

Scuola materna "RIVAROLO" e Scuola media "U.FOSCOLO" (succursale passo Torbella)

E1146

PASSO TORBELLA 12B

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA
FONDO KYOTO - SCUOLA 3



Luglio/2018

COMUNE DI GENOVA
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER



COMUNE DI GENOVA

CASaA
architetti

Scuola materna “RIVAROLO” e Scuola media “U.FOSCOLO” (succursale passo Torbella)

E1146

PASSO TORBELLA 12B

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; www.comune.genova.it

CASa Associati

Via Cetto Ciglia 54 – 65128 – Pescara

Tel: 085 4311109 – 349 5394754 – info@casaassociati.it

REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI

Revisione	Data	Realizzazione	Revisione	Approvazione	Descrizione
[A]	[16/04/2018]	Roberta Campanella	Marco Santomauro	Carmela Palmieri	[Prima emissione]
		Andrea Ciarcelluti	Pierluigi Fecondo		
		Gregorio Cocciarficco			
[B]	[22/05/2018]	Roberta Campanella	Marco Santomauro	Carmela Palmieri	[Seconda emissione]
		Andrea Ciarcelluti	Pierluigi Fecondo		
		Gregorio Cocciarficco			
[C]	[19/06/2018]	Roberta Campanella	Marco Santomauro	Carmela Palmieri	[Terza emissione]
		Andrea Ciarcelluti	Pierluigi Fecondo		
		Gregorio Cocciarficco			
[D]	[27/07/2018]	Roberta Campanella	Marco Santomauro	Carmela Palmieri	[Pubblicazione]
		Andrea Ciarcelluti	Pierluigi Fecondo		
		Gregorio Cocciarficco			

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

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

INDICE

PAGINA

EXECUTIVE SUMMARY	III
1 INTRODUZIONE	1
1.1 PREMessa	1
1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA	1
1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO.....	2
1.4 IDENTIFICAZIONE DELL’EDIFICIO.....	2
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO	3
1.6 STRUTTURA DEL REPORT	6
2 DATI DELL’EDIFICIO.....	7
2.1 INFORMAZIONI SUL SITO	7
2.2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE, SOCIO-ECONOMICO E DESTINAZIONE D’USO	7
2.3 VERIFICA DEI VINCOLI INTERFERENTI SULLE PARTI DELL’IMMOBILE INTERESSATE DAGLI ’INTERVENTI.....	9
2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO.....	9
3 DATI CLIMATICI	11
3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO.....	11
3.2 DATI CLIMATICI REALI.....	12
3.3 ANALISI DELL’ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO	12
4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI	14
4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL’INVOLUCRO EDILIZIO.....	14
4.1.1 <i>Involucro opaco</i>	14
4.1.2 <i>Involucro trasparente</i>	15
4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO	17
4.2.1 <i>Sottosistema di emissione</i>	18
4.2.2 <i>Sottosistema di regolazione</i>	19
4.2.3 <i>Sottosistema di distribuzione</i>	20
4.2.4 <i>Sottosistema di generazione</i>	22
4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA	24
4.4 E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE	25
4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE	25
5 CONSUMI RILEVATI	27
5.1 CONSUMI ENERGETICI STORICI PER CIASCUN VETTORE E CONNESSIONE ALLE RETI GAS NATURALE ED ELETTRICA.....	27
5.1.1 <i>Energia termica</i>	27
5.1.2 <i>Energia elettrica</i>	31
5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI	35
6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO.....	40
6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO	40
6.1.1 <i>Validazione del modello termico</i>	41
6.1.2 <i>Validazione del modello elettrico</i>	42
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI.....	43
6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI.....	44
7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO.....	47
7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI	47
7.1.1 <i>Vettore termico</i>	47
7.1.2 <i>Vettore elettrico</i>	52
7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL’ANALISI.....	55
7.3 COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI.....	55
7.4 BASELINE DEI COSTI.....	56
8 IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA	58



8.1	DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI	58
8.1.1	<i>Involucro edilizio</i>	58
8.1.2	<i>Impianto produzione acqua calda sanitaria</i>	60
8.1.3	<i>Impianto riscaldamento</i>	62
8.1.4	<i>Impianto di generazione da fonti rinnovabili</i>	67
8.1.5	<i>Impianto di illuminazione ed impianto elettrico</i>	68
9	VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA	69
9.1	ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI	69
9.2	ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI	71
9.3	IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D’INTERVENTO E SCENARI D’INVESTIMENTO	78
9.3.1	<i>Scenario 1: INVOLUCRO E IMPIANTO</i>	81
9.3.2	<i>Scenario 2: IMPIANTI</i>	86
10	CONCLUSIONI	92
10.1	RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA	92
10.2	RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI	92
10.3	CONCLUSIONI E COMMENTI.....	93
ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA		1
ALLEGATO B – ELABORATI GRAFICI		1
ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA		1
ALLEGATO D – REPORT DI INDAGINE ENDOSCOPICO		1
ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI		1
ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE		1
ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA		1
ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI		2
ALLEGATO I – DATI CLIMATICI		2
ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT		2
ALLEGATO K – SCHEDE ORE		2
ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI		2
ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK		2
ALLEGATO N – CD-ROM		2

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		Fine 800
Anno di ristrutturazione		2012
Zona climatica		[D]
Destinazione d'uso		E.7 Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli
Superficie utile riscaldata	[m ²]	916,16
Superficie disperdente (S)	[m ²]	2.028,39
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	5.078,43
Rapporto S/V	[1/m]	0,23
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	1.013
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	-
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	1.013
Tipologia generatore riscaldamento		Basamento modulare a condensazione
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	251,2
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	-
Tipo di combustibile		Gas naturale
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler elettrico
Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	30,3
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{rit} /anno]	81.049
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	6.721
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{ei} /anno]	29.710
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	5.825

Nota (1): Valori di Baseline

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

- EEM 1: CAPPOTTO INTERNO
- EEM 2: SCALDACQUA A POMPA DI CALORE
- EEM 3: INSTALLAZIONE CIRCOLATORI A GIRI VARIABILI
- EEM 4: INSTALLAZIONE DI VALVOLE TERMOSTATICHE
- EEM 5: IMPIANTO FOTOVOLTAICO
- SCN 1: INVOLUCRO E IMPIANTO
- SCN 2: IMPIANTI

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

	CON INCENTIVI													
	%Δ _E	%Δ _C oz	ΔC _E	ΔC _{MO}	ΔC _{MS}	I ₀	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP	DSCR	LLCR
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]		
EEM 1	48,3	26	3.225,6	-	-	48.334	7,9	10,9	30	27.766	9,9	0,57		
EEM 2	5,6	2,6	326,1	-	-	7.310	18,4	31,7	30	-402	3,5	-0,05		
EEM 3	19,1	8,8	1.114,1	-	-	2.375	2,3	2,5	15	8.434	42,2	3,55		
EEM 4	16,6	8,9	1.101,9	-	-	1.799	1,7	1,8	15	8.817	54,3	4,90		
EEM 5	33,8	15,5	1.967,4	-	-	30.152	15,4	19,8	15	-7.516	-0,4	-0,25		
SCN 1	73,2	37,6	4.701	-	-	58.018	2,65	3,07	-	3.415	34,53	0,06	1,203	0,640
SCN 2	70,7	33,6	4.249	-	-	41.635	1,48	3,28	-	1.251	21,56	0,03	1,076	0,736

Figura 0.1 – Scenario 1: analisi finanziaria

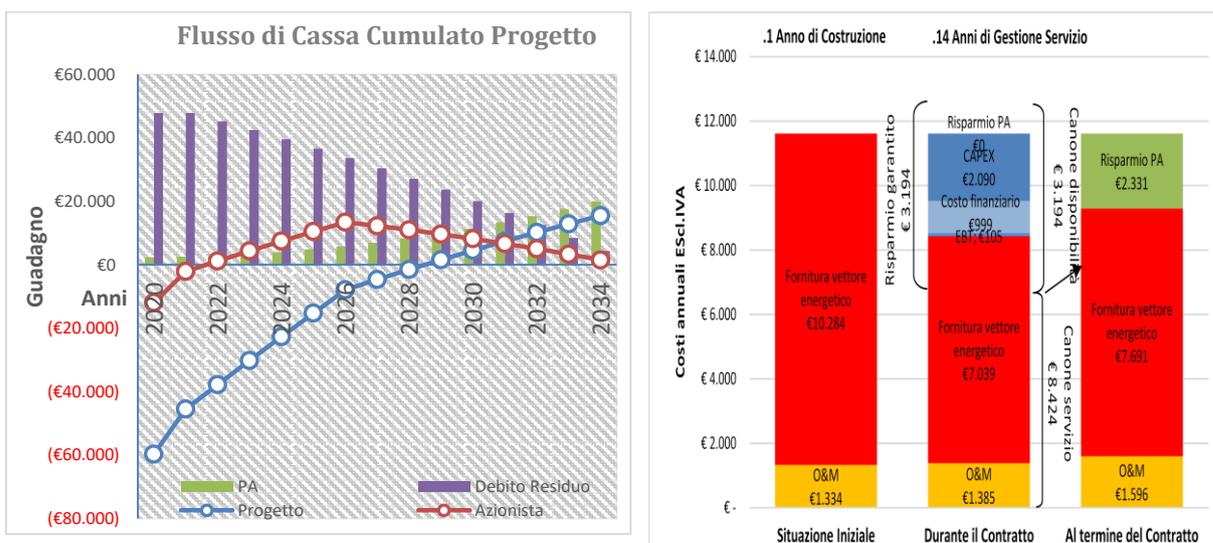
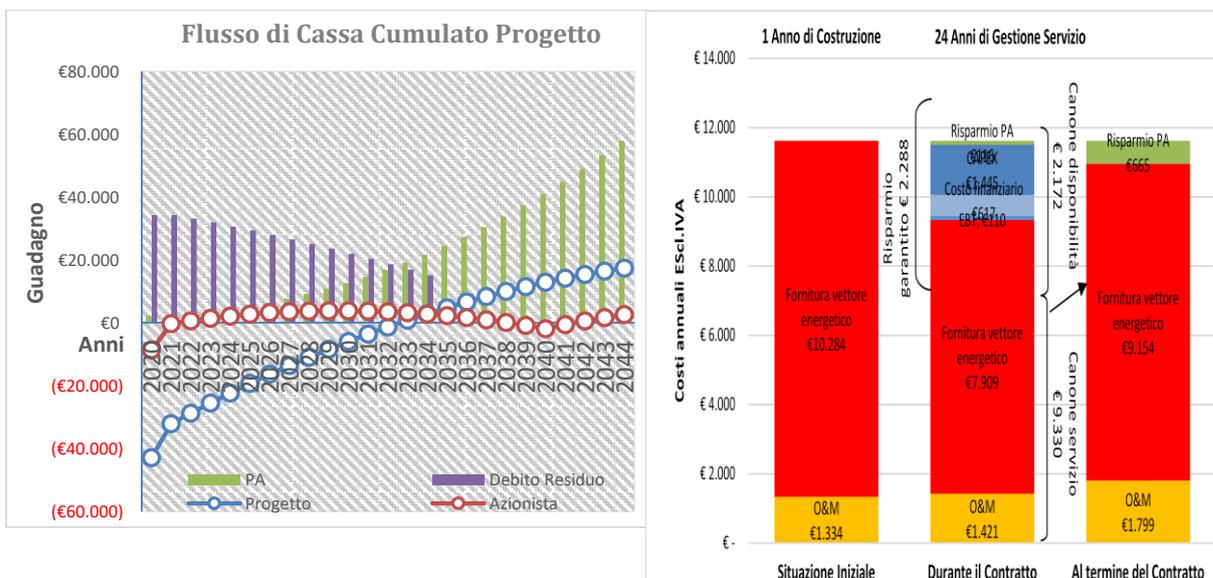


Figura 0.2 – Scenario 2: analisi finanziaria



Dall’analisi effettuata, come riportato nella presente Diagnosi Energetica, emerge che è possibile conseguire un **miglioramento energetico in condizioni standard di due classi energetiche, ed in particolare per l’edificio in esame dalla F alla D.**

In linea generale tutti gli interventi proposti mirano, oltre a rendere più efficiente il sistema involucro-impianto, a risolvere anche criticità dal punto di vista edilizio ed impiantistico.

Lo scenario più favorevole in termini economico-finanziari risulta essere quello che prevede l’efficientamento dell’involucro mediante l’inserimento di un cappotto interno e dell’impianto termico mediante la sostituzione del circolatore con un sistema ad inverter e l’installazione di uno scaldacqua a pompa di calore.

Per quanto concerne il risparmio di CO2 equivalente si stima **una riduzione complessiva di 11.373 kg CO2.**

In termini di energia primaria, nello scenario migliore dal punto di vista energetico, sarebbe possibile risparmiare 59.136 kWh.

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

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

Figura 1.1 - Vista delle facciate nord-est



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

1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA

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

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

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

Tabella 1.2 - Tabella riepilogativa dei dati dell'edificio

PARAMENTO	U.M.	VALORE
Anno di costruzione edificio		Fine 800
Anno di ristrutturazione		2012
Zona climatica		[D]
Destinazione d'uso		E.7 Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli
Superficie utile riscaldata	[m ²]	916,16
Superficie disperdente (S)	[m ²]	2.028,39
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	5.078,43
Rapporto S/V	[1/m]	0,23
Superficie netta aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	1.013
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	1.013
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	-
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	1.013
Tipologia generatore riscaldamento		Basamento modulare a condensazione
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	251,2
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	-
Tipo di combustibile		Gas naturale
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler elettrico
Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	30,3
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{th} /anno]	81.049
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	6.721
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	29.710
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	5.825

Nota (1): Valori di Baseline

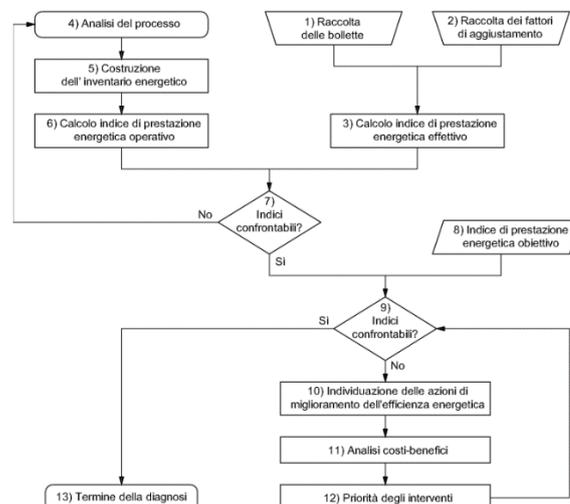
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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 grafici.
- 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 TERMUS dell'ACCA Software versione 42.h in possesso di certificato di conformità rilasciato dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI) n. 67 del 15/03/17 ai sensi del D.lgs. 192/05 e s.m.i. e riportato all'Allegato F – Certificato CTI Software;

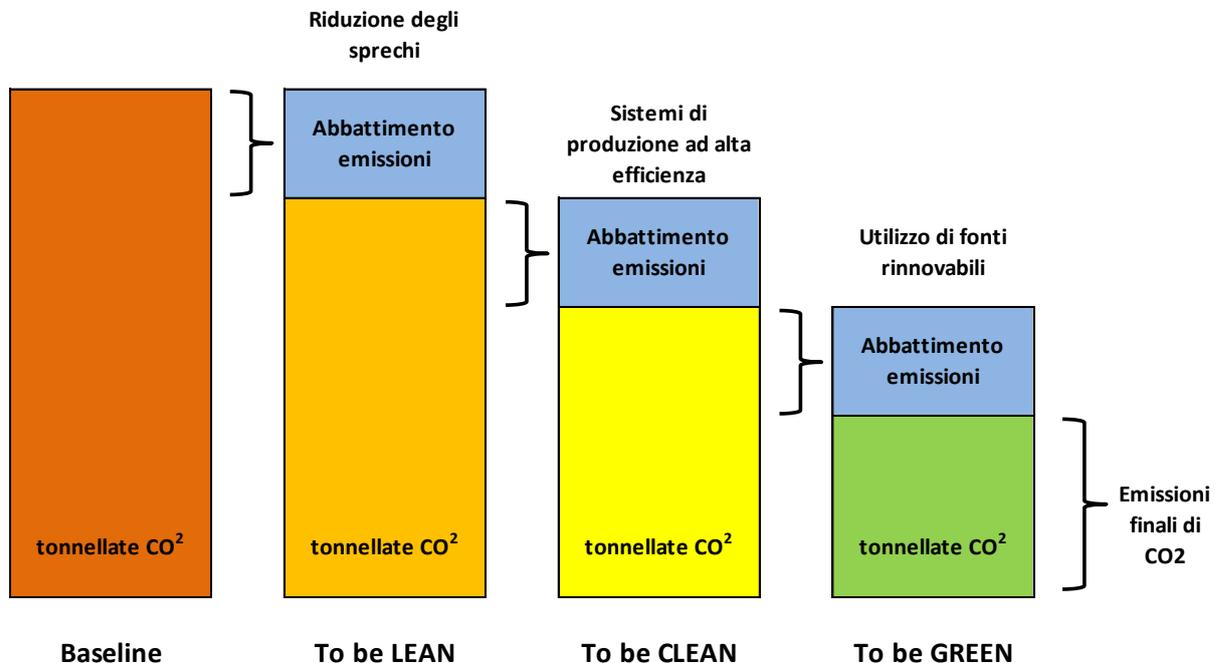
- g) Analisi dei profili annuali di consumi e costi dei servizi energetici reali dell'edificio, comprensivi della fornitura dei vettori energetici sia elettrici che di gas e degli oneri di O&M, relativamente alle annualità 2014-2015-2016;
- h) Analisi dei dati climatici reali del sito ove è ubicato l'edificio con conseguente calcolo dei Gradi Giorno reali (GG_{real}), 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_2) tramite opportuna ripartizione del consumo di combustibile tra le varie utenze a servizio dell'edificio e destagionalizzazione dello stesso, utilizzando i relativi GG reali (GG_{real}), e conseguente normalizzazione secondo i GG di riferimento (GG_{rif});
- j) Individuazione della "baseline elettrica" di riferimento (e relative emissioni di CO_2) calcolata sulla media aritmetica dei valori relativi ai consumi elettrici reali per tre le annualità 2014, 2015, 2016;
- k) Validazione del modello elaborato mediante il confronto con le baseline energetiche, al fine di ottenere uno scostamento inferiore al 5%;
- l) Analisi delle possibili EEM necessarie per la riqualificazione energetica del sistema edificio-impianto analizzando gli aspetti tecnici, energetici, ed ambientali.
- m) Simulazione del comportamento energetico dell'edificio a seguito dell'attuazione delle varie EEM proposte singolarmente, ed individuazione della nuova classe energetica raggiungibile;
- n) Definizione di due scenari ottimali a partire dalla combinazione delle singole EEM proposte al fine di conseguire un miglioramento del parametro di efficienza energetica dell'edificio superiore a due classi energetiche e tempi di ritorno inferiori uguale rispettivamente a 25 e a 15 anni.
- o) Analisi costi-benefici e di redditività finanziaria derivanti dalla realizzazione delle EEM previste singolarmente, con riferimento ai principali indicatori finanziari ed ai possibili sistemi di incentivazione;
- p) Valutazione economico-finanziaria dei due scenari ottimali previsti, a partire dal "baseline di costi" e con riferimento ai principali indicatori finanziari e di sostenibilità finanziari ed ai possibili sistemi di incentivazione;
- q) Identificazione dell'eventuale canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale attraverso un Energy Performance Contract, con lo scopo di analizzare il possibile interesse nella realizzazione degli interventi studiati, tramite l'intervento di una ESCo;
- r) Realizzazione di una relazione tecnica descrittiva di dettaglio dell'analisi effettuata (Rapporto di DE);
- s) Realizzazione di un report dei Benchmark.

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



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

Figura 1.4 - Principio della Gerarchia Energetica



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

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

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

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

Una volta esaminate le possibili EEM si è realizzata una analisi economica delle stesse, ponendo particolare attenzione nella valutazione dei possibili sistemi incentivanti applicabili (Conto Termico,

Titoli di Efficienza Energetica, ecc) individuando i principali indicatori economici d'investimento di seguito elencati:

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

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

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

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

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

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

1.6 STRUTTURA DEL REPORT

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

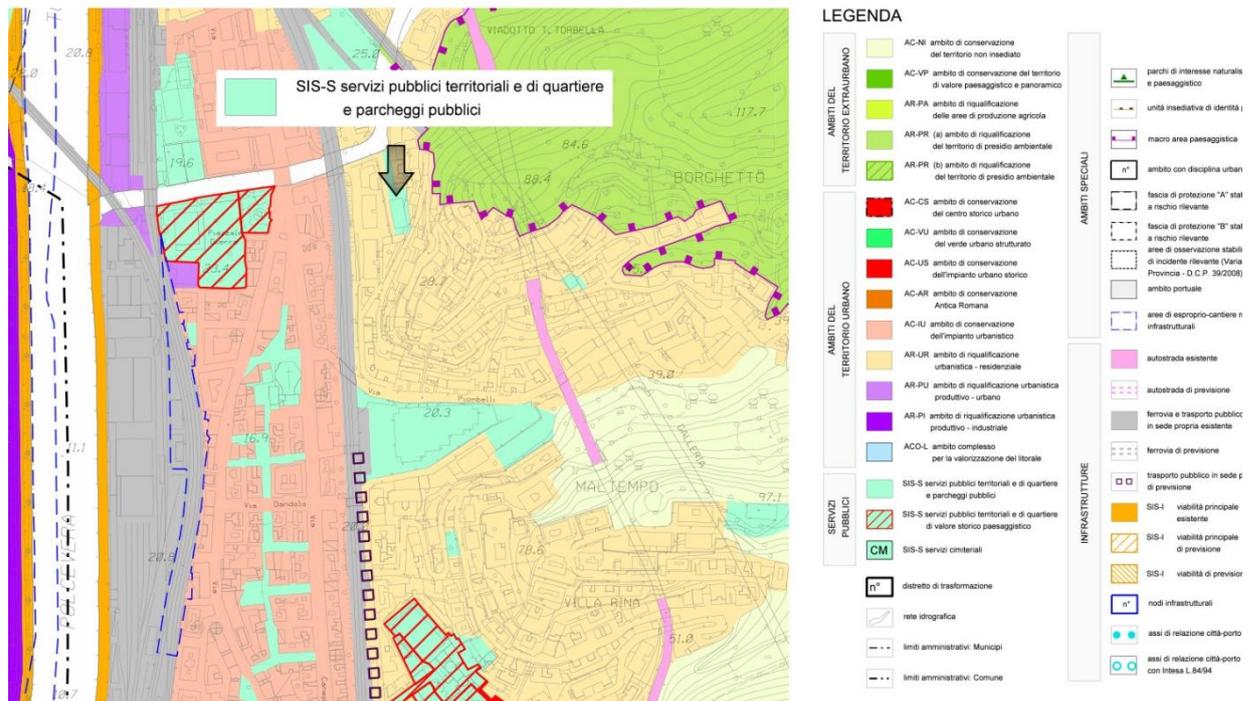
- Una prima parte nella quale sono descritti lo scopo ed i confini della DE e le metodologie di analisi adottate;
- Una seconda parte in cui sono riportate le informazioni dell'edificio rilevate in sede di sopralluogo e le valutazioni effettuate al fine di identificare le caratteristiche tecniche dei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

2 DATI DELL'EDIFICIO

2.1 INFORMAZIONI SUL SITO

Lo strumento urbanistico vigente, il P.U.C approvato con DD n° 2015/118.0.0./18 con entrata in vigore il 3/12/2015 (ultimo aggiornamento 25/10/17), classifica l'edificio oggetto della DE in zona SIS-S servizi pubblici territoriali e di quartiere e parcheggi pubblici.

Figura 2.1 - Particolare estratto dal Piano Urbanistico Comunale



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

L'edificio è localizzato a Rivarolo, nella bassa val Polcevera. Il territorio dell'ex circoscrizione di Rivarolo si estende su entrambe le sponde del Polcevera e comprende le valli di alcuni dei suoi affluenti, il principale dei quali è il torrente Torbella. Rivarolo si trova sulla sinistra del torrente, allineato lungo la ex Strada statale 35 dei Giovi. Sull'argine che divide gli abitati dal torrente, costruito intorno alla metà dell'Ottocento, corre la linea ferroviaria Genova-Torino.

