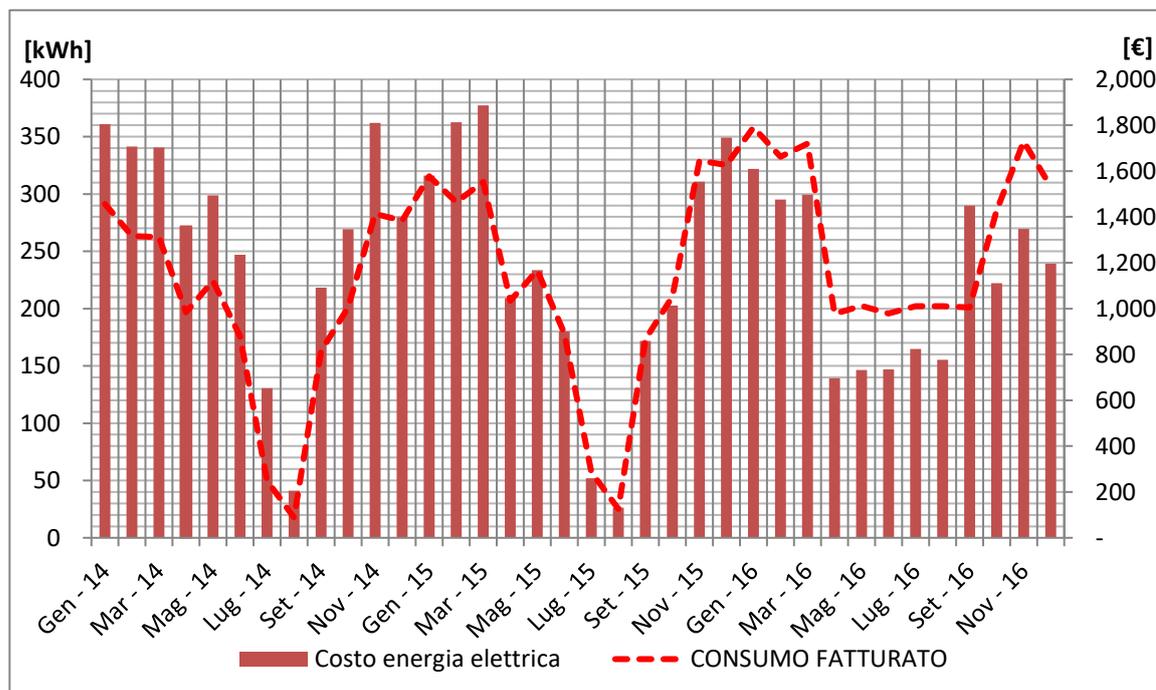


Figura 7.4 – Andamento dei consumi e dei costi dell'energia elettrica



Dall'analisi effettuata risulta evidente che l'andamento dei costi nei tre anni di riferimento non ha subito variazioni rilevanti.

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

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

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

Tabella 7.5– Sintesi dei consumi nel triennio di riferimento

ANNO	VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			TOTALE
	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[€]
2014	nd	nd	nd	12.022	3.163	0.30	
2015	56.189	4.966	0.09	13.2911	2.793	0.21	7.759
2016	63.161	3.792	0.06	15.856]	2.691	0.17	6.483
Media	59.675	4379	0.07	13.723	2.883	0.22	

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

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo unitario dell'energia termica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	C <sub>Uq</sub>	0,086 [€/kWh]
Costo unitario dell'energia elettrica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	C <sub>UEE</sub>	0,239 [€/kWh]

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

## 7.3 COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI

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

L1-042-199: servizio di conduzione e manutenzione caldaia con potenza > 35 kW

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

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

Tali servizi prevedono il pagamento di un canone annuale da parte della PA pari a 3.156 €.

Nel caso di impianti non oggetto di fornitura di energia, il costo della manutenzione  $C_M$  è pari al valore contrattuale della conduzione e manutenzione ( $C_{SIE3}$ ) come fornito all'interno del file kyotoBaseline-E471. In questo caso i costi della manutenzione sono ripartiti in una quota ordinaria ( $C_{MO}$ ) e in una quota straordinaria ( $C_{MS}$ ) come segue:

$$\begin{aligned} C_{MS} &= 0.1 \times C_M \\ C_{MO} &= 0.9 \times C_M \end{aligned}$$

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:

$$\begin{aligned} C_{MS} &= 0.21 \times C_M \\ C_{MO} &= 0.79 \times C_M \end{aligned}$$

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

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo per la gestione e manutenzione ordinaria	Corrispettivo annuale relativo al contratto O&M in essere	$C_{MO}$ 2.841	[€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Media relativa a gli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici	$C_{MS}$ 316	[€/anno]

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

## 7.4 BASELINE DEI COSTI

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

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

Per la componente energetica vale la seguente formula:

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

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

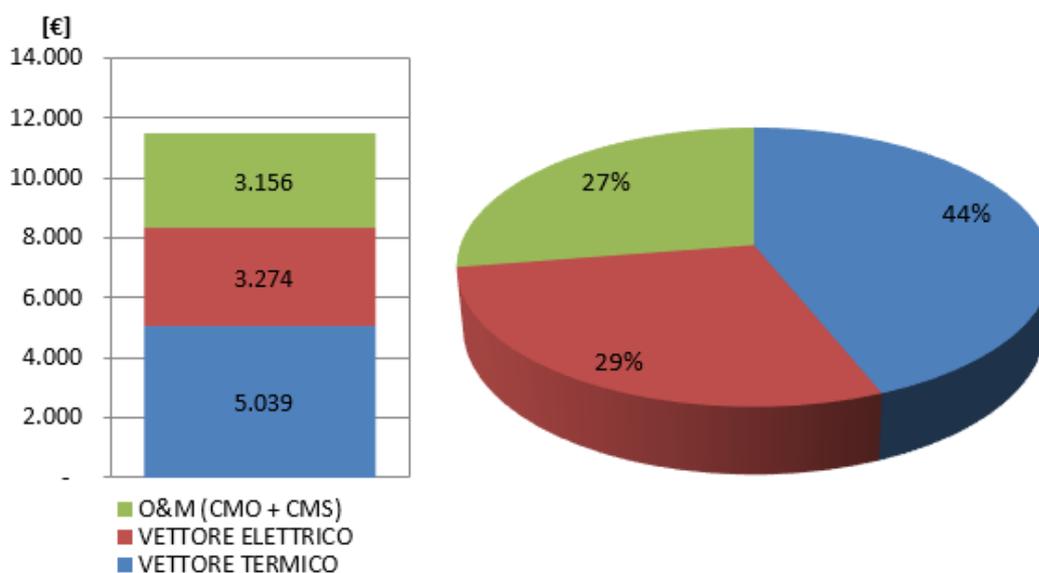
$$C_{baseline} = C_E + C_{MO} + C_{MS}$$

Ne risulta quindi un  $C_E$  pari a €8.313 e un  $C_{baseline}$  pari a € 11.470.

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

VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )			TOTALE
Q <sub>baseline</sub>	C <sub>UQ</sub>	C <sub>Q</sub>	EE <sub>baseline</sub>	C <sub>UEE</sub>	C <sub>EE</sub>	C <sub>M</sub>	C <sub>MO</sub>	C <sub>MS</sub>	CQ+CEE+CM
[kWh ]	[€/kWh]	[€]	[kWh ]	[€/kWh]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
58.885	0,086	5.039	13.723	0,239	3.274	3.156	2.841	316	11.469

Figura 7.5 – Baseline dei costi e loro ripartizione



## 8 IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA

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

#### 8.1.1 Impianto riscaldamento

##### EEM1: Sostituzione del generatore di calore con altro ad alta efficienza

###### Generalità

La misura prevede la sostituzione del generatore attualmente installato con un generatore di calore a condensazione ad alta efficienza al fine di migliorare il rendimento di generazione.

L'installazione di un generatore di calore a condensazione ad alta efficienza consente di aumentare il rendimento di generazione, inteso come rapporto tra l'energia termica fornita al sistema di distribuzione e l'energia termica in ingresso al generatore.



###### Caratteristiche funzionali e tecniche

L'intervento prevede la sostituzione del generatore a combustione attuale con uno a più alta efficienza di tipo a condensazione. In particolare l'intervento consiste nell'installazione di un nuovo sistema di produzione e distribuzione del calore di centrale.

Il generatore è completo di rampa a gas, organi di sicurezza e controllo, circolatore elettronico circuito primario, separatore idraulico, interfaccia sistema di controllo centrale.

Si prevede inoltre la sostituzione del bruciatore esistente con altro bruciatore di tipo modulante, con regolazione climatica direttamente su di esso.

Nei costi di intervento sono state considerate tutte le opere accessorie (smaltimento della centrale presente, rifacimento impianto elettrico di centrale, addolcitore, nuovo sistema di regolazione, nuovo sistema di distribuzione del fluido vettore, ecc.)

###### Descrizione dei lavori

L'installazione deve essere effettuata da personale tecnico specializzato che rilasci una garanzia di conformità di installazione del prodotto rispetto alle specifiche tecniche.

La manutenzione deve essere realizzata con tecniche e prodotti compatibili con la resistenza chimica, fisica e meccanica del materiale e devono essere seguite le procedure di pulizia indicate dai produttori.

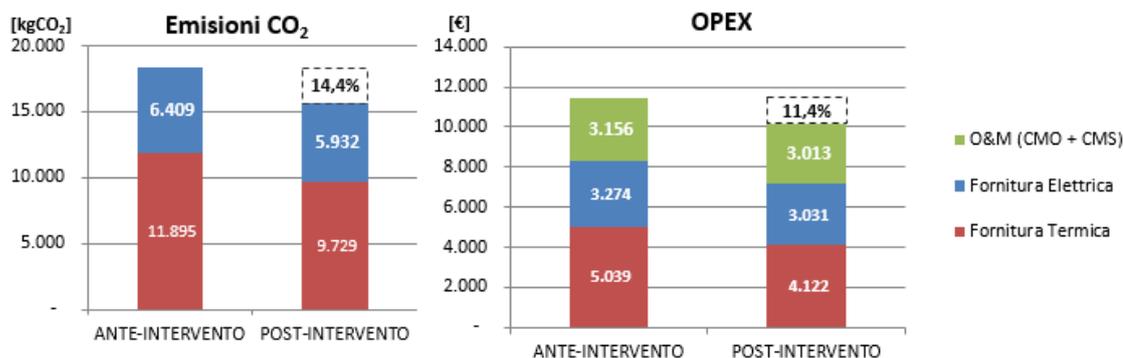
###### Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM1 sono riportati nella Tabella 8.1 e nella Figura 8.1.

Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM1 – Sostituzione caldaia con altra a maggiore efficienza

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Rendimento generatore di calore	[W/m <sup>2</sup> K]	90	105	-16,7%
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	59.326	48.523	18,2%
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	13.897	12.864	7,4%
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	58.885	48.162	18,2%
EE <sub>baseline</sub>	[kWh]	13.723	12.703	7,4%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	11.895	9.729	18,2%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	6.409	5.932	7,4%
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>18.303</b>	<b>15.661</b>	<b>14,4%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	5.039	4.122	18,2%
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	3.274	3.031	7,4%
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>8.313</b>	<b>7.152</b>	<b>14,0%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	2.841	2.727	4,0%
C <sub>MS</sub>	[€]	316	286	9,5%
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	3.156	3.013	4,5%
OPEX	[€]	11.469	10.165	11,4%
Classe energetica	[-]	C	B	+1 classi

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



## EEM2: Installazione di valvole termostatiche

### Generalità

Il controllo dell'energia termica erogata localmente dai terminali scaldanti rappresenta una delle più efficaci strategie per il contenimento dei consumi energetici. I motivi sono essenzialmente due: con questi dispositivi si riesce a controllare in modo puntuale la temperatura all'interno dei locali in cui vengono installati ma, soprattutto, si riescono a sfruttare meglio gli apporti di calore gratuiti. Attraverso questi dispositivi, l'impianto si autoregola in funzione delle esigenze locali e, negli impianti esistenti con una distribuzione non più efficiente, e in grado di ripristinare l'equilibrio necessario per garantire in ogni ambiente il corretto apporto di calore.

### Caratteristiche funzionali e tecniche

La regolazione locale viene normalmente effettuata con valvole termostatiche. Su ogni radiatore, le valvole termostatiche sostituiscono la valvola manuale e regolano automaticamente l'afflusso di acqua calda in base alla temperatura scelta e impostate su una apposita manopola graduata. Il raggiungimento di valori di temperature ottimali è comunque vincolato alle caratteristiche dell'impianto di riscaldamento e al posizionamento della valvola.

I benefici in termini di risparmio energetico sono notevoli (risparmio anche superiore al 15-20%) se confrontati con il costo di installazione che è relativamente basso.

### Descrizione dei lavori

L'intervento prevede l'installazione di una valvola per ogni radiatore presente, avente forma e caratteristiche compatibili alle tubazioni a cui sono connessi i terminali.

Figura 8.2 – Particolare radiatori attuali



### Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM3 sono riportati nella Tabella 8.2.

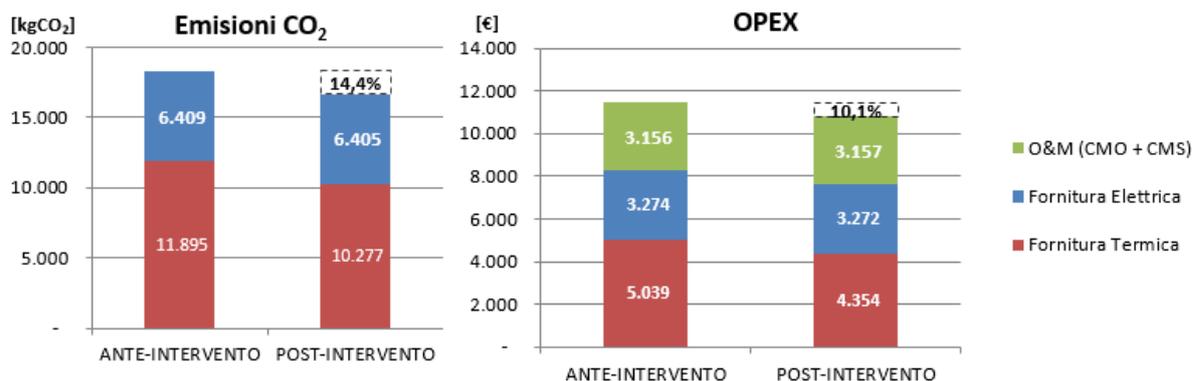
Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM2

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM2	[%]	83	98	-18,1%
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	59.326	51.258	13,6%
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	13.897	13.889	0,1%
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	58.885	50.877	13,6%
EE <sub>baseline</sub>	[kWh]	13.723	13.715	0,1%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	11.895	10.277	13,6%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	6.409	6.405	0,1%
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>18.303</b>	<b>16.682</b>	<b>8,9%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	5.039	4.354	13,6%
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	3.274	3.272	0,1%
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>8.313</b>	<b>7.626</b>	<b>8,3%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	2.841	2.841	0,0%
C <sub>MS</sub>	[€]	316	316	-0,1%
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	3.156	3.157	0,0%
OPEX	[€]	11.469	10.783	6,0%
Classe energetica	[-]	C	C	+ classi

Nota (x) 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: 0,086[€/kWh] per il vettore termico e 0,239 [€/kWh] per il vettore elettrico.

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



### 8.1.2 Involucro trasparente

#### EEM3: Sostituzione chiusure trasparenti

##### Generalità

La misura prevede la sostituzione degli infissi esistenti e delle chiusure trasparenti, congiuntamente alla installazione di un sistema di termoregolazione sull'impianto di emissione del calore per riscaldamento.

I nuovi infissi avranno caratteristiche di trasmittanza inferiori al valore soglia fissati dal Conto Termico.

Figura 8.4 – Particolare di infisso in pvc con vetro doppio



##### Caratteristiche funzionali e tecniche

Iserramenti svolgono un ruolo fondamentale per quanto riguarda il comfort degli ambienti interni; essi infatti devono soddisfare una serie di requisiti legati a varie esigenze, quali: illuminazione; tenuta alle intemperie, resistenza meccanica, ventilazione, isolamento termico. Gli infissi in PVC con vetro doppio forniscono buone prestazioni energetiche al fine di garantire comfort termico all'interno dell'unità immobiliare, contenendo i costi per il riscaldamento.

##### Descrizione dei lavori

La posa deve essere effettuata da personale tecnico specializzato che rilasci una garanzia di conformità di installazione del prodotto rispetto alle specifiche tecniche.

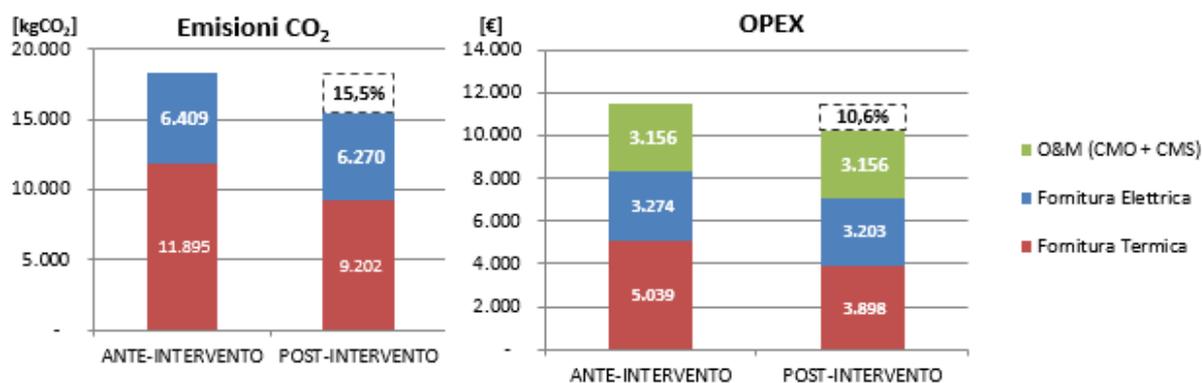
##### Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM2 sono riportati nella Tabella 8.3 e nella Figura 8.5.

Tabella 8.3 – Risultati analisi EEM3 – Sostituzione chiusure trasparenti

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Trasmittanza	[W/m <sup>2</sup> K]	3	1	66,7%
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	59.326	45.897	22,6%
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	13.897	13.597	2,2%
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	58.885	45.556	22,6%
EE <sub>baseline</sub>	[kWh]	13.723	13.426	2,2%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	11.895	9.202	22,6%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	6.409	6.270	2,2%
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>18.303</b>	<b>15.472</b>	<b>15,5%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	5.039	3.898	22,6%
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	3.274	3.203	2,2%
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>8.313</b>	<b>7.102</b>	<b>14,6%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	2.841	2.841	0,0%
C <sub>MS</sub>	[€]	316	315	0,2%
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	3.156	3.156	0,0%
OPEX	[€]	11.469	10.258	10,6%
Classe energetica	[-]	C	A1	+classi

Figura 8.5– EEM1: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO2 a partire dalla baseline



### 8.1.3 Impianto di illuminazione ed impianto elettrico

#### **EEM4: Installazione di impianto di illuminazione LED**

##### **Generalità**

La misura prevede la sostituzione delle lampade esistenti con lampade ad alta efficienza con lo scopo di ridurre il consumo di energia per l'illuminazione. Una maggiore efficienza implica, a parità di lumen, una minore potenza e una riduzione del calore emesso in ambiente. Nel periodo estivo tutto questo si traduce anche in un risparmio di energia dell'impianto di climatizzazione esistenti.

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

I costi di intervento possono essere limitati qualora sia possibile prevedere la sostituzione della sola lampada con modelli compatibili a maggiore efficienza, mantenendo il porta lampada esistente. È consigliabile prevedere un progetto illuminotecnico degli spazi, in modo da comprendere come possa essere gestita l'illuminazione in termini di comfort: l'analisi dello stato di fatto potrebbe suggerire non solo la sostituzione delle lampade, ma anche la ricollocazione o l'integrazione dei corpi

Figura 8.6 - Particolare dei corpi illuminanti attualmente installati



##### **Descrizione dei lavori**

Si prevede la sostituzione dei corpi illuminanti secondo il criterio della sostituzione puntuale. Ci si assicura inoltre che la potenza delle lampade LED installate sia inferiore al 50% della potenza delle lampade sostituite.

##### **Prestazioni raggiungibili**

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM1 sono riportati nella Tabella 8.4 e nella Figura 8.7.

