

# Scuola Secondaria di primo grado A. Volta E1038

Via Cornigliano 9, Genova

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA

FONDO KYOTO - SCUOLA 3



Luglio /2018

COMUNE DI GENOVA  
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER



COMUNE DI GENOVA



D B A PROGETTI

**Scuola Secondaria di primo grado A. Volta  
E1038  
Via Cornigliano 9, Genova**

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA

FONDO KYOTO - SCUOLA 3  
Luglio /2018

COMUNE DI GENOVA  
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER

Comune di Genova – Area Tecnica – Struttura di Staff Energy Manager  
Via Di Francia 1 – 18° Piano Matitone – 16149 – Genova  
Tel 010 5573560 – 5573855; [energymanager@comune.genova.it](mailto:energymanager@comune.genova.it); [www.comune.genova.it](http://www.comune.genova.it)

DBA Progetti Spa  
SEDE OPERATIVA Viale Felissent 20/D - 31020 Villorba (TV)  
SEDE LEGALE: Piazza Roma, 19 - 32045 S. Stefano di Cadore (BL)  
[Tel: 04220318811 – [info@dbagroup.it](mailto:info@dbagroup.it) – [www.dbagroup.it](http://www.dbagroup.it)]

## REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI

Revisione	Data	Realizzazione	Revisione	Approvazione	Descrizione
1	14/05/2018	Maria Giovanna Passaghe	Francesca Bottega  Matteo Zanotto	Alessandro Bertino	Prima consegna
2	26/07/2018	Maria Giovanna Passaghe	Francesca Bottega  Matteo Zanotto	Alessandro Bertino	Prima Revisione

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>REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI .....</b>	<b>3</b>
<b>INDICE.....</b>	<b>I</b>
<b>PAGINA.....</b>	<b>I</b>
<b>EXECUTIVE SUMMARY .....</b>	<b>I</b>
<b>CARATTERISTICHE DELL'EDIFICIO OGGETTO DELLA DE .....</b>	<b>I</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 .....	8
2.3 VERIFICA DEI VINCOLI INTERFERENTI SULLE PARTI DELL'IMMOBILE INTERESSATE DAGLI 'INTERVENTI.....	8
2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO.....	9
<b>3 DATI CLIMATICI .....</b>	<b>11</b>
3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO.....	11
3.2 DATI CLIMATICI REALI.....	12
3.3 ANALISI DELL'ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO .....	12
<b>4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI .....</b>	<b>14</b>
4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO .....	14
4.1.1 <i>Involucro opaco</i> .....	14
4.1.2 <i>Involucro trasparente</i> .....	15
4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/ CLIMATIZZAZIONE INVERNALE.....	17
4.2.1 <i>Sottosistema di emissione</i> .....	17
4.2.2 <i>Sottosistema di regolazione</i> .....	17
4.2.3 <i>Sottosistema di distribuzione</i> .....	18
4.2.4 <i>Sottosistema di generazione</i> .....	20
4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA .....	21
4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO/CLIMATIZZAZIONE ESTIVA .....	21
4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA .....	21
4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE .....	22
4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE .....	22
4.8 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DI IMPIANTI DI PRODUZIONE ENERGIA ELETTRICA O COGENERAZIONE .....	23
<b>5 CONSUMI RILEVATI .....</b>	<b>25</b>
5.1 CONSUMI ENERGETICI STORICI PER CIASCUN VETTORE E CONNESSIONE ALLE RETI GAS NATURALE ED ELETTRICA.....	25
5.1.1 <i>Energia termica</i> .....	25
5.1.2 <i>Energia elettrica</i> .....	27
5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI .....	31
<b>6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO.....</b>	<b>35</b>
6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO .....	35
6.1.1 <i>Validazione del modello termico</i> .....	36
6.1.2 <i>Validazione del modello elettrico</i> .....	37
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI.....	38
6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI.....	39



<b>7</b>	<b>ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO .....</b>	<b>41</b>
7.1	COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI .....	41
7.1.1	<i>Vettore termico.....</i>	41
7.1.2	<i>Vettore elettrico.....</i>	43
7.2	TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI.....	46
7.3	COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI.....	46
7.4	BASELINE DEI COSTI.....	47
<b>8</b>	<b>IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA .....</b>	<b>48</b>
8.1	DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI .....	48
8.1.1	<i>Involucro edilizio.....</i>	48
8.1.2	<i>Impianto riscaldamento.....</i>	52
8.1.3	<i>Impianto di illuminazione ed impianto elettrico.....</i>	54
8.1.4	<i>Impianto di generazione da fonti rinnovabili.....</i>	55
<b>9</b>	<b>VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA.....</b>	<b>57</b>
9.1	ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	57
9.2	ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	63
9.3	IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D'INTERVENTO E SCENARI D'INVESTIMENTO.....	70
9.3.1	<i>Scenario 1: EEM3 + EEM5 + EEM6.....</i>	72
9.3.2	<i>Scenario 2: EEM1+EEM3+EEM4+EEM5+EEM6.....</i>	77
<b>10</b>	<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>84</b>
10.1	RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA .....	84
10.2	RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI .....	84
10.3	CONCLUSIONI E COMMENTI.....	84
	<b>ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA.....</b>	<b>A</b>
	<b>ALLEGATO B – ELABORATI .....</b>	<b>A</b>
	<b>ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA .....</b>	<b>1</b>
	<b>ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI .....</b>	<b>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>1</b>
	<b>ALLEGATO I – DATI CLIMATICI.....</b>	<b>1</b>
	<b>ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT.....</b>	<b>1</b>
	<b>ALLEGATO K – SCHEDE ORE.....</b>	<b>1</b>
	<b>ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI .....</b>	<b>1</b>
	<b>ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK.....</b>	<b>1</b>
	<b>ALLEGATO N – CD-ROM .....</b>	<b>1</b>

## EXECUTIVE SUMMARY

Caratteristiche dell'edificio oggetto della DE

Tabella 0.1 - Tabella riepilogativa dei dati dell'edificio

PARAMENTO	U.M.	VALORE
Anno di costruzione edificio		1963
Anno di ristrutturazione		-
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E.7 Edificio scolastico
Superficie utile riscaldata	[m <sup>2</sup> ]	2.564,00
Superficie disperdente (S)	[m <sup>2</sup> ]	2.836,34
Volume lordo riscaldato (V)	[m <sup>3</sup> ]	8.406,19
Rapporto S/V	[1/m]	0,34
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m <sup>2</sup> ]	3.275,00
Superficie lorda aree esterne	[m <sup>2</sup> ]	1.137,48
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m <sup>2</sup> ]	4.412,48
Tipologia generatore riscaldamento		Caldaia a condensazione
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	460 kW
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	non presente
Tipo di combustibile		gas metano
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler Elettrici
Emissioni CO2 di riferimento <sup>(1)</sup>	[t/anno]	39.078,41
Consumo di riferimento Gas Metano <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>th</sub> /anno]	120.122,27
Spesa annuale Gas Metano <sup>(1)</sup>	[€/anno]	9.669,67
Consumo di riferimento energia elettrica <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>el</sub> /anno]	31.721,00
Spesa annuale energia elettrica <sup>(1)</sup>	[€/anno]	5.909,48

Nota (1): Valori di Baseline

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

- EEM 1: Isolamento copertura
- EEM 2: Cappotto Termico
- EEM 3: Sostituzione apparecchi di illuminazione (integrali)
- EEM 4: Sostituzione infissi
- EEM 5: Installazione Termovalvole
- EEM 6: Ripristino impianto fotovoltaico
- SCN1: EEM3 +EEM5+EEM6
- SCN2: EEM1+EEM3+EEM4+EEM5+EEM6

## E1038 – Scuola Secondaria di primo grado A. Volta

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

	CON INCENTIVI													
	% $\Delta_{\epsilon}$ [%]	% $\Delta_{CO_2}$ [%]	$\Delta C_{\epsilon}$ [€/anno]	$\Delta C_{MIO}$ [€/anno]	$\Delta C_{MS}$ [€/anno]	$I_0$ [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]	DSCR [-]	LLCR [-]
EEM 1	2%	2%	361,5	0,0	0,0	60.504,0	44	54	30	-27.854	-5,08%	-0,460	-	-
EEM 2	2%	2%	241,3	0,0	0,0	271.608,3	69	78	30	-171.941	-13,04%	-0,633	-	-
EEM 3	12%	12%	1.827,4	510,0	0,0	36.112,2	9	10	8	-8.580	-4,06%	-0,238	-	-
EEM 4	12%	12%	1.810,85	0,00	0,00	93.510,00	42	64	30	-51.376	-2,47%	-0,549	-	-
EEM 5	8%	8%	1.205,91	2.040,19	0,00	11.926,62	4	4	15	19.336	24,05%	1,621	-	-
EEM 6	2%	2%	298,57	0,00	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SCN 1	19,05%	19%	2.977 €	2.550 €	0 €	48.039 €	11	14	15	374	10%	0,01	1,01	1,36
SCN 2	34,65%	35%	2.047 €	4.666 €	2.550 €	202.053 €	46	123	25	-27.854	-14%	-0,14	0,87	0,54

Figura 0.1 – Scenario 1: analisi finanziaria



Figura 0.2 – 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 nelle strutture scolastiche, la possibilità di intervenire per ridurre i consumi energetici a queste correlati.

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

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

Figura 1.1 – Facciata sud del fabbricato



### 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 DBA Progetti Spa il cui responsabile per il processo di audit è l'ing. Alessandro Bertino soggetto certificato Esperto in Gestione dell'Energia (EGE) ai sensi della norma UNI CEI 11339.

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

Tabella 1.1 – Soggetti coinvolti nella realizzazione del processo di Audit

NOME E COGNOME	RUOLO	ATTIVITÀ SVOLTA
Maria Giovanna Passaghe	Impiegato tecnico	Sopralluogo in sito, Elaborazione dati e creazione del modello energetico
Gianluca Loddi	Impiegato tecnico	Sopralluogo in sito, Elaborazione dati diagnosi energetica
Angela Sposato	Impiegato tecnico	Gestione rapporti con committenza, Elaborazione dati diagnosi energetica
Francesca Bottega	Responsabile involucro	Supervisione attività e report di diagnosi energetica
Matteo Zanotto	Responsabile impianti	Supervisione attività e report di diagnosi energetica
Alessandro Bertino	EGE	Supervisione attività e approvazione report di diagnosi energetica

## 1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO

L'immobile oggetto della DE, catastalmente individuato al NCEU alla sezione C, Foglio 80 e Mappale 47 è sito nel Comune di Genova e più precisamente nella zona di Cornigliano.

I dati catastali identificati corrispondono con quelli riportati nel file "KyotoBaseline-E0840\_rev10".

L'edificio è di proprietà del Comune di Genova ed è attualmente adibito a Scuola secondaria di primo livello.

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

Figura 1.2 – Ubicazione dell'edificio



Tabella 1.2 - Tabella riepilogativa dei dati dell'edificio

PARAMENTO	U.M.	VALORE
Anno di costruzione edificio		1963
Anno di ristrutturazione		-
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E.7 Edificio scolastico
Superficie utile riscaldata	[m <sup>2</sup> ]	2.564,00
Superficie disperdente (S)	[m <sup>2</sup> ]	2.836,34
Volume lordo riscaldato (V)	[m <sup>3</sup> ]	8.406,19
Rapporto S/V	[1/m]	0,34
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m <sup>2</sup> ]	3.275,00
Superficie lorda aree esterne	[m <sup>2</sup> ]	1.137,48
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m <sup>2</sup> ]	4.412,48
Tipologia generatore riscaldamento		Caldia a condensazione
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	460 kW
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	non presente
Tipo di combustibile		gas metano
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler Elettrici
Emissioni CO <sub>2</sub> di riferimento <sup>(1)</sup>	[t/anno]	39.078,41
Consumo di riferimento Gas Metano <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>it</sub> /anno]	120.122,27

Spesa annuale Gas Metano <sup>(1)</sup>	[€/anno]	9.669,67
Consumo di riferimento energia elettrica <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>el</sub> /anno]	31.721,00
Spesa annuale energia elettrica <sup>(1)</sup>	[€/anno]	5.909,48

Nota (1): Valori di Baseline

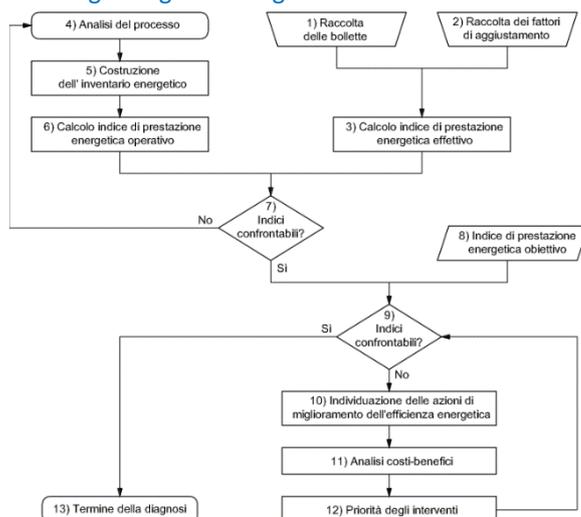
## 1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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; **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**
- 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 Ageci, Assisital, 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 Edilclima EC700 in possesso di certificato di conformità rilasciato dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI) n.73 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 Genova Pegli 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;

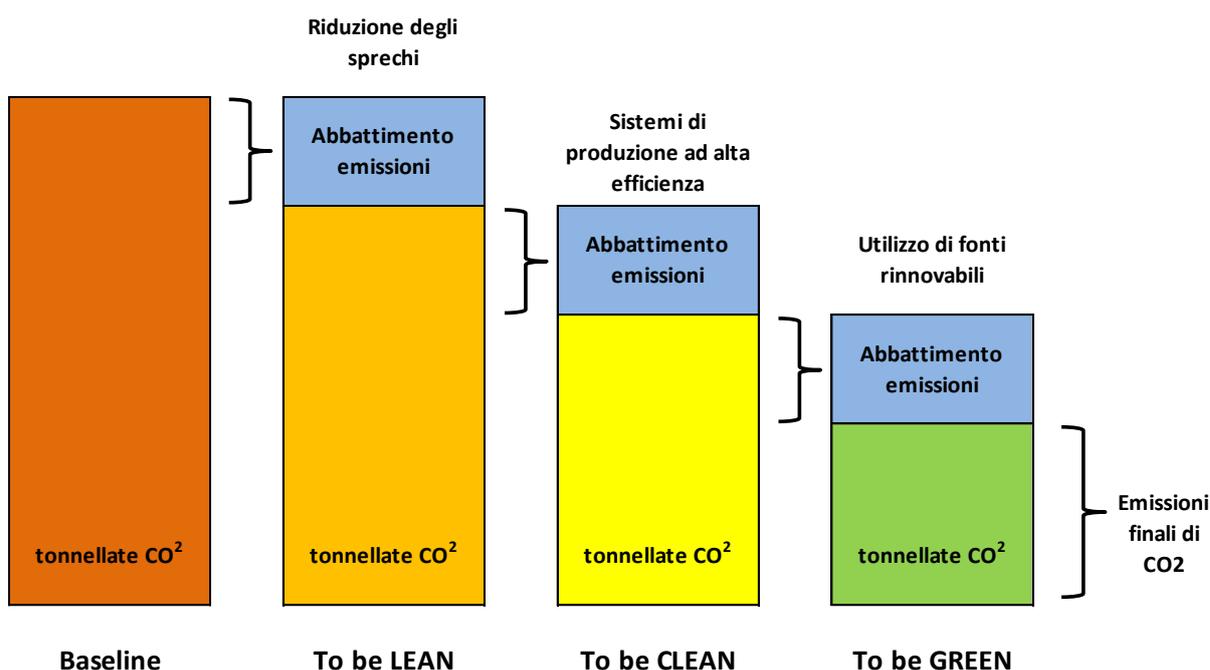
- p) Valutazione economico-finanziaria dei due scenari ottimali previsti, a partire dal “baseline di costi” e con riferimento ai principali indicatori finanziari e di sostenibilità finanziari ed ai possibili sistemi di incentivazione;
- q) Identificazione dell’eventuale canone applicabile nel caso di 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 dalla 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 riqualificazione 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.

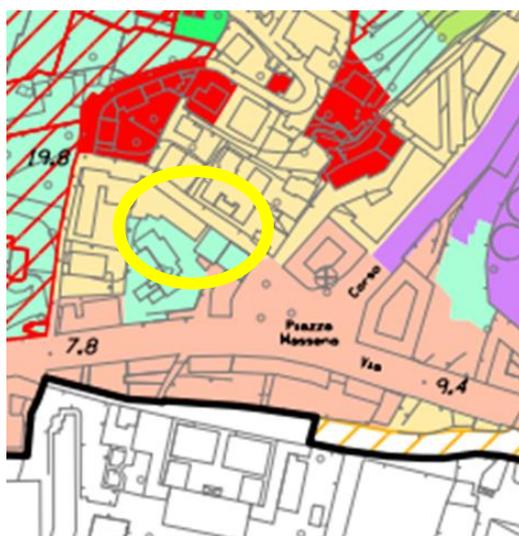
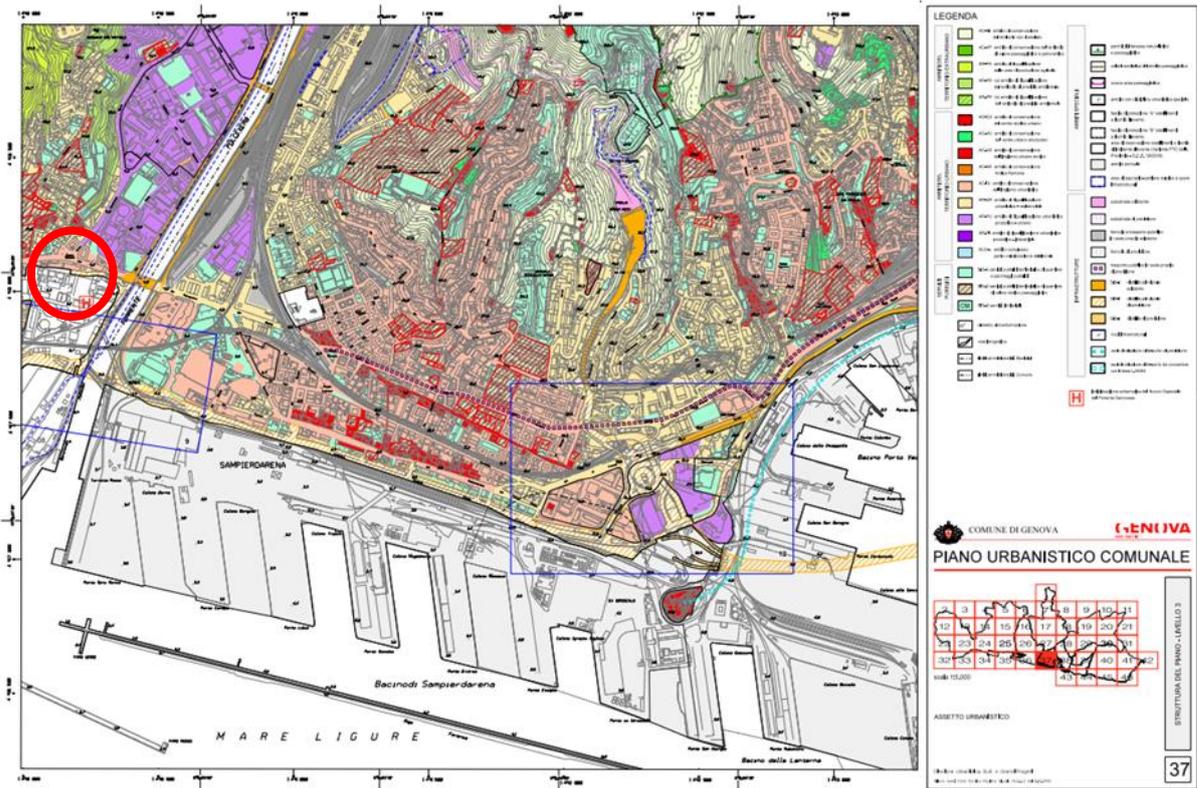
## 2 DATI DELL'EDIFICIO

### 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 F-Servizi, ed in particolare nella sottozona FF, la cui funzione caratterizzante è quella dei servizi pubblici, disciplinata dagli articoli che vanno dall'FF1 all'FF9 riportati nelle Norme di Attuazione di Piano.

La tavola di riferimento è la 37 – “Struttura del Piano – Livello 3”, di seguito riportata.

Figura 2.1 - Particolare estratto dal Piano Urbanistico Comunale



- SERVIZI PUBBLICI**
- SIS-S servizi pubblici territoriali e di quartiere e parcheggi pubblici
  - SIS-S servizi pubblici territoriali e di quartiere di valore storico paesaggistico
  - SIS-S servizi cimiteriali

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

L'edificio ove è ubicata la Scuola Secondaria di primo grado A. Volta è stato costruito negli anni '70 per essere adibito ad edificio scolastico, pertanto ai sensi del DPR 412/93, attualmente ricade nella destinazione d'uso E.7.

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

L'ipotesi di intervenire al fine di migliorare l'efficienza energetica del fabbricato è innanzitutto volta ad una diminuzione delle emissioni di CO<sub>2</sub>, la quale rientra negli obiettivi prefissati dal Comune di Genova all'interno del SEAP (Sustainable Energy Action Plan), ma può anche essere considerata di notevole interesse socio-culturale al fine della sensibilizzazione e dell'informazione dei ragazzi verso tematiche di interesse ambientale ed energetico.

L'edificio ospitante il complesso scolastico oggetto della DE è costituito complessivamente da cinque piani fuori terra, nei quali si sviluppano i vari ambienti a servizio dell'attività didattica. Al piano terra sono presenti palestra, spogliatoi, aula musicale, biblioteca e laboratorio d'arte; ai piani superiori sono dislocate le aule scolastiche ed i laboratori di scienze ed informatica, circa sette ambienti per piano; fa eccezione il piano quarto dell'edificio che attualmente non viene utilizzato.

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

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

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



Tabella 2.1 - Suddivisione in piani dell'edificio

PIANO	UTILIZZO	U.M.	SUPERFICIE LORDA COMPLESSIVA <sup>(2)</sup>	SUPERFICIE UTILE RISCALDATA <sup>(3)</sup>	SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA <sup>(3)</sup>
Terra	Ingresso, palestra e spogliatoi, aula musicale, laboratorio d'arte, biblioteca e magazzini	[m <sup>2</sup> ]	685	404	-
Primo	Aula professori, sala medica, classi, area ricevimento professori, magazzini	[m <sup>2</sup> ]	809	629	-
Secondo	Classi, laboratorio di tecnologia e aula informatica	[m <sup>2</sup> ]	656	554	-
Terzo	Classi, laboratorio scienze e aula di sostegno	[m <sup>2</sup> ]	602	506	-
Quarto	Non utilizzato	[m <sup>2</sup> ]	523	471	.-
<b>TOTALE</b>		<b>[m<sup>2</sup>]</b>	<b>3275</b>	<b>2564</b>	<b>-</b>

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

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

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

L'edificio oggetto di analisi non risulta essere soggetto a particolari vincoli.

Figura 2.3 - Particolare estratto dalla carta dei vincoli

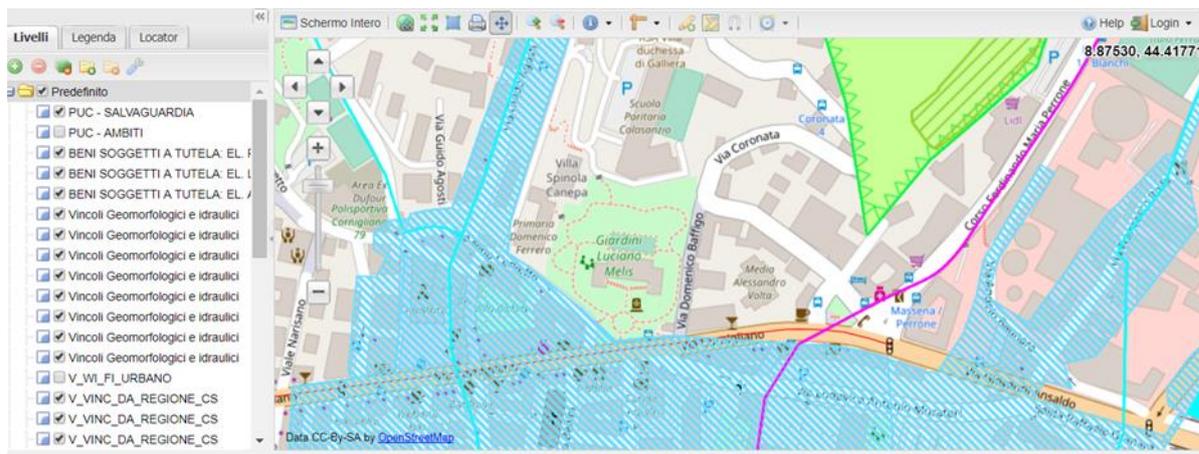


Tabella 2.2 - Misure di efficienza energetica individuate e valutazione delle interferenze con gli attuali vincoli

MISURA DI EFFICIENZA ENERGETICA	VINCOLO INTERESSATO	VALUTAZIONE INTERFERENZA <sup>(4)</sup>	MISURA DI TUTELA DA ADOTTARE
EEM 1: Controsoffitto isolato	Nessun Vincolo		
EEM 2: Cappotto termico	Nessun Vincolo		
EEM 3: Sostituzione corpi illuminanti	Nessun Vincolo		
EEM 4: Sostituzione serramenti	Nessun Vincolo		
EEM 5: Installazione termovalvole	Nessun Vincolo		
EEM6: Ripristino impianto fotovoltaico	Nessun Vincolo		

Nota (4): Legenda livelli di interferenza:

	Non perseguibile
	Perseguibile tramite adozione misure di tutela indicate
	Interferenza nulla

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

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

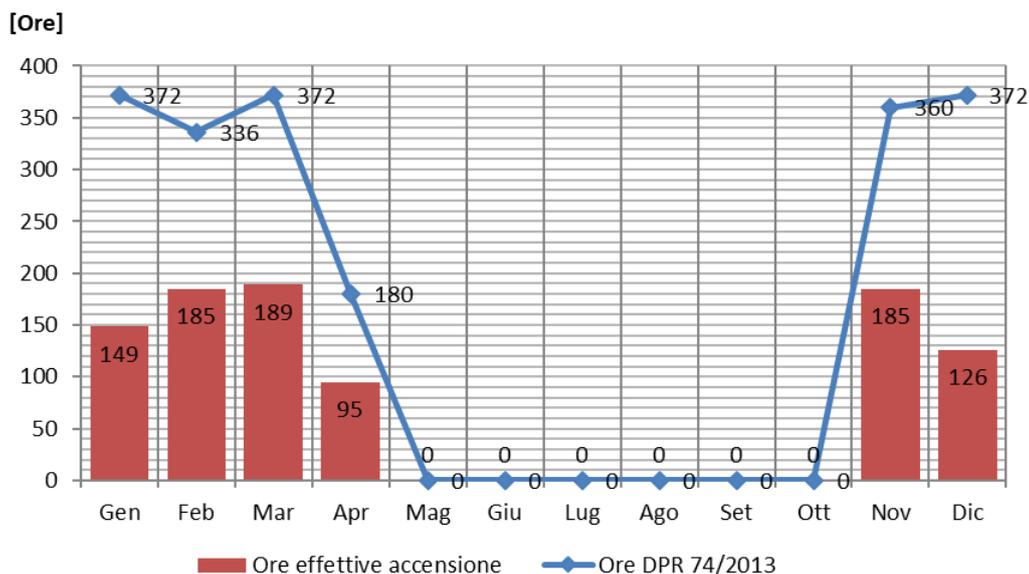
Gli orari di effettivo utilizzo dell'edificio sono stati ricavati tramite interviste agli operatori presenti, mentre i periodi di attivazione e spegnimento degli impianti sono stati rilevati, quando possibile, dal display del sistema di gestione degli stessi presente in centrale termica.

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

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

PERIODO	GIORNI SETTIMENALI	ORARIO FUNZIONAMENTO EDIFICIO	ORARIO FUNZIONAMENTO IMPIANTO
Dal 1 Novembre al 15 Aprile	dal lunedì al venerdì	07.30 – 18.00	06.30 – 15.30
	sabato e domenica	Chiuso (a meno di aperture straordinarie)	spento
dal 1 Settembre al 30 Ottobre	dal lunedì al venerdì	07.30 – 18.00	spento

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 correlati agli orari di espletamento delle lezioni, poiché questi vengono spenti al concludersi delle attività didattiche; nella programmazione degli impianti non è invece considerata la presenza di operatori all'interno della struttura oltre l'orario di lezione per cui gli impianti si spengono prima della totale assenza di persone all'interno del fabbricato.

Dal punto di vista manutentivo, attualmente le condizioni di Conduzione e Manutenzione (O&M) degli impianti a servizio dell'edificio scolastico oggetto della DE sono definite dal contratto Servizio Integrato Energia 3 che prevede l'affidamento ad un unico Gestore, del Servizio Energia, ovvero tutte le attività di gestione, conduzione e manutenzione degli impianti termici, compresa l'assunzione del ruolo di Terzo Responsabile, e di tutti gli impianti ad essi connessi. Tale contratto è stato stipulato a partire da Ottobre 2016 ed ha una durata di 6 anni.