L'edificio, di antiche origini ma completamente ristrutturato nel 2012 (sostituzione infissi esterni, rifacimento facciata, impermeabilizzazione e isolamento del solaio piano di copertura, adeguamento antincendio) ospita al piano terra e al primo (ad eccezione di un'aula che ha accesso indipendente direttamente dal vano scala) la scuola per l'infanzia comunale "Rivarolo" e al piano secondo e terzo la scuola secondaria di I grado "U. Foscolo" (sezione distaccata della sede principale dell'Istituto, sito in Piazza Pallavicini 6A).

L'edificio scolastico è situato vicino alla Biblioteca comunale Cervetto, alla piscina Foltzer e alla stazione della Metropolitana. La zona è fornita di un buon servizio di linea AMT.

Ai sensi del DPR 412/93, attualmente ricade nella destinazione d'uso E.7 – Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli.

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

L'ipotesi di intervenire al fine di migliorare l'efficienza energetica dell'asilo è volta ad una diminuzione delle emissioni di CO₂, e rientra negli obiettivi prefissati dal Comune di Genova all'interno del SEAP (Sustainable Energy Action Plan), ma può anche essere considerata di interesse socio-culturale, poiché trattandosi di una struttura scolastica, sarebbe utile alla sensibilizzazione degli utenti alle tematiche di interesse ambientale ed energetico.

La scuola per l'infanzia è costituita da cinque sezioni con bambini di età eterogenea (125 bambini), un'aula per attività psicomotoria, uno spazio strutturato per attività didattiche polivalenti e un piccolo giardino esterno. La scuola media U. Foscolo ospita invece 2 sezioni (150 bambini).

Pertanto, ogni anno, la scuola è frequentata da circa 275 bambini, oltre a maestre e collaboratrici scolastiche. Inoltre, è importante evidenziare come, oltre alla riduzione di emissioni climateranti e alle finalità di sensibilizzazione sulle tematiche ambientali, l'efficientamento dell'edificio e una corretta gestione e manutenzione del sistema edificio – impianto, comporterebbe il miglioramento delle condizioni di benessere percepite dai bambini e dagli operatori didattici, nonché la riduzione dei consumi specifici di energia termica ed elettrica.

L'edificio, ospitante la scuola materna e media oggetto della DE, è disposto su quattro livelli principali: al piano terra ci sono l'atrio di ingresso, una piccola palestra, due aule didattiche, lo spogliatoio per il personale, il refettorio, la cucina, la dispensa e i servizi igienici; al primo ci sono tre aule, una stanza multifunzione, un'aula della scuola media (con accesso indipendente direttamente dal vano scala di accesso della scuola media posto al piano terra del fronte ovest civico 14) e i servizi igienici; al secondo ci sono quattro aule didattiche, una stanza multifunzione e i servizi igienici; al terzo ci sono un'aula didattica, un'aula informatica, un'aula docenti, un locale di servizio e un locale tecnico. Da questo piano si accede al terrazzo piano non praticabile posto a nord e a sud dell'edificio.

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



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 grafici.

Tabella 2.1 - Suddivisione in piani dell'edificio

PIANO	UTILIZZO	U.M.	SUPERFICIE LORDA COMPLESSIVA ⁽²⁾	SUPERFICIE UTILE RISCALDATA ⁽³⁾	SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA ⁽³⁾
Terra (scuola materna)	Ingresso, dispensa, cucina, refettorio, piccola palestra, spogliatoi, 2 aule e servizi igienici	[m ²]	281	259	-
Primo (scuola materna + 1 aula scuola media)	3 Aule didattiche, stanza multifunzione, un'aula della scuola media e servizi igienici	[m ²]	277	253	-
Secondo (scuola media)	4 Aule didattiche, stanza multifunzione e servizi igienici	[m ²]	284	251	-
Terza (scuola media)	1 Aula didattica, 1 aula informatica, 1 aula docenti, 1 locale di servizio e 1 locale tecnico	[m ²]	171	153	-
TOTALE		[m ²]	1.013	916	-

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

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

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

Dal punto di vista storico l'edificio di fine 800, interamente ristrutturato nel 2012, vicino al più antico palazzo Fieschi con resti del castello sede di una delegazione comunale (municipio V) vincolato dal 1934, non è classificato come **bene di interesse Storico ed Artistico Particolarmente Importante**, pertanto, nell'analisi delle EEM non si è resa necessaria l'identificazione delle possibili interferenze con i vincoli presenti

2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO

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

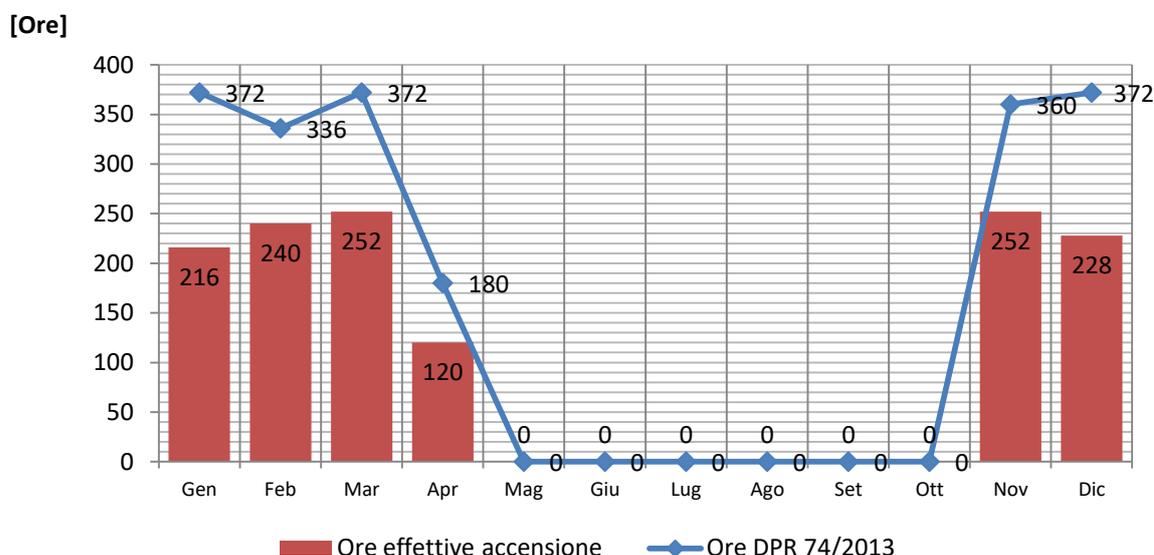
Gli orari di effettivo utilizzo dell'edificio sono stati ricavati tramite intervista al personale didattico e di servizio, mentre i periodi di attivazione e spegnimento degli impianti.

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

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

PERIODO	GIORNI SETTIMENALI	ORARIO FUNZIONAMENTO EDIFICIO	ORARIO FUNZIONAMENTO IMPIANTO
Dal 14 Settembre al 31 Ottobre	dal martedì al venerdì	7.00 – 18.00	spento
	sabato e domenica	chiuso	spento
Dal 1 Novembre al 15 Aprile	dal martedì al venerdì	7.00 – 18.00	6.00 – 18.00
	sabato e domenica	chiuso	spento
Dal 16 Aprile al 30 Giugno	dal martedì al venerdì	7.00 – 18.00	spento
	sabato e domenica	chiuso	spento
Dal 01 Luglio al 13 Settembre	tutti i giorni	chiuso	spento

Figura 2.3 – Andamento mensile delle ore effettive di utilizzo dell'impianto termico





Dall'analisi effettuata è emerso che gli orari di funzionamento degli impianti non sono strettamente correlati agli orari di espletamento delle attività dell'asilo, ma dipendono anche dalla presenza di personale all'interno della struttura pertanto un'ora prima dell'arrivo dei bambini ed un'ora dopo l'edificio è occupato dal personale scolastico. L'impianto inoltre si accende un'ora prima dell'arrivo del personale.

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

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

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

3 DATI CLIMATICI

3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO

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

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

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

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

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

Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 905 GG 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_{rif} ai fini del processo di normalizzazione di cui al capitolo 2.

Tabella 3.2 – Profili mensili dei GG_{rif}

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_{rif}	PROFILO DI INCIDENZA
Gennaio	31	10,4	31	298	20	20	192	21,22%
Febbraio	28	10,5	28	266	20	20	190	21,00%
Marzo	31	11,1	31	276	21	21	187	20,66%
Aprile	30	15,3	15	71	20	15	52	5,72%
Maggio	31	18,7	-	-	21	-	-	-
Giugno	30	22,4	-	-	20	-	-	-
Luglio	31	24,6	-	-	20	-	-	-
Agosto	31	23,6	-	-	-	-	-	-
Settembre	30	22,2	-	-	14	-	-	-
Ottobre	31	18,2	-	-	21	-	-	-
Novembre	30	13,3	30	201	20	20	134	14,81%
Dicembre	31	10,0	31	310	15	15	150	16,58%

TOTALE	365	16,7	166	1421	212	111	905	100%
--------	-----	------	-----	------	-----	-----	-----	------

3.2 DATI CLIMATICI REALI

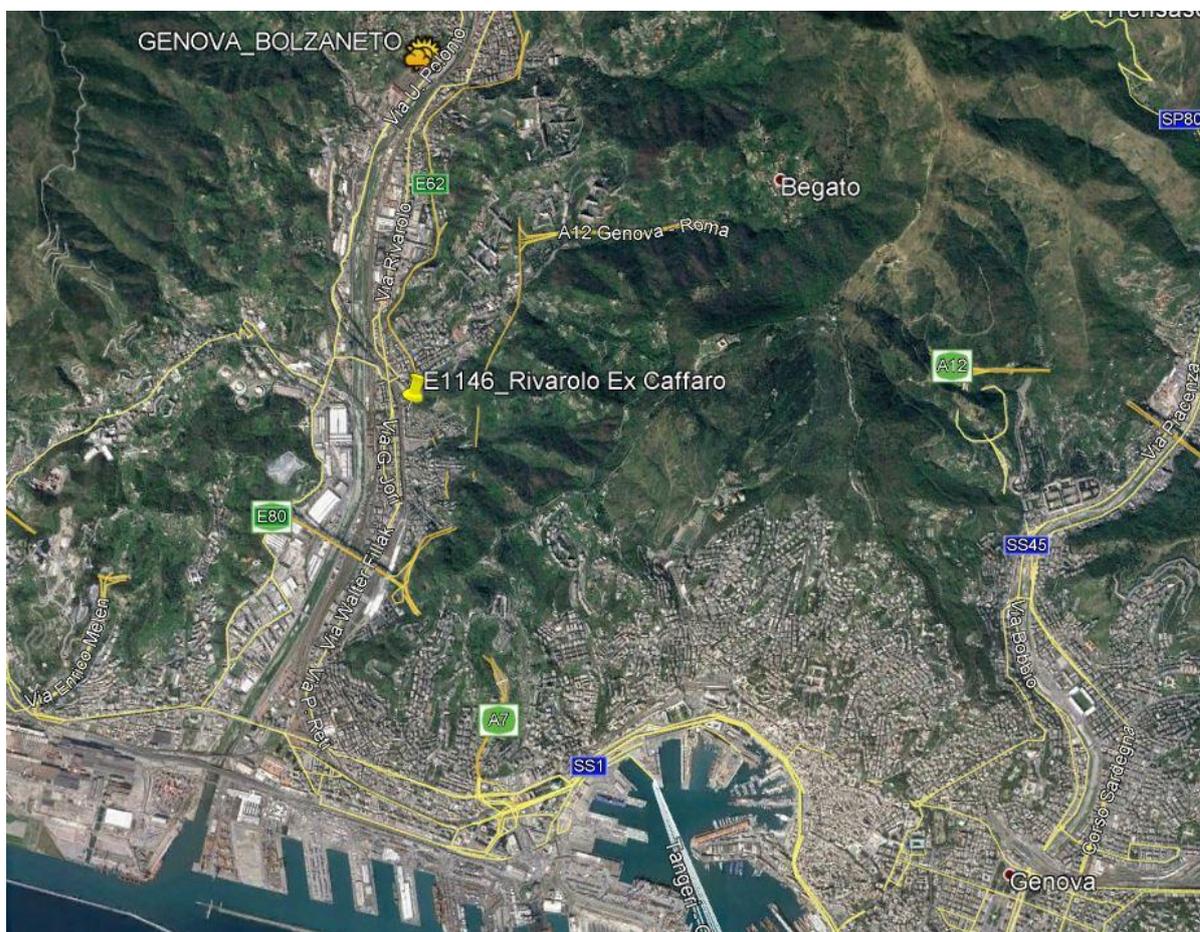
Ai fini della realizzazione dell'analisi energetica si è resa necessaria la definizione delle condizioni climatiche reali, ovvero dei GG calcolati in funzione della temperatura esterna media oraria del sito effettivamente rilevata, con lo scopo di creare una normalizzazione dei consumi in funzione delle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

I dati climatici utilizzati sono stati rilevati dalla centralina meteo climatica GENOVA-BOLZANETO (Long. 8° 53' 44.196" – Lat. 44° 27' 19.08" – Altezza sul livello del mare 47m).

In mancanza di specifiche tecniche relative alla tipologia di centralina climatica, si riporta di seguito il link di riferimento da cui sono stati estrapolati i dati climatici utilizzati per il calcolo dei gradi giorno: <http://www.cartografiari.regione.liguria.it/SiraQualMeteo/script/PubAccessoDatiMeteo.asp>.

Si è deciso di utilizzare come riferimento tale centralina in quanto è l'unica disponibile e fornita dalla PA per l'edificio oggetto della presente DE.

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

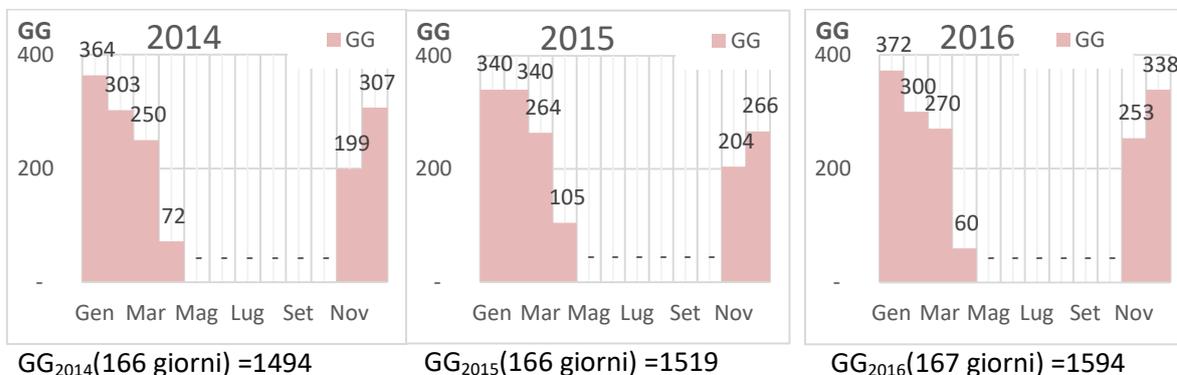


3.3 ANALISI DELL'ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO

Di seguito si riportano i valori mensili dei GG reali, calcolati in funzione delle temperature esterne medie orarie per il triennio di riferimento (2014 - 2015 - 2016), valutati come la sommatoria, estesa a tutti i giorni del periodo annuale di riscaldamento compreso tra il 1 Novembre e il 15 Aprile, delle

sole differenze positive giornaliere tra la temperatura interna di 20°C e quella esterna giornaliera media mensile calcolata in funzione delle temperature orarie rilevate dalla centralina meteorologica.

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

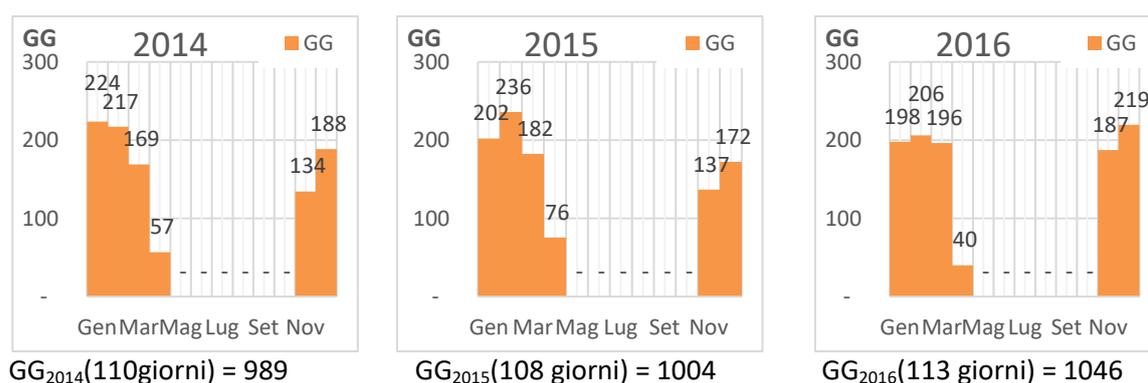


Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG reali sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore medio per le tre stagioni termiche analizzate di 1013 GG calcolati su 110 giorni effettivi di utilizzo dell'impianto di riscaldamento.

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

I GG così calcolati definiscono i GG_{real} ai fini del processo di normalizzazione di cui al capitolo 2.

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



Come si può notare dai grafici sopra riportati, l'andamento dei GG evidenzia l'innalzamento medio delle temperature esterne per il sito di riferimento e dunque la necessità di normalizzare i dati di consumo energetico.

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 muratura portante in pietrame misto con spessori decrescenti dal basso verso l'alto, che vanno da 70 a 50 cm. La muratura è intonacata su entrambi i lati e, ad ogni piano è uguale su tutti i fronti dell'edificio, ad eccezione del piccolo blocco per servizi in aggetto sul fronte est, che presenta uno spessore della muratura molto ridotto. Sono presenti nicchie sottofinestra all'interno delle quali a volte sono alloggiati i radiatori.

Il solaio di copertura è piano con uno strato di isolante da 6 cm circa, probabilmente aggiunto nella recente ristrutturazione del 2012, ed è del tipo in laterocemento come quelli interpiano.

Figura 4.1 – Vista corridoio interno con spessore muratura esterna



Figura 4.2 - Particolare del solaio di un'aula

Questa soluzione realizzativa non presenta problematiche particolari.



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 termocamera ai sensi della norma UNI EN 13187: 2000 "Prestazione termica degli edifici. Rilevazione qualitativa delle irregolarità termiche negli involucri edilizi. Metodo all'infrarosso".

- Indagine endoscopica delle strutture a eseguito tramite videoendoscopio flessibile Eumig-6200, Monitor Type Boroscope.

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- Dispersioni dell'involucro edilizio in corrispondenza dei ponti termici geometrici della struttura;
- Dispersioni dell'involucro edilizio in corrispondenza delle zone sottofinestra.

Figura 4.3 – Rilievo termografico della parete del fronte est (zona blocco servizi)



I dettagli delle indagini diagnostiche effettuate sono riportate all'Allegato C – Report indagine Termografica.

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

Tabella 4.1 – Trasmittanze termiche dei componenti dell'involucro opaco

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	SPESSORE	ISOLAMENTO	TRASMITTANZA TERMICA	STATO DI CONSERVAZIONE
		[cm]		[W/m ² K]	
Solaio interpiano	SL01	[33,5]	[assente]	[1,58]	[discreto]
Solaio Copertura piana	SL03	[43,4]	[XPS]	[0,484]	[buono]
Solaio di plafone	SL04	[29,0]	[assente]	[1,70]	[buono]
Parete esterna verticale	[MR01]	[60]	[assente]	[2,008]	[buono]
Parete esterna verticale	[MR04]	[50]	[assente]	[2,25]	[buono]

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

4.1.2 Involucro trasparente

L'involucro trasparente che costituisce l'edificio è composto da serramenti in PVC con vetrocamera. Gli infissi, in generale, presentano un sistema di schermatura esterno a persiana scorrevole, solo a piano terra.

Figura 4.4 - Particolare dei serramenti

La tipologia ricorrente su tutti i fronti è quella a due ante.

I due portoni di ingresso, al civico 14 per la scuola media (fronte ovest) e al civico 12B per la scuola materna (fronte est) sono in legno.



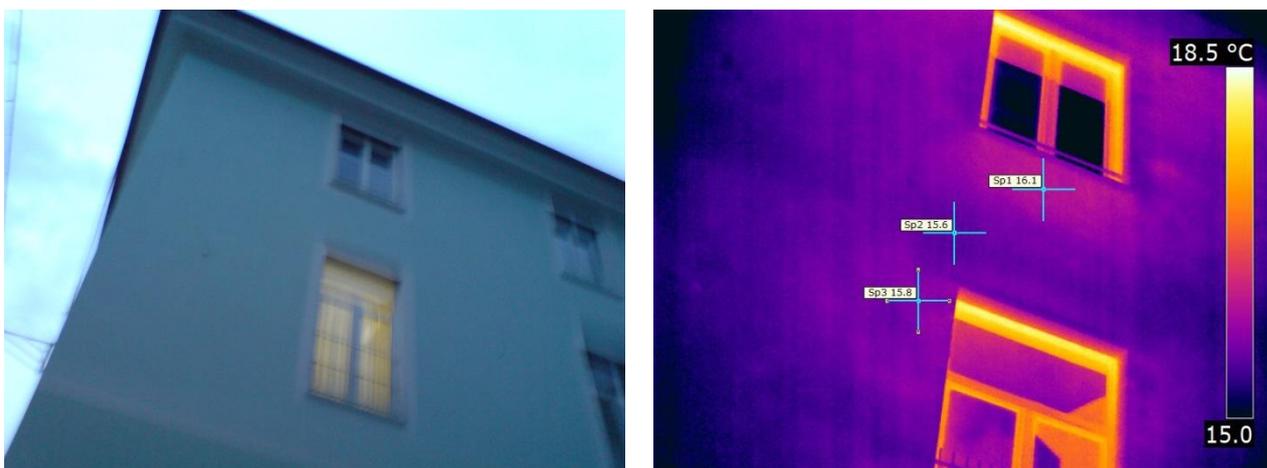
Ai fini di un'identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell'involucro trasparente si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione delle seguenti indagini diagnostiche:

- Rilievo termografico eseguito sensi della norma UNI EN 13187:2000 "Prestazione termica degli edifici. Rilevazione qualitativa delle irregolarità termiche negli involucri edilizi. Metodo all'infrarosso".

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- Dispersioni termiche in corrispondenza dell'attacco parete-serramento;
- Dispersioni termiche di telaio e vetro.

Figura 4.5 – Rilievo termografico dei serramenti al piano secondo e terzo sul fronte principale



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

Tabella 4.2 – Trasmittanze termiche dei componenti dell'involucro trasparente

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	DIMENSIONI [HXL] [cm]	TIPO TELAIO	TIPO VETRO	TRASMITTANZA TERMICA [W/mqK]	STATO DI CONSERVAZIONE
Serramento a due ante	WN01	[0,85x1.60]	PVC	Vetrocamera	2,97	buono
Serramento a due ante (P2 e P3)	WN01	[1.50x1.80]	PVC	Vetrocamera	3,01	buono
Serramento a due ante con sopra luce	WN02	[1.30x2.50]	PVC	Vetrocamera	2,99	buono
Serramento ad un'anta	WN04	[0.45x0.55]	PVC	Vetrocamera	2,79	buono
Serramento a due ante PT	WN08	[1.50x2.40]	PVC	Vetrocamera	3,01	buono

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

4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO

L'impianto di riscaldamento degli ambienti è costituito da un sistema con fluido termovettore acqua. E' presente un generatore di calore a basamento alimentato a gas metano, un gruppo di circolazione costituito da tre pompe a giri fissi gemellari, di cui due installate in parallelo, un sistema di distribuzione a colonne montanti ed un sistema di emissione a radiatori.

4.2.1 Sottosistema di emissione

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

- Radiatori su parete esterna non isolata;
- Radiatori su parete interna.

E' necessario sottolineare che al momento del sopralluogo i radiatori erano in funzione a pieno regime.