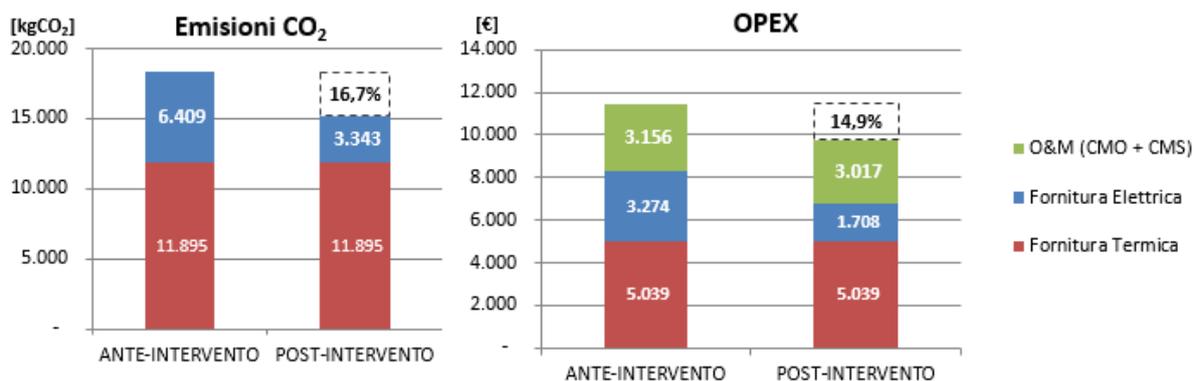
Tabella 8.4 – Risultati analisi EEM4 – Impianto di illuminazione ed impianto elettrico

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Potenza	[W/m <sup>2</sup> K]	4000	2000	50,0%
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	59.326	59.326	0,0%
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	13.897	7.250	47,8%
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	58.885	58.885	0,0%
EE <sub>Baseline</sub>	[kWh]	13.723	7.159	47,8%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	11.895	11.895	0,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	6.409	3.343	47,8%
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>18.303</b>	<b>15.238</b>	<b>16,7%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	5.039	5.039	0,0%
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	3.274	1.708	47,8%
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>8.313</b>	<b>6.747</b>	<b>18,8%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	2.841	2.812	1,0%
C <sub>MS</sub>	[€]	316	205	35,0%

## E471– Scuola Materna "Via Terpi" e Scuola Vespertina "Montesignano"

O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	3.156	3.017	4,4%
OPEX	[€]	11.469	9.765	14,9%
Classe energetica	[-]	C	B	+1 classi

Figura 8.7– EEM2: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO2 a partire dalla baseline



## 9 VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA

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

#### **EEM1:Sostituzione del generatore di calore con altro ad alta efficienza**

Nella Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 1, che consiste nella sostituzione del generatore di calore attualmente presente con uno a condensazione ad alta efficienza.

Tabella 9.1 – Analisi dei costi della EEM1 – Sostituzione del generatore di calore con altro ad alta efficienza

Codice	DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO [€/m <sup>2</sup> cm]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
PR.C76.B10.010	Caldaie a condensazione a basamento, corpo in lega di alluminio-silicio-magnesio con scambiatore primario a basso contenuto d'acqua, classe 5 NOx, rendimento energetico a 4 stelle in base alle direttive europee, bruciatore modulante con testata metallica ad irraggiamento, compreso il pannello di comando montato sul mantello di rivestimento, della potenza termica nominale di: 150 Kw circa	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 8.107,50	€ 8.107,50	22%	€ 9.891,15
PR.C84.C05.500	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 150 mm	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 150,65	€ 150,65	22%	€ 183,80
40.C10.B10.120	Sola posa in opera di bruciatore per caldaie, compresi la lavorazione della piastra di collegamento alla caldaia, la sola posa della rampa gas e del dispositivo di controllo tenuta valvola, i collegamenti elettrici, i collegamenti alla tubazione del combustibile a metano o gasolio: per generatori di calore da 101 Kw a 350 Kw	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 357,07	€ 357,07	22%	€ 435,63
PR.C76.A30.020	Accessori per caldaie a condensazione: Tubi Ø 80mm della lunghezza 1 m	Prezzario Regione Liguria	5	cad	€ 19,21	€ 96,05	22%	€ 117,18
PR.C76.A30.015	Accessori per caldaie a condensazione: Kit scarichi separati per tubi Ø 80mm	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 25,87	€ 25,87	22%	€ 31,56
40.F10.H10.030	Sola posa in opera di accessori per impianti di termoregolazione compresi collegamenti elettrici: sonde in genere	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 109,64	€ 109,64	22%	€ 133,76
40.F10.H10.040	Sola posa in opera di accessori per impianti di termoregolazione compresi collegamenti elettrici: interruttore orologio da inserire in quadro elettrico	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 27,01	€ 27,01	22%	€ 32,95
PR.C74.C10.010	Interruttore orario digitale modulare per la programmazione settimanale a due canali	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 133,40	€ 133,40	22%	€ 162,75
PR.C74.E05.030	Sonde di temperatura e umidità: sola temperatura, per impianti civili e industriali per esterno	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 69,52	€ 69,52	22%	€ 84,81

RU.M01.A01.030	Opere edili Operaio Qualificato	Prezzario Regione Liguria	4	h	€ 31,28	€ 125,13	22%	€ 152,66
RU.M01.E01.020	Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezzario Regione Liguria	5	h	€ 28,98	€ 144,91	22%	€ 176,79
	Costi per la sicurezza	-	3%	%		€ 280,40	22%	€ 342,09
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%		€ 654,27	22%	€ 798,21
<b>TOTALE (I<sub>0</sub>– EEM1)</b>						<b>€ 10.281</b>	<b>22%</b>	<b>€ 12.543</b>
<b>Incentivi</b>		<b>[Conto termico ]</b>						<b>0</b>
<b>Durata incentivi</b>								<b>0</b>
<b>Incentivo annuo</b>								<b>0</b>

**EEM2: Installazione di valvole termostatiche**

Nella Tabella 9.2 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 2, che consiste nell'installazione di valvole termostatiche.

Tabella 9.2 – Analisi dei costi della EEM2 – Installazione di valvole termostatiche

CODICE	DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
					[€/n° o €/m²]	[€]	[€]	[€]
PR.C17.A15.010	Valvole micrometriche a squadra complete di testa termostatica con elemento sensibile a gas: Ø 15 mm	Prezzario Regione Liguria	50	cad	€ 32,20	€ 1.610,00	22%	€ 1.964,20
PR.E40.B05.210	Interruttore automatico magnetotermico con potere di interruzione 4,5KA bipolare fino a 32 A - 230 V	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 20,63	€ 20,63	22%	€ 25,17
RU.M01.E01.020	Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezzario Regione Liguria	14	h	€ 28,98	€ 405,75	22%	€ 495,01
	Costi per la sicurezza	-	3%	%		€ 61,09	22%	€ 74,53
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%		€ 142,55	22%	€ 173,91
<b>TOTALE (I<sub>0</sub>– EEM1)</b>						<b>€ 2.240</b>	<b>22%</b>	<b>€ 2.733</b>
<b>Incentivi</b>		<b>[Conto termico ]</b>						<b>0</b>
<b>Durata incentivi</b>								<b>0</b>
<b>Incentivo annuo</b>								<b>0</b>

**EEM3: Sostituzione chiusure trasparenti**

Nella Tabella 9.3 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 3, che consiste nella rimozione degli infissi completi di vetri e sostituzione con infissi e vetri di caratteristiche termiche superiori

Tabella 9.3 – Analisi dei costi della EEM3 – Sostituzione chiusure trasparenti

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)	
Codice				[€/m <sup>2</sup> cm]	[€]	[€]	[€]	
25.A05.H01.100	Smontaggio e recupero delle parti riutilizzabili, incluso accantonamento nell'ambito del cantiere, di: serramenti in acciaio, PVC, alluminio, compreso telaio (misura minima 2,00 m <sup>2</sup> )	Prezziario Regione Liguria	220	m2	€ 36,01	€ 7.922,00	22%	€ 9.664,84
PR.A23.A30.010	Finestra o portafinestra in PVC completa di vetrocamera, qualità media, con valore massimo di trasmittanza U=2,8 W/m <sup>2</sup> K, controtelaio escluso, misurazione minima per serramento m <sup>2</sup> 1,0 apertura ad una o due ante o a vasistas	Prezziario Regione Liguria	220	m2	€ 299,00	€ 65.780,00	22%	€ 80.251,60
PR.A23.B10.020	Controtelaio per finestre, portefinestre e simili, in legno.	Prezziario Regione Liguria	59,32959	m	€ 6,90	€ 409,37	22%	€ 499,44
25.A15.C10.020	Trasporto eseguito con autocarro, motocarro o simili, della portata fino a 1000 kg, di materiali di risulta da scavi e/o demolizioni, per ogni km del tratto entro i primi 5. Misurato in banco	Prezziario Regione Liguria	33	m3	€ 10,70	€ 353,10	22%	€ 430,78
	Costi per la sicurezza	-	3%	%		€ 2.233,93	22%	€ 2.725,40
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%		€ 5.212,51	22%	€ 6.359,27
<b>TOTALE (I<sub>0</sub> – EEM1)</b>						<b>€ 81.911</b>	<b>22%</b>	<b>€ 99.931</b>
<b>Incentivi</b>		<b>[Conto termico]</b>						<b>€ 39.972,53</b>
<b>Durata incentivi</b>								<b>5</b>
<b>Incentivo annuo</b>								<b>€ 7.994,51</b>

**EEM4: Installazione di impianto di illuminazione LED**

Nella Tabella 9.4 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 4, che consiste nella sostituzione dei corpi illuminanti attualmente presenti con altri utilizzando la tecnologia LED.

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

Tabella 9.4 – Analisi dei costi della EEM4 –Installazione di illuminazione LED

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO [€/m²cm]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
045161b Plafoniera stagna rettangolare, corpo in policarbonato autoestinguente, schermo in policarbonato autoestinguente trasparente prismaticizzato internamente, per installazione a parete, plafone o a sospensione, apparecchio con grado di protezione IP 66, lampade LED temperatura di colore 4000 K, alimentazione 230 V c.a.: bilampada: lunghezza 1.300 mm, 36 W, 5.830 lm	DEI Imp. Ele. 2017	20	cad	€ 142,42	€ 2.848,36	22%	€ 3.475,00
045129b Apparecchio ad incasso con corpo in alluminio, lampada led temperatura di colore 3000 K, alimentatore incorporato, riflettore in alluminio cromato, classe di isolamento 1, grado di protezione IP 23, alimentazione 230 V 50 Hz, classe energetica A, apertura del fascio 95°: potenza 20 W, equivalente a 36 W fluorescente, Ø 190 mm	DEI Imp. Ele. 2017	15	cad	€ 89,65	€ 1.344,68	22%	€ 1.640,51
045161c Plafoniera stagna rettangolare, corpo in policarbonato autoestinguente, schermo in policarbonato autoestinguente trasparente prismaticizzato internamente, per installazione a parete, plafone o a sospensione, apparecchio con grado di protezione IP 66, lampade LED temperatura di colore 4000 K, alimentazione 230 V c.a.: bilampada: lunghezza 1.600 mm, 48 W, 7.780 lm	DEI Imp. Ele. 2017	1	cad	€ 168,24	€ 168,24	22%	€ 205,25
Costi per la sicurezza	-	3%	%		€ 125,79	22%	€ 153,47
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%		€ 293,51	22%	€ 358,09
<b>TOTALE (I<sub>0</sub>– EEM1)</b>					<b>€ 4.781</b>	<b>22%</b>	<b>€ 5.832</b>
<b>Incentivi</b>	<b>[Conto termico ]</b>						<b>€ 2.332,93</b>
<b>Durata incentivi</b>							<b>5</b>
<b>Incentivo annuo</b>							<b>€ 466,59</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.

