

# Asilo Nido Fata Morgana - Scuola elementare N.Sauro E168

Via Medaglie d'Oro di Lunga Navigazione 2, Genova

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA

FONDO KYOTO - SCUOLA 3



Luglio/2018

COMUNE DI GENOVA  
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER



COMUNE DI GENOVA

ATI:



(mandataria)



(mandante)



---

**Asilo Nido Fata Morgana - Scuola elementare N.Sauro  
E168**

**Via Medaglie d'Oro di Lunga Navigazione 2 , 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)

Energynet s.r.l.

Viale Muratori 201 – 41124 – Modena

Tel 059 211085 – [info@energynet.it](mailto:info@energynet.it)

More Energy s.r.l.

Via Ragazzi del '99 39 – 42124 - Reggio Emilia

Tel. 0522 516610 – [info@more-energy.it](mailto:info@more-energy.it)

## REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI

<b>Revisione</b>	<b>Data</b>	<b>Realizzazione</b>	<b>Revisione</b>	<b>Approvazione</b>	<b>Descrizione</b>
B	25/07/2018	Ventureli Simone	Irene Paradisi	Savero Magni	Aggiornamenti in seguito alle indicazioni fornite dalla PA
		Ornella Restani			
		Guerra Michela	Luigi Guerra		

---

## INDICE

## PAGINA

<b>EXECUTIVE SUMMARY .....</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>8</b>
2.1 INFORMAZIONI SUL SITO .....	8
2.2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE, SOCIO-ECONOMICO E DESTINAZIONE D'USO .....	8
2.3 VERIFICA DEI VINCOLI INTERFERENTI SULLE PARTI DELL'IMMOBILE INTERESSATE DAGLI 'INTERVENTI.....	9
2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO.....	10
<b>3 DATI CLIMATICI .....</b>	<b>12</b>
3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO.....	12
3.2 DATI CLIMATICI REALI.....	13
3.3 ANALISI DELL'ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO .....	13
<b>4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI .....</b>	<b>15</b>
4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO .....	15
4.1.1 <i>Involucro opaco</i> .....	15
4.1.2 <i>Involucro trasparente</i> .....	16
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> .....	19
<b>LE CARATTERISTICHE DEI SISTEMI DI GENERAZIONE SONO RIPORTATE NELLA TABELLA 4.7. ....</b>	<b>19</b>
4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA .....	20
4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO/CLIMATIZZAZIONE ESTIVA .....	20
4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA .....	21
4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE .....	21
4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE .....	22
4.8 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DI IMPIANTI DI PRODUZIONE ENERGIA ELETTRICA O COGENERAZIONE .....	22
<b>5 CONSUMI RILEVATI .....</b>	<b>24</b>
5.1.1 <i>Energia termica</i> .....	24
5.1.2 <i>Energia elettrica</i> .....	27
5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI .....	30
<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.....	37
6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI.....	39
<b>7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO .....</b>	<b>42</b>
7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI .....	42
7.1.1 <i>Vettore termico</i> .....	42
7.1.2 <i>Vettore elettrico</i> .....	43

7.2	TARIFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI.....	46
7.3	COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI.....	47
7.4	BASELINE DEI COSTI.....	48
<b>8</b>	<b>IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA .....</b>	<b>49</b>
8.1	DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI .....	49
8.1.1	<i>Involucro edilizio</i> .....	49
8.1.2	<i>Impianto riscaldamento</i> .....	55
8.1.3	<i>Impianto di illuminazione</i> .....	58
<b>9</b>	<b>VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA.....</b>	<b>60</b>
9.1	ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	60
9.2	ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	64
9.3	IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D'INTERVENTO E SCENARI D'INVESTIMENTO .....	73
9.3.1	<i>Scenario 1 SCN1 (Soluzione ottimale a 15 anni):</i> .....	75
9.3.2	<i>Scenario 2 SCN2 (Soluzione ottimale a 25 anni):</i> .....	81
<b>10</b>	<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>86</b>
10.1	RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA .....	86
10.2	RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI .....	86
10.3	CONCLUSIONI E COMMENTI.....	86
	<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		1970
Anno di ristrutturazione		n/d
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E.7 Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli
Superficie utile riscaldata	[m <sup>2</sup> ]	1.263
Superficie disperdente (S)	[m <sup>2</sup> ]	3.142
Volume lordo riscaldato (V)	[m <sup>3</sup> ]	5.878
Rapporto S/V	[1/m]	0.531
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m <sup>2</sup> ]	1.510
Superficie lorda aree esterne	[m <sup>2</sup> ]	364
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m <sup>2</sup> ]	1.874
Tipologia generatore riscaldamento		Caldaia tradizionale
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	243
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	16.2
Tipo di combustibile		Gas Naturale
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler Elettrici
Emissioni CO2 di riferimento <sup>(1)</sup>	[t/anno]	48.54
Consumo di riferimento Gas Metano <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>th</sub> /anno]	182.336
Spesa annuale Gas Metano <sup>(1)</sup>	[€/anno]	16.298
Consumo di riferimento energia elettrica <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>el</sub> /anno]	25.813
Spesa annuale energia elettrica <sup>(1)</sup>	[€/anno]	5.181

Nota (1): Valori di Baseline

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

- EEM 1: Isolamento pareti verticali con cappotto esterno
- EEM 2: Isolamento copertura piana dall'interno con pannelli
- EEM 3: Isolamento pavimentazione con pannelli isolanti incollati sul lato inferiore del solaio.
- EEM 4: Sostituzione del serramento comprensiva di telaio e vetro.
- EEM 5: Installazione di valvole termostatiche complete di collegamenti su radiatori e termo-arredi
- EEM 6: Installazione caldaia a condensazione
- EEM 7: Installazione lampade a LED a basso consumo
- SCN 2 (25 anni): EEM1 + EEM5 + EEM6
- SCN 1 (15 anni): EEM2 + EEM3 + EEM5 + EEM6

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

CON INCENTIVI

	% $\Delta E$	% $\Delta CO_2$	$\Delta C_E$	$\Delta C_{MO}$	$\Delta C_{MS}$	$I_0$	TRS	TRA	VAN	TIR	IP	DSCR	LLCR
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]	[-]	[-]
EEM 1	17,64%	15,04%	3255,17	450,26	119,69	103.322,15	13,84	21,76	11.744,4	5,59%	0,11	-	-
EEM 2	6,45%	6,45%	1385,83	450,26	119,69	13.603,78	3,87	4,72	24.392,5	21,48%	1,79	-	-
EEM 3	8,41%	7,22%	1562,16	450,26	119,69	15.049,53	3,90	4,75	26.558,2	21,24%	1,76	-	-
EEM 4	12,88%	11,36%	2454,14	450,26	119,69	229.060,78	37,06	47,56	87.121,7	-2,37%	0,38	-	-
EEM 5	19,16%	16,57%	3583,35	450,26	119,69	10.827,62	2,70	2,92	40.034,2	35,11%	3,70	-	-
EEM 6	10,43%	9,15%	1977,11	450,26	119,69	58.179,80	15,97	22,91	7.603,7	1,76%	0,13	-	-
EEM 7	1,77%	3,52%	740,59	450,26	119,69	13.806,13	10,45	13,85	8.528,1	8,86%	0,62	-	-
SCN1	73,57%	23,05%	4982,19	450,26	119,69	90.619,60	10,34	14,99	16,89	4,00%	0,0002	1,115	1,232
SCN2	68,97%	27,03%	5844,12	450,26	119,69	165.288,80	12,57	23,27	1526,51	4,19%	0,01	1,080	2,114

Figura 0.1 – Scenario 1: analisi finanziaria

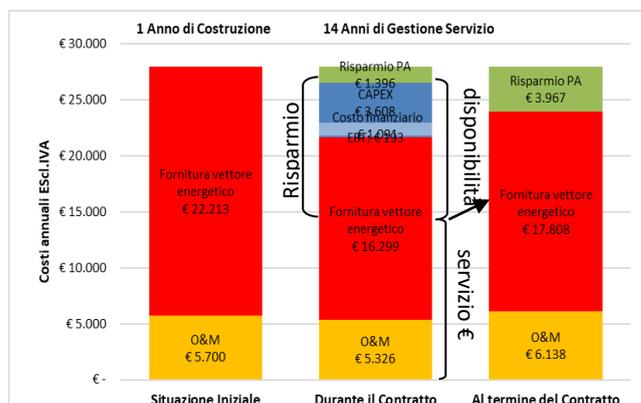
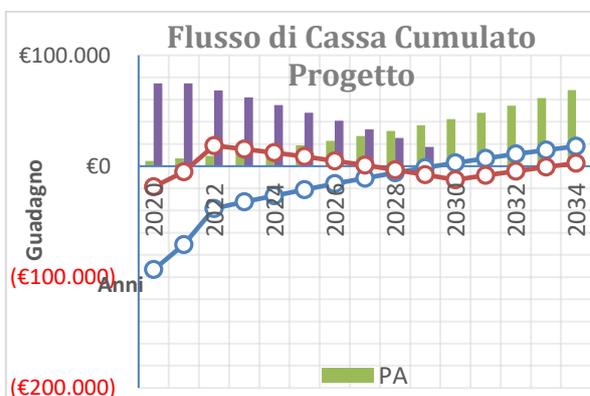
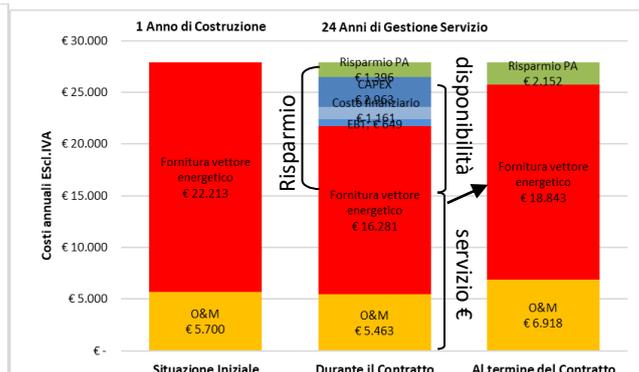
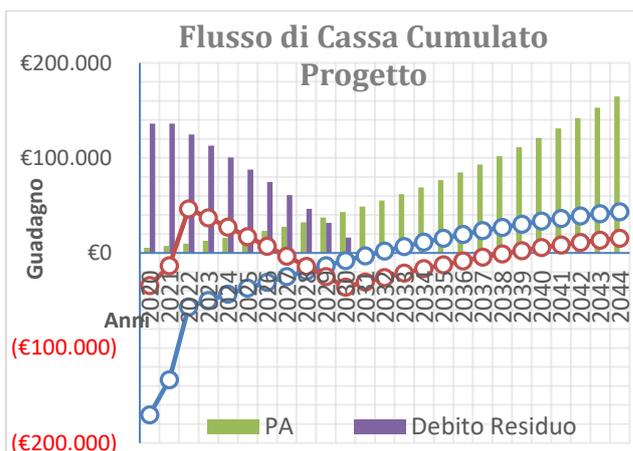


Figura 0.2 – Scenario 2: analisi finanziaria



## 1 INTRODUZIONE

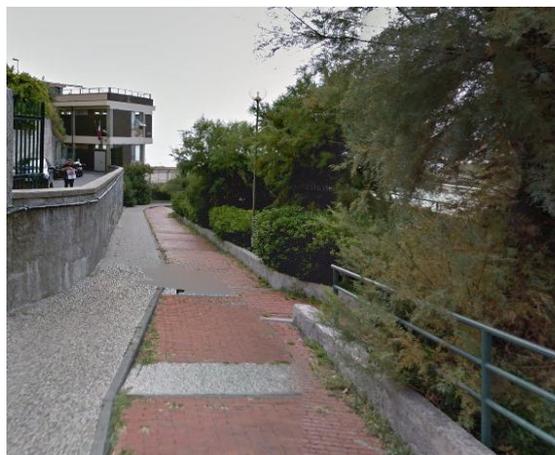
### 1.1 PREMESSA

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

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

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

Figura 1.1 - Vista della facciata di ingresso , lato Ovest



### 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 More Energy s.r.l., parte di ATI costituita da Energynet s.r.l. e More Energy s.r.l. Il responsabile per il processo di audit dell'ATI è l'ing. Saverio Magni, 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

[Compilare la tabella con i nominativi di tutti i soggetti coinvolti nella realizzazione del processo di audit specificando la relativa attività svolta]

NOME E COGNOME	RUOLO	ATTIVITÀ SVOLTA
Guerra Luigi Venturelli Simone		Sopralluogo in sito
Venturelli Simone		Elaborazione dei dati relativi ai consumi energetici
Venturelli Simone		Elaborazione dei dati geometrici ed alla creazione del modello energetico
Irene Paradisi	Responsabile involucro	Revisione report di diagnosi energetica
Luigi Guerra	Responsabile impianti	Revisione report di diagnosi energetica
Saverio Magni	EGE	Approvazione report di diagnosi energetica

## 1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO

L'immobile oggetto della DE, catastalmente individuato al NCEU F. GEB/68 Mapp. 568, è sito nel Comune di Genova.

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

Figura 1.2 – Ubicazione dell'edificio



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

Tabella 1.2 - Tabella riepilogativa dei dati dell'edificio

PARAMENTO	U.M.	VALORE
Anno di costruzione edificio		1970
Anno di ristrutturazione		n/d
Zona climatica		D
E.7 Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli		
Destinazione d'uso		
Superficie utile riscaldata	[m <sup>2</sup> ]	1.263
Superficie disperdente (S)	[m <sup>2</sup> ]	3.142
Volume lordo riscaldato (V)	[m <sup>3</sup> ]	5.878
Rapporto S/V	[1/m]	0,53

Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m <sup>2</sup> ]	1.510
Superficie lorda aree esterne	[m <sup>2</sup> ]	364
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m <sup>2</sup> ]	1.874
Tipologia generatore riscaldamento		Caldaia tradizionale
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	243
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	16,2
Tipo di combustibile		Gas Naturale
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler Elettrici
Emissioni CO2 di riferimento <sup>(1)</sup>	[t/anno]	48,54
Consumo di riferimento Gas Metano <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>th</sub> /anno]	180633
Spesa annuale Gas Metano <sup>(1)</sup>	[€/anno]	16.145,75
Consumo di riferimento energia elettrica <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>el</sub> /anno]	25813
Spesa annuale energia elettrica <sup>(1)</sup>	[€/anno]	5.180,85

Nota (1): Valori di Baseline

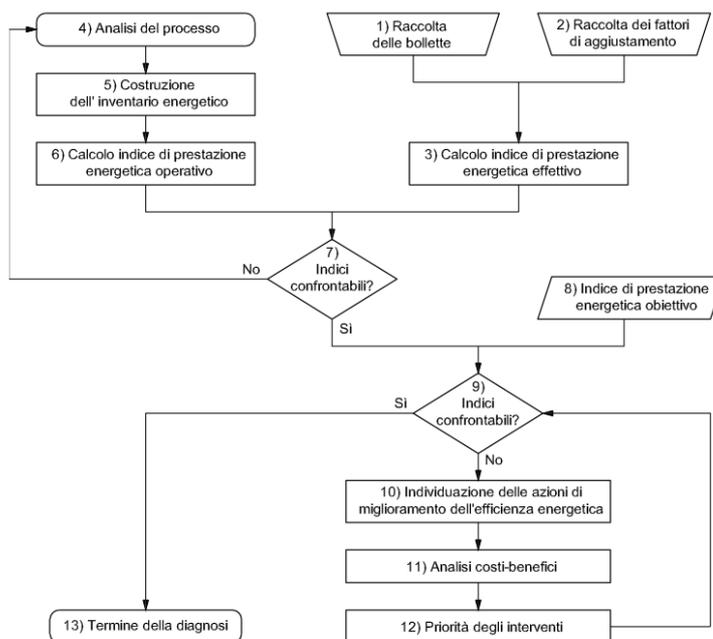
## 1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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

- Acquisizione della documentazione utile, fornita dalla PA, come riportato all' Allegato B – Elaborati;
- Analisi del quadro normativo di riferimento, incluso la verifica dei vincoli ambientali, storici, archeologici e paesaggistici interferenti sull'immobile interessato dall'intervento;
- Visita agli edifici, effettuata in data 22/11/2017 con verifica degli elaborati forniti e rilievo dei dati relativi alle caratteristiche degli elementi disperdenti ed impiantistici costituenti il sistema edificio-impianto;
- Visita alla centrale termica e/o frigorifera, con il supporto del personale incaricato della conduzione e manutenzione degli impianti e rilevamento dei dati utili;
- Preparazione e compilazione delle schede di Audit previste per la diagnosi di livello II di cui all'appendice A delle LGEE - Linee Guida per l'Efficienza Energetica negli Edifici - sett. 2013 - elaborato da AiCARR per Agesi, Assistal, Assopetroli e Assoenergia, e riportate all'Allegato J – Schede di audit;
- Elaborazione del comportamento termico ed elettrico dell'edificio, realizzata utilizzando il software commerciale Edilclima EC 700, vers.8.17.49 in possesso di certificato di conformità rilasciato dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI) CTI n.73 ai sensi del D.lgs. 192/05 e s.m.i. e riportato all'Allegato F – Certificato CTI Software;
- Analisi dei profili annuali di consumi e costi dei servizi energetici reali dell'edificio, comprensivi della fornitura dei vettori energetici sia elettrici che di gas e degli oneri di O&M, relativamente alle annualità 2014-2015-2016;
- Analisi dei dati climatici reali del sito ove è ubicato l'edificio con conseguente calcolo dei Gradi Giorno reali (GG<sub>real</sub>), utilizzando le temperature esterne rilevate dalla stazione meteo dell'Università di Genova e riportati all'Allegato I – Dati climatici;

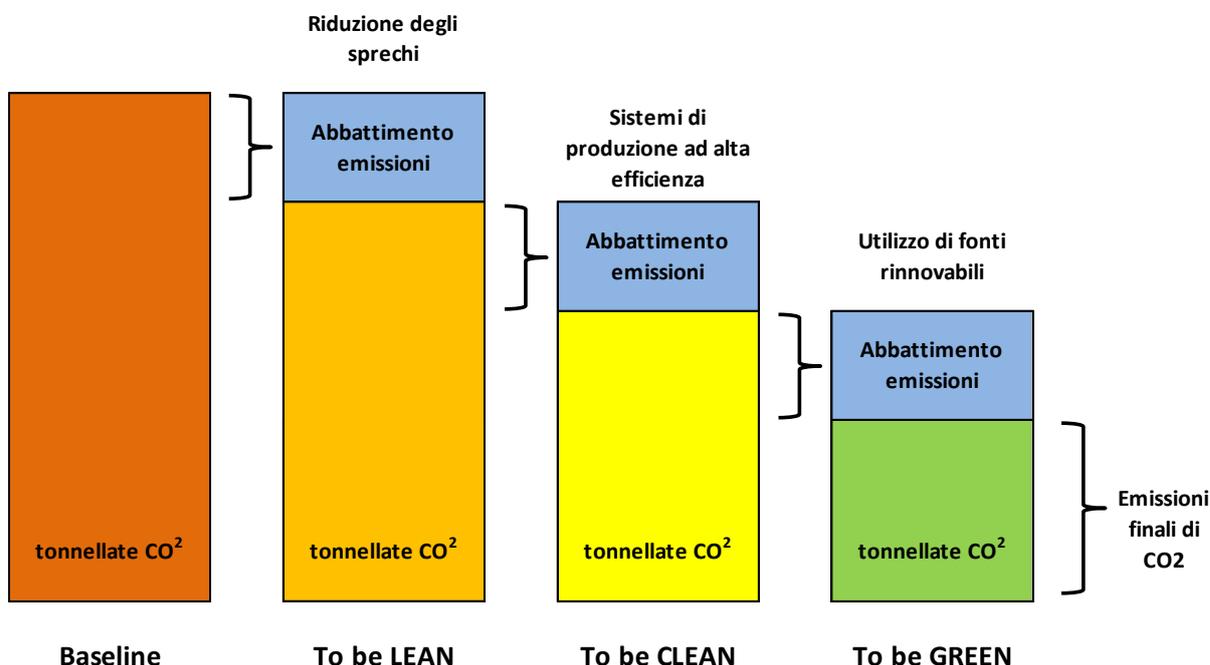
- i) Individuazione della “baseline termica” di riferimento (e relative emissioni di CO<sub>2</sub>) tramite opportuna ripartizione del consumo di combustibile tra le varie utenze a servizio dell’edificio e destagionalizzazione dello stesso, utilizzando i relativi GG reali (GG<sub>real</sub>), e conseguente normalizzazione secondo i GG di riferimento (GG<sub>ref</sub>);
- j) Individuazione della “baseline elettrica” di riferimento (e relative emissioni di CO<sub>2</sub>) calcolata sulla media aritmetica dei valori relativi ai consumi elettrici reali per tre le annualità 2014, 2015, 2016;
- k) Validazione del modello elaborato mediante il confronto con le baseline energetiche, al fine di ottenere uno scostamento inferiore al 5%;
- l) Analisi delle possibili EEM necessarie per la riqualificazione energetica del sistema edificio-impianto analizzando gli aspetti tecnici, energetici, ed ambientali.
- m) Simulazione del comportamento energetico dell’edificio a seguito dell’attuazione delle varie EEM proposte singolarmente, ed individuazione della nuova classe energetica raggiungibile;
- n) Definizione di due scenari ottimali a partire dalla combinazione delle singole EEM proposte al fine di conseguire un miglioramento del parametro di efficienza energetica dell’edificio superiore a due classi energetiche e tempi di ritorno inferiori uguale rispettivamente a 25 e a 15 anni.
- o) Analisi costi-benefici e di redditività finanziaria derivanti dalla realizzazione delle EEM previste singolarmente, con riferimento ai principali indicatori finanziari ed ai possibili sistemi di incentivazione;
- p) Valutazione economico-finanziaria dei due scenari ottimali previsti, a partire dal “baseline di costi” e con riferimento ai principali indicatori finanziari e di sostenibilità finanziari ed ai possibili sistemi di incentivazione;
- q) Identificazione dell’eventuale canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale attraverso un Energy Performance Contract, con lo scopo di analizzare il possibile interesse nella realizzazione degli interventi studiati, tramite l’intervento di una ESCo;
- r) Realizzazione di una relazione tecnica descrittiva di dettaglio dell’analisi effettuata (Rapporto di DE);
- s) Realizzazione di un report dei Benchmark.

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



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

Figura 1.4 - Principio della Gerarchia Energetica, (fonte: London Plan 2011)



Secondo tale modello possono essere definite delle strategie di intervento al fine di conseguire un efficace riduzione dei consumi energetici e conseguente abbattimento delle emissioni di 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.

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

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

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

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

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

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

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

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

## 1.6 STRUTTURA DEL REPORT

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

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

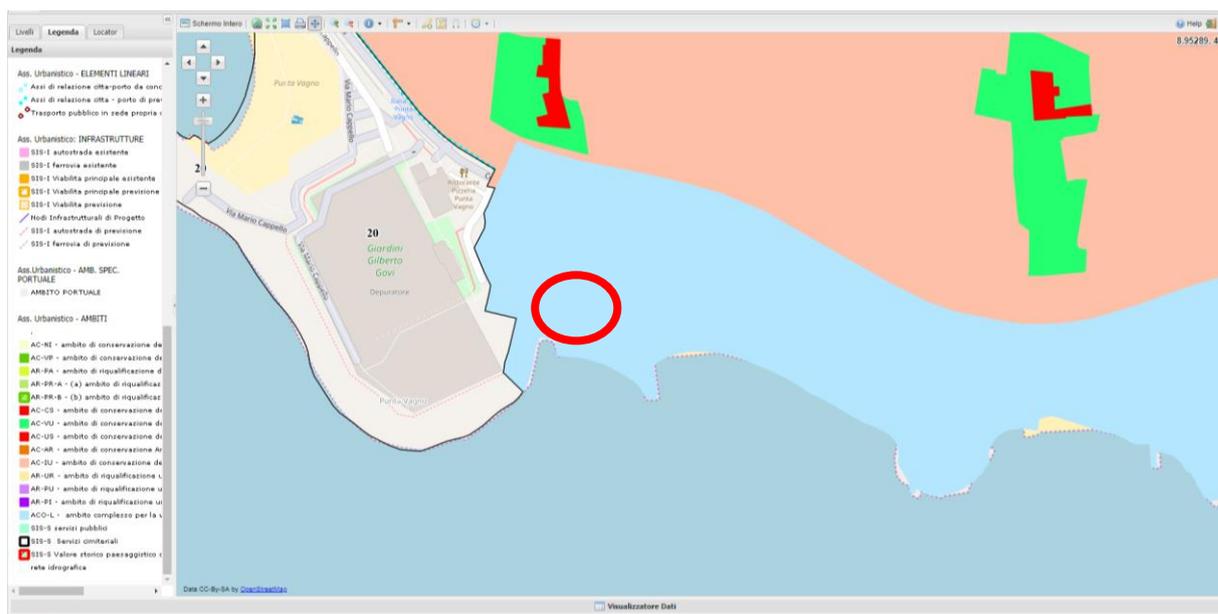
- Una terza parte contenente l'analisi dei consumi storici dell'edificio oggetto della DE, con la conseguente identificazione degli indici di prestazione energetica effettivi;
- Una quarta parte relativa alla definizione del modello energetico, e del procedimento di convalida dello stesso, al fine di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

## 2 DATI DELL'EDIFICIO

### 2.1 INFORMAZIONI SUL SITO

Lo strumento urbanistico vigente, il P.U.C approvato con DD n° 2015/118.0.0./18 con entrata in vigore il 3/12/2015, classifica l'edificio oggetto della DE in zona ACO-L ambito complesso per la valorizzazione del litorale, avente come obiettivo la valorizzazione dei tratti di costa aventi rilevanza paesaggistica, naturalistica e ambientale, la riqualificazione dei tratti urbanizzati ed integrati nel tessuto storico della città, lo sviluppo della fruizione pubblica della costa e attiva del mare.

Figura 2.1 - Particolare estratto dal Piano Urbanistico Comunale



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

L'edificio ove è ubicato il complesso scolastico in oggetto risale all'incirca al 1970 e la sua destinazione d'uso, ai sensi del DPR 412/93, è E.7 - Edifici adibiti ad attività scolastica.

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

L'edificio ospitante il complesso scolastico oggetto della DE è costituito complessivamente da tre piani fuori terra, nei quali si collocano i locali sede delle le due scuole, scuola primaria Nazario Sauro e Asilo Nido Fata Morgana.

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

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

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



Tabella 2.1 - Suddivisione in piani dell'edificio

PIANO	UTILIZZO	U.M.	SUPERFICIE LORDA COMPLESSIVA <sup>(2)</sup>	SUPERFICIE UTILE RISCALDATA <sup>(3)</sup>	SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA <sup>(3)</sup>
Terra	Ingresso, Sala medica, Palestra, Aula informatica	[m <sup>2</sup> ]	283	202	-
Primo	Cucina, Mensa, Scuola elementare	[m <sup>2</sup> ]	672	581	-
Secondo	Asilo nido	[m <sup>2</sup> ]	554	481	296
TOTALE		[m <sup>2</sup> ]	1.509	1.263	296

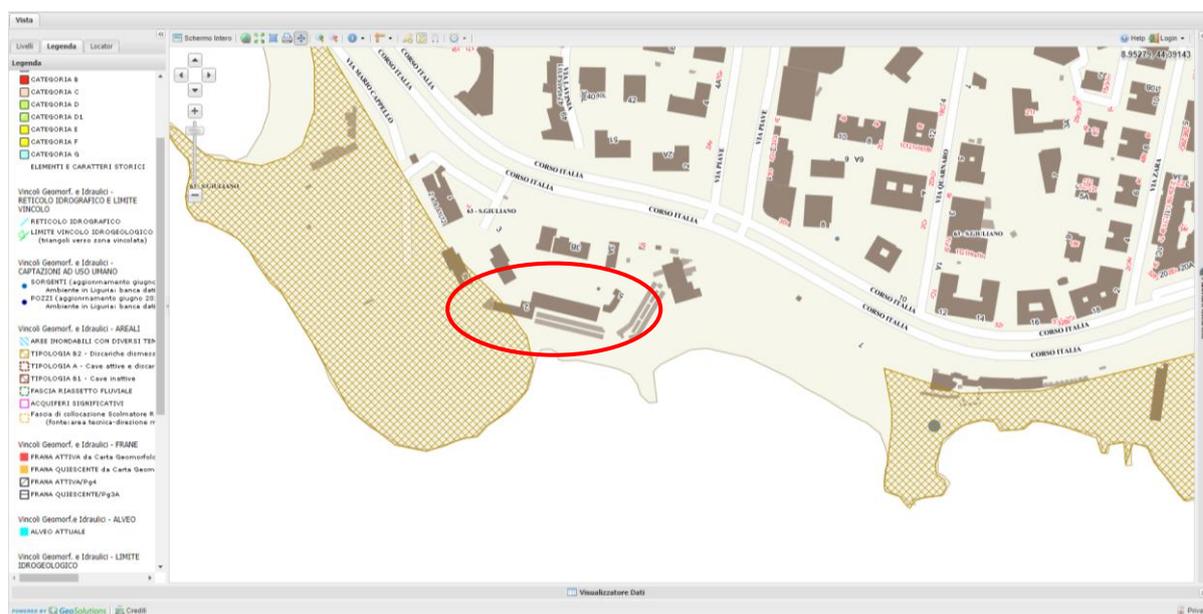
Nota (2): Superficie lorda comprensiva delle zone interne climatizzate e non climatizzate, valutate a partire dalle planimetrie progettuali, opportunamente verificate in fase di sopralluogo

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

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

Dal punto di vista della posizione, il complesso scolastico si affaccia sul mare ma risulta solo in minima parte interessato da vincoli. Si tratta in particolare di vincolo geomorfologico e idraulico di tipo B2 "Discariche dismesse e riporti antropici". Le problematiche essenziali di tali zone sono legate alla localizzazione in profondità del substrato lapideo della formazione di base e alle caratteristiche geotecniche dei materiali sciolti, per la scelta e dimensionamento delle soluzioni fondazionali. Dal punto di vista sismico i sedimenti alluvionali e marini con spessori maggiori di 3 m ricadono tra le "zone stabili suscettibili di amplificazione locale" della carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica, a corredo del presente Piano.