Figura 4.6 - Particolare del radiatore installato a parete in un corridoio



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
Scuola materna "Rivarolo"	Radiatore su parete esterna non isolata	90%
Scuola materna "Rivarolo"	Radiatore su parete interna	93%
Scuola media "Caffaro"	Radiatore su parete esterna non isolata	90%
Scuola media "Caffaro"	Radiatore su parete interna	93%

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

Tabella 4.4 - Riepilogo caratteristiche dei radiatori installati

PIANO	TIPO DI INSTALLAZIONE	NUMERO	POTENZA TERMICA UNITARIA	POTENZA TERMICA COMPLESSIVA	POTENZA FRIGORIFERA UNITARIA	POTENZA FRIGORIFERA COMPLESSIVA
			[kW]	[kW]	[kW]	[kW]
Terra	Su parete esterna non isolata	1	3,46	3,46	-	-
Terra	Su parete esterna non isolata	1	3,65	3,65	-	-
Terra	Su parete esterna non isolata	3	2,88	8,64	-	-
Terra	Su parete esterna non isolata	2	1,54	3,08	-	-
Terra	Su parete esterna non isolata	1	1,189	1,189	-	-
Terra	Su parete interna	3	1,54	4,62	-	-
Terra	Su parete esterna non isolata	1	0,96	0,96	-	-
Primo	Su parete esterna non isolata	2	1,73	3,46	-	-
Primo	Su parete esterna non isolata	3	2,31	6,93	-	-
Primo	Su parete esterna non isolata	2	2,88	5,76	-	-

Primo	Su parete esterna non isolata	1	1,248	1,248	-	-
Primo	Su parete interna	1	2,31	2,31	-	-
Secondo	Su parete esterna non isolata	1	3,46	3,46	-	-
Secondo	Su parete esterna non isolata	2	1,54	3,08	-	-
Secondo	Su parete esterna non isolata	2	3,65	7,30	-	-
Secondo	Su parete esterna non isolata	1	2,31	2,31	-	-
Secondo	Su parete esterna non isolata	1	2,50	2,50	-	-
Secondo	Su parete interna	1	3,46	3,46	-	-
Terzo	Su parete esterna non isolata	1	2,12	2,12	-	-
Terzo	Su parete esterna non isolata	1	2,88	2,88	-	-
Terzo	Su parete esterna non isolata	2	3,08	6,16	-	-
Terzo	Su parete esterna non isolata	1	1,16	1,16	-	-
Terzo	Su parete esterna non isolata	1	3,65	3,65	-	-
Terzo	Su parete interna	1	1,73	1,73	-	-
TOTALE		36		85,12		

Nota(1): La potenza dei terminali di emissione è stata calcolata sulla base di quanto fornito dalla P.A. e verificata in sede di sopralluogo.

Nota(2): La differenza di temperatura tra i terminali di emissione e ambiente è assunta pari a 22,00°C, in base a quanto rilevato in sede di sopralluogo.

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

4.2.2 Sottosistema di regolazione

La regolazione del funzionamento dell'impianto avviene attraverso l'impostazione degli orari di funzionamento, che al momento del sopralluogo (periodo invernale) era impostata per funzionare dalle 6:00 alle 18:00 dal lunedì al venerdì.

Non sono presenti dei termostati ambiente a servizio del funzionamento dei radiatori.

Figura 4.7 - Particolare della centralina di controllo in CT



Figura 4.8 - Particolare della centralina di controllo in CT



Di seguito sono riportati i profili orari di funzionamento dell'impianto termico.

Figura 4.9 - Profilo di funzionamento invernale dell'impianto per la zona termica Scuola materna "Rivarolo"

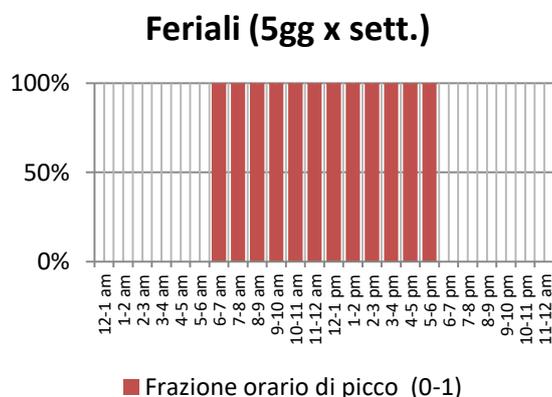
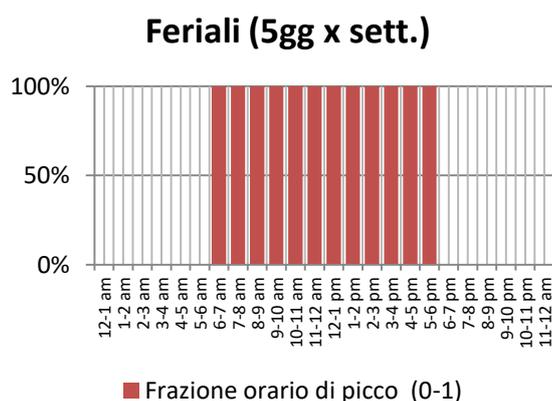


Figura 4.10 - Profilo di funzionamento invernale dell'impianto per la zona termica Scuola media "Caffaro"



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

I rendimenti di regolazione desunti dal modello di calcolo delle DE sono riportati nella Tabella 4.5:

Tabella 4.5 - Rendimenti del sottosistema di regolazione per le varie zone termiche

ZONA TERMICA	TIPO DI REGOLAZIONE	RENDIMENTO
Scuola materna "Rivarolo"	Solo climatica/centralizzata - modulante	90%
Scuola media "Caffaro"	Solo climatica/centralizzata - modulante	90%

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

4.2.3 Sottosistema di distribuzione

Il sottosistema di distribuzione è costituito dai seguenti elementi:

- 1) Circuito primario di collegamento tra il generatore di calore e il collettore di mandata e di ritorno.
- 2) Circuito secondario di collegamento tra il collettore in CT e le unità terminali presenti negli ambienti dell'edificio scolastico e negli uffici.

1) **Circuito primario:** è presente una pompa di circolazione per la distribuzione dal generatore al collettore di mandata e di ritorno.

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

Tabella 4.6 - Riepilogo caratteristiche pompe circuito primario

NOME		SERVIZIO	PORTATA [m ³ /h]	PREVALENZA [kPa]	POTENZA ASSORBITA [kW]
Circuito primario	P3	Mandata-Ritorno a collettori	n.d.	n.d.	0,530 (1)
TOTALE			n.d.	n.d.	0,530 (1)

Nota (1): Valori ricavati da dati di targa.

Le temperature del fluido termovettore all'interno del circuito primario sono riportate nella Tabella 4.7.

Tabella 4.7 – Temperature di mandata e ritorno del circuito primario

CIRCUITO			TEMPERATURA RILEVATA °C	TEMPERATURA CALCOLO °C
Circuito primario	Mandata	Caldo	72 (2)	80 (1)
	Ritorno	Caldo	n.d.	70 (1)

Nota (1): Valori utilizzati nel modello di calcolo;

Nota (2): Valori ricavati in sede di sopralluogo.

2) **Circuito secondario:** sono presenti due pompe di circolazione, installate in parallelo, per la distribuzione dal collettore ai terminali di emissione.

- Zona 1: Scuola
- Zona 2: Uffici

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

Tabella 4.8 - Riepilogo caratteristiche pompe circuito secondario

NOME		SERVIZIO	PORTATA m ³ /h	PREVALENZA kPa	POTENZA ASSORBITA kW
Circuito secondario - Scuola	P2 (Circolatore gemellare a giri fissi)	Distribuzione fluido termovettore a radiatori	n.d.	n.d.	0,450 (1)
Circuito secondario - Uffici	P3 (Circolatore gemellare a giri fissi)	Distribuzione fluido termovettore a radiatori	n.d.	n.d.	0,360 (1)
TOTALE			n.d.	n.d.	0,810 (1)

Nota (1): Valori ricavati da dati di targa.

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

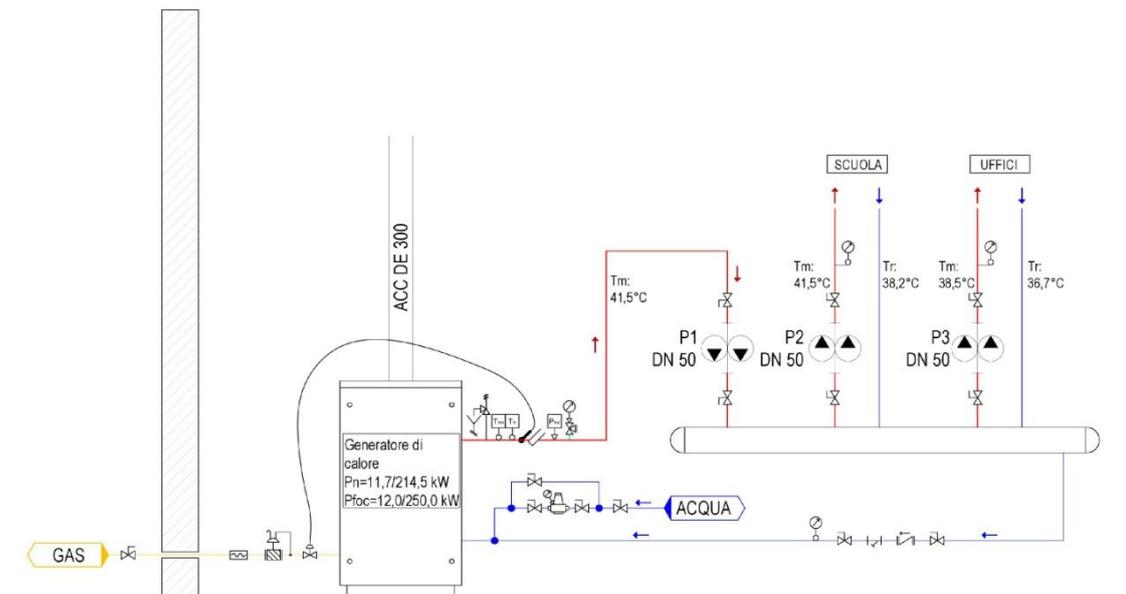
Tabella 4.9 – Temperature di mandata e ritorno del circuito secondario

CIRCUITO			TEMPERATURA RILEVATA °C	TEMPERATURA CALCOLO °C
Circuito secondario	Mandata	Caldo	41,5 (2)	80 (1)
	Ritorno	Caldo	38,2 (2)	70 (1)
Circuito secondario	Mandata	Caldo	38,5 (2)	80 (1)
	Ritorno	Caldo	36,7 (2)	70 (1)

Nota (1): Valori utilizzati nel modello di calcolo;

Nota (2): Valori ricavati in sede di sopralluogo.

Figura 4.11 - Particolare dello schema di impianto



Al fine di registrare le temperature dei singoli tratti all'interno della CT si è provveduto ad un rilievo puntuale mediante un termometro del tipo digitale senza contatto ad infrarossi con puntatore laser – CLASSE IIIA.

Il rendimento complessivo del sottosistema di distribuzione è stato assunto nella DE pari al 91.0%.

Tale rendimento è stato calcolato mediante il metodo previsto dalle norme UNI/TS 11300-2 prospetti 21-23.

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 un generatore a basamento alimentato a gas metano con potenza termica nominale massima pari a 244,5 kW, potenza termica al focolare massima pari a 250,0 kW di produzione IMMERGAS modello ARES 250 TEC, data di sostituzione: febbraio 2017.

Figura 4.12 - Particolare del Generatore di calore all'interno della Centrale termica



Figura 4.13 - Particolare del sistema di distribuzione all'interno della centrale termica



Le caratteristiche dei sistemi di generazione sono riportate nella Tabella 4.10.

Tabella 4.10 - Riepilogo caratteristiche 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	IMMERGAS	ARES 250 TEC	N.D.	250,0 (1)	244,5 (1)	97,8% (2)	0,362(2)

Nota (1): Valori ricavati da dati di targa;

Nota (2): Valori desunti dalla scheda tecnica del produttore.

Il rendimento complessivo del sottosistema di generazione, in regime di riscaldamento è stato assunto nella DE pari al 93%.

Si sottolinea che secondo quanto rilevato in sede di sopralluogo il generatore funziona regolarmente.

Il rendimento di combustione ricavato dal libretto di centrale, nella sezione relativa alla prova fumi del 16/03/2017, è pari al 100,2%.

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.

Figura 4.14 - Particolare di un boiler elettrico per la produzione di acqua calda sanitaria

La produzione è eseguita tramite bollitori elettrici ad accumulo installati localmente nei servizi igienici. Il numero complessivo di boiler elettrici installati e rilevati in sede di sopralluogo è pari a 3.



Figura 4.15 - Particolare della caldaia murale a gas installata in cucina per la produzione di acqua calda sanitaria

All'interno della cucina, a servizio della scuola materna, è presente una caldaia murale, alimentata a gas metano, per la produzione di acqua calda sanitaria.



I rendimenti caratteristici dei sottosistemi dell'impianto di produzione acqua calda sanitaria sono riportati nella Tabella 4.11.

Tabella 4.11 – 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% (1)	93% (1)	- (2)	- (2)	75% (1)	70% (1)

Nota (1) Valori ricavati dal modello di calcolo;

Nota (2) Sottosistema non presente.

L'elenco dei componenti dell'impianto di produzione acqua calda sanitaria rilevati in sede di sopralluogo e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 7 dell' Allegato J – Schede di Audit.

4.4 E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE

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

Tali tipologie di utenze sono state raggruppate insieme ed identificate con la denominazione di forza elettromotrice (FEM) e sono riportate nella Tabella 4.12.

Tabella 4.12 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA NOMINALE [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]	ORE ANNUE DI UTILIZZO [ore]
Scuola materna "Rivarolo"	Stufa a parete	1	2.000	2.000	450
	Stufa elettrica	1	2.000	2.000	450
	Tritacarne	1	1.100	1.100	100
	Cappa	1	370	370	300
	Lavastoviglie	1	800	800	300
	Frigorifero	1	380	380	5.520
	Congelatore	1	300	300	300
	PC	2	220	440	250
	Stampante	1	80	80	250
	Multifunzione	1	120	120	250
Scuola media "Caffaro"	Stufa elettrica	2	2.000	4.000	450
	Multifunzione	1	120	120	250
	PC	14	120	1.680	250
	Distributore caffè	1	1.350	1.350	200
	Frigorifero piccolo	1	100	100	500
	LIM	1	292	292	250

4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE

L'impianto di illuminazione è costituito da lampade di diverse tipologie, ovvero tubolare e a basso consumo in funzione della tipologia di utilizzo dei locali:

Le principali tipologie di corpi illuminanti sono di seguito elencati:

- Lampade a neon installate a soffitto nelle aule, nei servizi igienici e nelle zone di circolazione.
- Lampade a basso consumo;
- Lampade a neon da esterno installate a parete.

L'elenco e le caratteristiche dei corpi illuminanti sono riportate nella Tabella 4.13.

Figura 4.16 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nelle aule



Tabella 4.13 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

ZONA TERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA UNITARIA [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]
Scuola materna "Rivarolo"	Tubolare	1	18 (1x18)	18
	Tubolare	3	36 (2x18)	108
	Tubolare	8	72 (4x18)	576
	Tubolare	1	36 (1x36)	36
	Tubolare	1	58 (1x58)	58
	Tubolare	49	72 (2x36)	3.528
	Tubolare esterna	2	72 (2x36)	144
	Emergenza a basso consumo	5	18 (1x18)	90
Scuola media "Caffaro"	Tubolare	2	18 (1x18)	36
	Tubolare	55	72 (2x36)	3.960
	Tubolare esterna	2	72 (2x36)	144
	Emergenza a basso consumo	6	18 (1x18)	108
	Basso consumo	2	32	64

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

Figura 4.17 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nelle zone di circolazione



Figura 4.18 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati all'esterno in corrispondenza delle uscite di emergenza



5 CONSUMI RILEVATI

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

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

I vettori energetici analizzati sono i seguenti:

- Gas metano;
- Energia elettrica.

5.1.1 Energia termica

Il vettore termico utilizzato per la climatizzazione invernale della struttura, la produzione di ACS, è il Gas Metano.

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

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

TIPO COMBUSTIBILE	PCI	DENSITÀ	PCI	FATTORE DI CONVERSIONE	PCI
	[kWh/kg]	[kWh/Sm ³]	[kWh/Nm ³]	[Sm ³ /Nm ³]	[kWh/Sm ³]
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 della Scuola Materna "Rivarolo", Scuola media Caffaro e Uffici Delegazione Comunale;
- Caldaia per la produzione di acqua calda sanitaria a servizio della mensa scolastica e uso cottura.

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 m³ di gas rilevati dalla società di distribuzione nel triennio di riferimento.

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

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

PDR	Utilizzo	2014	2015	2016	2014	2015	2016
		[Sm ³]	[Sm ³]	[Sm ³]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
03270001862041	Uso cottura/ACS	-	1.517 (1)	920 (1)	-	14.290 (1)	8.666 (1)
03270001862142	Riscaldamento	13.251	15.023	16.592	124.825	141.514	156.295

Nota (1) Valori desunti dall'analisi delle fatture fornite. Si sottolinea che nel file kyotoBaseline-EXXX_rev09 non sono presenti i dati relativi al PDR 03270001862041.

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

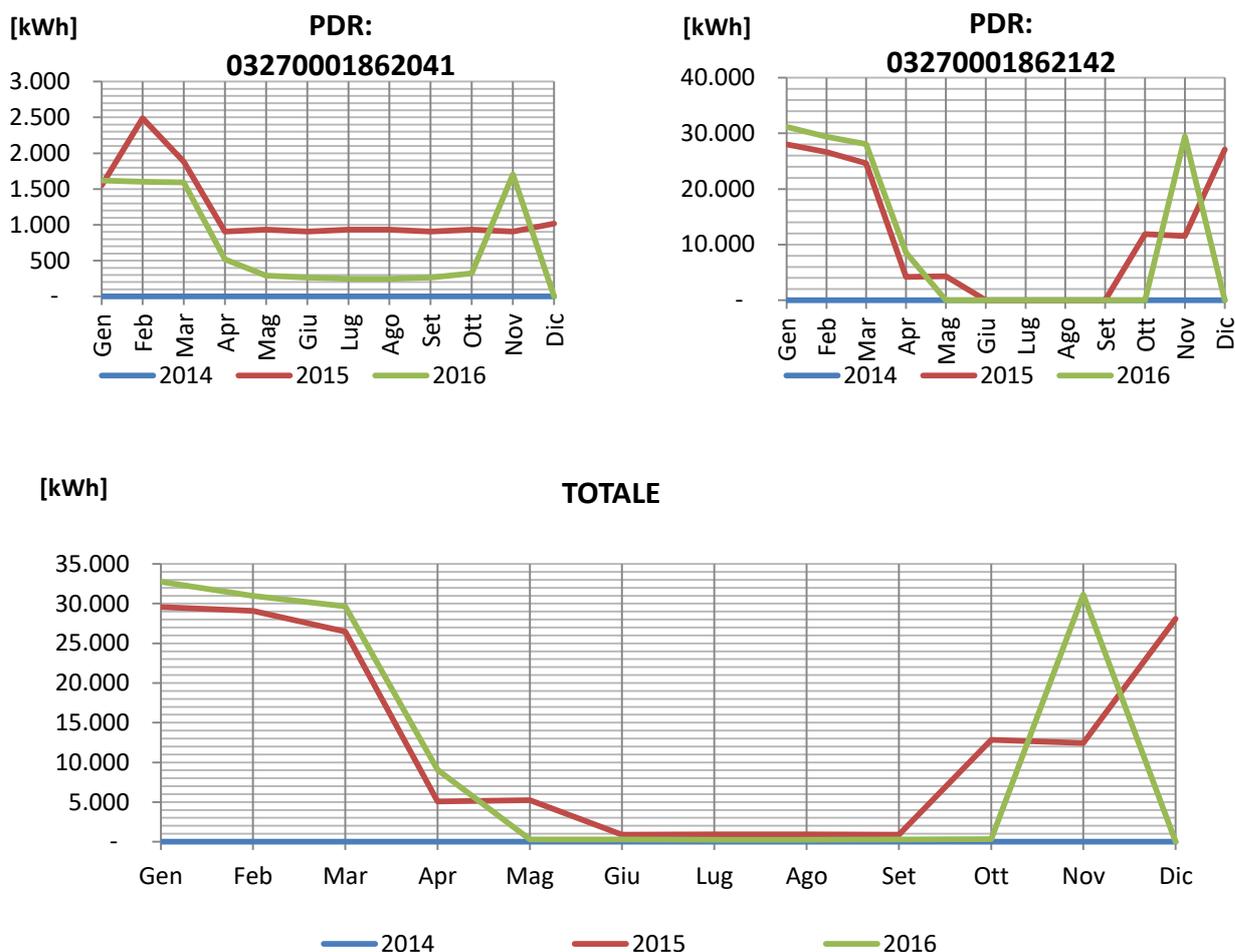
I consumi fatturati dalla società di fornitura sono riportati nella Tabella 5.3.

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

PDR: 03270001862041	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Mese	[Sm ³]	[Sm ³]	[Sm ³]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	0,00	165	172	0,00	1.554	1.620
Febbraio	0,00	264	170	0,00	2.487	1.601
Marzo	0,00	200	169	0,00	1.884	1.592
Aprile	0,00	96	55	0,00	904	518
Maggio	0,00	99	31	0,00	933	292
Giugno	0,00	96	28	0,00	904	264
Luglio	0,00	99	26	0,00	933	245
Agosto	0,00	99	26	0,00	933	245
Settembre	0,00	96	28	0,00	904	264
Ottobre	0,00	99	34	0,00	933	320
Novembre	0,00	96	181	0,00	904	1.705
Dicembre	0,00	108	-	0,00	1.017	-
Totale	0,00	1.517	920	0,00	14.290	8.666
PDR: 03270001862142	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Mese	[Sm ³]	[Sm ³]	[Sm ³]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	0,00	2.973	3.307	0,00	28.006	31.152
Febbraio	0,00	2.825	3.120	0,00	26.612	29.390
Marzo	0,00	2.613	2.979	0,00	24.614	28.062
Aprile	0,00	443	906	0,00	4.173	8.535
Maggio	0,00	458	0,00	0,00	4.314	0,00
Giugno	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Luglio	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Agosto	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Settembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ottobre	0,00	1.264	0,00	0,00	11.907	0,00
Novembre	0,00	1.223	3.124	0,00	11.521	29.428
Dicembre	0,00	2.875	0,00	0,00	27.083	0,00
Totale	0,00	14.674	13.436	0,00	138.229	126.567

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 26,0 Sm³ nel periodo Luglio-Agosto 2016 e un valore di massimo prelievo pari a 3.479,0 Sm³ nel mese di Gennaio 2016.

Confrontando l'andamento dei consumi con i GG_{real} del triennio di riferimento si può notare che i consumi di gas metano del 2016 sono maggiori dell'anno precedente in accordo con il dato climatico espresso dai GG.

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;

\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 _{REAL} SU 110 GIORNI	GG _{RIF} SU 110 GIORNI	CONSUMO REALE RISC. [Smc]	CONSUMO REALE RISC. [kWh]	α_{rif}	CONSUMO NORMALIZZATO A 905 GG [kWh]	CONSUMO ACS [kWh]	CONSUMO ALTRO [kWh]
2014	989	905	13.251	124.860	126,3	114.258	-	-
2015	1.004	905	15.023	141.557	141,0	127.564	-	-
2016	1.046	905	16.592	156.341	149,4	135.167	-	-
Media	1.013	905	14.955	140.920	139,1	125.853	-	-

Come si può notare dai dati riportati il comportamento energetico dell'edificio, negli anni considerati, è stato caratterizzato da un generico aumento dei consumi.

Si fa presente inoltre che il generatore di calore attualmente in funzione risulta a servizio non solo delle scuole analizzate nella presente relazione, ma anche a servizio degli uffici della delegazione comunale non oggetto di diagnosi. Per tale ragione si è deciso di suddividere i consumi del vettore termico analizzati in proporzione alla potenza dei radiatori installati, ottenendo una ripartizione pari a 64,4% per le scuole e 35,6% per gli uffici della delegazione comunale.