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 latecnologia di ciascuna EEM, o, 15 anni per lo SCN1, o, 25 anni per SCN2;

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

5) Indice di Profitto (IP):

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

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

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

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

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

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

Il dettaglio dei calcoli è riportato all'Allegato B- Elaborati.

### **EEM1: Sostituzione del generatore di calore con altro ad alta efficienza**

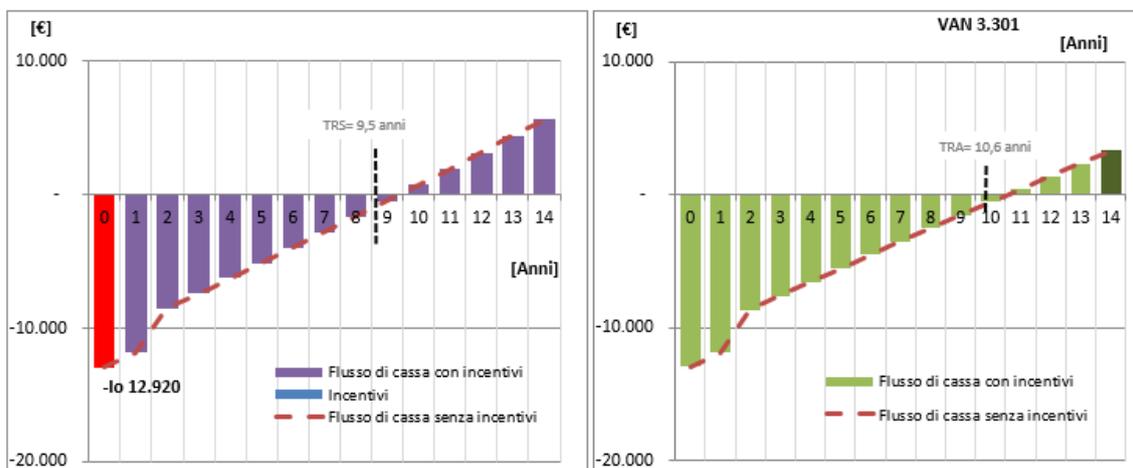
L'analisi di convenienza effettuata per la EEM 1 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

Tabella 9.5 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM1– Sostituzione del generatore di calore con altro ad alta efficienza

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	12.543
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	-
Durata incentivo	$n_B$	anni	5
Tasso di attualizzazione	$i$	[%]	1,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	9,5	9,5
Tempo di rientro attualizzato	TRA	10,6	10,6
Valore attuale netto	VAN	3.301	3.301
Tasso interno di rendimento	TIR	5,7%	5,7%
Indice di profitto	IP	0,26	0,26

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

Figura 9.1 –EEM1: Flussi di Cassa, con e senza incentivi      Figura 9.2 –EEM1: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'investimento è remunerativo, con un VAN di 3.301€ a fronte di un investimento di circa 12.543 €. I tempi di ritorno semplice ed attualizzato sono entrambi inferiori ai 15 anni (9,5 e 10,6 anni rispettivamente), compatibili con la vita utile tecnologica del componente installato.

### **EEM2: Installazione di valvole termostatiche**

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

Tabella 9.6 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM2– Installazione di valvole termostatiche

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	2.733
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	-
Durata incentivo	$n_B$	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	1,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	4,1	4,1
Tempo di rientro attualizzato	TRA	4,4	4,4
Valore attuale netto	VAN	5.092	5.092
Tasso interno di rendimento	TIR	22,5%	22,5%
Indice di profitto	IP	1,86	1,86

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

Figura 9.3 –EEM1: Flussi di Cassa, con e senza incentivi

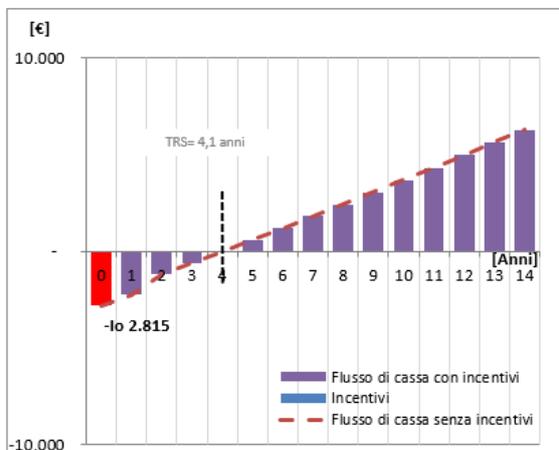
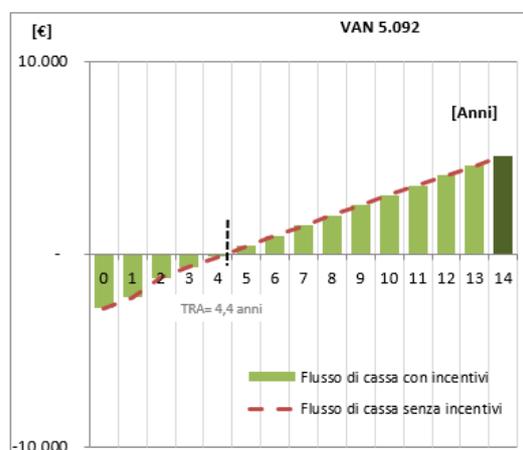


Figura 9.4 –EEM1: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'investimento è remunerativo, con un VAN di 5.092 € a fronte di un investimento di circa 2.733 €. I tempi di ritorno semplice ed attualizzato sono entrambi inferiori ai 15 anni (4,1 e 4,4 anni rispettivamente), compatibili con la vita utile tecnologica del componente installato.

### **EEM3: Sostituzione chiusure trasparenti**

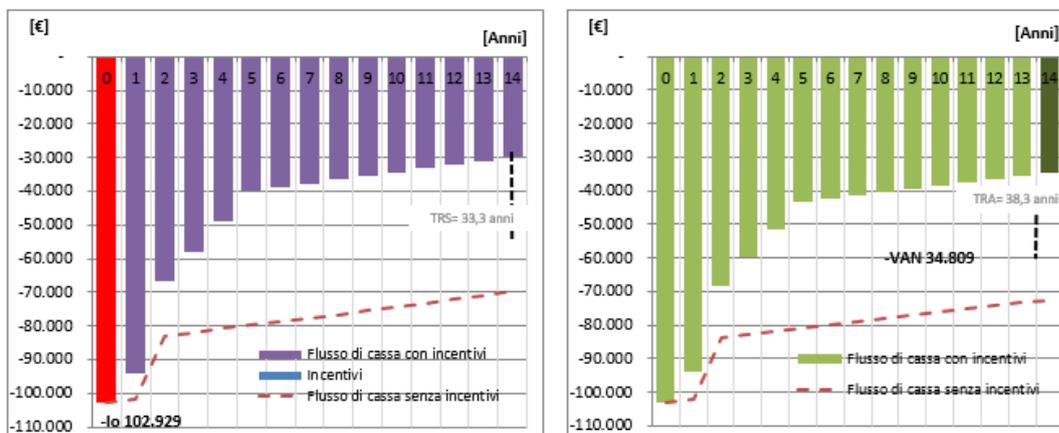
L'analisi di convenienza effettuata per la EEM 2 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

Tabella 9.7 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM3– Sostituzione chiusure trasparenti

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	99.931
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	7.995
Durata incentivo	$n_B$	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	1,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	58,6	33,3
Tempo di rientro attualizzato	TRA	71,8	38,3
Valore attuale netto	VAN	- 59.946	- 22.264
Tasso interno di rendimento	TIR	-4,9%	-1,3%
Indice di profitto	IP	-0,60	-0,22

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

Figura 9.5 –EEM3: Flussi di Cassa, con e senza incentivi      Figura 9.6 –EEM3: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'investimento non è remunerativo, avendo VAN negativo e tempi di ritorno semplice e attualizzato superiori a 15 anni.

#### **EEM4: Installazione di impianto di illuminazione LED**

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

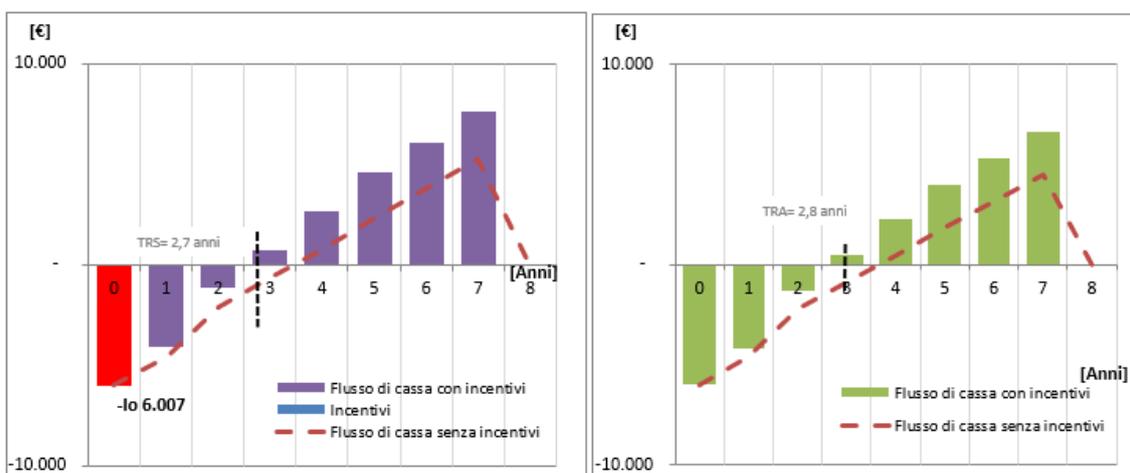
Tabella 9.8 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM4 Installazione di impianto di illuminazione LED

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE	
Investimento Iniziale	$I_0$	€	€	<b>5.832</b>
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		467
Durata incentivo	$n_B$		anni	5
Tasso di attualizzazione	i		[%]	1,5%
<b>INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO</b>			<b>VALORE SENZA INCENTIVI</b>	<b>VALORE CON INCENTIVI</b>
Tempo di rientro semplice	TRS		3,5	2,7
Tempo di rientro attualizzato	TRA		3,7	2,8
Valore attuale netto	VAN		4.464	6.663
Tasso interno di rendimento	TIR		19,7%	28,5%
Indice di profitto	IP		0,77	1,14

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

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

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



Dall'analisi effettuata è emerso che l'investimento è remunerativo, avendo VAN positivo pari a 6.663 e tempi di ritorno semplice e attualizzato pari rispettivamente a 2,7 e 2,8 anni.