Figura 2.3 - Particolare estratto dalla carta dei vincoli



Pertanto eventuali lavori in sottosuolo dovranno essere preventivamente concordati con la Soprintendenza per i Beni Archeologici della Liguria ed eseguiti da archeologi professionisti.

(Riferimento DDR 12/07/2012)

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

Tabella 2.2 - Misure Tabella 2.3 - 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
EEM1: Isolamento cappotto esterno	-		-
EEM2 : Isolamento copertura	-		-
EEM3: Isolamento pavimento	-		-
EEM4: Sostituzione serramenti	-		-
EEM5: Installazione valvole termostatiche	-		-
EEM6: Installazione caldaia a condensazione	-		-
EEM7: Installazione lampade a LED a basso consumo	-		-

Nota (4): Legenda livelli di interferenza:

	Non perseguibile
	Perseguibile tramite adozione misure di tutela indicate
	Interferenza nulla

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

## 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 con interviste al personale, mentre i periodi di attivazione e spegnimento degli impianti sono stati forniti da dati reperiti in centrale termica.

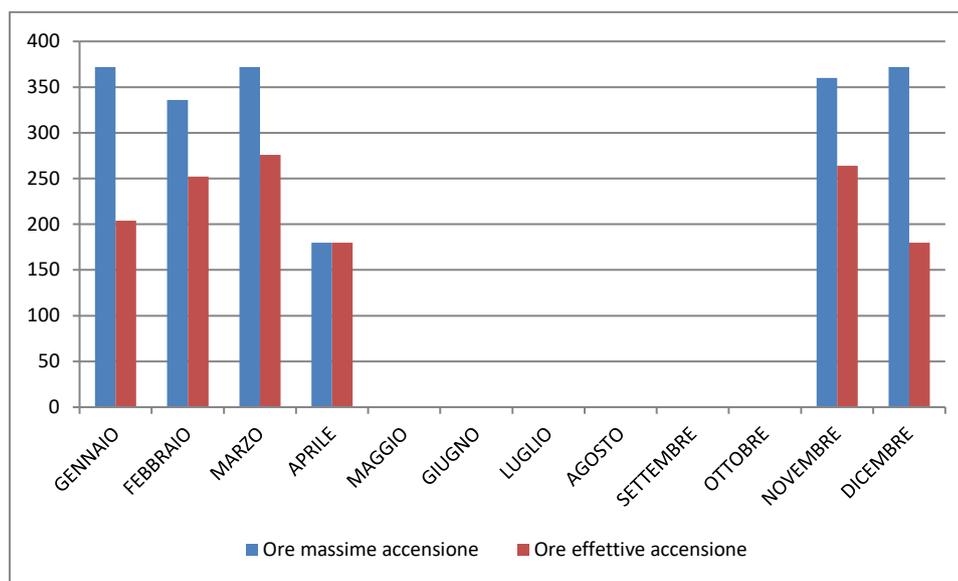
Nella Tabella 2.4 sono pertanto riportati gli orari di funzionamento dell'edificio e gli orari di funzionamento degli impianti termici.

Tabella 2.4 – Orari di funzionamento dell'edificio e orari di funzionamento degli impianti termici.

PERIODO	GIORNI SETTIMENALI	ORARIO FUNZIONAMENTO EDIFICIO	ORARIO FUNZIONAMENTO IMPIANTO
Dal 10 Settembre al 1 Novembre	dal Lunedì al Venerdì	8.00-18.00	Spento
	Sabato e Domenica	Chiuso	Spento
Dal 1 Novembre al 15 Aprile	dal Lunedì al Venerdì	8.00-18.00	7.00-19.00

	Sabato e Domenica	Chiuso	Spento
Dal 15 Aprile al 10 Giugno	dal Lunedì al Venerdì	8.00-18.00	Spento
	Sabato e Domenica	Chiuso	Spento
Dal 10 Giugno al 1 Agosto	dal Lunedì al Venerdì	8.00-12.00	Spento
	Sabato e Domenica	Chiuso	Spento
Dal 1 Agosto al 10 Settembre	dal Lunedì al Venerdì	Chiuso	Spento
	Sabato e Domenica	Chiuso	Spento

Figura 2.4 – Andamento mensile delle ore effettive di utilizzo dell'edificio



Dall'analisi effettuata è emerso che gli orari di funzionamento degli impianti non sono strettamente correlati agli orari di espletamento delle lezioni, ma dipendono anche dalla presenza di personale all'interno della struttura. Pertanto mentre gli orari di occupazione sono solitamente dalle 8.00 alle 18.00, l'accensione dell'impianto è prevista alle ore 7.00 con spegnimento alle ore 19.00.

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

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

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

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

### 3 DATI CLIMATICI

#### 3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO

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

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

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

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

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

Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.4, i GG sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 928 GG calcolati su 111 giorni effettivi di utilizzo dell'impianto di riscaldamento.

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

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

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

Mese	GIORNI MENSILI	TEMPERATURA ESTERNA UNI 10349:2016 [°C]	GIORNI RISCALDAMENTO [g/m]	GG	GIORNI DI UTILIZZO [g/m]	GIORNI RISCALDAMENTO EFFETTIVI [g/m]	GG <sub>rif</sub>	PROFILO DI INCIDENZA
<b>Gennaio</b>	31	10,4	31	298	18	18	170	18%
<b>Febbraio</b>	28	10,5	28	266	20	20	193	21%
<b>Marzo</b>	31	11,1	31	276	22	22	196	21%
<b>Aprile</b>	30	15,3	15	71	22	15	73	8%
<b>Maggio</b>	31	18,7	-	-	22	-	-	0%
<b>Giugno</b>	30	22,4	-	-	22	-	-	0%
<b>Luglio</b>	31	24,6	-	-	21	-	-	0%
<b>Agosto</b>	31	23,6	-	-	-	-	-	0%
<b>Settembre</b>	30	22,2	-	-	22	-	-	0%
<b>Ottobre</b>	31	18,2	-	-	22	-	-	0%
<b>Novembre</b>	30	13,3	30	201	21	21	141	15%
<b>Dicembre</b>	31	10,0	31	310	16	16	157	17%
<b>TOTALE</b>	365	16,7	166	1421	227	112	929	100%

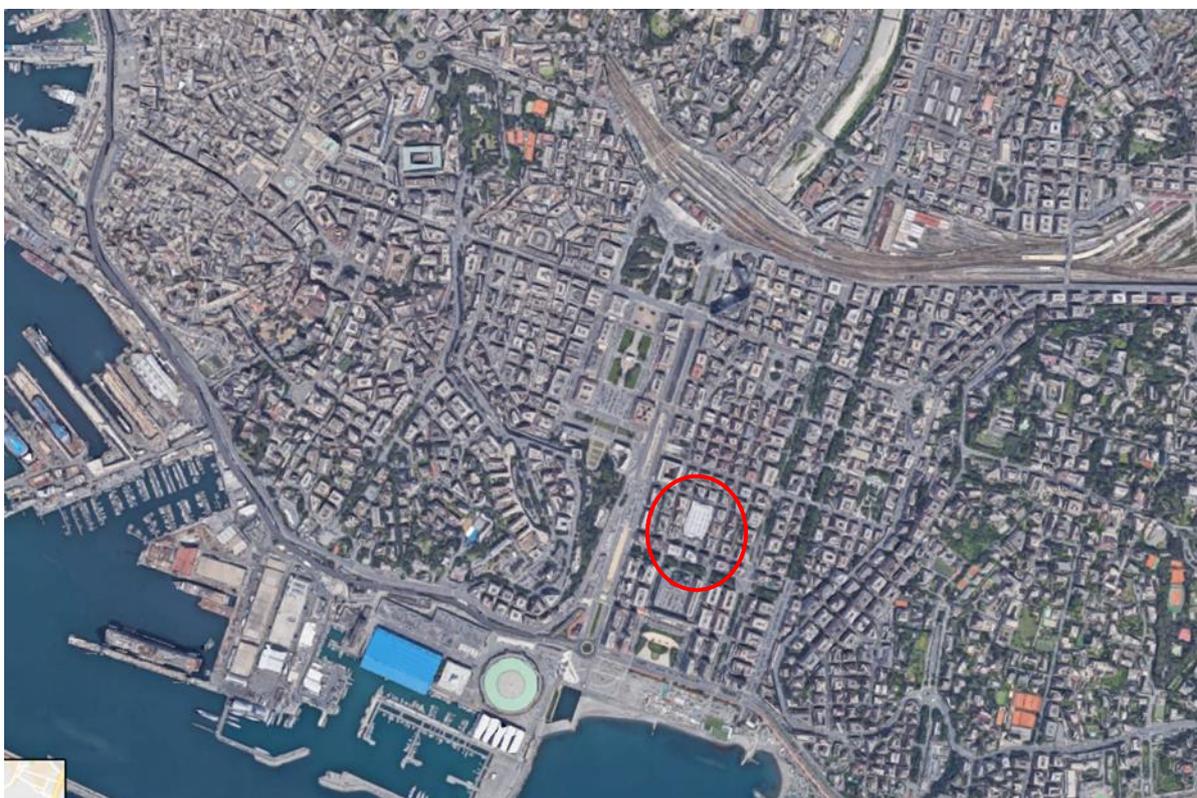
### 3.2 DATI CLIMATICI REALI

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

I dati climatici utilizzati sono stati rilevati dalla centralina meteo climatica di ARPAL Genova – Centro funzionale, ubicata in viale delle Brigate Partigiane, 2 a Genova.

Si è deciso di utilizzare come riferimento tale centralina in quanto le misure sono più affidabili rispetto a quelle ottenute dalla stazione universitaria e in quanto tale centralina è la più vicina agli edifici del Lotto 8 tra le stazioni ARPAL di Genova e si trova a un'altitudine più coerente rispetto all'edificio considerato.

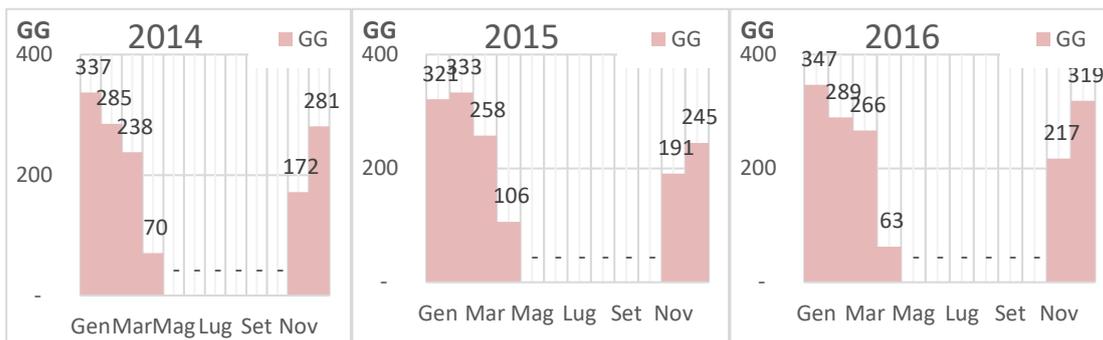
Figura 3.1 – Posizionamento della centralina meteo climatica rispetto all'edificio oggetto di DE



### 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



GG<sub>2014</sub>(166 giorni) = 1383

GG<sub>2015</sub>(166 giorni) = 1455

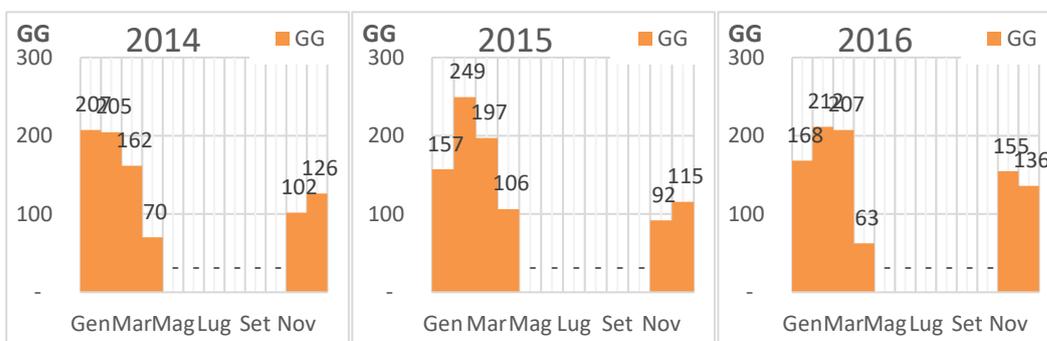
GG<sub>2016</sub>(166 giorni) = 1501

Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.4, 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 928 GG calcolati su 111 giorni effettivi di utilizzo dell'impianto di riscaldamento.

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

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

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



GG<sub>2014</sub>(111giorni) = 872

GG<sub>2015</sub>(111giorni) = 918

GG<sub>2016</sub>(111giorni) = 967

Come si può notare dai grafici sopra riportati, l'andamento dei GG risulta abbastanza lineare. L'anno risultato più rigido è il 2016. I dati reali, comunque, si presentano congrui a quelli indicati dal DPR, con scostamenti inferiori al 5%.

## 4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI

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

#### 4.1.1 Involucro opaco

L'involucro edilizio opaco che costituisce l'edificio è sostanzialmente composto da una struttura in calcestruzzo armato intelaiata, con muratura di tamponamento in mattoni semipieni, edificati secondo le tecniche dell'epoca (anni '70).

Le strutture opache orizzontali sono in laterocemento.

La copertura è di tipo piano.

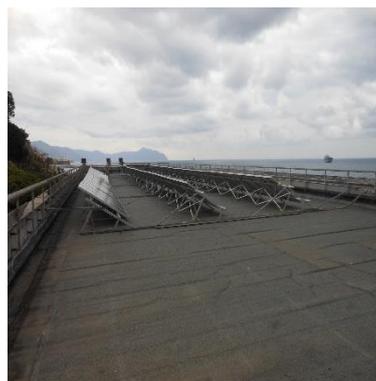
Il piano primo è collocato in parte su esterno, in parte su locali non riscaldati.

Figura 4.1 - Particolare della porzione di involucro



L'edificio è collocato sul mare, con esposizione a Sud. Dal lato Nord la struttura risulta completamente in ombra. Questa situazione comporta la presenza di zone fortemente influenzate dall'incidenza solare.

Figura 4.2 - Particolare della copertura piana



Va inoltre sottolineato, sempre in riferimento all'involucro edilizio, che come precedentemente analizzato l'involucro dell'edificio non è soggetto a vincoli architettonici.

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

- Rilievo termografico eseguito tramite l'utilizzo di termo camera FLIR T340
- Analisi visiva e fotografica delle componenti strutturali

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- Struttura intelaiata con muratura di tamponamento;
- Solai in laterocemento
- Copertura piana in laterocemento con guaina impermeabile

Figura 4.3 – 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.

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

Tabella 4.1 – Trasmittanze termiche dei componenti dell'involucro opaco

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	SPESSORE [cm]	ISOLAMENTO	TRASMITTANZA TERMICA [W/mqK]	STATO DI CONSERVAZIONE
Copertura Piana	S1	39	Assente	1,434	Insufficiente
Parete verticale	M1	40	Assente	1,26	Sufficiente
Solaio in laterocemento	P2	39	Assente	1,23	Insufficiente

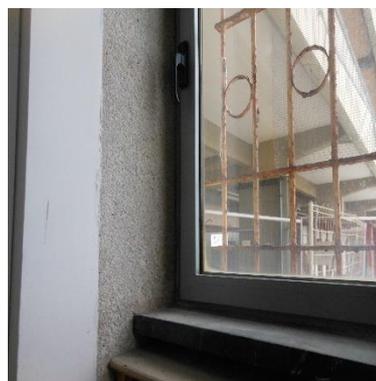
L'elenco completo dei componenti dell'involucro opaco, rilevati in sede di sopralluogo, e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 4.1 dell' Allegato J – Schede di audit.

#### 4.1.2 Involucro trasparente

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

Lo stato di conservazione degli stessi, in modo particolare per quelli meno recenti a vetro singolo, è molto scarso, pertanto si generano rilevanti infiltrazioni d'aria all'interno degli ambienti, causando elevati dispersioni termiche e creando un notevole disagio per gli utenti presenti all'interno dell'edificio.

Figura 4.4 - Particolare dei serramenti



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

- Rilievo termografico eseguito secondo le seguenti modalità
- Analisi visiva e fotografica
- Misurazioni con spessivetro e laser per l'individuazione di eventuali rivestimenti superficiali e trattamenti dei vetri.

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- Serramenti vetro singolo con telaio in alluminio senza taglio termico
- Serramenti vetro camera con telaio in alluminio senza taglio termico

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

Tabella 4.2 – Trasmittanze termiche dei componenti dell'involucro trasparente

TIPO DI	CODICE	DIMENSIONI	TIPO TELAIO	TIPO VETRO	TRASMITTANZA	STATO DI
---------	--------	------------	-------------	------------	--------------	----------

COMPONENTE		[HXL]			TERMICA	CONSERVAZIONE
		[cm]			[W/mqK]	
Serramento VS	W1	180x60	Alluminio	Vetro singolo	5.29	Insufficiente
Serramento VD	W2	180x160	Alluminio	Vetro doppio	3.74	Sufficiente

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

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

L'impianto di riscaldamento degli ambienti è costituito da radiatori a parete, con distribuzione a colonne montanti e generazione mediante caldaia tradizionale funzionante a gas naturale.

La climatizzazione estiva è prevista solo nelle aule dell'asilo nido mediante pompe di calore con split interni.

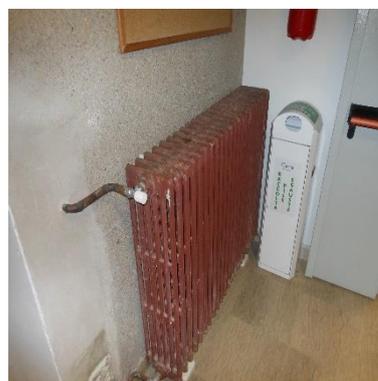
### 4.2.1 Sottosistema di emissione

Il sottosistema di emissione è costituito da radiatori. I radiatori sono installati in prevalenza in nicchie su pareti esterne.

E' importante sottolineare che lo stato di conservazione dei radiatori risulta particolarmente scarso.

I radiatori dell'asilo nido presentano copriradiatori in legno.

Figura 4.5 - Particolare radiatori



I rendimenti di emissione desunti dal modello di calcolo delle DE sono i seguenti:

Tabella 4.3 - Rendimenti del sottosistema di emissione per le varie zone termiche

ZONA TERMICA	TIPOLOGIA DI TERMINALE	RENDIMENTO
Asilo Nido	Radiatori	89.7%
Scuola elementare	Radiatori	92.3%
Zone comuni	Radiatori	92.3%

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 una sonda climatica collegata alla caldaia. Non sono presenti sistemi di controllo di zona o ambiente.

L'impianto opera dal Lunedì a Venerdì dalle ore 7.00 alle ore 19.00.

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

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
Intero edificio	Sonda climatica esterna	77.2%

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 Sud di collegamento dalla caldaia ai radiatori attraverso colonne montanti di distribuzione (fluido termovettore acqua)
- 2) Circuito Nord di collegamento dalla caldaia ai radiatori attraverso colonne montanti di distribuzione (fluido termovettore acqua)

E' presente una pompa di circolazione gemellare a giri fissi marca GrundFos UPC 65-120 con mandata temperatura massima di mandata 80°C e ritorno 70°C.

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>(6)</sup>	POTENZA ASSORBITA <sup>(7)</sup>
			[m <sup>3</sup> /h]	[kPa]	[kW]
Pompa di circolazione	Grundfos UPC 65- 120	mandata acqua calda a radiatori	50	117	1.350

Nota (5,6,7): Valori ricavati da dati di targa

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

Tabella 4.6 – Temperature di mandata e ritorno del circuito primario

CIRCUITO			TEMPERATURA RILEVATA <sup>(8)</sup>	TEMPERATURA CALCOLO
			°C	°C
Circuito Lato Nord	Mandata	Caldo	52.7	75
	Ritorno	Caldo	47.3	65
Circuito Lato Sud	Mandata	Caldo	52.7	75
	Ritorno	Caldo	47.3	65

Nota (5): Valori utilizzati nel modello di calcolo

Nota (6): Valori ricavati in sede di sopralluogo

Nota (8): Valori rilevati il giorno 22/11/2017 alle ore 18.30 con una temperatura esterna di circa 16°C

Per quanto riguarda le temperature del fluido termovettore caldo nel modello di calcolo si sono utilizzate diverse temperature, più plausibili con temperature esterne più rigide.

Figura 4.6 - Particolare dello schema di impianto



Il rendimento complessivo del sottosistema di distribuzione è stato assunto nella DE pari al 94.4% secondo UNI TS 11300.

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 caldaia tradizionale UNICAL TRISTAR 260, funzionante a gas naturale ed installata nel 2010.

Figura 4.7 - Particolare della caldaia



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

Tabella 4.7 - Riepilogo caratteristiche del sistema di generazione

Servizio	MARCA	MODELLO	ANNO DI COSTRUZIONE	POTENZA AL FOCOLARE [kW]	POTENZA TERMICA UTILE [kW]	RENDIMENTO	POTENZA ASSORBITA COMPLESSIVA [kW]
Gen 1 Riscaldamento	Unical	Tristar 260	2010	273.9	260	94.9%	1.34

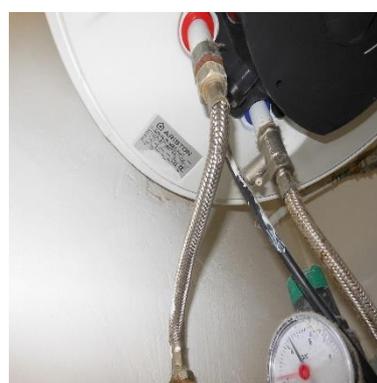
Il rendimento complessivo del sottosistema di generazione, in regime di riscaldamento è stato assunto nella DE pari al 86.7% secondo UNI TS 11300.

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

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

Il consumo di acqua calda sanitaria è relativamente ridotto data la destinazione d'uso dell'edificio. La produzione è eseguita tramite n°5 bollitori elettrici ad accumulo installati localmente nei servizi igienici a ad uso del personale. Ad uso esclusivo della cucina è presente una caldaia tradizionale funzionante a gas naturale con un proprio PDR.

Figura 4.8 - Particolare di un boiler elettrico per la produzione di acqua calda sanitaria



I rendimenti caratteristici dei sottosistemi dell'impianto di produzione acqua calda sanitaria sono riportati nella Tabella 4.8.

Tabella 4.8 – 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%	62.6%	100%	100%	70%	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

La climatizzazione in regime estivo è effettuata

Figura 4.9 - Particolare unità esterna

grazie alla presenza di pompe di calore con split interni.

La climatizzazione è presente solo nelle aule al secondo piano dell'asilo nido che risultano particolarmente esposte nel periodo estivo in quanto presentano ampie vetrate esposte a Sud.



I rendimenti caratteristici dei sottosistemi dell'impianto di climatizzazione estiva sono riportati nella tabella Tabella 4.9.

Tabella 4.9 – Rendimenti dell'impianto di climatizzazione estiva secondo UNI TS 11300

Sottosistema di Emissione	Sottosistema di Regolazione	Sottosistema di Distribuzione	Sottosistema di Accumulo	Sottosistema di Generazione	Rendimento Globale medio stagionale
90%	84%	100%	n/d	EER 3.93	277.3%

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

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

La ventilazione meccanica è presente esclusivamente in un bagno a servizio del personale con un estrattore a flusso semplice da 30W.

Inoltre nel locale adibito a cucina è presente una cappa di estrazione aria a flusso semplice da 550W.

Figura 4.10 - Particolare dell'estrattore bagno



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

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

Le utenze sottese all'impianto elettrico, oltre a quelle precedentemente descritte, sono costituite essenzialmente da utenze locali quali ascensori, PC, stampanti, fotocopiatrici, lavatrici (solo nell'asilo nido), sterilizzatori (cucina), frigoriferi, freezer ed altri dispositivi in uso del personale e delle attività specifiche della destinazione d'uso.

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

Tabella 4.10 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche

DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA NOMINALE [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]	ORE ANNUE DI UTILIZZO [ore]
Lavatrice	3	1,2	3,6	400,0
Stereo (Aula informatica)	1	0,5	0,5	100,0
PC (Ufficio)	2	0,2	0,4	1.125,0
Stampante (Ufficio)	3	0,4	1,2	112,5
PC (Aula informatica)	8	0,2	1,6	400,0
Stampante (Aula informatica)	1	0,4	0,4	100,0
Frigorifero (Cucina)	2	1,0	2,0	800,0
Lavastoviglie (Cucina)	1	1,2	1,2	200,0
Cappa (Cucina)	1	0,6	0,6	400,0
Sterilizzatore (Cucina)	1	1,0	1	100,0
Bollitore (Cucina)	1	10,5	11	40,0

#### 4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE

L'impianto di illuminazione è costituito nella quasi totalità da lampade a fluorescenza, con l'eccezione di alcune plafoniere.

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

Tabella 4.11 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

ZONA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA UNITARIA [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]
Scuola Elementare-Asilo	2x36W	103	72	7416
Scuola Elementare-Asilo	1x36 W	28	36	1008
Scuola Elementare-Asilo	1x18W	4	18	72
Scuola Elementare-Asilo	2x58W	1	116	116
Esterno	1x200W	1	200	200

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

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

Attualmente è presente un impianto Fotovoltaico installato sulla copertura opaca al di sopra dei locali

Figura 4.11 - Vista dell'impianto fotovoltaico

dell'asilo nido, con un potenza di picco di circa 19.32 kWp,

Il suddetto impianto è costituito da 84 moduli policristallini, installati con inclinazione 30° ed orientamento a Sud.

Si sottolinea però che al momento del sopralluogo l'impianto è risultato non funzionante ed in parte danneggiato.

Nel modello DE pertanto non è stato considerato l'apporto di energia elettrica dato dal sistema fotovoltaico.



Figura 4.12 – Particolare del danneggiamento dell'impianto fotovoltaico



Tabella 4.12 – Caratteristiche impianto fotovoltaico

TIPO DI IMPIANTO	SUPERFICIE [mq]	TIPO DI MODULI	POTENZA INSTALLATA [kW]	RENDIMENTO IMPIANTO	ENERGIA PRODOTTA <sup>(1)</sup> [kWh/anno]
Fotovoltaico	137	Policristallini	19.32	n/d	22365

Nota (1) L'energia prodotta è stata stimata sulla base dei dati raccolti

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.