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]
$\bar{a}_{rif} \times GG_{rif} \times \bar{a}_{rip} (*)$	81.049
$Q_{baseline}$	81.049

(*) \bar{a}_{rip} = 0.644 cioè la quota parte di potenza dei terminali di emissione installati nella scuola materna Rivarolo e nella scuola media Foscolo

5.1.2 Energia elettrica

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

- Scuola Materna "Rivarolo";
- Scuola Media "Caffaro".

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]
IT001E00096712	Edificio scolastico	26.806	29.023	29.808	28.546
TOTALE		26.806	29.023	29.808	VALORE MEDIO FATTURATO 28.546

Come si evince dalla Tabella 5.5 i consumi ricavati dall'analisi delle fatture, confrontati con i consumi annuali elaborati e forniti dalla PA ed identificati per l'edificio oggetto della DE all'interno del file "kyotoBaseline-EXXXX", presentano alcune differenze come di seguito riassunto:

- Per il 2014 l'analisi delle fatture ha prodotto un dato con scostamento del 0%; (valore desunto dal file "kyotoBaseline-EXXXX": 26.806 kWh)
- Per il 2015 l'analisi delle fatture ha prodotto un dato inferiore dell'4% circa; (valore desunto dal file "kyotoBaseline-EXXXX": 30.189 kWh)
- Per il 2016 l'analisi delle fatture ha prodotto un dato inferiore dell'7% circa; (valore desunto dal file "kyotoBaseline-EXXXX": 32.136 kWh)

Il dato medio desumibile dall'analisi delle fatture si discosta dunque dal dato di fornito dalla PA di circa il 4% in meno (valore desunto dal file "kyotoBaseline-EXXXX": 29.710kWh).

Considerando che lo scostamento fra il dato ottenuto a seguito dell'analisi della fatturazione e quello fornito dalla PA nel file "kyotoBaseline-EXXXX" è inferiore al 10%, si è deciso di utilizzare il dato fornito dalla PA per la validazione del modello energetico. Pertanto, si assume come valore di baseline 29.710 kWh.

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

POD: IT001E00096712	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 14	2.180	391	451	3.022
Feb - 14	2.351	491	441	3.283
Mar - 14	2.131	491	523	3.145
Apr - 14	1.679	361	432	2.472
Mag - 14	1.744	393	369	2.506
Giu - 14	994	249	360	1.603
Lug - 14	120	75	121	316
Ago - 14	92	70	130	292
Set - 14	1.420	329	347	2.096
Ott - 14	1.907	337	346	2.590
Nov - 14	2.052	307	402	2.761
Dic - 14	1.932	309	479	2.720
Totale	18.602	3.803	4.401	26.806
POD: IT001E00096712	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 15	2.394	396	542	3.332
Feb - 15	2.598	414	444	3.456
Mar - 15	2.385	421	525	3.331
Apr - 15	1.828	359	486	2.673
Mag - 15	1.510	423	573	2.506
Giu - 15	935	268	396	1.599
Lug - 15	170	102	170	442
Ago - 15	112	83	169	364
Set - 15	1.541	305	323	2.169
Ott - 15	2.306	407	358	3.071
Nov - 15	2.399	405	446	3.250
Dic - 15	1.911	367	552	2.830
Totale	20.089	3.950	4.984	29.023
POD: IT001E00096712	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 16	2.246	436	606	3.288
Feb - 16	2.499	416	492	3.407
Mar - 16	2.416	405	457	3.278
Apr - 16	1.805	419	466	2.690
Mag - 16	1.897	377	437	2.711
Giu - 16	1.101	244	342	1.687
Lug - 16	167	112	185	464
Ago - 16	138	109	205	452
Set - 16	1.412	342	353	2.107
Ott - 16	1.937	471	570	2.978
Nov - 16	2.314	515	751	3.580
Dic - 16	1.855	474	837	3.166

Totale	19.787	4.320	5.701	29.808
--------	--------	-------	-------	--------

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 bis.

Tabella 5.8– Consumi mensili fatturati

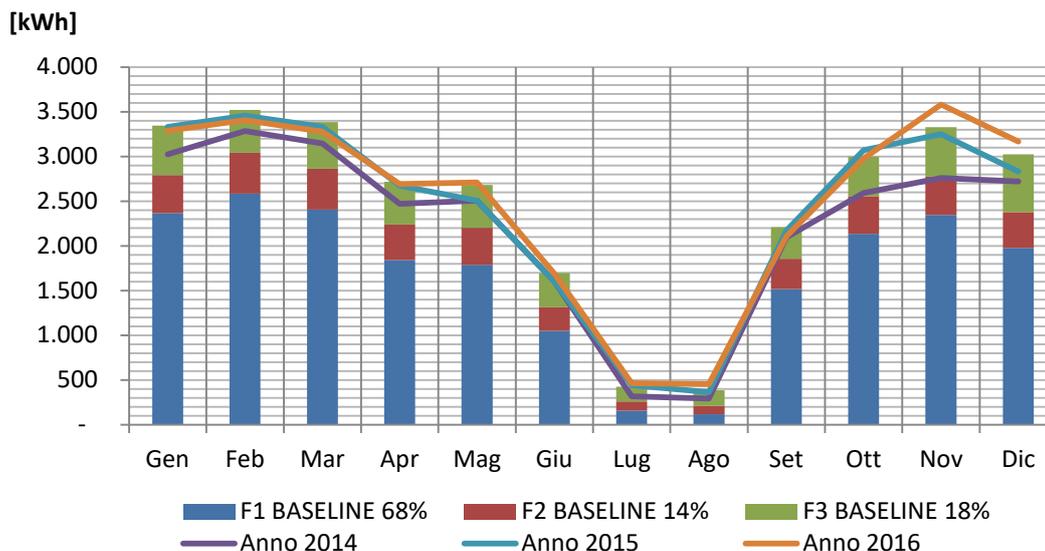
	F1	F2	F3	TOTALE
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	2.273	408	533	3.214
Febbraio	2.483	440	459	3.382
Marzo	2.311	439	502	3.251
Aprile	1.771	380	461	2.612
Maggio	1.717	398	460	2.574
Giugno	1.010	254	366	1.630
Luglio	152	96	159	407
Agosto	114	87	168	369
Settembre	1.458	325	341	2.124
Ottobre	2.050	405	425	2.880
Novembre	2.255	409	533	3.197
Dicembre	1.899	383	623	2.905
Totale	19.493	4.024	5.029	28.546

Tabella 5.8 bis– Consumi mensili di baseline

BASELINE	F1	F2	F3	TOTALE
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	2.366	424	555	3.345
Febbraio	2.584	458	478	3.520
Marzo	2.405	457	522	3.384
Aprile	1.843	395	480	2.718
Maggio	1.787	414	478	2.679
Giugno	1.051	264	381	1.696
Luglio	159	100	165	424
Agosto	119	91	175	384
Settembre	1.517	339	355	2.211
Ottobre	2.134	422	442	2.997
Novembre	2.347	426	555	3.327
Dicembre	1.977	399	648	3.024
Totale	20.288	4.188	5.234	29.710

L'andamento dei consumi elettrici mensili nel triennio di riferimento e di Baseline è riportato nei grafici in Figura 5.2.

Figura 5.2 – Confronto tra i profili mensili elettrici reali e i valori di Baseline per il triennio di riferimento



I profili di prelievo mensili nel triennio di riferimento presentano andamenti coerenti con l'uso del fabbricato. La presenza di una base di consumo sempre presente anche in assenza di utilizzo dell'immobile potrebbe essere imputata ad alcune fra le seguenti cause:

- Presenza di attrezzature elettriche, come peraltro già definite nel paragrafo 4.4 e dettagliatamente nella tabella 4.12, che potrebbero non essere staccate dalla rete quando la scuola è chiusa come ad esempio i distributori automatici, i pc e le stampanti lasciati in standby;
- Presenza di punti luce interni che rimangono accesi;
- Presenza di punti luce esterni che vengono accesi anche nei periodi in cui l'edificio non è utilizzato;
- Utilizzo da parte di utenti terzi dell'edificio.

Non è stato possibile rilevare il prelievo di potenza massima in quanto, come mostrato nella figura seguente, il dato di prelievo di potenza non è disponibile sul sito E-distribuzione per il POD in esame.

POD IT001E00096712	Indirizzo Fornitura PAS TORBELLA,14 - 16159 GENOVA	ATTIVO
-----------------------	---	---------------

Dettaglio - Le Mie Letture

Il servizio Le Mie Letture permette di consultare o scaricare le letture associate ad un POD per il periodo di riferimento scelto. Le letture reali rappresentano il dato rilevato dal distributore sul contatore alla data di riferimento della lettura. Le letture stimate sono calcolate dal distributore ai sensi della delibera AEEGSI 65/12. I dati non comprendono le autoletture, le letture cioè comunicate dal Cliente al Venditore. Per visualizzare le letture è sufficiente inserire Inizio periodo, fine periodo, utilizzando l'apposito calendario e premere il pulsante Esegui. E' possibile vedere le letture fino a un anno indietro per non più di 6 mesi alla volta.

Periodo Visualizzazione

Inizio Periodo: 01/11/2017  Fine Periodo: 15/05/2018  **Esegui**

Visualizzazione e Download 

Invia mail con file dati Scarica file

Data Lettura	Codice Misuratore	Matricola Misuratore	Costante Misuratore	Tipo Dato	Energia Attiva Fascia 1 (kWh)	Energia Attiva Fascia 2 (kWh)	Energia Attiva Fascia 3 (kWh)	Energia Reattiva Fascia 1 (kVARh)	Energia Reattiva Fascia 2 (kVARh)	Energia Reattiva Fascia 3 (kVARh)	Potenza Fascia 1 (kW)	Potenza Fascia 2 (kW)	Potenza Fascia 3 (kW)
30/11/2017	05E1F5521	00501500	1	REALE	188630	36793	89140	111451	24778	58832	-	-	-
31/12/2017	05E1F5521	00501500	1	REALE	190555	37182	89582	112465	24996	59094	-	-	-
31/01/2018	05E1F5521	00501500	1	REALE	192747	37555	90148	113677	25221	59424	-	-	-
28/02/2018	05E1F5521	00501500	1	REALE	195076	37953	90593	114936	25458	59695	-	-	-
31/03/2018	05E1F5521	00501500	1	REALE	197094	38389	91130	116132	25745	60056	-	-	-
30/04/2018	05E1F5521	00501500	1	REALE	198866	38706	91502	117085	25947	60312	-	-	-

Legenda:

Letture reali: lettura rilevata dal distributore alla data indicata

Letture stimate: lettura calcolata dal distributore.

5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI

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

I fattori di emissione di CO₂ utilizzati sono riportati nella Tabella 5.8 - Fattori di emissione di CO₂.

Tabella 5.8 - Fattori di emissione di CO₂.

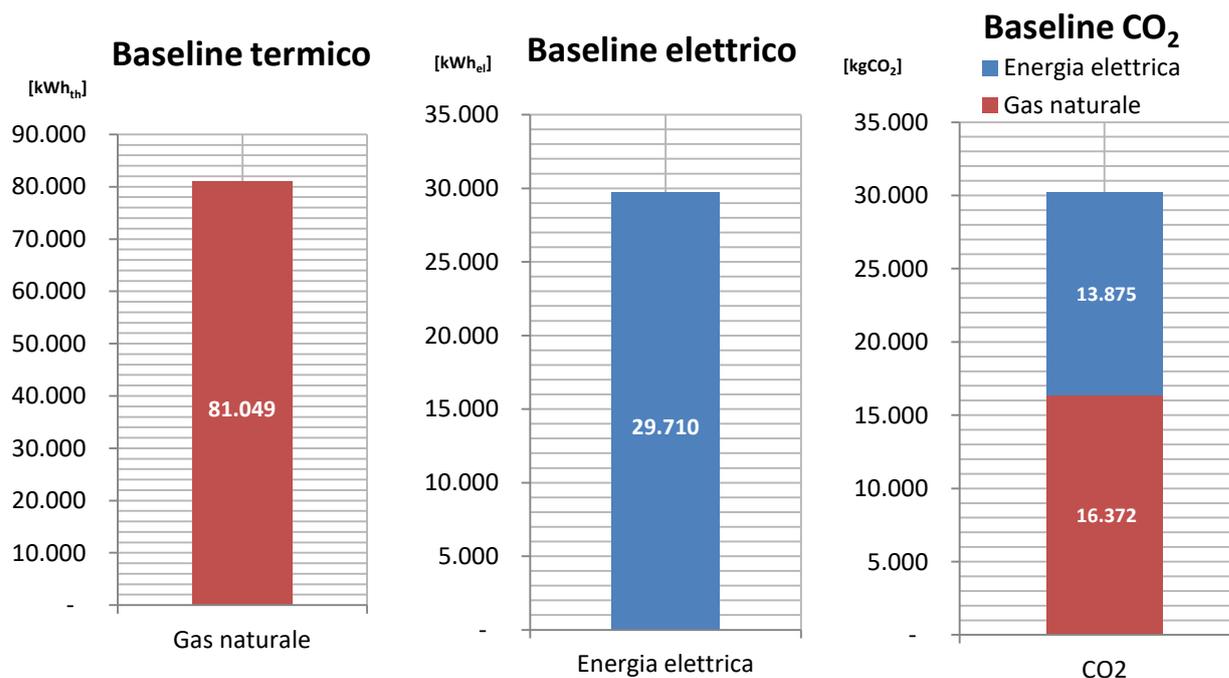
COMBUSTIBILE	FATTORE DI CONVERSIONE
	kgCO ₂ /kWh
Energia elettrica	* 0,467
Gas naturale	* 0,202

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

Applicando tali fattori di conversione è stato possibile valutare la Baseline delle emissioni di CO₂, come riportato nella Tabella 5.9 – Baseline delle emissioni di CO₂.

Tabella 5.9 – Baseline delle emissioni di CO₂.

COMBUSTIBILE	CONSUMO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE	
	[kWh]	[tCO ₂ /MWh]	[tCO ₂]
Energia elettrica	28.546	* 0,467	13,331
Gas naturale	81.049	* 0,202	16,372

Figura 5.3 – Rappresentazione grafica della Baseline dei consumi e delle emissioni di CO₂.

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

Tabella 5.10 - Fattori di conversione in energia primaria dei vettori energetici

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

La valutazione degli indicatori di performance è stata effettuata parametrizzando i consumi reali di Baseline di cui al Capitolo 5, in funzione dei fattori riportati nella Tabella 5.11.

Tabella 5.11 – Fattori di riparametrizzazione

PARAMETRO		VALORE	U.M.
FATTORE 1	Superficie netta riscaldata	916	m ²
FATTORE 2	Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	1.013	m ²
FATTORE 3	Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate)	5.078	m ³

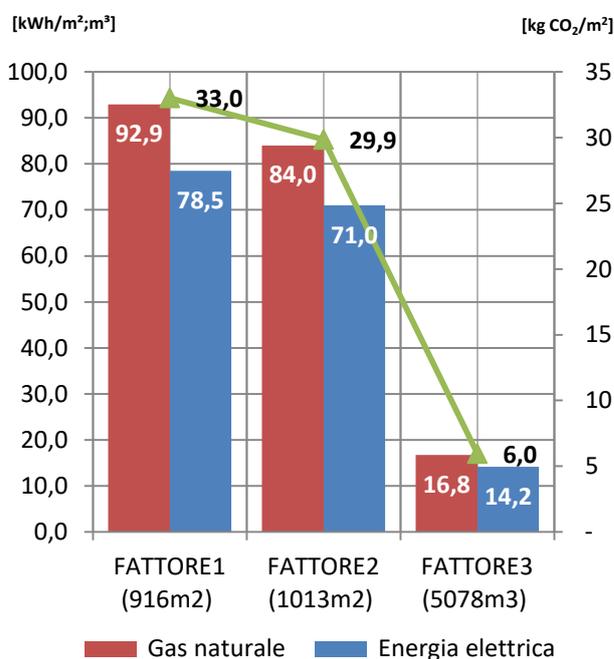
Nella Tabella 5.12 e Tabella 5.13 sono riportati gli indicatori di performance valutati coerentemente con quanto riportato nella sezione 2.5 dell'Allegato J – Schede di Audit.

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

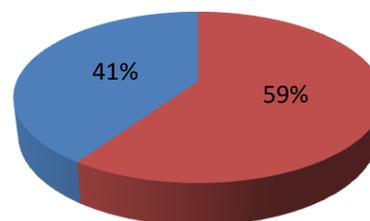
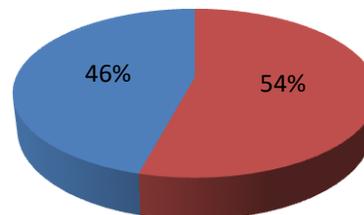
VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE [kWh/anno]	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA TOTALE	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA TOTALE [kWh/anno]	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA TOTALE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1 [kWh/m ²]	FATTORE 2 [kWh/m ²]	FATTORE 3 [kWh/m ³]	FATTORE 1 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 2 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 3 [Kg CO ₂ /m ³]
Gas naturale	81.049	1,05	85.101	92,9	84,0	16,8	17,87	16,16	3,22
Energia elettrica	29.710	2,42	71.898	78,5	71,0	14,2	15,15	13,70	2,73
TOTALE			157.000	171	155	31	33	30	6

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

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE [kWh/anno]	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA NON RINN.	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA NON RINN. [kWh/anno]	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1 [kWh/m ²]	FATTORE 2 [kWh/m ²]	FATTORE 3 [kWh/m ³]	FATTORE 1 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 2 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 3 [Kg CO ₂ /m ³]
Gas naturale	81.049	1,05	85.101	92,9	84,0	16,8	17,87	16,16	3,22
Energia elettrica	29.710	1,95	57.935	63,2	57,2	11,4	15,15	13,70	2,73
TOTALE			143.036	156	141	28	33	30	6

Figura 5.4 – Indicatori di performance e relative emissioni di CO₂ valutati in funzione della superficie utile riscaldataFigura 5.5 – Ripartizione % dei consumi di energia primaria e delle relative emissioni di CO₂

Ripartizione % energia primaria

Ripartizione % emissioni CO₂

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_e);
- Ore di occupazione dell'edificio scolastico (fattore F_h);
- Gradi Giorno convenzionali della località (1435 GG) così come definiti D.P.R. 412/93 - allegato A
- Volume riscaldato (V_{risc}).

La formula definita è sotto riportata:

$$IEN_R = \frac{\text{Consumo_annuo_riscaldamento} \times F_e \times F_h \times 1000}{GG \times V_{risc}}$$

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

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

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

$$IEN_E = \frac{\text{Consumo_energia_elettrica} \times F_h}{A_p}$$

Tabella 5.14 – Indicatori di performance energetici

COMBUSTIBILE	IEN _R			IEN _E		
	Wh/(m ³ GG anno)			Wh/(m ³ anno)		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Gas Naturale	16,44	18,64	20,59	-	-	-
Energia elettrica	-	-	-	18,38	20,70	20,37

La valutazione dei consumi energetici specifici (IEN) calcolati per la scuola in esame avviene paragonandoli ai consumi specifici di riferimento relativi ad un campione significativo della realtà nazionale.

Nelle tabelle che seguono sono riportati i consumi specifici di riferimento organizzati per tipologia scolastica e per classe di merito rispetto alla qualità energetica.

In particolare la classe di merito della scuola in esame si individua in base alla collocazione nelle tabelle di riferimento dello IEN calcolato; tali parametri sono riportati nell'Allegato M – Report di Benchmark.

Tabella 5.16 – Classi di merito dei consumi specifici di riferimento per riscaldamento

	$Wh_t / m^3 \times GG \times \text{anno}$		
	Buono	Sufficiente	Insufficiente
Materne	minore di 18,5	da 18,5 a 23,5	maggiore di 23,5
Elementari	minore di 11,0	da 11,0 a 17,5	maggiore di 17,5
Medie, Secondarie Sup.	minore di 11,5	da 11,5 a 15,5	maggiore di 15,5

Tabella 5.17 – Classi di merito dei consumi specifici di riferimento per energia elettrica

	$kWh_e / m^2 \times \text{anno}$		
	Buono	Sufficiente	Insufficiente
Materne	minore di 11,0	da 11,0 a 16,5	maggiore di 16,5
Elementari, Medie, Secondarie Sup. tranne Ist.Tecn.Ind. e Ist.Prof.Ind.	minore di 9,0	da 9,0 a 12,0	maggiore di 12,0
Ist.Tecn. Ind., Ist. Prof. Ind.	minore di 12,5	da 12,5 a 15,5	maggiore di 15,5

6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO

6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO

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

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

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

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

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale non rinnovabile	$EP_{gl,nren}$	kWh/mq anno	276,8571	263,0752
Climatizzazione invernale	EP_H	kWh/mq anno	224,2152	220,6572
Produzione di acqua calda sanitaria	EP_w	kWh/mq anno	14,1013	11,3626
Ventilazione	EP_v	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	EP_c	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	EP_L	kWh/mq anno	38,5406	31,0555
Trasporto di persone e cose	EP_T	kWh/mq anno	-	-
Emissioni equivalenti di CO ₂	CO_{2eq}	Kg/mq anno	69,875	64,382

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 ³ /anno; kWh/anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	19.071	188.631
Energia Elettrica	26.864 + 7.252	67.209

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

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

Dove:

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

- $E_{baseline}$ è il consumo energetico reale di baseline dell'edificio assunto rispettivamente pari al $Q_{baseline}$ e a $EE_{baseline}$

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

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

FABBISOGNO	Corrispondenza UNI TS 11300 [kWhel]
Energia ausiliaria complessiva assorbita dal sottosistema di generazione per la produzione di ACS	$E_{W, aux, gn}$
Fabbisogno di energia elettrica per gli ausiliari di distribuzione (Riscaldamento e ACS)	$E_{W, aux, d} + E_{W, aux, d}$
Fabbisogno di energia elettrica per l'illuminazione interna dell'edificio	$E_{L,int}$
Fabbisogno di energia elettrica per i sistemi di trasporto (+ eventuali altri carichi interni)	$E_T + E_{altro}^{(*)}$

Nota (*) Tale contributo non è definito all'interno delle norme UNITS 11300 pertanto è stato valutato dall'Auditor sulla base delle ore di funzionamento dei singoli apparecchi e della loro potenza di targa come indicato nella tabella 4.13 - Elenco caratteristiche altre utenze elettriche.

6.1.1 Validazione del modello termico

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

Si è quindi provveduto alla simulazione dei parametri reali di utilizzo dell'edificio considerando che l'impianto ha una gestione del tipo intermittente e che non è in funzione tutti i giorni della settimana.

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale non rinnovabile	$EP_{gl,ren}$	kWh/mq anno	152,4193	140,8791
Climatizzazione invernale	EP_H	kWh/mq anno	110,1710	106,8360
Produzione di acqua calda sanitaria	EP_w	kWh/mq anno	3,7077	2,9876
Ventilazione	EP_v	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	EP_c	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	EP_L	kWh/mq anno	38,5406	31,0555

Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	-	-
Emissioni equivalenti di CO ₂	CO _{2eq}	Kg/mq anno	41,9845	37,4790

Gli indici di prestazione energetica sopra riportati corrispondono ad un quantitativo annuo di vettore energetico consumato, riportato nella Tabella 6.5. Inoltre si fa presente che gli indici calcolati sono paragonabili a quelli calcolati nelle tabelle 5.13 e 5.14. Le incongruenze nell'ordine del 10% sono riconducibili alla porzione di energia elettrica imputabile alle FEM così come calcolate nel paragrafo 4.5 e non inserite all'interno del modello di calcolo.

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	CONSUMO
	[m ³ /anno; kWh/anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	8.614	85.201
Energia Elettrica	22.495 + 7.252	58.601

La validazione del modello energetico termico è stata effettuata confrontando il consumo energetico di baseline ($Q_{baseline}$) così come definito al precedente capitolo 5 ed il fabbisogno teorico ($Q_{teorico}$) derivante dalla modellazione energetica.

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

$Q_{teorico}$	$Q_{baseline}$	Conguità
[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
81.145	81.049	0,1

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

6.1.2 Validazione del modello elettrico

La validazione del modello energetico elettrico è stata effettuata confrontando il consumo energetico di baseline ($EE_{baseline}$) così come definito al precedente capitolo 5.1.2 ed il fabbisogno teorico ($EE_{teorico}$) derivante dalla modellazione energetica.