## Sintesi

La sintesi della valutazione economico – finanziaria delle EEM proposte è riportata nelle Tabella 9.9 e Tabella 9.10.

Tabella 9.9 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso senza incentivi

	SENZA INCENTIVI											
	% $\Delta_E$	% $\Delta_{CO_2}$	$\Delta C_E$	$\Delta C_{MO}$	$\Delta C_{MS}$	$I_0$	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]
EEM 1	0%	14%	€ 243,46	€ 113,63	€ 29,99	€ 12.543,33	9,5	10,6	15	€ 3.300,81	5,73%	0,26
EEM 2	0%	9%	€ 1,99	-€ 0,30	-€ 0,37	€ 2.732,81	4,1	4,4	15	€ 5.092,09	22,54%	1,86
EEM 3	0%	15%	€ 70,78	-€ 0,30	€ 0,63	€ 99.931,32	58,6	71,8	30	-€ 59.945,70	-4,87%	-0,60
EEM 4	0%	17%	€ 1.566,02	€ 28,41	€ 110,47	€ 5.832,32	3,5	3,7	8	€ 4.463,91	19,71%	0,77

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

- % $\Delta_E$  è il valore percentuale di riduzione dei consumi energetici rispetto al baseline energetico complessivo (termico + elettrico);
- % $\Delta_{CO_2}$  è il valore percentuale di riduzione delle emissioni di CO2 rispetto al baseline dell'emissioni complessivo (termico + elettrico);
- $\Delta C_E$  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;

- $\Delta_{CMS}$  è la variazione di costo annuo attribuibile al nuovo costo previsto per la manutenzione straordinaria; assume valori positivi per un decremento e valori negativi per un incremento;
- $I_0$  è il valore dell'investimento iniziale per la realizzazione dell'intervento; assume valori negativi;

Dall'analisi dei risultati emerge che in assenza di incentivi le EEM 2 e 3 non sono remunerative, e presentano un P.I. negativo e VAN negativo.

Tabella 9.10 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso con incentivi

CON INCENTIVI												
	% $\Delta E$	% $\Delta_{CO2}$	$\Delta C_E$	$\Delta C_{MO}$	$\Delta C_{MS}$	$I_0$	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]
EEM 1	0%	14%	€ 243,46	€ 113,63	€ 29,99	€ 12.543,33	9,5	10,6	15	€ 3.300,81	5,73%	0,26
EEM 2	0%	9%	€ 1,99	-€ 0,30	-€ 0,37	€ 2.732,81	4,1	4,4	15	€ 5.092,09	22,54%	1,86
EEM 3	0%	15%	€ 70,78	-€ 0,30	€ 0,63	€ 99.931,32	33,3	38,3	30	-€ 22.263,92	-1,30%	-0,22
EEM 4	0%	17%	€ 1.566,02	€ 28,41	€ 110,47	€ 5.832,32	2,7	2,8	8	€ 6.663,14	28,50%	1,14

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

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

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

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

- Scenario ottimale 1, (SCN1), per il quale è sarà verificato un tempo di ritorno semplice,  $TRS \leq 25$  anni;
- Scenario ottimale 2, (SCN2), per il quale è sarà verificato un tempo di ritorno semplice,  $TRS \leq 15$  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: infissi+Valvole+Led:** Tale scenario consiste nella realizzazione di tre delle EEM precedentemente descritte. In particolare si prevede, l'installazione di valvole di termoregolazione sui radiatori (EEM2) e la sostituzione delle chiusure trasparenti (EEM3) e la sostituzione dei corpi illuminanti presenti con altri a tecnologia LED.
- **Scenario 2: SC1 (infissi+Valvole+Led) + caldaia** Tale scenario consiste nella realizzazione del primo scenario con l'aggiunta della sostituzione del generatore di calore con altro ad alta efficienza. L'integrazione delle due EEM (generatore di calore a condensazione + valvole termostatiche) permette di accedere agli incentivi del conto termico, in misura del 40% del costo sostenuto per l'intervento.

### 9.3.1 Scenario 1:Valvole+infissi+Led

La realizzazione dello scenario 1 consiste nella combinazione delle EEM di seguito elencate: EEM2 installazione valvole termoregolatrici, EEM3 sostituzione delle chiusure trasparenti, EEM4 sostituzione dell'illuminazione con tecnologia a led.

Tabella 9.11 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 1

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA AL 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM2 Fornitura & Posa	2.240	493	2.733
EEM3 Fornitura & Posa	81.911	18.020	99.931
EEM4 Fornitura & Posa	4.781	1.051	5.832
Costi per la sicurezza	3%		
Costi per la progettazione	7%		
<b>TOTALE (I<sub>0</sub>)</b>	<b>88.932</b>	<b>19.564</b>	<b>108.496</b>
VOCE MANUTENZIONE	C <sub>MO</sub> (IVA INCLUSA)	C <sub>MS</sub> (IVA INCLUSA)	C <sub>M</sub> (IVA INCLUSA)

	[€]	[€]	[€]
EEM2 O&M	2841	316	3.157
EEM3 O&M	2841	315	3.156
EEM4 O&M	2812	205	3.017
<b>TOTALE (C<sub>M</sub>)</b>	<b>2.831</b>	<b>278</b>	<b>3.110</b>
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	
		[€]	
Incentivi	[Conto termico]	<b>42.305,46</b>	
Durata incentivi		<b>5</b>	
Incentivo annuo		<b>8.461,10</b>	

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

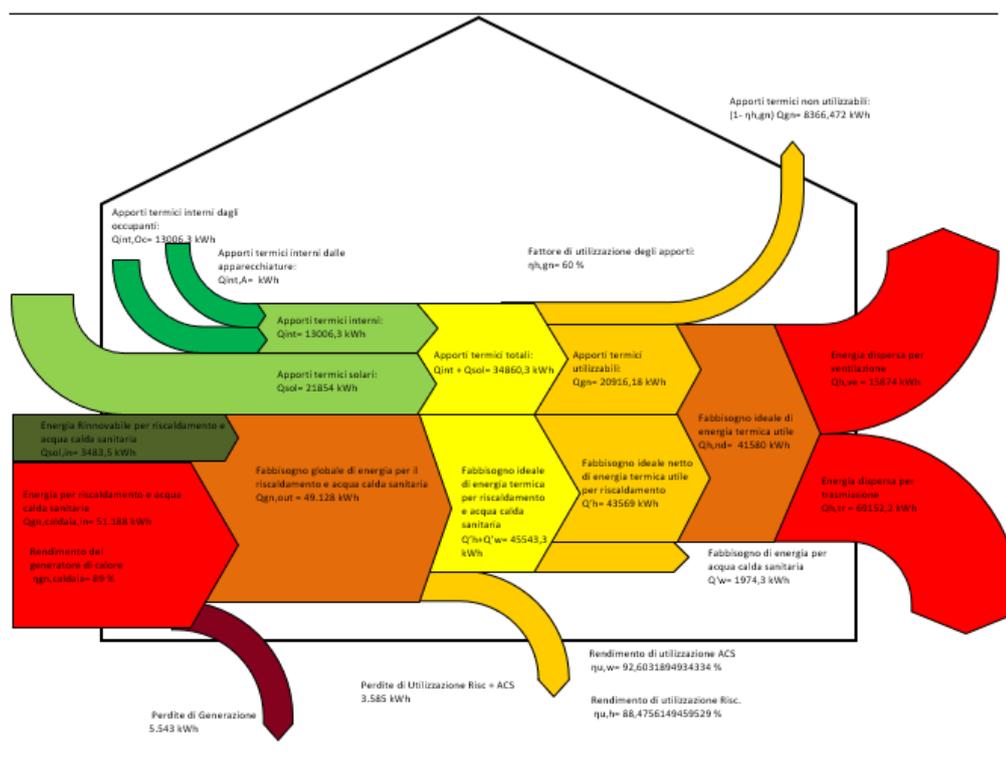
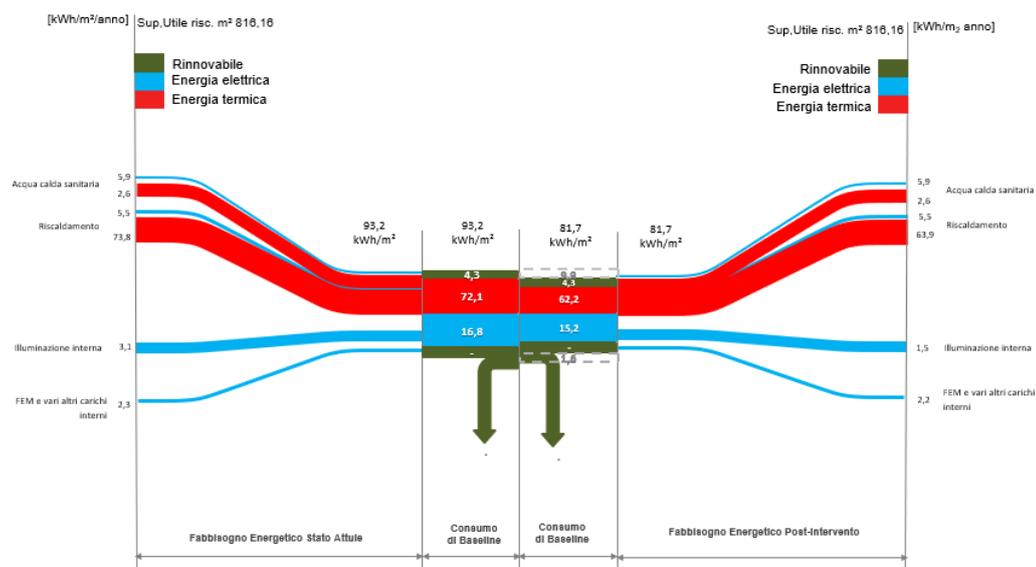


Figura 9.10 – SCN1: Bilancio energetico complessivo dell'edificio post intervento