## 5 CONSUMI RILEVATI

Consumi energetici storici per ciascun vettore e connessione alle reti gas naturale ed elettrica  
L'analisi dei consumi storici termici ed elettrici dell'edificio oggetto della DE è stata effettuata facendo riferimento al triennio 2014, 2015 e 2016.

I vettori energetici analizzati sono i seguenti:

- Gas metano;
- Energia elettrica.

### 5.1.1 Energia termica

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

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

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

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

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

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

- Centrale termica per il riscaldamento degli ambienti;
- Caldaia per la produzione di acqua calda sanitaria a servizio della mensa scolastica;
- Usi cottura;

Le fatture analizzate sono riportate nell'Allegato A-Elaborati.

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

L'analisi dei consumi storici di Gas metano si basa sulla base de m<sup>3</sup> di gas rilevati dalla società di distribuzione nel triennio di riferimento.

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

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

PDR	Utilizzo	2014 [mc]	2015 [mc]	2016 [mc]	2014 [kWh]	2015 [kWh]	2016 [kWh]
3270049710036	Riscaldamento	11.468	12.749	12.680	108.029	120.097	119.446
3270009435675	Cucina	2.737	2.751	2.785	25.782	25.917	26.235

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

In modo particolare per l'edificio in questione si è provveduto ad un calcolo mensile basato sui GG reali di riferimento ed ai giorni di utilizzo dell'edificio in quanto si disponeva esclusivamente dei

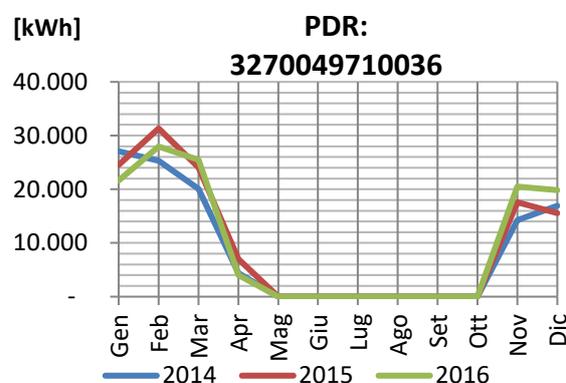
consumi annuali. Si riportano in seguito i consumi mensili calcolati del PDR di riferimento per il riscaldamento.

Tabella 5.3 - Consumi mensili di energia termica per il triennio di riferimento

PDR: 3270049710036	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Mese di riferimento	[mc]	[mc]	[mc]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	2.874	2.877	3.013	27.075	27.105	28.381
Febbraio	2.689	3.304	2.785	25.329	31.122	26.232
Marzo	2.132	2.421	2.433	20.079	22.805	22.915
Aprile	465	738	422	4.382	6.952	3.978
Maggio	-	-	-	-	-	-
Giugno	-	-	-	-	-	-
Luglio	-	-	-	-	-	-
Agosto	-	-	-	-	-	-
Settembre	-	-	-	-	-	-
Ottobre	-	-	-	-	-	-
Novembre	1.512	1.766	1.950	14.239	16.631	18.368
Dicembre	1.797	1.643	2.078	16.925	15.480	19.572
Totale	11.468	12.749	12.680	108.029	120.096	119.446

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

Figura 5.1 – Andamento mensile dei consumi termici fatturati



Dall'analisi effettuata è emerso che il prelievo termico del triennio è caratterizzato da un valore minimo pari a 11468 Sm<sup>3</sup>, e un valore di massimo prelievo 12749 Sm<sup>3</sup>. I consumi annui non hanno subito una sostanziale variazione dovuta ad una sostanziale stabilità nel triennio di riferimento delle condizioni climatiche esterne.

Confrontando i GG reali si può constatare come prevedibile che negli anni 2015 e 2016 si ha un incremento dei consumi rispetto all'anno 2014.

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

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

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

Dove:

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

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

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

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 il servizio ACS è servito da bollitori elettrici che non utilizzano il gas naturale come fonte di energia.

$\bar{Q}_{ALTRO}$  = Consumo termico reale per eventuali altri utilizzi dell'edificio, kWh/anno, valutato come la media dei consumi per altri usi, nel triennio di riferimento. Tale contributo non è stato valutato in quanto i suddetti utilizzi sono serviti da un contatore dedicato, pertanto con concorrono nel calcolo della baseline dei consumi energetici

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

Tabella 5.4 – Normalizzazione dei consumi annuali di energia termica

ANNO	GG <sub>REALI</sub> SU 111 GIORNI	GG <sub>RIF</sub> SU 111 GIORNI	CONSUMO REALE RISC. [Smc]	CONSUMO REALE RISC. [kWh]	$\alpha_{rif}$	CONSUMO NORMALIZZATO A 928 GG [kWh]	CONSUMO ACS [kWh]	CONSUMO ALTRO [kWh]
2014	872	1.383	11.468	108.029	123,9	171.334	-	-
2015	918	1.455	12.749	120.096	130,8	190.348	-	-
2016	967	1.501	12.680	119.446	123,5	185.406	-	-
<b>Media</b>	<b>919</b>	<b>1.446</b>	<b>12.299</b>	<b>115.857</b>	<b>126,1</b>	<b>182.336,5</b>	-	-

Come si può notare dai dati riportati il comportamento energetico dell'edificio, negli anni considerati, è stato caratterizzato da un generico aumento dei consumi dovuto alla diminuzione delle temperature esterne medie mensili rilevate nel triennio di riferimento.

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

Tabella 5.5 –Individuazione della Baseline termica

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

$\bar{a}_{rif} \times GG_{rif}$	182.336
$Q_{baseline}$	182.336

### 5.1.2 Energia elettrica

La fornitura di energia elettrica avviene tramite la presenza di un contatore a servizio dei seguenti utilizzi:

- Scuola elementare;
- Asilo nido;
- Cucina della scuola elementare

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 5.6 con indicazione dei POD di riferimento.

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

POD	ZONA SERVITA	2014	2015	2016	MEDIA
		[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
IT001E00098138	Scuola elementare e Asilo nido	22.195	23.380	31.864	25.813
<b>TOTALE</b>		22.195	23.380	31.864	EEbaseline 25813

Tali consumi sono stati confrontati con i consumi annui elaborati e forniti dalla PA ed (identificati per l'edificio oggetto della DE all'interno del file kyotoBaseline-EXXXX\_Rev08) e sono emerse le seguenti differenze:

- Anno 2014: Scostamento di 1332 kWh ( 22195kWh/23497kWh)
- Anno 2015: Scostamento di 1284 kWh (23380 kWh/24664kWh)
- Anno 2016: Scostamento di 2296 kWh (31864 kWh/34160 kWh)

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

Si è pertanto definito un consumo  $EE_{baseline}$  pari a 25813 kWh.

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

POD: IT001E00098138	F1	F2	F3	TOTALE
---------------------	----	----	----	--------

Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	2.299	468	568	3.335
Febbraio	1.940	462	481	2.883
Marzo	1.459	433	486	2.378
Aprile	1.015	333	454	1.802
Maggio	644	291	427	1.362
Giugno	258	158	328	744
Luglio	61	119	306	486
Agosto	59	120	314	493
Settembre	500	279	394	1.173
Ottobre	1.226	353	401	1.980
Novembre	1.928	360	497	2.785
Dicembre	1.848	403	523	2.774
<b>Totale</b>	<b>13.237</b>	<b>3.779</b>	<b>5.179</b>	<b>22.195</b>
<b>POD: IT001E00098138</b>	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F3</b>	<b>TOTALE</b>
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	1.945	378	477	2.800
Febbraio	1.682	372	473	2.527
Marzo	1.459	433	486	2.378
Aprile	1.015	333	454	1.802
Maggio	833	315	502	1.650
Giugno	523	226	399	1.148
Luglio	329	230	401	960
Agosto	84	161	434	679
Settembre	500	279	394	1.173
Ottobre	1.716	433	521	2.670
Novembre	2.023	373	508	2.904
Dicembre	1.767	346	576	2.689
<b>Totale</b>	<b>13.876</b>	<b>3.879</b>	<b>5.625</b>	<b>23.380</b>
<b>POD: IT001E00098138</b>	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F3</b>	<b>TOTALE</b>
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	2.011	401	575	2.987
Febbraio	2.221	403	527	3.151
Marzo	2.013	401	586	3.000
Aprile	1.778	373	583	2.734
Maggio	1.865	324	509	2.698
Giugno	1.379	316	500	2.195
Luglio	1.456	353	531	2.340
Agosto	486	197	400	1.083
Settembre	1.581	370	494	2.445
Ottobre	1.960	419	534	2.913
Novembre	2.312	435	509	3.256
Dicembre	1.906	470	686	3.062

Totale	20.968	4.462	6.434	31.864
--------	--------	-------	-------	--------

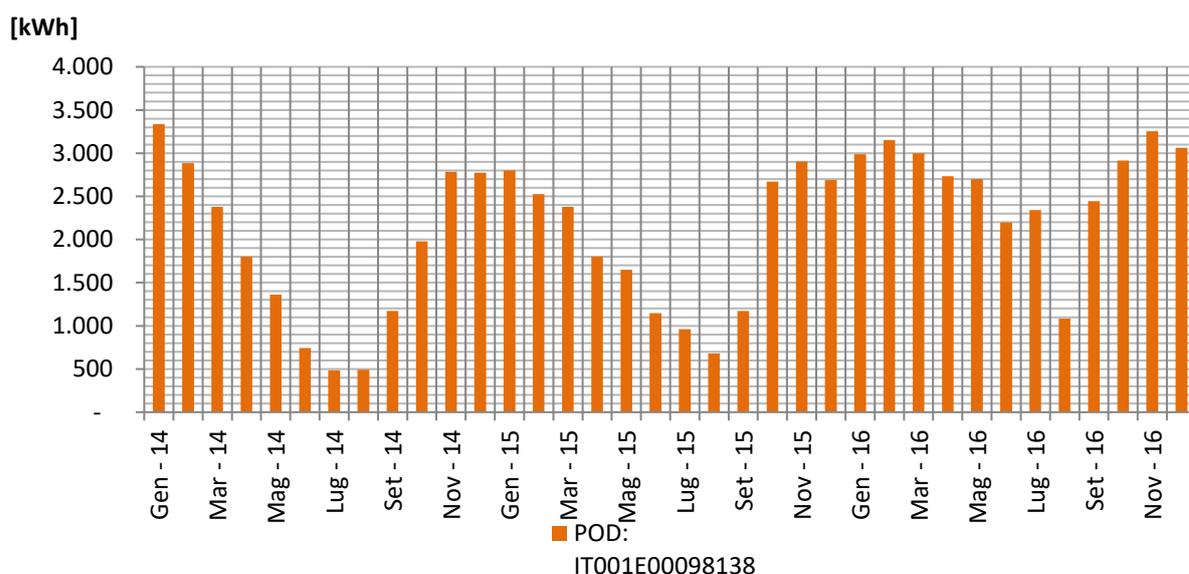
Dall'analisi effettuata è stato possibile definire i profili mensili dei consumi elettrici di Baseline, valutati come la media dei valori mensili analizzati nel triennio di riferimento. Tali valori sono riportati nella Tabella 5.8.

Tabella 5.8 – Consumi mensili di Baseline

BASELINE	F1 [kWh]	F2 [kWh]	F3 [kWh]	TOTALE [kWh]
Gennaio	2.085	416	540	3.041
Febbraio	1.948	412	494	2.854
Marzo	1.644	422	519	2.585
Aprile	1.269	346	497	2.113
Maggio	1.114	310	479	1.903
Giugno	720	233	409	1.362
Luglio	615	234	413	1.262
Agosto	210	159	383	752
Settembre	860	309	427	1.597
Ottobre	1.634	402	485	2.521
Novembre	2.088	389	505	2.982
Dicembre	1.840	406	595	2.842
Totale	16.027	4.040	5.746	25.813

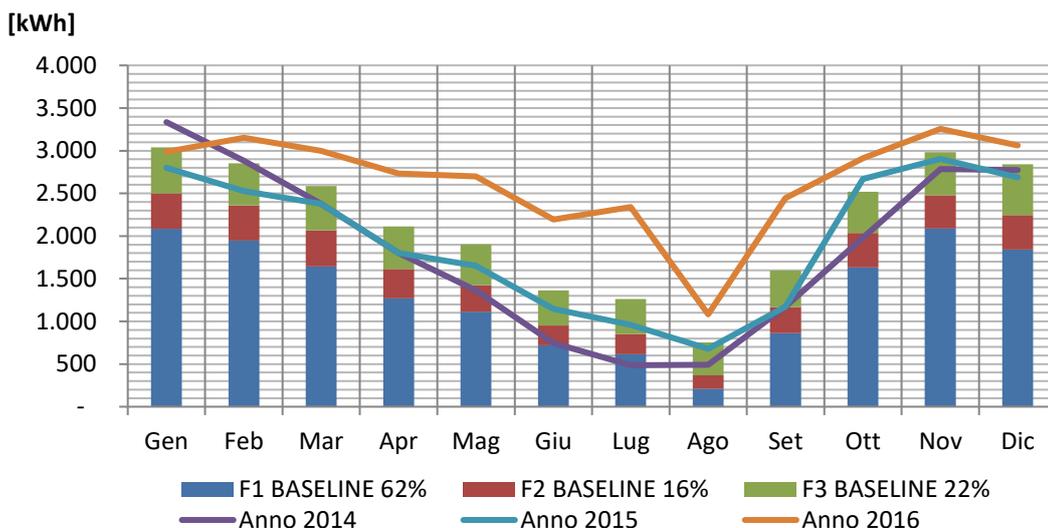
Il profilo così ottenuto è rappresentato nel grafico in Figura 5.2

Figura 5.2 – Profili mensili di Baseline riferimento



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

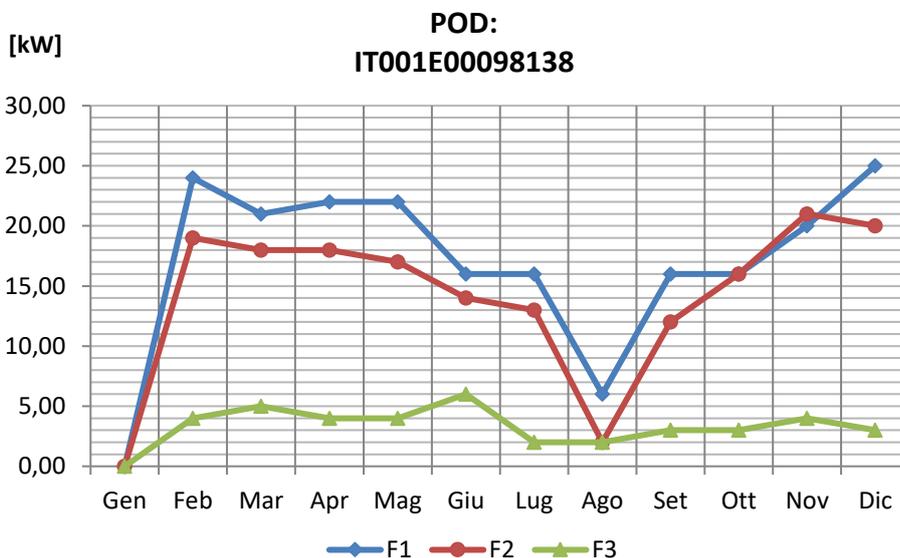
Figura 5.3 – Confronto tra i profili mensili reali per il triennio di riferimento ed i valori di Baseline



I profili di prelievo mensili nel triennio di riferimento presentano una forte riduzione nei mesi estivi, in accordo con i profili di occupazione della struttura

È stato inoltre possibile rappresentare i profili mensili di potenza (per il periodo Febbraio 2017 – Dicembre 2017) accedendo alle informazioni fornite dalla società di distribuzione dell’energia elettrica.

Figura 5.4 – Profili di potenza giornalieri per il POD IT001E00098138



Il prelievo di potenza massima è pari a 48 kW e si verifica a Dicembre.

## 5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI

L'esito della DE deve inoltre consentire la valutazione del fabbisogno energetico caratteristico del sistema edificio-impianto ed individuare gli indicatori specifici di performance energetica ed

ambientale caratteristici della prestazione energetica dell'edificio, rispetto ai consumi energetici reali.

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

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

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

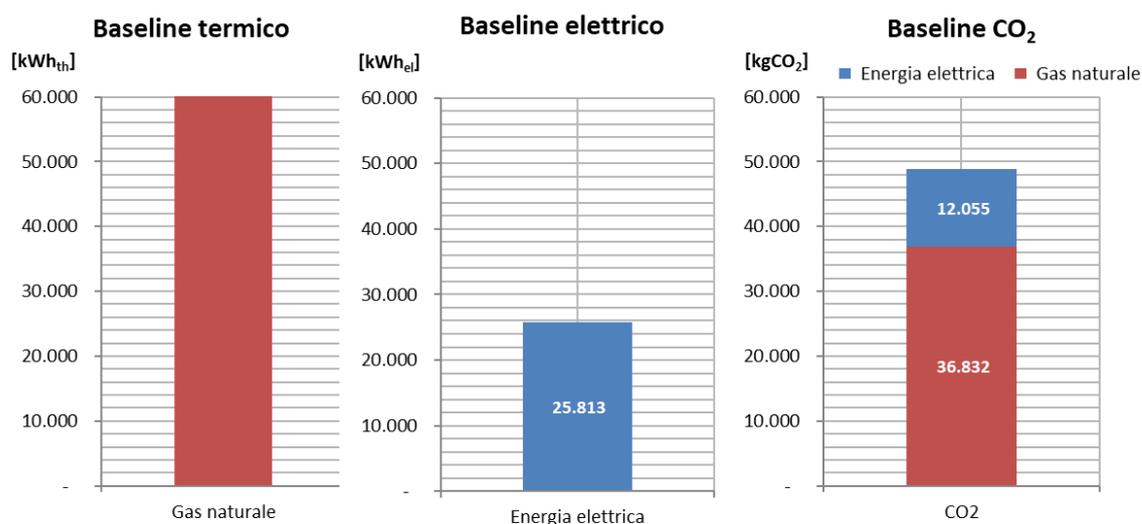
\* da "Linee Guida Patto dei Sindaci" per anno 2010

Applicando tali fattori di conversione è stato possibile valutare la Baseline delle emissioni di CO<sub>2</sub>, come riportato nella Tabella 5.10 – Baseline delle emissioni di CO<sub>2</sub>. Tabella 5.10 e nella Figura 5.5

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

COMBUSTIBILE	CONSUMO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE	
	[kWh]	[tCO <sub>2</sub> /MWh]	[tCO <sub>2</sub> ]
Energia elettrica	25.813	0,467	12,05
Gas naturale	182337	0,202	36,83

Figura 5.5 – Rappresentazione grafica della Baseline delle emissioni di CO<sub>2</sub>.



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

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

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

La valutazione degli indicatori di performance è stata effettuata parametrizzando i consumi reali di Baseline di cui al Capitolo CONSUMI RILEVATI5, in funzione dei fattori riportati nella Tabella 5.12.

Tabella 5.12 – Fattori di riparametrizzazione

PARAMETRO		VALORE	U.M.
FATTORE 1	Superficie netta riscaldata	1.263,47	m <sup>2</sup>
FATTORE 1	Volume netto riscaldata	4.337,91	m <sup>3</sup>
FATTORE 1	Volume lordo riscaldata	5.878,46	m <sup>3</sup>

Nella Tabella 5.13 e

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

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

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA TOTALE	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA TOTALE	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA TOTALE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3	FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3
	[kWh/anno]		[kWh/anno]	[kWh/m <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	182.337	1,05	191.453	151,7	44,1	32,6	29,2	8,5	6,3
Energia elettrica	25.813	2,42	62.467	49,1	14,4	10,6	9,5	2,8	2,1
<b>TOTALE</b>			<b>253.921</b>	<b>201,0</b>	<b>58,5</b>	<b>43,2</b>	<b>38,7</b>	<b>11,3</b>	<b>8,3</b>

Tabella 5.14 – 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	182.336,5	1,05	191.453,3	151,5	44,1	32,6	151.529,8	44.134,9	32.568,6
Energia elettrica	25.813	1,95	50.335,4	39,8	11,6	8,6	49.441,2	14.400,4	10.626,5
<b>TOTALE</b>			<b>24.1788,7</b>	<b>191,4</b>	<b>55,7</b>	<b>41,1</b>	<b>20.0971,0</b>	<b>58.535,3</b>	<b>43.195,1</b>

Figura 5.6 – Indicatori di performance e relative emissioni di CO<sub>2</sub> valutati in funzione della superficie utile riscaldata

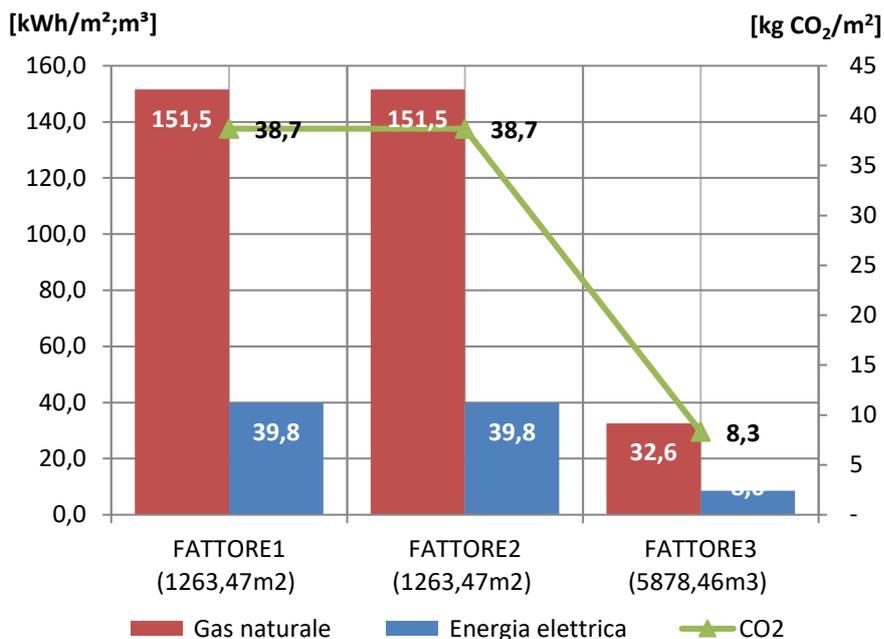
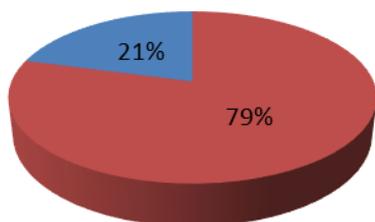
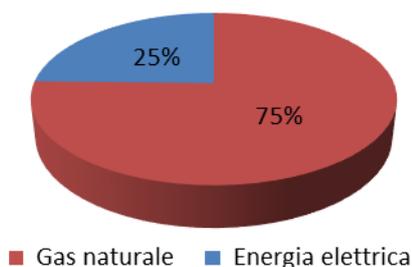


Figura 5.7 – Ripartizione % dei consumi specifici di energia primaria e delle relative emissioni di CO<sub>2</sub>

### Ripartizione % energia primaria



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



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

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

- Fattore di forma dell'edificio, rapporto fra superficie disperdente e volume riscaldato S/V (fattore F<sub>e</sub>);
- Ore di occupazione dell'edificio scolastico (fattore F<sub>h</sub>);
- Gradi Giorno convenzionali della località (1435 GG) così come definiti D.P.R. 412/93 - allegato A
- Volume riscaldato (V<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  $A_p$ ;
- Fattore  $F_h$  relativo all'orario di occupazione, così come precedentemente

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

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

Tabella 5.15 – Indicatori di performance energetici

COMBUSTIBILE	IEN <sub>r</sub>			IEN <sub>e</sub>		
	Wh/(m <sup>3</sup> GG anno)			Wh/(m <sup>2</sup> anno)		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Gas Naturale	10,2	11,4	11,3	-	-	-
Energia elettrica	-	-	-	11,7	12,4	16,9

E' stato quindi possibile effettuare un raffronto con le classi di merito riportate nelle suddette Linee Guida ENEA - FIRE, ottenendo come risultato "Buono" per IEN<sub>r</sub> e "Sufficiente" per IEN<sub>e</sub> come riportato nell'Allegato M – Report di Benchmark.

## 6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO

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

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

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

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

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

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE	U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	U.M.
Globale non rinnovabile	EP <sub>gl,Inren</sub>	222,28	kWh/mq anno	243,8	kWh/mq anno
Climatizzazione invernale	EP <sub>H</sub>	206,23	kWh/mq anno	206,83	kWh/mq anno
Produzione di acqua calda sanitaria	EP <sub>w</sub>	3,35	kWh/mq anno	6,76	kWh/mq anno
Ventilazione	EP <sub>v</sub>	0,87	kWh/mq anno	1,95	kWh/mq anno
Raffrescamento	EP <sub>c</sub>	1,36	kWh/mq anno	5,03	kWh/mq anno
Illuminazione artificiale	EP <sub>L</sub>	10,48	kWh/mq anno	23,23	kWh/mq anno
Trasporto di persone e cose	EP <sub>T</sub>	0	kWh/mq anno	0	kWh/mq anno
Emissioni equivalenti di CO2	CO <sub>2eq</sub>	44,54	Kg/mq anno	44,54	Kg/mq anno

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

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
	[m <sup>3</sup> /anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	24850	247009
Energia Elettrica	12716	12716

Il modello di calcolo utilizzato deve essere validato tramite confronto con la baseline energetica, secondo la presente scala di congruità:

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

Dove:

- $Q_{teorico}$  è il fabbisogno teorico dell'edificio, come calcolato dal software di simulazione, ed è assunto pari a fabbisogno di energia per la combustione ( $Q_{gn,in}$ ) così come definito dalla norma UNI TS 11300 parte 2;
- $Q_{baseline}$  è il consumo reale (destagionalizzato nel caso di climatizzazione), dell'edificio, definito dalla baseline energetica.

Tale raffronto deve essere realizzato sia per il consumo termico, che per il consumo elettrico.

### 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 adattando tutti i parametri sulla base delle informazioni raccolte in sede di sopralluogo.

Nella Tabella 6.5 sono riportati gli indicatori di performance energetica ricavati dalla modellazione dell'edificio in modalità "Adattata all'utenza".

Tabella 6.3 – Indicatori di performance energetica ricavati dalla modellazione (valutazione in modalità adattata all'utenza)

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE	U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	U.M.
Globale non rinnovabile	$EP_{gl,nren}$	189,66	kWh/mq anno	197,61	kWh/mq anno
Climatizzazione invernale	$EP_H$	157,84	kWh/mq anno	158,14	kWh/mq anno
Produzione di acqua calda sanitaria	$EP_w$	8,43	kWh/mq anno	10,46	kWh/mq anno
Ventilazione	$EP_v$	2,57	kWh/mq anno	3,18	kWh/mq anno
Raffrescamento	$EP_c$	3,95	kWh/mq anno	4,9	kWh/mq anno
Illuminazione artificiale	$EP_L$	14,16	kWh/mq anno	17,57	kWh/mq anno
Trasporto di persone e cose	$EP_T$	2,71	kWh/mq anno	3,36	kWh/mq anno
Emissioni equivalenti di CO2	$CO_{2eq}$	-	Kg/mq anno	49422	Kg/mq anno

Gli indici di prestazione energetica sopra riportati corrispondono ad un quantitativo annuo di vettore energetico consumato, riportato nella Tabella 6.4.

Tabella 6.4 – Consumo di vettore energetico ricavato dalla modellazione (valutazione in modalità adattata all'utenza)

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	CONSUMO
	[mc/anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	18952	188382,88
Energia Elettrica	21438	21438

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

$Q_{\text{teorico}}$	$Q_{\text{baseline}}$	Congruità
[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
188384	182336,4892	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 ( $EE_{\text{baseline}}$ ) così come definito al precedente capitolo 5.1.2 ed il fabbisogno teorico ( $EE_{\text{teorico}}$ ) derivante dalla modellazione energetica.