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

$EE_{teorico}$	$EE_{baseline}$	Conguità
[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
29.747	29.710	0,1

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

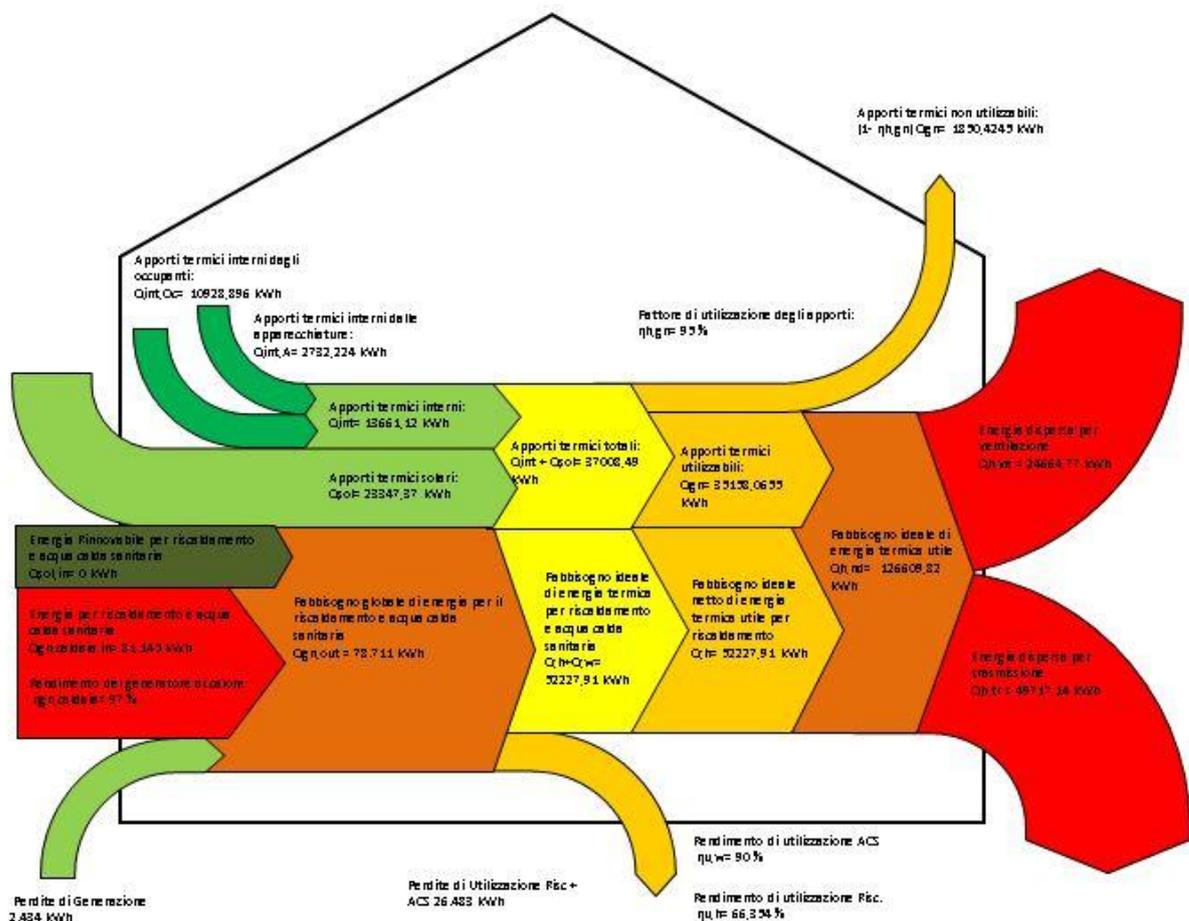
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

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

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

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

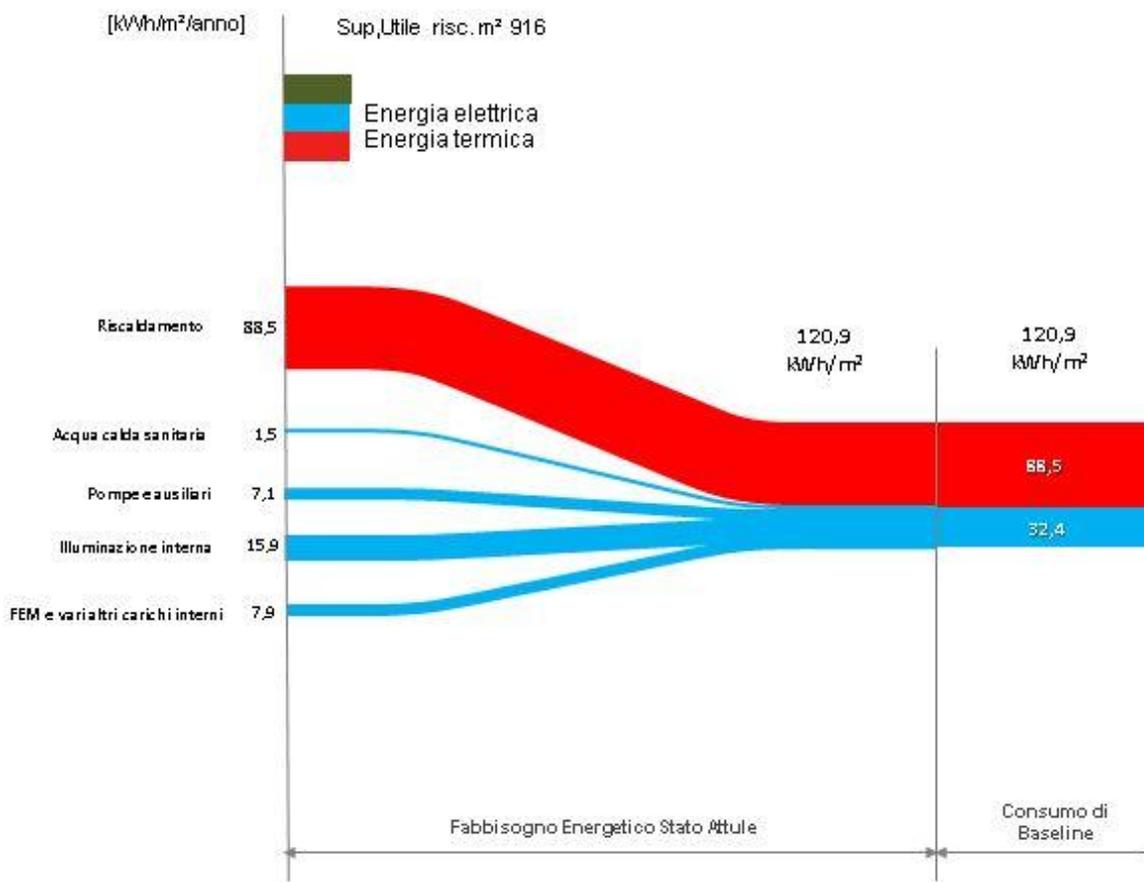
Figura 6.1 – Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio allo stato attuale



Dall'analisi del diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio è possibile notare che le dispersioni termiche per trasmissione sono notevoli e più del triplo delle perdite per ventilazione.

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

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



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

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

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

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

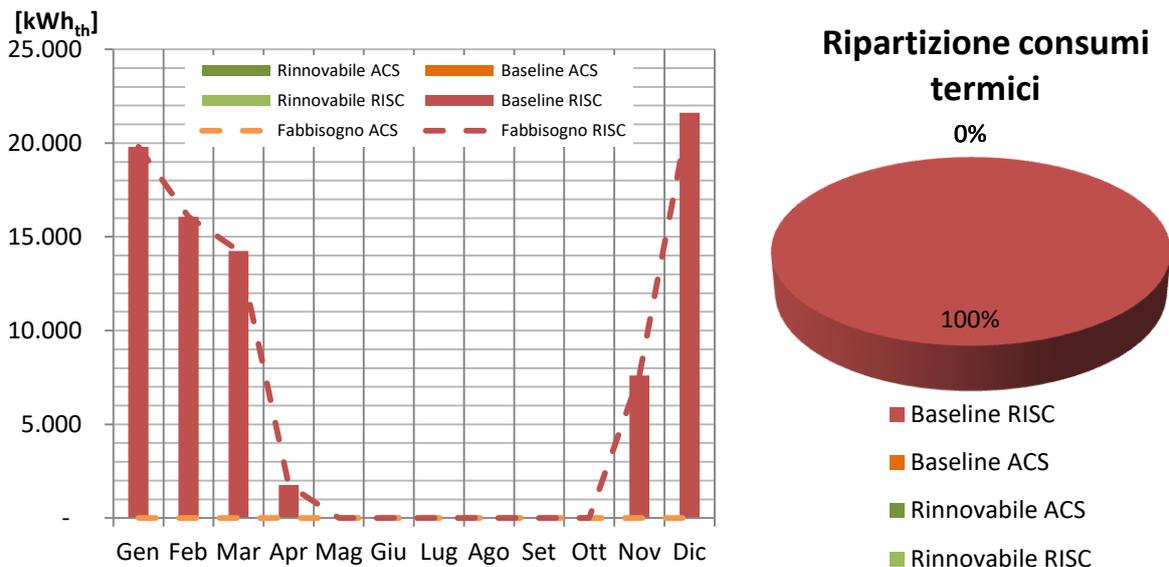
Dall’analisi del diagramma di Sankey relativo al bilancio energetico complessivo dell’edificio è possibile notare che il maggior quantitativo di energia è impiegato per il riscaldamento degli ambienti.

6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI

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

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

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



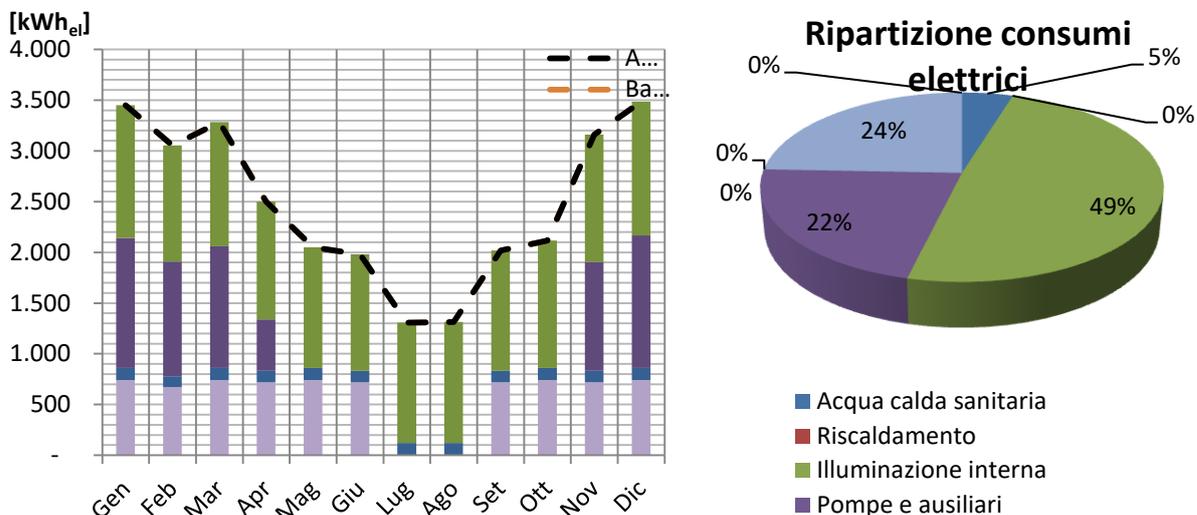
Si può notare come la totalità parte dei consumi termici sia da attribuirsi all'utilizzo per la climatizzazione dei locali, pertanto gli interventi migliorativi proposti, andranno ad interessare principalmente i componenti impiantistici e dell'involucro deputati a tale scopo.

Anche relativamente all'analisi dei fabbisogni di energia elettrica, la ripartizione tra i vari utilizzi è stata effettuata in funzione degli esiti della modellazione. Si precisa inoltre che alla categoria "FEM e vari altri carichi interni" è stato attribuito il valore di 7.252 kWh, valore derivato dall'utilizzo delle apparecchiature elettriche presenti all'interno della scuola per i tempi stimati e definiti in tabella 4.13 (Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche).

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

I risultati di tale valutazione sono riportati nella Figura 6.4.

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



Si può notare come la maggior parte dei consumi sia da attribuirsi all'utilizzo dei corpi illuminanti per l'illuminazione degli ambienti.

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 per i due PDR presenti all'interno dell'edificio, come di seguito elencato:

- PDR 1 – 03270001862041: contratto di fornitura del solo vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. E' stato quindi possibile effettuare un'analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura;
- PDR 2 – 03270001862142: contratto di fornitura del solo vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. E' stato quindi possibile effettuare un'analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura.

Nella Tabella 7.1 e 7.2 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: 03270001862041	2014	2015	2015	2016	2016
Indirizzo di fornitura	PASSO TORBELLA 12/A 16159 GENOVA (GE) GENOVA (GE)				
Dati di intestazione fattura	N.D.	Comune di Genova GE	Comune di Genova GE	Comune di Genova GE	Comune di Genova GE
Società di fornitura	N.D.	IREN MERCATO SPA	ENI SPA DIVISIONE GAS & POWER	ENI SPA DIVISIONE GAS & POWER	Energetic S.p.A.
Inizio periodo fornitura	N.D.	01/01/2015	01/04/2015	01/01/2016	01/04/2016
Fine periodo fornitura	N.D.	31/03/2015	31/12/2015	31/03/2016	31/12/2016
Classe del contatore	N.D.	G004	G0004	G0004	G0004
Tipologia di contratto	N.D.	PUNTO DI RICONSEGNA PER SERVIZIO PUBBLICO	Utente con attività di servizio pubblico	Utente con attività di servizio pubblico	Punto di riconsegna per usi diversi
Opzione tariffaria (*)	N.D.	Costo indicizzato	Costo indicizzato	Costo indicizzato	Costo indicizzato
Valore del coefficiente correttivo dei consumi	N.D.	1,023328	1,023328	1,023328	1,023328
Potere calorifico inferiore convenzionale del combustibile	N.D.	38,190mJ/MC	38,190mJ/MC	38,190mJ/MC	38.635,000mJ/MC
Prezzi di fornitura del combustibile (*)	N.D.	0,04548 €/kWh	0,02909 €/kWh	0,02711 €/kWh	0,02015 €/kWh

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.

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

PDR: 3270001862142	2014	2015	2015	2016	2016
Indirizzo di fornitura	VIA WOLFGANG AMADEUS MOZART 1, PI. A 16159 GENOVA (GE)				
Dati di intestazione fattura	N.D.	Comune di Genova GE	Comune di Genova GE	Comune di Genova GE	Comune di Genova GE
Società di fornitura	N.D.	IREN MERCATO SPA	ENI SPA DIVISIONE GAS & POWER	ENI SPA DIVISIONE GAS & POWER	Energetic S.p.A.
Inizio periodo fornitura	N.D.	01/01/2015	01/04/2015	01/01/2016	01/04/2016
Fine periodo fornitura	N.D.	31/03/2015	31/12/2015	31/03/2016	31/12/2016
Classe del contatore	N.D.	G004 (EX 0030)	G0004	G0004	G0004
Tipologia di contratto	N.D.	PUNTO DI RICONSEGNA PER SERVIZIO PUBBLICO	Utente con attività di servizio pubblico	Utente con attività di servizio pubblico	Punto di riconsegna per usi diversi
Opzione tariffaria (*)	N.D.	Costo indicizzato	Costo indicizzato	Costo indicizzato	Costo indicizzato
Valore del coefficiente correttivo del consumi	N.D.	1,023328	1,023328	1,023328	1,023328
Potere calorifico inferiore convenzionale del combustibile	N.D.	38,190MJ/MC	38,190MJ/MC	38,190MJ/MC	38,190MJ/MC
Prezzi di fornitura del combustibile (*)	N.D.	0,04548 €/kWh	0,03010 €/kWh	0,02654 €/kWh	0,03683 €/kWh

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.

Nelle Tabella 7.3 e nella Tabella 7.4 si riporta l'andamento del costo del vettore termico nel triennio di riferimento, suddiviso nelle varie componenti.

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

PDR: 03270001862041	QUOTA ENERGIA FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gennaio	-	-	-	-	-	-	-	-
Febbraio	-	-	-	-	-	-	-	-
Marzo	-	-	-	-	-	-	-	-
Aprile	-	-	-	-	-	-	-	-
Maggio	-	-	-	-	-	-	-	-
Giugno	-	-	-	-	-	-	-	-
Luglio	-	-	-	-	-	-	-	-
Agosto	-	-	-	-	-	-	-	-
Settembre	-	-	-	-	-	-	-	-
Ottobre	-	-	-	-	-	-	-	-
Novembre	-	-	-	-	-	-	-	-
Dicembre	-	-	-	-	-	-	-	-
Totale	-	-	-	-	-	-	-	-
PDR: 03270001862041	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]

E1146 - Scuola materna "RIVAROLO" e Scuola media "U.FOSCOLO"

Gennaio	71	4	38	36	33	182	1.554	0,117
Febbraio	113	4	61	58	52	288	2.487	0,116
Marzo	86	4	46	44	40	219	1.884	0,116
Aprile	27	4	11	19	13	75	904	0,083
Maggio	28	4	12	19	14	77	933	0,083
Giugno	27	4	11	19	13	75	904	0,083
Luglio	27	4	12	19	14	76	933	0,081
Agosto	27	4	12	19	14	76	933	0,081
Settembre	26	4	12	19	13	73	904	0,081
Ottobre	26	4	11	21	14	77	933	0,082
Novembre	26	4	11	20	13	75	904	0,083
Dicembre	28	4	10	23	14	80	1.017	0,078
Totale	513	46	248	316	247	1.371	14.290	0,096
PDR: 03270001862041	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gennaio	43	4	25	30	22	123	1.620	0,076
Febbraio	44	4	24	30	22	124	1.601	0,077
Marzo	44	4	24	30	22	123	1.592	0,077
Aprile	11	3	3	5	5	25	518	0,049
Maggio	6	3	4	6	4	23	292	0,078
Giugno	6	3	3	5	4	21	264	0,079
Luglio	5	3	3	5	4	20	245	0,081
Agosto	5	3	3	5	4	20	245	0,081
Settembre	6	3	4	5	4	21	264	0,080
Ottobre	6	3	5	7	4	25	320	0,077
Novembre	33	3	25	35	21	117	1.705	0,069
Dicembre	-	-	-	-	-	-	-	-
Totale	209	31	122	163	116	641	8.666	0,074

Tabella 7.4 – Andamento del costo del vettore termico nel triennio di rierimento

PDR: 3270001862142	QUOTA ENERGIA FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gennaio	-	-	-	-	-	-	-	-
Febbraio	-	-	-	-	-	-	-	-
Marzo	-	-	-	-	-	-	-	-
Aprile	-	-	-	-	-	-	-	-
Maggio	-	-	-	-	-	-	-	-
Giugno	-	-	-	-	-	-	-	-
Luglio	-	-	-	-	-	-	-	-
Agosto	-	-	-	-	-	-	-	-
Settembre	-	-	-	-	-	-	-	-

E1146 - Scuola materna "RIVAROLO" e Scuola media "U.FOSCOLO"

Ottobre	-	-	-	-	-	-	-	-
Novembre	-	-	-	-	-	-	-	-
Dicembre	-	-	-	-	-	-	-	-
Totale	-	-	-	-	-	-	-	-
PDR: 3270001862142	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gennaio	1.274	24	449	582	512	2.841	28.006	0,101
Febbraio	1.210	24	427	553	487	2.701	26.612	0,102
Marzo	1.120	24	395	512	451	2.501	24.614	0,102
Aprile	126	4	53	87	59	328	4.173	0,079
Maggio	130	4	55	90	61	339	4.314	0,079
Giugno	-	-	-	-	-	-	-	-
Luglio	-	-	-	-	-	-	-	-
Agosto	-	-	-	-	-	-	-	-
Settembre	-	-	-	-	-	-	-	-
Ottobre	358	4	151	247	167	928	11.907	0,078
Novembre	347	4	146	239	162	898	11.521	0,078
Dicembre	815	4	344	563	380	2.106	27.083	0,078
Totale	5.379	90	2.021	2.873	2.280	12.643	138.229	0,091
PDR: 3270001862142	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gennaio	827	4	471	579	414	2.294	31.152	0,074
Febbraio	780	4	445	546	390	2.165	29.390	0,074
Marzo	745	4	425	521	373	2.067	28.062	0,074
Aprile	227	3	129	159	114	631	8.535	0,074
Maggio	-	-	-	-	-	-	-	-
Giugno	-	-	-	-	-	-	-	-
Luglio	-	-	-	-	-	-	-	-
Agosto	-	-	-	-	-	-	-	-
Settembre	-	-	-	-	-	-	-	-
Ottobre	-	-	-	-	-	-	-	-
Novembre	781	3	445	547	391	2.166	29.428	0,074
Dicembre	-	-	-	-	-	-	-	-
Totale	3.360	16	1.915	2.351	1.681	9.323	126.567	0,074

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

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

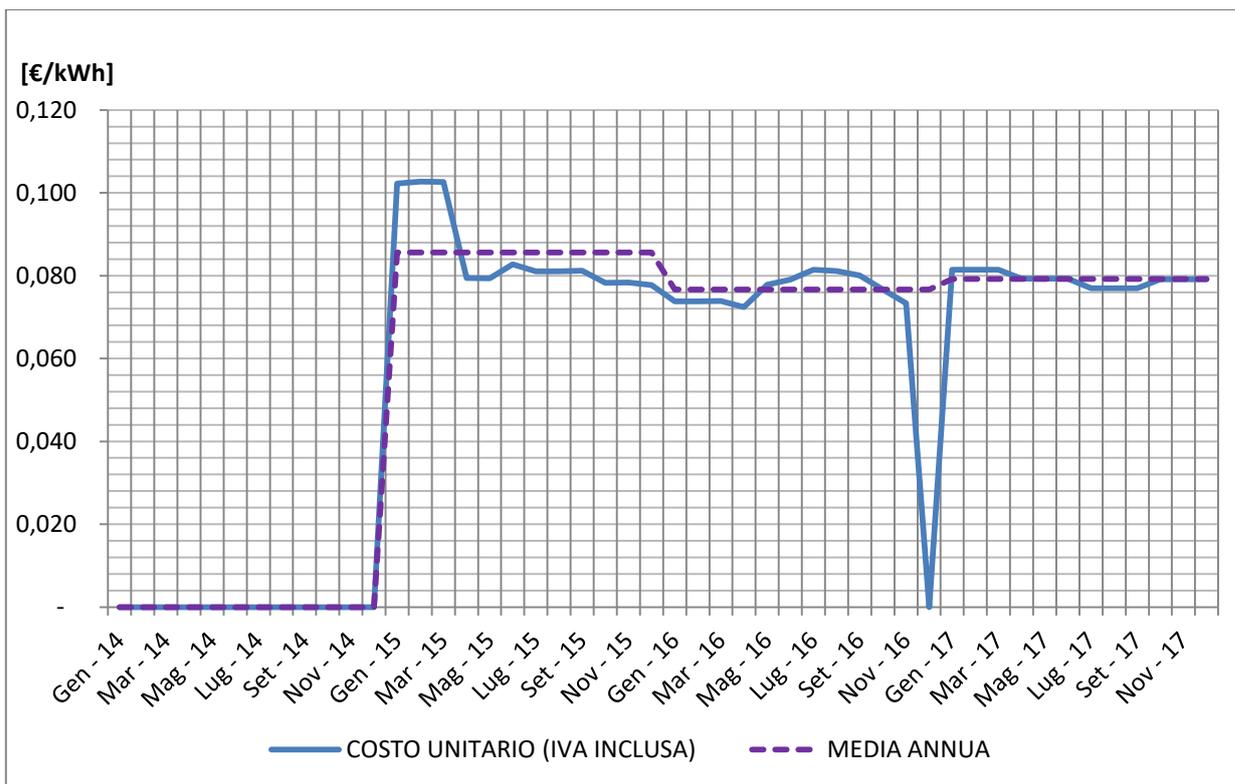
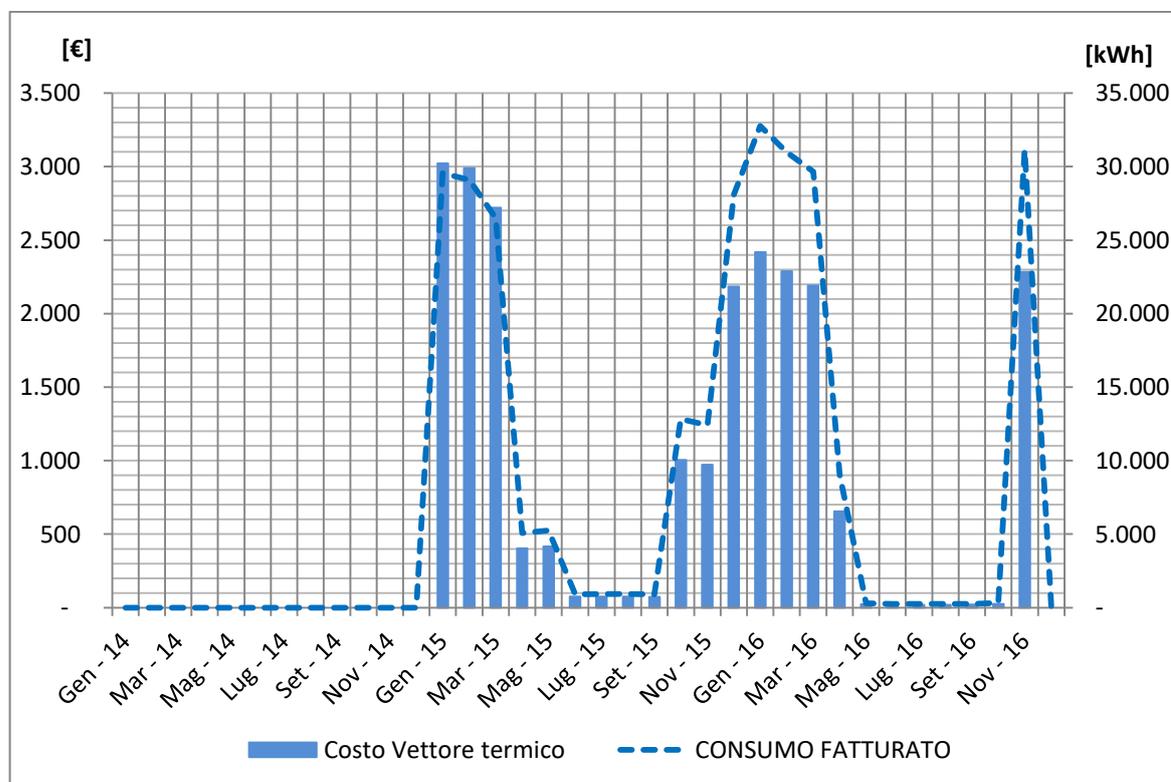


Figura 7.2 – Andamento dei consumi e dei costi dell'energia termica



7.1.2 Vettore elettrico

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

- POD 1 – IT001E00096712: 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 7.5 si riportano le principali caratteristiche del contratto di fornitura del vettore elettrico per gli anni di riferimento.