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

### 3 DATI CLIMATICI

#### 3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO

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

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

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

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

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

Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 863 GG calcolati su 103 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	20	17	158	18%
Febbraio	28	10,5	28	266	20	21	195	23%
Marzo	31	11,1	31	276	21	21	187	22%
Aprile	30	15,3	15	71	20	11	50	6%
Maggio	31	18,7	-	-	21	0	0	0%
Giugno	30	22,4	-	-	20	0	0	0%
Luglio	31	24,6	-	-	-	0	0	0%
Agosto	31	23,6	-	-	-	0	0	0%
Settembre	30	22,2	-	-	20	0	0	0%
Ottobre	31	18,2	-	-	21	0	0	0%
Novembre	30	13,3	30	201	20	21	137	16%
Dicembre	31	10,0	31	310	15	14	135	16%
<b>TOTALE</b>	<b>365</b>	<b>16,7</b>	<b>166</b>	<b>1421</b>	<b>198</b>	<b>103</b>	<b>863</b>	<b>100%</b>

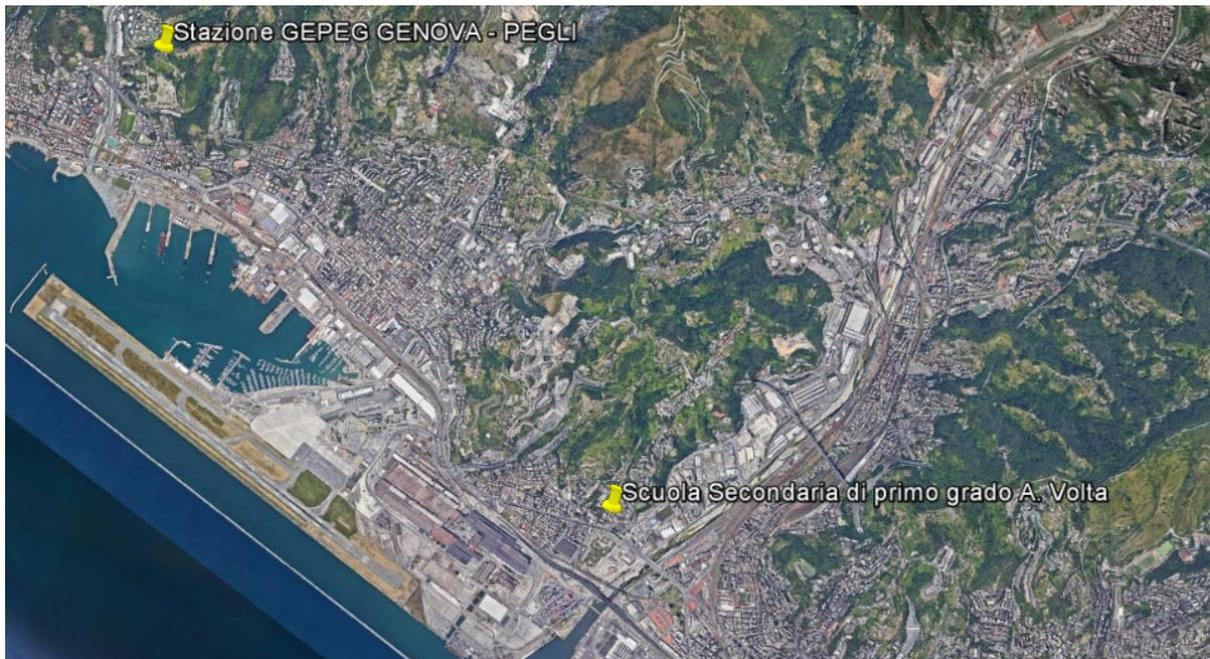
### 3.2 DATI CLIMATICI REALI

Ai fini della realizzazione dell'analisi energetica si è resa necessaria la definizione delle condizioni climatiche reali, ovvero dei GG calcolati in funzione della temperatura esterna media oraria del sito effettivamente rilevata, con lo scopo di creare una normalizzazione dei consumi in funzione delle caratteristiche climatiche della zona.

I dati climatici utilizzati sono stati rilevati dalla centralina meteo climatica di Genova Pegli, indicata in rosso nella Figura 3.1

Si è deciso di utilizzare come riferimento tale centralina in quanto è risultata essere quella più vicina al sito oggetto di studio.

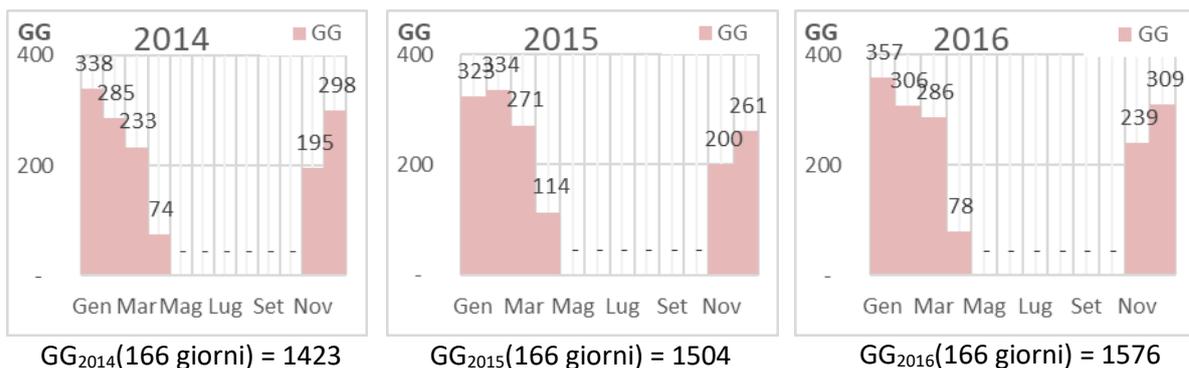
Figura 3.1 – Posizionamento della centralina meteo climatica rispetto all'edificio oggetto di DE



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

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

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



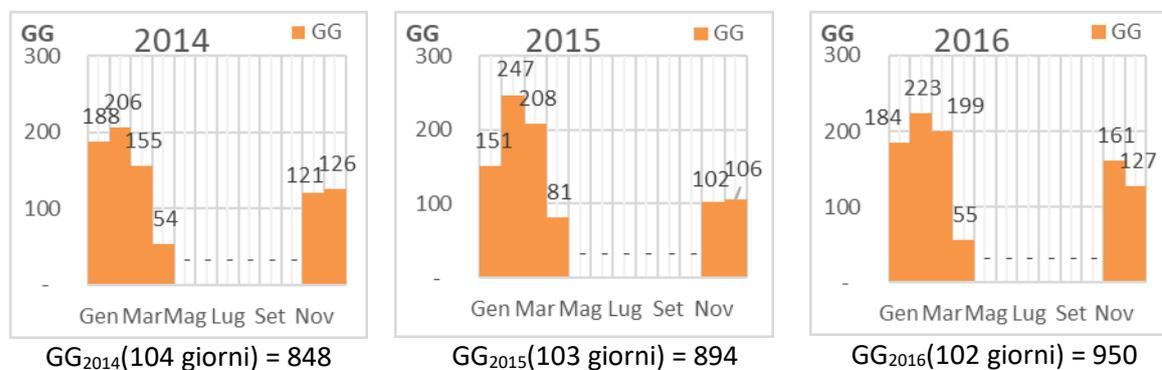
Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG reali sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 895 GG calcolati su 103 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.

Nelle tre annualità analizzate i giorni di effettivo funzionamento della struttura sono risultati lievemente differenti, poiché legati alla cadenza delle chiusure per festività; la media dei giorni di funzionamento dell'impianto è risultata essere pari a 103 giorni, valore utilizzato per il calcolo dei GG di riferimento.

I GG così calcolati definiscono i GG<sub>real</sub> ai fini del processo di normalizzazione di cui al capitolo 5.1.1.

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



Come si può notare dai grafici sopra riportati, l'andamento dei GG è aumentato nel triennio di riferimento, con un delta di circa 100GG tra il 2014 ed il 2016.

## 4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI

Di seguito è riportata la descrizione dettagliata delle componenti del sistema edificio-impianto, indicando le caratteristiche termofisiche dei componenti dell'involucro edilizio ed i rendimenti dei vari sottosistemi impiantistici presenti, facendo riferimento alle principali criticità di obsolescenza e manutentive riscontrate in sede di sopralluogo.

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

#### 4.1.1 Involucro opaco

L'involucro edilizio opaco che costituisce l'edificio è sostanzialmente composto da una struttura intelaiata con tamponamenti in blocchi forati.

Questa soluzione realizzativa incide profondamente sul comportamento termico dell'edificio, sono infatti presenti ponti termici tra telaio e tamponamento che comportano maggiori dispersioni di calore. La totale assenza di isolante incrementa il fabbisogno termico della struttura cui corrispondono maggiori consumi di combustibile.

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:

Figura 4.1 - Particolare della porzione di involucro esterno del fabbricato



- Rilievo termografico eseguito tramite l'utilizzo di termo camera facendo attenzione che fossero rispettate le seguenti condizioni:
  - ✓ Condizioni atmosferiche stabili;
  - ✓ Cielo nuvoloso prima e durante la misura (per misure all'aperto);
  - ✓ Assenza di luce solare diretta prima e durante la misura;
  - ✓ Assenza di precipitazioni;
  - ✓ Superficie dell'oggetto di misura asciutta e priva di fonti termiche d'interferenza (es. assenza di fogliame sulla superficie);
  - ✓ Assenza di vento o correnti d'aria;
  - ✓ Assenza di fonti d'interferenza nell'ambiente di misura o nel percorso di trasmissione;
  - ✓ La superficie dell'oggetto di misura è ottimale se ha emissività elevata e nota.
- Rilievo visivo e dimensionale dei componenti con l'individuazione degli spessori dei principali componenti.

Figura 4.2 – Rilievo termografico della parete



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

Le analisi termografiche condotte hanno permesso di identificare le discontinuità di trasmissione termica tra gli elementi opachi di separazione verso l'esterno; ma, considerando le elevate temperature esterne, non è stato possibile utilizzare i dati forniti dall'indagine per definire le effettive prestazioni dei pacchetti costruttivi presenti.

L'individuazione di questi ultimi è stata fatta consultando fonti bibliografiche dove, in relazione dell'anno di costruzione del fabbricato e delle dimensioni degli elementi, vengono riportate le principali soluzioni costruttive tipiche del periodo considerato con l'indicazione dei relativi valori di trasmittanza termica; i dati ottenuti sono riportati nella Tabella 4.1.

Tabella 4.1 – Trasmittanze termiche dei componenti dell'involucro opaco

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	SPESSORE [cm]	ISOLAMENTO	TRASMITTANZA TERMICA [W/m <sup>2</sup> K]	STATO DI CONSERVAZIONE
Copertura	COP01	30	Assente	1,5	scarso
Parete verticale	PE 01	34	Assente	0,9	scarso
Pavimento su vespaio aerato	PAV1	39	Assente	0,35	medio
Pavimento verso l'esterno	PAV2	39	Assente	1,6	medio

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 di due diverse tipologie: elementi con telaio in legno tenero e vetro singolo (risalenti all'anno di realizzazione dell'edificio) ed elementi con telaio in pvc e vetro-camera.

Lo stato di conservazione dei serramenti più datati è molto scarso; questo è causa di rilevanti infiltrazioni d'aria e d'acqua all'interno degli ambienti, causando elevati dispersioni termiche e creando un notevole disagio per gli utenti presenti all'interno dell'edificio.

Figura 4.3 - Particolare dei serramenti



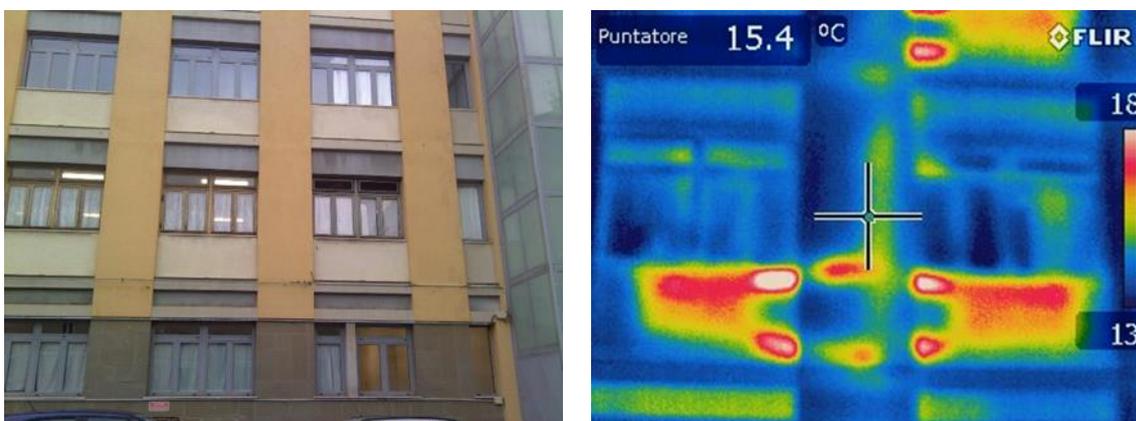
Ai fini di un'identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell'involucro trasparente si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione delle seguenti indagini diagnostiche:

- Rilievo termografico;
- Rilievo delle caratteristiche dei vetri per mezzo dello spessivetro;
- Rilievo geometrico/dimensionale

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- Il telaio dei serramenti è la parte maggiormente disperdente di tutto l'involucro esterno dell'edificio;
- Lo spessore esiguo del vetro nei serramenti in legno tenero è causa non solo di maggiori dispersioni termiche ma anche di uno scarso isolamento acustico delle aule.

Figura 4.4 – Rilievo termografico dei serramenti



Come per l'involucro opaco, non è stato possibile ricavare dalla sola termografia informazioni circa la possibile trasmittanza termica degli elementi vetrati; si sono quindi "ricostruiti" gli elementi rilevati su appositi software di simulazione (EC700) ricavando così i valori di trasmittanza termica per ogni tipologia di serramento individuata in fase di sopralluogo. I risultati sono riportati nella Tabella 2.3 di seguito riportata.

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	W-01	210x150	Legno tenero	singolo	2,982	scarso
Serramento verticale	W-02	350x150	Legno tenero	singolo	3,021	scarso
Serramento verticale	W-03	130x150	Legno tenero	singolo	2,965	scarso
Serramento verticale	W-04	130x150	PVC	vetrocamera	2,324	medio
Serramento verticale	W-05	210x150	PVC	vetrocamera	2,348	medio
Serramento verticale	W-06	105x245	PVC	vetrocamera	2,299	medio
Serramento verticale	W-07	115x430	Legno tenero	singolo	3,019	scarso
Serramento verticale	W-08	115x430	PVC	vetrocamera	2,857	medio
Serramento verticale	W-09	110x60	PVC	vetrocamera	2,272	medio
Serramento verticale	W-10	115x331	Alluminio	singolo	5,308	scarso
Serramento verticale	W-11	230x331	Alluminio	singolo	4,84	scarso
Serramento verticale	W-12	230x400	Alluminio	singolo	4,797	scarso
Serramento verticale	W-13	115x400	Alluminio	singolo	4,802	scarso
Serramento verticale	W-14	175x350	Alluminio	singolo	4,752	scarso

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 una caldaia a condensazione esterna che va ad alimentare il circuito di distribuzione a servizio dei radiatori.

### 4.2.1 Sottosistema di emissione

Il sottosistema di emissione è costituito da soli radiatori in ghisa di diversa dimensione in relazione alla dimensione e alla destinazione d'uso dell'ambiente servito.

I terminali sono per la maggior parte installati su parete esterna, sotto finestra.

Il rendimento di emissione desunto dal modello di calcolo delle DE è pari a 93%.

Le caratteristiche dei terminali di emissione installati sono sintetizzate nella Tabella 4.3.

Figura 4.5 - Particolare installazione radiatori



Tabella 4.3 - Riepilogo caratteristiche dei terminali di emissione installati

PIANO	TIPO DI INSTALLAZIONE	NUMERO	POTENZA TERMICA UNITARIA	POTENZA TERMICA COMPLESSIVA	POTENZA FRIGORIFERA UNITARIA	POTENZA FRIGORIFERA COMPLESSIVA
			[kW]	[kW]	[kW]	[kW]
Terra	A parete	17	2	≈ 34	n.p	n.p
Primo	A parete	18	1,6	≈ 30	n.p	n.p
Secondo	A parete	23	1,7	≈ 40	n.p	n.p
Terzo	A parete	20	2,1	≈ 42	n.p	n.p
Quarto	A parete	17	2,4	≈ 40	n.p	n.p
<b>TOTALE</b>	A parete	95	1,98	186	n.p	n.p

La potenza unitaria dei corpi scaldanti è stata valutata considerando il fabbisogno termico di picco degli ambienti serviti, relazionato al numero di terminali rilevato in fase di sopralluogo.

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

### 4.2.2 Sottosistema di regolazione

La regolazione del funzionamento dell'impianto avviene attraverso l'impostazione degli orari di funzionamento e delle temperature di set-point, che al momento del sopralluogo (periodo invernale) era impostata a 20°C. la regolazione adottata per la gestione dell'impianto è del tipo climatica con sonde di temperature esterne, interne e monitoraggio della temperatura dei fluidi di ritorno in centrale termica.

L'architettura dell'impianto di climatizzazione prevede una sola zona termica, unica quindi per tutto il fabbricato; la regolazione agisce quindi sull'unico collettore di mandata, su un'unica valvola miscelatrice e sull'attivazione di una sola pompa gemellare di mandata dell'impianto.

Figura 4.6 - Particolare della valvola a tre vie sul circuito

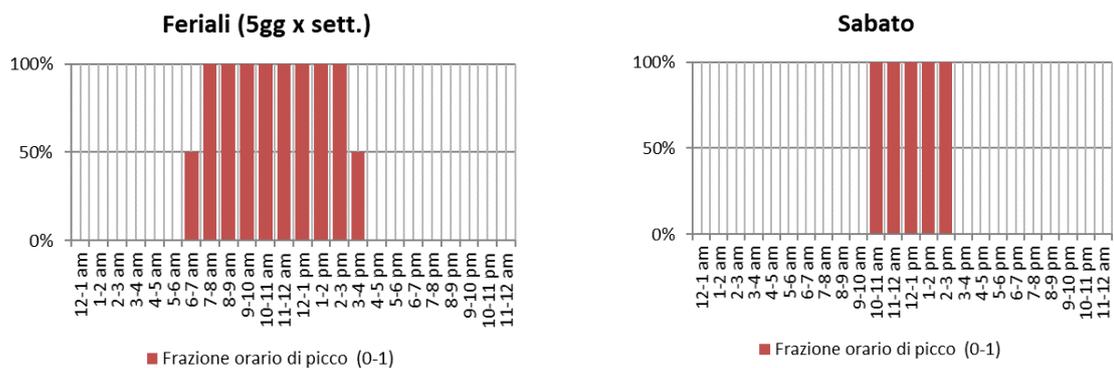


Figura 4.7 – Sonde di temperature sui circuiti di ritorno del fluido termovettore



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

Figura 4.8 - Profilo di funzionamento invernale dell'impianto per la zona termica



Si è inserito anche il profilo di funzionamento il sabato, anche se le aperture dell'edificio sono straordinarie e non frequenti.

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

I rendimenti di regolazione desunti dal modello di calcolo delle DE sono riportati nella Tabella 4.4:

Tabella 4.4 - Rendimenti del sottosistema di regolazione per le varie zone termiche

ZONA TERMICA	TIPO DI REGOLAZIONE	RENDIMENTO
Unica	Climatica	92%

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

#### 4.2.3 Sottosistema di distribuzione

Il sottosistema di distribuzione è costituito dai seguenti elementi:

- 1) Circuito primario di collegamento tra la caldaia modulare a condensazione e lo scambiatore di calore installato nel locale tecnico interrato;
- 2) Circuito secondario tra lo scambiatore di calore ed il collettore di mandata alle utenze;

**Circuito primario:** sono presenti quattro pompe di circolazione singole a velocità fissa, una per ciascun modulo della caldaia, adibite alla mandata di acqua calda allo scambiatore di calore;

Le caratteristiche dei circolatori 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>	PREVALENZA <sup>(5)</sup>	POTENZA ASSORBITA <sup>(5)</sup>
			[m <sup>3</sup> /h]	[kPa]	[kW]
Caldaia modulare a condensazione	P1	mandata acqua calda a scambiatore	5	100	0,22
	P2	mandata acqua calda a scambiatore	5	100	0,22
	P3	mandata acqua calda a scambiatore	5	100	0,22
	P4	mandata acqua calda a scambiatore	5	100	0,22
TOTALE			20	400	0,88

Nota (5): Valori ricavati da dati di targa

Le temperature del fluido termovettore all'interno del circuito primario sono riportate nella Tabella 4.6. Le temperature rilevate in fase di sopralluogo sono inferiori rispetto a quelle che vengono utilizzate nella modellazione del comportamento termico/impiantistico del fabbricato, questo perché le condizioni climatiche esterne nei giorni in cui si sono svolte le attività di sopralluogo sono risultate essere più elevate rispetto alle medie del periodo.

Tabella 4.6 – Temperature di mandata e ritorno del circuito primario

CIRCUITO		TEMPERATURA RILEVATA <sup>(6)</sup>	TEMPERATURA CALCOLO
		°C	°C
Caldaia modulare a condensazione	Mandata - Caldo	53°C	60°C
	Ritorno - Caldo	47°C	50°C
Scambiatore	Entrata - Caldo	53°C	60°C
	Uscita - Caldo	41°C	50°C
Collettore	Mandata - Caldo	nd	50°C
	Ritorno - Caldo	nd	40°C

Nota (6): Valori rilevati il giorno 24/11/2017 alle ore 11.00, in orario di lezione, con una temperatura esterna di circa 15°C

Per quanto riguarda le temperature del fluido termovettore caldo si è rilevato che le letture fornite dai termometri potrebbero non essere affidabili, se ne consiglia pertanto la sostituzione o la ritaratura.

**Circuito secondario:** è presente una pompa di circolazione gemellare in funzionamento in parallelo a velocità fissa a servizio dei due circuiti secondari destinati rispettivamente a Palestra e Scuola. Le caratteristiche dei circolatori a servizio dei circuiti secondari sono riportate nella Tabella 4.7.

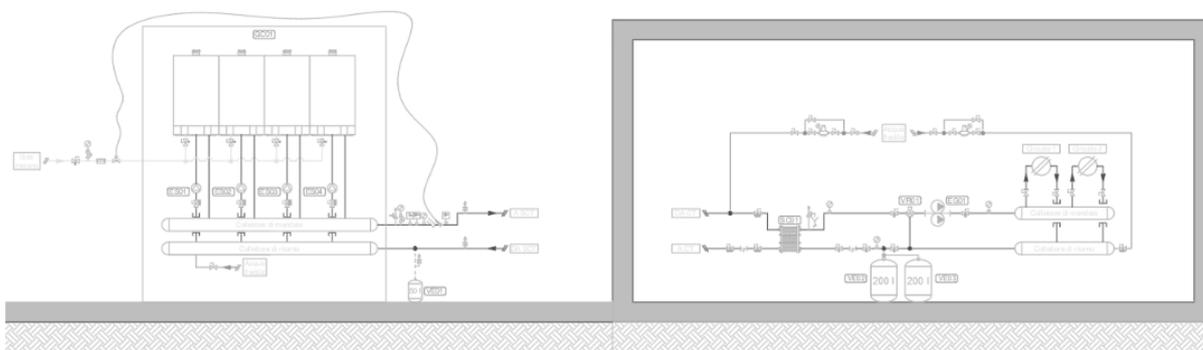
Tabella 4.7 - Riepilogo caratteristiche pompe circuito secondario

	NOME	SERVIZIO	PORTATA <sup>(7)</sup>	PREVALENZA <sup>(7)</sup>	POTENZA ASSORBITA <sup>(7)</sup>
			m <sup>3</sup> /h	kPa	kW
Zona Unica	Z1	mandata acqua calda zone	40	50	1,1

Nota (7): Valori ricavati da dati di targa

Non è stato possibile rilevare le temperature all'interno delle tubazioni del circuito secondario.

Figura 4.9 - Particolare dello schema di impianto (Fonte: Tavola 084-S01-001-CENTRALE TERMICA.dwg)



Il rendimento complessivo del sottosistema di distribuzione è stato assunto nella DE pari a 85<sup>1</sup>%.

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

#### 4.2.4 Sottosistema di generazione

Il sottosistema di generazione è costituito da una caldaia modulare a condensazione installata all'esterno, al terzo piano del fabbricato. La macchina, marca Riello e modello Condexa Pro3 460 EXT CA, è caratterizzata da quattro moduli termici le cui caratteristiche sono riportate nella seguente Tabella 4.8.

Figura 4.10 - Caldaia a condensazione



Figura 4.11 - Targhetta caldaia



<sup>1</sup> UNI TS 11300-2 2014

Tabella 4.8 - Riepilogo caratteristiche sistema di generazione

Servizio	MARCA	MODELLO	ANNO DI COSTRUZIONE	POTENZA AL FOCOLARE [kW]	POTENZA TERMICA UTILE [kW]	RENDIMENTO	POTENZA ASSORBITA COMPLESSIVA [kW]
G1 Riscaldamento	Riello	Condensa PRO3 460 EXT C A	2014	460	453,6 (60°-80°) 499,6 (30°-50°)	98% 108,6%	1,2kW

Dall'analisi dei fumi il rendimento di combustione è risultato pari al 99,4% mentre il rendimento da scheda tecnica per il funzionamento a temperature elevate è pari al 98%. Nella DE il rendimento della caldaia è stato assunto pari a 95,38 %.

Il rendimento complessivo del sottosistema di generazione, in regime di riscaldamento è stato assunto nella DE pari a 89,6<sup>2</sup>%.

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

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

Il consumo di acqua calda sanitaria è ridotto e la produzione è affidata a 3 boiler elettrici installati localmente nei servizi igienici.

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

Figura 4.12 - Boiler elettrico produzione ACS



Tabella 4.9 – 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%	92,6%	-	-	75%	35,6%

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 è presente un impianto di raffrescamento/climatizzazione estiva.

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

Non è presente un impianto di ventilazione meccanica.

<sup>2</sup> UNI TS 11300-2 2014

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

Le utenze sottese all'impianto elettrico, oltre a quelle precedentemente descritte, sono legate principalmente alle attività didattiche svolte all'interno degli ambienti; si fa riferimento quindi ai pc del laboratorio di informatica, alle esigue lavagne interattive multimediali presenti e marginalmente a stampanti e distributori bevande/alimenti.

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

Tabella 4.10 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche

TIPOLOGIA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA NOMINALE [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]	ORE ANNUE DI UTILIZZO	ORE/GIORNO
Utenze con profili di funzionamento variabili	Computer	16	150	2.400	358	1,7
	Stampante multifunzione	1	300	300	48	0,2
	LIM	5	100	500	358	1,7
Utenze con profili di funzionamento costanti	Centrali di allarme	2	115	250	~ 8760	~ 24
	Distributori	2	400	800	~ 8760	~ 24

Ai fini di un'identificazione più precisa del funzionamento dei componenti impiantistici si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione delle seguenti indagini diagnostiche:

- Misure di assorbimento elettrico sulle principali linee di alimentazione dei carichi;
- Rilievo dei dati di targa delle utenze installate

La realizzazione delle suddette indagini ha portato a concludere che i principali carichi elettrici del fabbricato sono imputabili al solo impianto di illuminazione poiché durante l'arco della giornata i carichi misurati sono rimasti pressoché costanti.

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

#### 4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE

L'impianto di illuminazione è prettamente costituito da lampade fluorescenti di diversa taglia, in funzione della tipologia di utilizzo dei locali.

Il sistema di gestione dell'impianto di illuminazione è di tipo manuale, con accensione e spegnimento dei corpi illuminanti del tipo on/off e nessuna suddivisione delle accensioni all'interno degli ambienti.

Figura 4.13 - Particolare dei corpi illuminanti



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

Tabella 4.11 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

PIANO EDIFICIO	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA UNITARIA [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]
Piano Terra	Ioduri metallici	8	250	2.160
	fluorescenti 1x58W	28	58	1.754
	fluorescenti 2x58W	10	116	1.253
Piano Primo	fluorescenti 2x58W	51	116	6.389
Piano Secondo	fluorescenti 2x58W	60	116	7.517

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.

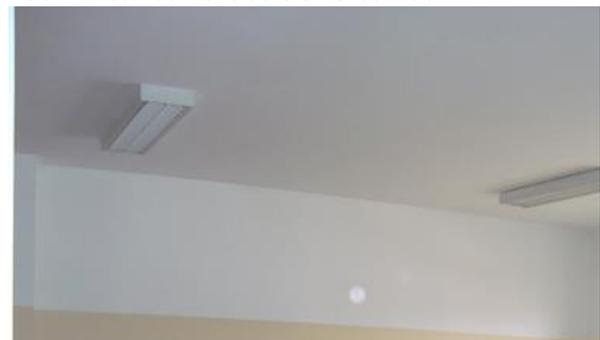
Figura 4.14 - Particolare dei corpi illuminanti a ioduri metallici – Palestra al piano terra



Figura 4.15 - Particolare dei corpi illuminanti fluorescenti 1x58W presenti al piano terra



Figura 4.16 - Particolare dei corpi illuminanti fluorescenti 2x58W installati nelle aule e nei corridoi



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

Attualmente è presente un impianto Fotovoltaico

Figura 4.17 - Vista dell'impianto fotovoltaico

*E1038 – Scuola Secondaria di primo grado A. Volta*

installato sulla copertura piana opaca al di sopra delle aule attualmente non utilizzate;  
L'impianto è costituito da moduli in silicio policristallino, installati con inclinazione di circa 18° rispetto al piano orizzontale ed orientati a sud-est. Le caratteristiche dell'impianto sono riportate in Tabella 4.12



Tabella 4.12 – Caratteristiche impianto fotovoltaico

TIPO DI IMPIANTO	Orientamento	Inclinazione	N° Moduli	Potenza singoli moduli [kW]	Tipologia Inverter	Stato di convenzione	Codice identificativo impianto CENSIMP
Fotovoltaico	Sud - Est	18°	7	0,230	Power-One Aurora PVI-2000-OUTD-IT	Scambio sul posto	N.D.

Le caratteristiche di tali impianti rilevati in sede di sopralluogo e delle relative caratteristiche tecniche sono riportate nella Sezione 9 dell' Allegato J – Schede di audit.

È stata fatta una verifica del funzionamento dell'impianto nelle annualità oggetto di studio attraverso il servizio "Misure GSE Terna" del portale e-distribuzione come indicato dalla P.A. e risulta che l'impianto fotovoltaico rilevato pur presentandosi in buono stato manutentivo **non risulta essere funzionante**, dovrà quindi essere ripristinato.

## 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 biennio 2015 e 2016; il 2014 non è stato preso in considerazione poiché il vettore energetico utilizzato era differente (gasolio) e diverso era il sistema di generazione termica a servizio dell'edificio.