Tabella 6.6 – Validazione del modello energetico elettrico (valutazione in modalità adattata all’utenza)

$EE_{\text{teorico}}$	$EE_{\text{baseline}}$	Congruità
[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
26772	25813	4%

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

## 6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

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

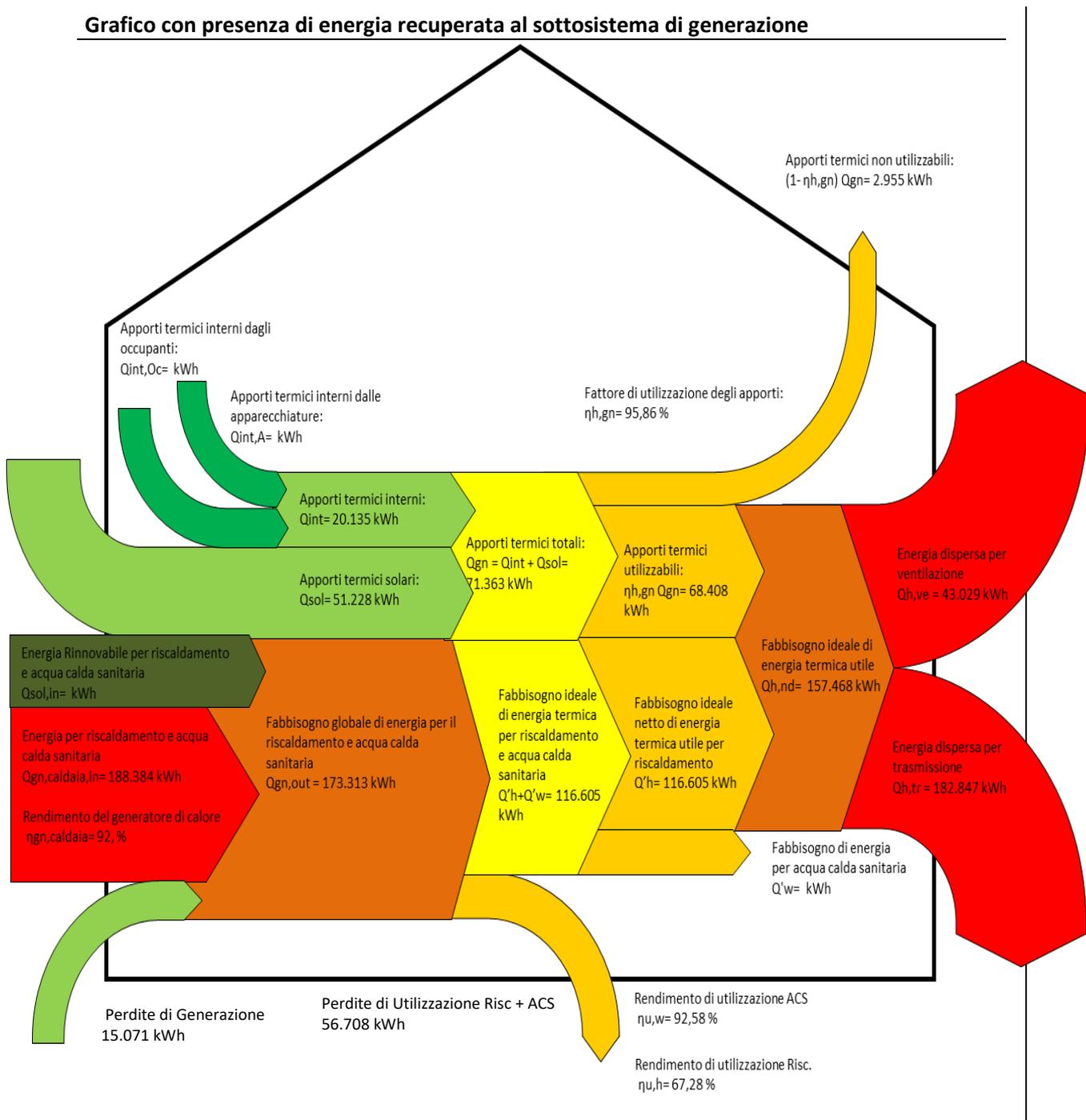
A conclusione della procedura di calcolo del fabbisogno di energia primaria, i risultati del bilancio energetico sono quindi stati rappresentati mediante diagrammi di sankey.

I valori rappresentati a bilancio sono valori indicizzati in kWh/(m<sup>2</sup> anno), sulla base delle superfici utili delle zone riscaldate e/o climatizzate.

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

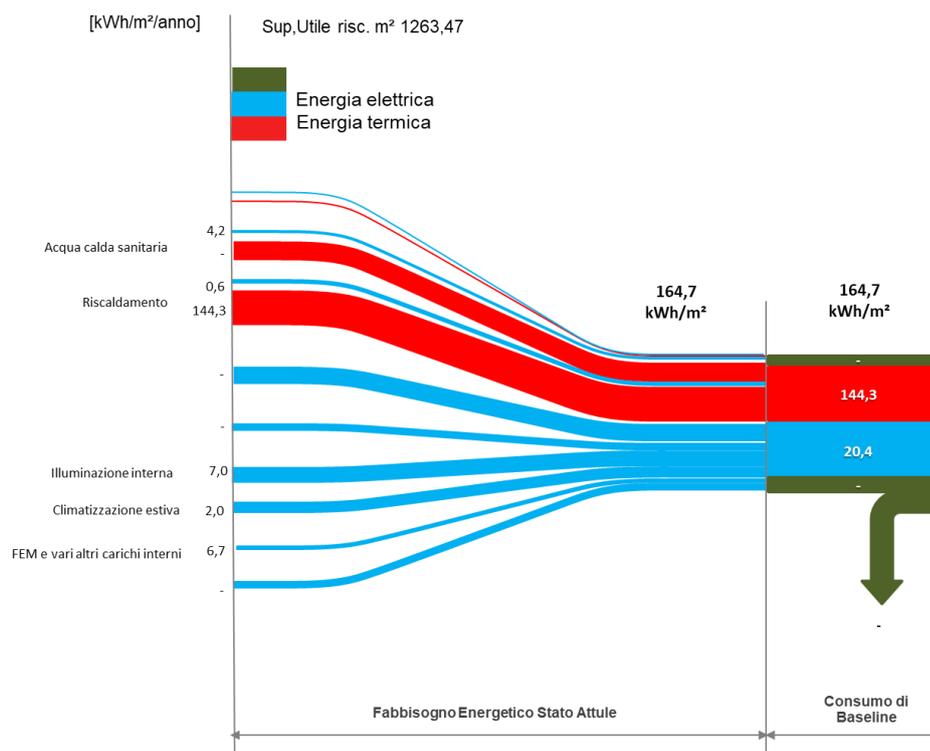
Figura 6.1 – Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell’edificio allo stato attuale

**Grafico con presenza di energia recuperata al sottosistema di generazione**



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

Figura 6.2 – Bilancio energetico complessivo dell’edificio

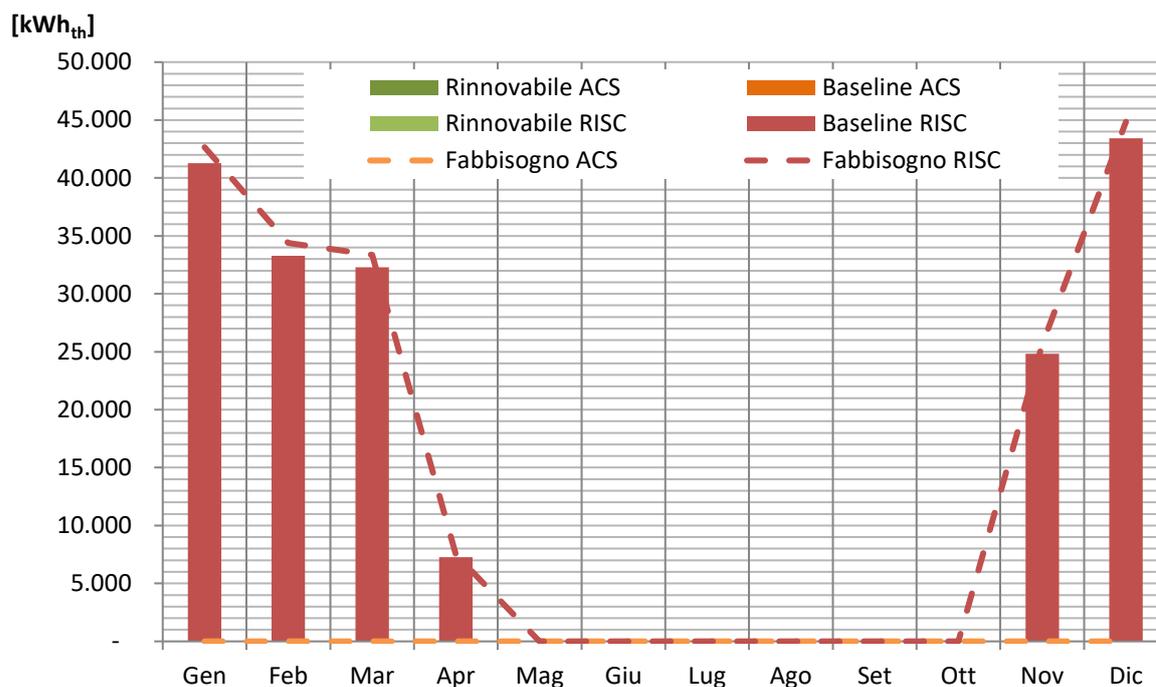


### 6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI

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 **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**

Figura 6.3 – Andamento mensile dei consumi termici ricavati dalla modellazione

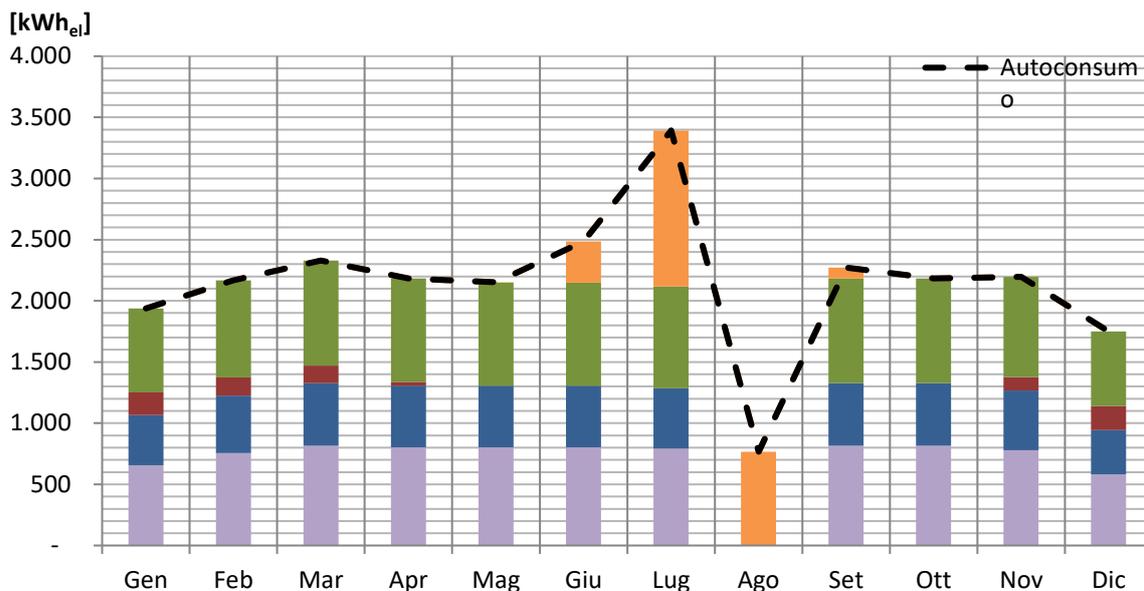


Si può notare come la totalità dei consumi termici sia da attribuirsi all'utilizzo per la climatizzazione dei locali, pertanto gli interventi migliorativi proposti, andranno ad interessare principalmente tale componente.

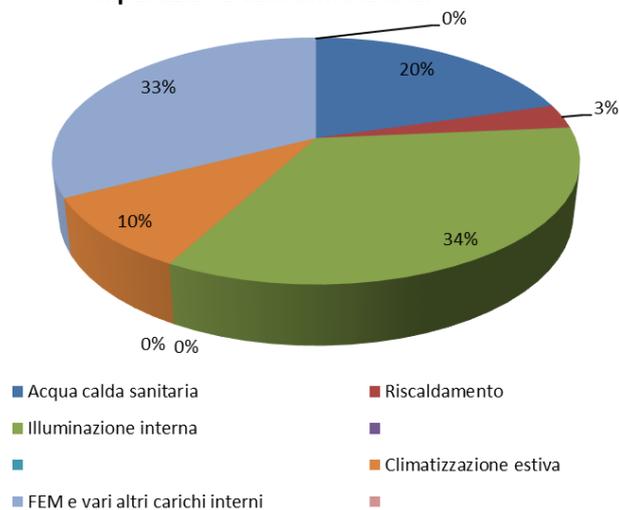
Si è inoltre effettuato un confronto grafico tra i profili mensili ottenuti dalla modellazione termica ed i profili mensili ottenuti tramite la ripartizione dei consumi annuali di Baseline, adibiti al riscaldamento degli ambienti, in funzione dei profili mensili dei  $GG_{rif}$ .

I risultati di tale valutazione sono riportati nella Figura 6.4.

Figura 6.4: Confronto tra gli andamenti mensili dei consumi energetici termici



Ripartizione consumi elettrici



Si può notare come la maggior parte dei consumi sia da attribuirsi alla climatizzazione estiva, all'illuminazione e alle utenze per l'attività didattica.

## 7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO

### 7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI

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

#### 7.1.1 Vettore termico

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

- PDR 1 – 3270049710036: contratto di Servizio Integrato Energia 3 (SIE3) stipulato dalla PA con un soggetto terzo, comprensivo sia la fornitura del vettore energetico che la conduzione e manutenzione degli impianti. Non è stato quindi possibile effettuare un'analisi dei costi di fatturazione del vettore energetico in quanto tali fatture non sono a disposizione della PA ;
- PDR 2 – 03270009435675: contratto di fornitura del solo vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. Tale PDR è utilizzato esclusivamente per i consumi legati alla cucina e quindi non incide sui risultati della presente DE.

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: 3270049710036	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura			
Dati di intestazione fattura	Comune di Genova	Comune di Genova	Comune di Genova
Società di fornitura	n/d	n/d	n/d
Inizio periodo fornitura	n/d	n/d	n/d
Fine periodo fornitura	n/d	n/d	n/d
Classe del contatore	n/d	n/d	n/d
Tipologia di contratto	SIE-Gestione calore	SIE-Gestione calore	SIE-Gestione calore
Opzione tariffaria (*)	n/d	n/d	n/d
Valore del coefficiente correttivo dei consumi	n/d	n/d	n/d
Potere calorifico inferiore convenzionale del combustibile	n/d	n/d	n/d
Prezzi di fornitura del combustibile (*) (IVA INCLUSA)	n/d	n/d	n/d

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

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

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

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

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

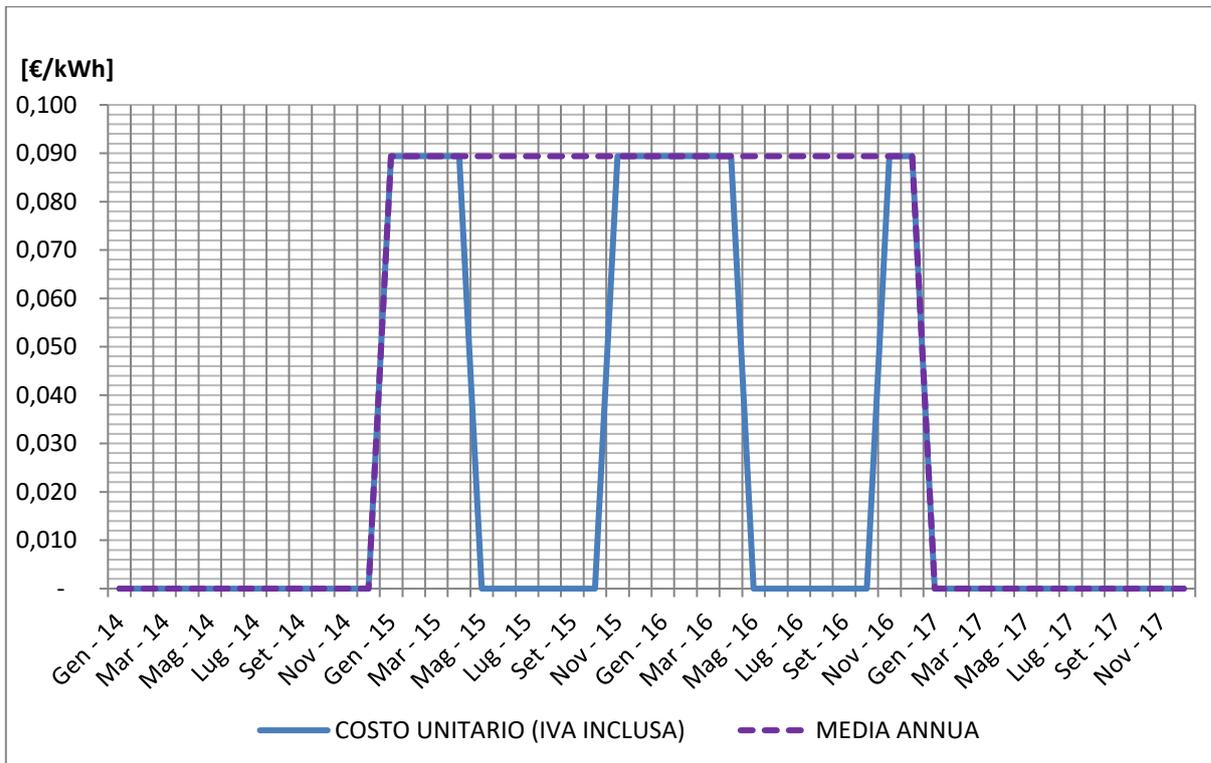
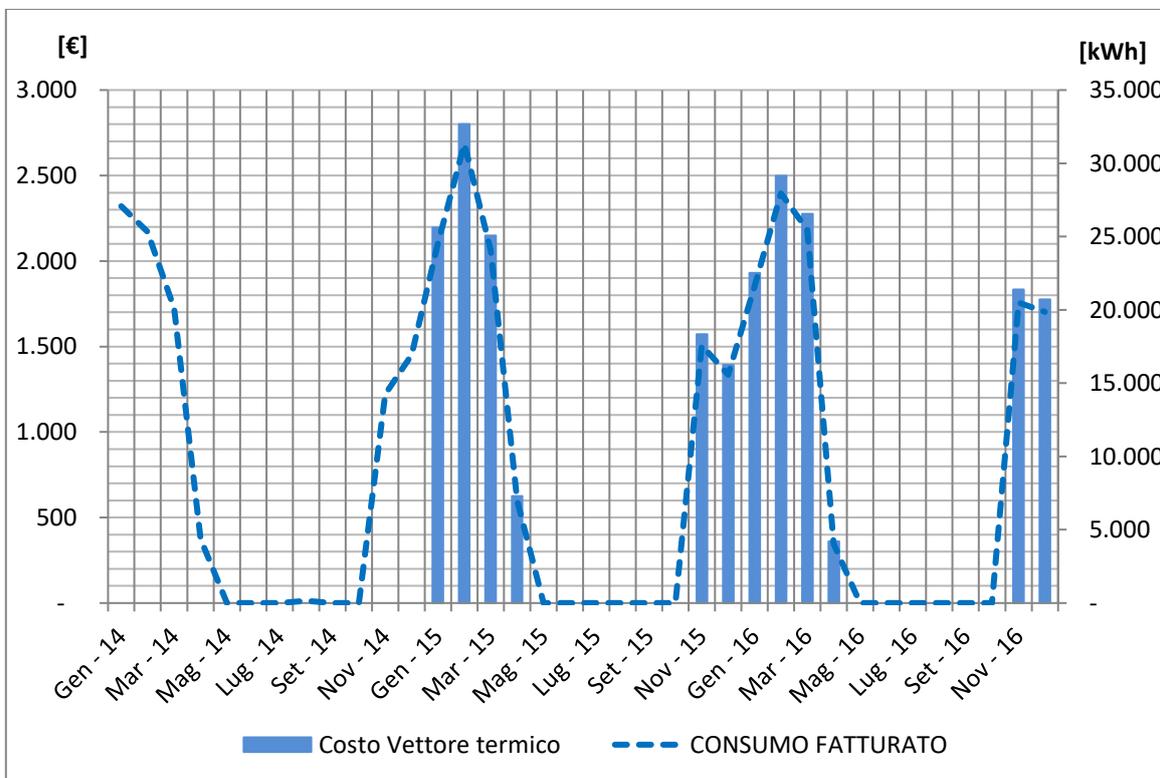


Figura 7.2 – Andamento dei consumi e dei costi dell’energia termica



### 7.1.2 Vettore elettrico

La fornitura del vettore elettrico avviene tramite:

- POD – IT001E00098138: contratto di fornitura del vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. E' stato quindi possibile effettuare un'analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura.

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

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

POD: IT001E00012345	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura			
Dati di intestazione fattura	Comune di Genova	Comune di Genova	Comune di Genova
Società di fornitura	Edison Energia SPA	Gala SPA	Iren Mercato Spa
Inizio periodo fornitura	ott-13	mar-15	apr-16
Fine periodo fornitura	feb-15	mar-16	
Potenza elettrica impegnata	30	30	30
Potenza elettrica disponibile	30	30	30
Tipologia di contratto	Forniture in BT (Escluso IP)	Forniture in BT (Escluso IP)	Forniture in BT (Escluso IP)
Opzione tariffaria <sup>(1)</sup>			
Prezzi del fornitura dell'energia elettrica <sup>(2)</sup>			

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

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

Nella Tabella 7.3 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: IT001E00098138	VENDITA	DISPACCIAMENTO	RETE	ACCISE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO
Anno 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	218	34	273		35	56	616,76	3.335	0,185
Febbraio	171	31	242		30	47	520,61	2.883	0,181
Marzo	170	31	242		30	47	519,87	2.378	0,219
Aprile	149	32	231		22	44	478,75	1.802	0,266
Maggio	237	54	325		40	66	721,22	1.362	0,530
Giugno	196	34	292		27	55	603,79	744	0,812
Luglio	32	8	63		6	11	119,89	486	0,247
Agosto	33	8	66		6	11	123,91	493	0,251
Settembre	177	30	235		24	47	513,70	1.173	0,438
Ottobre	150	29	228		25	43	475,37	1.980	0,240

Novembre	211	41	298		35	58	642,87	2.785	0,231
Dicembre	204	41	297		35		577,03	2.774	0,208
Totale							<b>5.913,77</b>		
<b>POD: IT001E00098138</b>	<b>VENDITA</b>	<b>DISPACCIA MENTO</b>	<b>RETE</b>	<b>ACCISE</b>	<b>IMPOSTE</b>	<b>IVA</b>	<b>TOTALE</b>	<b>CONSUMO FATTURAT O</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>
Anno 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]		[kWh]	[kWh]
Gennaio	200	37	282		35		554,00	2.800	0,198
Febbraio	171	33	263		32	50	548,56	2.527	0,217
Marzo							-	2.378	-
Aprile	117		193	25			335,26	1.802	0,186
Maggio	67		126	15			207,50	1.650	0,126
Giugno	65		125	15			204,57	1.148	0,178
Luglio	55		142	13			210,18	960	0,219
Agosto	88		214	20			321,74	679	0,474
Settembre	40		89	9			138,43	1.173	0,118
Ottobre	66		148	17			230,79	2.670	0,086
Novembre	120		310	36			464,78	2.904	0,160
Dicembre	136		330	39			505,63	2.689	0,188
Totale							<b>3.721,44</b>		
<b>POD: IT001E00098138</b>	<b>VENDITA</b>	<b>DISPACCIA MENTO</b>	<b>RETE</b>	<b>ACCISE</b>	<b>IMPOSTE</b>	<b>IVA</b>	<b>TOTALE</b>	<b>CONSUMO FATTURAT O</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>
Anno 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]		[kWh]	[kWh]
Gennaio	91		190	25			305,73	2.987	0,102
Febbraio	142		333	42			517,12	3.151	0,164
Marzo	159						159,13	3.000	0,053
Aprile							-	2.734	-
Maggio	297	206	394		68	97	1.061,49	2.698	0,393
Giugno	131	98	162		27	42	460,10	2.195	0,210
Luglio	170	99	171		29	47	516,46	2.340	0,221
Agosto							-	1.083	-
Settembre	178	101	178	-	4	31	532,03	2.445	0,218
Ottobre	235	107	211			36	647,70	2.913	0,222
Novembre	290	110	235	-	4	41	737,28	3.256	0,226
Dicembre	257	108	221			38	687,04	3.062	0,224
Totale							<b>5.624,08</b>		

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

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

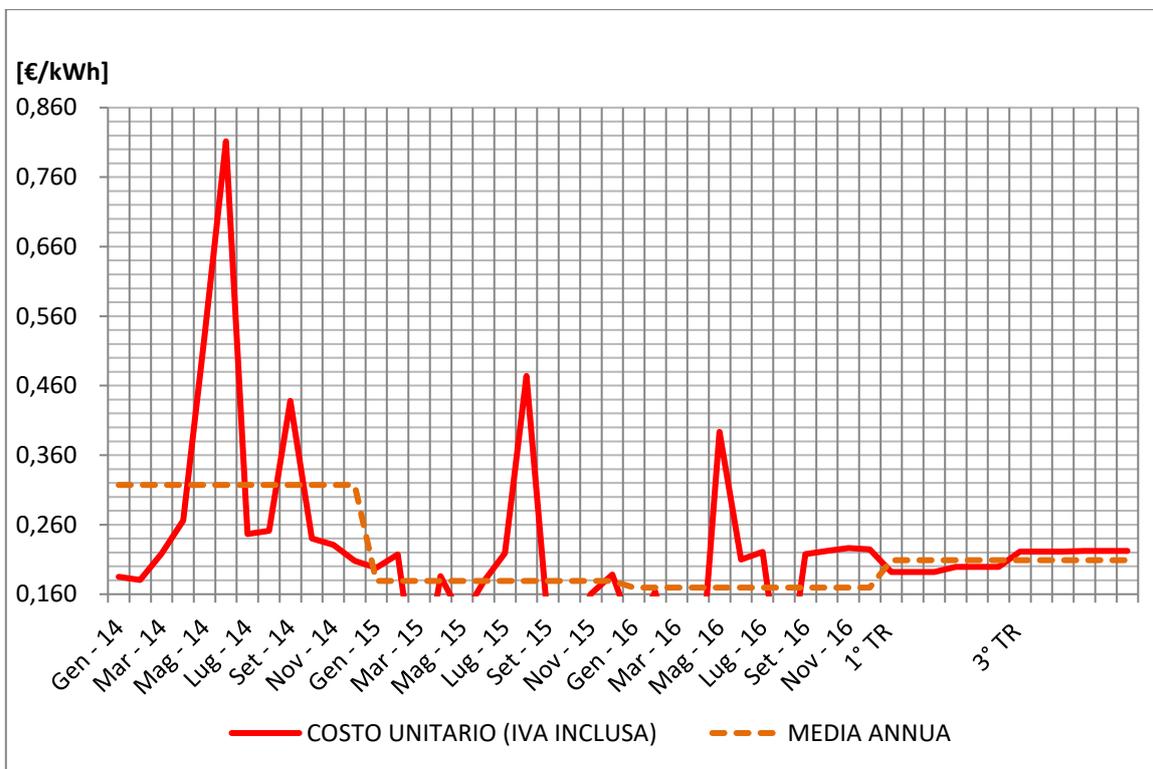
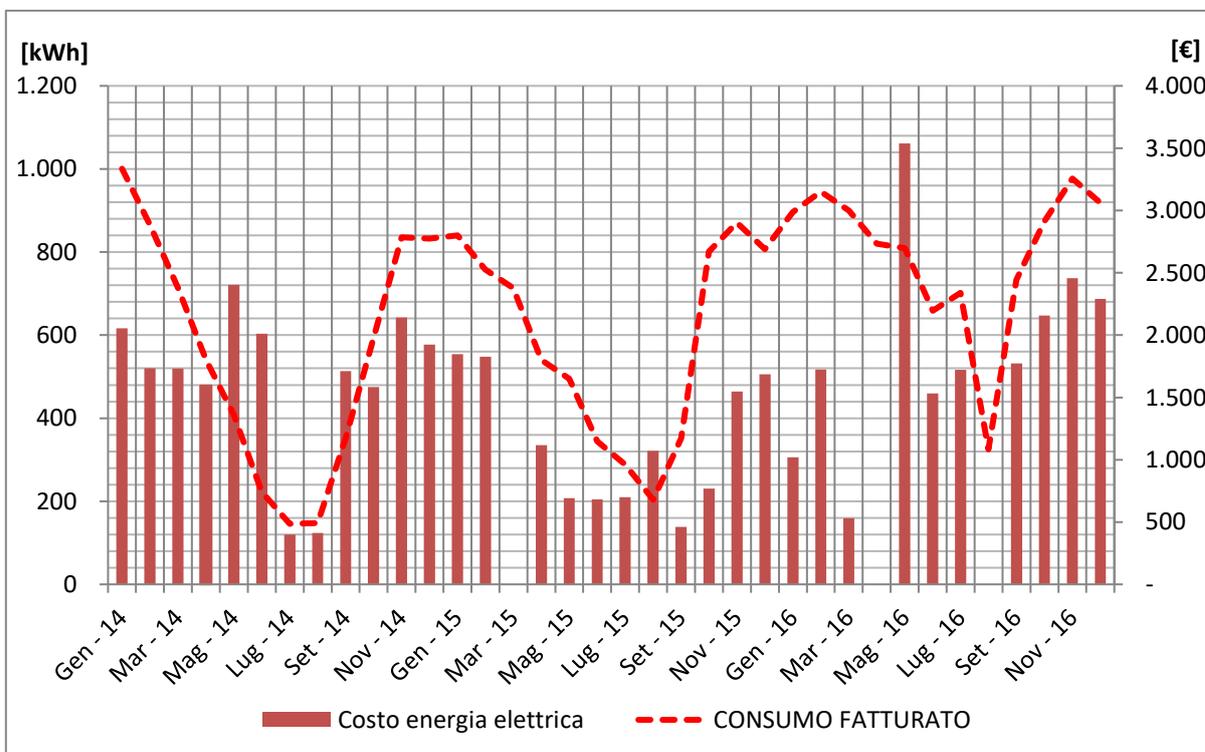


Figura 7.4 – Andamento dei consumi e dei costi dell’energia elettrica



## 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	11.468	-		22.195	5.913,77	0,27	5.913,77
2015	12.749	-		23.380	3.721,44	0,16	3.721,44
2016	12.680	-		31.864	5.624,08	0,18	5.624,08
2017	12.299	10.355,76	0,84	25.813	5.086,43	0,20	5.086,43
Media	11.468	-		22.195	5.913,77	0,27	5.913,77

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	C <sub>UQ</sub> 0,089	[€/kWh]
Costo unitario dell'energia elettrica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	C <sub>UEE</sub> 0,20	[€/kWh]

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

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

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

- L1-042-128: servizio SIE3

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

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

Nel caso di impianti oggetto di contratto di sola conduzione e manutenzione il costo della manutenzione ordinaria C<sub>MO</sub> è stato assunto pari al valore del contratto (C<sub>SIE3</sub>) come fornito all'interno del file kyotoBaseline-EXXXX\_Rev08.