Tabella 7.5 – Caratteristiche dei contratti di fornitura del vettore elettrico per il triennio di riferimento

POD: IT001E00096712	2014	2015	2015	2016	2016
Indirizzo di fornitura	PASSO TORBELLA 14 16159 GENOVA (GE) GENOVA (GE)				
Dati di intestazione fattura	Comune di Genova GE	Comune di Genova GE	Comune di Genova GE	Comune di Genova GE	Comune di Genova GE
Società di fornitura	Edison	Edison	GALA	GALA	IREN Mercato S.p.a.
Inizio periodo fornitura	01/01/2014	01/01/2015	01/04/2015	01/01/2016	01/04/2016
Fine periodo fornitura	31/12/2014	31/03/2015	31/12/2015	31/03/2016	31/12/2016
Potenza elettrica impegnata	22,00 kW	22,00 kW	20,00 kW	20,00 kW	20,00 kW
Potenza elettrica disponibile	22,00 kW	22,00 kW	22,00 kW	22,00 kW	22,00 kW
Tipologia di contratto	Forniture in BT (escluso IP)	Forniture in BT (escluso IP)	BTA6	BTA6	CONSIP13 VERDE - L0390
Opzione tariffaria ⁽¹⁾	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Prezzi del fornitura dell'energia elettrica ⁽²⁾	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.

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

Tabella 7.6 – Andamento del costo del vettore elettrico nel triennio di riferimento

POD: IT001E00096 712	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO
	FISSA	PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 14	227	32	294	38	130	722	3.022	0,239
Feb - 14	248	38	320	41	142	790	3.283	0,241
Mar - 14	235	37	312	39	137	761	3.145	0,242
Apr - 14	184	34	259	31	112	620	2.472	0,251
Mag - 14	188	39	268	31	116	642	2.506	0,256
Giu - 14	118	25	195	20	79	437	1.603	0,273
Lug - 14	22	3	97	4	28	155	316	0,489
Ago - 14	20	4	89	4	26	143	292	0,491
Set - 14	157	30	236	26	99	549	2.096	0,262



E1146 - Scuola materna "RIVAROLO" e Scuola media "U.FOSCOLO"

Ott - 14	196	34	282	32	120	664	2.590	0,256
Nov - 14	208	37	295	35	126	701	2.761	0,254
Dic - 14	203	36	290	34	56	620	2.720	0,228
Totale	2.006	351	2.940	335	1.171	6.803	26.806	0,254
POD: IT001E00096 712	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 15	250	39	326	42	66	723	3.332	0,217
Feb - 15	262	41	333	43	68	747	3.456	0,216
Mar - 15	250	40	326	42	66	723	3.331	0,217
Apr - 15	110	30	255	33	43	472	2.673	0,177
Mag - 15	100	28	240	31	40	439	2.506	0,175
Giu - 15	64	18	172	20	27	302	1.599	0,189
Lug - 15	17	5	75	6	10	113	442	0,256
Ago - 15	14	4	78	5	10	110	364	0,303
Set - 15	83	25	213	27	35	382	2.169	0,176
Ott - 15	95	31	304	38	47	515	3.071	0,168
Nov - 15	102	37	319	41	50	548	3.250	0,169
Dic - 15	89	32	284	35	44	484	2.830	0,171
Totale	1.435	329	2.927	363	505	5.560	29.023	0,192
POD: IT001E00096 712	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 16	97	34	313	41	49	534	3.288	0,162
Feb - 16	91	35	354	43	52	575	3.407	0,169
Mar - 16	122	34	317	41	51	565	3.278	0,172
Apr - 16	88	44	252	34	42	460	2.690	0,171
Mag - 16	98	44	274	34	45	494	2.711	0,182
Giu - 16	66	28	195	21	31	340	1.687	0,202
Lug - 16	20	10	100	6	14	150	464	0,324
Ago - 16	17	10	100	6	13	145	452	0,321
Set - 16	97	44	227	26	40	435	2.107	0,206
Ott - 16	172	46	296	37	55	607	2.978	0,204
Nov - 16	231	57	343	45	68	743	3.580	0,208
Dic - 16	192	50	311	40	59	652	3.166	0,206
Totale	1.291	435	3.083	373	518	5.700	29.808	0,191

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

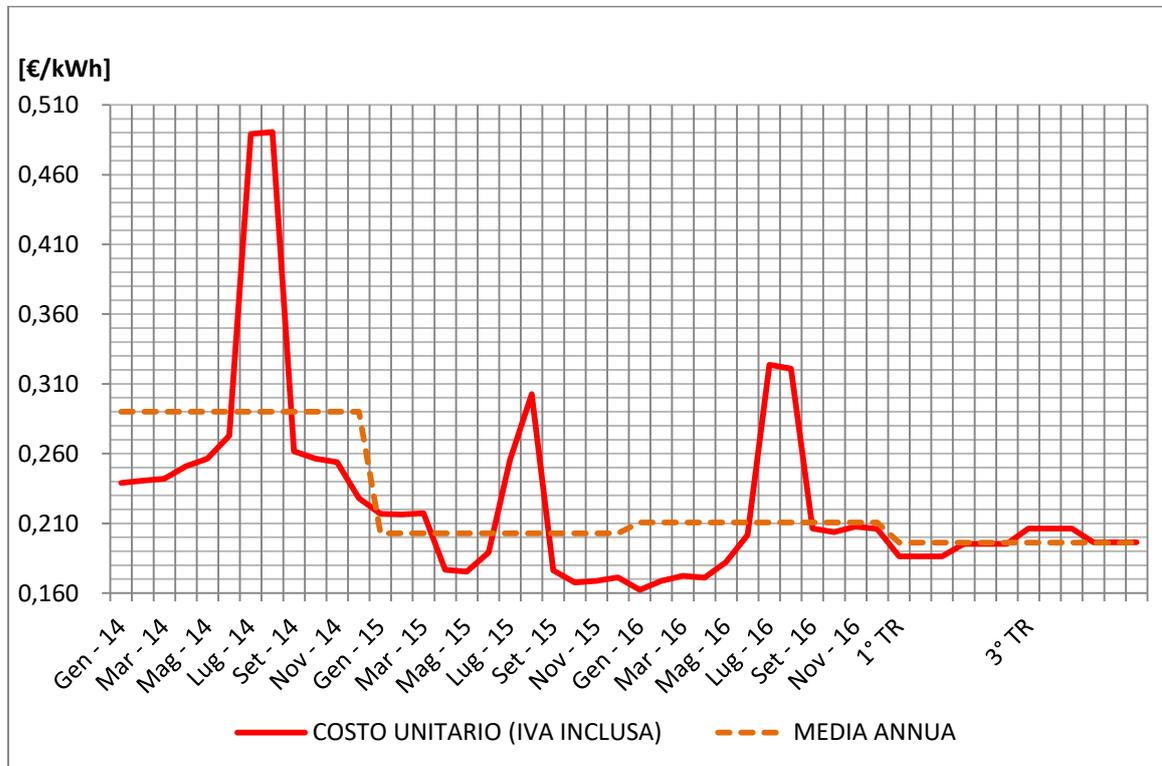
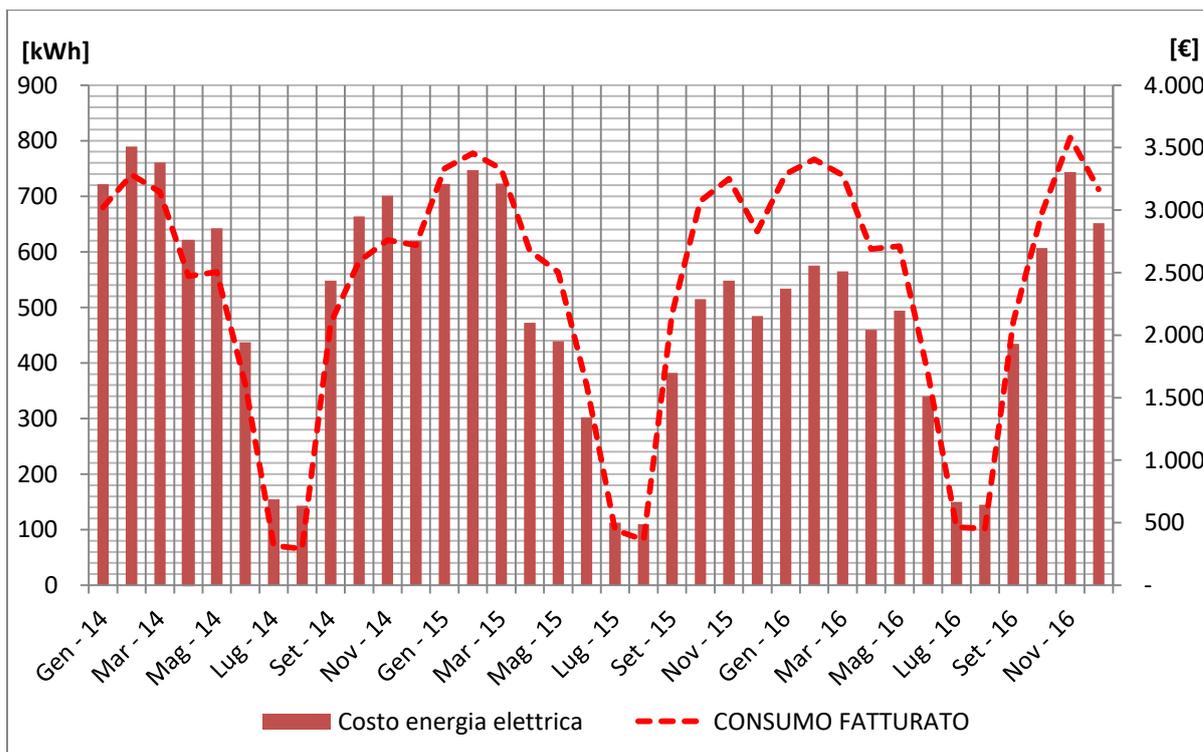


Figura 7.4 – Andamento dei consumi e dei costi dell'energia elettrica



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

Tabella 7.7 – Sintesi dei consumi nel triennio di riferimento

ANNO	VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			TOTALE
	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[€]
2014	n.d.	n.d.	n.d.	26.806	6.803	0,254	n.d.
2015	n.d.	n.d.	n.d.	29.023	5.560	0,192	n.d.
2016	n.d.	n.d.	n.d.	29.808	5.700	0,191	n.d.
2017	n.d.	n.d.	0,0829	n.d.	n.d.	0,194	n.d.
Media	n.d.	n.d.	n.d.	28.546	6.021	0,208	n.d.

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

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo unitario dell'energia termica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	Cu _Q	0,082 [€/kWh]
Costo unitario dell'energia elettrica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	Cu _{EE}	0,202 [€/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:

- L042-215: servizio SIE3

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

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

Tali servizi prevedono il pagamento di un canone annuale da parte della PA pari a 1.334 € (*) IVA inclusa.

Nota*): Il canone desunto dal file kyotobaseline è pari ad € 1.698,47; essendo il canone proporzionale alla potenza del generatore installato, si è deciso di applicare la medesima quota di ripartizione già utilizzata in precedenza e riferita alla potenza dei terminali di emissione installati nelle scuole (64,4%) e negli uffici della delegazione comunale (35,6%), determinando un canone pari a 1.334 €.

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

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

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

Ai fini del calcolo della Baseline dei costi si sono pertanto assunti i valori di riportati nella Tabella 7.9.

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo per la gestione e manutenzione ordinaria	Corrispettivo annuale relativo al contratto O&M in essere	C_{MO} 1.201	[€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Media relativa a gli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici	C_{MS} 133	[€/anno]

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

7.4 BASELINE DEI COSTI

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

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

Per la componente energetica vale la seguente formula:

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

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

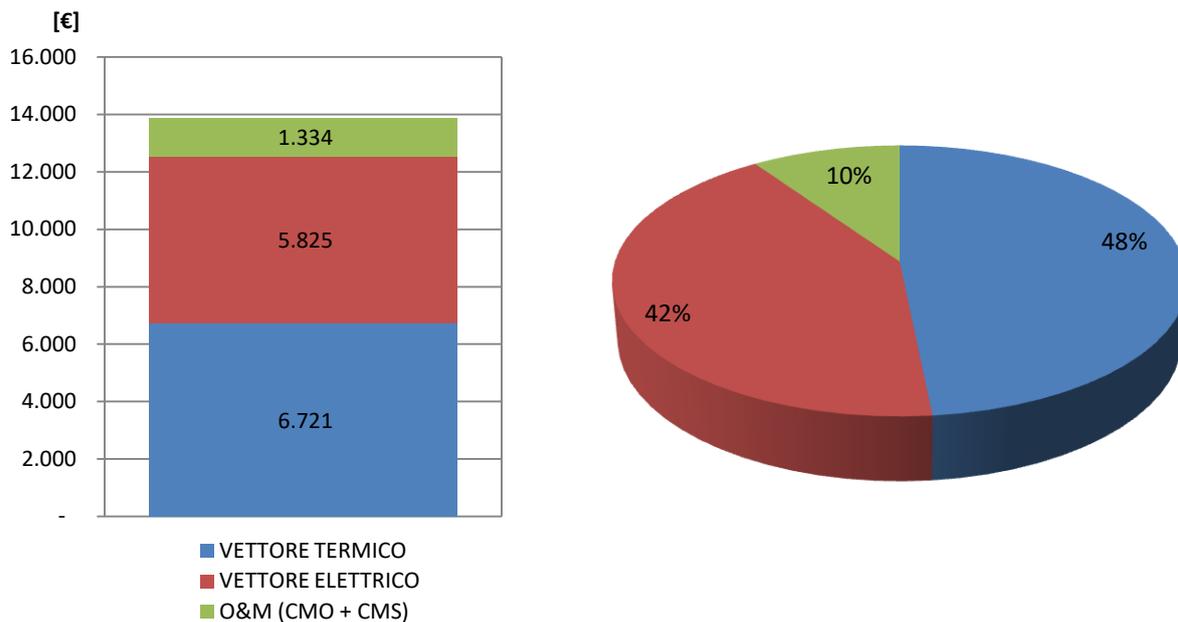
$$C_{baseline} = C_E + C_{MO} + C_{MS}$$

Ne risulta quindi un C_E pari a € 12.546 e un $C_{baseline}$ pari a € 13.881.

Tabella 7.10 – Valori di costo individuati per il calcolo della Baseline

VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)		TOTALE	
$Q_{baseline}$	Cu_Q	C_Q	$EE_{baseline}$	Cu_{EE}	C_{EE}	C_M	C_{MO}	C_{MS}	$CQ + CEE + CM$
[kWh]	[€/kWh]	[€]	[kWh]	[€/kWh]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
81.049	0,083	6.721	29.710	0,196	5.825	1.334	1.201	133	13.881

Figura 7.5 – Baseline dei costi e loro ripartizione



8 IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA

8.1 DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI

8.1.1 Involucro edilizio

EEM1: Cappotto interno

Generalità

La misura prevede l'applicazione su tutte le chiusure opache verticali dell'edificio di una lastra in lana di vetro dello spessore di 10 cm incollata e fissata meccanicamente alla parete sullo strato di intonaco esistente. Sulla lastra, previa applicazione di idoneo supporto meccanico tipo rete, sarà posato uno strato di finitura consistente di una rasatura/lastra in cartongesso e tinteggiatura.

L'intervento è volto alla riduzione delle dispersioni termiche delle murature perimetrali dell'edificio.

Figura 8.1 – Particolare parete locale aula



L'inserimento di un cappotto interno in lana di vetro consente, oltre che di ridurre le dispersioni termiche dell'involucro opaco, portando anche al miglioramento delle condizioni di comfort termico. L'intervento può generare una riduzione del fabbisogno termico complessivo compreso fra il 25 ed il 35%.

Caratteristiche funzionali e tecniche

Il cappotto termico interno è un sistema di isolamento che si installa applicando dei pannelli isolanti nella parte interna delle pareti.

Essendo l'edificio soggetto a verifica di vincolo storico-artistico, è necessaria l'applicazione di pannelli all'interno dello spazio riscaldato che non alterino le caratteristiche architettoniche dell'edificio.

Questo intervento consente di ottenere una notevole riduzione delle dispersioni termiche, nonché dei ponti termici.

Descrizione dei lavori

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

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

Prestazioni raggiungibili

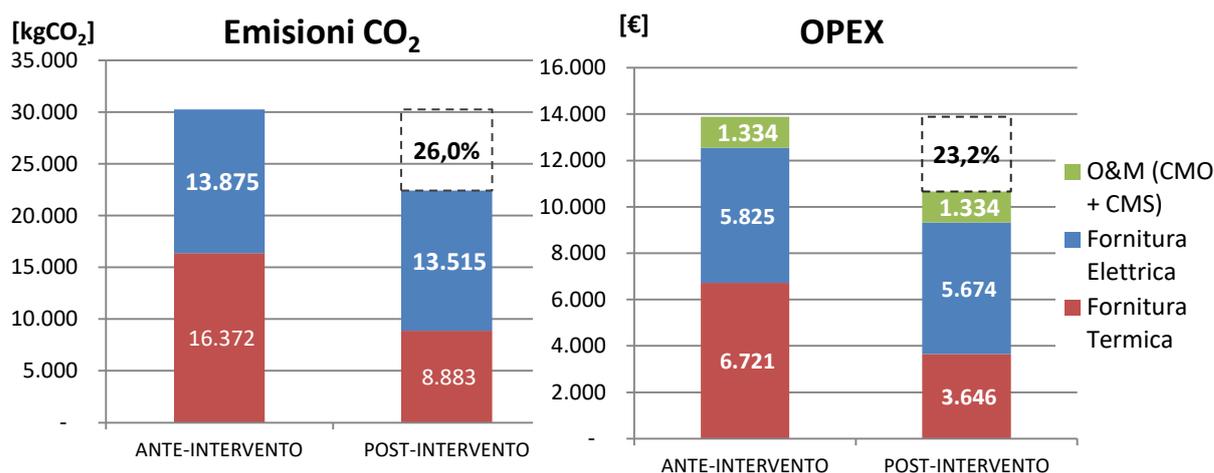
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM1 sono riportati nella Tabella 8.1 e nella Figura 8.2.

Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM1 – CAPPOTTO INTERNO

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM1 - Trasmittanza termica	[W/m ² K]	2,094	0,222	89,4%
Q _{teorico}	[kWh]	81.145	44.025	45,7%
EE _{teorico}	[kWh]	29.747	28.976	2,6%
Q _{baseline}	[kWh]	81.049	43.973	45,7%
EE _{Baseline}	[kWh]	29.710	28.940	2,6%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	16.372	8.883	45,7%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	13.875	13.515	2,6%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	30.246	22.397	26,0%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	6.721	3.646	45,7%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	5.825	5.674	2,6%
Fornitura Energia, C_E	[€]	12.546	9.321	25,7%
C _{MO}	[€]	1.201	1.201	0,0%
C _{MS}	[€]	133	133	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	1.334	1.334	0,0%
OPEX	[€]	13.881	10.655	23,2%
Classe energetica	[-]	F	D	+2 classi

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,079 [€/kWh] per il vettore termico e 0,222 [€/kWh] per il vettore elettrico.

Nota (2) La classe energetica indicata si riferisce alle condizioni adattate e non a quelle standard come previsto dalla UNI TS 11300.

Figura 8.2 – EEM1 – CAPPOTTO INTERNO: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline

8.1.2 Impianto produzione acqua calda sanitaria

EEM2: Scaldacqua a pompa di calore

Generalità

L'intervento consiste nell'inserimento di un impianto per produzione di acqua calda sanitaria a pompa di calore.

Le economie conseguibili nella produzione di ACS con l'utilizzo della pompa di calore sono da considerarsi in base al minor consumo che questa consente, rispetto al sistema convenzionale (Boiler elettrico).

Figura 8.3 – Particolare boiler elettrico per produzione di ACS



Caratteristiche funzionali e tecniche

Lo scaldacqua a pompa di calore sfrutta il medesimo meccanismo di funzionamento delle pompe di calore per il riscaldamento. Grazie ad uno scaldacqua a pompa di calore è possibile riscaldare, in modo efficiente, l'acqua fino a oltre una temperatura di 60°.

Le pompe di calore scaldacqua sfruttano un fluido frigorifero che, attraverso cambiamenti di stato (liquido – gas e gas – liquido) e ciclo compressione ed espansione, riescono a prelevare l'energia termica contenuta nell'aria e trasferirla all'acqua così da riscaldarla.

L'installazione di un sistema scaldacqua a pompa di calore consente di ottenere un notevole risparmio in termini di consumi energetici ed economici.

Le caratteristiche del nuovo generatore devono essere scelte in funzione ed in relazione all'attuale configurazione dell'impianto.

Descrizione dei lavori

La posa deve essere effettuata da personale tecnico specializzato.