I vettori energetici analizzati sono i seguenti:

- Gas metano;
- Energia elettrica;

#### 5.1.1 Energia termica

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

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

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

TIPO COMBUSTIBILE	PCI [kWh/kg]	DENSITÀ [kWh/Sm <sup>3</sup> ]	PCI [kWh/Nm <sup>3</sup> ]	FATTORE DI CONVERSIONE [Sm <sup>3</sup> /Nm <sup>3</sup> ]	PCI [kWh/Sm <sup>3</sup> ]
Metano	n/a	n/a	9,94 <sup>(8)</sup>	1,0549	9,42
Gasolio	11,87 <sup>(*)</sup>	0,85	n/a	n/a	10,09

Nota (8) Fonte: Prospetto B.19 UNI TS 11300-2:2014

La fornitura di Gas metano avviene tramite la presenza di un contatore a servizio appunto della caldaia a condensazione destinata alla climatizzazione invernale del fabbricato.

L'effettiva ubicazione del contatore, rappresentata nella planimetria riportata all' Allegato B – Elaborati, è esterna al fabbricato lateralmente all'accesso del locale tecnico al piano strada.

Figura 5.1: ubicazione contatore gas metano



L'analisi dei consumi storici di si basa sulla base de m<sup>3</sup> annui di gas metano forniti dalla PA e riportati nel file Excel "kyotoBaseline-EXXXX\_rev09"; i valori sono quelli forniti dalla società di distribuzione del Gas Metano.

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

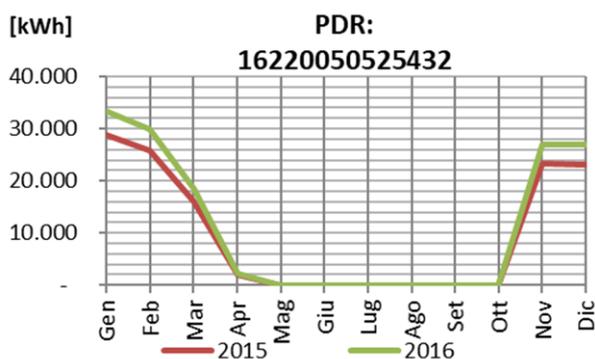
PDR	PDR	Utilizzo	2014	2015	2016	2014	2015	2016
			[Sm <sup>3</sup> ]	[Sm <sup>3</sup> ]	[Sm <sup>3</sup> ]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
PDR 1	16220050525432	Riscaldamento	non disponibile/altro combustibile	12.598	14.657	non disponibile/altro combustibile	118.676	138.069
PDR 2	3270034407387	N.R.	897	267	346	8.450	2.646	3.429
PDR 3	3270034407488	N.R.	0	182	237	0	1.804	2.349

Il PDR 1 è relativo alla fornitura di gas naturale per la climatizzazione invernale.

Per gli altri due PDR, invece, dal sopralluogo è emerso che **non ci sono altri servizi alimentati da queste due forniture**. Non sono infatti presenti all'interno della scuola né il servizio cucina, né, ad esempio, una caldaia autonoma per la produzione di acqua calda.

Per quanto riguarda il PDR 1, non è stato possibile riportare l'analisi dei consumi termici fatturati poiché non sono disponibili in quanto le forniture del vettore energetico sono intestate al soggetto terzo intestatario del contratto SIE 3. L'andamento dei consumi stagionali del vettore energetico è stato desunto dal modello energetico dell'edificio, applicando la percentuale mensile di incidenza dei consumi ai totali annui forniti dalla PA; i risultati sono riportati nella **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**

Figura 5.2 – Andamento mensile dei consumi termici ricavati da modello energetico



Dall'analisi effettuata è emerso che il prelievo termico del triennio è caratterizzato da un valore minimo pari a circa 250 smc, e un valore di massimo prelievo di circa 3.000 smc. I consumi annui non hanno subito una sostanziale variazione, sono quella dovuta alle differenti condizioni climatiche esterne.

Confrontando l'andamento dei consumi con i  $GG_{real}$  del triennio di riferimento si può notare che tra il 2015 ed il 2016 vi è stato un aumento di circa 76GG che ha richiesto, si suppone a parità di condizioni di utilizzo, un quantitativo maggiore di vettore termico.

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 biennio di riferimento, si è reso necessario riportare tali consumi ad un comportamento normalizzato e non più strettamente dipendente dalle caratteristiche climatiche dell'anno a cui si riferiscono, con lo scopo di ottenere un consumo destagionalizzato che possa poi essere utilizzato per effettuare la taratura del modello energetico di cui al capitolo 6.1.

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

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

Dove:

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

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

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

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; [Tale contributo non è stato valutato in quanto l'acqua calda sanitaria è prodotta da boiler elettrici]

$\bar{Q}_{ALTRO}$  = Consumo termico reale per eventuali altri utilizzi dell'edificio, kWh/anno, valutato come la media dei consumi per altri usi, nel triennio di riferimento. [Tale contributo non è stato valutato in quanto non sono presenti utilizzi differenti rispetto alla climatizzazione invernale, pertanto non concorre nel calcolo della baseline dei consumi energetici]

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

Tabella 5.3 – Normalizzazione dei consumi annuali di energia termica

ANNO	GG <sup>REAI</sup> SU [103] GIORNI	GG <sup>RIF</sup> SU [103] GIORNI	CONSUMO REALE RISC. [Smc]	CONSUMO REALE RISC. [kWh]	$\alpha_{rif}$	CONSUMO NORMALIZZATO A [863] GG [kWh]
2015	894	863	12.598	118.673	132,7	114.558
2016	950	863	14.657	138.069	145,3	125.425
<b>Media</b>	<b>895</b>	<b>863</b>	<b>13.628</b>	<b>128.376</b>		<b>119.991,5</b>

Come si può notare dai dati riportati il comportamento energetico dell'edificio, nelle due annualità analizzate, è risultato essere omogeneo con un lieve aumento dei consumi nel 2016 dovuto alle condizioni ambientali esterne maggiormente severe rispetto al 2015 (950 GG contro gli 894 GG dell'anno prima).

Si sono pertanto definiti per il calcolo della Baseline i parametri riportati nella Tabella 5.4:

Tabella 5.4 – Individuazione della Baseline termica

GRANDEZZA	VALORE [Kwh]
$\bar{Q}_{ACS}$	-
$\bar{Q}_{ALTRO}$	-
$\bar{a}_{rif} \times GG_{rif}$	120.156
<b><math>Q_{baseline}</math></b>	<b>120.156</b>

### 5.1.2 Energia elettrica

La fornitura di energia elettrica avviene tramite la presenza di un unico contatore a servizio di tutto il fabbricato.

## E1038 – Scuola Secondaria di primo grado A. Volta

L'effettiva ubicazione dei contatori è rappresentata nelle planimetrie riportate all'Allegato B – Elaborati; l'elenco delle fatture analizzate è riportato all'Allegato A – Elenco documentazione fornita dalla committenza.

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

Tali consumi annuali sono riportati nella Tabella 5.5 con indicazione dei POD di riferimento.

Tabella 5.5 – Elenco POD e relativi consumi annuali per il triennio di riferimento

POD	ZONA SERVITA	2014	2015	2016	MEDIA
		[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
IT001E00096061	Scuola Secondaria di primo grado A. Volta	31.637	30.966	32.560	31.721
IT001E00096062	Abitazione del custode	-	-	-	-

Il POD IT001E00096062 non è stato rilevato in fase di sopralluogo e dalle fatture risulta che la fornitura è cessata nell'agosto 2015. È probabile che questo POD fosse a servizio della vecchia abitazione del custode ormai dismessa. I consumi risultano tutti nulli.

I consumi del POD IT001E00096061 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-E1038rev.09), dal confronto sono emerse differenze rispetto ai consumi riportati per gli anni 2015 e 2016. I consumi per le due annualità evidenziate, riportati nel file fornito dal Comune, sono infatti leggermente superiori rispetto a quanto emerso dall'analisi svolta sulle fatture.

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 **31.721 kWh**.

Tabella 5.6 – Consumi mensili di energia elettrica suddivisi per fasce, per il triennio di riferimento

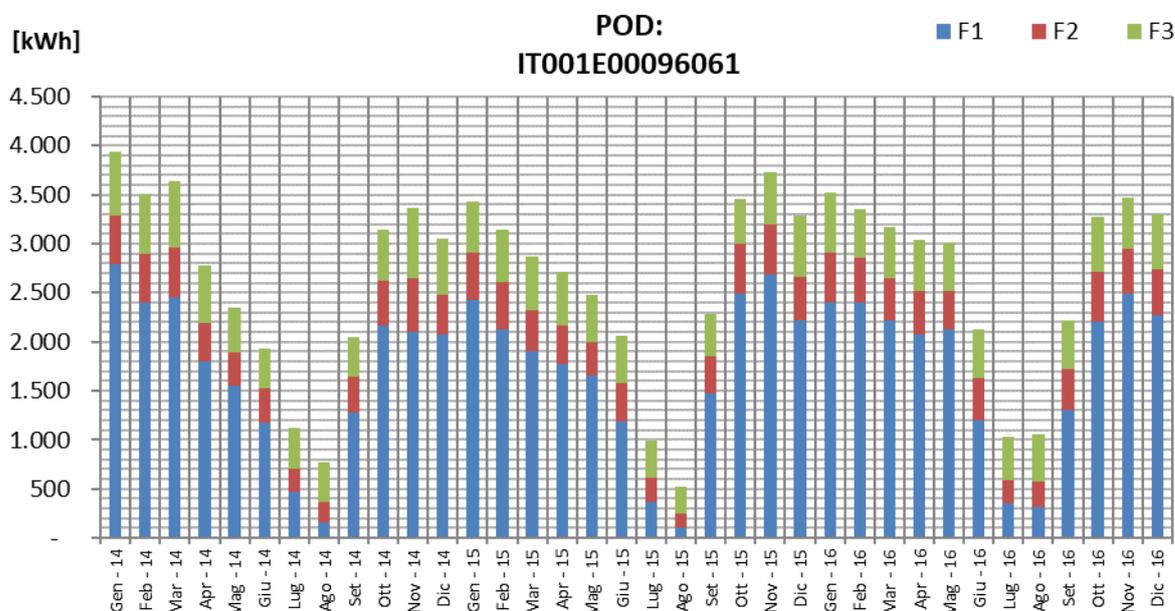
POD: IT001E00096061	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 14	2.797	490	657	3.944
Feb - 14	2.403	492	612	3.507
Mar - 14	2.456	511	667	3.634
Apr - 14	1.804	393	575	2.772
Mag - 14	1.552	338	455	2.345
Giu - 14	1.173	354	401	1.928
Lug - 14	469	240	415	1.124
Ago - 14	164	202	405	771
Set - 14	1.280	360	414	2.054
Ott - 14	2.163	462	518	3.143
Nov - 14	2.104	539	719	3.362
Dic - 14	2.076	402	575	3.053
Totale	20.441	4.783	6.413	31.637
POD: IT001E00096061	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 15	2.424	481	531	3.436
Feb - 15	2.132	481	524	3.137
Mar - 15	1.902	422	551	2.875
Apr - 15	1.771	392	554	2.717
Mag - 15	1.653	348	480	2.481
Giu - 15	1.187	388	483	2.058



## E1038 – Scuola Secondaria di primo grado A. Volta

Lug - 15	363	256	374	993
Ago - 15	111	144	271	526
Set - 15	1.477	377	425	2.279
Ott - 15	2.491	503	460	3.454
Nov - 15	2.692	508	524	3.724
Dic - 15	2.221	443	622	3.286
<b>Totale</b>	<b>20.424</b>	<b>4.743</b>	<b>5.799</b>	<b>30.966</b>
<b>POD: IT001E00096061</b>	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F3</b>	<b>TOTALE</b>
<b>Anno 2016</b>	<b>[kWh]</b>	<b>[kWh]</b>	<b>[kWh]</b>	<b>[kWh]</b>
Gen - 16	2.405	508	608	3.521
Feb - 16	2.405	457	490	3.352
Mar - 16	2.223	426	516	3.165
Apr - 16	2.071	444	524	3.039
Mag - 16	2.131	387	492	3.010
Giu - 16	1.205	420	495	2.120
Lug - 16	348	245	440	1.033
Ago - 16	313	256	484	1.053
Set - 16	1.310	406	498	2.214
Ott - 16	2.198	514	566	3.278
Nov - 16	2.485	456	533	3.474
Dic - 16	2.268	466	567	3.301
<b>Totale</b>	<b>21.362</b>	<b>4.985</b>	<b>6.213</b>	<b>32.560</b>

Figura 5.3 – Profili elettrici reali relativi al POD IT001E00096061 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 5.7.

Tabella 5.7 – Consumi mensili di Baseline

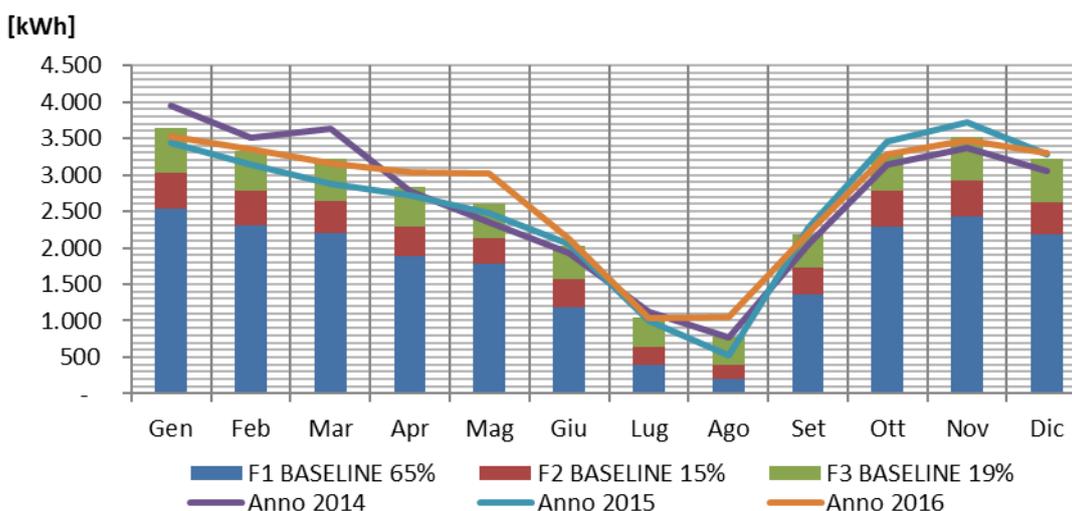
BASELINE	F1	F2	F3	TOTALE
----------	----	----	----	--------

## E1038 – Scuola Secondaria di primo grado A. Volta

	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	2.542	493	599	3.634
Febbraio	2.313	477	542	3.332
Marzo	2.194	453	578	3.225
Aprile	1.882	410	551	2.843
Maggio	1.779	358	476	2.612
Giugno	1.188	387	460	2.035
Luglio	393	247	410	1.050
Agosto	196	201	387	783
Settembre	1.356	381	446	2.182
Ottobre	2.284	493	515	3.292
Novembre	2.427	501	592	3.520
Dicembre	2.188	437	588	3.213
<b>Totale</b>	<b>20.742</b>	<b>4.837</b>	<b>6.142</b>	<b>31.721</b>

L'andamento dei consumi elettrici mensili nel triennio di riferimento e di Baseline è riportato nel grafico in Figura 5.4.

Figura 5.4 – Confronto tra i profili mensili elettrici reali e i valori di Baseline per il triennio di riferimento



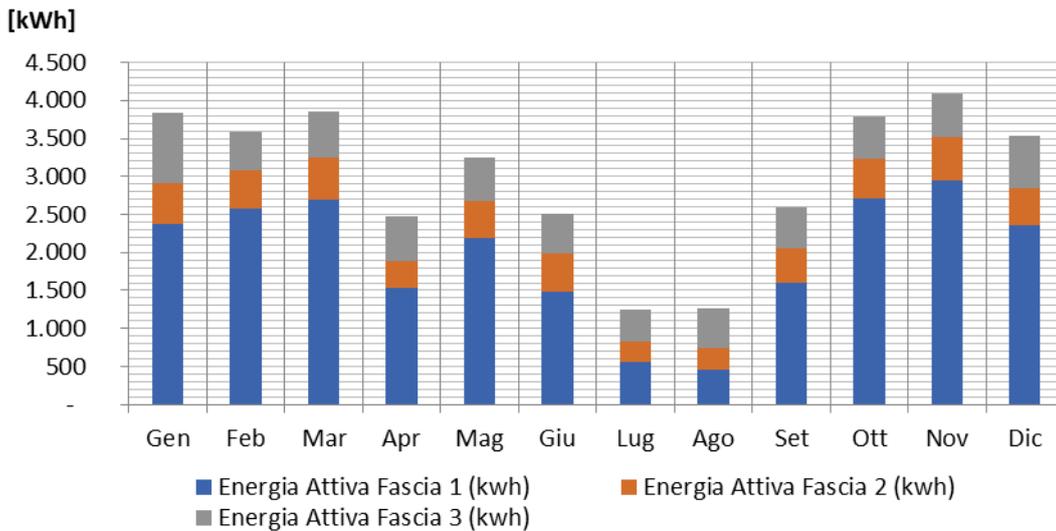
I profili di prelievo mensili nel triennio di riferimento presentano andamenti simili, con lievi scostamenti tra le annualità analizzate.

Per il sito non è stato possibile rappresentare i profili giornalieri dei consumi elettrici poiché non erano disponibili le informazioni fornite dalla società di distribuzione dell'energia elettrica. Il motivo risiede nel fatto che la potenza installata è inferiore a 55kW.

E' presente una base costante di circa 800 kWh costituita dal contributo dei consumi dei distributori automatici e della centrale di allarme che hanno

Si riportano pertanto gli andamenti mensili ottenibili dalle letture reali registrate dalla società di distribuzione, in modo da verificare la veridicità dei profili riportati in Figura 5.5.

Figura 5.5 – Profili mensili elettricità reali per il 2017



## 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 5.8 - Fattori di emissione di CO<sub>2</sub>. Tabella 5.8.

Tabella 5.8 - Fattori di emissione di CO<sub>2</sub>.

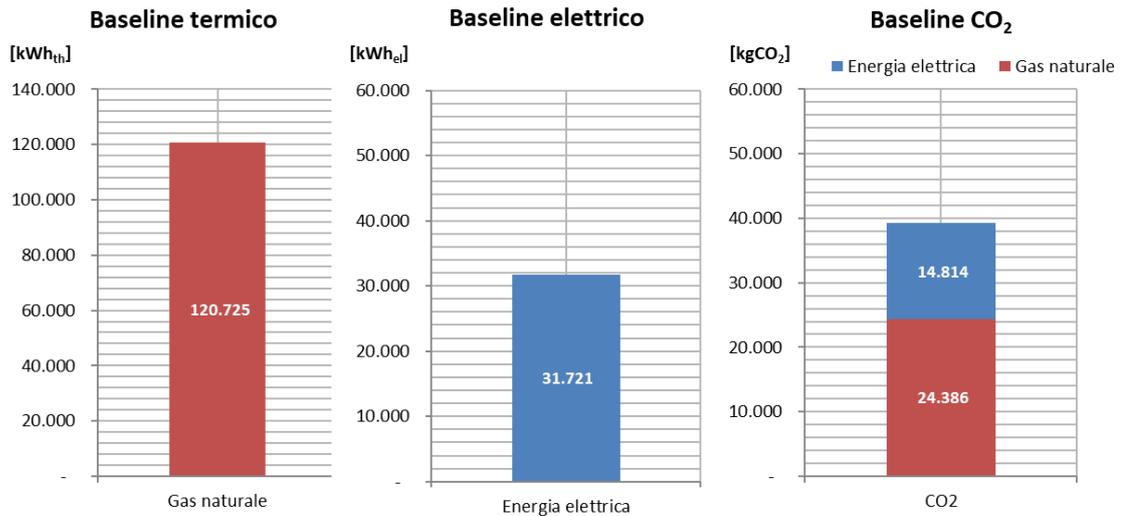
COMBUSTIBILE	FATTORE DI CONVERSIONE
	kgCO <sub>2</sub> /kWh
Energia elettrica	* 0,467
Gas naturale	* 0,202
GPL	* 0,227
Olio combustibile	* 0,267
Gasolio	* 0,267
Benzina	* 0,249

\* 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 5.9 – Baseline delle emissioni di CO<sub>2</sub>. Tabella 5.9 e nella Figura 5.6

Tabella 5.9 – Baseline delle emissioni di CO<sub>2</sub>.

COMBUSTIBILE	CONSUMO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE	EMISSIONI DI CO <sub>2</sub>
	[kWh]	[kgCO <sub>2</sub> /kWh]	[kgCO <sub>2</sub> ]
Gas naturale	120.122	0,202	24.265
Energia elettrica	31.721	0,467	14.814
<b>TOTALE</b>			<b>39.078</b>

Figura 5.6 – 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 5.10 - 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 5.11.

Tabella 5.11 – Fattori di riparametrizzazione

	PARAMETRO	VALORE	U.M.
FATTORE 1	Superficie netta riscaldata	2.564	m <sup>2</sup>
FATTORE 1	Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	3.275	m <sup>2</sup>
FATTORE 1	Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate)	8.415	m <sup>3</sup>

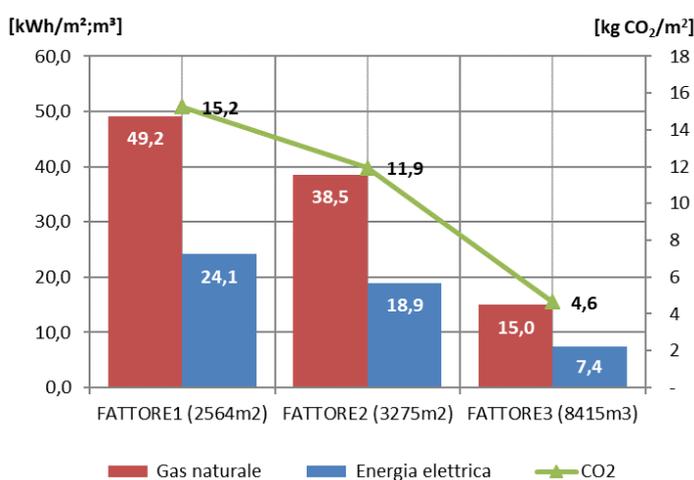
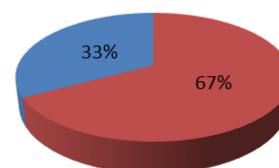
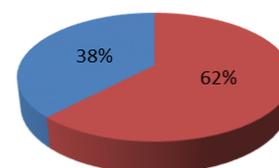
Nella Tabella 5.12 e Tabella 5.13 sono riportati gli indicatori di performance valutati coerentemente con quanto riportato nella sezione 2.5 dell’Allegato J – Schede di audit.

Tabella 5.12 – Indicatori di performance calcolati con riferimento all’energia primaria totale

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA TOTALE	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA NON RINN.	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3	FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3
	[kWh/anno]		[kWh/anno]	[kWh/m <sup>2</sup> ]	[kWh/m <sup>2</sup> ]	[kWh/m <sup>3</sup> ]	[Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]	[Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]	[Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> ]
Gas naturale	120.725	1,05	126.761	49,4	38,7	15,1	9,51	7,45	2,90
Energia elettrica	31.721	1,95	61.856	24,1	18,9	7,4	5,78	4,52	1,76
<b>TOTALE</b>			<b>202.893</b>	<b>79</b>	<b>62</b>	<b>24</b>	<b>15</b>	<b>12</b>	<b>5</b>

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

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA NON RINN.	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA NON RINN.	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3	FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3
	[kWh/anno]		[kWh/anno]	[kWh/m <sup>2</sup> ]	[kWh/m <sup>2</sup> ]	[kWh/m <sup>3</sup> ]	[Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]	[Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]	[Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> ]
Gas naturale	120.725	1,05	126.761	49,4	38,7	15,1	9,51	7,45	2,90
Energia elettrica	31.721	1,95	61.856	24,1	18,9	7,4	5,78	4,52	1,76
<b>TOTALE</b>			<b>188.617</b>	<b>74</b>	<b>58</b>	<b>22</b>	<b>15</b>	<b>12</b>	<b>5</b>

 Figura 5.7 – Indicatori di performance e relative emissioni di CO<sub>2</sub> valutati in funzione della superficie utile riscaldata

 Figura 5.8 – Ripartizione % dei consumi di energia primaria e delle relative emissioni di CO<sub>2</sub>
**Ripartizione % energia primaria**

**Ripartizione % emissioni CO<sub>2</sub>**


■ Gas naturale ■ Energia elettrica

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

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

- Fattore di forma dell'edificio, rapporto fra superficie disperdente e volume riscaldato S/V (fattore F<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<sub>risc</sub>).

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<sub>p</sub>;
- Fattore F<sub>h</sub> 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>		
	Wh/(m <sup>3</sup> GG anno)			Wh/(m <sup>3</sup> anno)		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Gas Naturale	-	9,4	10,4	-	-	-
Energia elettrica				9,7	9,5	9,9

È stato quindi possibile effettuare un raffronto con le classi di merito riportate nelle suddette Linee Guida ENEA - FIRE, ottenendo un risultato più che sufficiente per la scuola oggetto di studio.

Il confronto tra i benchmark della scuola oggetto di studio e quelli identificati dall'ENEA sono meglio esplicitati nell'Allegato M – Report di Benchmark.

## 6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO

### 6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO

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

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

Gli impianti termici ed elettrici sono stati simulati considerando le caratteristiche dei vari sottosistemi impiantistici presenti, secondo quanto previsto dalle norme UNI-TS 11300-2:2014, UNI-TS 11300-3:2010, UNI-TS 11300-4:2016, UNI-TS 11300-5:2016 e UNI-TS 11300-6:2016.

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

Nella Tabella 6.1 sono riportati gli indicatori di performance energetica ricavati dalla modellazione dell'edificio.

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	184,98	171,71
Climatizzazione invernale	EP <sub>H</sub> kWh/mq anno	120,77	119,98
Produzione di acqua calda sanitaria	EP <sub>w</sub> kWh/mq anno	0,45	0,36
Ventilazione	EP <sub>v</sub> kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	EP <sub>c</sub> kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	EP <sub>L</sub> kWh/mq anno	62,93	50,7
Trasporto di persone e cose	EP <sub>r</sub> kWh/mq anno	0,83	0,67
Emissioni equivalenti di CO2	CO <sub>2eq</sub> Kg/mq anno	35,43	35,43

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)

FONTI ENERGETICHE UTILIZZATE	CONSUMO [m <sup>3</sup> /anno]	CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE [kWh/anno]
Gas Naturale	30.258	285.030
Energia Elettrica	-	72.315

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

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

Dove:

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

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

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

FABBISOGNO	Corrispondenza UNI TS 11300 [kWhel]
Energia ausiliaria complessiva assorbita dal sottosistema di generazione per la produzione di ACS	$E_{W, aux, gn}$
Energia ausiliaria complessiva assorbita dal sottosistema di generazione per il riscaldamento	$E_{H, aux, gn}$
Fabbisogno di energia elettrica dell'impianto di ventilazione meccanica e dei terminali di emissione	$E_{ve, el} + E_{aux, e}$
Fabbisogno di energia elettrica per gli ausiliari di distribuzione (Riscaldamento e ACS)	$E_{W, aux, d} + E_{W, aux, d}$
Fabbisogno di energia elettrica per l'illuminazione interna dell'edificio	$E_{L, int}$
Fabbisogno di energia elettrica per gli ausiliari degli impianti di climatizzazione	$Q_{c, aux}$
Fabbisogno di energia elettrica per i sistemi di trasporto (+ eventuali altri carichi interni)	$E_T + E_{altro}^{(9)}$
Perdite al trasformatore	$E_{trasf}^{(9)}$
Energia elettrica esportata dall'impianto a fonti rinnovabili	$E_{exp, el}$

Nota (9) 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 gli effettivi giorni di utilizzo del fabbricato e cercando di modellare quanto più fedelmente i profili di funzionamento delle utenze elettriche e le modalità di accensione e set point dei sistemi di climatizzazione.

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	80,71	74,82
Climatizzazione invernale	$EP_H$ kWh/mq anno	52,24	51,90
Produzione di acqua calda sanitaria	$EP_w$ kWh/mq anno	0,44	0,36
Ventilazione	$EP_v$ kWh/mq anno	-	-

Raffrescamento	EP <sub>c</sub>	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	EP <sub>L</sub>	kWh/mq anno	17,91	14,43
Trasporto di persone e cose	EP <sub>T</sub>	kWh/mq anno	0,81	0,66
Emissioni equivalenti di CO2	CO <sub>2eq</sub>	Kg/mq anno	14,43	14,43

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

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	CONSUMO
	[mc/anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	13.271	125.013
Energia Elettrica	-	22.438

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]	[%]
125.013	120.725	3%

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.

Per la definizione del modello teorico di fabbisogno elettrico si sono analizzate tutte le utenze rilevate in fase di sopralluogo, associando a ciascuna di esse dei profili di funzionamento che fossero i più rappresentativi della condizione reale di funzionamento del fabbricato.

In prima istanza si è definita la "base elettrica" andando ad evidenziare tutte quelle utenze che durante tutto l'arco dell'anno non subiscono interruzioni nel loro funzionamento, nel caso particolare distributori e centrale allarme, associando a ciascuna di esse un consumo medio giornaliero ricavato o dai dati del produttore o da bibliografia.

I consumi relativi alle utenze legate al funzionamento degli impianti di climatizzazione e produzione di ACS sono stati ricavati imputando tutte le caratteristiche tecniche dei componenti impiantistici nel modello energetico sviluppato con il software di calcolo EC700; i consumi associati a queste utenze sono infatti direttamente correlati ai profili di funzionamento degli impianti interessati.

Per quanto riguarda invece sistemi di illuminazione e carichi elettrici ausiliari, si sono modellati dei profili di funzionamento annui rispondenti a quanto rilevato in fase di sopralluogo.