Nel caso di impianto oggetto del contratto Servizio Integrato Energia 3 – Servizio A, in cui è compreso anche il costo del vettore energetico, i costi sono stati definiti come di seguito riportato:

$$C_{MS} = 0.21 \times C_{SIE3}$$

$$C_{MO} = C_{SIE3} - C_{MS}$$

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

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo per la gestione e manutenzione ordinaria	Corrispettivo annuale relativo al contratto O&M in essere	CM <sub>o</sub> 4.502,63	[€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Media relativa a gli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici	CM <sub>s</sub> 1.196,90	[€/anno]

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

Tali servizi prevedono il pagamento di un canone annuale da parte della PA pari a 5699.53€.

## 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<sub>E</sub> pari a 21478,86 €/anno  
e un C<sub>baseline</sub> pari a 27178.39 €/anno.

Figura 7.5 – Confronto tra i costi medi e di baseline

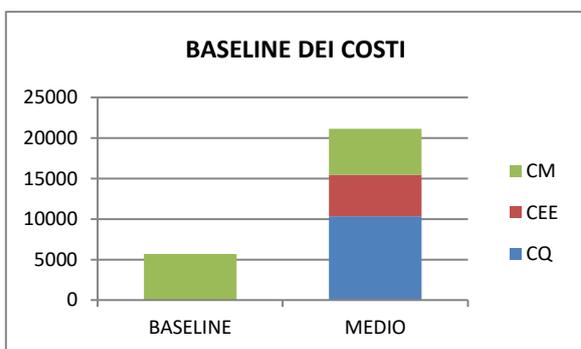
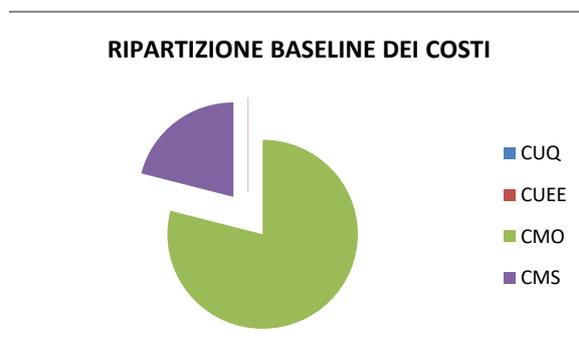


Figura 7.6 – Ripartizione costi di baseline





## 8 IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA

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

#### 8.1.1 Involucro edilizio

##### EEM1: Isolamento pareti verticali con cappotto esterno

###### Generalità

La misura prevede l'installazione di un cappotto esterno costituito da materiale isolante, nel caso analizzato EPS 100, fissato ai profili della parete esistenti. Il sistema è completato con intonaco di finitura, costituito da due strati applicati direttamente ai pannelli isolanti.

Il cappotto esterno consente di ottimizzare le prestazioni termiche dell'edificio, riducendo le dispersioni energetiche e conseguentemente i consumi.

Il cappotto, inoltre, consente di ottenere importanti benefici dal punto di vista termoigrometrico andando ad abbattere il rischio di condense interstiziali e superficiali.

###### Caratteristiche funzionali e tecniche

I pannelli isolanti devono avere superficie massima di 1m<sup>2</sup>. Lo spessore minimo è di 4,0 cm. Nel caso studio si sono scelti di installare 12 cm di isolante di EPS100 con conducibilità pari a 0,33W/m<sup>2</sup>k.

La posa deve essere fatta sfalsando a circa metà larghezza i pannelli o almeno a ¼ del pannello.

L'intonaco armato deve avere uno spessore minimo di 3,0 mm.

L'intonaco di finitura deve avere uno spessore minimo di 1,5 mm.

###### Descrizione dei lavori

La posa deve essere svolta da addetti specializzati.

I lavori prevedono l'installazione di un ponteggio attorno all'area di interesse.

Un collante viene poi applicato ai pannelli e questi vengono fissati alla parete esterna dell'edificio, dal basso verso l'alto, a giunti sfalsati, evitando la presenza di fessure tra i pannelli. In corrispondenza degli spigoli i pannelli devono essere alternati in modo da garantire un assorbimento delle tensioni.

Si procede successivamente con la rasatura sui pannelli mediante spatole metalliche, applicando in seguito la rete di armatura.

Infine si procede stendendo lo strato di finitura.

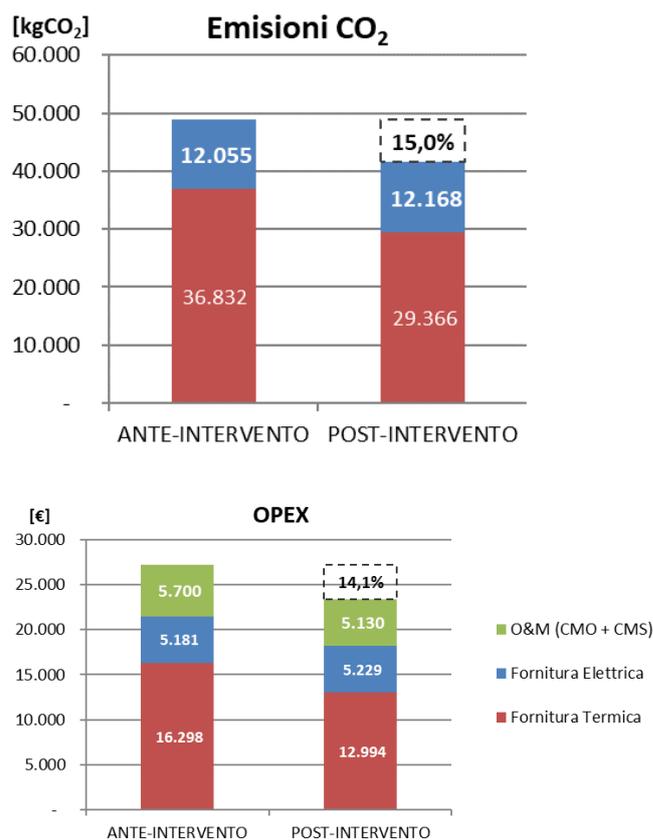
###### Prestazioni raggiungibili

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

Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM1-Isolamento pareti verticali con cappotto esterno

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM1 [Parametro caratteristico dell'intervento]	[W/m <sup>2</sup> K]	1,26	0,225	<b>82,1%</b>
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	188.384	150.197	<b>20,3%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	26.772	27.023	<b>-0,9%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	182.336	145.375	<b>20,3%</b>
EE <sub>baseline</sub>	[kWh]	25.813	26.055	<b>-0,9%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	36.832	29.366	<b>20,3%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	12.055	12.168	<b>-0,9%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>48.887</b>	<b>41.534</b>	<b>15,0%</b>

Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	16.298	12.994	20,3%
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	5.181	5.229	-0,9%
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>21.479</b>	<b>18.224</b>	<b>15,2%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	4.503	4.052	10,0%
C <sub>MS</sub>	[€]	1.197	1.077	10,0%
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	5.700	5.130	10,0%
<b>OPEX</b>	<b>[€]</b>	<b>27.178</b>	<b>23.353</b>	<b>14,1%</b>
Classe energetica	[-]	E	D	+1 classi

Figura 8.1 – EEM1: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO<sub>2</sub> a partire dalla baseline

### EEM2: Isolamento copertura dall'interno con pannelli

#### Generalità

La misura prevede l'installazione di un cappotto interno costituito da pannelli isolanti, nel caso analizzato EPS 100, fissato e tassellato alla copertura esistente. Il sistema è completato con intonaco di finitura.

L'isolamento della copertura consente di ottimizzare le prestazioni termiche dell'edificio, riducendo le dispersioni energetiche e conseguentemente i consumi. Inoltre è in grado di apportare benefici sia durante il periodo invernale che durante quello estivo, migliorando il comfort abitativo.

#### Caratteristiche funzionali e tecniche

Sono stati considerati pannelli con spessore di 120cm in EPS100 con conducibilità pari a 0,33W/m<sup>2</sup>k. E' importante collocare anche una barriera a vapore per assicurare l'assenza del rischio di condensazione interstiziale.

#### Descrizione dei lavori

La posa deve essere svolta da addetti specializzati.

Un collante viene applicato ai pannelli e questi vengono fissati all'interno della copertura, evitando la presenza di fessure tra i pannelli. Fissati i pannelli si procede stendendo l'intonaco di finitura.

Essendo un cappotto interno si procederà allo spostamento e ricollocamento di tutte le utenze elettriche coinvolte l'impianto di illuminazione.

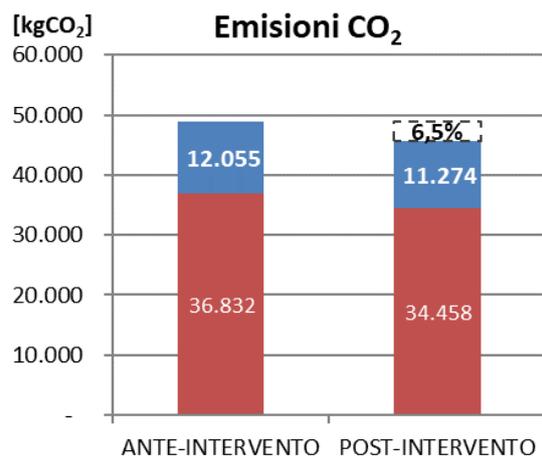
### Prestazioni raggiungibili

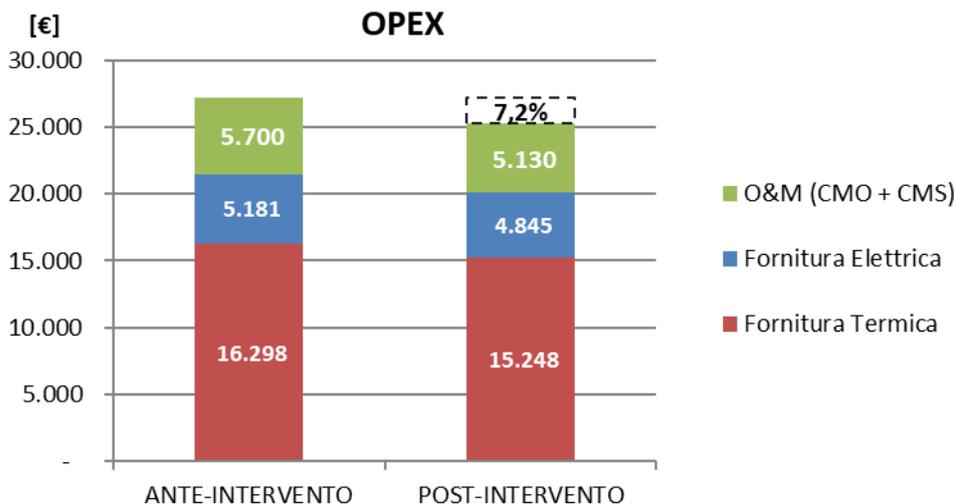
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM2 sono riportati nella tabella 8.2

Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM2- Isolamento copertura dall'interno con pannelli

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM2 [Parametro caratteristico dell'intervento]	[W/m <sup>2</sup> K]	1,434	0,23	<b>84,0%</b>
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	188.384	176.242	<b>6,4%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	26.772	25.039	<b>6,5%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	182.336	170.584	<b>6,4%</b>
EE <sub>baseline</sub>	[kWh]	25.813	24.142	<b>6,5%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	36.832	34.458	<b>6,4%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	12.055	11.274	<b>6,5%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>48.887</b>	<b>45.732</b>	<b>6,5%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	16.298	15.248	<b>6,4%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	5.181	4.845	<b>6,5%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>21.479</b>	<b>20.093</b>	<b>6,5%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	4.503	4.052	<b>10,0%</b>
C <sub>MS</sub>	[€]	1.197	1.077	<b>10,0%</b>
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>5.700</b>	<b>5.130</b>	<b>10,0%</b>
OPEX	[€]	<b>27.178</b>	<b>25.223</b>	<b>7,2%</b>
Classe energetica	[-]	E	E	+0 classi

Figura 8.2 – EEM2: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO<sub>2</sub> a partire dalla baseline





### **EEM3: Isolamento copertura dall'interno con pannelli**

#### **Generalità**

La misura prevede l'installazione nei solai di pavimentazione verso l'esterno e verso locali non riscaldati di pannelli isolanti, nel caso analizzato EPS 100, fissato e tassellato alla struttura esistente. I pannelli vengono installati già preaccoppiati con lastre di cartongesso.

L'isolamento della pavimentazione consente di ottimizzare le prestazioni termiche dell'edificio, riducendo le dispersioni energetiche e conseguentemente i consumi.

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

Sono stati considerati pannelli con spessore di 120cm in EPS100 con conducibilità pari a 0,33W/m<sup>2</sup>k. E' importante collocare anche una barriera a vapore per assicurare l'assenza del rischio di condensazione interstiziale.

#### **Descrizione dei lavori**

La posa deve essere svolta da addetti specializzati.

Un collante viene applicato ai pannelli e questi vengono fissati all'interno della copertura, evitando la presenza di fessure tra i pannelli.

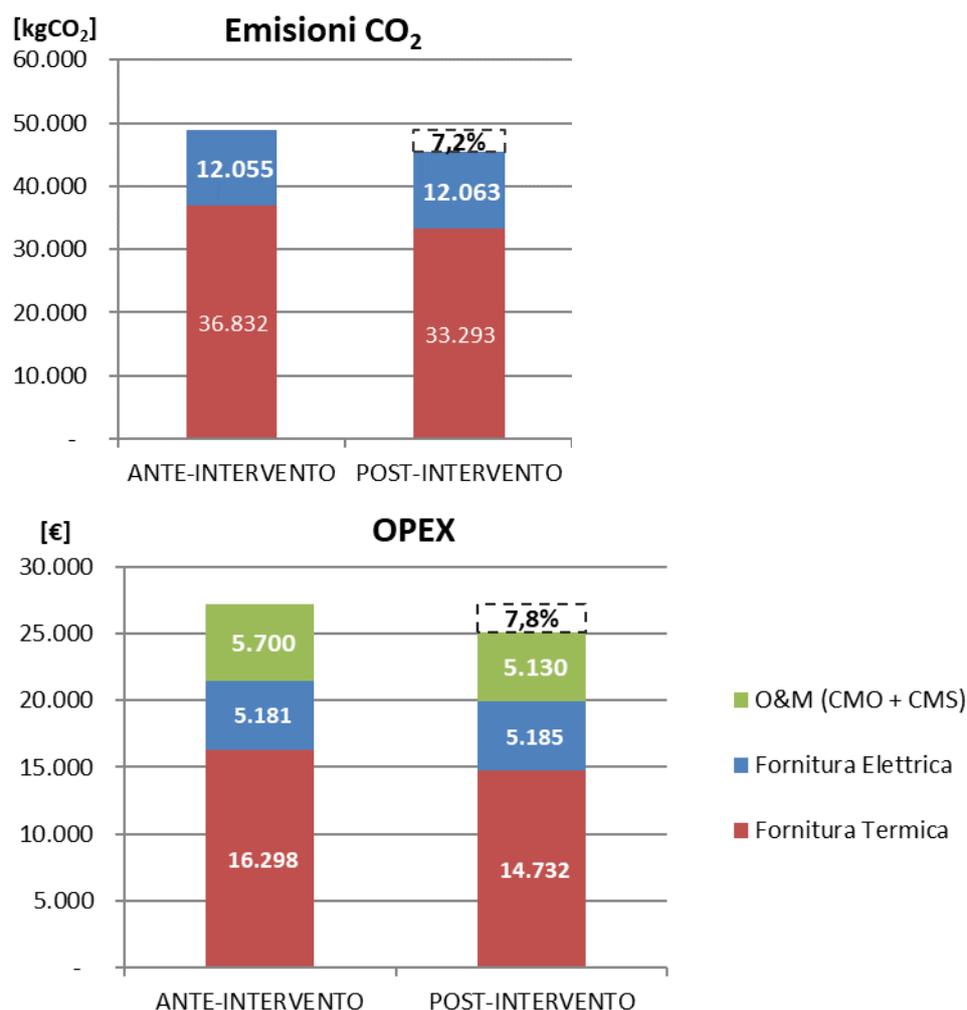
#### **Prestazioni raggiungibili**

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

Tabella 8.3 – Risultati analisi EEM3- Isolamento della copertura dall'interno con pannelli

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM2 [Parametro caratteristico dell'intervento]	[W/m <sup>2</sup> k]	1,23	0,224	<b>81,8%</b>
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	188.384	170.285	<b>9,6%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	26.772	26.791	<b>-0,1%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	182.336	164.819	<b>9,6%</b>
EE <sub>baseline</sub>	[kWh]	25.813	25.831	<b>-0,1%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	36.832	33.293	<b>9,6%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	12.055	12.063	<b>-0,1%</b>

Emiss. CO2 TOT	[kgCO <sub>2</sub> ]	48.887	45.357	7,2%
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	16.298	14.732	9,6%
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	5.181	5.185	-0,1%
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>21.479</b>	<b>19.917</b>	<b>7,3%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	4.503	4.052	10,0%
C <sub>MS</sub>	[€]	1.197	1.077	10,0%
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	5.700	5.130	10,0%
OPEX	[€]	27.178	25.046	7,8%
Classe energetica	[-]	E	E	+0 classi

 Figura 8.3 – EEM3: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO<sub>2</sub> a partire dalla baseline


#### **EEM4: Sostituzione del serramento comprensiva del telaio e del vetro**

##### **Generalità**

La misura prevede l'installazione di nuovi serramenti con telaio in PVC e triplo vetro.

La sostituzione dei serramenti consente di ottimizzare le prestazioni termiche dell'edificio, riducendo le dispersioni energetiche e conseguentemente i consumi.

### Caratteristiche funzionali e tecniche

Si sono considerati serramenti con telaio in PVC con conducibilità pari a 1.1 W/mqK. Si è ipotizzato un triplo vetro 4-12-4-12-4 con conducibilità pari a 0.8 W/mqk.

Il serramento complessivamente risulta avere una conducibilità pari a 0.944 W/mqK.

### Descrizione dei lavori

L'intervento deve essere svolto da addetti specializzati. Si procede con la rimozione dei vecchi serramenti esistenti. Successivamente si installano i nuovi serramenti in modo tale da garantire una corretta posa in opera al fine di assicurare la tenuta all'aria e all'acqua, ottimizzando le prestazioni termiche.

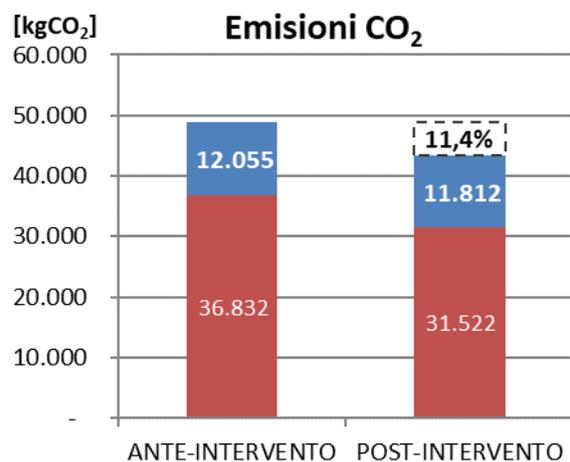
### Prestazioni raggiungibili

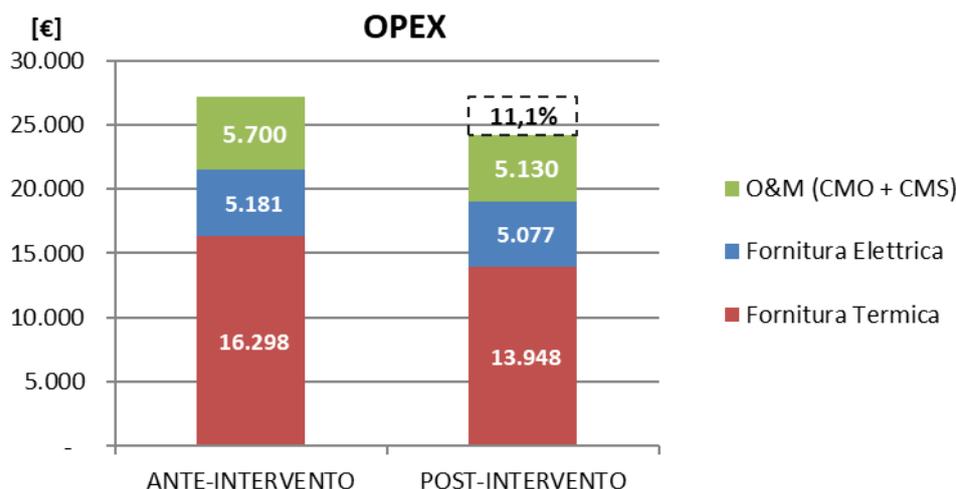
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM4 sono riportati nella nella tabella 8.4

Tabella 8.4 – Risultati analisi EEM4 – Sostituzione del serramento comprensiva del telaio e del vetro

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Serramenti	[W/m²K]	3,783	0,944	<b>75,0%</b>
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	188.384	161.223	<b>14,4%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	26.772	26.233	<b>2,0%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	182.336	156.047	<b>14,4%</b>
EE <sub>baseline</sub>	[kWh]	25.813	25.293	<b>2,0%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	36.832	31.522	<b>14,4%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	12.055	11.812	<b>2,0%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>48.887</b>	<b>43.334</b>	<b>11,4%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	16.298	13.948	<b>14,4%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	5.181	5.077	<b>2,0%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>21.479</b>	<b>19.025</b>	<b>11,4%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	4.503	4.052	<b>10,0%</b>
C <sub>MS</sub>	[€]	1.197	1.077	<b>10,0%</b>
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>5.700</b>	<b>5.130</b>	<b>10,0%</b>
OPEX	[€]	<b>27.178</b>	<b>24.154</b>	<b>11,1%</b>
Classe energetica	[-]	E	E	+0 classi

Figura 8.4 – EEM4: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO2 a partire dalla baseline





### 8.1.2 Impianto riscaldamento

#### **EEM5: Installazione di valvole termostatiche complete di collegamenti sui radiatori**

##### **Generalità**

L'intervento consiste nell'installazione su tutti i radiatori dell'edificio di valvole termostatiche e relativi comandi.

Questo intervento permette di ottenere un risparmio energetico legato all'effettiva richiesta di carico termico differenziabile per ciascun ambiente di ogni zona climatizzata con un sensibile aumento. Al fine di un corretto funzionamento è prevista l'installazione di una pompa modulante in sostituzione a quella esistente.

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

L'installazione delle valvole termostatiche consente di incrementare notevolmente il rendimento di generazione, andando ad intervenire sulla temperatura di set point locale per locale.

Con questa soluzione il rendimento di regolazione risulta pari al 98 % (regolazione ambiente con banda proporzionale ad 1°C).

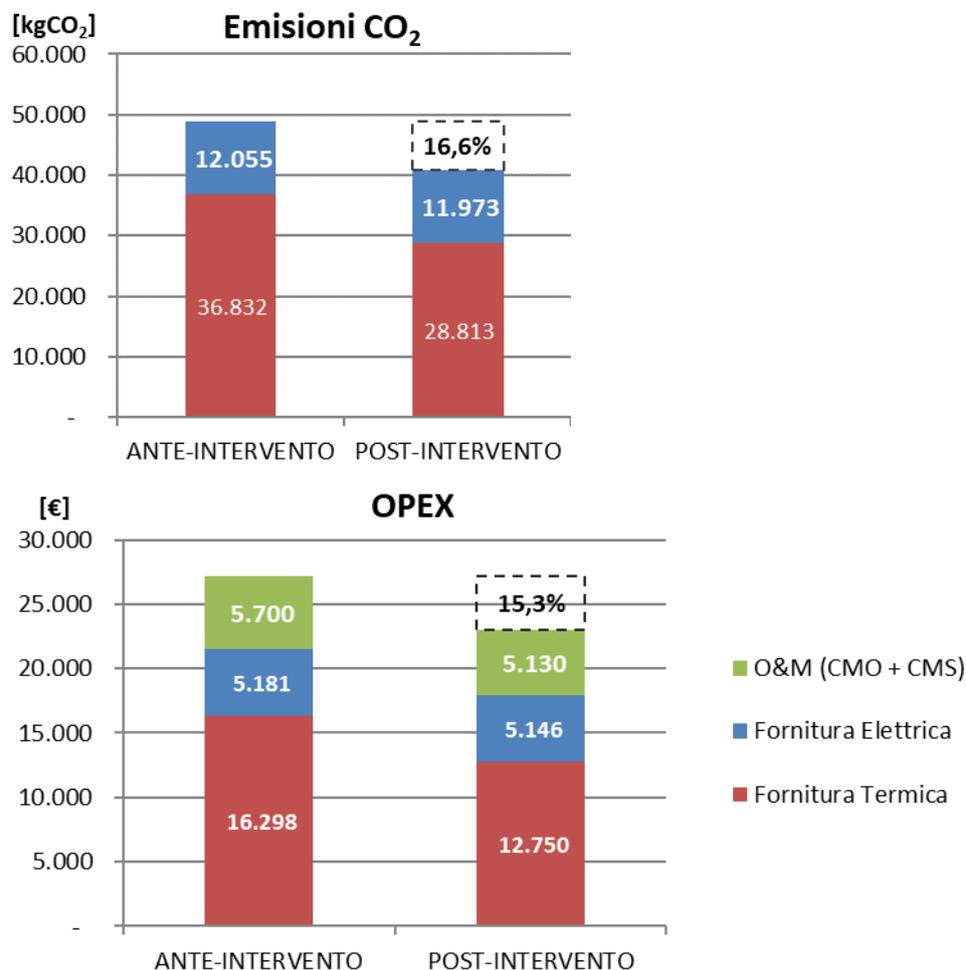
##### **Prestazioni raggiungibili**

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

Tabella 8.5 – Risultati analisi EEM5-Installazione di valvole termostatiche complete di collegamenti sui radiatori

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Rendimento regolazione	%	67,2	98	-45,8%
$Q_{teorico}$	[kWh]	188.384	147.370	21,8%
$EE_{teorico}$	[kWh]	26.772	26.591	0,7%
$Q_{baseline}$	[kWh]	182.336	142.639	21,8%
$EE_{baseline}$	[kWh]	25.813	25.638	0,7%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	36.832	28.813	21,8%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	12.055	11.973	0,7%
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>48.887</b>	<b>40.786</b>	<b>16,6%</b>
Fornitura Termica, $C_Q$	[€]	16.298	12.750	21,8%
Fornitura Elettrica, $C_{EE}$	[€]	5.181	5.146	0,7%
<b>Fornitura Energia, <math>C_E</math></b>	<b>[€]</b>	<b>21.479</b>	<b>17.896</b>	<b>16,7%</b>
$C_{MO}$	[€]	4.503	4.052	10,0%

C <sub>MS</sub>	[€]	1.197	1.077	10,0%
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	5.700	5.130	10,0%
OPEX	[€]	27.178	23.025	15,3%
Classe energetica	[-]	E	D	+1 classi

Figura 8.5 – EEM5: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO<sub>2</sub> a partire dalla baseline**EEM6: Installazione caldaia a condensazione****Generalità**

L'intervento consiste nella sostituzione dell'attuale generatore di calore con una caldaia a condensazione ad alto rendimento. La potenzialità è valutata in base alla combinazione o meno di questo intervento con interventi sull'involucro.