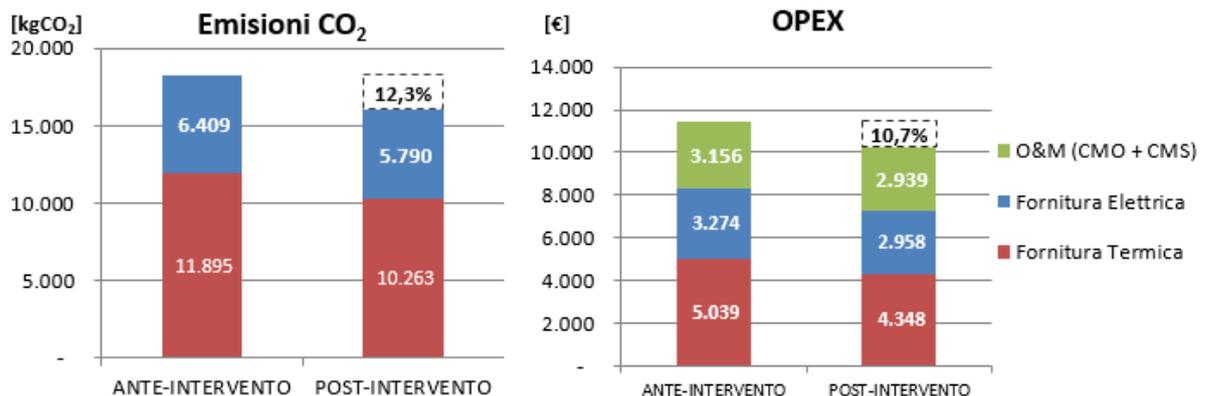
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella Tabella 9.12e nella Figura 9.11

Tabella 9.12 – Risultati analisi SCN1

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Rendimento di regolazione	[%]	83	98	-18,1%
Trasmittanza	[W/m²K]	3	1	66,7%
Potenza	[W]	4000	2000	50,0%
$Q_{teorico}$	[kWh]	59.326	51.188	13,7%
$EE_{teorico}$	[kWh]	13.897	12.557	9,6%
$Q_{baseline}$	[kWh]	58.885	50.807	13,7%
$EE_{baseline}$	[kWh]	13.723	12.399	9,6%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	11.895	10.263	13,7%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	6.409	5.790	9,6%
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>18.303</b>	<b>16.054</b>	<b>12,3%</b>

Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	5.039	4.348	13,7%
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	3.274	2.958	9,6%
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>8.313</b>	<b>7.306</b>	<b>12,1%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	2.841	2.699	5,0%
C <sub>MS</sub>	[€]	316	240	24,0%
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	3.156	2.939	6,9%
<b>OPEX</b>	<b>[€]</b>	<b>11.469</b>	<b>10.245</b>	<b>10,7%</b>
Classe energetica	[-]	C	B	+1 classi

Figura 9.11 - 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 9.13, Tabella 9.14 e Tabella 9.15 e nelle successive figure.

Tabella 9.13 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN1

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	n <sub>i</sub>	1
Anni Gestione Servizio	n <sub>s</sub>	14
Anni Concessione	n	15
Anno inizio Concessione	n <sub>0</sub>	2020
Anni dell'ammortamento	n <sub>A</sub>	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	k <sub>CdP</sub>	2,00%
Costo Capitale Azienda	WACC	4,00%
k <sub>progetto</sub> = Max( WACC; k <sub>CdP</sub> )	k <sub>progetto</sub>	4,00%

Inflazione ISTAT	f	0,50%
deriva dell'inflazione	f'	0,70%
%, interessi debito	k <sub>D</sub>	3,82%
%, interessi equity	k <sub>E</sub>	9,00%
Aliquota IRES	IRES	24,0%
Aliquota IRAP	IRAP	3,9%
Aliquota fiscale	τ	27,90%
Anni debito (finanziamento)	n <sub>D</sub>	15
Anni Equity	n <sub>E</sub>	14
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	Io	€ 84.386
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 2.532
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 86.917
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I <sub>D</sub>	€ 69.534
Equity	I <sub>E</sub>	€ 17.383
Fattore di annualità Debito	FA <sub>D</sub>	11,41
Rata annua debito	q <sub>D</sub>	€ 6.096
Costo finanziamento,(D+INT <sub>D</sub> )	q <sub>D</sub> *n <sub>D</sub>	€ 91.439
Costi per interessi debito, INT <sub>D</sub>	INT <sub>D</sub> =q <sub>D</sub> *n <sub>D</sub> -D	€ 21.905

Tabella 9.14 – Parametri Economici dell'analisi di redditività dello SCN1

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C <sub>EO</sub>	€ 6.814
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C <sub>MO</sub>	€ 2.587
<b>Spesa PA pre-intervento (Baseline)</b>	<b>C<sub>Baseline</sub></b>	<b>€ 9.401</b>
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C <sub>Altro</sub>	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	%ΔC <sub>E</sub>	12,1%
Riduzione% costi O&M	%ΔC <sub>M</sub>	10,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	%C <sub>Baseline</sub>	0,0%
<b>Risparmio annuo PA garantito</b>	<b>4,5%</b>	<b>€ 424</b>
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€ -
Risparmio PA durante la concessione	8%	€ 13.427
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€ 1.296
N° di Canoni annuali	anni	14
Utile lordo della ESCO	%CAPEX	-63,01%
Costo Contrattuale ESCO (EBT) €/anno IVA escl.	C <sub>ESCO</sub>	-€ 3.912
Costi FTT €/anno IVA escl.	C <sub>FTT</sub>	€ 1.565
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C <sub>CAPEX</sub>	€ 2.771
Canone O&M €/anno	C <sub>nM</sub>	€ 2.418
Canone Energia €/anno	C <sub>nE</sub>	€ 6.559
<b>Canone Servizi €/anno IVA escl.</b>	<b>C<sub>nS</sub></b>	<b>€ 8.977</b>
<b>Canone Disponibilità €/anno IVA escl.</b>	<b>C<sub>nD</sub></b>	<b>€ 424</b>
<b>Canone Totale €/anno IVA escl.</b>	<b>C<sub>n</sub></b>	<b>€ 9.401</b>
Aliquota IVA %	IVA	22%
Rimborso erariale IVA	R <sub>IVA</sub>	€ 15.217
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R <sub>B</sub>	€ 32.904
Durata Incentivi, anni	n <sub>B</sub>	5
Inizio erogazione Incentivi, anno		2022

Tabella 9.15 – Risultati dell'analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN1

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		Non Conviene
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	- 170,39
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	- 366,34
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN < 0	-€ 39.031
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR < WACC	-13,05%
Indice di Profitto	IP	-46,25%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		#NUM!
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	7,24
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	2,67
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN < 0	-€ 23.141
Tasso interno di rendimento dell'azionista	#NUM!	#NUM!
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3	0,700
Loan Life Cover Ratio	LLLCR < 1	0,163
Indice di Profitto Azionista	IP	-27,42%

Figura 9.12 –SCN1: Flussi di cassa del progetto

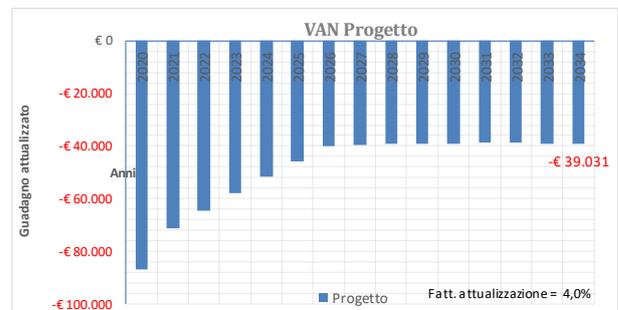
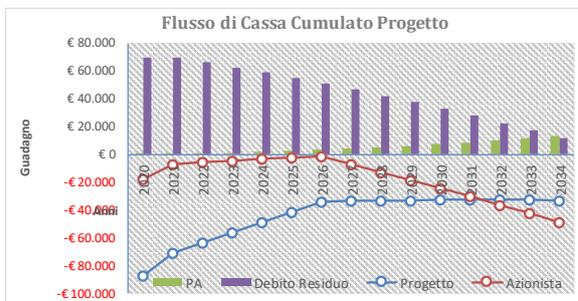
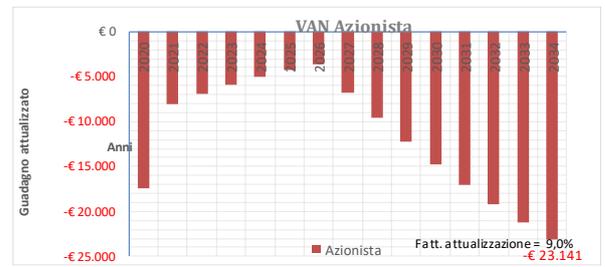
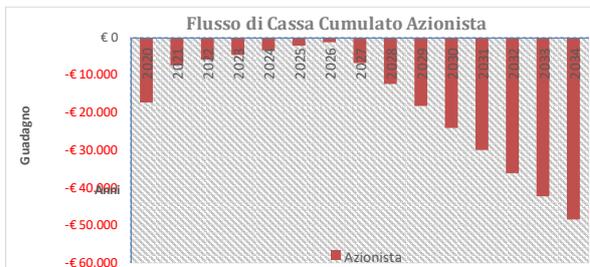


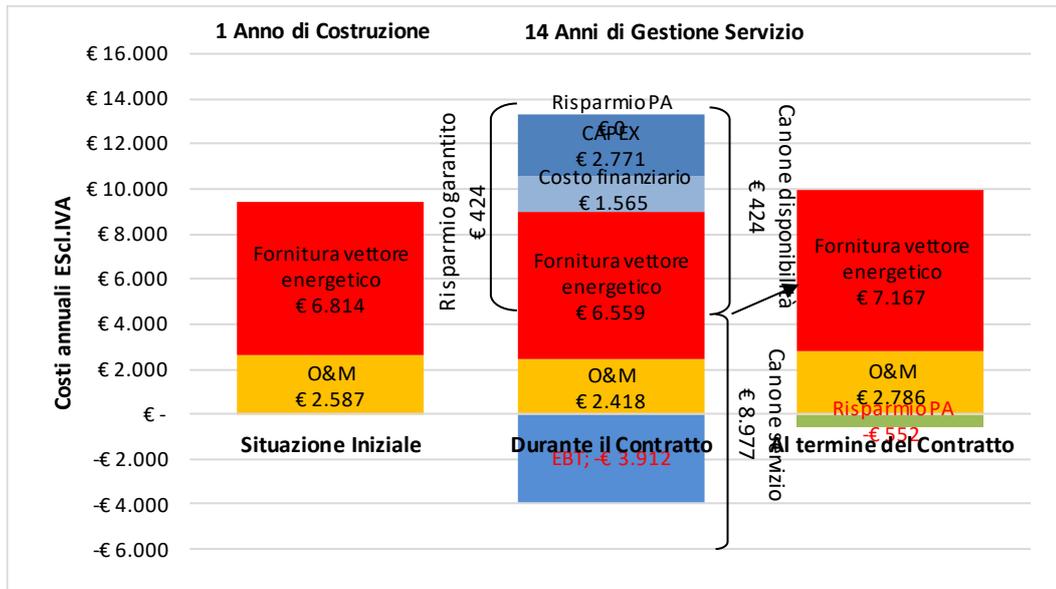
Figura 9.13 –SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



Dall’analisi effettuata è emerso che l’investimento risulta non remunerativo. 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 9.14.