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

$EE_{teorico}$	$EE_{baseline}$	Congruità
[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
32.677	31.721	3%

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

## 6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

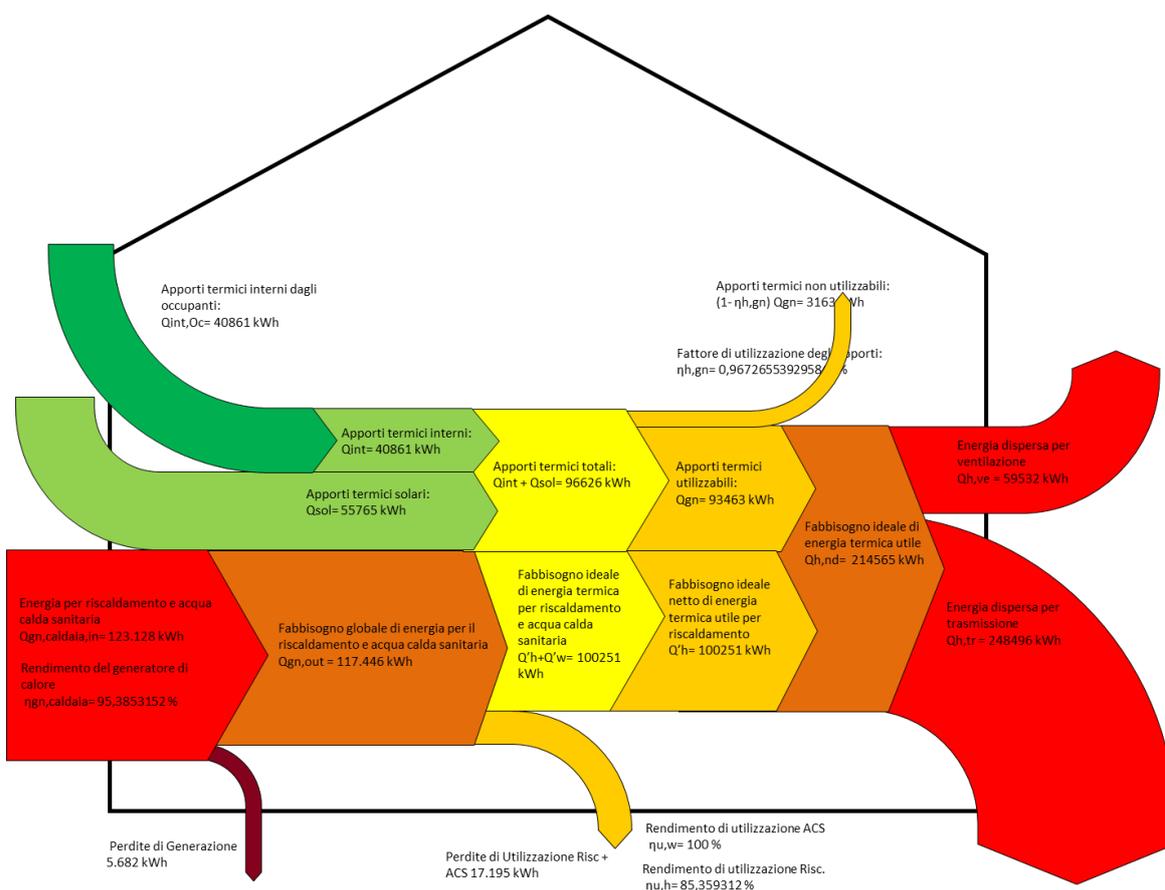
Al fine di valutare la prestazione energetica del sistema edificio-impianti si è reso necessario predisporre i risultati della modellazione energetica nella forma di un bilancio energetico che descriva l'andamento dei flussi energetici caratteristici dell'edificio in modo da valutare in maniera puntuale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

Nella redazione del modello non sono stati considerati gli apporti interni derivanti dalle apparecchiature presenti all'interno dei locali scolastici in quanto trascurabili ai fini del calcolo degli apporti interni totali.

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

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

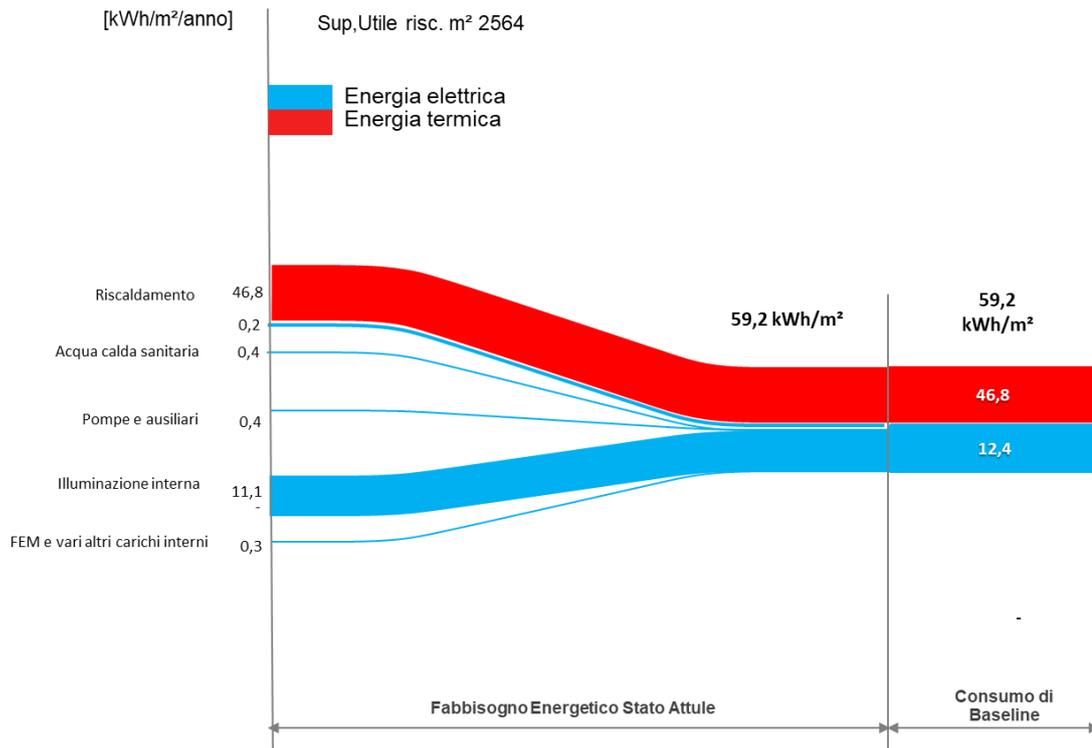
Figura 6.1 – Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio allo stato attuale



Dall'analisi del diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio è possibile notare che il contributo più elevato delle perdite energetiche è dato dalla componente di trasmissione ed extraflusso; sono invece limitate le perdite legate al funzionamento del sistema di generazione, questo perché l'impianto è stato di recente oggetto di riammodernamento.

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

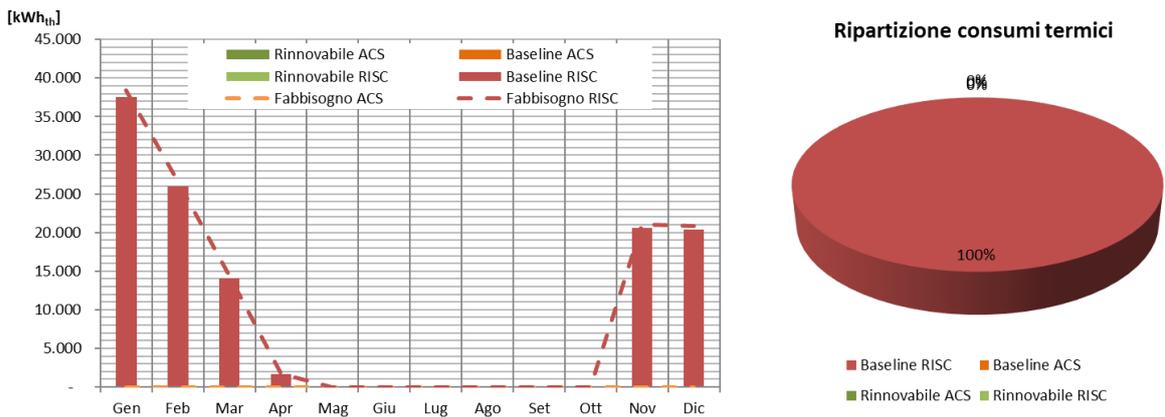
Nel caso in cui, invece i consumi teorici siano inferiori rispetto alla Baseline il termine “Altro – Congruità” rappresenta la differenza per eccesso tra i consumi specifici di Baseline ed i consumi teorici.

### 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 6.3.

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



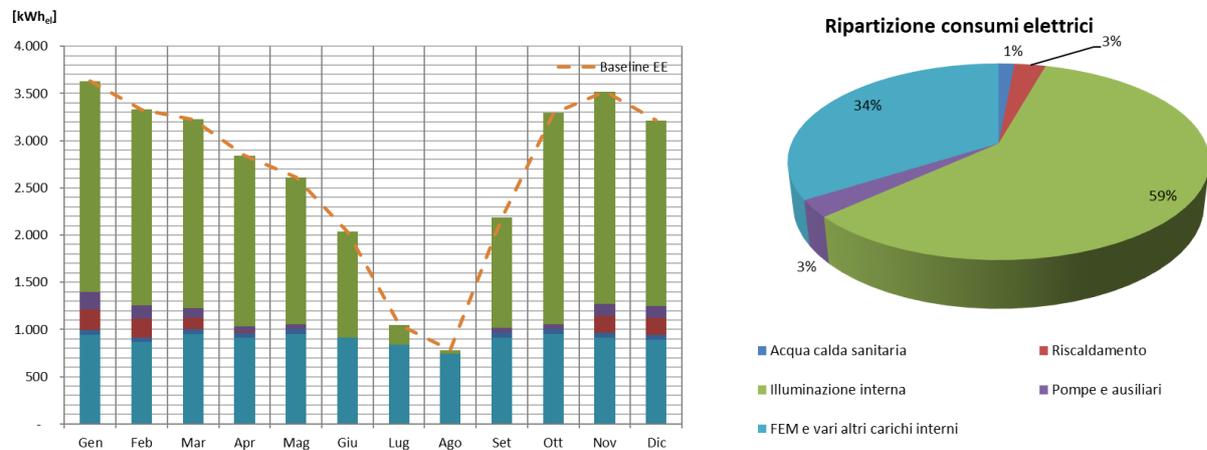
Si può notare come la totalità dei consumi termici sia da attribuirsi all'utilizzo per la climatizzazione dei locali, poiché l'acqua calda sanitaria viene prodotta mediante boiler elettrici e all'interno del fabbricato non è presente una mensa cui poter associare eventuali consumi di gas metano.

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

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

I risultati di tale valutazione sono riportati nella Figura 6.4.

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



Si può notare come la maggior parte dei consumi sia da attribuirsi all'impianto di illuminazione del fabbricato e alla forza elettromotrice, mentre sono esigui i contributi legati alle altre utenze; le sale informatiche presenti sono utilizzate saltuariamente inoltre non essendo la scuola sede principale del distretto, non sono presenti i servizi di segreteria ed amministrazione.

## 7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO

### 7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI

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

#### 7.1.1 Vettore termico

La fornitura del vettore termico a servizio della climatizzazione invernale avviene tramite un unico PDR:

- PDR 1 – 16220050525432: contratto di Servizio Integrato Energia 3 (SIE3) stipulato dalla PA con un soggetto terzo, comprensivo sia la fornitura del vettore energetico che la conduzione e manutenzione degli impianti. Non è stato quindi possibile effettuare un'analisi dei costi di fatturazione del vettore energetico in quanto tali fatture non sono a disposizione della PA.

Sono presenti altri due PDR:

- PDR 2 – 03270034407387: contratto di fornitura del solo vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura
- PDR 3 – 03270034407488: contratto di fornitura del solo vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società 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: 03270034407387	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura			
Dati di intestazione fattura	Comune di Genova	Comune di Genova	Comune di Genova
Società di fornitura	-	ENI S.P.A.	ENERGETIC S.P.A.
Inizio periodo fornitura	-	06/2015	04/2016
Fine periodo fornitura	-	03/2016	oggi
Classe del contatore	-	G004	G20
Tipologia di contratto	-	Mercato libero - Utente con attività di servizio pubblico	Mercato libero - Utente con attività di servizio pubblico
Opzione tariffaria <sup>(10)</sup>	-	Prodotto CONSIP 7 GAS (2015)	Prodotto CONSIP 8 indiretti (2016)
Valore del coefficiente correttivo dei consumi	-	1,023328	1,023328
Potere calorifico inferiore convenzionale del combustibile	-	39.483,000 kJ/Smc	39.483,000 kJ/Smc
Prezzi di fornitura del combustibile <sup>(11)</sup> (IVA INCLUSA)	-	0,267 €/Smc	0,2464 €/smc

Nota (10) per fatturazioni non mensili la spesa economica mensile andrà calcolata suddividendo percentualmente la spesa aggregata in base ai valori di consumo energetico mensile.

Nota (11): 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.



## E1038 – Scuola Secondaria di primo grado A. Volta

PDR: 03270034407488	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura			
Dati di intestazione fattura	Comune di Genova	Comune di Genova	Comune di Genova
Società di fornitura	-	ENI S.P.A.	ENERGETIC S.P.A.
Inizio periodo fornitura	-	06/2015	04/2016
Fine periodo fornitura	-	03/2016	oggi
Classe del contatore	-	G0010	G10
Tipologia di contratto	-	Mercato libero - Utente con attività di servizio pubblico	Mercato libero - Utente con attività di servizio pubblico
Opzione tariffaria <sup>(12)</sup>	-	Prodotto CONSIP 7 GAS (2015)	Prodotto CONSIP 8 indiretti (2016)
Valore del coefficiente correttivo dei consumi	-	1,023328	1,023328
Potere calorifico inferiore convenzionale del combustibile	-	39.483,000 kJ/Smc	39.483,000 kJ/Smc
Prezzi di fornitura del combustibile <sup>(13)</sup> (IVA INCLUSA)	-	0,267 €/Smc	0,2464 €/smc

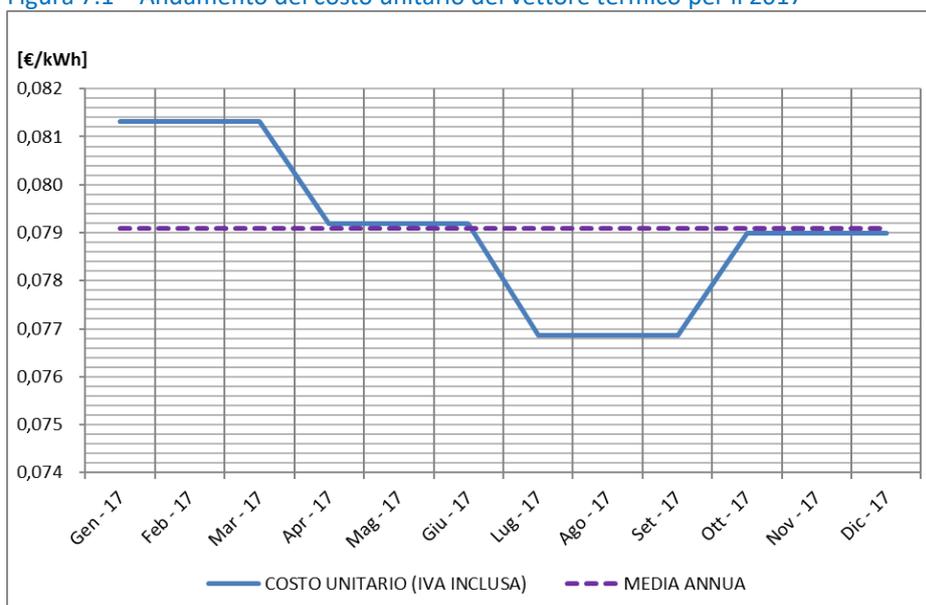
Nota (12) per fatturazioni non mensili la spesa economica mensile andrà calcolata suddividendo percentualmente la spesa aggregata in base ai valori di consumo energetico mensile.

Nota (13): 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.

Per il vettore energetico non è stato possibile riportare l'andamento del costo del vettore energetico nelle tre annualità fornite, questo perché tutte le fatture relative alla fornitura non sono in possesso della PA.

Per la valutazione del costo di riferimento per il vettore energetico è stato considerato il costo unitario del vettore termico definito dall'Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente (ARERA). In particolare si sono prese a riferimento le tariffe trimestrali del 2017 relative ai "Condomini con uso domestico", andando ad identificare il prezzo unitario trimestrale in funzione del consumo di smc medio annuo dell'edificio. 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 2017



## E1038 – Scuola Secondaria di primo grado A. Volta

Dall'analisi effettuata risulta evidente che l'andamento dei costi è omogeneo durante il corso dell'anno e solo nel trimestre estivo si rileva un parametro "€/kWh" anomalo poiché il consumo del combustibile è pari a zero quando gli impianti di climatizzazione sono fuori servizio.

### 7.1.2 Vettore elettrico

La fornitura del vettore elettrico avviene tramite un unico POD. È presente un altro POD che ha cessato la fornitura nel 2015.

- POD 1 – IT001E00096061: contratto di fornitura del vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. È stato quindi possibile effettuare un'analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura.
- POD 2 – IT001E00096062: contratto di fornitura del vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura.

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

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

POD: IT001E00096061	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura			
Dati di intestazione fattura	Comune di Genova	Comune di Genova	Comune di Genova
Società di fornitura	Edison	Gala	Gala e IREN Mercato
Inizio periodo fornitura	01/2014	04/2015	05/2016
Fine periodo fornitura	03/2015	04/2016	oggi
Potenza elettrica impegnata	-	-	-
Potenza elettrica disponibile	33kW	33kW	33kW
Tipologia di contratto	Fornitura in BT	Fornitura in BT	Fornitura in BT
Opzione tariffaria <sup>(14)</sup>	Contatore orario	Contatore orario	Contatore orario
Prezzi fornitura dell'energia elettrica <sup>(15)</sup>	0,076 €/kWh	0,046 €/kWh	0,058€/kWh

Nota (14) per fatturazioni non mensili la spesa economica mensile andrà calcolata suddividendo percentualmente la spesa aggregata in base ai valori di consumo energetico mensile.

Nota (15): 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.

POD: IT001E00096062	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura			
Dati di intestazione fattura	Comune di Genova	Comune di Genova	
Società di fornitura	Edison	Gala	
Inizio periodo fornitura	01/2014	04/2015	
Fine periodo fornitura	03/2015	07/2016	
Potenza elettrica impegnata	-	-	
Potenza elettrica disponibile	6 kW	6 kW	
Tipologia di contratto	Fornitura in BT	Fornitura in BT	
Opzione tariffaria <sup>(16)</sup>	Contatore orario	Contatore orario	
Prezzi fornitura dell'energia elettrica <sup>(17)</sup>	0,046 €/kWh	0,046 €/kWh	

Nota (16) per fatturazioni non mensili la spesa economica mensile andrà calcolata suddividendo percentualmente la spesa aggregata in base ai valori di consumo energetico mensile.

Nota (17): 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.

## E1038 – Scuola Secondaria di primo grado A. Volta

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

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

POD: IT001E00096061	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	308	46	405	49	81	890	3.944	0,226
Feb - 14	273	45	370	44	73	805	3.507	0,230
Mar - 14	282	47	381	45	75	830	3.634	0,229
Apr - 14	214	49	318	35	61	676	2.772	0,244
Mag - 14	181	40	281	29	53	584	2.345	0,249
Giu - 14	147	33	247	24	45	497	1.928	0,258
Lug - 14	71	16	119	12	22	240	1.124	0,213
Ago - 14	53	12	155	10	23	253	771	0,328
Set - 14	156	33	262	26	48	525	2.054	0,255
Ott - 14	241	46	360	39	69	755	3.143	0,240
Nov - 14	251	49	375	42	72	790	3.362	0,235
Dic - 14	225	45	349	38	66	723	3.053	0,237
<b>Totale</b>	<b>2.402</b>	<b>462</b>	<b>3.621</b>	<b>393</b>	<b>688</b>	<b>7.567</b>	<b>31.637</b>	<b>0,239</b>
POD: IT001E00096061	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 15	247	45	366	43	70	771	3.436	0,224
Feb - 15	214	41	342	39	64	700	3.137	0,223
Mar - 15	213	38	307	36	59	653	2.875	0,227
Apr - 15	113	35	290	34	47	519	2.717	0,191
Mag - 15	98	32	265	31	43	469	2.481	0,189
Giu - 15	79	27	219	26	35	386	2.058	0,187
Lug - 15	38	13	106	12	17	186	993	0,187
Ago - 15	20	7	56	7	9	99	526	0,188
Set - 15	74	30	243	28	38	413	2.279	0,181
Ott - 15	107	45	368	43	56	620	3.454	0,180
Nov - 15	117	49	397	47	61	670	3.724	0,180
Dic - 15	106	43	350	41	54	594	3.286	0,181
<b>Totale</b>	<b>1.426</b>	<b>404</b>	<b>3.310</b>	<b>387</b>	<b>553</b>	<b>6.080</b>	<b>30.966</b>	<b>0,196</b>
POD: IT001E00096061	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 16	99	46	376	44	56	621	3.521	0,176
Feb - 16	94	44	357	42	54	591	3.352	0,176
Mar - 16	127	41	338	40	54	599	3.165	0,189
Apr - 16	167	111	219	38	53	588	3.039	0,194
Mag - 16	165	110	217	38	53	583	3.010	0,194
Giu - 16	126	99	156	27	41	450	2.120	0,212

## E1038 – Scuola Secondaria di primo grado A. Volta

Lug - 16	72	87	82	13	25	280	1.033	0,272
Ago - 16	67	88	84	13	25	276	1.053	0,262
Set - 16	140	104	163	28	44	479	2.214	0,216
Ott - 16	265	115	236	41	66	722	3.278	0,220
Nov - 16	280	163	256	43	74	817	3.474	0,235
Dic - 16	281	114	238	41	67	741	3.301	0,224
<b>Totale</b>	<b>1.883</b>	<b>1.121</b>	<b>2.723</b>	<b>407</b>	<b>613</b>	<b>6.747</b>	<b>32.560</b>	<b>0,207</b>

Nel grafico in Figura 7.2 è riportato l'andamento del costo unitario del vettore elettrico nel triennio di riferimento e per le mensilità dell'anno 2017 per cui è stato possibile ricavare i costi unitari forniti dall'ARERA.

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

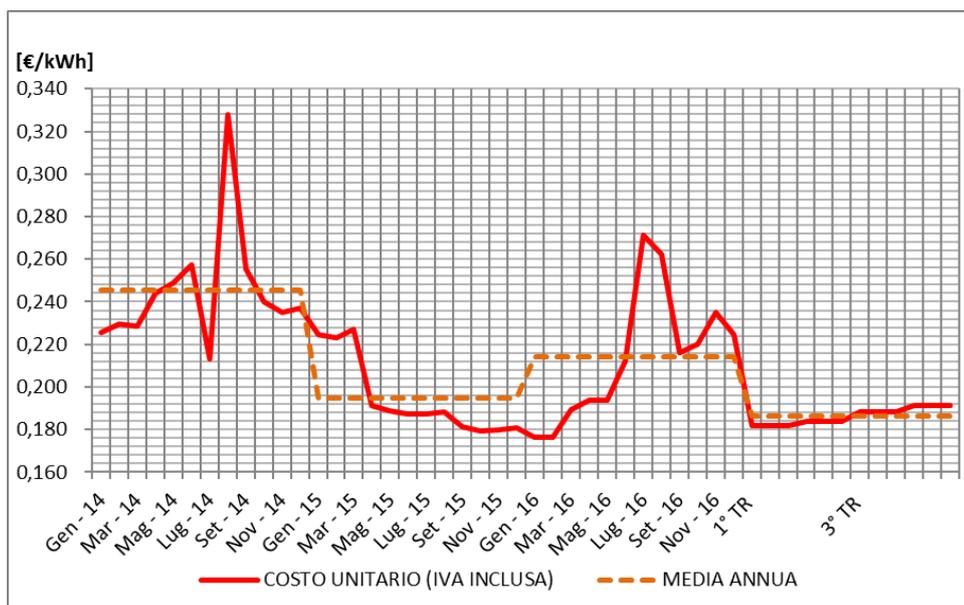
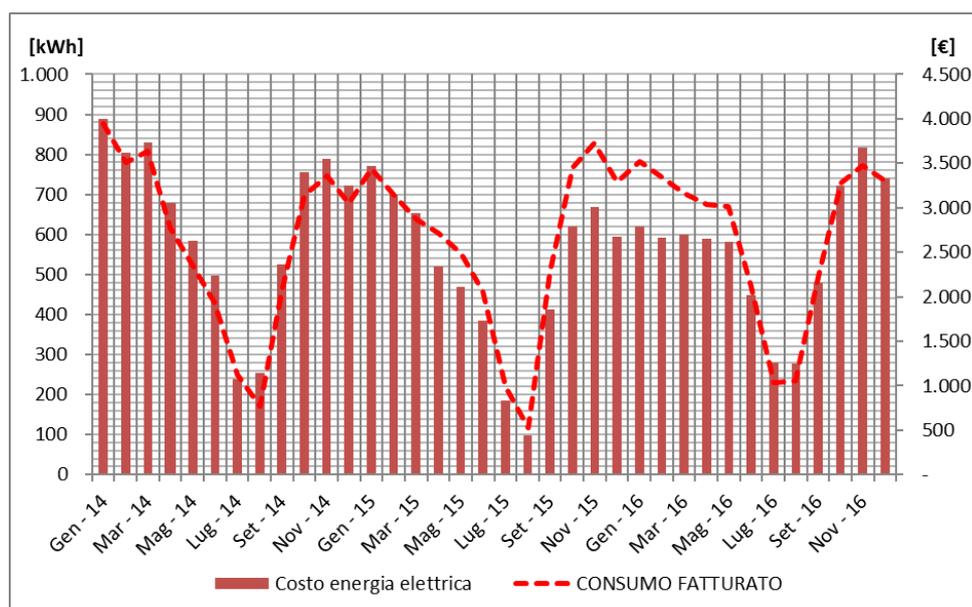


Figura 7.3 – Andamento dei consumi e dei costi dell'energia elettrica



Dall'analisi effettuata risulta evidente che l'andamento dei costi nel 2017 è risultato essere leggermente inferiore rispetto all'andamento delle annualità considerate.

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

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

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

Tabella 7.4 – Sintesi dei consumi nel triennio di riferimento

ANNO	VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			TOTALE
	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[€]
2014	-	-	-	31.637	7.567	0,24	-
2015	118.673	32.042	0,270	30.966	6.080	0,20	38.122
2016	138.069	35.898	0,260	32.560	6.747	0,21	42.645
2017	-	-	0,08	-	-	0,186	-
Media	128.371	33.970	0,264	31.721	6.576	0,216	

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

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo unitario dell'energia termica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	CU <sub>Q</sub>	0,080 [€/kWh]
Costo unitario dell'energia elettrica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	CU <sub>EE</sub>	0,186 [€/kWh]

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

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

Il contratto di conduzione e manutenzione dell'impianto termico definisce per l'edificio oggetto della DE un canone annuale relativo alla conduzione e gestione dell'impianto termico, comprensiva della manutenzione ordinaria, preventiva, programmata e straordinaria, relativa all'impianto L1-042-084: servizio SIE3.

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

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

Tali servizi prevedono il pagamento di un canone annuale da parte della PA pari a **22.630,79€**.

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

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

dove con  $C_Q$  si sono indicati i costi relativi alla fornitura energetica e con  $C_M$  i costi manutentivi, ripartiti a loro volta in una quota ordinaria (CMO) e in una quota straordinaria (CMS) come segue:

- ✓  $C_{MS} = 0.21 \times C_M$
- ✓  $C_{MO} = 0.79 \times C_M$

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

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo per la gestione e manutenzione ordinaria	Corrispettivo annuale relativo al contratto O&M in essere	$C_{MO}$ 10.201	[€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Media relativa a gli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici	$C_{MS}$ 2.712	[€/anno]

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

## 7.4 BASELINE DEI COSTI

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

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

Per la componente energetica vale la seguente formula:

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

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

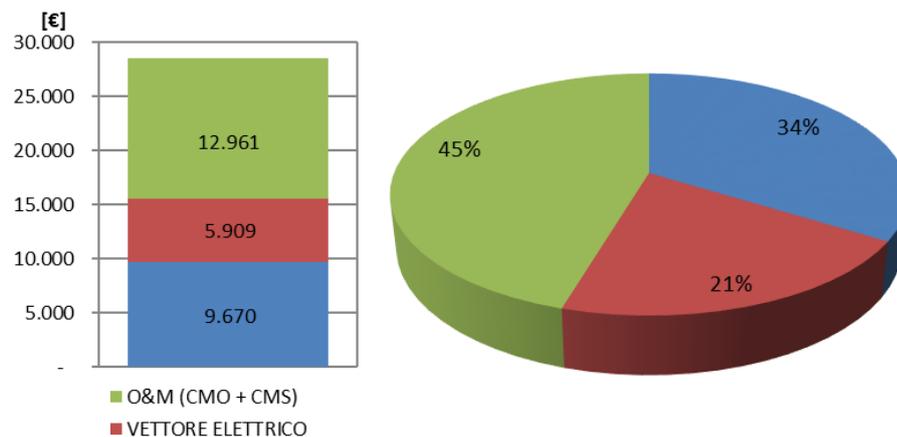
$$C_{baseline} = C_E + C_{MO} + C_{MS}$$

Ne risulta quindi un  $C_E$  pari a € 15.579 e un  $C_{baseline}$  pari a € 28.540

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

VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			O&M ( $C_{MO} + C_{MS}$ )			TOTALE
$Q_{baseline}$	$Cu_Q$	$C_Q$	$EE_{baseline}$	$Cu_{EE}$	$C_{EE}$	$C_M$	$C_{MO}$	$C_{MS}$	$C_Q + C_{EE} + C_M$
[kWh]	[€/kWh]	[€]	[kWh]	[€/kWh]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
120.725	0,080	9.718	31.721	0,186	5.909	12.913	10.201	2.712	28.540

Figura 7.4 – Baseline dei costi e loro ripartizione



## 8 IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA

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

#### 8.1.1 Involucro edilizio

##### **EEM1: Isolamento intradosso con controsoffitto isolato**

###### **Generalità**

La misura prevede il rifacimento e l'isolamento del solaio al quarto piano, in modo da ripristinare i danni attualmente presenti che rendono tutto il piano inutilizzabile. Nel 2015, in occasione di una campagna di indagini svolta sul fabbricato, era stata forata gran parte del solaio di copertura (un'indagine per ogni ambiente di piano); questo ha reso inagibili i locali e conseguentemente tutto il piano è stato dismesso. Si propone quindi il ripristino del solaio con la contestuale posa in opera di un pannello isolante, così da limitare le dispersioni termiche verso l'esterno del fabbricato.

Figura 8.1 – Particolare solai quarto piano



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

La realizzazione di un controsoffitto isolato consente di limitare le dispersioni di calore verso l'esterno con la conseguente riduzione dei consumi legati alla climatizzazione invernale del fabbricato; le altezze interne dei locali consentono infatti di realizzare, in aderenza alla struttura presente, un pacchetto fino a 20cm di spessore.