Per la sola sostituzione della caldaia si è valutata una potenzialità pari a 250 kW.

In combinazione con EEM1 e EEM5 una potenzialità pari a 175 kW.

In combinazione con EEM2, EEM3, EEM5 una potenzialità pari a 150 kW.

L'installazione di un nuovo generatore ad alta efficienza comporta un risparmio energetico, maggiore sicurezza ed affidabilità, minori emissioni inquinanti in ambiente ed una migliore efficienza ai carichi parziali in funzione del fattore di carico dell'edificio.

**Caratteristiche funzionali e tecniche**

L'installazione di un generatore a condensazione consente di ottenere un rendimento di generazione pari al 98.5%.

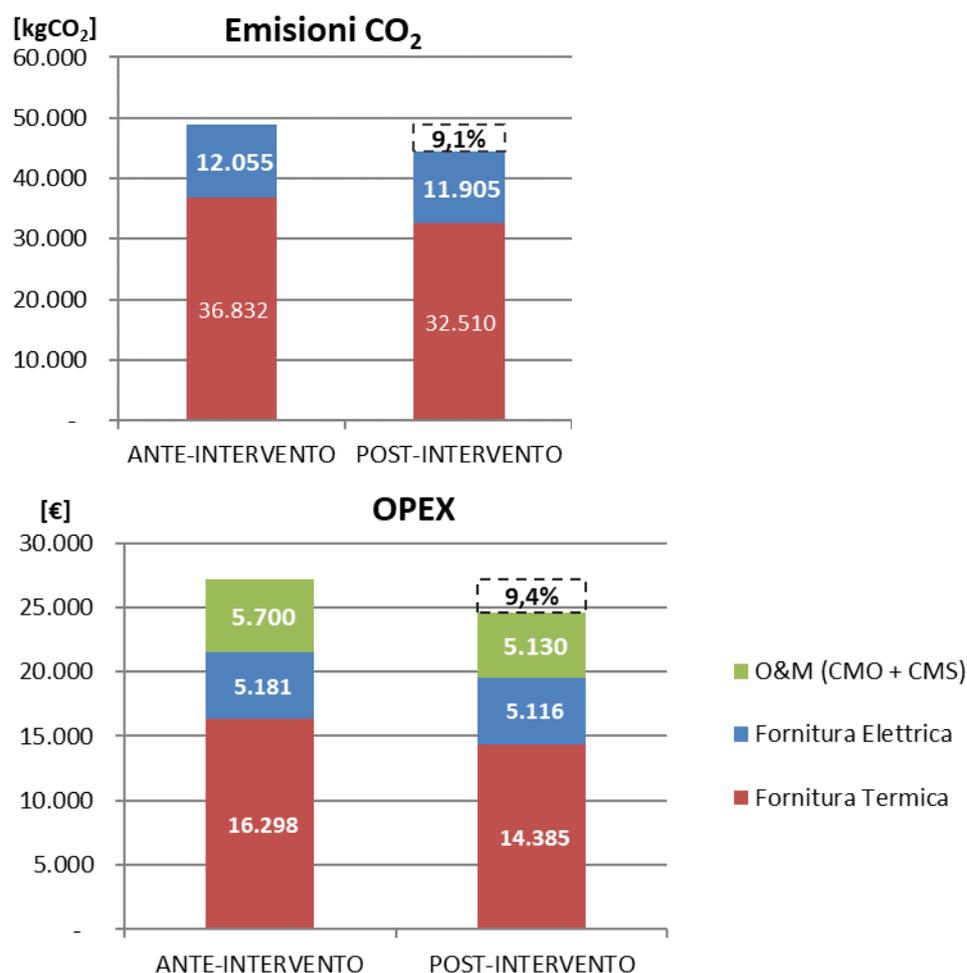
**Prestazioni raggiungibili**

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM6 sono riportati nella Tabella 8.6.

Tabella 8.6 – Risultati analisi EEM6-Installazione caldaia a condensazione

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Rendimento generazione	%	85,9	98	-14,1%
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	188.384	166.276	11,7%
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	26.772	26.439	1,2%
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	182.336	160.938	11,7%
EE <sub>baseline</sub>	[kWh]	25.813	25.492	1,2%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	36.832	32.510	11,7%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	12.055	11.905	1,2%
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>48.887</b>	<b>44.414</b>	<b>9,1%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	16.298	14.385	11,7%
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	5.181	5.116	1,2%
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>21.479</b>	<b>19.502</b>	<b>9,2%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	4.503	4.052	10,0%
C <sub>MS</sub>	[€]	1.197	1.077	10,0%
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>5.700</b>	<b>5.130</b>	<b>10,0%</b>
OPEX	[€]	<b>27.178</b>	<b>24.631</b>	<b>9,4%</b>
Classe energetica	[-]	E	E	+0 classi

Figura 8.6 – EEM6: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO<sub>2</sub> a partire dalla baseline



### 8.1.3 Impianto di illuminazione

#### **EEM7: Installazione lampade a LED a basso consumo**

##### **Generalità**

Si prevede la sostituzione delle pre-esistenti sorgenti luminose con sorgenti luminose a LED più efficienti nel rispetto dei livelli di illuminamento preesistenti.

Una maggiore efficienza luminosa consente di ridurre i consumi di energia elettrica e di aumentare la vita utile dei singoli corpi illuminanti.

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

Si sostituiscono le sorgenti luminose seguenti:

- Lampade fluorescenti 2x36W con lampade LED da 39 W;
- Lampade fluorescenti 1x36W con lampade LED da 20 W;
- Lampade fluorescenti 2x58W con lampade LED da 58 W;
- Lampade fluorescenti 200W con lampade LED da 68 W;
- Lampade fluorescenti 1x18W con lampade LED da 10 W;

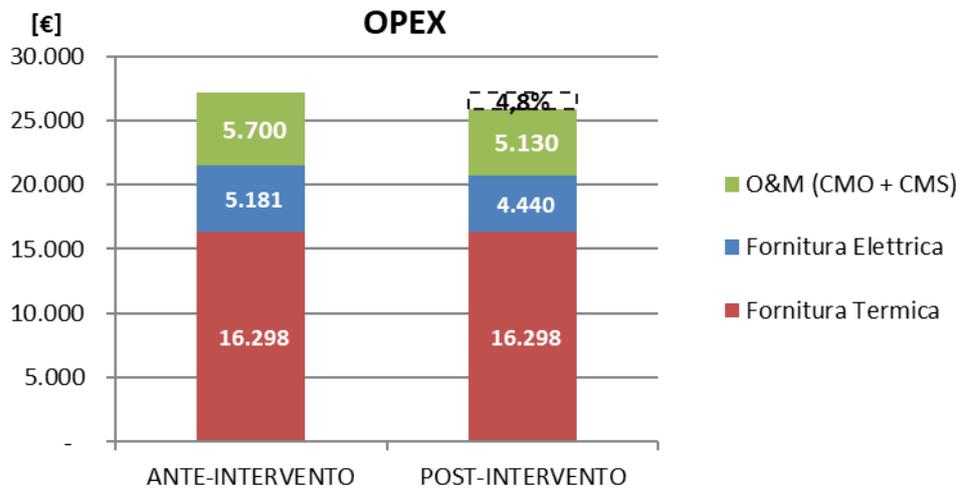
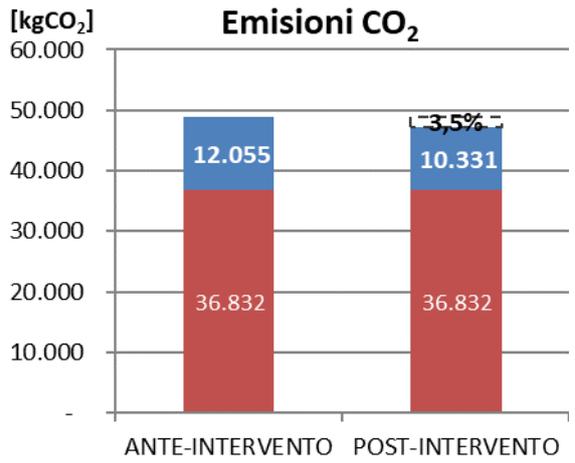
##### **Prestazioni raggiungibili**

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM7 sono riportati nella Tabella 8.7.

Tabella 8.7 – Risultati analisi EEM7-Installazione lampade a LED a basso consumo

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Potenza Lampada	W	72	36	50,0%
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	188.384	188.384	0,0%
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	26.772	22.945	14,3%
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	182.336	182.336	0,0%
EE <sub>Baseline</sub>	[kWh]	25.813	22.123	14,3%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	36.832	36.832	0,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	12.055	10.331	14,3%
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>48.887</b>	<b>47.163</b>	<b>3,5%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	16.298	16.298	0,0%
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	5.181	4.440	14,3%
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>21.479</b>	<b>20.738</b>	<b>3,4%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	4.503	4.052	10,0%
C <sub>MS</sub>	[€]	1.197	1.077	10,0%
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	5.700	5.130	10,0%
OPEX	[€]	27.178	25.868	4,8%
Classe energetica	[-]	E	E	+0 classi

Figura 8.7 – EEM7: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO2 a partire dalla baseline



## 9 VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA

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

#### **EEM1: Isolamento con cappotto esterno**

Nella Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 1.

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

Tabella 9.1 – Analisi dei costi della EEM1

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
Fornitura materiale isolante 12cm	Prezziario Opere Edili Regione Liguria	1223,29	mq	8,4	10275,6	22%	12536,3
Materiale di consumo	Prezziario Opere Edili Regione Liguria	2,50%			256,9	22%	313,4
Preparazione muratura	Prezziario Opere Edili Regione Liguria	1223,29	mq	7,23	8844,4	22%	10790,2
Posa in opera	Prezziario Opere Edili Regione Liguria	1223,29	mq	14,2	17370,7	22%	21192,3
Ponteggio e cantiere	Prezziario Opere Edili Regione Liguria	1223,29	mq	18	22019,2	22%	26863,4
Finiture (finestre, bancali, gronde, etc...)	Prezziario Opere Edili Regione Liguria	1223,29	mq	13	15902,8	22%	19401,4
Spese tecniche (8%)		8%			7287,8	22%	8891,1
Costi per la sicurezza (3%)		3%			2732,9	22%	3334,1
<b>TOTALE (I<sub>0</sub> – EEM1)</b>					<b>84690,3</b>		<b>103322,1</b>
Incentivi	[Conto termico]						€ 41.328,86
Durata incentivi							1
Incentivo annuo							41328,9

#### **EEM2: Isolamento copertura dall'interno con pannelli**

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

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

Tabella 9.2– Analisi dei costi della EEM2

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
Fornitura materiale isolante 12cm	Prezziario Opere Edili Regione Liguria	643,83	mq	8,4	5408,2	22%	6598,0

	Prezziario Opere Edili Regione Liguria	2,50%			135,2	22%	164,9
Materiale di consumo	Prezziario Opere Edili Regione Liguria	643,83	mq	6,66	4287,9	22%	5231,2
Posa in opera							
Spese tecniche (8%)		8%			959,5	22%	1170,6
Costi per la sicurezza (3%)		3%			359,8	22%	439,0
TOTALE (I <sub>0</sub> – EEM1)					11150,6		13603,8
Incentivi	[Conto termico]						€ 5.441,51
Durata incentivi							1
Incentivo annuo							5441,51

### **EEM3: Isolamento copertura dall'interno con pannelli**

Nella Tabella 9.3 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 3.

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

Tabella 9.3– Analisi dei costi della EEM3

DESCRIZIONE	FORTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
Fornitura materiale isolante 12cm	Prezziario Opere Edili Regione Liguria	712,14	mq	8,4	5982,0	22%	7298,0
Materiale di consumo	Prezziario Opere Edili Regione Liguria	2,50%			149,5	22%	182,5
Posa in opera	Prezziario Opere Edili Regione Liguria	712,4	mq	6,66	4744,6	22%	5788,4
Spese tecniche (8%)		8%			1061,5	22%	1295,0
Costi per la sicurezza (3%)		3%			398,1	22%	485,6
TOTALE (I <sub>0</sub> – EEM1)					12335,7		15049,5
Incentivi	[Conto termico]						€ 6.019,81
Durata incentivi							1
Incentivo annuo							6019,81

### **EEM4: Sostituzione del serramento comprensiva del telaio e del vetro**

Nella Tabella 9.4 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 4.

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

Tabella 9.4– Analisi dei costi della EEM4

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO [€/n° o €/m²]	TOTALE	IVA	TOTALE
					(IVA ESCLUSA)		(IVA INCLUSA)
					[€]	[€]	[€]
Fornitura serramenti con serramenti in PVC, triplo vetro.	Prezziario Opere Edili Regione Liguria	360,55	mq	374,44	135004,3	22%	164705,3
Smontaggio vecchi serramenti	Prezziario Opere Edili Regione Liguria	360,55	mq	50	18027,5	22%	21993,6
Posa in opera serramenti	Prezziario Opere Edili Regione Liguria	360,55	mq	50	18027,5	22%	21993,6
Spese tecniche (8%)		8%			16695,4	22%	20368,4
Costi per la sicurezza (3%)					0,0	22%	0,0
<b>TOTALE (I<sub>0</sub> – EEM1)</b>					<b>187754,7</b>		<b>229060,8</b>
Incentivi	[Conto termico]					€	64.899,00
Durata incentivi							1
Incentivo annuo							64899

**EEM5: Installazione di valvole termostatiche complete di collegamenti sui radiatori**

Nella Tabella 9.5 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 5.

La realizzazione di tale intervento non consente l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0.

Tabella 9.5– Analisi dei costi della EEM5

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	TOTALE	IVA	TOTALE
					(IVA ESCLUSA)		(IVA INCLUSA)
Fornitura valvole termostatiche	Prezziario Opere Edili Regione Liguria	53	n°	41,37	2192,6	22%	2675,0
Posa in opera valvole termostatiche	Prezziario Opere Edili Regione Liguria	53	n°	52,71	2793,6	22%	3408,2
Installazione pompa circolazione modulante	Prezziario Opere Edili Regione Liguria	1	n°	3402,2	3402,2	22%	4150,7
Spese tecniche (8%)		8%			486,7	22%	593,7
Costi per la sicurezza (3%)					0,0	22%	0,0
<b>TOTALE (I<sub>0</sub> – EEM1)</b>					<b>8875,1</b>		<b>10827,6</b>

**EEM6: Installazione caldaia a condensazione**

Nella Tabella 9.6 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 6.

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

Tabella 9.6– Analisi dei costi della EEM6

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	[€]	[€]	[€]
Rimozione Caldaia	Prezziario Opere Edili Regione Liguria	1		1311,39	1311,4	22%	1599,9
Sistemazione centrale	Prezziario Opere Edili Regione Liguria	1,00		1855,25	1855,3	22%	2263,4
Installazione caldaia	Prezziario Opere Edili Regione Liguria	1,00		35097,64	35097,6	22%	42819,1
Canna fumaria	Prezziario Opere Edili Regione Liguria	1,00		752,02	752,0	22%	917,5
Circuiti	Prezziario Opere Edili Regione Liguria	2,00		522	1044,0	22%	1273,7
Termoregolazione	Prezziario Opere Edili Regione Liguria	2,00		402,79	805,6	22%	982,8
Impianto elettrico in centrale	Prezziario Opere Edili Regione Liguria	1,00		983,61	983,6	22%	1200,0
Progetto impianto gas	Prezziario Opere Edili Regione Liguria	1,00		614,75	614,8	22%	750,0
Pratica prevenzione incendi	Prezziario Opere Edili Regione Liguria	1,00		655,74	655,7	22%	800,0
Pratica INAIL	Prezziario Opere Edili Regione Liguria	1,00		327,87	327,9	22%	400,0
Spese tecniche (8%)		8%			4240,5	22%	5173,4
Costi per la sicurezza (3%)		0%			0,0	22%	0,0
<b>TOTALE (I<sub>0</sub>– EEM1)</b>					<b>47688,4</b>		<b>58179,8</b>
Incentivi	[Conto termico ]						13000
Durata incentivi							1
Incentivo annuo							13000

### **EEM7: Installazione lampade a LED a basso consumo**

Nella Tabella 9.7 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 7.

La realizzazione di tale intervento non consente l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0.

Tabella 9.7– Analisi dei costi della EEM7

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	TOTALE	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
					(IVA ESCLUSA)		
Installazione LED 39W	Prezziario Opere Edili Regione Liguria	103		74,24	7646,7	22%	9329,0
Installazione LED 20 W	Prezziario Opere Edili Regione Liguria	28,00		63,8	1786,4	22%	2179,4
Installazione LED 58 W	Prezziario Opere Edili Regione Liguria	1,00		174	174,0	22%	212,3

Prezziario Opere Edili Regione Liguria	1,00	260	260,0	22%	317,2
Installazione LED 68 W					
Prezziario Opere Edili Regione Liguria	4,00	27,6	110,4	22%	134,7
Installazione LED 10 W					
Spese tecniche (8%)	8%		973,8	22%	1188,0
Costi per la sicurezza (3%)	3%		365,2	22%	445,5
<b>TOTALE (I<sub>0</sub> – EEM1)</b>			11316,5		13806,1

## 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 utile per le singoli EEM proposte, o, 15 anni per 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:  $R = 5\%$
- Tasso di inflazione:  $f = 0\%$
- Deriva dell'inflazione relativa al costo dei vettori energetici e dei servizi di manutenzione:  $f' = 1\%$ .
- Tasso di attualizzazione, o c.d. di interessi reali:  $i = R - f - f' = 4\%$

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

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

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

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

### EEM1: Isolamento con cappotto esterno

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

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	103.322
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	41.329
Durata incentivo	$n_B$	anni	1
Tasso di attualizzazione	$i$	[%]	3,5%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	24,3	13,8
Tempo di rientro attualizzato	TRA	40,7	21,8
Valore attuale netto	VAN	- 27.995	11.744
Tasso interno di rendimento	TIR	1,3%	5,6%
Indice di profitto	IP	-0,27	0,11

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

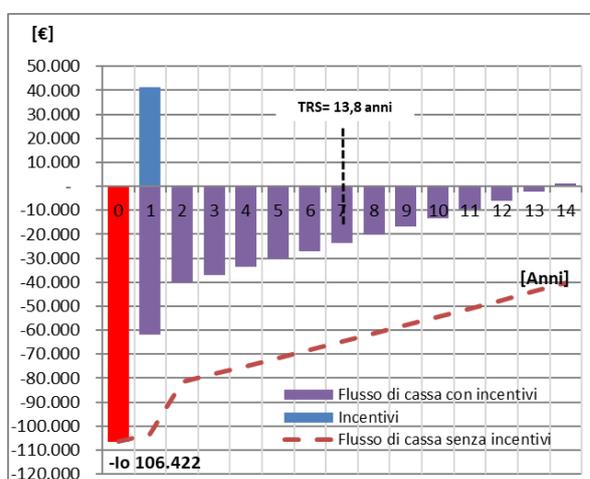
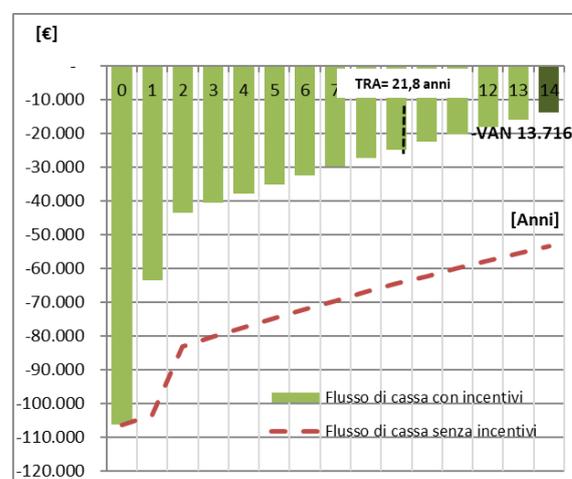


Figura 9.2 – EEM1: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



### EEM2: Isolamento copertura dall'interno con pannelli

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

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE	
Investimento Iniziale	$I_0$	€	13.604
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	5.442
Durata incentivo	$n_B$	anni	1
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	6,9	3,9
Tempo di rientro attualizzato	TRA	8,5	4,7
Valore attuale netto	VAN	19.160	24.392
Tasso interno di rendimento	TIR	14,0%	21,5%

Indice di profitto	IP	1,41	1,79
--------------------	----	------	------

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

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

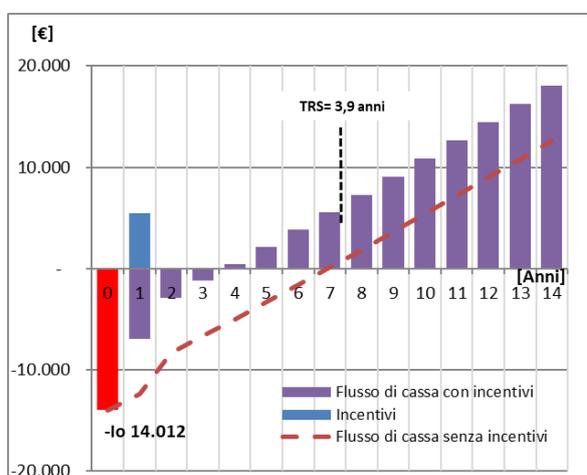
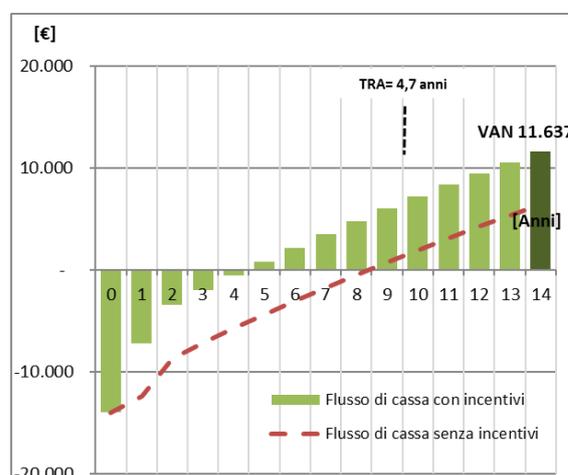


Figura 9.4 – EEM2: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



### EEM3: Isolamento copertura dall'interno con pannelli

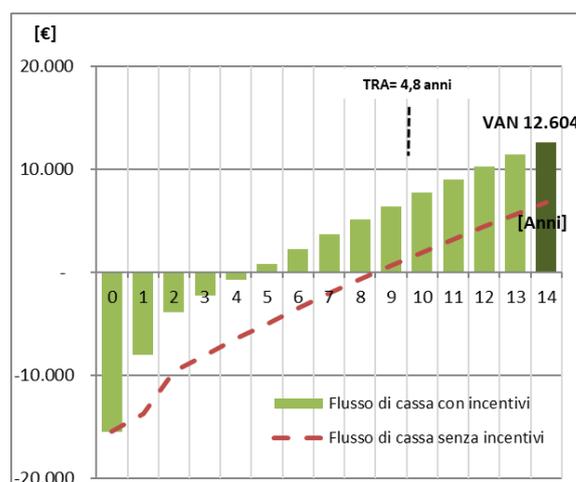
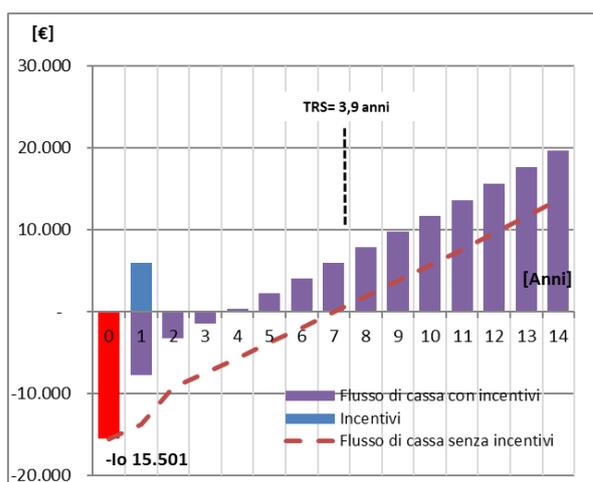
L'analisi di convenienza effettuata per la EEM 3 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	15.050
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	6.020
Durata incentivo	$n_B$	anni	1
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	7,1	3,9
Tempo di rientro attualizzato	TRA	8,6	4,8
Valore attuale netto	VAN	20.770	26.558
Tasso interno di rendimento	TIR	13,8%	21,2%
Indice di profitto	IP	1,38	1,76

I flussi di cassa rappresentativi dell'analisi sono riportati nelle Figura 9.4 e Figura 9.5

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

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



#### EEM4: Sostituzione del serramento comprensiva del telaio e del vetro

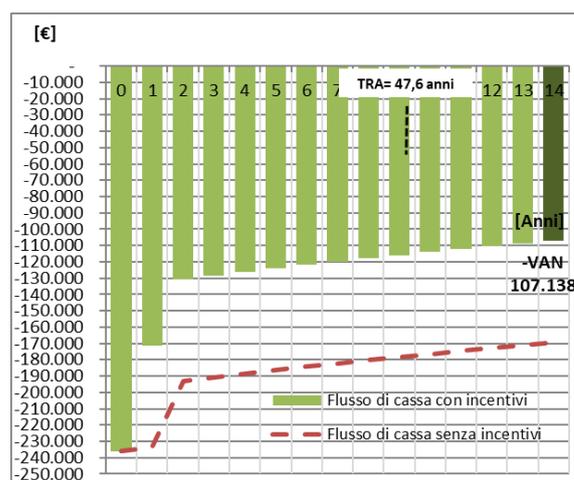
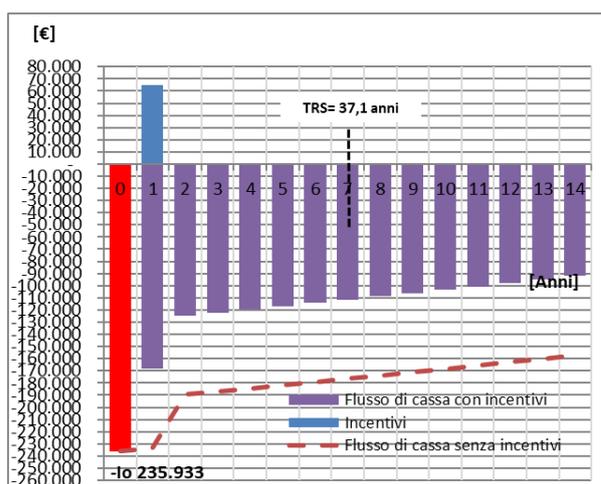
L'analisi di convenienza effettuata per la EEM 4 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	229.061
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	64.899
Durata incentivo	$n_B$	anni	1
Tasso di attualizzazione	$i$	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	56,1	37,1
Tempo di rientro attualizzato	TRA	81,9	47,6
Valore attuale netto	VAN	- 149.525	- 87.122
Tasso interno di rendimento	TIR	-4,6%	-2,4%
Indice di profitto	IP	-0,65	-0,38