Con l’obiettivo di rendere più realistici e interessanti i piani economici finanziari dei due scenari sono stati considerati, solo per quest’ultimi, degli sconti sugli importi lavori pari al 30% rispetto ai prezzi di listino presentati per i singoli interventi.

Figura 9.14 – Scenario 1: Schema di Energy Performance Contract



### 9.3.2 Scenario 2:SCN1(Valvole+infissi+Led)+ Caldaia

La realizzazione dello scenario 2 consiste nella combinazione delle EEM di seguito elencate: EEM2 installazione valvole termoregolatrici, EEM3 sostituzione delle chiusure trasparenti, EEM4 sostituzione dell'illuminazione con tecnologia a led, che costituiscono lo scenario 1 con l'aggiunta della sostituzione della caldaia.

Tabella 9.16 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 1

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA AI 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM2 Fornitura & Posa	2.240	493	2.733
EEM3 Fornitura & Posa	81.911	18.020	99.931
EEM4 Fornitura & Posa	4.781	1.051	5.832
EEM1 Fornitura & Posa	10.281	2.262	12.543
Costi per la sicurezza	3%		
Costi per la progettazione	7%		
<b>TOTALE (I<sub>0</sub>)</b>	<b>99.213</b>	<b>21.826</b>	<b>121.039</b>
VOCE MANUTENZIONE	C <sub>MO</sub> (IVA INCLUSA)	C <sub>MS</sub> (IVA INCLUSA)	C <sub>M</sub> (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM2 O&M	2841	316	3.157
EEM3 O&M	2841	315	3.156
EEM4 O&M	2812	205	3.017
EEM1 O&M	2841	316	3.157
<b>TOTALE (C<sub>M</sub>)</b>	<b>2.833</b>	<b>288</b>	<b>3.122</b>
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	
		[€]	
Incentivi	[Conto termico]	42.305,46	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		8.461,10	

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

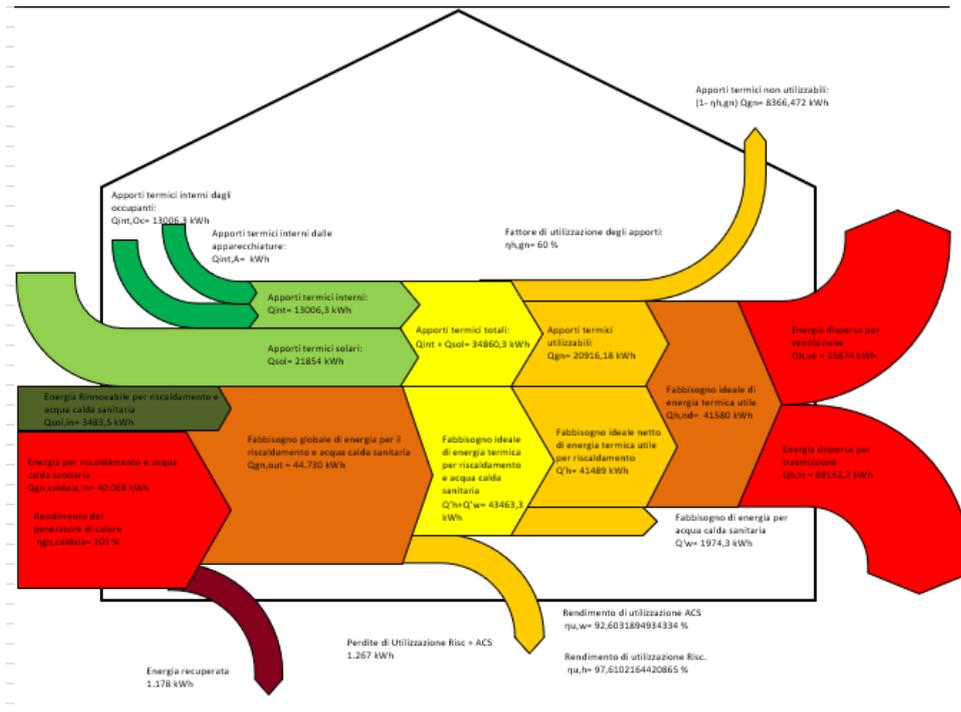
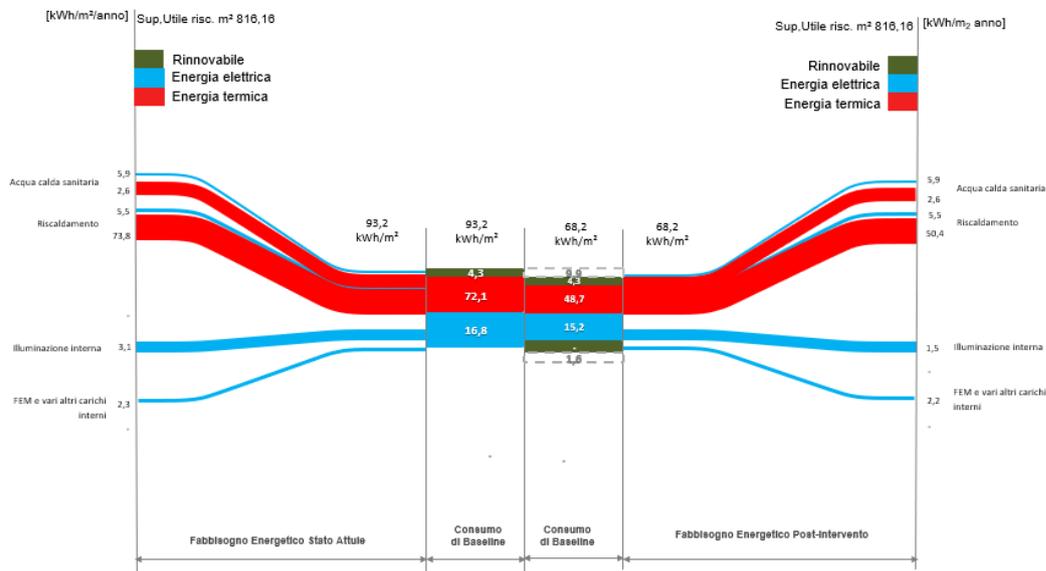


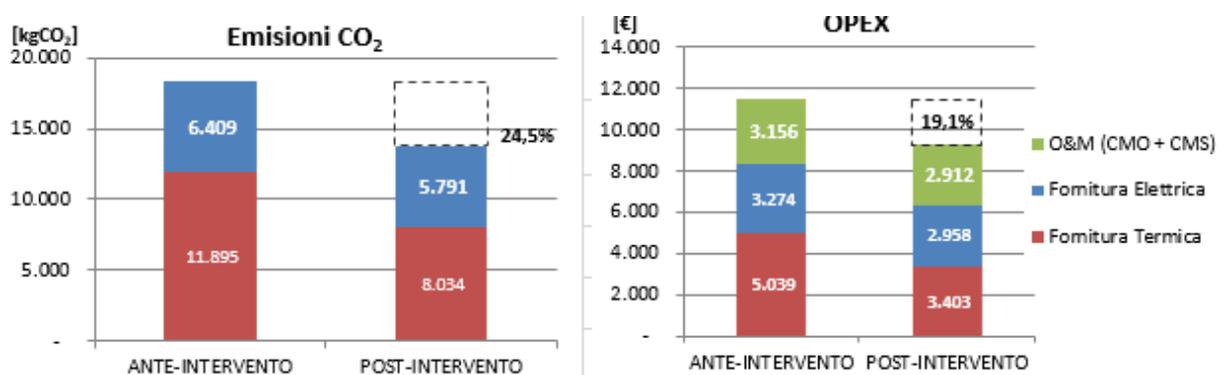
Figura 9.16 – SCN1: Bilancio energetico complessivo dell'edificio post intervento



I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario 2 sono riportati nella Tabella 9.17 e nella Figura 9.17.

Tabella 9.17 – Risultati analisi SCN2

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Rendimento di regolazione	[%]	83	98	-18,1%
Trasmittanza	[W/m <sup>2</sup> K]	3	1	66,7%
Potenza	[W]	4000	2000	50,0%
Rendimento generatore di calore	[W/m <sup>2</sup> K]	90	105	-16,7%
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	59.326	40.068	32,5%
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	13.897	12.557	9,6%
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	58.885	39.771	32,5%
EE <sub>baseline</sub>	[kWh]	13.723	12.399	9,6%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	11.895	8.034	32,5%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	6.409	5.791	9,6%
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>18.303</b>	<b>13.824</b>	<b>24,5%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	5.039	3.403	32,5%
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	3.274	2.958	9,6%
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>8.313</b>	<b>6.362</b>	<b>23,5%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	2.841	2.684	5,5%
C <sub>MS</sub>	[€]	316	227	28,0%
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	3.156	2.912	7,8%
<b>OPEX</b>	<b>[€]</b>	<b>11.469</b>	<b>9.273</b>	<b>19,1%</b>
Classe energetica	[-]	C	A1	+2 classi

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 9.13 9.18, Tabella 9.19 e Tabella 9.20 e nelle successive figure.