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

Le attività previste consistono nell'iniziale tracciamento e nella posa dell'orditura metallica, cui segue l'inserimento del pannello isolante di tipo fibroso; dopo queste operazioni verranno posate le lastre, perpendicolarmente rispetto all'orditura alla quale vengono fissate, con i giunti di testa sfalsati di almeno 400mm. Nel caso di rivestimento costituito da più strati, è necessario sfalsare i giunti nelle due direzioni. Per il primo strato, l'interasse dei punti di fissaggio può essere aumentato fino a due volte: gli strati successivi devono essere applicati entro un breve tempo (indicativamente un giorno).

###### **Prestazioni raggiungibili**

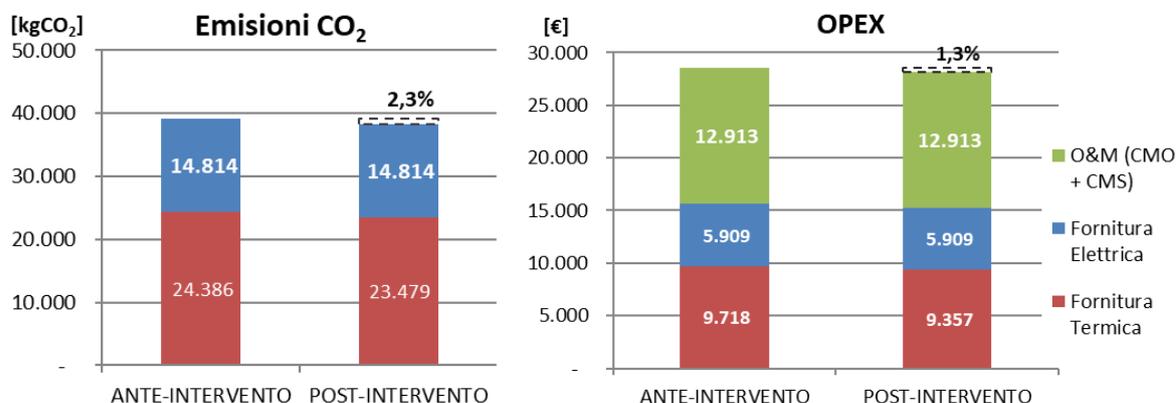
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM1 sono riportati nella Tabella 8.1 e nella Figura 8.2.

Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM1 – Isolamento copertura

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM1 [Trasmittanza soffitto]	[W/m <sup>2</sup> K]	1,5	0,2	86,7%
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	125.016	120.366	3,7%
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	32.677	32.677	0,0%
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	120.725	116.234	3,7%
EE <sub>Baseline</sub>	[kWh]	31.721	31.721	0,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	24.386	23.479	3,7%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	14.814	14.814	0,0%
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>39.200</b>	<b>38.293</b>	<b>2,3%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	9.718	9.357	3,7%
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	5.909	5.909	0,0%
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>15.628</b>	<b>15.266</b>	<b>2,3%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	10.201	10.201	0,0%
C <sub>MS</sub>	[€]	2.712	2.712	0,0%
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	12.913	12.913	0,0%
OPEX	[€]	28.540	28.179	1,3%
Classe energetica	[-]	E	E	+0 classi

Nota (18) 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: 0,0805 [€/kWh] per il vettore termico e 0,186 [€/kWh] per il vettore elettrico

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


## EEM2: Isolamento a cappotto della muratura esterna

### Generalità

La misura proposta prevede la realizzazione di un sistema di isolamento a cappotto della muratura esterna, così da limitare le dispersioni di calore verso l'esterno del fabbricato limitando al massimo i ponti termici della struttura.

Figura 8.3 - Particolare muratura esterna



### **Caratteristiche funzionali e tecniche**

Se il pannello viene posizionato all'esterno secondo il "sistema a cappotto" i ponti termici possono essere eliminati e con essi la formazione di condensa, muffe e macchie. I muri svolgono la funzione di volano termico, accumulando calore e cedendolo lentamente, riducendo quindi le ore di funzionamento dell'impianto di riscaldamento e migliorando l'inerzia termica anche nelle stagioni più calde e soleggiate. Inoltre limitando le dilatazioni termiche, si riducono i movimenti interstrutturali degli edifici evitando così il generarsi di fessurazioni.

I materiali maggiormente utilizzati per questa tipologia di installazione sono polistirene, poliuretani e lane di roccia sotto forma di pannelli rigidi di vario spessore, in funzione del livello di trasmittanza termica che si vuole raggiungere.

### **Descrizione dei lavori**

Per eseguire una posa del cappotto a regola d'arte è necessario fissare al muro, tramite tasselli ad espansione, le basi di partenza; è poi necessario selezionare un collante idoneo per isolamento termico a cappotto, questo si applicherà con il sistema a cordolo e tre punti centrali, oppure su supporti complanari, con il sistema del collaggio totale con spatola in acciaio inox dentata.

Il collante deve ricoprire almeno il 40% della superficie totale del pannello isolante.

Durante la posa i pannelli isolanti devono essere posati a "mattoncino", sfalsati di almeno 25 cm partendo dal basso verso l'alto. Eventuali giunti aperti tra le lastre (<5mm) dovranno essere colmati con adeguata schiuma espansa.

I tasselli per l'ancoraggio meccanico, dove necessari, devono essere applicati a due o tre giorni di distanza dalla posa dei pannelli in EPS(10cm). Durante la posa del cappotto termico i tasselli vanno invece applicati immediatamente in caso di pannelli in EPS con aggiunta di grafite o pannelli in fibra di legno.

Dopo un periodo di tre, dieci giorni, si applica una prima rasatura di adesivo rasante cui, una volta asciutto, seguirà l'applicazione del primer.

Il rivestimento della facciata deve essere di 1,2 o 1,5 millimetri e deve essere applicato con temperature e umidità idonee, di colore chiaro, usando prodotti vernicianti con indice di riflessione superiore al 25%. La posa del cappotto termico si conclude infine con l'applicazione di accessori dedicati quali il nastro autoespandente, il profilo per davanzale, giunti di dilatazione.

### **Prestazioni raggiungibili**

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM2 sono riportati nella Tabella 8.2 **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** e nella Figura 8.4.

Tabella 8.2 - Risultati analisi EEM2 - Cappotto Termico

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM2 [Trasmittanza parete verticale]	[W/m <sup>2</sup> K]	0,9	0,23	74,4%
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	125.016	121.912	2,5%
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	32.677	32.677	0,0%
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	120.725	117.727	2,5%
EE <sub>Baseline</sub>	[kWh]	31.721	31.721	0,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	24.386	23.781	2,5%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	14.814	14.814	0,0%
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>39.200</b>	<b>38.595</b>	<b>1,5%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	9.718	9.477	2,5%
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	5.909	5.909	0,0%
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>15.628</b>	<b>15.386</b>	<b>1,5%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	10.201	10.201	0,0%

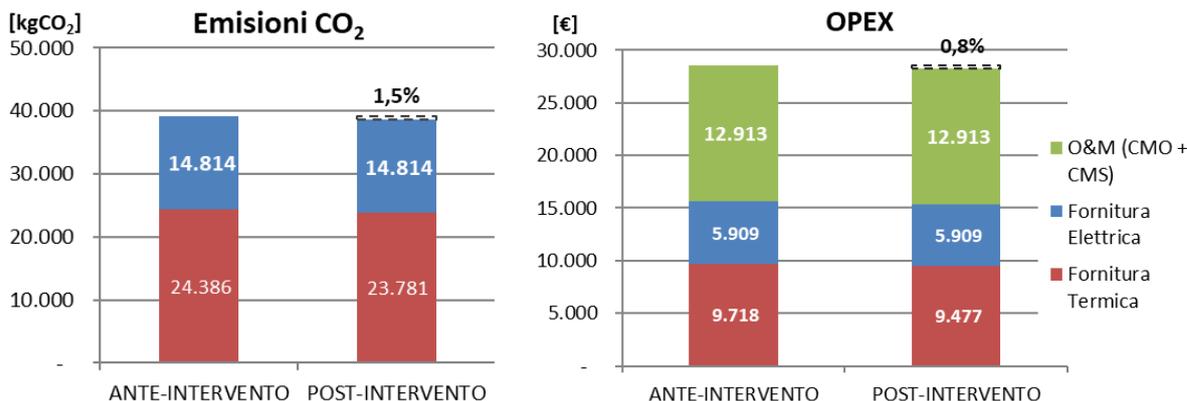
## E1038 – Scuola Secondaria di primo grado A. Volta

$C_{Ms}$	[€]	2.712	2.712	0,0%
O&M ( $C_{Mo} + C_{Ms}$ )	[€]	12.913	12.913	0,0%
OPEX	[€]	28.540	28.299	0,8%
Classe energetica	[-]	E	E	-

Nota (19) 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: 0,0805 [€/kWh] per il vettore termico e 0,186 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 8.4 – EEM2: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO<sub>2</sub> a partire dalla baseline



#### EEM4: Sostituzione serramenti

##### Generalità

Uno degli interventi proposti vede la sostituzione dei serramenti, ormai obsoleti, rilevati in fase di sopralluogo.

Si propone la rimozione dei serramenti vetro singolo e telaio in legno morbido con elementi in PVC con vetrocamera e telaio a taglio termico. Le prestazioni termiche del componente saranno rispondenti a quanto previsto dalla normativa vigente per le nuove costruzioni, così che l'intervento possa anche beneficiare del contributo del Conto Termico.

Figura 8.5 - Particolare serramento esistente



##### Descrizione dei lavori

Rimozione infissi in legno per la successiva posa in opera di serramenti in alluminio

La rimozione degli infissi esistenti avviene manualmente, attraverso il sollevamento degli stessi verso l'alto ed il loro spostamento all'interno dell'ambiente. Viene rimossa poi la ferramenta esistente (cerniere, maniglie) con l'ausilio di attrezzature elettriche portatili (avvitatori elettrici). Vengono quindi ripuliti i telai fissi in legno da eventuali chiodi, vecchie pitture e stuccature con attrezzature manuali ed elettriche portatili e, a copertura degli stessi, vengono posti in opera manualmente mediante sigillatura siliconica gli imbotti di PVC. I telai mobili, analogamente alla struttura fissa, vengono sollevati ed alloggiati in opera nelle relative cerniere con utensili manuali. Si posiziona quindi il vetro che viene movimentato a mano ed infilato nell'apposito alloggiamento, parte integrante dell'infisso, bloccato tramite staffetta fermavetro e sigillato internamente tramite silicone.

##### Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM sono riportati nella Tabella 8.3 e nella Figura 8.6

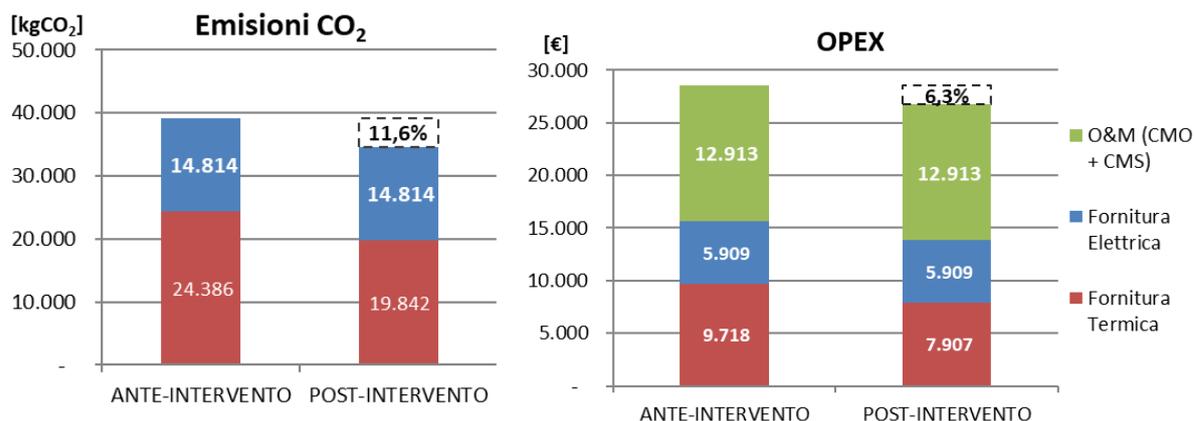
Tabella 8.3 - Risultati analisi EEM4 – Sostituzione infissi

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM4 [Trasmittanza serramento]	[W/m <sup>2</sup> K]	4	1,3	67,5%
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	125.016	101.721	18,6%
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	32.677	32.677	0,0%
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	120.725	98.229	18,6%
EE <sub>Baseline</sub>	[kWh]	31.721	31.721	0,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	24.386	19.842	18,6%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	14.814	14.814	0,0%
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>39.200</b>	<b>34.656</b>	<b>11,6%</b>
Fornitura Termica, C <sub>t</sub>	[€]	9.718	7.907	18,6%
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	5.909	5.909	0,0%
<b>Fornitura Energia, C<sub>e</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>15.628</b>	<b>13.817</b>	<b>11,6%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	10.201	10.201	0,0%
C <sub>MS</sub>	[€]	2.712	2.712	0,0%
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	12.913	12.913	0,0%
OPEX	[€]	28.540	26.729	6,3%
Classe energetica	[-]	E	E	-

Nota (20) 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: 0,0805 [€/kWh] per il vettore termico e 0,186 [€/kWh] per il vettore elettrico

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



### 8.1.2 Impianto riscaldamento

#### EEM5: Installazione termovalvole

##### Generalità

Uno degli interventi proposti vede l'installazione di valvole termostatiche sui corpi scaldanti presenti all'interno dell'edificio.

L'intervento ha la finalità di rendere maggiormente confortevoli gli ambienti interni del fabbricato, dando la possibilità agli occupanti di definire il livello di temperatura interna desiderato evitando così

situazioni di sovrariscaldamento o di scarso comfort termico che spesso si è rilevato durante le attività di sopralluogo.

### **Descrizione dei lavori**

Installazione sui radiatori e su termo-arredi di valvole termostatiche e relativi comandi (sul singolo apparecchio od anche da remoto di zona con sensore che provvede all'azionamento a distanza).

### **Prestazioni raggiungibili**

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM sono riportati nella Tabella 8.4 e nella Figura 8.6; oltre ai risparmi riconducibili alla riduzione del consumo energetico è stata considerata una riduzione relativa ai costi manutentivi ad ora sostenuti dalla PA, questo perché la gestione autonoma, da parte degli occupanti, delle condizioni di comfort interno riduce l'intervento straordinario della ditta manutentiva per cambiare le condizioni di settaggio dell'impianto.

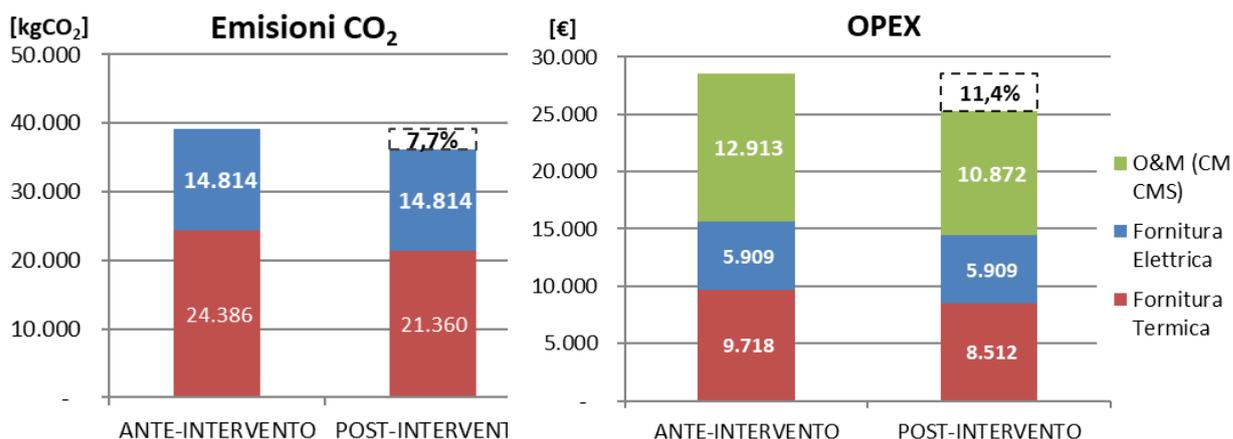
Tabella 8.4 - Risultati analisi EEM5 – Termovalvole

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM5 [Rendimento di regolazione]	%	96	99	-3,1%
$Q_{teorico}$	[kWh]	125.016	109.503	12,4%
$EE_{teorico}$	[kWh]	32.677	32.677	0,0%
$Q_{baseline}$	[kWh]	120.725	105.744	12,4%
$EE_{baseline}$	[kWh]	31.721	31.721	0,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	24.386	21.360	12,4%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	14.814	14.814	0,0%
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>39.200</b>	<b>36.174</b>	<b>7,7%</b>
Fornitura Termica, $C_Q$	[€]	9.718	8.512	12,4%
Fornitura Elettrica, $C_{EE}$	[€]	5.909	5.909	0,0%
<b>Fornitura Energia, <math>C_E</math></b>	<b>[€]</b>	<b>15.628</b>	<b>14.422</b>	<b>7,7%</b>
$C_{MO}$	[€]	10.201	8.161	20,0%
$C_{MS}$	[€]	2.712	2.712	0,0%
O&M ( $C_{MO} + C_{MS}$ )	[€]	12.913	10.872	15,8%
OPEX	[€]	28.540	25.294	11,4%
Classe energetica	[-]	E	E	-

Nota (21) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO<sub>2</sub> sono: 0,202 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore elettrico

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,0805 [€/kWh] per il vettore termico e 0,186 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 8.7 – EEM5: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO<sub>2</sub> a partire dalla baseline



### 8.1.3 Impianto di illuminazione ed impianto elettrico

#### EEM3: Installazione di sorgenti luminose ad alta efficienza

##### Generalità

Durante le attività di sopralluogo svolte sono stati rilevati tutti i corpi di illuminazione presenti nell'edificio, per la quasi totalità di tipo fluorescente. Si propone dunque la sostituzione degli elementi con profili di utilizzo prolungati con soluzioni a LED, così da limitare il consumo di energia elettrica del fabbricato.

##### Caratteristiche funzionali e tecniche

L'intervento riguarda in particolare le aule e gli spazi comuni dell'edificio, come atri e corridoi, caratterizzati da profili di accensione degli apparecchi più prolungati rispetto ad altre zone funzionali, dove si prevede la sostituzione delle lampade esistenti con lampade ad alta efficienza; una maggiore efficienza implica, a parità di lumen, una minore potenza e una riduzione del calore emesso in ambiente.

È consigliabile prevedere un progetto illuminotecnico degli spazi, in modo da comprendere come possa essere gestita l'illuminazione in termini di comfort. Allo stato attuale verrà proposta una sostituzione 1:1 degli elementi presenti.

##### Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM3 sono riportati nella Tabella 8.5 e nella Figura 8.8; Oltre alla riduzione dei consumi energetici si è considerata una riduzione dei costi legati alla manutenzione ordinaria, questo perché la vita utile dei corpi illuminanti LED è più elevata rispetto a quella delle lampade fluorescenti, per cui la loro sostituzione avverrà meno frequentemente.

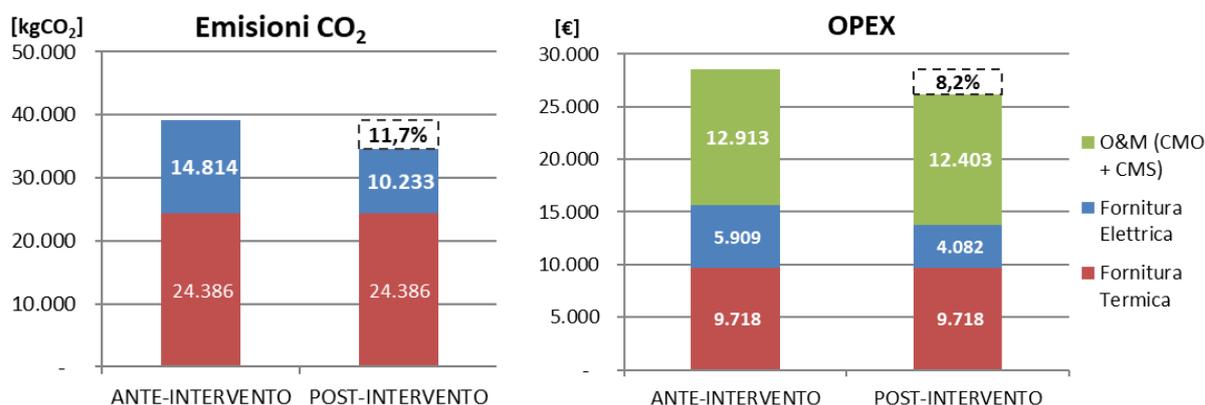
Tabella 8.5 - Risultati analisi EEM3 - Sostituzione apparecchi di illuminazione (integrali)

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM3 – Potenza installata	[W]	116	48	58,6%
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	125.016	125.016	0,0%
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	32.677	22.572	30,9%
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	120.725	120.725	0,0%
EE <sub>baseline</sub>	[kWh]	31.721	21.912	30,9%
Emiss. CO <sub>2</sub> Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	24.386	24.386	0,0%
Emiss. CO <sub>2</sub> Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	14.814	10.233	30,9%
<b>Emiss. CO<sub>2</sub> TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>39.200</b>	<b>34.619</b>	<b>11,7%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	9.718	9.718	0,0%
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	5.909	4.082	30,9%

## E1038 – Scuola Secondaria di primo grado A. Volta

<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	[€]	15.628	13.800	11,7%
C <sub>MO</sub>	[€]	10.201	9.691	5,0%
C <sub>MS</sub>	[€]	2.712	2.712	0,0%
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	12.913	12.403	4,0%
OPEX	[€]	28.540	26.203	8,2%
Classe energetica	[-]	D	D	-

Nota (22) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO<sub>2</sub> sono: 0,202 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore elettrico; I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,0805 [€/kWh] per il vettore termico e 0,186 [€/kWh] per il vettore elettrico

 Figura 8.8 – EEM3: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO<sub>2</sub> a partire dalla baseline


## 8.1.4 Impianto di generazione da fonti rinnovabili

**EEM6: Ripristino impianto fotovoltaico**

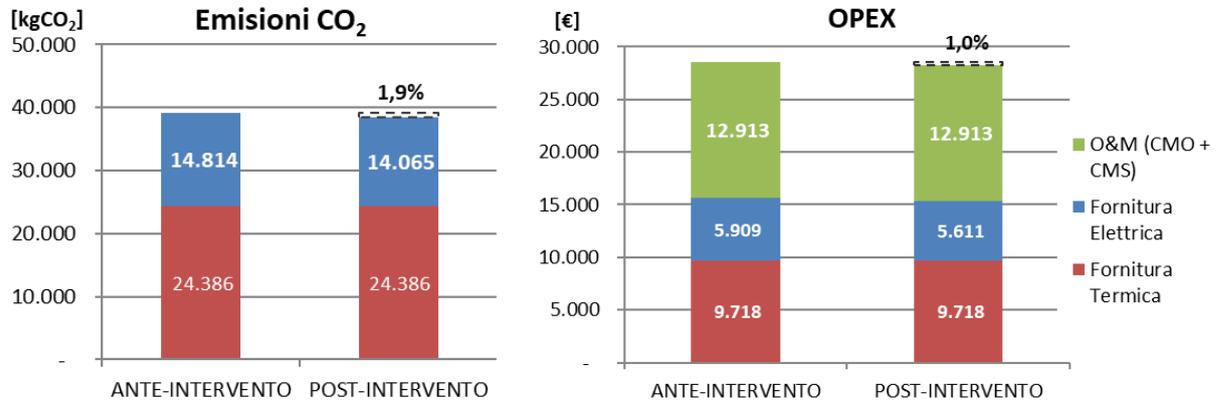
Si suggerisce il ripristino dell'impianto fotovoltaico presente in copertura ed oggi non funzionante.

Tabella 8.6 - Risultati analisi EEM6- Ripristino impianto fotovoltaico

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM6 [Potenza impianto]	kW	0	1,61	
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	125.016	125.016	0,0%
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	32.677	31.026	5,1%
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	120.725	120.725	0,0%
EE <sub>baseline</sub>	[kWh]	31.721	30.118	5,1%
Emiss. CO <sub>2</sub> Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	24.386	24.386	0,0%
Emiss. CO <sub>2</sub> Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	14.814	14.065	5,1%
<b>Emiss. CO<sub>2</sub> TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>39.200</b>	<b>38.452</b>	<b>1,9%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	9.718	9.718	0,0%
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	5.909	5.611	5,1%
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>15.628</b>	<b>15.329</b>	<b>1,9%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	10.201	10.201	0,0%
C <sub>MS</sub>	[€]	2.712	2.712	0,0%
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	12.913	12.913	0,0%
OPEX	[€]	28.540	28.242	1,0%
Classe energetica	[-]	E	E	-

Nota (23) 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: 0,0805 [€/kWh] per il vettore termico e 0,186 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 8.9 – EEM6: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO<sub>2</sub> a partire dalla baseline



## 9 VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA

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

#### **EEM1: Isolamento intradosso con controsoffitto isolato**

Nella Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alla EEM1, che consiste nella realizzazione dell'isolamento della copertura mediante installazione del materiale isolante in controsoffitto. La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, (intervento 1.B - art. 4, comma 1, lettera a) i quali possono essere quantificati come di seguito descritto:

Tabella 9.1 – Analisi dei costi della EEM1 – Isolamento intradosso con controsoffitto isolato

CODICE	DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
1.4.4. D20	Scrostamento di intonaco interno ed esterno, compreso il calo in basso, il carico su qualsiasi mezzo di trasporto dei materiali di risulta, esclusi i ponteggi, misurato sulla superficie effettiva di scrostamento per intere campiture	Prezzario Regione Liguria	520	m2	€ 20,50	€ 18,64	€ 9.690,91	22%	€ 11.822,91
1.16.1. A10	Solo posa controsoffitti, per superfici piane, compresa la fornitura e la posa della struttura metallica di sospensione, la sigillatura dei giunti con garza e successiva rasatur; REI120, di lastre di gesso protetto o fibrogesso	Prezzario Regione Liguria	520	m2	€ 50,05	€ 45,50	€ 23.660,00	22%	€ 28.865,20
1.15.5. S02	Pannello per isolamento termico acustico, composto al 100% di poliestere proveniente in gran parte dalla raccolta e lavorazione delle bottiglie in PET, per pareti e coperture. Densità 30 Kg/m³. Lambda <=0,040 W/mK - spessore da 20 a 140 mm	Prezzario Regione Liguria	520	m2/cm	€ 1,76	€ 1,60	€ 11.648,00	22%	€ 14.210,56
Costi per la sicurezza			3%	%			€ 1.349,97	22%	€ 1.646,96
Costi progettazione (in % su importo lavori)			7%	%			€ 3.244,42	22%	€ 3.958,19
<b>TOTALE (I<sub>0</sub> – EEM1)</b>							<b>€ 49.593</b>	<b>22%</b>	<b>€ 60.504</b>
<b>Incentivi [Conto termico]</b>									<b>20.800</b>
<b>Durata incentivi</b>									<b>5</b>
<b>Incentivo annuo</b>									<b>4.160</b>

Il contributo dato dall'incentivo "Conto Termico" è stato calcolato considerando la seguente relazione

$$I_{tot} = \%_{spesa} \cdot C \cdot S_{int}$$

Dove si si è indicato con:

- $I_{tot}$ : incentivo totale dell'intervento cumulato per l'intera durata, che verrà ripartito e corrisposto in 5 rate annuali costanti, oppure, in un'unica soluzione per gli aventi diritto (le PAe le ESCo che operano per loro conto, ad esclusione delle Cooperative di abitanti e delle Cooperative sociali).

## E1038 – Scuola Secondaria di primo grado A. Volta

- $I_{max}$ : valore massimo raggiungibile dall'incentivo totale (tabella 5 del Decreto)
- $\%_{spesa}$ : percentuale incentivata della spesa totale sostenuta per l'intervento (tabella 5 del Decreto)
- $S_{int}$ : superficie12 oggetto dell'intervento (m2) – pari a circa **520mq**
- $C = \frac{\text{spesa sostenuta in } \text{€}}{\text{superficie oggetto di intervento}}$  costo specifico sostenuto – pari a **60.504€**
- $C_{max}$  è il valore massimo di C ed è definito dalla tabella 5 del Decreto.

Poiché il costo specifico dell'intervento supera il valore  $C_{max}$  il calcolo dell'incentivo è stato effettuato con il valore  $C_{max}$  riportato in tabella per l'intervento considerato.