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

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

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



### **EEM5: Installazione di valvole termostatiche complete di collegamenti sui radiatori**

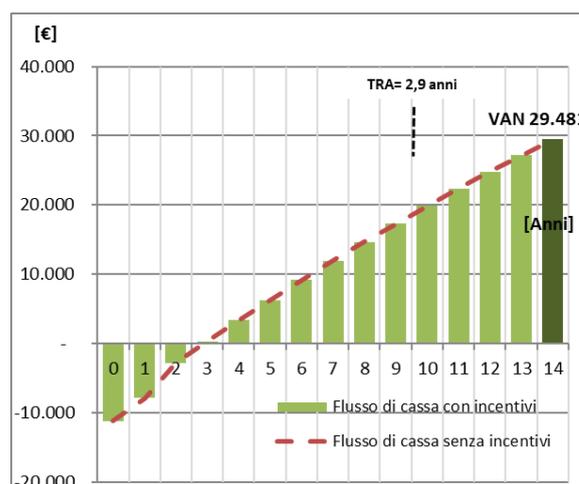
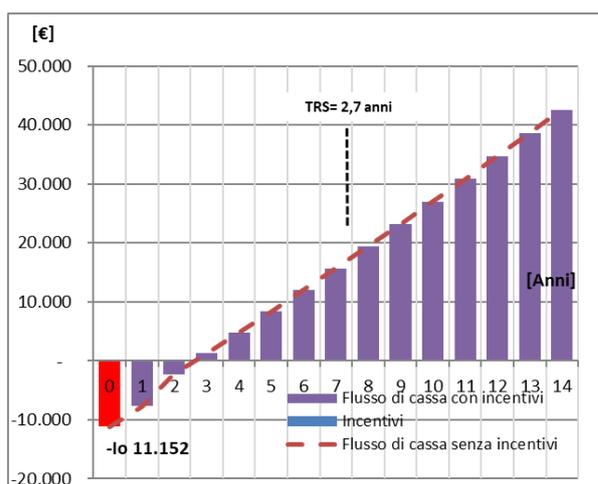
L'analisi di convenienza effettuata per la EEM 5 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	10.828
Oneri Finanziari % $I_0$	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	$n_{IVA}$	anni	3
Vita utile	n	anni	20
Incentivo annuo	B	€/anno	-
Durata incentivo	$n_B$	anni	1
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	2,7	2,7
Tempo di rientro attualizzato	TRA	2,9	2,9
Valore attuale netto	VAN	40.034	40.034
Tasso interno di rendimento	TIR	35,1%	35,1%
Indice di profitto	IP	3,70	3,70

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

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

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



### EEM6: Installazione caldaia a condensazione

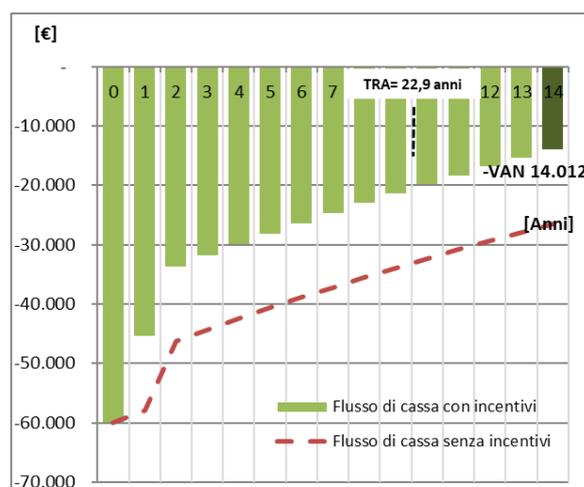
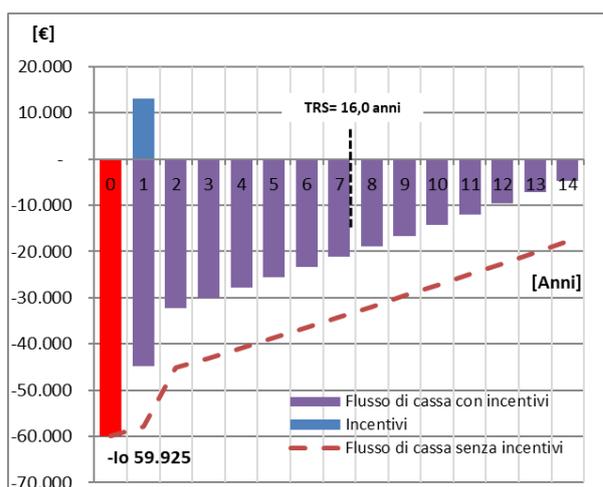
L'analisi di convenienza effettuata per la EEM 6 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	58.180
Oneri Finanziari % $I_0$	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	$n_{IVA}$	anni	3
Vita utile	n	anni	20
Incentivo annuo	B	€/anno	13.000
Durata incentivo	$n_B$	anni	1
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	21,9	16,0
Tempo di rientro attualizzato	TRA	30,1	22,9
Valore attuale netto	VAN	- 20.104	- 7.604
Tasso interno di rendimento	TIR	-1,0%	1,8%
Indice di profitto	IP	-0,35	-0,13

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

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

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



### EEM7: Installazione lampade a LED a basso consumo

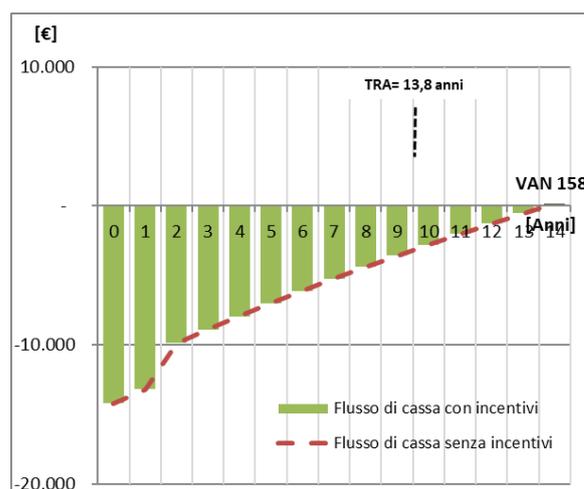
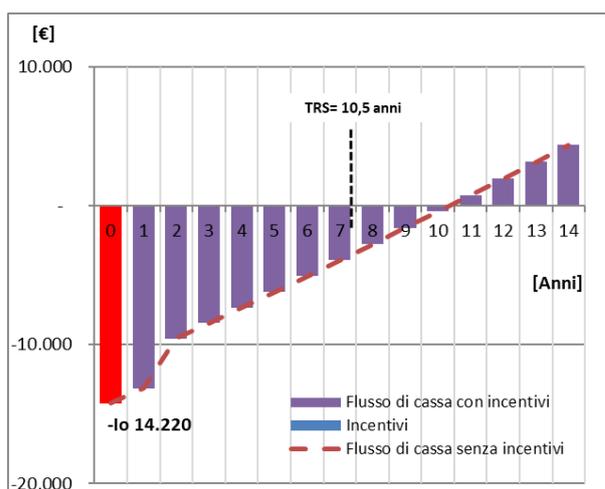
L'analisi di convenienza effettuata per la EEM 7 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	13.806
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	1
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	10,5	10,5
Tempo di rientro attualizzato	TRA	13,8	13,8
Valore attuale netto	VAN	8.528	8.528
Tasso interno di rendimento	TIR	8,9%	8,9%
Indice di profitto	IP	0,62	0,62

I flussi di cassa rappresentativi dell'analisi sono riportati nelle Figura 9.13 e Figura 9.14

Figura 9.13 –EEM7: Flussi di Cassa, con e senza incentivi

Figura 9.14 – EEM7: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



### Sintesi

La sintesi della valutazione economico – finanziaria delle EEM proposte è riportata nelle Tabella 9.2 e Tabella 9.3.

Tabella 9.2 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso senza incentivi

	SENZA INCENTIVI										
	% $\Delta_E$ [%]	% $\Delta_{CO_2}$ [%]	$\Delta_{CE}$ [€/anno]	$\Delta_{CMO}$ [€/anno]	$\Delta_{CMS}$ [€/anno]	$I_0$ [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]
EEM 1	-12,14%	0,1554	3362,94 041	0	0	103.322	31,43	54,53	46.477, 86	0%	0,45
EEM 2	-3,26%	0,0667	1433,12 905	0	0	13.604	9,89	12,64	10.188, 45	9%	0,75
EEM 3	-4,05%	0,0746	1613,95 281	0	0	15.050	9,83	12,57	11.427, 21	10%	0,76
EEM 4	-8,33%	0,1174	2535,94 767	0	0	229.061	95,10	165,00	187.412 ,48	-6%	0,82
EEM 5	-13,72%	0,1712	3702,33 516	0	0	10.828	3,08	3,33	36.880, 13	32%	3,41
EEM 6	-6,04%	0,0945	2042,94 324	0	0	58.180	30,58	53,06	25.283, 51	0%	0,43
EEM 7	-0,23%	0,0366	768,105 21	0	0	13.806	17,97	31,18	524,03	4%	0,04

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

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

Tabella 9.3 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso con incentivi

	CON INCENTIVI										
	% $\Delta E$ [%]	% $\Delta_{CO_2}$ [%]	$\Delta C_E$ [€/anno]	$\Delta C_{MO}$ [€/anno]	$\Delta C_{MS}$ [€/anno]	$I_0$ [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]
EEM 1	-12,14%	0,155	3362,94	0	0	103.322,15	18,51	32,09	6.738,58	3,14%	0,07
EEM 2	-3,26%	0,067	1433,13	0	0	13.603,78	5,52	7,06	15.420,67	15,27%	1,13
EEM 3	-4,05%	0,075	1613,95	0	0	15.049,53	5,50	7,03	17.215,49	15,36%	1,14
EEM 4	-8,33%	0,117	2535,95	0	0	229.060,78	50,10	66,04	125.009,60	-4,55%	0,55
EEM 5	-13,72%	0,171	3702,34	0	0	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d
EEM 6	-6,04%	0,095	2042,94	0	0	58.179,80	23,58	38,45	12.783,51	1,55%	0,22
EEM 7	-0,23%	0,037	768,11	0	0	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Dove:

- Kd è costo del debito, sarà ipotizzato pari a 3.82%
- Ke è il costo dell'equity, ossia il rendimento atteso dall'investitore, sarà ipotizzato pari a 9.00%
- D è il Debito, pari a 80% di I<sub>0</sub>
- E è l'Equity, pari a 20% di I<sub>0</sub>
- $\frac{D}{D+E}$  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<sub>n</sub> sono i flussi di cassa operativi nell'anno corrente n-esimo;
- K<sub>n</sub> è la quota capitale da rimborsare nell'anno n-esimo;
- I<sub>n</sub> 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<sub>n</sub> 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 LLLCR 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 (Soluzione ottimale a 25 anni) SCN1:** Tale scenario consiste nella realizzazione in combinazione degli interventi EEM1, EEM5 e EEM6;
- **Scenario 2 (Soluzione ottimale a 15 anni) SCN2:** Tale scenario consiste nella realizzazione in combinazione degli interventi EEM2, EEM3, EEM5 e EEM6.

### 9.3.1 Scenario 1 SCN1 (Soluzione ottimale a 15 anni):

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

**EEM2: Isolamento copertura dall'interno con pannelli**

**EEM3: Isolamento copertura dall'interno con pannelli**

**EEM5: Installazione di valvole termostatiche complete di collegamenti sui radiatori**

**EEM6: Installazione caldaia a condensazione**

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

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

**Grafico con presenza di energia recuperata al sottosistema di generazione**

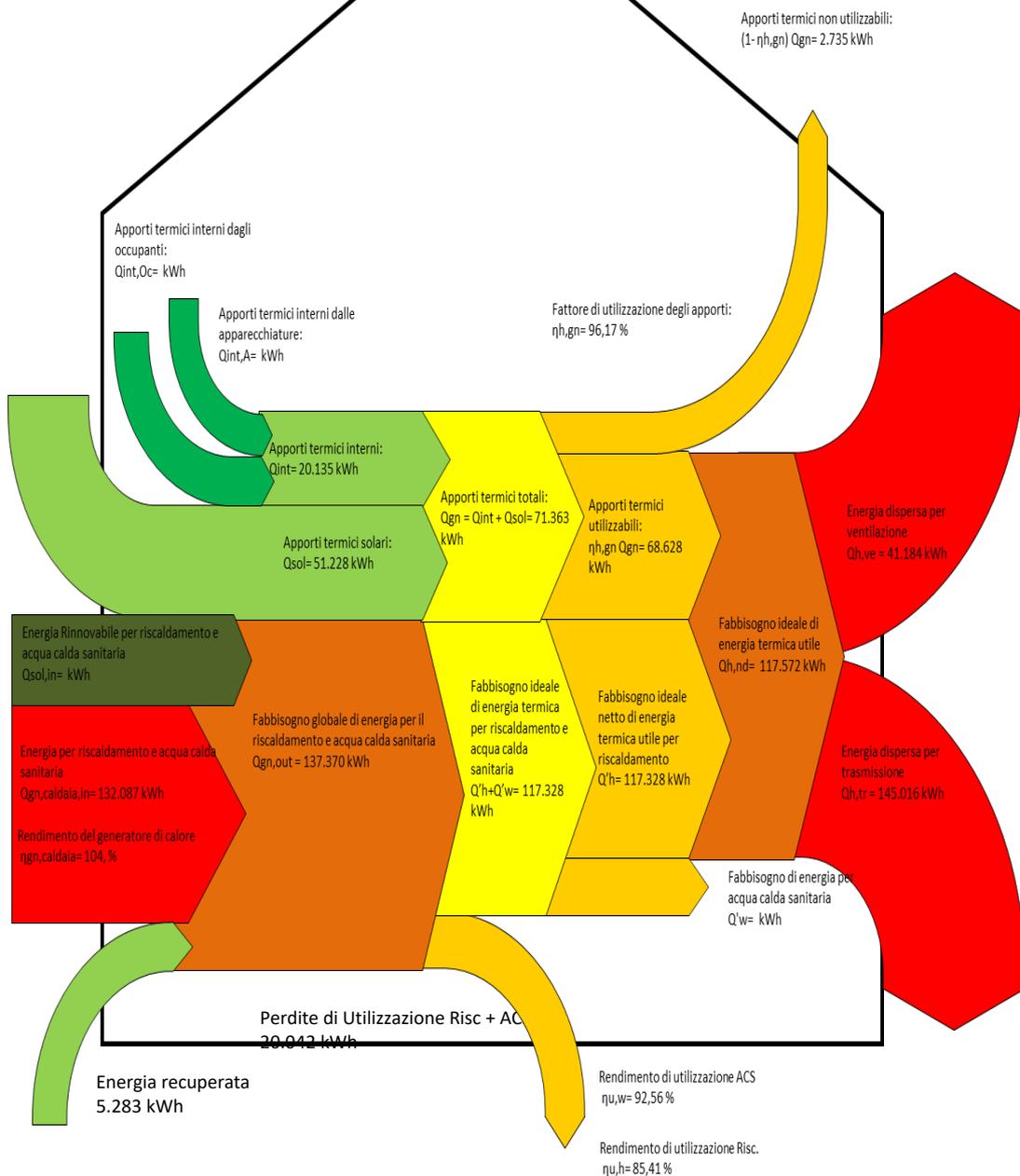
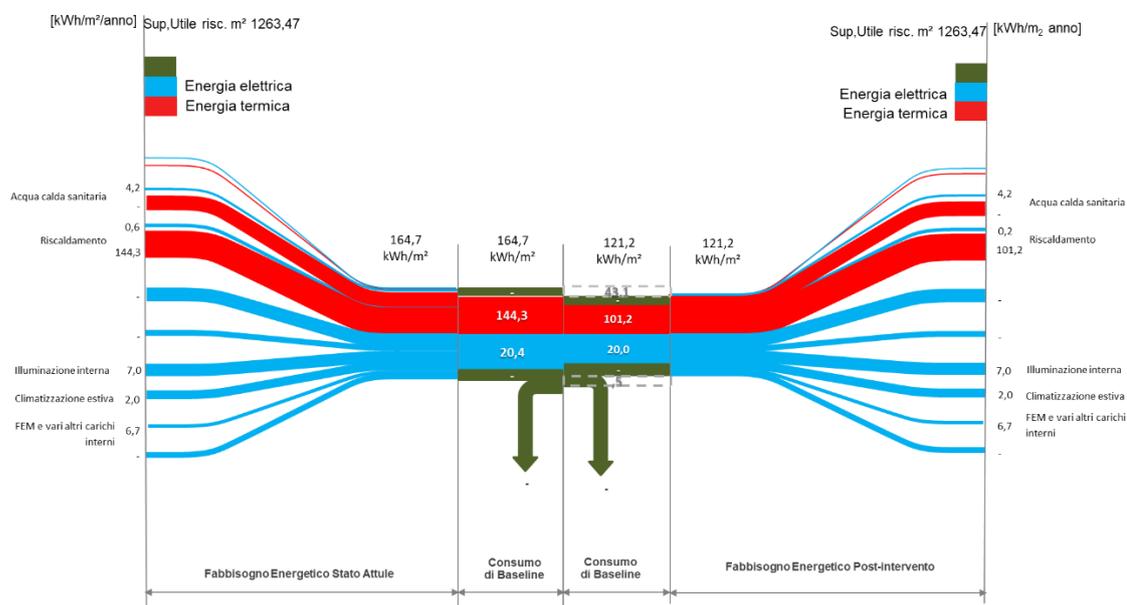


Figura 9.16 – Scenario 1: Bilancio energetico complessivo dell’edificio post intervento

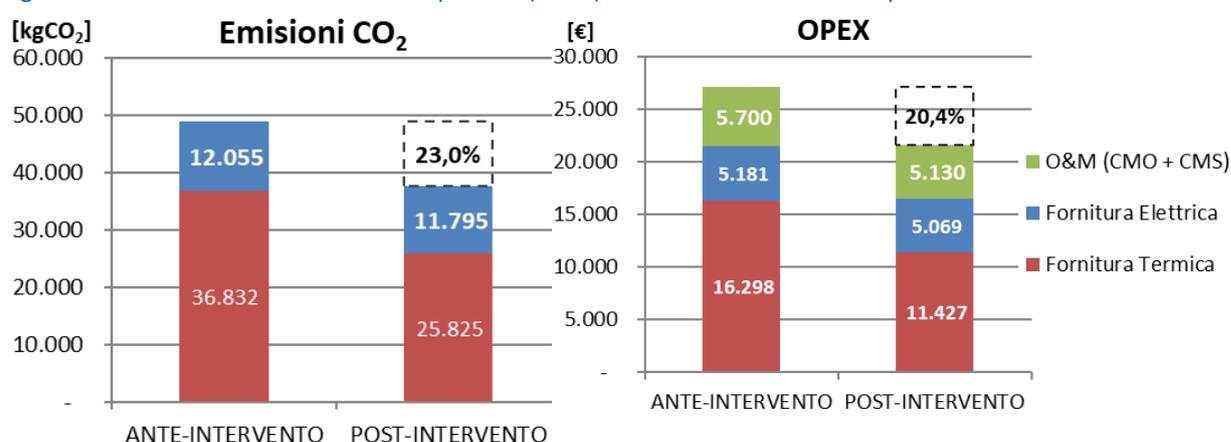


I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella Tabella 9.4 e nella Figura 9.17

Tabella 9.4 – Risultati analisi SCN1

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM2 (Isolamento copertura)	[W/m²K]	1,434	0,23	<b>84,0%</b>
EEM3(Pavimentazione)	[W/m²K]	1,23	0,224	<b>81,8%</b>
EEM5 (Valvole termostatiche)	%	67,2	98	<b>-45,8%</b>
EEM6 (Caldaia a condensazione)	%	85,9	98	<b>-14,1%</b>
$Q_{teorico}$	[kWh]	188.384	132.087	<b>29,9%</b>
$EE_{teorico}$	[kWh]	26.772	26.195	<b>2,2%</b>
$Q_{baseline}$	[kWh]	182.336	127.847	<b>29,9%</b>
$EE_{baseline}$	[kWh]	25.813	25.257	<b>2,2%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	36.832	25.825	<b>29,9%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	12.055	11.795	<b>2,2%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>48.887</b>	<b>37.620</b>	<b>23,0%</b>

Fornitura Termica, $C_Q$	[€]	16.298	11.427	<b>29,9%</b>
Fornitura Elettrica, $C_{EE}$	[€]	5.181	5.069	<b>2,2%</b>
<b>Fornitura Energia, <math>C_E</math></b>	<b>[€]</b>	<b>21.479</b>	<b>16.497</b>	<b>23,2%</b>
$C_{MO}$	[€]	4.503	4.052	<b>10,0%</b>
$C_{MS}$	[€]	1.197	1.077	<b>10,0%</b>
O&M ( $C_{MO} + C_{MS}$ )	[€]	<b>5.700</b>	<b>5.130</b>	<b>10,0%</b>
<b>OPEX</b>	<b>[€]</b>	<b>27.178</b>	<b>21.626</b>	<b>20,4%</b>
Classe energetica	[-]	E	C	+2classi

 Figura 9.17 - SCN1: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO<sub>2</sub> a partire dalla baseline


E' stato quindi possibile presentare un modello semplificato di Piano Economico Finanziario (PEF) indicativo, i cui calcoli di dettaglio sono riportati all'Allegato L – Piano Economico Finanziario scenari. I risultati dell'analisi sono riportati nella Tabella 9.5, Tabella 9.6 e Tabella 9.7 e nelle successive figure.

Tabella 9.5 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN1

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	$n_i$	<b>1</b>
Anni Gestione Servizio	$n_s$	<b>14</b>
Anni Concessione	$n$	<b>15</b>
Anno inizio Concessione	$n_0$	<b>2020</b>
Anni dell'ammortamento	$n_A$	<b>10</b>
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	$k_{CdP}$	<b>2,00%</b>
Costo Capitale Azienda	<b>WACC</b>	<b>4,00%</b>
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CdP})$	$k_{pogetto}$	<b>4,00%</b>
Inflazione ISTAT	$f$	<b>0,50%</b>
deriva dell'inflazione	$f'$	<b>0,70%</b>
%, interessi debito	$k_D$	<b>3,82%</b>
%, interessi equity	$k_E$	<b>9,00%</b>
Aliquota IRES	<b>IRES</b>	<b>24,0%</b>
Aliquota IRAP	<b>IRAP</b>	<b>3,9%</b>
Aliquota fiscale	$\tau$	<b>27,90%</b>
Anni debito (finanziamento)	$n_D$	<b>10</b>
Anni Equity	<b>14</b>	<b>14</b>
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	$lo$	<b>€ 90.620</b>

Oneri Finanziari (costi indiretti)	<b>%Of</b>	<b>3,00%</b>
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	<b>Of</b>	€ 2.719
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	<b>CAPEX</b>	€ <b>93.338</b>
%CAPEX a Debito	<b>D</b>	<b>80,0%</b>
%CAPEX a Equity	<b>E</b>	<b>20,00%</b>
Debito	€ 74.671	€ 74.671
Equity	€ 18.668	€ 18.668
Fattore di annualità Debito	<b>FA<sub>D</sub></b>	<b>8,44</b>
Rata annua debito	<b>q<sub>D</sub></b>	€ 8.850
Costo finanziamento,(D+INT <sub>D</sub> )	<b>q<sub>D</sub>*n<sub>D</sub></b>	€ 89.945
Costi per interessi debito, INT <sub>D</sub>	<b>INT<sub>D</sub>=q<sub>D</sub>*n<sub>D</sub>-D</b>	€ 15.274

Tabella 9.6 – Parametri Economici dell'analisi di redditività dello SCN1

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	<b>C<sub>EO</sub></b>	€ 22.213
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	<b>C<sub>MO</sub></b>	€ 5.700
<b>Spesa PA pre-intervento (Baseline)</b>	<b>C<sub>Baseline</sub></b>	€ <b>27.912</b>
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	<b>C<sub>Altro</sub></b>	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	<b>%ΔC<sub>E</sub></b>	<b>33,0%</b>
Riduzione% costi O&M	<b>%ΔC<sub>M</sub></b>	<b>10,0%</b>
Obiettivo riduzione spesa PA	<b>%C<sub>Baseline</sub></b>	<b>5,0%</b>
<b>Risparmio annuo PA garantito</b>	<b>22,5%</b>	€ <b>6.288</b>
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	<b>Risp.IM</b>	€ 1.396
Risparmio PA durante la concessione	<b>13%</b>	€ 68.485
Risparmio annuo PA al termine della concessione	<b>Risp.Term.</b>	€ 9.453
N° di Canoni annuali	<b>anni</b>	<b>14</b>
Utile lordo della ESCO	<b>%CAPEX</b>	<b>2,55%</b>
Costo Contrattuale ESCO (EBT) €/anno IVA escl.	<b>C<sub>ESCO</sub></b>	€ 170
Costi FTT €/anno IVA escl.	<b>C<sub>FTT</sub></b>	€ 1.114
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	<b>C<sub>CAPEX</sub></b>	€ 3.608
Canone O&M €/anno	<b>C<sub>nM</sub></b>	€ 5.326
Canone Energia €/anno	<b>C<sub>nE</sub></b>	€ 16.299
<b>Canone Servizi €/anno IVA escl.</b>	<b>C<sub>nS</sub></b>	€ 21.625
<b>Canone Disponibilità €/anno IVA escl.</b>	<b>C<sub>nD</sub></b>	€ 4.892
<b>Canone Totale €/anno IVA escl.</b>	<b>C<sub>n</sub></b>	€ <b>26.517</b>
Aliquota IVA %	<b>IVA</b>	<b>22%</b>
Rimborso erariale IVA	<b>R<sub>IVA</sub></b>	€ 16.341
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	<b>R<sub>B</sub></b>	€ 26.484
Durata Incentivi, anni	<b>n<sub>B</sub></b>	<b>1</b>
Inizio erogazione Incentivi, anno		<b>2022</b>

Tabella 9.7 – Risultati dell'analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN1

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		Conviene
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	<b>T.R.S.</b>	<b>10,34</b>
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	<b>T.R.A.</b>	<b>14,99</b>
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	<b>VAN &gt; 0</b>	€ <b>17</b>
Tasso interno di rendimento del progetto	<b>TIR &gt; WACC</b>	<b>4,00%</b>
Indice di Profitto	<b>IP</b>	<b>0,02%</b>
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		Conviene
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	<b>T.R.S.</b>	<b>8,21</b>
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	<b>T.R.A.</b>	<b>8,97</b>
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	<b>VAN &gt; 0</b>	€ <b>1.690</b>

Tasso interno di rendimento dell'azionista	<b>TIR &gt; ke</b>	<b>35,33%</b>
Debit Service Cover Ratio	<b>DSCR &lt; 1,3</b>	<b>1,115</b>
Loan Life Cover Ratio	<b>LLLCR &lt; 1</b>	<b>1,232</b>
Indice di Profitto Azionista	<b>IP</b>	<b>1,87%</b>

Figura 9.18 –SCN1: Flussi di cassa del progetto



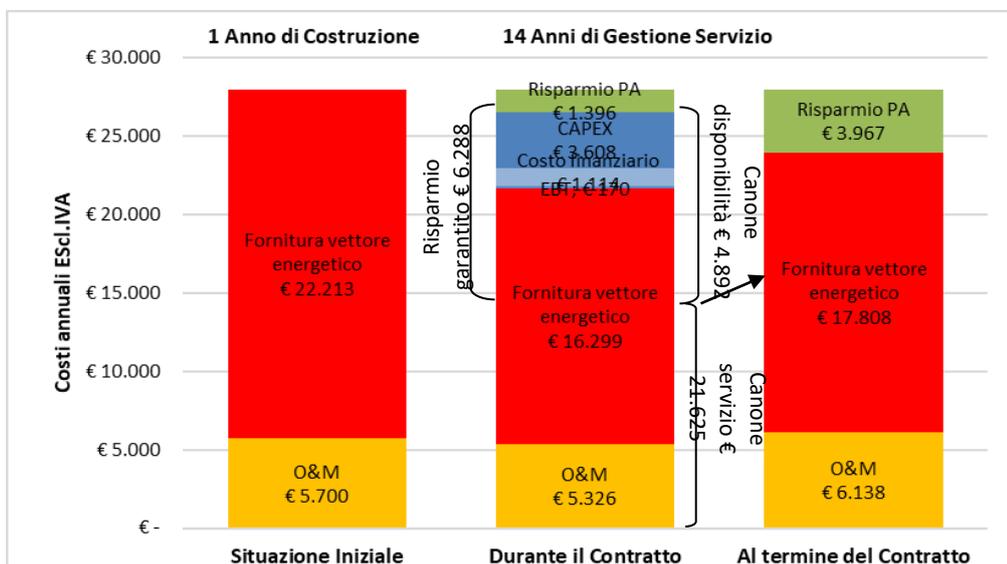
Figura 9.19 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



Si può quindi constatare che lo Scenario 1 rappresenta una soluzione ottimale a 15 con un TRS di 10,34 anni.