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

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM2 sono riportati nella Tabella 8.2 e nella Figura 8.4

Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM2 – SCALDACQUA A POMPA DI CALORE

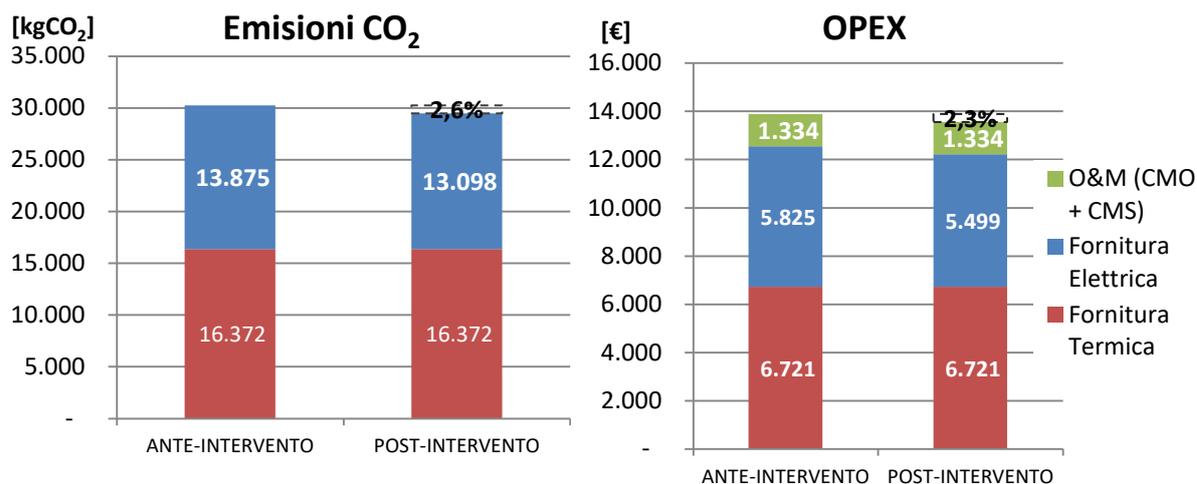
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM2 - Rendimento	[-]	0,7	5,53	87,3%
$Q_{teorico}$	[kWh]	81.145	81.145	0,0%
$EE_{teorico}$	[kWh]	29.747	28.082	5,6%
$Q_{baseline}$	[kWh]	81.049	81.049	0,0%

EE _{baseline}	[kWh]	29.710	28.047	5,6%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	16.372	16.372	0,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	13.875	13.098	5,6%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	30.246	29.470	2,6%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	6.721	6.721	0,0%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	5.825	5.499	5,6%
Fornitura Energia, C_E	[€]	12.546	12.220	2,6%
C _{MO}	[€]	1.201	1.201	0,0%
C _{MS}	[€]	133	133	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	1.334	1.334	0,0%
OPEX	[€]	13.881	13.555	2,3%
Classe energetica	[-]	F	F	-

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,079 [€/kWh] per il vettore termico e 0,222 [€/kWh] per il vettore elettrico.

Nota (2) La classe energetica indicata si riferisce alle condizioni adattate e non a quelle standard come previsto dalla UNI TS 11300.

Figura 8.4 – EEM2 – SCALDACQUA A POMPA DI CALORE : Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



8.1.3 Impianto riscaldamento

EEM3: Pompe a portata variabile

Generalità

La misura prevede l'installazione di una pompa di circolazione di tipo elettronico a giri variabili (con inverter). L'intervento sarà realizzato mediante la sostituzione dell'attuale pompa di circolazione a giri fissi, con una nuova pompa di circolazione gemellare a giri variabili e controllata elettronicamente da inverter. La pompa avrà grado di protezione minimo IP55.

Figura 8.5 – Particolare pompe di circolazione



La portata, la prevalenza ed il diametro di allaccio saranno verificate e confermate dalle condizioni idrostatiche di lavoro dell'attuale rete di distribuzione.

L'installazione di un circolatore elettronico a velocità variabile permette di ottimizzare tutte le prestazioni dell'impianto anche in termini di energia elettrica necessaria per l'alimentazione degli organi ausiliari. Inoltre viene prolungata la vita della pompa stessa.

Caratteristiche funzionali e tecniche

Tale misura può ridurre il consumo di energia elettrica (5-10%).

Descrizione dei lavori

La posa del nuovo circolatore deve essere effettuata da personale tecnico specializzato che rilasci una garanzia di conformità di installazione del prodotto rispetto alle specifiche tecniche ed una dichiarazione secondo quanto stabilito dalla normativa vigente in materia (DM 37/08).

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM3 sono riportati nella Tabella 8.3 e nella Figura 8.6.

Tabella 8.3 – Risultati analisi EEM3 – Installazione pompa inverter

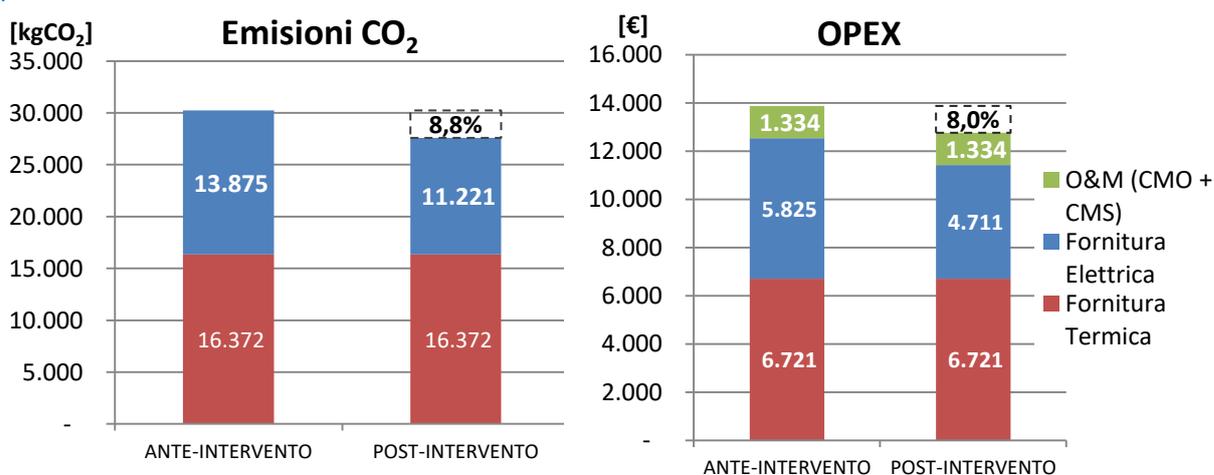
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM4 - Potenza installata	[W]	1340	350	73,9%
Q _{teorico}	[kWh]	81.145	81.145	0,0%
EE _{teorico}	[kWh]	29.747	24.058	19,1%
Q _{baseline}	[kWh]	81.049	81.049	0,0%
EE _{baseline}	[kWh]	29.710	24.028	19,1%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	16.372	16.372	0,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	13.875	11.221	19,1%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	30.246	27.593	8,8%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	6.721	6.721	0,0%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	5.825	4.711	19,1%
Fornitura Energia, C_E	[€]	12.546	11.432	8,9%
C _{MO}	[€]	1.201	1.201	0,0%
C _{MS}	[€]	133	133	0,0%

O&M (C _{MO} + C _{CMS})	[€]	1.334	1.334	0,0%
OPEX	[€]	13.881	12.767	8,0%
Classe energetica	[-]	F	E	-

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,079 [€/kWh] per il vettore termico e 0,222 [€/kWh] per il vettore elettrico.

Nota (2) La classe energetica indicata si riferisce alle condizioni adattate e non a quelle standard come previsto dalla UNI TS 11300.

Figura 8.6 – EEM3 – INSTALLAZIONE POMPA INVERTE : Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



EEM4: Valvole termostatiche

Generalità

La misura prevede l'installazione di valvole termostatiche su tutti i radiatori presenti all'interno dell'edificio.

Le valvole termostatiche sono tipicamente impiegate per la regolazione del fluido ai radiatori degli impianti di riscaldamento. Abbinata a un comando termostatico o elettrotermico, mantengono costante, al valore impostato, la temperatura ambiente del locale in cui sono installate. In questo modo si evitano indesiderati incrementi di temperatura e si ottengono consistenti risparmi energetici.

Figura 8.7 – Particolare terminali di emissione



Queste valvole sono dotate di un particolare codolo con tenuta idraulica in gomma che permette il collegamento al radiatore in modo veloce e sicuro, senza l'ausilio di altro mezzo sigillante.

Caratteristiche funzionali e tecniche

In base al tipo di corpo scaldante, al diametro e materiale del tubo saranno predisposte le seguenti tipologie di valvole termostatiche con i relativi detentori:

- Valvola termostatica per radiatori predisposta per comandi termostatici ed elettrotermici. Attacchi a squadra per tubo ferro 3/8", 1/2" e 3/4". Attacco al radiatore 3/8" e 1/2" M con codolo fornito di guarnizione di tenuta in EPDM, 3/4" con codolo senza guarnizione di tenuta. Corpo in ottone. Cromato. Cappuccio in ABS bianco RAL 9010. Doppia tenuta sull'asta di comando con O-Ring in EPDM. Campo di temperatura d'esercizio 5÷100°C. Pressione massima d'esercizio 10 bar.
- Valvola termostatica per radiatori predisposta per comandi termostatici ed elettrotermici. Attacchi diritti per tubo ferro 3/8", 1/2" e 3/4". Attacco al radiatore 3/8" e 1/2" M con codolo fornito di guarnizione di tenuta in EPDM, 3/4" M con codolo senza guarnizione di tenuta. Corpo in ottone. Cromato. Cappuccio in ABS bianco RAL 9010. Doppia tenuta sull'asta di comando con O-Ring in EPDM. Campo di temperatura d'esercizio 5÷100°C. Pressione massima d'esercizio 10 bar.
- Valvola termostatica per radiatori predisposta per comandi termostatici ed elettrotermici. Attacchi a squadra per tubo rame e plastica semplice e multistrato 23 p.1,5 M. Attacco al radiatore 3/8" e 1/2" M con codolo fornito di guarnizione di tenuta in EPDM. Corpo in ottone. Cromato. Cappuccio in ABS bianco RAL 9010. Doppia tenuta sull'asta di comando con O-Ring in EPDM. Campo di temperatura d'esercizio 5÷100°C. Pressione massima d'esercizio 10 bar.
- Valvola termostatica per radiatori predisposta per comandi termostatici ed elettrotermici. Attacchi diritti per tubo rame e plastica semplice e multistrato 23 p.1,5 M. Attacco al radiatore 3/8" e 1/2" M con codolo fornito di guarnizione di tenuta in EPDM. Corpo in ottone. Cromato. Cappuccio in ABS bianco RAL 9010. Doppia tenuta sull'asta di comando con O-Ring in EPDM. Campo di temperatura d'esercizio 5÷100°C. Pressione massima d'esercizio 10 bar.
- Detentore. Attacchi a squadra, per tubo rame, plastica semplice e multistrato. Attacchi tubazione 23 p.1,5 e 3/4" M. Attacco al radiatore 3/8" o 1/2" M con codolo fornito di guarnizione di tenuta in EPDM. Corpo in ottone. Cromato. Cappuccio bianco RAL 9010 in ABS.

- Tenuta verso l'esterno costituita da O-Ring in EPDM sull'asta di comando. Campo di temperatura d'esercizio 5÷100°C. Pressione massima d'esercizio 10 bar.
- Detentore. Attacchi diritti, per tubo rame, plastica semplice e multistrato. Attacchi tubazione 23 p.1,5 e 3/4" M. Attacco al radiatore 3/8" o 1/2" M con codolo fornito di guarnizione di tenuta in EPDM. Corpo in ottone. Cromato. Cappuccio bianco RAL 9010 in ABS. Tenuta verso l'esterno costituita da O-Ring in EPDM sull'asta di comando. Campo di temperatura d'esercizio 5÷100°C. Pressione massima d'esercizio 10 bar.
 - Detentore. Attacchi a squadra, per tubo ferro 3/8", 1/2", 3/4" o 1" F. Attacco al radiatore 3/8" o 1/2" M con codolo fornito di guarnizione di tenuta in EPDM, 3/4" e 1" M con codolo senza guarnizione di tenuta. Corpo in ottone. Cromato. Cappuccio bianco RAL 9010 in ABS. Tenuta verso l'esterno costituita da O-Ring in EPDM sull'asta di comando. Campo di temperatura d'esercizio 5÷100°C. Pressione massima d'esercizio 10 bar

Tutte le valvole termostatiche sono dotate di coperchio antimanomissione e anti vandalismo. Tale misura può ridurre il consumo di energia termica (10-15%).

Descrizione dei lavori

La posa delle valvole deve essere effettuata da personale tecnico specializzato che rilasci una garanzia di conformità di installazione del prodotto rispetto alle specifiche tecniche ed una dichiarazione secondo quanto stabilito dalla normativa vigente in materia (DM 37/08). Inoltre si dovrà provvedere ad un lavaggio dell'intero impianto per evitare che le impurità depositatesi nel corso degli anni vadano a danneggiare le componenti delle nuove valvole.

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM3 sono riportati nella Tabella 8.4 e nella Figura 8.8.

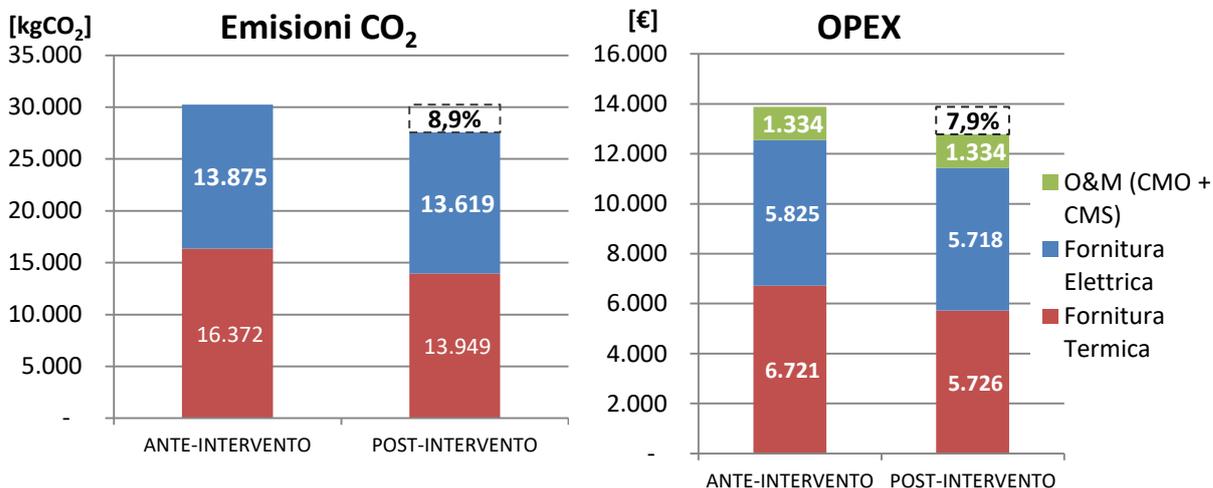
Tabella 8.4 – Risultati analisi EEM4 – INSTALLAZIONE DI VALVOLE TERMOSTATICHE

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM3 - Rendimento di regolazione	[-]	83	99	16,2%
Q _{teorico}	[kWh]	81.145	69.135	14,8%
EE _{teorico}	[kWh]	29.747	29.200	1,8%
Q _{baseline}	[kWh]	81.049	69.053	14,8%
EE _{Baseline}	[kWh]	29.710	29.164	1,8%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	16.372	13.949	14,8%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	13.875	13.619	1,8%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	30.246	27.568	8,9%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	6.721	5.726	14,8%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	5.825	5.718	1,8%
Fornitura Energia, C_E	[€]	12.546	11.445	8,8%
C _{MO}	[€]	1.201	1.201	0,0%
C _{MS}	[€]	133	133	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	1.334	1.334	0,0%
OPEX	[€]	13.881	12.779	7,9%
Classe energetica	[-]	F	E	+1 classi

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,079 [€/kWh] per il vettore termico e 0,222 [€/kWh] per il vettore elettrico.

Nota (2) La classe energetica indicata si riferisce alle condizioni adattate e non a quelle standard come previsto dalla UNI TS 11300.

Figura 8.8 – EEM4 – INSTALLAZIONE DI VALVOLE TERMOSTATICHE: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



8.1.4 Impianto di generazione da fonti rinnovabili

EEM5: Impianto fotovoltaico

Generalità

L'intervento consiste nell'inserimento di un impianto fotovoltaico sul solaio di copertura dell'edificio.

La potenza di picco installata sarà di 9,2 kWp.

I moduli saranno installati su apposita struttura metallica.

Lo scopo dell'impianto fotovoltaico è conseguire un significativo risparmio energetico per la struttura servita.

Il ricorso a tale tecnologia consente di coniugare:

- la compatibilità con esigenze architettoniche e di tutela ambientale
- nessun inquinamento acustico
- un risparmio di combustibile fossile
- una produzione di energia elettrica senza emissioni di sostanze inquinanti

Figura 8.9 – Esempio di impianto fotovoltaico



Caratteristiche funzionali e tecniche

Il principio progettuale normalmente utilizzato per un impianto fotovoltaico è quello di massimizzare la captazione della radiazione solare annua disponibile.

Nella generalità dei casi, il generatore fotovoltaico deve essere esposto alla luce solare in modo ottimale, scegliendo prioritariamente l'orientamento a Sud ed evitando fenomeni di ombreggiamento.

In funzione dei vincoli architettonici della struttura che ospita il generatore, sono comunque adottati orientamenti diversi e sono ammessi fenomeni di ombreggiamento, purché adeguatamente valutati.

Descrizione dei lavori

La posa deve essere effettuata da personale tecnico specializzato.

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

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM5 sono riportati nella Tabella 8.5 e nella Figura 8.10.

Tabella 8.5 – Risultati analisi EEM5 – IMPIANTO FOTOVOLTAICO

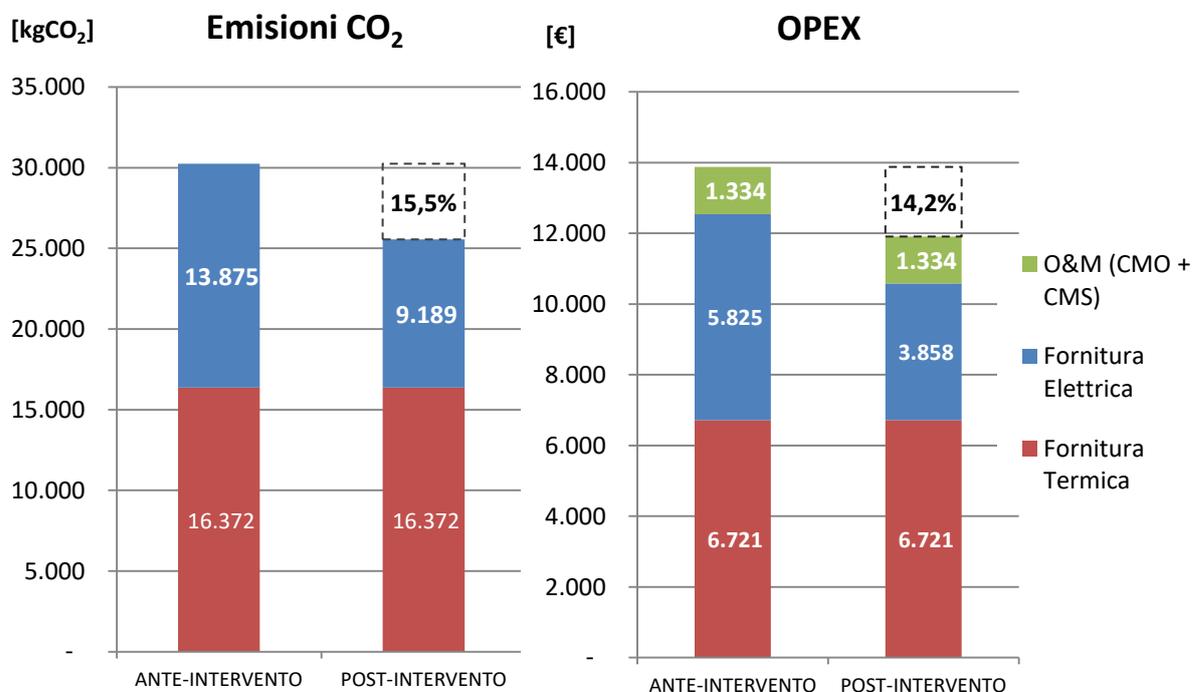
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM4 (Potenza di picco installata)	[kWp]	0	9,2	100,0%
$Q_{teorico}$	[kWh]	81.145	81.145	0,0%
$EE_{teorico}$	[kWh]	29.747	19.701	33,8%
$Q_{baseline}$	[kWh]	81.049	81.049	0,0%
$EE_{baseline}$	[kWh]	29.710	19.676	33,8%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	16.372	16.372	0,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	13.875	9.189	33,8%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	30.246	25.561	15,5%

Fornitura Termica, C _Q	[€]	6.721	6.721	0,0%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	5.825	3.858	33,8%
Fornitura Energia, C_E	[€]	12.546	10.579	15,7%
C _{MO}	[€]	1.201	1.201	0,0%
C _{MS}	[€]	133	133	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	1.334	1.334	0,0%
OPEX	[€]	13.881	11.914	14,2%
Classe energetica	[-]	F	E	+1 classi

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,074 [€/kWh] per il vettore termico e 0,234 [€/kWh] per il vettore elettrico.

Nota (2) La classe energetica indicata si riferisce alle condizioni adattate.

Figura 8.10 – EEM5 IMPIANTO FOTOVOLTAICO: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



8.1.5 Impianto di illuminazione ed impianto elettrico

Si precisa che utilizzando i costi unitari dell'area di riferimento tali interventi non risultano economicamente convenienti nemmeno combinati in scenari con altri interventi.

Inoltre si fa presente che, data la normativa vigente in materia di classificazione energetica, riducendo la potenza installata dei corpi illuminanti (come nel caso dell'utilizzo di tecnologia LED) non è quasi mai possibile determinare un salto di due classi energetiche, anzi la classe energetica dell'edificio peggiora. Tale criticità sarebbe risolvibile combinando tale EEM con altri più energeticamente prestanti ma, come già precisato i costi non renderebbero conveniente l'intero scenario.

9 VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA

9.1 ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

EEM1: Cappotto interno

Nella Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 1, che consiste nella realizzazione di un cappotto interno come specificato nel paragrafo dedicato.

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: 40% dell'ammontare complessivo del costo dell'intervento.

Tabella 9.1 – Analisi dei costi della EEM1 – CAPPOTTO INTERNO

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO [€/n° o €/m ₂]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
Fornitura di pannello in lana di roccia 6 cm	Liguria 2017	850	€/mq	9,747	8.284,95 €	1.822,69 €	10.107,64 €
Posa in opera di pannello isolante	Liguria 2017	850	€/mq	4,221	3.587,85 €	789,33 €	4.377,18 €
Fornitura di pannello in lana di roccia 6 cm	Liguria 2017	850	€/mq	9,747	8.284,95 €	1.822,69 €	10.107,64 €
Posa in opera di pannello isolante	Liguria 2017	850	€/mq	4,221	3.587,85 €	789,33 €	4.377,18 €
Intonaco interno	Liguria 2017	850	€/mq	8,874	7.542,90 €	1.659,44 €	9.202,34 €
Tinteggiatura	Liguria 2017	850	€/mq	5,562	4.727,70 €	1.040,09 €	5.767,79 €
Sicurezza					1.080,49 €	237,71 €	1.318,19 €
Progettazione					2.521,13 €	554,65 €	3.075,78 €
TOTALE (I₀)					39.617,82 €	8.715,92 €	48.333,74 €
Incentivi	[Conto termico]						19.333
Durata incentivi							5
Incentivo annuo							3.867

EEM2: Scaldacqua a pompa di calore

Nella Tabella 9.2 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 2, che consiste nella posa in opera di un sistema a pompa di calore per la produzione di acqua calda sanitaria.