[Tabella 5 – Allegato II - DM 16.02.16]				
Tipologia di intervento	Percentuale incentivata della spesa ammissibile ( $\%_{spesa}$ )	Costo massimo ammissibile ( $C_{max}$ )	Valore massimo dell'incentivo ( $I_{max}$ ) [€]	
<b>i. Strutture opache orizzontali<sup>13</sup>: isolamento coperture</b>				
Esterno	40 (*) (**)	200 €/m <sup>2</sup>	(i+ii+iii) ≤ 400.000	
<b>Interno</b>	<b>40 (*) (**)</b>	<b>100 €/m<sup>2</sup></b>		
Copertura ventilata	40 (*) (**)	250 €/m <sup>2</sup>		
<b>ii. Strutture opache orizzontali: isolamento pavimenti</b>				
Esterno	40 (*) (**)	120 €/m <sup>2</sup>		
Interno	40 (*) (**)	100 €/m <sup>2</sup>		
<b>iii. Strutture opache verticali: isolamento pareti perimetrali</b>				
Esterno	40 (*) (**)	100 €/m <sup>2</sup>		
Interno	40 (*) (**)	80 €/m <sup>2</sup>		
Parete ventilata	40 (*) (**)	150 €/m <sup>2</sup>		

### EEM2: Cappotto Termico

Nella Tabella 9.2 è riportata l'analisi dei costi relativi alla EEM2, che consiste nella realizzazione dell'isolamento delle pareti esterne mediante il sistema a cappotto termico.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, (intervento 1.B - art. 4, comma 1, lettera a) i quali possono essere quantificati come di seguito descritto:

Tabella 9.2– Analisi dei costi della EEM2 – sistema a cappotto termico

CODICE PREZZIARIO	DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
PR.A17.D01.010	Isolanti di origine minerale. Pannelli in silicato di calcio, per l'isolamento termoacustico a cappotto di facciate e soffitti; permeabili al vapore, antincendio, traspirabili, incombustibili (classe 0). Lambda = 0,045 W/mK spessore da 6 a 20 cm per ogni cm	Prezzario Regione Liguria	32.920	m2cm	€ 3,49	€ 3,17	€104.446,18	22%	€127.424,34
25.A44.A30.010	Solo posa di isolamento termico-acustico superfici verticali eseguito con pannelli isolanti di spessore fino a cm 10, compreso il fissaggio con chiodi di materiale plastico e la sigillatura dei giunti con	Prezzario Regione Liguria	1.646	mq	€ 14,25	€ 12,95	€21.323,18	22%	€26.014,28



## E1038 – Scuola Secondaria di primo grado A. Volta

	nastro adesivo plastificato.								
PR.A02.A20.600	Malta premiscelata Rivestimento minerale per rasature armate /cappotto termico idr/m2orepellente, impermeabile e traspirante in sacchi . Resa per mano 1,8 kg.	Prezzario Regione Liguria	1.646	kg	€ 0,82	€ 0,75	€1.227,02	22%	€1.496,96
PR.A02.A25.010	Collante cementizio per murature in cemento cellulare espanso.	Prezzario Regione Liguria	823	kg	€ 0,49	€ 0,45	€ 366,61	22%	€ 447,26
95.B10.S10.010	Ponteggiature "di facciata", in elementi metallici prefabbricati e/o "giunto-tubo", compreso il montaggio e lo smontaggio finale, i piani di lavoro, idonea segnaletica, impianto di messa a terra, compresi gli eventuali oneri di progettazione, escluso: mantovane, illuminazione notturna e reti di protezione - Montaggio, smontaggio e noleggio per il primo mese di utilizzo.	Prezzario Regione Liguria	1.646	m2	€ 14,28	€ 12,98	€ 21.368,07	22%	€ 26.069,05
25.A05.E10.015	Scrostamento intonaco fino al vivo della muratura, esterno, su muratura di mattoni o calcestruzzo	Prezzario Regione Liguria	1.646	m2	€ 7,26	€ 6,60	€ 10.863,60	22%	€ 13.253,59
25.A54.A30.010	Intonaco esterno in malta a base di calce idraulica strato aggrappante a base di calce idraulica naturale NHL 3,5 (EN459-1) e sabbie calcaree classificate, spessore 5 mm circa.	Prezzario Regione Liguria	1.646	m2	€ 4,81	€ 4,37	€ 7.197,51	22%	€8.780,96
25.A54.B40.010	Rasatura armata con malta preconfezionata a base minerale eseguita a due riprese fresco su fresco rifinita a frattazzo, con interposta rete in fibra di vetro o in poliestere compresa pulizia e preparazione del supporto con una mano di apposito primer. per rivestimento di intonaco con rete in fibra di vetro 4x4 da 150 gr/mq , spessore totale circa mm 4.	Prezzario Regione Liguria	1.646	m2	€ 23,79	€21,63	€ 35.598,49	22%	€43.430,16
	Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 6.071,72	22%	€ 7.407,50
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 14.167,35	22%	€17.284,16
<b>TOTALE (I<sub>0</sub> – EEM1)</b>							<b>€ 222.630</b>	<b>22%</b>	<b>€ 271.608</b>
<b>Incentivi</b>	<b>[Conto termico ]</b>								<b>€ 65.840,00</b>
<b>Durata incentivi</b>									<b>5</b>
<b>Incentivo annuo</b>									<b>€ 13.168,00</b>

Il contributo dato dall'incentivo "Conto Termico" è stato calcolato considerando la seguente relazione

$$I_{tot} = \%_{spesa} \cdot C \cdot S_{int}$$

Dove si è indicato con:

- $I_{tot}$ : incentivo totale dell'intervento cumulato per l'intera durata, che verrà ripartito e corrisposto in 5 rate annuali costanti, oppure, in un'unica soluzione per gli aventi diritto (le PAe le ESCo che operano per loro conto, ad esclusione delle Cooperative di abitanti e delle Cooperative sociali).
- $I_{max}$ : valore massimo raggiungibile dall'incentivo totale (tabella 5 del Decreto)
- $\%_{spesa}$ : percentuale incentivata della spesa totale sostenuta per l'intervento (tabella 5 del Decreto)
- $S_{int}$ : superficie oggetto dell'intervento (m<sup>2</sup>) – pari a circa **1.700mq**
- $C = \frac{\text{spesa sostenuta in €}}{\text{superficie oggetto di intervento}}$  costo specifico sostenuto – pari a **271.608€**
- $C_{max}$  è il valore massimo di C ed è definito dalla tabella 5 del Decreto.

Poiché il costo specifico dell'intervento supera il valore  $C_{max}$  il calcolo dell'incentivo è stato effettuato con il valore  $C_{max}$  riportato in tabella per l'intervento considerato.

[Tabella 5 – Allegato II - DM 16.02.16]			
Tipologia di intervento	Percentuale incentivata della spesa ammissibile ( $\%_{spesa}$ )	Costo massimo ammissibile ( $C_{max}$ )	Valore massimo dell'incentivo ( $I_{max}$ ) [€]
i. Strutture opache orizzontali <sup>13</sup> : <b>isolamento coperture</b>			(i+ii+iii) ≤ 400.000
Esterno	40 (*) (**)	200 €/m <sup>2</sup>	
Interno	40 (*) (**)	100 €/m <sup>2</sup>	
Copertura ventilata	40 (*) (**)	250 €/m <sup>2</sup>	
ii. Strutture opache orizzontali: <b>isolamento pavimenti</b>			
Esterno	40 (*) (**)	120 €/m <sup>2</sup>	
Interno	40 (*) (**)	100 €/m <sup>2</sup>	
iii. Strutture opache verticali: <b>isolamento pareti perimetrali</b>			
Esterno	40 (*) (**)	100 €/m <sup>2</sup>	
Interno	40 (*) (**)	80 €/m <sup>2</sup>	
Parete ventilata	40 (*) (**)	150 €/m <sup>2</sup>	

### EEM3: Sostituzione apparecchi di illuminazione (integrali)

Nella Tabella 9.3 è riportata l'analisi dei costi relativi alla EEM3, che consiste nella sostituzione delle lampade presenti negli spazi comuni e nei corridoi della scuola, ossia di quegli elementi che presentano profili di utilizzo prolungati nel tempo.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, intervento 1 (intervento 1.F - art. 4, comma 1, lettera f).

La necessità di selezionare dei serramenti con determinate caratteristiche prestazionali ha richiesto l'individuazione dei costi non dal Prezzario Regione Liguria ma dal Prezzario DEI, dove sono riportate le voci relative a serramenti con trasmittanza termica pari a 1,2 W/mqK.

Tabella 9.3 - Analisi dei costi della EEM3 – Sostituzione apparecchi di illuminazione

CODICE PREZZARIO	DESCRIZIONE	FONTI PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
043169c	Plafoniera stagna rettangolare, corpo in policarbonato autoestinguento, schermo in policarbonato autoestinguento trasparente prismaticizzato internamente, per installazione a parete, plafone o a sospensione, apparecchio con grado di protezione IP 66, lampade	DEI Imp. Ele. 2017	145	cad	€ 139,46	€ 126,78	€18.383,36	22%	€22.427,70

LED temperatura di colore  
4000 K, alimentazione 230 V  
c.a.: bilampada: lunghezza  
1.600 mm, 48 W, 7.780 lm

205015g	Rimozione di plafoniera per lampade fluorescenti, inclusi gli oneri della rimozione dei sostegni a muro o a soffitto e l'avvicinamento al luogo di deposito provvisorio nell'ambito del cantiere, escluso l'onere di carico, trasporto e scarico a discarica autorizzata: 2 x 58 W	DEI Imp. Ele. 2018	145	cad	€ 13,39	€12,17	€ 1.765,05	22%	€ 2.153,36
M01003a	Operaio edile qualificato	DEI Imp. Ele. 2016	145	€/ora	€26,78	€ 24,35	€ 3.530,09	22%	€ 4.306,71
M01004a	Operaio edile comune	DEI Imp. Ele. 2016	145	€/ora	€ 24,12	€ 21,93	€ 3.179,45	22%	€ 3.878,93
Costi per la sicurezza		-	3%	%			€ 805,74	22%	€ 983,00
Costi progettazione (in % su importo lavori)		-	7%	%			€ 1.936,46	22%	€ 2.362,48
<b>TOTALE (I<sub>0</sub> – EEM1)</b>							<b>€ 29.600</b>	<b>22%</b>	<b>€ 36.112</b>
<b>Incentivi [Conto termico]</b>									<b>€11.928,00</b>
<b>Durata incentivi</b>									<b>5</b>
<b>Incentivo annuo</b>									<b>€2.385,60</b>

Il contributo dato dall'incentivo "Conto Termico" è stato calcolato considerando la seguente relazione

$$I_{tot} = \%_{spesa} \cdot C \cdot S_{int}$$

Dove si è indicato con:

- $I_{tot}$ : incentivo totale dell'intervento cumulato per l'intera durata, che verrà ripartito e corrisposto in 5 rate annuali costanti, oppure, in un'unica soluzione per gli aventi diritto (le PA e le ESCo che operano per loro conto, ad esclusione delle Cooperative di abitanti e delle Cooperative sociali).
- $I_{max}$ : valore massimo raggiungibile dall'incentivo totale (tabella 5 del Decreto)
- $\%_{spesa}$ : percentuale incentivata della spesa totale sostenuta per l'intervento (tabella 5 del Decreto)
- $S_{int}$ : superficie oggetto dell'intervento (m<sup>2</sup>) – pari a circa **850mq**
- $C = \frac{\text{spesa sostenuta in €}}{\text{superficie oggetto di intervento}}$  costo specifico sostenuto – pari a **36.112€**
- $C_{max}$  è il valore massimo di C ed è definito dalla tabella 5 del Decreto.

Poiché il costo specifico dell'intervento supera il valore  $C_{max}$  il calcolo dell'incentivo è stato effettuato con il valore  $C_{max}$  riportato in tabella per l'intervento considerato.

[Tabella 5 – Allegato II - DM 16.02.16]		
Tipologia di intervento	Costo massimo ammissibile ( $C_{max}$ )	Valore massimo dell'incentivo $I_{max}$ [€]
Sostituzione di corpi illuminanti comprensivi di lampade per l'illuminazione degli interni e delle pertinenze esterne – installazione di lampade ad alta efficienza	15 €/m <sup>2</sup>	30.000
Sostituzione di corpi illuminanti comprensivi di lampade per l'illuminazione degli interni e delle pertinenze esterne – installazione di lampade a led	35 €/m <sup>2</sup>	70.000

#### **EEM4: Sostituzione serramenti**

**E1038 – Scuola Secondaria di primo grado A. Volta**

Nella Tabella 9.4 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM4, che consiste nella sostituzione parziale dei serramenti del fabbricato.

**Tabella 9.4 - Analisi dei costi della EEM4 – Sostituzione serramenti**

CODICE PREZZIARIO	DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
25.A05.F10.020	Rimozione senza recupero di serramenti, in legno o metallo compresa rimozione telaio a murare, per misurazione minima 2 m <sup>2</sup>	Prezziario Regione Liguria	300	m2	€ 30,11	€ 27,37	€8.211,82	22%	€10.018,42
205071d	Serramento realizzato con profili estrusi di pvc prodotti secondo la norma DIN 7748, esenti da cadmio, autoestinguenti, classe 1 di reazione al fuoco, a 5 camere rinforzati con profili in acciaio zincato spessore 15/10, guarnizioni in TPE coestruse e saldate negli angoli, completo di controtelaio, esclusa la posa dello stesso, compresi maniglie, cerniere, meccanismi di manovra, dispositivi di sicurezza contro le false manovre e quant'altro necessario per il funzionamento e vetrocamera con canalina a bordo caldo, permeabilità all'aria classe 4 secondo la norma UNI EN 12207, tenuta all'acqua classe E 750 secondo la norma UNI 12208, resistenza al vento C3/B3 secondo la norma UNI 12210: vetrocamera 33.1-16-33.1 bassoemissivo con gas argon, Uw = 1,2 W/mqK, Ug = 1,1 W/mqK, Uf = 1,2 W/mqK, Rw = 35 dB: portafinestra a 2 ante, a telaio fisso, 120 x 240 cm (2,88 mq)	Prezziario DEI	100	cad	€520,00	€472,73	€47.272,73	22%	€57.672,73
PR.A23.B10.020	Controtelaio per finestre, portafinestre e simili, in legno.	Prezziario Regione Liguria	69,3	m	€ 7,59	€ 6,90	€478,05	22%	€ 583,22
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	45	m3	€ 11,77	€10,70	€ 481,50	22%	€ 587,43
25.A80.A30.010	Solo posa in opera di finestra o portafinestrain alluminio, PVC, legno, acciaio esclusa la fornitura e posa di controtelaio in acciaio.	Prezziario Regione Liguria	300	mq	€48,53	€44,12	€13.235,45	22%	€16.147,25
Costi per la sicurezza		-	3%	%			€2.090,39	22%	€2.550,27
Costi progettazione (in % su importo lavori)		-	7%	%			€4.877,57	22%	€ 5.950,63
<b>TOTALE (I<sub>0</sub> – EEM1)</b>							<b>€76.648</b>	<b>22%</b>	<b>€ 93.510</b>

**EEM5: Installazione termovalvole**

Nella Tabella 9.5 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM5, che consiste nella installazione di termovalvole per la regolazione ambiente della temperatura interna su tutti i corpi scaldanti del fabbricato.

Tabella 9.5 - Analisi dei costi della EEM5 – Installazione termovalvole

CODICE PREZZIARIO	DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
					[€/n° o €/m <sub>2</sub> ]	[€/n° o €/m <sub>2</sub> ]	[€]	[%]	[€]
PR.C17.A15.010	Valvole micrometriche a squadra complete di testa termostatica con elemento sensibile a gas: Ø 15 mm	Prezzario Regione Liguria	108	cad	€35,42	€ 32,20	€3.477,60	22%	€4.242,67
PR.C47.H10.145	Circolatori per impianti di riscaldamento e condizionamento a velocità variabile, regolate elettronicamente, classe di protezione IP44, classe energetica A, 230V, del tipo: versione gemellare con attacchi flangiati, Ø 80, PN6, prevalenza da 1 a 12 m, portata da 1 a 58 m <sup>3</sup> /h	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€4.587,21	€4.170,19	€4.170,19	22%	€5.087,63
40.E10.A10.040	Sola posa in opera di pompe e/o circolatori singoli o gemellari per fluidi caldi o freddi, compreso bulloni, guarnizioni e il collegamento alla linea elettrica, escluse le flange. Per attacchi del diametro nominale di: maggiore di 80 mm fino a 100 mm	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€97,34	€ 88,49	€ 88,49	22%	€ 107,96
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	€22,69	€ 20,63	€ 20,63	22%	€ 25,17
RU.M01.E01.020	Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezzario Regione Liguria	39	h	€ 31,88	€ 28,98	€1.130,29	22%	€1.378,95
	Costi per la sicurezza	-	3%	%			€266,62	22%	€325,27
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€622,10	22%	€758,97
<b>TOTALE (I<sub>0</sub> – EEM1)</b>							<b>€ 9.776</b>	<b>22%</b>	<b>€ 11.927</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 la tecnologia di ciascuna EEM, o, 15 anni per lo SCN1, o, 25 anni per SCN2;

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

- 5) Indice di Profitto (IP):

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

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

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

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

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

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

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

### **EEM1: Isolamento intradosso con controsoffitto isolato**

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

Tabella 9.6 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM1– Isolamento intradosso con controsoffitto isolato

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	60.504
Oneri Finanziari % $I_0$	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	$n_{IVA}$	anni	3
Vita utile	$n$	anni	30
Incentivo annuo	B	€/anno	4.160
Durata incentivo	$n_B$	anni	5
Tasso di attualizzazione	$i$	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	88,0	44,5
Tempo di rientro attualizzato	TRA	117,2	54,2
Valore attuale netto	VAN	-46.373	-27.854
Tasso interno di rendimento	TIR	-8,1%	-5,1%
Indice di profitto	IP	-0,77	-0,46

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

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

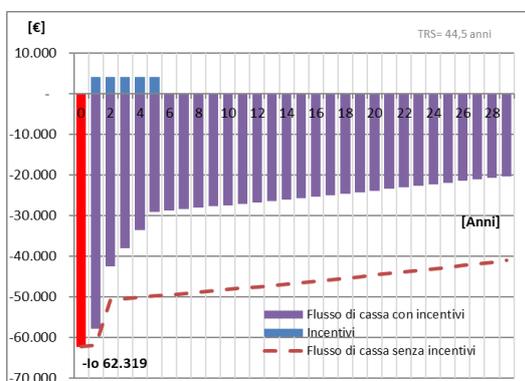
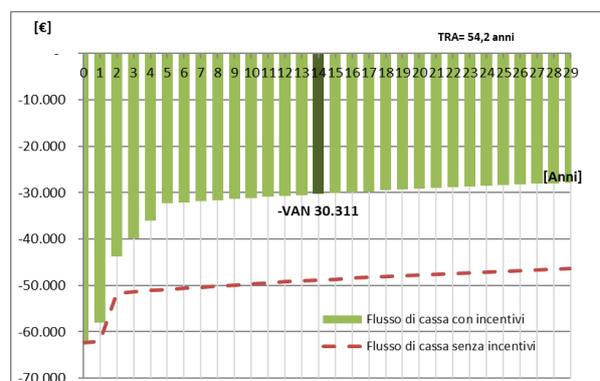


Figura 9.2 – EEM1: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento, pur beneficiando di incentivi, non presenta tempi di ritorno brevi; questo perché il miglioramento delle performance dell'involucro non consentono di ripagare con la riduzione dei consumi l'investimento iniziale

**EEM2: Cappotto Termico**

L'analisi di convenienza effettuata per la EEM2 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

Tabella 9.7 - Risultati dell'analisi di convenienza della EEM2– Cappotto termico

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	271.608
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	13.168
Durata incentivo	$n_B$	anni	5
Tasso di attualizzazione	$i$	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	150,2	69,0
Tempo di rientro attualizzato	TRA	170,6	77,8
Valore attuale netto	VAN	- 230.562	- 171.941
Tasso interno di rendimento	TIR	-15,3%	-13,0%
Indice di profitto	IP	-0,85	-0,63

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

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

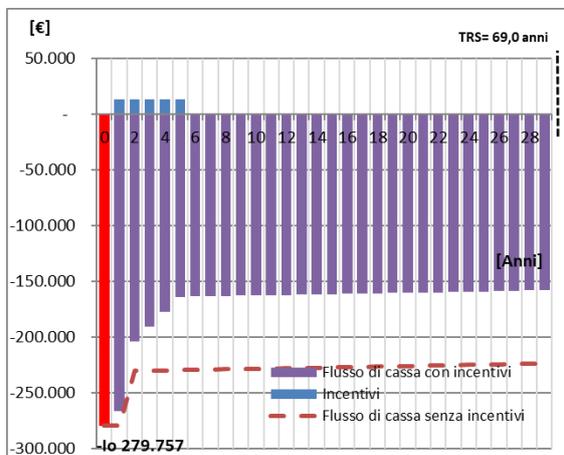
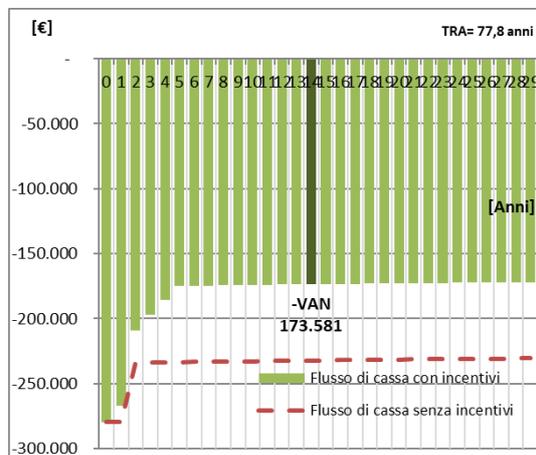


Figura 9.4 – EEM2: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento, pur beneficiando di incentivi, non presenta tempi di ritorno brevi; questo perché il miglioramento delle performance dell'involucro non consentono di ripagare con la riduzione dei consumi l'investimento iniziale

**EEM3: Sostituzione apparecchi di illuminazione**

L'analisi di convenienza effettuata per la EEM3 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

Tabella 9.8 - Risultati dell'analisi di convenienza della EEM3 – Sostituzione apparecchi di illuminazione

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	36.112
Oneri Finanziari % $I_0$	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%

**E1038 – Scuola Secondaria di primo grado A. Volta**

Anno recupero erariale IVA	$n_{IVA}$	anni	3
Vita utile	$n$	anni	8
Incentivo annuo	$B$	€/anno	2.386
Durata incentivo	$n_B$	anni	5
Tasso di attualizzazione	$i$	[%]	3,5%
<b>INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO</b>		<b>VALORE SENZA INCENTIVI</b>	<b>VALORE CON INCENTIVI</b>
Tempo di rientro semplice	<b>TRS</b>	14,5	9,2
Tempo di rientro attualizzato	<b>TRA</b>	16,5	10,4
Valore attuale netto	<b>VAN</b>	- 19.201	- 8.580
Tasso interno di rendimento	<b>TIR</b>	-14,9%	-4,1%
Indice di profitto	<b>IP</b>	-0,53	-0,24

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

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

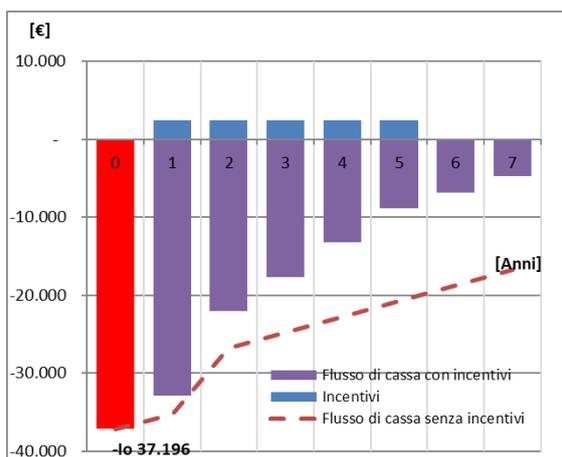
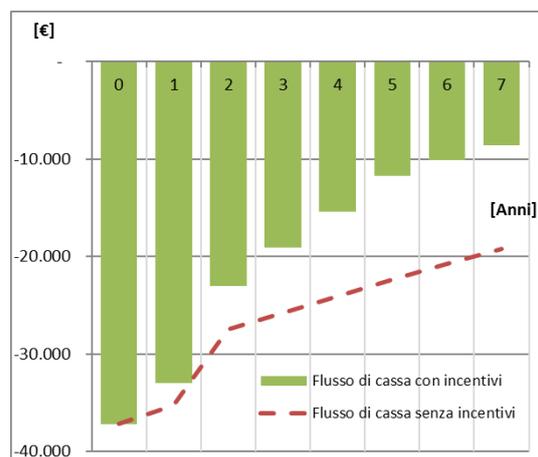


Figura 9.6 – EEM3: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento, beneficiando di incentivi, presenta tempi di ritorno attualizzati si poco superiori agli 11 anni.

### EEM4: Sostituzione serramenti

L'analisi di convenienza effettuata per la EEM4 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

Tabella 9.9 - Risultati dell'analisi di convenienza della EEM4 – Sostruzione serramenti

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	93.510
Oneri Finanziari % $I_0$	$OF$	[%]	3,0%
Aliquota IVA	$\%IVA$	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	$n_{IVA}$	anni	3
Vita utile	$n$	anni	30
Incentivo annuo	$B$	€/anno	-
Durata incentivo	$n_B$	anni	5
Tasso di attualizzazione	$i$	[%]	3,5%
<b>INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO</b>		<b>VALORE SENZA INCENTIVI</b>	<b>VALORE CON INCENTIVI</b>

**E1038 – Scuola Secondaria di primo grado A. Volta**

Tempo di rientro semplice	<b>TRS</b>	42,5	42,5
Tempo di rientro attualizzato	<b>TRA</b>	64,8	64,8
Valore attuale netto	<b>VAN</b>	- 51.745	- 51.745
Tasso interno di rendimento	<b>TIR</b>	-2,5%	-2,5%
Indice di profitto	<b>IP</b>	-0,55	-0,55

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

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

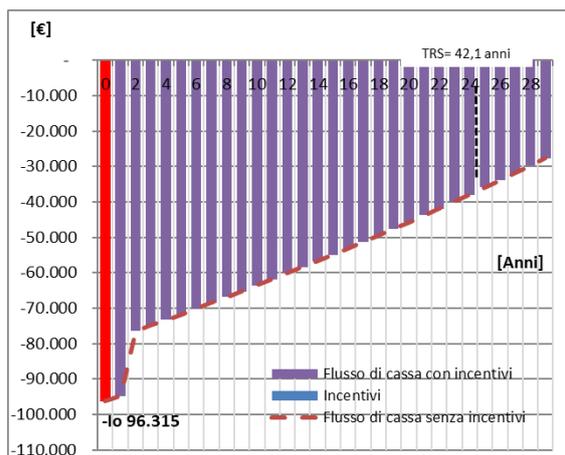
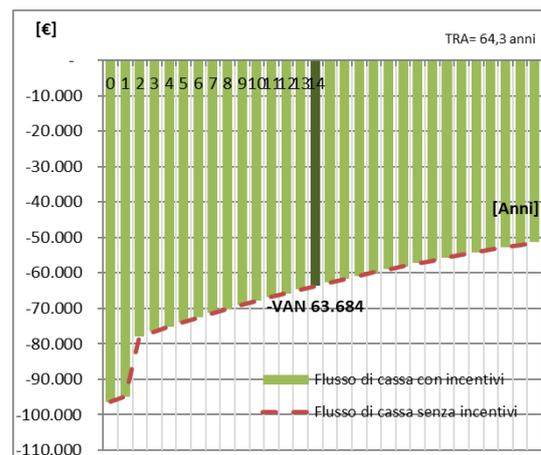


Figura 9.8 – EEM4: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento, beneficiando di incentivi, presenta tempi di ritorno attualizzati superiori ai 30 anni; la componente legata ai serramenti era quella maggiormente penalizzanti per le performance energetiche complessive dell'involucro del fabbricato.

### **EEM5: Installazione termovalvole**

L'analisi di convenienza effettuata per la EEM4 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

Tabella 9.10 - Risultati dell'analisi di convenienza della EEM5 - Installazione termovalvole

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	<b>I<sub>0</sub></b>	€	11.927
Oneri Finanziari %I <sub>0</sub>	<b>OF</b>	[%]	3,0%
Aliquota IVA	<b>%IVA</b>	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	<b>n<sub>IVA</sub></b>	anni	3
Vita utile	<b>n</b>	anni	15
Incentivo annuo	<b>B</b>	€/anno	-
Durata incentivo	<b>n<sub>B</sub></b>	anni	5
Tasso di attualizzazione	<b>i</b>	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	<b>TRS</b>	3,8	3,8
Tempo di rientro attualizzato	<b>TRA</b>	4,4	4,4
Valore attuale netto	<b>VAN</b>	19.336	19.336
Tasso interno di rendimento	<b>TIR</b>	24,1%	24,1%
Indice di profitto	<b>IP</b>	1,62	1,62

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

Figura 9.9 –EEM5: Flussi di Cassa, con e senza incentivi

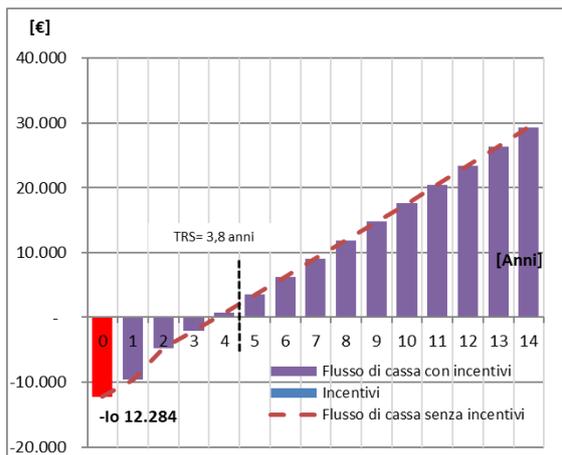
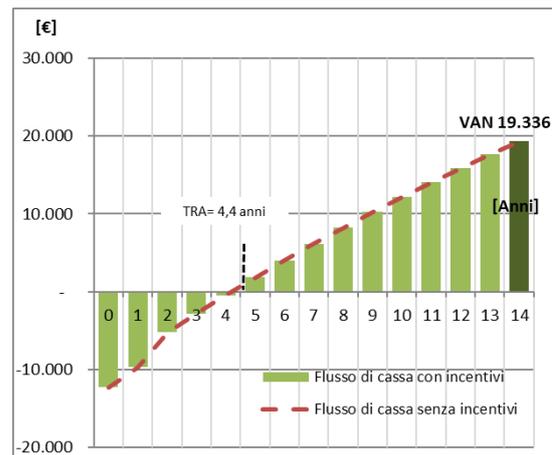


Figura 9.10 – EEM5: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento, pur non beneficiando di incentivi, presenta tempi di ritorno inferiori ai 15 anni.

### Sintesi

La sintesi della valutazione economico – finanziaria delle EEM proposte è riportata nelle Tabella 9.11 e Tabella 9.12.

Tabella 9.11 – 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	2%	2%	361 €	- €	- €	60.504 €	88	117	30	- 46.373 €	-8%	-0,766
EEM 2	2%	2%	241 €	- €	- €	271.608 €	150	171	30	- 230.562 €	-15%	-0,849
EEM 3	12%	12%	1.827 €	510 €	- €	36.112 €	15	17	8	- 19.201 €	-15%	-0,532
EEM 4	12%	12%	1.811 €	- €	- €	93.510 €	42	64	30	- 51.376 €	-2%	-0,549
EEM 5	8%	8%	1.206 €	2.040 €	- €	11.927 €	4	4	15	19.336 €	24%	1,621
EEM 6	2%	2%	299 €	- €	- €	-	-	-	-	-	-	-

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 alla baseline energetico complessivo (termico + elettrico);
- % $\Delta_{CO_2}$  è il valore percentuale di riduzione delle emissioni di CO2 rispetto alla 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;

- $\Delta_{CMO}$  è la variazione di costo annuo attribuibile al nuovo costo per la gestione e la manutenzione ordinaria; assume valori positivi per un decremento e valori negativi per un incremento;
- $\Delta_{CMS}$  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 gli interventi proposti sull'efficientamento dell'involucro edilizio non presentano vantaggi economici legati alla loro realizzazione.