Tabella 9.18 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN2

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	$n_I$	1
Anni Gestione Servizio	$n_S$	24
Anni Concessione	$n$	25
Anno inizio Concessione	$n_0$	2020
Anni dell'ammortamento	$n_A$	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	$k_{CdP}$	2,00%
Costo Capitale Azienda	WACC	4,00%
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CdP})$	$k_{progetto}$	4,00%
Inflazione ISTAT	$f$	0,50%
deriva dell'inflazione	$f'$	0,70%
%, interessi debito	$k_D$	3,82%
%, interessi equity	$k_E$	9,00%
Aliquota IRES	IRES	24,0%
Aliquota IRAP	IRAP	3,9%
Aliquota fiscale	$\tau$	27,90%
Anni debito (finanziamento)	$n_D$	25
Anni Equity	$n_E$	24
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	$I_0$	€ 94.141
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 2.824
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 96.966
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	$I_D$	€ 77.573
Equity	$I_E$	€ 19.393
Fattore di annualità Debito	$FA_D$	16,09
Rata annua debito	$q_D$	€ 4.820
Costo finanziamento, $(D+INT_D)$	$q_D * n_D$	€ 120.503
Costi per interessi debito, $INT_D$	$INT_D = q_D * n_D - D$	€ 42.931

Tabella 9.19 – Parametri Economici dell'analisi di redditività dello SCN2

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	$C_{E0}$	€ 6.814
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	$C_{M0}$	€ 2.587
<b>Spesa PA pre-intervento (Baseline)</b>	$C_{Baseline}$	€ 9.401
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	$C_{Altro}$	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	% $\Delta C_E$	24,0%
Riduzione% costi O&M	% $\Delta C_M$	7,8%
Obiettivo riduzione spesa PA	% $C_{Baseline}$	0,0%
<b>Risparmio annuo PA garantito</b>	8,8%	€ 826
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€ -
Risparmio PA durante la concessione	12%	€ 39.018
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€ 2.478
N° di Canoni annuali	anni	24
Utile lordo della ESCO	%CAPEX	-68,36%
Costo Contrattuale (EBIT) ESCO €/anno IVA escl.	$C_{ESCO}$	-€ 2.762
Costi FTT €/anno IVA escl.	$C_{FTT}$	€ 1.789
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	$C_{CAPEX}$	€ 1.799
Canone O&M €/anno	$C_{nM}$	€ 2.540
Canone Energia €/anno	$C_{nE}$	€ 6.035

Canone Servizi €/anno IVA escl.	CnS	€ 8.575
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	CnD	€ 826
Canone Totale €/anno IVA escl.	Cn	€ 9.401
Aliquota IVA %	IVA	22%
Rimborso erariale IVA	R <sub>IVA</sub>	€ 16.976
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R <sub>B</sub>	€ 36.806
Durata Incentivi, anni	n <sub>B</sub>	5
Inizio erogazione Incentivi, anno		2022

Tabella 9.20 – Risultati dell'analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN2

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		Non Conviene
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	- 98,92
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	- 439,48
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN < 0	-€ 34.150
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR < WACC	-5,71%
Indice di Profitto	IP	-36,28%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		#NUM!
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	11,50
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	10,35
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN < 0	-€ 13.168
Tasso interno di rendimento dell'azionista	#NUM!	#NUM!
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3	0,666
Loan Life Cover Ratio	LLLCR < 1	0,141
Indice di Profitto Azionista	IP	-13,99%

Figura 9.18 –SCN2: Flussi di cassa del progetto

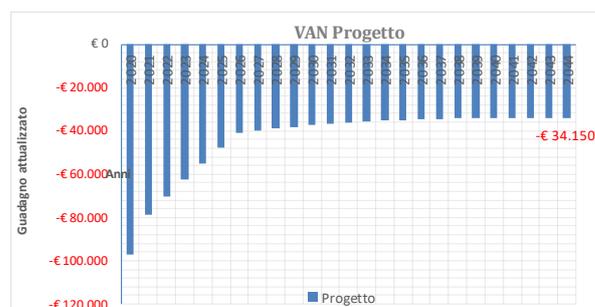
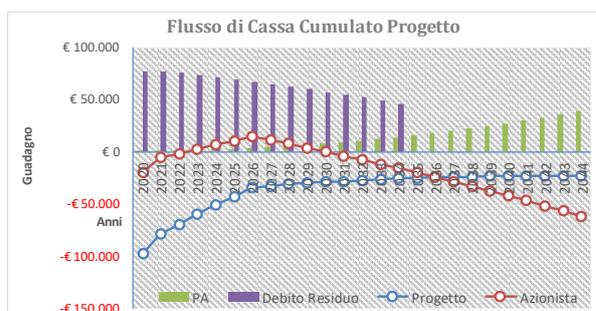


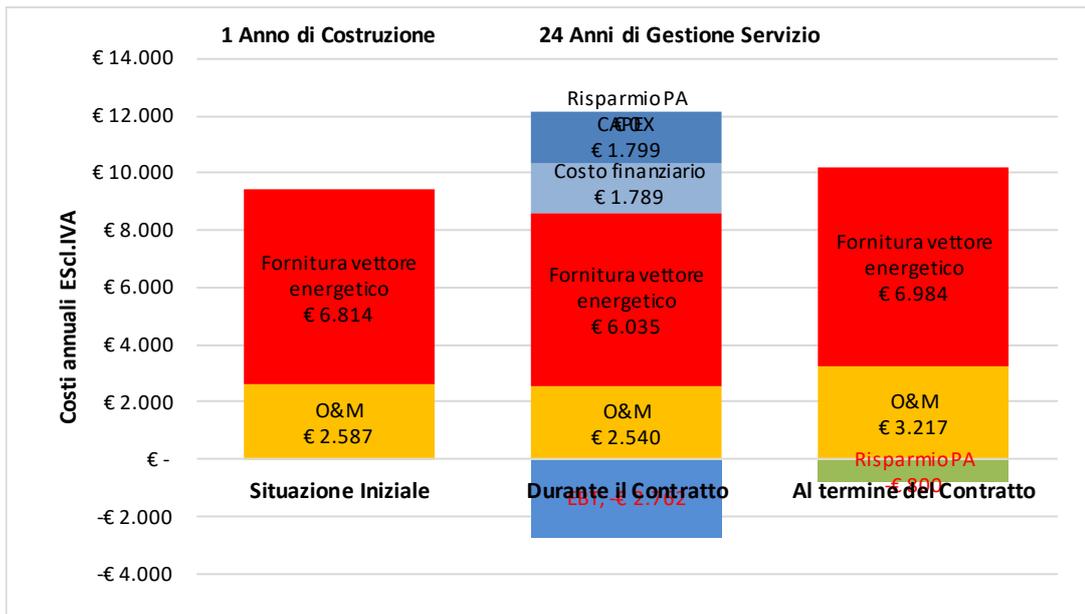
Figura 9.19 –SCN2: Flussi di cassa dell'azionista



Dall'analisi effettuata è emerso che l'investimento risulta non remunerativo. Il motivo è nel costo dell'indebitamento esterno, troppo alto. 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.

Con l'obiettivo di rendere più realistici e interessanti i piani economici finanziari dei due scenari sono stati considerati, solo per quest'ultimi, degli sconti sugli importi lavori pari al 30% rispetto ai prezzi di listino presentati per i singoli interventi.

Figura 9.20 – Scenario 1: Schema di Energy Performance Contract



## 10 CONCLUSIONI

L'audit energetico ha messo in evidenza una ridotta efficienza energetica dell'immobile legata ad un basso livello di isolamento da parte dell'involucro e da impianti dotati di livelli prestazionali ridotti. Gli indicatori energetici di performance hanno confermato che i consumi risultano elevati confrontati coi valori di benchmark di riferimento.

La maggior parte dei consumi energetici è da attribuire al riscaldamento degli ambienti e all'illuminazione degli stessi, motivo per cui gli interventi proposti sono stati indirizzati alla riduzione del fabbisogno ad essi associato.

Gli interventi proposti considerati fattibili hanno riguardato:

1. la sostituzione dell'attuale generatore di calore con altro a condensazione ad alta efficienza;
2. l'installazione di valvole termostatiche;
3. La sostituzione degli infissi e vetrate;
4. l'installazione di un sistema di illuminazione a tecnologia LED.

La fattibilità tecnico-economica ha messo in evidenza che gli interventi più interessanti sono la sostituzione dell'attuale sistema di illuminazione con un sistema utilizzando la tecnologia LED e l'installazione di valvole termostatiche.

Alcuni interventi dovranno essere valutati in maniera coordinata con gli altri. Ad esempio la sostituzione del generatore potrebbe prevedere una caldaia di potenzialità inferiore laddove il carico termico di riscaldamento venga preventivamente diminuito, migliorando l'isolamento dell'involucro.

Per la valutazione e la verifica dei risparmi energetici ottenibili dagli interventi di efficientamento proposti si consiglia di installare un sistema di monitoraggio (es: contatori termici e analizzatore dei consumi sul quadro elettrico principale) per quantificare l'effettivo risparmio conseguente.

### 10.1 RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA

Gli indici di performance sono riassunti e riportati nell'allegato M – Report di Benchmark.

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

Dalle analisi effettuate risulta che entrambi gli investimenti previsti nei due scenari non risultano essere remunerativi.

Il motivo è nel costo dell'indebitamento esterno, troppo alto. Infatti i singoli interventi presentano un tempo di ritorno attualizzato entro le finestre temporali considerate. In presenza del finanziamento esterno, nonostante la possibilità di accedere agli incentivi del conto termico anche grazie alla combinazione di alcuni interventi proposti, gli investimenti risultano fortemente sconvenienti.

Si fa notare che i costi utilizzati, ricavati da listini ufficiali, non prevedono alcun tipo di sconto.

## ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA

Titolo	Data	Nome file
Elenco documentazione fornita	19/03/2018	ALLEGATO A_DE_Lotto.4 - E471.pdf

## ALLEGATO B – ELABORATI

Titolo	Data	Nome file
Elenco elaborati prodotti e consegnati alla PA	19/03/2018	ALLEGATO B_DE_Lotto.4 - E471.pdf

## ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

Titolo	Data	Nome file
Report di indagine termografica effettuato in sede di sopralluogo	19/03/2018	ALLEGATO C_DE_Lotto.4 - E471.pdf

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

Titolo	Data	Nome file
Report relativi ad altre prove diagnostiche strumentali	19/03/2018	ALLEGATO D_DE_Lotto.4 -E471.pdf

## ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI

Titolo	Data	Nome file
Relazione di calcolo per il modello standard rilasciata dal software Termo	19/03/2018	ALLEGATO E_DE_Lotto.4 - E471.pdf

## ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

Titolo	Data	Nome file
Certificato software Termo	19/03/2018	ALLEGATO F_DE_Lotto.4 - E471.pdf

## ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

Titolo	Data	Nome file
Attestato di prestazione energetica dell'edificio	19/03/2018	ALLEGATO G_DE_Lotto.4 - E471.pdf



## ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

Titolo	Data	Nome file
Bozza di APE scenario 1	19/03/2018	ALLEGATO H_DE_Lotto.4 - E471_SCN1
Bozza di APE scenario 2	19/03/2018	ALLEGATO H_DE_Lotto.4 - E471_SCN2

## ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

Titolo	Data	Nome file
File di calcolo dei dati climatici utilizzati nella diagnosi	19/03/2018	GG_Lotto.4-E471.Rev01.xlsx

## ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

Titolo	Data	Nome file
Schede di audit in formato excel	19/03/2018	E471_Scheda Audit_Template_rev.1.xlsx

## ALLEGATO K – SCHEDE ORE

Titolo	Data	Nome file
Schede ORE relative agli interventi proposti	19/03/2018	ALLEGATO K_DE_Lotto.4 - E471.pdf

## ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI

Titolo	Data	Nome file
Foglio di calcolo relativo agli scenari proposti	19/03/2018	AnalisiPEF_rev05_E471.xlsx

## ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

Titolo	Data	Nome file
Report di Benchmark	19/03/2018	ALLEGATO M_DE_Lotto.4 - E471.pdf

## ALLEGATO N – CD-ROM