Infine si è provveduto all'identificazione del possibile canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale attraverso la partecipazione di ESCO secondo lo schema di EPC descritto in Figura 9.20

Figura 9.20 – Scenario 1: Schema di Energy Performance Contract



### 9.3.2 Scenario 2 SCN2 (Soluzione ottimale a 25 anni):

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

**EEM1: Isolamento con cappotto esterno**

**EEM5: Installazione di valvole termostatiche complete di collegamenti sui radiatori**

**EEM6: Installazione caldaia a condensazione**

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

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

**Grafico con presenza di energia recuperata al sottosistema di generazione**

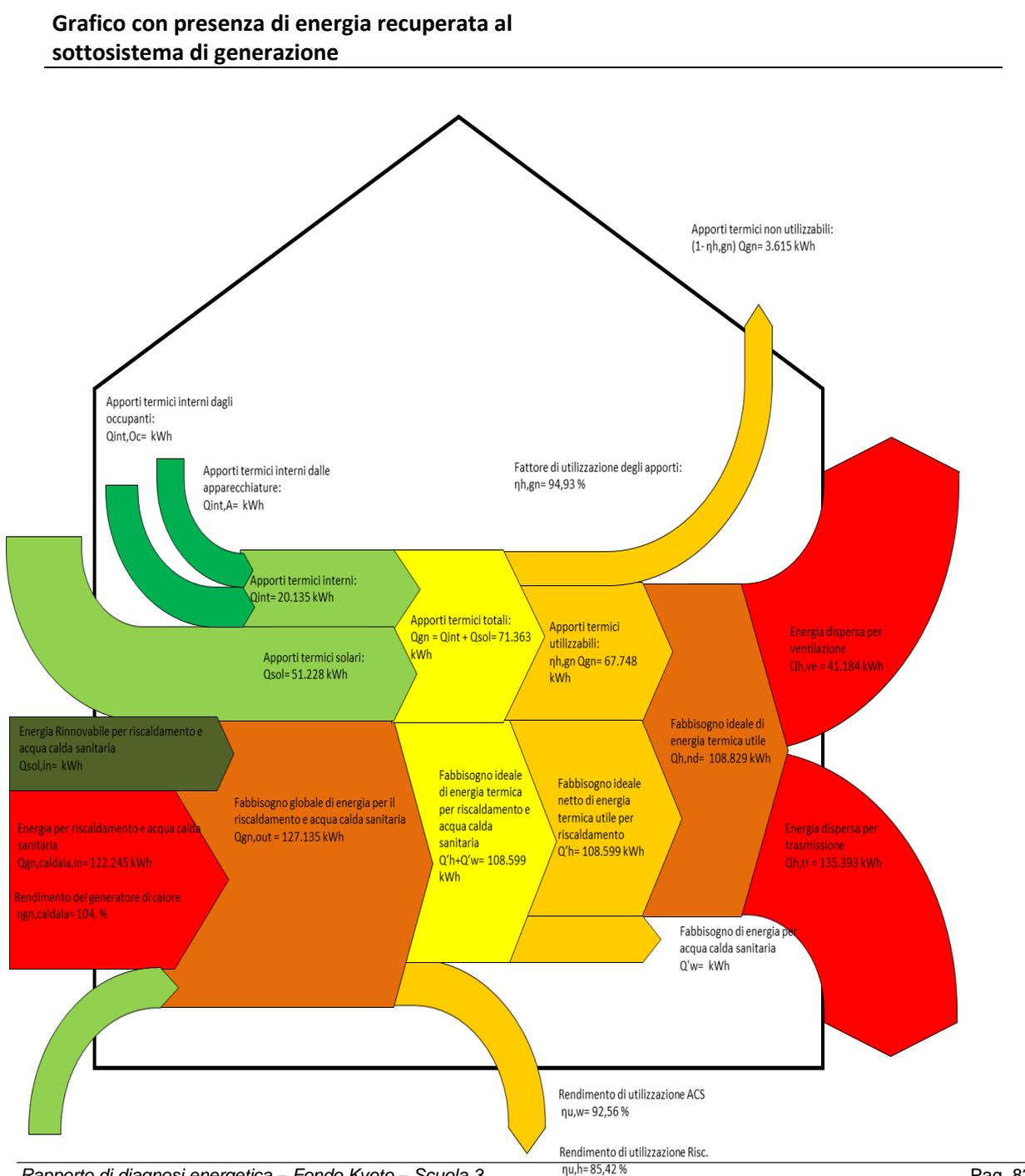
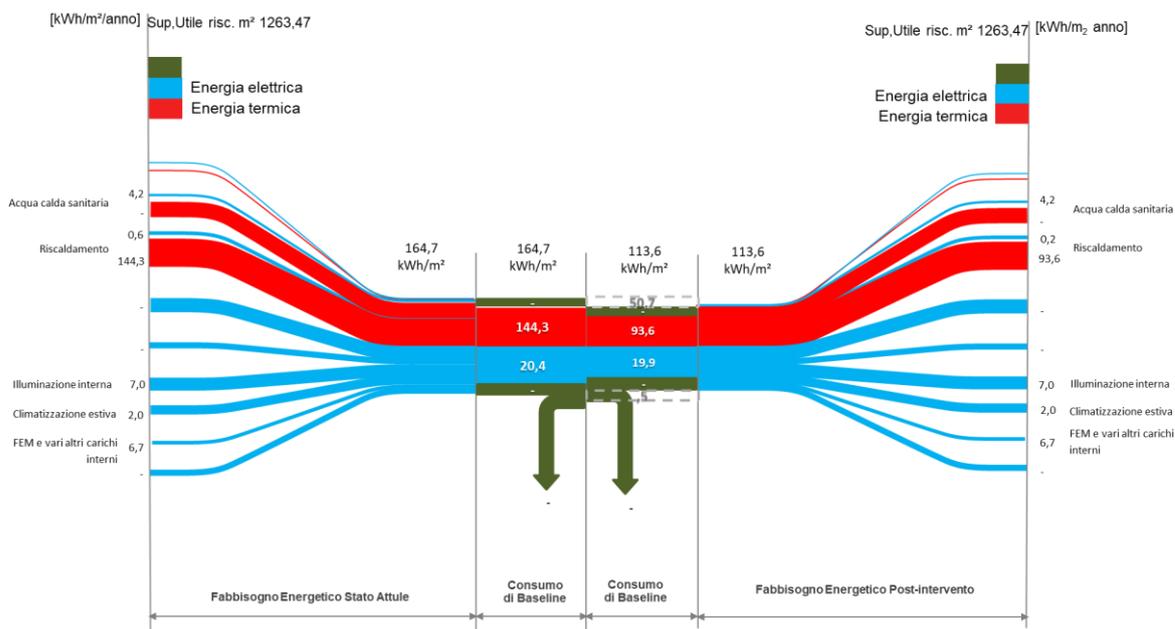


Figura 9.22 – Scenario 2: Bilancio energetico complessivo dell’edificio post intervento

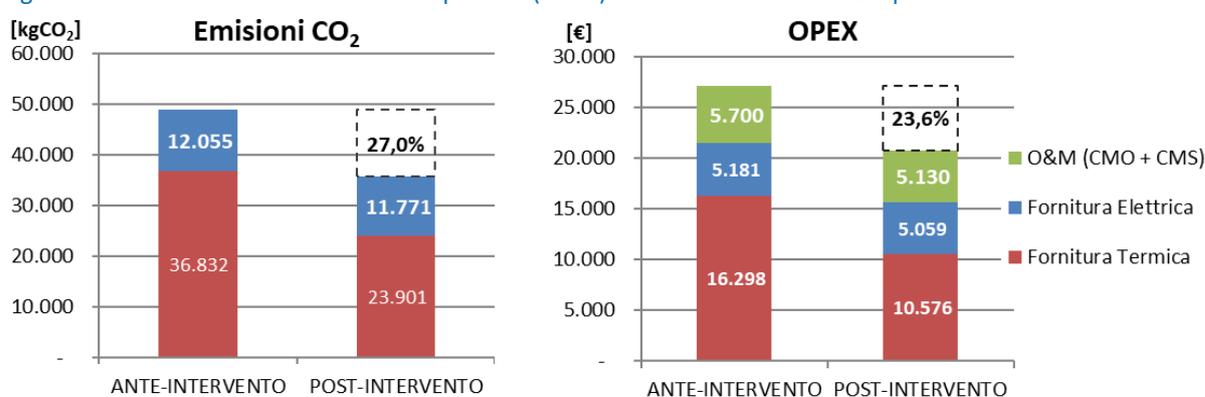


I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella Tabella 9.4 e nella Figura 9.17

Tabella 9.8 – Risultati analisi SCN2

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Rendimento regolazione	%	67,2	98	<b>-45,8%</b>
Rendimento generazione	%	85,9	98	<b>-14,1%</b>
EM1 [Parametro caratteristico dell'intervento]	[W/m²K]	1,26	0,225	<b>82,1%</b>
				<b>#DIV/0!</b>
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	188.384	122.245	<b>35,1%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	26.772	26.141	<b>2,4%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	182.336	118.321	<b>35,1%</b>
EE <sub>baseline</sub>	[kWh]	25.813	25.205	<b>2,4%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	36.832	23.901	<b>35,1%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	12.055	11.771	<b>2,4%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>48.887</b>	<b>35.671</b>	<b>27,0%</b>

Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	16.298	10.576	<b>35,1%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	5.181	5.059	<b>2,4%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>21.479</b>	<b>15.635</b>	<b>27,2%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	4.503	4.052	<b>10,0%</b>
C <sub>MS</sub>	[€]	1.197	1.077	<b>10,0%</b>
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>5.700</b>	<b>5.130</b>	<b>10,0%</b>
<b>OPEX</b>	<b>[€]</b>	<b>27.178</b>	<b>20.764</b>	<b>23,6%</b>
Classe energetica	[-]	E	C	+2 classi

 Figura 9.23 – SCN2: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO<sub>2</sub> a partire dalla baseline


E' stato quindi possibile presentare un modello semplificato di Piano Economico Finanziario (PEF) indicativo, i cui calcoli di dettaglio sono riportati all' Allegato L – Piano Economico Finanziario scenari. I risultati dell'analisi sono riportati nella Tabella 9.5, Tabella 9.6 e Tabella 9.7 e nelle successive figure.

Tabella 9.9 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN2

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	n <sub>i</sub>	<b>1</b>
Anni Gestione Servizio	n <sub>s</sub>	<b>24</b>
Anni Concessione	n	<b>25</b>
Anno inizio Concessione	n <sub>0</sub>	<b>2020</b>
Anni dell'ammortamento	n <sub>A</sub>	<b>10</b>
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	k <sub>CdP</sub>	<b>2,00%</b>
Costo Capitale Azienda	WACC	<b>4,00%</b>
k <sub>progetto</sub> = Max( WACC; k <sub>CdP</sub> )	k <sub>progetto</sub>	<b>4,00%</b>
Inflazione ISTAT	f	<b>0,50%</b>
deriva dell'inflazione	f'	<b>0,70%</b>
%, interessi debito	k <sub>D</sub>	<b>3,82%</b>
%, interessi equity	k <sub>E</sub>	<b>9,00%</b>
Aliquota IRES	IRES	<b>24,0%</b>
Aliquota IRAP	IRAP	<b>3,9%</b>
Aliquota fiscale	τ	<b>27,90%</b>
Anni debito (finanziamento)	n <sub>D</sub>	<b>11,1</b>
Anni Equity	n <sub>E</sub>	<b>24</b>
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	lo	<b>€ 165.289</b>
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	<b>3,00%</b>
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	<b>€ 4.959</b>

Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	<b>CAPEX</b>	<b>€ 170.247</b>
%CAPEX a Debito	<b>D</b>	<b>80,0%</b>
%CAPEX a Equity	<b>E</b>	<b>20,00%</b>
Debito	<b>I<sub>D</sub></b>	€ 136.198
Equity	<b>I<sub>E</sub></b>	€ 34.049
Fattore di annualità Debito	<b>FA<sub>D</sub></b>	<b>9,04</b>
Rata annua debito	<b>q<sub>D</sub></b>	€ 15.072
Costo finanziamento,(D+INT <sub>D</sub> )	<b>q<sub>D</sub>*n<sub>D</sub></b>	€ 167.299
Costi per interessi debito, INT <sub>D</sub>	<b>INT<sub>D</sub>=q<sub>D</sub>*n<sub>D</sub>-D</b>	€ 31.101

Tabella 9.10 – Parametri Economici dell'analisi di redditività dello SCN2

<b>PARAMETRI ECONOMICI</b>		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	<b>C<sub>E0</sub></b>	€ 22.213
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	<b>C<sub>M0</sub></b>	€ 5.700
<b>Spesa PA pre-intervento (Baseline)</b>	<b>C<sub>Baseline</sub></b>	<b>€ 27.912</b>
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	<b>C<sub>Altro</sub></b>	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	<b>%ΔC<sub>E</sub></b>	<b>37,1%</b>
Riduzione% costi O&M	<b>%ΔC<sub>M</sub></b>	<b>10,0%</b>
Obiettivo riduzione spesa PA	<b>%C<sub>Baseline</sub></b>	<b>5,0%</b>
<b>Risparmio annuo PA garantito</b>	<b>22,1%</b>	<b>€ 6.168</b>
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	<b>Risp.IM</b>	€ 1.396
Risparmio PA durante la concessione	<b>17%</b>	€ 164.580
Risparmio annuo PA al termine della concessione	<b>Risp.Term.</b>	€ 11.883
N° di Canoni annuali	<b>anni</b>	<b>24</b>
Utile lordo della ESCO	<b>%CAPEX</b>	<b>7,25%</b>
Costo Contrattuale (EBIT) ESCO €/anno IVA escl.	<b>C<sub>ESCO</sub></b>	€ 514
Costi FTT €/anno IVA escl.	<b>C<sub>FTT</sub></b>	€ 1.296
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	<b>C<sub>CAPEX</sub></b>	€ 2.963
Canone O&M €/anno	<b>CnM</b>	€ 5.463
Canone Energia €/anno	<b>CnE</b>	€ 16.281
<b>Canone Servizi €/anno IVA escl.</b>	<b>CnS</b>	€ 21.744
<b>Canone Disponibilità €/anno IVA escl.</b>	<b>CnD</b>	€ 4.773
<b>Canone Totale €/anno IVA escl.</b>	<b>Cn</b>	<b>€ 26.517</b>
Aliquota IVA %	<b>IVA</b>	<b>22%</b>
Rimborso erariale IVA	<b>R<sub>IVA</sub></b>	€ 29.806
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	<b>R<sub>B</sub></b>	€ 69.340
Durata Incentivi, anni	<b>n<sub>B</sub></b>	<b>1</b>
Inizio erogazione Incentivi, anno		<b>2022</b>

Tabella 9.11 – Risultati dell'analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN2

<b>INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE</b>		<b>Convieni</b>
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	<b>T.R.S.</b>	<b>12,57</b>
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	<b>T.R.A.</b>	<b>23,27</b>
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	<b>VAN &gt; 0</b>	€ <b>1.527</b>
Tasso interno di rendimento del progetto	<b>TIR &gt; WACC</b>	<b>4,19%</b>
Indice di Profitto	<b>IP</b>	<b>0,92%</b>
<b>INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE</b>		<b>Convieni</b>
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	<b>T.R.S.</b>	<b>19,34</b>
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	<b>T.R.A.</b>	<b>10,11</b>
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	<b>VAN &gt; 0</b>	€ <b>3209</b>
Tasso interno di rendimento dell'azionista	<b>TIR &gt; ke</b>	<b>52,07%</b>
Debit Service Cover Ratio	<b>DSCR &lt; 1,3</b>	<b>1,080</b>

Loan Life Cover Ratio	LLCR < 1	2,114
Indice di Profitto Azionista	IP	1,94%

Figura 9.24 –SCN2: Flussi di cassa del progetto



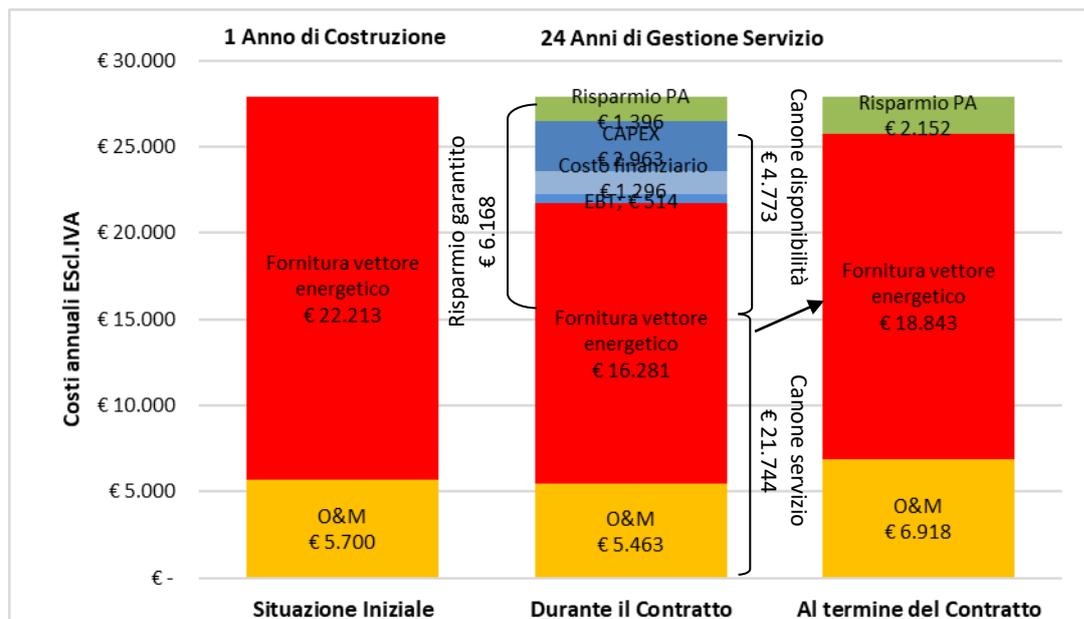
Figura 9.25 – SCN2: Flussi di cassa dell'azionista



Si può quindi constatare che lo Scenario 2 rappresenta una soluzione ottimale a 25 con un TRS di 18,67 anni.

Infine si è provveduto all'identificazione del possibile canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale attraverso la partecipazione di ESCO secondo lo schema di EPC descritto in Figura 9.20

Figura 9.26 – Scenario 1: Schema di Energy Performance Contract



## 10 CONCLUSIONI

### 10.1 RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA

	POSSIBILI INTERVENTI							CLASSE
	EPgl,nren	EPH	EPw	EPv	EPc	EPL	EPT	
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	
STATO DI FATTO	206,23	3,3500	1,36	0,87	10,48	0,00	222,28	E
EEM1	115,37	3,3200	1,42	0,86	10,46	0,00	171,43	D
EEM 2	190,18	3,2500	0,07	0,74	9,06	0,00	203,30	E
EEM 3	182,27	3,3300	1,42	0,87	10,47	0,00	198,35	E
EEM 4	170,61	3,3000	0,70	0,81	9,96	0,00	185,38	E
EEM 5	160,20	3,3000	1,36	0,86	10,37	0,00	176,09	D
EEM 6	182,55	3,2700	1,36	0,85	10,29	0,00	198,33	E
EEM 7	206,23	3,3500	1,36	0,87	6,27	0,00	218,08	E
SCN 1	101,93	3,2400	1,42	0,85	10,26	0,00	117,96	C
SCN 2	110,19	3,1600	0,08	0,73	8,85	0,00	123,00	C

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

	CON INCENTIVI												
	%Δ <sub>E</sub>	%Δ <sub>CO2</sub>	ΔC <sub>E</sub>	ΔC <sub>MO</sub>	ΔC <sub>MS</sub>	I <sub>0</sub>	TRS	TRA	VAN	TIR	IP	DSCR	LLCR
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]	[-]	[-]
EEM				€	€	€							
1	17,64%	15,04%	3255,17	450,26	119,69	103.322,15	13,84	21,76	11.744,4	5,59%	0,11	-	-
EEM				€	€	€							
2	6,45%	6,45%	1385,83	450,26	119,69	13.603,78	3,87	4,72	24.392,5	21,48%	1,79	-	-
EEM				€	€	€							
3	8,41%	7,22%	1562,16	450,26	119,69	15.049,53	3,90	4,75	26.558,2	21,24%	1,76	-	-
EEM				€	€	€							
4	12,88%	11,36%	2454,14	450,26	119,69	229.060,78	37,06	47,56	87.121,7	-2,37%	0,38	-	-
EEM				€	€	€							
5	19,16%	16,57%	3583,35	450,26	119,69	10.827,62	2,70	2,92	40.034,2	35,11%	3,70	-	-
EEM				€	€	€							
6	10,43%	9,15%	1977,11	450,26	119,69	58.179,80	15,97	22,91	7.603,7	1,76%	0,13	-	-
EEM				€	€	€							
7	1,77%	3,52%	740,59	450,26	119,69	13.806,13	10,45	13,85	8.528,1	8,86%	0,62	-	-
SCN1	73,57%	23,05%	4982,19	450,26	119,69	90.619,60	10,34	14,99	16,89	4,00%	0,0002	1,115	1,232
SCN2	68,97%	27,03%	5844,12	450,26	119,69	165.288,80	12,57	23,27	1526,51	4,19%	0,01	1,080	2,114

### 10.3 CONCLUSIONI E COMMENTI

Si sono valutate diverse possibilità di intervento in base alla loro fattibilità tecnica ed economica, in rispetto delle norme attualmente vigenti e di eventuali vincoli presenti sull'edificio oggetto di studio.

Sono state così individuate due soluzioni ottimali.

Il primo scenario consente di ottenere una soluzione ottimale a 15 anni.

Essa consiste nella combinazione di diversi interventi quali isolamento della copertura, isolamento della pavimentazione, installazione di valvole termostatiche e sostituzione del generatore di calore con una caldaia a condensazione. A livello economico si è valutata una spesa pari a 90919,9 € con un TRS pari a 10,34 anni ed un VAN pari a 16,86€.

Il secondo scenario consente di ottenere una soluzione ottimale a 25 anni.

Essa consiste nella combinazione di diversi interventi quali isolamento a cappotto, installazione di valvole termostatiche e sostituzione del generatore di calore con una caldaia a condensazione. A livello economico si è valutata una spesa pari a 165288,8 € con un TRS pari a 12,57 anni ed un VAN pari a 1526,51€.

## ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA

Titolo	Data	Nome file
Schema centrale termica	06/09/2017	DE_Lotto.8-E168_revA-AllegatoA-128-S01-001-CENTRALE TERMICA.dwg
Inquadramento edificio	18/09/1997	DE_Lotto.8-E168_revA-AllegatoA-E00168.dwg
Prodifili e-distribuzione	29/01/2018	DE_Lotto.8-E168_revA-AllegatoA-grafico_profili_e-distribuzione.xlsx
Censimento Piano terra	06/09/2017	DE_Lotto.8-E168_revA-AllegatoA-L1-042-128-P00.dwg
Censimento Piano primo	06/09/2017	DE_Lotto.8-E168_revA-AllegatoA-L1-042-128-P01.dwg
Censimento Piano secondo	06/09/2017	DE_Lotto.8-E168_revA-AllegatoA-L1-042-128-S01.dwg
Checklist piano terra	06/09/2017	DE_Lotto.8-E168_revA-AllegatoA-L1-042-128-P00-Checklist.xlsx
Checklist piano primo	06/09/2017	DE_Lotto.8-E168_revA-AllegatoA-L1-042-128-P01-Checklist.xlsx
Checklist piano secondo	06/09/2017	DE_Lotto.8-E168_revA-AllegatoA-L1-042-128-S01-Checklist.xlsx
Tavola Piano terra	18/09/1997	DE_Lotto.8-E168_revA-AllegatoA-PIANT.dwg
Tavola Piano Primo	18/09/1997	DE_Lotto.8-E168_revA-AllegatoA-PIAN1.dwg
Tavola Piano secondo	18/09/1997	DE_Lotto.8-E168_revA-AllegatoA-PIAN2.dwg
Tavola Piano Copertura	18/09/1997	DE_Lotto.8-E168_revA-AllegatoA-PIANC.dwg
Pratiche edilizie	02/02/2018	DE_Lotto.8-E168_revA-AllegatoA-Pratiche edilizie.pdf

## ALLEGATO B – ELABORATI

Titolo	Data	Nome file
Elaborati grafici	31/01/2018	DE_Lotto.8-E168_revA-AllegatoB-ALLEGATO 1_REV00.pdf
Schema a Blocchi	02/02/2018	DE_Lotto.8-E168_revA-AllegatoB-QE_SCHEMA A BLOCCHI.pdf
Grafici template	25/07/2018	DE_Lotto.8-E168_revB-AllegatoB-Grafici_Template_rev14 -E168.xlsx

## ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

Titolo	Data	Nome file
Report termografico	02/02/2018	DE_Lotto.8-E168_revA-AllegatoC-report termografico.docx
Report termografico	02/02/2018	DE_Lotto.8-E168_revA-AllegatoC-report termografico.pdf

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

Titolo	Data	Nome file

## ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI

Titolo	Data	Nome file
Relazione calcolo Edilclima	02/02/2018	DE_Lotto.8-E168_revA-AllegatoE- Calcoli.pdf

## ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

	Titolo	Data	Nome file
	Certificazione Software	23/03/2018	DE_Lotto.8-E168_revA-AllegatoF-CertCTI.pdf

## ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

Titolo	Data	Nome file
Attestato di prestazione energetico	02/02/2018	DE_Lotto.8-E168_revA-AllegatoG-4395_2018_8025.pdf
Attestato di prestazione energetico	02/02/2018	DE_Lotto.8-E168_revA-AllegatoG-4395_2018_8025.rtf
XML Attestato	02/02/2018	DE_Lotto.8-E168_revA-AllegatoG-4395_2018_8025.xml
XML Attestato firmato digitalmente	02/02/2018	DE_Lotto.8-E168_revA-AllegatoG-4395_2018_8025.xml.p7m
Siral energia	02/02/2018	DE_Lotto.8-E168_revA-AllegatoG-Siral Energia.pdf

## ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

Titolo	Data	Nome file
Bozza Scenario 1	02/02/2018	DE_Lotto.8-E168_revA-AllegatoH-4395_2018_8025_SCN1.pdf
Bozza Scenario 1	02/02/2018	DE_Lotto.8-E168_revA-AllegatoH-4395_2018_8025_SCN1.rtf
Bozza Scenario 2	02/02/2018	DE_Lotto.8-E168_revA-AllegatoH-4395_2018_8025_SCN2.pdf
Bozza Scenario 2	02/02/2018	DE_Lotto.8-E168_revA-AllegatoH-4395_2018_8025_SCN2.rtf



## ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

	Titolo	Data	Nome file
	Gradi Giorno	18/05/2018	DE_Lotto.8-E168_revB-AllegatoI-GG.xlsx

## ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

	Titolo	Data	Nome file
	Scheda di Audit	12/06/2018	DE_Lotto.8-E168_revA-AllegatoJ-Scheda Audit.xlsx



## ALLEGATO K – SCHEDE ORE

Titolo	Data	Nome file
Scheda interventi ORE	02/02/2018	DE_Lotto.8-E168_revA-AllegatoK-ORE



## ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI

	Titolo	Data	Nome file
	Analisi PEF scenari	24/07/2018	DE_Lotto.8-E168_revB-AllegatoL-AnalisiPEF.xlsx



## ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

Titolo	Data	Nome file
Report di Benchmark	24/07/2018	DE_Lotto.8-E168_revB-AllegatoM-Benchmark.xls



## **ALLEGATO N – CD-ROM**

*[Allegare CD-ROM o altro supporto di archiviazione digitale contenente tutta la documentazione relativa al Rapporto di Diagnosi Energetica e suoi allegati, in formato WORD, EXCEL e PDF con firma digitale certificata per gli elaborati documentali e formato DWG compatibile con i più diffusi software CAD per gli elaborati grafici.]*