Tabella 9.12 – 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	2%	2%	361 €	- €	- €	60.504 €	44	54	30	- 27.854 €	-5%	-0,460
EEM 2	2%	2%	241 €	- €	- €	271.608 €	69	78	30	- 171.941 €	-13%	-0,633
EEM 3	12%	12%	1.827 €	510 €	- €	36.112 €	9	10	8	- 8.580 €	-4%	-0,238
EEM 4	12%	12%	1.811 €	- €	- €	93.510 €	42	64	30	- 51.376 €	-2%	-0,549
EEM 5	8%	8%	1.206 €	2.040 €	- €	11.927 €	4	4	15	19.336 €	24%	1,621
EEM 6	2%	2%	299 €	- €	- €	-	-	-	-	-	-	-

Dall'analisi dei risultati emerge che, accedendo alle forme incentivanti, alcuni degli interventi proposti vedono diminuire notevolmente i tempi di ritorno dell'investimento, rendendoli più adottabili.

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

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

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

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

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

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 [15anni]:** Tale scenario consiste nella realizzazione degli interventi EEM3, EEM5, EEM6
- **Scenario 2 [25 anni]:** Tale scenario consiste nella realizzazione di EEM1, EEM3, EEM4, EEM5, EEM6

### 9.3.1 Scenario 1: EEM3 + EEM5 + EEM6

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

- EEM3: Sostituzione apparecchi di illuminazione
- EEM5: Installazione termovalvole
- EEM6: Ripristino impianto fotovoltaico

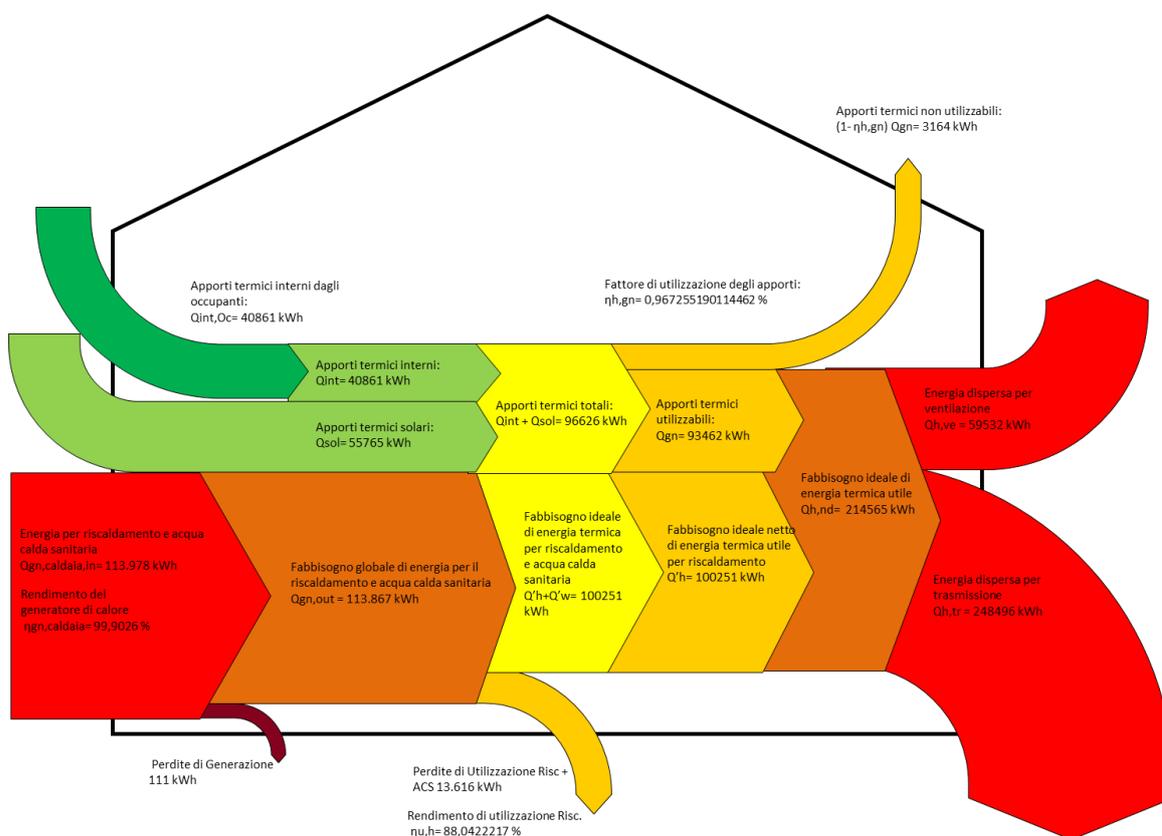
Tabella 9.13 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 1

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA AI 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM3 Fornitura & Posa	26.858	5.908,75	32.767
EEM5 Fornitura & Posa	8.887	1.955	10.842
Costi per la sicurezza	1.072,35	235,92	1.308,27
Costi per la progettazione	2.558,56	562,88	3.121,45
<b>TOTALE (I<sub>0</sub>)</b>	<b>39.376,07</b>	<b>8.662,74</b>	<b>48.038,81</b>
VOCE MANUTENZIONE	C <sub>MO</sub> (IVA INCLUSA)	C <sub>MS</sub> (IVA INCLUSA)	C <sub>M</sub> (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM3 O&M	9.727	2.722	12.449
EEM5 O&M	8.191	2.722	10.913
EEM6 O&M	9.727	2.722	12.449

TOTALE (C <sub>M</sub> )	7.679,5	2.721,8	10.401,3
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE		TOTALE (IVA INCLUSA)
			[€]
Incentivi	[Conto termico]		11.928,00
Durata incentivi			5,00
Incentivo annuo			2.385,60

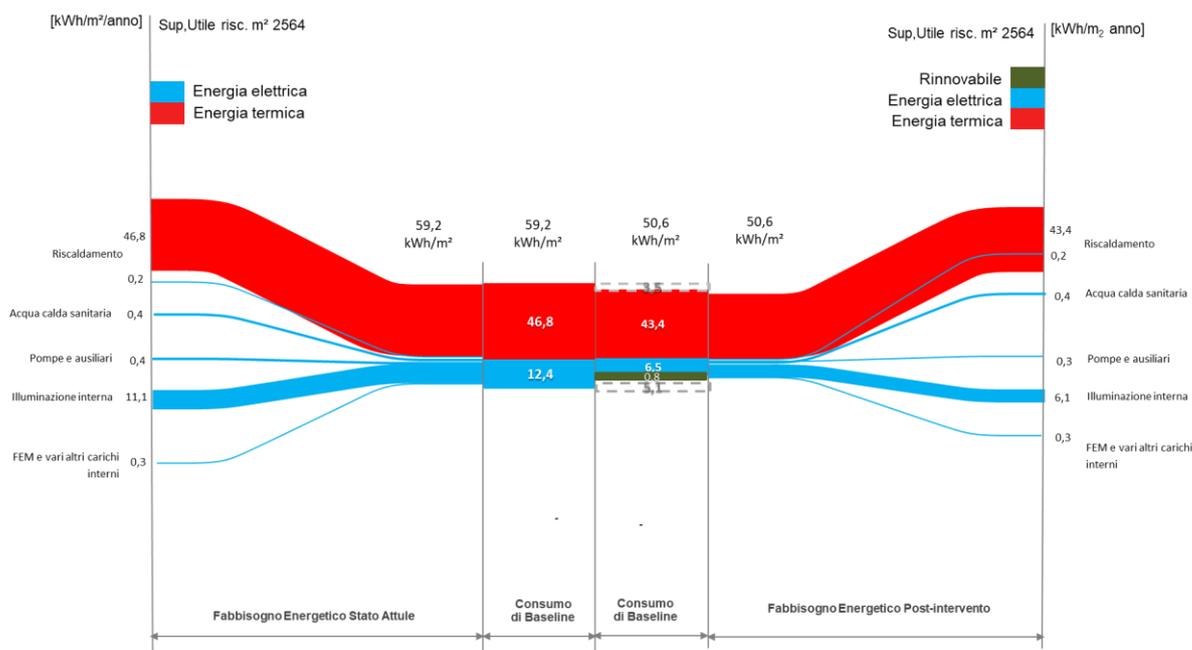
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di sankey relativo alle situazioni post-intervento.

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



Dall'analisi dei diagrammi di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio post intervento è possibile notare che a seguito degli interventi previsti si è aumentato il rendimento di utilizzazione con la conseguente diminuzione del fabbisogno globale di energia per il riscaldamento.

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



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

Tabella 9.14 – Risultati analisi SCN1

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM3 [Potenza]	[W]	116	48	<b>58,6%</b>
EEM5 [Rendimento di regolazione]	[%]	96	99	<b>-3,1%</b>
EEM6 [Potenza impianto]	[kW]	0	1,6	
$Q_{teorico}$	[kWh]	125.016	112.523	10,0%
$EE_{teorico}$	[kWh]	32.677	21.587	33,9%
$Q_{baseline}$	[kWh]	120.725	108.660	10,0%
$EE_{baseline}$	[kWh]	31.721	20.956	33,9%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	24.386	21.949	10,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	14.814	9.786	33,9%
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>39.200</b>	<b>31.736</b>	<b>19,0%</b>
Fornitura Termica, $C_Q$	[€]	9.718	8.747	10,0%
Fornitura Elettrica, $C_{EE}$	[€]	5.909	3.904	33,9%
<b>Fornitura Energia, <math>C_E</math></b>	<b>[€]</b>	<b>15.628</b>	<b>12.651</b>	<b>19,0%</b>
$C_{MO}$	[€]	10.201	7.651	25,0%
$C_{MS}$	[€]	2.712	2.712	0,0%
O&M ( $C_{MO} + C_{MS}$ )	[€]	12.913	10.362	19,8%
OPEX	[€]	28.540	23.013	19,4%

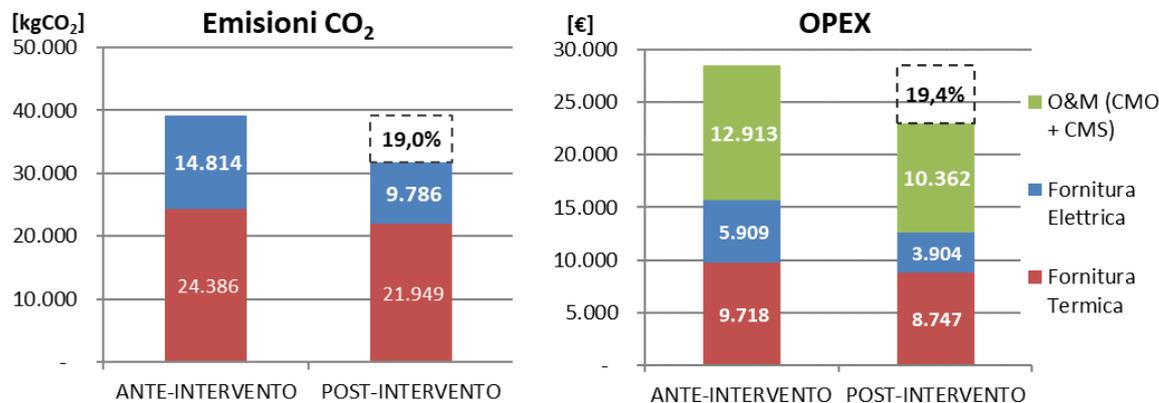
Classe energetica

[-]

E

D

+1 CLASSE

Figura 9.13 - 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 9.15, Tabella 9.16 e Tabella 9.17 e nelle successive figure.

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

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	$n_i$	1
Anni Gestione Servizio	$n_s$	14
Anni Concessione	$n$	15
Anno inizio Concessione	$n_o$	2020
Anni dell'ammortamento	$n_A$	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	$k_{CdP}$	0,02
Costo Capitale Azienda	<b>WACC</b>	0,04
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CdP})$	$k_{progetto}$	0,04
Inflazione ISTAT	$f$	0,005
deriva dell'inflazione	$f'$	0,007
%, interessi debito	$k_D$	0,038
%, interessi equity	$k_E$	0,09
Aliquota IRES	<b>IRES</b>	0,24
Aliquota IRAP	<b>IRAP</b>	0,039
Aliquota fiscale	$\tau$	0,279
Anni debito (finanziamento)	$n_D$	7
Anni Equity	$n_E$	14
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	$I_o$	48.039
Oneri Finanziari (costi indiretti)	<b>%Of</b>	0,03
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	<b>Of</b>	1.441
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	<b>CAPEX</b>	49.480
%CAPEX a Debito	<b>D</b>	0,8
%CAPEX a Equity	<b>E</b>	0,2
Debito	$I_D$	39.584
Equity	$I_E$	9.896
Fattore di annualità Debito	<b>FA<sub>D</sub></b>	6,13
Rata annua debito	$q_D$	6.453
Costo finanziamento,(D+INT <sub>D</sub> )	$q_D * n_D$	45.171
Costi per interessi debito, INT <sub>D</sub>	<b>INT<sub>D</sub>=q<sub>D</sub>*n<sub>D</sub>-D</b>	5.587

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

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	$C_{E0}$	15.628
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	$C_{M0}$	12.913
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	28.540
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	$C_{Altro}$	0,00
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$	19%
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$	20%
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$	3%
Risparmio annuo PA garantito	<b>45,6%</b>	3.933
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	<b>Risp.IM</b>	856
Risparmio PA durante la concessione	<b>14%</b>	51.848
Risparmio annuo PA al termine della concessione	<b>Risp.Term.</b>	6.621
N° di Canoni annuali	<b>anni</b>	14
Utile lordo della ESCO	<b>%CAPEX</b>	17%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	$C_{ESCO}$	614
Costi FTT €/anno IVA escl.	$C_{FTT}$	399
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	$C_{CAPEX}$	2.064
Canone O&M €/anno	$C_{nM}$	10.753
Canone Energia €/anno	$C_{nE}$	13.854
Canone Servizi €/anno IVA escl.	$C_{nS}$	24.607
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	$C_{nD}$	3.077
Canone Totale €/anno IVA escl.	$C_n$	27.684
Aliquota IVA %	<b>IVA</b>	22%
Rimborso erariale IVA	$R_{IVA}$	8.663
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	$R_B$	11.928
Durata Incentivi, anni	$n_B$	5
Inizio erogazione Incentivi, anno		2022

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

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, $Spb = I_0 / FC$ , Anni	<b>T.R.S.</b>	8,66
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	<b>T.R.A.</b>	12,25
Valore Attuale Netto, $VAN = VA - I_0$	<b><math>VAN &gt; 0</math></b>	3.031
Tasso interno di rendimento del progetto	<b><math>TIR &gt; WACC</math></b>	0,05
Indice di Profitto	<b>IP</b>	0,06
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, $Spb = I_0 / FC$ , Anni	<b>T.R.S.</b>	11
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	<b>T.R.A.</b>	14
Valore Attuale Netto, $VAN = VA - I_0$	<b><math>VAN &gt; 0</math></b>	374
Tasso interno di rendimento dell'azionista	<b><math>TIR &gt; k_e</math></b>	0,10
Debit Service Cover Ratio	<b><math>DSCR &lt; 1,3</math></b>	1,01
Loan Life Cover Ratio	<b><math>LLCR &gt; 1</math></b>	1,36
Indice di Profitto Azionista	<b>IP</b>	0,01

Figura 9.14 –SCN1: Flussi di cassa del progetto



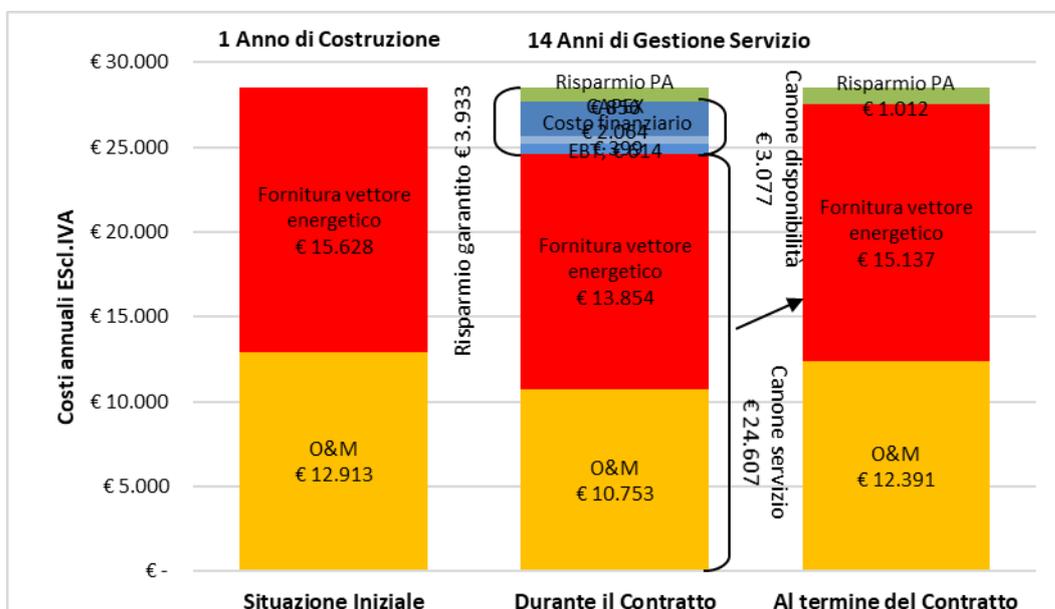
Figura 9.15 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



Dall'analisi condotta è emerso che lo Scenario 1 risulta essere economicamente vantaggioso sia dal punto di vista del progetto che da quello dell'azionista; la ESCO infatti vedrebbe ripagato l'investimento fatto entro i tempi previsti dalla concessione.

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 9.16

Figura 9.16 – Scenario 1: Schema di Energy Performance Contract



### 9.3.2 Scenario 2: EEM1+EEM3+EEM4+EEM5+EEM6

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

- EEM1: Isolamento intradosso con controsoffitto isolato
- EEM3: Sostituzione apparecchi di illuminazione
- EEM4: Sostituzione serramenti

- EEM5: Installazione termovalvole
- EEM6: Ripristino impianto fotovoltaico

Tabella 9.18 - Combinazione di EEM proposta per lo scenario 2

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA AI 22% [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
EEM1 Fornitura & Posa	44.999	9.900	54.899
EEM3 Fornitura & Posa	26.858	5.908,75	32.767
EEM4 Fornitura & Posa	69.680	15.330	85.009
EEM5 Fornitura & Posa	8.887	1.955	10.842
Costi per la sicurezza	4.513	993	5.506
Costi per la progettazione	10.681	2.350	13.030
<b>TOTALE (I<sub>0</sub>)</b>	<b>165.617</b>	<b>36.436</b>	<b>202.053</b>
VOCE MANUTENZIONE	C <sub>MO</sub> (IVA INCLUSA) [€]	C <sub>MS</sub> (IVA INCLUSA) [€]	C <sub>M</sub> (IVA INCLUSA) [€]
EEM1 O&M	10.239	2.722	12.961
EEM3 O&M	9.727	2.722	12.449
EEM4 O&M	10.239	2.722	12.961
EEM5 O&M	8.191	2.722	10.913
EEM6 O&M	10.239	2.722	12.961
<b>TOTALE (C<sub>M</sub>)</b>	<b>7.679,5</b>	<b>2.721,8</b>	<b>10.401,3</b>
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]	
Incentivi	[Conto termico]	<b>70.132</b>	
Durata incentivi		<b>5</b>	
Incentivo annuo		<b>14.026</b>	

Lo scenario previsto consente di accedere alla forma incentivante aggiuntiva per la sostituzione dei serramenti; infatti la sostituzione delle chiusure trasparenti contestualmente all'installazione di termovalvole consente la richiesta dell'incentivo "Conto Termico".

Il contributo aggiuntivo dato dall'incentivo "Conto Termico" per i serramenti è stato calcolato considerando la seguente relazione:

$$I_{tot} = \%_{spesa} \cdot C \cdot S_{int}$$

Dove si si è indicato con:

- I<sub>tot</sub>: incentivo totale dell'intervento cumulato per l'intera durata, che verrà ripartito e corrisposto in 5 rate annuali costanti, oppure, in un'unica soluzione per gli aventi diritto (le PAe le ESCo che operano per loro conto, ad esclusione delle Cooperative di abitanti e delle Cooperative sociali).
- I<sub>max</sub>: valore massimo raggiungibile dall'incentivo totale (tabella 5 del Decreto)
- %<sub>spesa</sub>: percentuale incentivata della spesa totale sostenuta per l'intervento (tabella 5 del Decreto)
- S<sub>int</sub>: superficie<sup>12</sup> oggetto dell'intervento (m<sup>2</sup>) – pari a circa **300mq**

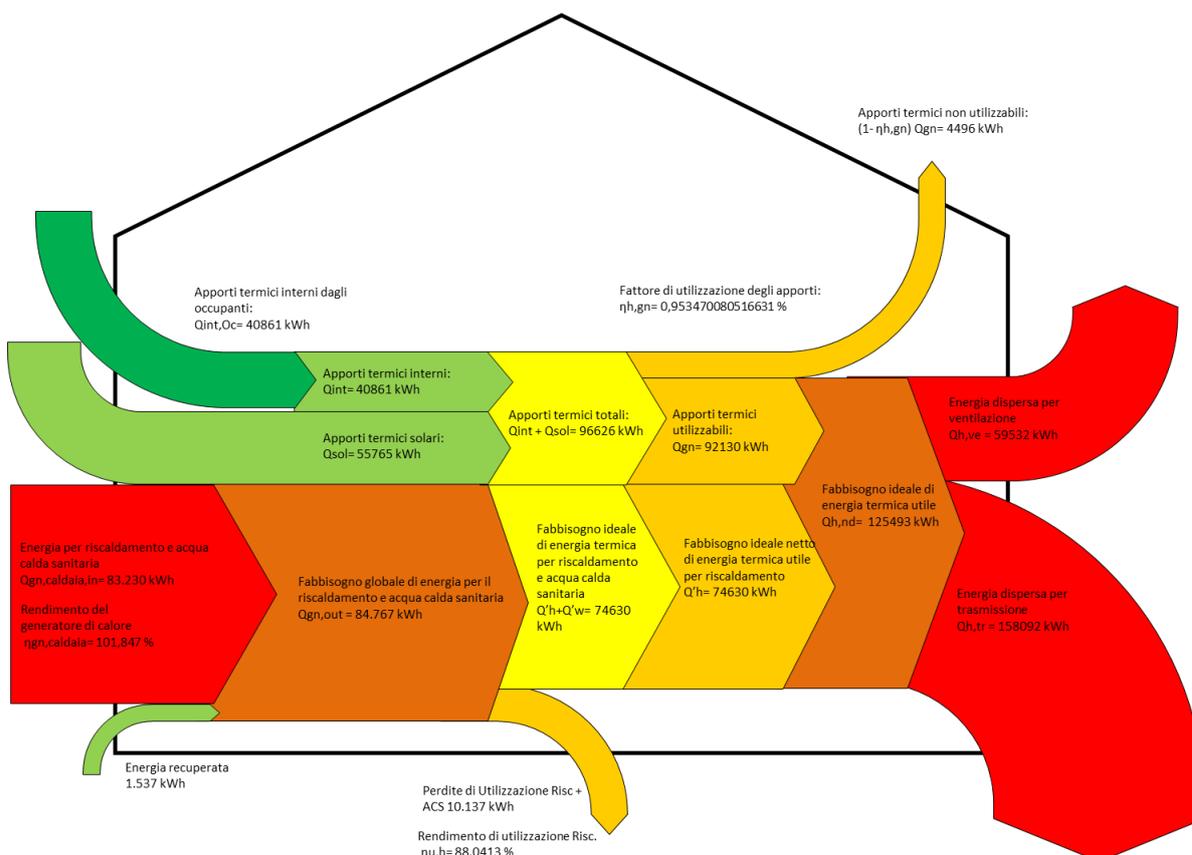
## E1038 – Scuola Secondaria di primo grado A. Volta

- $C = \frac{\text{spesa sostenuta in } \text{€}}{\text{superficie oggetto di intervento}}$  costo specifico sostenuto – pari a **93.510€**
- $C_{max}$  è il valore massimo di C ed è definito dalla tabella 5 del Decreto.

[Tabella 5 – Allegato II - DM 16.02.16]			
Tipologia di intervento	Percentuale incentivata della spesa ammissibile (%spesa)	Costo massimo ( $C_{max}$ )	Valore massimo dell'incentivo $I_{max}$ [€]
Sostituzione di chiusure trasparenti, comprensive di infissi, se installate congiuntamente a sistemi di termoregolazione o valvole termostatiche ovvero in presenza di detti sistemi al momento dell'intervento	40 (**)	350 €/m <sup>2</sup> per le zone climatiche A, B, C	75.000
	40 (**)	450 €/m <sup>2</sup> per le zone climatiche D, E, F	100.000

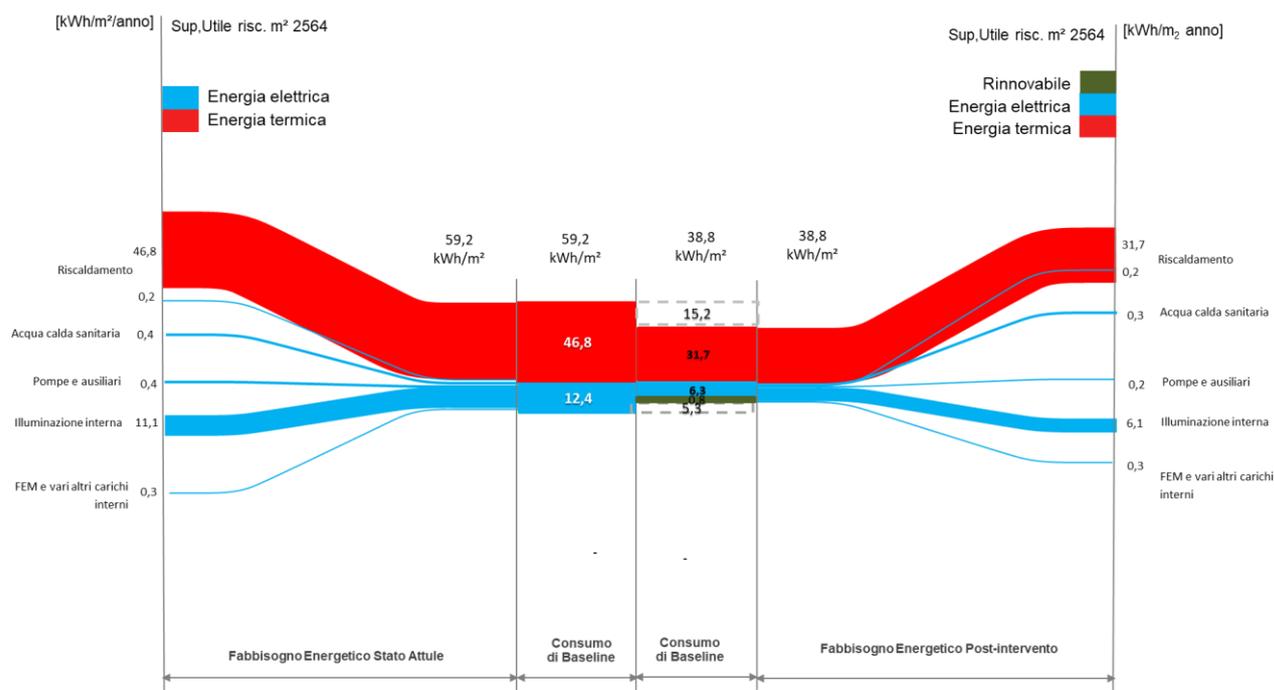
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare I risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di sankey relativo alle situazioni post-intervento.

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



Dall'analisi dei diagrammi di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio post intervento è possibile notare che a seguito degli interventi previsti si è ridotto il contributo di trasmissione esterna ed aumentato il rendimento di utilizzazione con la conseguente diminuzione del fabbisogno globale di energia per il riscaldamento.

Figura 9.18 – SCN2: Bilancio energetico complessivo dell'edificio post intervento



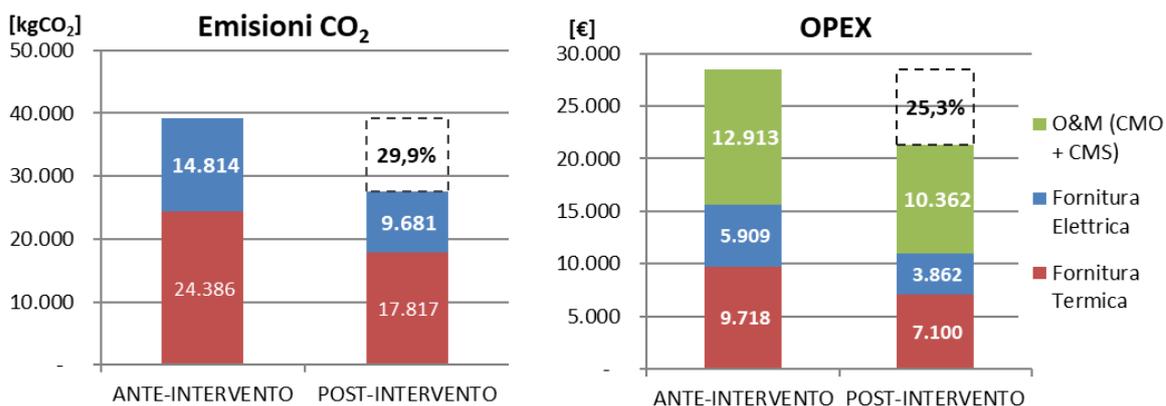
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella Tabella 9.19 e nella Figura 9.19

Tabella 9.19 – Risultati analisi SCN2

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM1 [Trasmittanza soffitto]	[W/m²K]	1,5	0,2	<b>86,7%</b>
EEM3 [Potenza]	[W]	116	48	<b>58,6%</b>
EM4 [Trasmittanza serramenti]	[W/m²K]	4	1,2	<b>86,7%</b>
EEM5 [Rendimento di regolazione]	[%]	96	99	<b>-3,1%</b>
EEM6 [Potenza impianto]	[kW]	0	1,6	
$Q_{teorico}$	[kWh]	125.016	91.336	26,9%
$EE_{teorico}$	[kWh]	32.677	21.356	34,6%
$Q_{baseline}$	[kWh]	120.725	88.201	26,9%
$EE_{baseline}$	[kWh]	31.721	20.731	34,6%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	24.386	17.817	26,9%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	14.814	9.681	34,6%
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>39.200</b>	<b>27.498</b>	<b>29,9%</b>
Fornitura Termica, $C_Q$	[€]	9.718	7.100	26,9%
Fornitura Elettrica, $C_{EE}$	[€]	5.909	3.862	34,6%
<b>Fornitura Energia, <math>C_e</math></b>	<b>[€]</b>	<b>15.628</b>	<b>10.962</b>	<b>29,9%</b>

## E1038 – Scuola Secondaria di primo grado A. Volta

$C_{MO}$	[€]	10.201	7.651	25,0%
$C_{MS}$	[€]	2.712	2.712	0,0%
O&M ( $C_{MO} + C_{MS}$ )	[€]	12.913	10.362	19,8%
OPEX	[€]	28.540	21.324	25,3%
Classe energetica	[-]	E	C	+1 CLASSE

 Figura 9.19 – SCN2: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO<sub>2</sub> a partire dalla baseline


E' stato quindi possibile presentare un modello semplificato di Piano Economico Finanziario (PEF) indicativo, i cui calcoli di dettaglio sono riportati all'Allegato L – Piano Economico Finanziario scenari. I risultati dell'analisi sono riportati nella Tabella 9.20, Tabella 9.21 e Tabella 9.22.

Tabella 9.20 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN2

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	$n_i$	1
Anni Gestione Servizio	$n_s$	24
Anni Concessione	$n$	25
Anno inizio Concessione	$n_0$	2020
Anni dell'ammortamento	$n_A$	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	$k_{CdP}$	0,02
Costo Capitale Azienda	<b>WACC</b>	0,04
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CdP})$	$k_{progetto}$	0,04
Inflazione ISTAT	$f$	0,005
deriva dell'inflazione	$f'$	0,007
%, interessi debito	$k_D$	0,038
%, interessi equity	$k_E$	0,09
Aliquota IRES	<b>IRES</b>	0,24
Aliquota IRAP	<b>IRAP</b>	0,039
Aliquota fiscale	$\tau$	0,279
Anni debito (finanziamento)	$n_D$	15
Anni Equity	$n_E$	24
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	$I_0$	202.053
Oneri Finanziari (costi indiretti)	<b>%Of</b>	0,03
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	<b>Of</b>	6.062
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	<b>CAPEX</b>	208.114
%CAPEX a Debito	<b>D</b>	0,8
%CAPEX a Equity	<b>E</b>	0,2



Debito	$I_D$	166.492
Equity	$I_E$	41.623
Fattore di annualità Debito	$FA_D$	11
Rata annua debito	$q_D$	14.596
Costo finanziamento, $(D+INT_D)$	$q_D * n_D$	218.941
Costi per interessi debito, $INT_D$	$INT_D = q_D * n_D - D$	52.450

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

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	$C_{E0}$	15.628
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	$C_{M0}$	12.913
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	28.540
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	$C_{Altro}$	0,0
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$	35%
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$	20%
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$	5%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	5.611
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	1.427
Risparmio PA durante la concessione	14%	146.838
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	10.751
N° di Canoni annuali	anni	24
Utile lordo della ESCO	$\% CAPEX$	-26%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	$C_{ESCO}$	-2.233
Costi FTT €/anno IVA escl.	$C_{FTT}$	2.185
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	$C_{CAPEX}$	4.231
Canone O&M €/anno	$CnM$	11.029
Canone Energia €/anno	$CnE$	11.901
Canone Servizi €/anno IVA escl.	$CnS$	22.929
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	$CnD$	4.184
Canone Totale €/anno IVA escl.	$Cn$	27.113
Aliquota IVA %	IVA	0,22
Rimborso erariale IVA	$R_{IVA}$	36.436
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	$R_B$	70.132
Durata Incentivi, anni	$n_B$	5
Inizio erogazione Incentivi, anno		2022

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

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, $Spb = I_0 / FC$ , Anni	T.R.S.	25,6
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	86,2
Valore Attuale Netto, $VAN = VA - I_0$	$VAN > 0$	-43.700
Tasso interno di rendimento del progetto	$TIR > WACC$	0,00
Indice di Profitto	IP	-0,22
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, $Spb = I_0 / FC$ , Anni	T.R.S.	46
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	123
Valore Attuale Netto, $VAN = VA - I_0$	$VAN > 0$	-27.854



Tasso interno di rendimento dell'azionista	<b>TIR &gt; ke</b>	-0,14
Debit Service Cover Ratio	<b>DSCR &lt; 1,3</b>	0,87
Loan Life Cover Ratio	<b>LLCR &gt; 1</b>	0,54
Indice di Profitto Azionista	<b>IP</b>	-0,14

Figura 9.20 –SCN2: Flussi di cassa del progetto

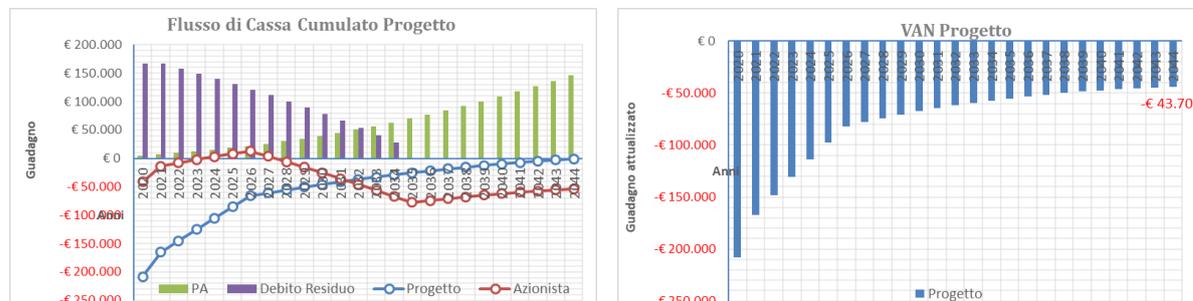


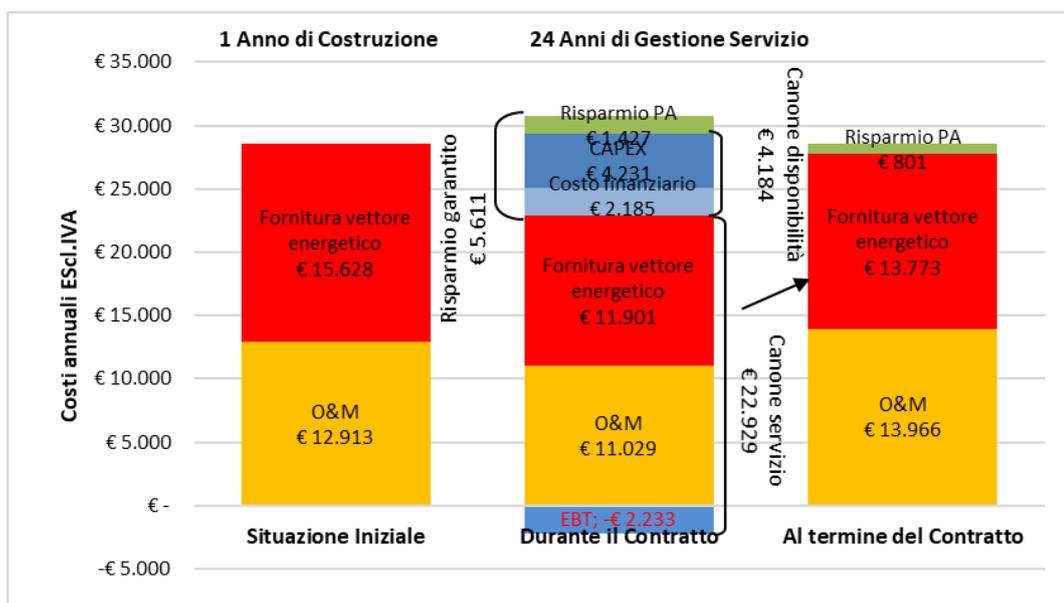
Figura 9.21 – SCN2: Flussi di cassa dell'azionista



Dall’analisi condotta è emerso che lo Scenario 2 non risulta essere economicamente vantaggioso né dal punto di vista del progetto che da quello dell’azionista; la ESCO infatti non vedrebbe ripagato l’investimento fatto entro i tempi previsti dalla concessione.

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 9.22

Figura 9.22 – Scenario 2: Schema di Energy Performance Contract



## **10 CONCLUSIONI**

### **10.1 RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA**

Dalle analisi e dai sopralluoghi effettuati presso la Scuola Secondaria di primo grado A. Volta è risultato che l'edificio, grazie ai recenti interventi di ristrutturazione impiantistica, presenta buoni livelli di performance energetica.

La sostituzione della vecchia caldaia a gasolio con una a condensazione ha permesso di contenere i consumi di combustibile.

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

Gli interventi di efficientamento previsti per la struttura interessano l'involucro, l'impianto di illuminazione e l'impianto di climatizzazione, in particolare per quanto riguarda il sottosistema di regolazione.

Tuttavia entrambi gli scenari di intervento proposti, a causa dei costi elevati di realizzazione a fronte di limitati saving energetici, non consentono un rientro degli interventi in tempi conformi alle richieste della committenza.

### **10.3 CONCLUSIONI E COMMENTI**

La scuola è risultata essere, dal punto di vista impiantistico, in un buono stato manutentivo con componenti caratterizzati da buoni rendimenti; per quanto concerne l'involucro gli standard prestazionali sono decisamente inferiori, con elementi obsoleti e con bassi livelli di isolamento termico.

L'involucro opaco dell'edificio è caratterizzato da elementi sprovvisti di isolamento termico ed inoltre, al quarto e ultimo piano, il solaio (che è anche la copertura del fabbricato) presenta delle fessurazioni dovute a campionamenti fatti negli anni scorsi e mai ripristinate. La maggior parte dei serramenti presenti risale agli anni '70 (periodo di realizzazione dell'edificio) ed è del tipo a vetro singolo e telaio in legno tenero.

Tutti questi fattori fanno sì che l'edificio sia particolarmente disperdente e che un ulteriore efficientamento del fabbricato non può prescindere dalla coibentazione dei suoi elementi; questa tipologia di intervento richiede tuttavia elevati importi, spesso non conciliabili con i tempi di ritorno attesi dalla Committenza.

## ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA

	Titolo	Data	Nome file
Planimetrie Involucro	TAVOLA DI INQUADRAMENTO	26/11/2017	E1038.dwg
Planimetrie Involucro	TAVOLA PIANI	26/11/2017	E01038S.dwg
Planimetrie Involucro	TAVOLA PIANO PRIMO EDIFICIO SCOLASTICO/SOCIALE	26/11/2017	PIAN1.dwg
Planimetrie Involucro	TAVOLA PIANO SOTTO STRADA EDIFICIO SCOLASTICO/SOCIALE	26/11/2017	PIAN1SS.dwg
Planimetrie Involucro	TAVOLA PIANO SECONDO EDIFICIO SCOLASTICO/SOCIALE	26/11/2017	PIAN2.dwg
Planimetrie Involucro	TAVOLA PIANO TERZO EDIFICIO SCOLASTICO/SOCIALE	26/11/2017	PIAN3.dwg
Planimetrie Involucro	TAVOLA PIANO QUARTO EDIFICIO SCOLASTICO/SOCIALE	26/11/2017	PIAN4.dwg
Planimetrie Involucro	TAVOLA PIANO COPERTURA EDIFICIO SCOLASTICO/SOCIALE	26/11/2017	PIANC.dwg
Planimetrie Involucro	TAVOLA PIANO TERRA EDIFICIO SCOLASTICO / SOCIALE	26/11/2017	PIANT.dwg
Planimetrie Involucro	TAVOLA U.I.U. CIVILE	26/11/2017	UIU002.dwg
Planimetrie Termici	CENSIMENTO – CENTRALE TERMICA	26/11/2017	084-S01-001-CENTRALE TERMICA.dwg
Planimetrie Termici	CENSIMENTO – PIANO 00	26/11/2017	L1-042-084-P00.dwg
Planimetrie Termici	CENSIMENTO – PIANO 01	26/11/2017	L1-042-084-P01.dwg
Planimetrie Termici	CENSIMENTO – PIANO 02	26/11/2017	L1-042-084-P02.dwg
Planimetrie Termici	CENSIMENTO – PIANO 03	26/11/2017	L1-042-084-P03.dwg
Planimetrie Termici	CENSIMENTO – PIANO 04	26/11/2017	L1-042-084-P04.dwg
Planimetrie Termici	CENSIMENTO – PIANO SOTTO STRADA	26/11/2017	L1-042-084-S01.dwg
Checklist Termici	L1-042-084-P00-Checklist	26/11/2017	L1-042-084-P00-Checklist.xlsx
Checklist Termici	L1-042-084-P01-Checklist	26/11/2017	L1-042-084-P01-Checklist.xlsx
Checklist Termici	L1-042-084-P02-Checklist	26/11/2017	L1-042-084-P02-Checklist.xlsx
Checklist Termici	L1-042-084-P03-Checklist	26/11/2017	L1-042-084-P03-Checklist.xlsx
Checklist Termici	L1-042-084-P04-Checklist	26/11/2017	L1-042-084-P04-Checklist.xlsx
Checklist Termici	L1-042-084-PS01-Checklist	26/11/2017	L1-042-084-PS01-Checklist.xlsx
Bollette GAS	PDR:03270034407387 Fattura dal 31/03/2014 al 30/06/2014	08/11/2017	20141121762
Bollette GAS	PDR:03270034407488 Fattura dal 31/03/2014 al 30/06/2014	08/11/2017	20141121763
Bollette GAS	PDR:03270034407387 Fattura dal 01/01/2015 al 31/03/2015	08/11/2017	20151898
Bollette GAS	PDR:03270034407387 Fattura dal 01/04/2015 al 30/06/2015	08/11/2017	P150007518
Bollette GAS	PDR:03270034407387 Fattura dal 01/07/2015 al 31/07/2015	08/11/2017	P150015576
Bollette GAS	PDR:03270034407387 Fattura dal 01/08/2015 al 31/08/2015	08/11/2017	P150019771
Bollette GAS	PDR:03270034407387 Fattura dal 01/09/2015 al 30/09/2015	08/11/2017	P150032667
Bollette GAS	PDR:03270034407387 Fattura dal 01/10/2015 al 31/10/2015	08/11/2017	P150037967
Bollette GAS	PDR:03270034407387 Fattura dal 01/11/2015 al 30/11/2015	08/11/2017	P150048624
Bollette GAS	PDR:03270034407387 Fattura dal 01/12/2015 al 31/12/2015	08/11/2017	P160003881
Bollette GAS	PDR:03270034407488 Fattura dal 01/01/2015 al 31/03/2015	08/11/2017	20151899
Bollette GAS	PDR:03270034407488 Fattura dal 01/04/2015 al 30/06/2015	08/11/2017	P150007518
Bollette GAS	PDR:03270034407488 Fattura dal 01/07/2015 al 31/07/2015	08/11/2017	P150015576
Bollette GAS	PDR:03270034407488 Fattura dal 01/08/2015 al 31/08/2015	08/11/2017	P150019771
Bollette GAS	PDR:03270034407488 Fattura dal 01/09/2015 al 30/09/2015	08/11/2017	P150032667
Bollette GAS	PDR:03270034407488 Fattura dal 01/10/2015 al 31/10/2015	08/11/2017	P150037967
Bollette GAS	PDR 03270034407488 Fattura dal 01/11/2015 al 30/11/2015	08/11/2017	20151253
Bollette GAS	PDR:03270034407488 Fattura dal 01/11/2015 al 30/11/2015	08/11/2017	P150048624
Bollette GAS	PDR 03270034407488 Fattura dal 01/12/2015 al 31/12/2015	08/11/2017	P160003881
Bollette GAS	PDR:03270034407387 Fattura dal 01/01/2016 al 31/01/2016	08/11/2017	P160012671
Bollette GAS	PDR:03270034407387 Fattura dal 01/02/2016 al 29/02/2016	08/11/2017	P160023980
Bollette GAS	PDR:03270034407387 Fattura dal 01/03/2016 al 31/03/2016	08/11/2017	P160031417
Bollette GAS	PDR:03270034407387 Fattura dal 01/04/2016 al 30/04/2016	08/11/2017	EX15066/2016
Bollette GAS	PDR:03270034407387 Fattura dal 01/04/2016 al 30/04/2016	08/11/2017	P160041242
Bollette GAS	PDR:03270034407387 Fattura dal 01/05/2016 al 31/05/2016	08/11/2017	EX19107/2016
Bollette GAS	PDR:03270034407387 Fattura dal 01/06/2016 al 30/06/2016	08/11/2017	EX22893/2016
Bollette GAS	PDR:03270034407387 Fattura dal 01/07/2016 al 31/07/2016	08/11/2017	EX26900/2016



## E1038 – Scuola Secondaria di primo grado A. Volta

Titolo		Data	Nome file
Bollette GAS	PDR:03270034407387 Fattura dal 01/08/2016 al 31/08/2016	08/11/2017	EX31010/2016
Bollette GAS	PDR:03270034407387 Fattura dal 01/09/2016 al 30/09/2016	08/11/2017	EX33534/2016
Bollette GAS	PDR:03270034407387 Fattura dal 01/10/2016 al 31/10/2016	08/11/2017	EX38844/2016
Bollette GAS	PDR:03270034407387 Fattura dal 01/11/2016 al 30/11/2016	08/11/2017	EX43773/2016
Bollette GAS	PDR:03270034407387 Fattura dal 01/12/2016 al 31/12/2016	08/11/2017	EX03011/2017
Bollette GAS	PDR:03270034407488 Fattura dal 01/01/2016 al 31/01/2016	08/11/2017	P160012671
Bollette GAS	PDR:03270034407488 Fattura dal 01/02/2016 al 29/02/2016	08/11/2017	P160023980
Bollette GAS	PDR:03270034407488 Fattura dal 01/03/2016 al 31/03/2016	08/11/2017	P160031417
Bollette GAS	PDR:03270034407488 Fattura dal 01/04/2016 al 30/04/2016	08/11/2017	EX15066/2016
Bollette GAS	PDR:03270034407488 Fattura dal 01/04/2016 al 30/04/2016	08/11/2017	P160041242
Bollette GAS	PDR:03270034407488 Fattura dal 01/05/2016 al 31/05/2016	08/11/2017	EX19107/2016
Bollette GAS	PDR:03270034407488 Fattura dal 01/06/2016 al 30/06/2016	08/11/2017	EX22893/2016
Bollette GAS	PDR:03270034407488 Fattura dal 01/06/2016 al 30/06/2016	08/11/2017	P160053190
Bollette GAS	PDR:03270034407488 Fattura dal 01/07/2016 al 31/07/2016	08/11/2017	EX26900/2016
Bollette GAS	PDR:03270034407488 Fattura dal 01/08/2016 al 31/08/2016	08/11/2017	EX31010/2016
Bollette GAS	PDR:03270034407488 Fattura dal 01/09/2016 al 30/09/2016	08/11/2017	EX33534/2016
Bollette GAS	PDR:03270034407488 Fattura dal 01/10/2016 al 31/10/2016	08/11/2017	EX38844/2016
Bollette GAS	PDR:03270034407488 Fattura dal 01/11/2016 al 30/11/2016	08/11/2017	EX43773/2016
Bollette GAS	PDR:03270034407488 Fattura dal 01/12/2016 al 31/12/2016	08/11/2017	EX03011/2017
Bollette EE	POD:IT001E00096061 Fattura dal 01/10/2013 al 31/01/2014	08/11/2017	5700065497
Bollette EE	POD:IT001E00096061 Fattura dal 01/01/2014 al 28/02/2014	08/11/2017	5700098222
Bollette EE	POD:IT001E00096061 Fattura dal 01/02/2014 al 31/03/2014	08/11/2017	5700134953
Bollette EE	POD:IT001E00096061 Fattura dal 01/03/2014 al 30/04/2014	08/11/2017	5700176198
Bollette EE	POD:IT001E00096061 Fattura dal 01/04/2014 al 31/05/2014	08/11/2017	5700214976
Bollette EE	POD:IT001E00096061 Fattura dal 01/05/2014 al 30/06/2014	08/11/2017	5700248943
Bollette EE	POD:IT001E00096061 Fattura dal 01/08/2014 al 31/08/2014	08/11/2017	5700291175
Bollette EE	POD:IT001E00096061 Fattura dal 01/08/2014 al 30/09/2014	08/11/2017	5700345592
Bollette EE	POD:IT001E00096061 Fattura dal 01/09/2014 al 30/11/2014	08/11/2017	5700411925
Bollette EE	POD:IT001E00096061 Fattura dal 01/10/2014 al 31/10/2014	08/11/2017	5700373692
Bollette EE	POD:IT001E00096061 Fattura dal 01/11/2014 al 30/11/2014	08/11/2017	5700492869
Bollette EE	POD:IT001E00096061 Fattura dal 01/12/2014 al 31/12/2014	08/11/2017	5700492869
Bollette EE	POD:IT001E00096061 Fattura dal 01/01/2015 al 31/01/2015	08/11/2017	5700492869
Bollette EE	POD:IT001E00096061 Fattura dal 01/01/2015 al 31/01/2015	08/11/2017	5700544104
Bollette EE	POD:IT001E00096061 Fattura dal 01/02/2015 al 28/02/2015	08/11/2017	5750082199
Bollette EE	POD:IT001E00096061 Fattura dal 01/02/2015 al 28/02/2015	08/11/2017	5700544104
Bollette EE	POD:IT001E00096061 Fattura dal 01/03/2015 al 31/03/2015	08/11/2017	5750082199
Bollette EE	POD:IT001E00096061 Fattura dal 01/04/2015 al 30/04/2015	08/11/2017	E000140845
Bollette EE	POD:IT001E00096061 Fattura dal 01/04/2015 al 30/04/2015	08/11/2017	E000163930
Bollette EE	POD:IT001E00096061 Fattura dal 01/05/2015 al 31/05/2015	08/11/2017	E000175673
Bollette EE	POD:IT001E00096061 Fattura dal 01/05/2015 al 31/05/2015	08/11/2017	E000337523
Bollette EE	POD:IT001E00096061 Fattura dal 01/05/2015 al 31/05/2015	08/11/2017	E000163930
Bollette EE	POD:IT001E00096061 Fattura dal 01/06/2015 al 30/06/2015	08/11/2017	E000234066
Bollette EE	POD:IT001E00096061 Fattura dal 01/06/2015 al 30/06/2015	08/11/2017	E000281521
Bollette EE	POD:IT001E00096061 Fattura dal 01/06/2015 al 30/06/2015	08/11/2017	E000163930
Bollette EE	POD:IT001E00096061 Fattura dal 01/07/2015 al 31/07/2015	08/11/2017	E000386677
Bollette EE	POD:IT001E00096061 Fattura dal 01/07/2015 al 31/07/2015	08/11/2017	E000281521
Bollette EE	POD:IT001E00096061 Fattura dal 01/07/2015 al 31/07/2015	08/11/2017	E000337523
Bollette EE	POD:IT001E00096061 Fattura dal 01/07/2015 al 31/07/2015	08/11/2017	E000163930
Bollette EE	POD:IT001E00096061 Fattura dal 01/08/2015 al 31/08/2015	08/11/2017	E000386677
Bollette EE	POD:IT001E00096061 Fattura dal 01/08/2015 al 31/08/2015	08/11/2017	E000337523
Bollette EE	POD:IT001E00096061 Fattura dal 01/08/2015 al 31/08/2015	08/11/2017	E000163930
Bollette EE	POD:IT001E00096061 Fattura dal 01/09/2015 al 30/09/2015	08/11/2017	E000386677
Bollette EE	POD:IT001E00096061 Fattura dal 01/09/2015 al 30/09/2015	08/11/2017	E000163930
Bollette EE	POD:IT001E00096061 Fattura dal 01/10/2015 al 31/10/2015	08/11/2017	E000432864
Bollette EE	POD:IT001E00096061 Fattura dal 01/10/2015 al 31/10/2015	08/11/2017	E000483583



## E1038 – Scuola Secondaria di primo grado A. Volta

Titolo		Data	Nome file
Bollette EE	POD:IT001E00096061 Fattura dal 01/10/2015 al 31/10/2015	08/11/2017	E000018558
Bollette EE	POD:IT001E00096061 Fattura dal 01/10/2015 al 31/10/2015	08/11/2017	E000163930
Bollette EE	POD:IT001E00096061 Fattura dal 01/11/2015 al 30/11/2015	08/11/2017	E000483583
Bollette EE	POD:IT001E00096061 Fattura dal 01/11/2015 al 30/11/2015	08/11/2017	E000018558
Bollette EE	POD:IT001E00096061 Fattura dal 01/11/2015 al 30/11/2015	08/11/2017	E000084137
Bollette EE	POD:IT001E00096061 Fattura dal 01/11/2015 al 30/11/2015	08/11/2017	E000163930
Bollette EE	POD:IT001E00096061 Fattura dal 01/12/2015 al 31/12/2015	08/11/2017	E000018558
Bollette EE	POD:IT001E00096061 Fattura dal 01/12/2015 al 31/12/2015	08/11/2017	E000084137
Bollette EE	POD:IT001E00096061 Fattura dal 01/12/2015 al 31/12/2015	08/11/2017	E000163930
Bollette EE	POD:IT001E00096061 Fattura dal 01/12/2015 al 31/12/2015	08/11/2017	E000310246
Bollette EE	POD:IT001E00096061 Fattura dal 01/12/2015 al 31/01/2016	08/11/2017	E000150591
Bollette EE	POD:IT001E00096061 Fattura dal 01/01/2016 al 31/01/2016	08/11/2017	E000084138
Bollette EE	POD:IT001E00096061 Fattura dal 01/01/2016 al 31/01/2016	08/11/2017	E000194174
Bollette EE	POD:IT001E00096061 Fattura dal 01/01/2016 al 31/01/2016	08/11/2017	E000334605
Bollette EE	POD:IT001E00096061 Fattura dal 01/02/2016 al 21/02/2016	08/11/2017	E000238238
Bollette EE	POD:IT001E00096061 Fattura dal 01/02/2016 al 21/02/2016	08/11/2017	E000334605
Bollette EE	POD:IT001E00096061 Fattura dal 01/02/2016 al 28/02/2016	08/11/2017	E000150591
Bollette EE	POD:IT001E00096061 Fattura dal 01/02/2016 al 29/02/2016	08/11/2017	E000194174
Bollette EE	POD:IT001E00096061 Fattura dal 01/03/2016 al 31/03/2016	08/11/2017	E000194174
Bollette EE	POD:IT001E00096061 Fattura dal 01/03/2016 al 31/03/2016	08/11/2017	E000238238
Bollette EE	POD:IT001E00096061 Fattura dal 01/03/2016 al 31/03/2016	08/11/2017	E000278555
Bollette EE	POD:IT001E00096061 Fattura dal 01/03/2016 al 31/03/2016	08/11/2017	E000334605
Bollette EE	POD:IT001E00096061 Fattura dal 01/04/2016 al 30/04/2016	08/11/2017	011640025275
Bollette EE	POD:IT001E00096061 Fattura dal 01/04/2016 al 30/09/2016	08/11/2017	011640087941
Bollette EE	POD:IT001E00096061 Fattura dal 01/05/2016 al 31/05/2016	08/11/2017	011640025275
Bollette EE	POD:IT001E00096061 Fattura dal 01/06/2016 al 30/06/2016	08/11/2017	011640048519
Bollette EE	POD:IT001E00096061 Fattura dal 01/07/2016 al 31/07/2016	08/11/2017	011640060830
Bollette EE	POD:IT001E00096061 Fattura dal 01/08/2016 al 31/08/2016	08/11/2017	011640074903
Bollette EE	POD:IT001E00096061 Fattura dal 01/08/2016 al 30/11/2016	08/11/2017	011640126636
Bollette EE	POD:IT001E00096061 Fattura dal 01/10/2016 al 28/02/2017	08/11/2017	011740042570
Bollette EE	POD:IT001E00096061 Fattura dal 01/10/2016 al 31/10/2016	08/11/2017	011640100078
Bollette EE	POD:IT001E00096061 Fattura dal 01/12/2016 al 31/12/2016	08/11/2017	011740001581

**ALLEGATO B – ELABORATI**

Titolo	Data	Nome file
Fotografie da sopralluogo	05/2018	ALLEGATO B_Lotto.6 – E1038_Foto da 1 a 18
Visura catastale	05/2018	ALLEGATO B_Lotto.6 – E1038_Visura 1

**ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA**

Titolo	Data	Nome file
Report di indagine termografica	05/2018	ALLEGATO C_Lotto.6 – E1038

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

Titolo	Data	Nome file
Report relativi ad altre prove diagnostiche strumentali	05/2018	ALLEGATO D_Lotto.6 – E1038

## ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI

Titolo	Data	Nome file
Relazione di dettaglio dei calcoli	05/2018	ALLEGATO E_Lotto.6 – E1038

## ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

Titolo	Data	Nome file
Certificato CTI software	05/2018	ALLEGATO F_Lotto.6 – E1038

## ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

Titolo	Data	Nome file
Attestato di prestazione energetica	05/2018	ALLEGATO G_Lotto.6 – E1038

## ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

Titolo	Data	Nome file
Bozza di APE scenari	05/2018	ALLEGATO H_Lotto.6 – E1038

## ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

Titolo	Data	Nome file
Dati climatici	05/2018	GG_Lotto6-E1038

## ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

Titolo	Data	Nome file
Schede di audit	05/2018	Lotto.6-E1038_Schede-Audit

## ALLEGATO K – SCHEDE ORE

Titolo	Data	Nome file
Schede ORE	05/2018	ALLEGATO K_Lotto.6 – E1038

## ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI

Titolo	Data	Nome file
Piano economico finanziario scenari	05/2018	Lotto.6-E1038_analisi-PEF

## ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

Titolo	Data	Nome file
Report di benchmark	05/2018	ALLEGATO M_Lotto.6 – E1038

**ALLEGATO N – CD-ROM**