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 – SCALACQUA A POMPA DI CALORE

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO [€/n° o €/m ₂]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
Fornitura e posa di PDC per produzione di ACS (bollitore da 500 litri)	CCIAA RE	1	cad	5446,8	5.446,80 €	1.198,30 €	6.645,10 €
Sicurezza					163,40 €	35,95 €	199,35 €
Progettazione					381,28 €	83,88 €	465,16 €
TOTALE (I₀)					5.991,48 €	1.318,13 €	7.309,61 €
Incentivi	Conto termico						700 (1)
Durata incentivi							5
Incentivo annuo							140

Nota (1): Incentivo calcolato sulla base di quanto specificato nell'Allegato 2 del Conto Termico 2.0, Punto 2.4 Scaldacqua a pompa di calore.

EEM3: Installazione di circolatore gemellare con inverter

Nella Tabella 9.3 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 3, che consiste nell'installazione di un circolatore elettronico gemellare a giri variabili.

Tabella 9.3 – Analisi dei costi della EEM3 – POMPA INVERTER

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ₂]	[€]	[€]	[€]
Posa in opera di nuovo circolatore	Liguria 2017	1	cad	45,054	45,05 €	9,91 €	54,97 €
Fornitura di circolatore inverter DN40 gemellare	Liguria 2017	1	cad	1724,832	1.724,83 €	379,46 €	2.104,30 €
Sicurezza					53,10 €	11,68 €	64,78 €
Progettazione					123,89 €	27,26 €	151,15 €
TOTALE (I₀)					1.946,87 €	428,31 €	2.375,19 €

EEM4: Installazione di valvole termostatiche

Nella Tabella 9.4 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 4, che consiste nell'installazione di valvole termostatiche su tutti i corpi scaldanti dell'edificio.

Tabella 9.4 – Analisi dei costi della EEM4 – VALVOLE TERMOSTATICHE

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ₂]	[€]	[€]	[€]
Valvole termostatiche	Liguria 2017	36	cad	37,233	1.340,39 €	294,89 €	1.635,27 €
Sicurezza					40,21 €	8,85 €	49,06 €
Progettazione					93,83 €	20,64 €	114,47 €
TOTALE					1.474,43 €	324,37 €	1.798,80 €

EEM5: Impianto fotovoltaico

Nella Tabella 9.5 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 5, che consiste nella posa in opera di un impianto fotovoltaico sul piano di copertura dell'edificio.

Tabella 9.5 – Analisi dei costi della EEM5 – IMPIANTO FOTOVOLTAICO

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ₂ o €/W _p]	[€]	[€]	[€]
Impianto FV "chiavi in mano"	Milano	9,2	€/kW	2442,132	22.467,61 €	4.942,88 €	27.410,49 €
Sicurezza					674,03 €	148,29 €	822,31 €
Progettazione					1.572,73 €	346,00 €	1.918,73 €
TOTALE					24.714,38 €	5.437,16 €	30.151,54 €

9.2 ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

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

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

Gli indicatori economici d'investimento utilizzati sono:

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

Essi sono così definiti:

1) Tempo di ritorno semplice (TRS):

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

Dove:

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

2) Tempo di ritorno attualizzato (TRA):

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

Dove:

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

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

Dove:

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

3) Valore Attuale Netto (VAN) del progetto:

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

Dove:

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

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

5) Indice di Profitto (IP):

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

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

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

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

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

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

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

EEM1: Cappotto interno

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

Tabella 9.6 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM1– CAPPOTTO INTERNO

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€ 48.334
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 3.867
Durata incentivo	n_B	anni 5
Tasso di attualizzazione	i	[%] 3,5%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO	VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS 14,2	7,9
Tempo di rientro attualizzato	TRA 21,4	10,9
Valore attuale netto	VAN 10.552	27.766
Tasso interno di rendimento	TIR 5,8%	9,9%
Indice di profitto	IP 0,22	0,57

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

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

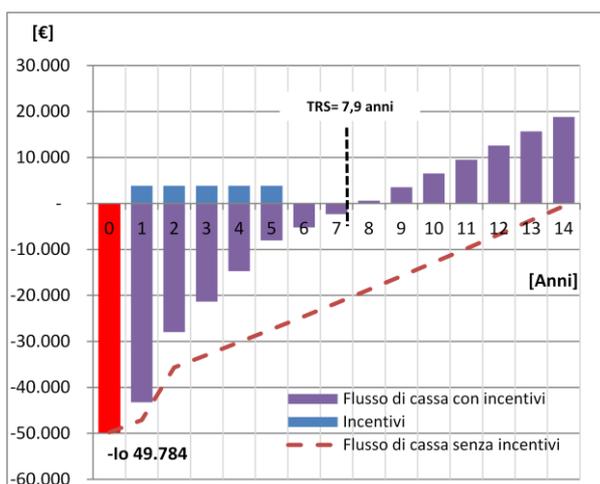
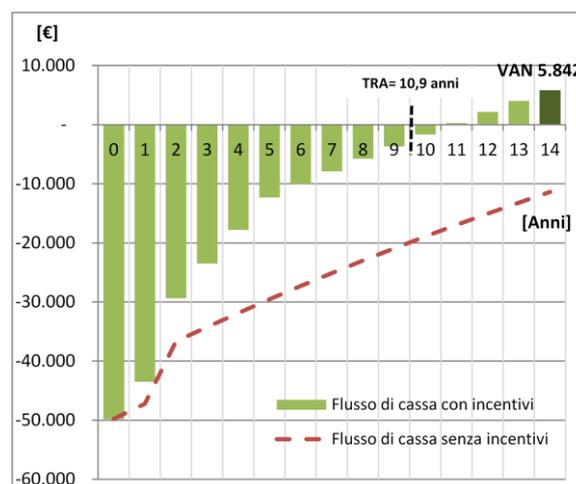


Figura 9.2 – EEM1: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento risulta economicamente conveniente, seppur con un indice di profitto basso, con e senza gli incentivi previsti e calcolati come specificato nel paragrafo dedicato.

EEM2: Scaldacqua a pompa di calore

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

Tabella 9.7 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM5 – Scaldacqua a pompa di calore

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE	
Investimento Iniziale	I_0	€	7.310
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	140
Durata incentivo	n_B	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	20,4	18,4
Tempo di rientro attualizzato	TRA	34,7	31,7
Valore attuale netto	VAN	- 1.025	- 402
Tasso interno di rendimento	TIR	2,7%	3,5%
Indice di profitto	IP	-0,14	-0,05

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

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

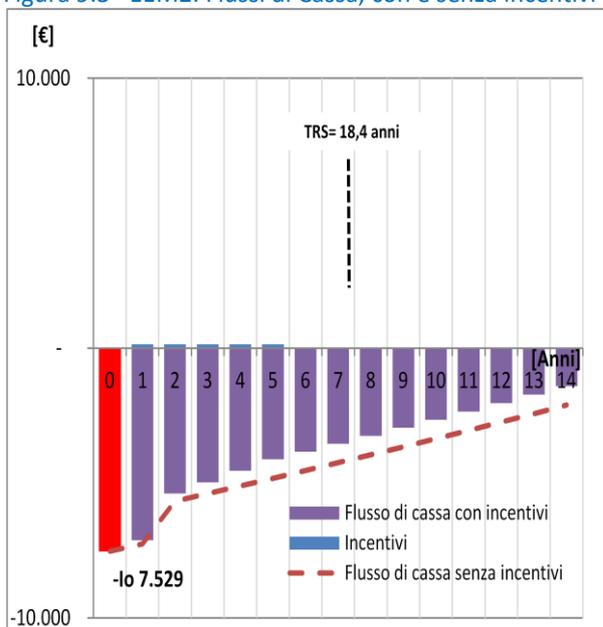
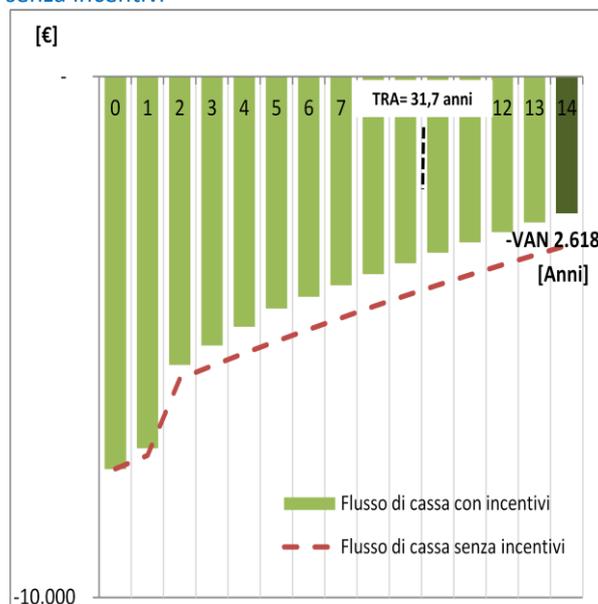


Figura 9.4 – EEM2: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento singolarmente non è economicamente conveniente.

EEM3: Pompa inverter

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

Tabella 9.8 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM3 – POMPA INVERTER

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€ 2.375
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%] 3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%] 22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni 3
Vita utile	n	anni 15
Incentivo annuo	B	€/anno -
Durata incentivo	n_B	anni 5
Tasso di attualizzazione	i	[%] 3,5%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO	VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	2,3
Tempo di rientro attualizzato	TRA	2,5
Valore attuale netto	VAN	8.434
Tasso interno di rendimento	TIR	42,2%
Indice di profitto	IP	3,55

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

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

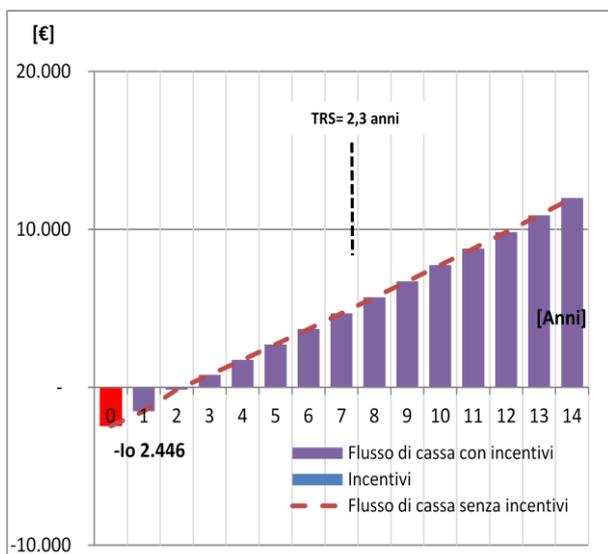
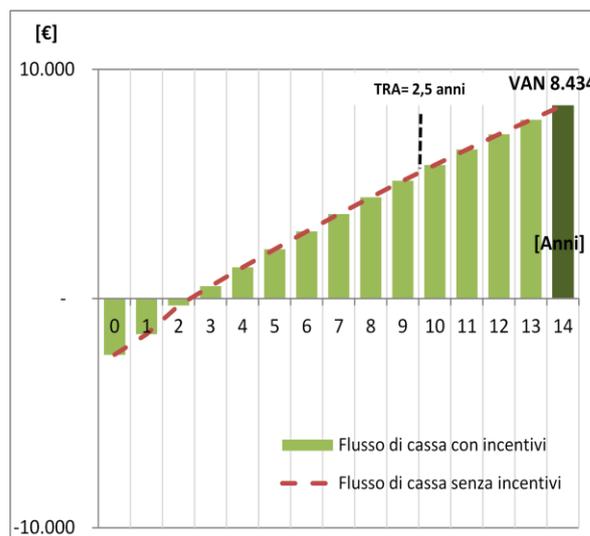


Figura 9.6 – EEM3: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento risulta economicamente conveniente.

EEM4: Valvole termostatiche

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

Tabella 9.9 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM4– VALVOLE TERMOSTATICHE

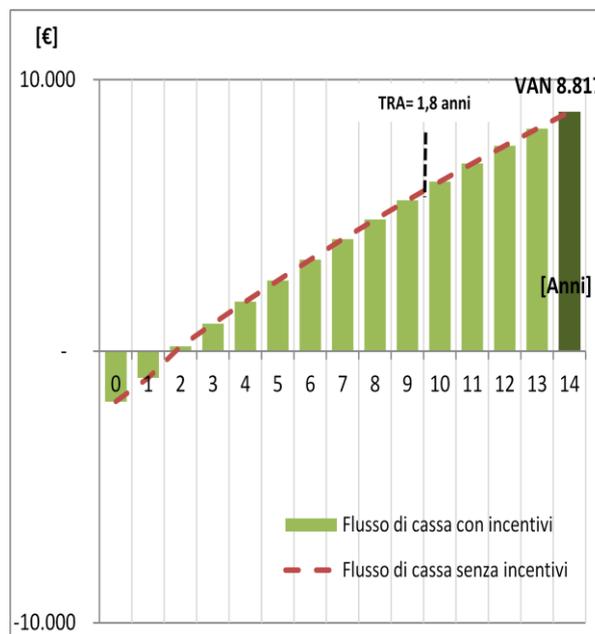
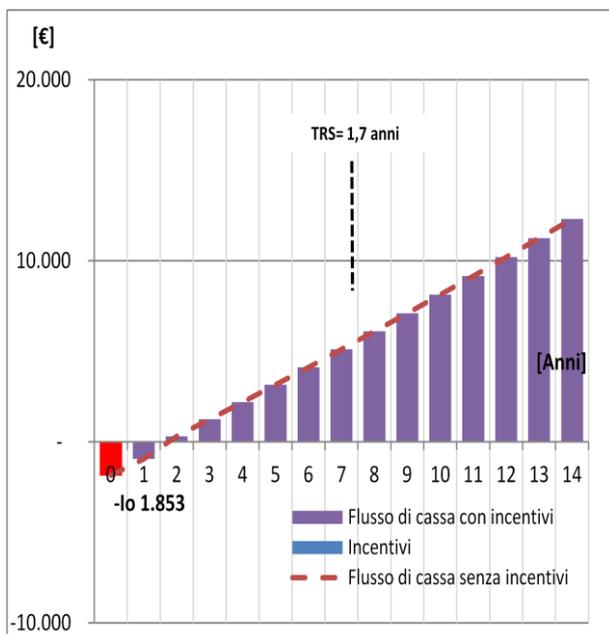
PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€ 1.799
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%] 3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%] 22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni 3
Vita utile	n	anni 15
Incentivo annuo	B	€/anno -
Durata incentivo	n_B	anni 5
Tasso di attualizzazione	i	[%] 3,5%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO	VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	1,7 -
Tempo di rientro attualizzato	TRA	1,8 -
Valore attuale netto	VAN	8.817 -
Tasso interno di rendimento	TIR	54,3% -
Indice di profitto	IP	4,90 -

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

Figura 9.7 –EEM3: Flussi di Cassa, con e senza incentivi

Figura 9.8 – EEM3: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento risulta economicamente conveniente.

EEM5: Impianto fotovoltaico

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

Tabella 9.10 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM4– Impianto fotovoltaico

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE	
Investimento Iniziale	I_0	€ 30.152	
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%] 3,0%	
Aliquota IVA	%IVA	[%] 22,0%	
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni 3	
Vita utile	n	anni 15	
Incentivo annuo	B	€/anno -	
Durata incentivo	n_B	anni 5	
Tasso di attualizzazione	i	[%] 3,5%	
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO	VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI	
Tempo di rientro semplice	TRS	15,4	-
Tempo di rientro attualizzato	TRA	19,8	-
Valore attuale netto	VAN	- 7.516	-
Tasso interno di rendimento	TIR	-0,4%	-
Indice di profitto	IP	-0,25	-

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

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

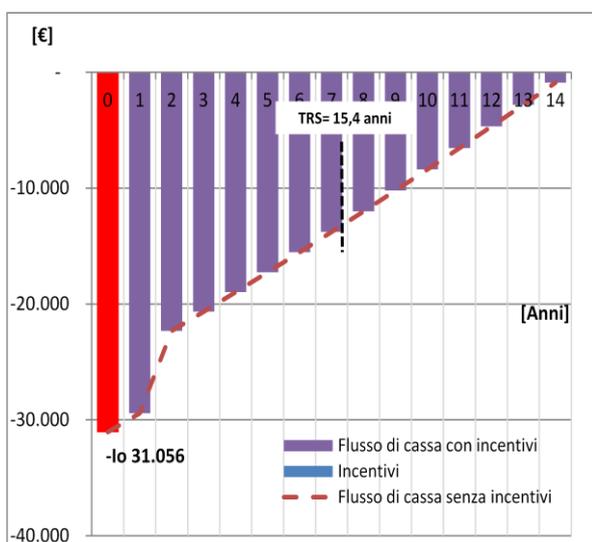
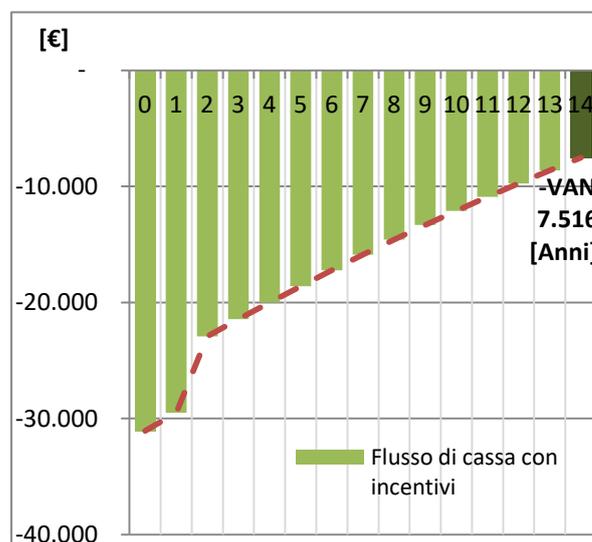


Figura 9.10 – EEM5: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento singolarmente non è economicamente conveniente.

Sintesi

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

Tabella 9.11 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso senza incentivi

	SENZA INCENTIVI											
	% ΔE [%]	% Δ_{CO2} [%]	ΔC_E [€/anno]	ΔC_{MO} [€/anno]	ΔC_{MS} [€/anno]	I_0 [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]
EEM 1	48,3	26	3.225,6	-	-	48.334	14,2	21,4	30	10.552	5,8	0,22
EEM 2	5,6	2,6	326,1	-	-	7.310	20,4	34,7	30	- 1.025	2,7	-0,14
EEM 3	19,1	8,8	1.114,1	-	-	2.375	2,3	2,5	15	8.434	42,2	3,55
EEM 4	16,6	8,9	1.101,9	-	-	1.799	1,7	1,8	15	8.817	54,3	4,90
EEM 5	33,8	15,5	1.967,4	-	-	30.152	15,4	19,8	15	-7.516	-0,4	-0,25

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

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

Dall'analisi dei risultati emerge che non tutti gli interventi singolarmente sono economicamente convenienti; l'indice di profitto maggiore è riferito all'intervento di installazione delle valvole termostatiche.

Tabella 9.12 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso con incentivi

	CON INCENTIVI											
	% ΔE [%]	% Δ_{CO2} [%]	ΔC_E [€/anno]	ΔC_{MO} [€/anno]	ΔC_{MS} [€/anno]	I_0 [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]
EEM 1	48,3	26	3.225,6	-	-	48.334	7,9	10,9	30	27.766	9,9	0,57
EEM 2	5,6	2,6	326,1	-	-	7.310	18,4	31,7	30	-402	3,5	-0,05
EEM 3	19,1	8,8	1.114,1	-	-	2.375	2,3	2,5	15	8.434	42,2	3,55
EEM 4	16,6	8,9	1.101,9	-	-	1.799	1,7	1,8	15	8.817	54,3	4,90
EEM 5	33,8	15,5	1.967,4	-	-	30.152	15,4	19,8	15	-7.516	-0,4	-0,25

Dall'analisi dei risultati emerge che gli interventi proposti che anche in presenza di incentivi non tutti gli interventi singolarmente sono economicamente convenienti; l'indice di profitto maggiore è riferito all'intervento di installazione delle valvole termostatiche.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Dove:

- Kd è costo del debito, sarà ipotizzato pari a 3.82%
- Ke è il costo dell'equity, ossia il rendimento atteso dall'investitore, sarà ipotizzato pari a 9.00%
- D è il Debito, pari a 80% di I_0
- E è l'Equity, pari a 20% di I_0
- $\frac{D}{D+E}$ è la leva finanziaria, sarà quindi pari a 80%
- τ è l'aliquota fiscale, posta pari al 27.9% essendo la somma dell'aliquota IRES, pari al 24%, e quella IRAP pari al 3,9%.

L'ultima dimensione di analisi è la valutazione della sostenibilità finanziaria. Infatti, non tutti gli investimenti economicamente convenienti risultano poi fattibili dal punto di vista finanziario. La sostenibilità finanziaria di un progetto può essere espressa anche in termini di bancabilità ricorrendo a degli indicatori capaci di valutare il margine di sicurezza su cui i soggetti finanziatori possono contare per essere garantiti sul puntuale pagamento del servizio del debito.

Per gli scenari ottimali, si è quindi proceduto ad una valutazione della sostenibilità finanziaria. Gli indicatori di bancabilità utilizzati sono:

- DSCR (Debt Service Cover Ratio) medio di periodo. Esprime la capacità dell'investimento di rimborsare il servizio del debito (capitale e interessi) per tutta la durata del finanziamento;
- LLCR (*Loan Life Cover Ratio*) medio di periodo. Esprime la capacità del progetto di generare flussi di cassa positivi dopo aver ripagato il servizio del debito.

Essi sono così definiti:

- 1) *Debt Service Cover Ratio* (DSCR):

$$DSCR = \frac{FCO_n}{K_n + I_t}$$

Dove:

- FCO_n sono i flussi di cassa operativi nell'anno corrente n-esimo;
- K_n è la quota capitale da rimborsare nell'anno n-esimo;
- I_n è la quota interessi da ripagare nell'anno tn-esimo.

2) *Loan Life Cover Ratio* (LLCR):

$$LLCR = \frac{\sum_{n=s}^{s+m} \frac{FCO_n}{(1+i)^n} + R}{D_n}$$

Dove:

- s è il periodo di valutazione dell'indicatore;
- $s+m$ è l'ultimo periodo di rimborso del debito;
- FCO_n è il flusso di cassa per il servizio del debito;
- D è il debito residuo (outstanding) al periodo t-esimo;
- i è il tasso di attualizzazione dei flussi di cassa;
- R è l'eventuale riserva a servizio del debito accumulata al periodo di valutazione (*Debt Reserve*).

Valori positivi (nell'intorno di 1,3) del DSCR indicano convenzionalmente la capacità dell'investimento di generare risorse sufficienti a ripagare il servizio del debito; valori maggiori di 1 del LLCR indicano la liquidità generata dal progetto dopo aver ripagato il debito. Pertanto, per la proposta di scenari ottimali bancabili sono stati considerati fattibili solo scenari che realizzino valori positivi di DSCR nell'intorno di 1,3 e valori positivi di LLCR maggiori di 1.

Nell'ambito della riqualificazione energetica degli edifici scolastici, il presente rapporto di DE sarà inoltre fondamentale per dotare la Pubblica Amministrazione (PA) di un'analisi tecnico-economica di dettaglio delle EEM identificate all'interno degli scenari ottimali, con lo scopo di consentire l'individuazione dei possibili strumenti di finanziamento delle stesse, sia tramite finanziamento proprio, sia tramite proposte di *Energy Performance Contract* (EPC) da parte di Società di Servizi Energetici (*Energy Service Company* – ESCO) abbinate all'istituto del Finanziamento Tramite Terzi (FTT). In tale ambito trova espressione l'applicazione del Partenariato Pubblico Privato (PPP).

Al fine di effettuare concretamente un'analisi finanziaria preliminare e verificare quindi gli aspetti di convenienza economica e sostenibilità finanziari degli scenari ottimali è stato presentato un modello semplificato di Piano Economico Finanziario (PEF) indicativo per ogni scenario.

Infine, si è proceduto all'identificazione dell'eventuale canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale attraverso la partecipazione di ESCO secondo lo schema di *Energy Performance Contract* (EPC).

Si sono quindi individuati i seguenti scenari, che forniscano i maggiori vantaggi in termini di riduzione dei costi e consumi energetici, nei tempi di ritorno accettabili sopra descritti.

- **Scenario 1: INVOLUCRO E IMPIANTO:** Tale scenario consiste nella realizzazione degli interventi EEM1 realizzazione di cappotto interno, EEM2 installazione di scaldacqua a pompa di calore e EEM3 installazione di circolatori gemellari a giri variabili.
- **Scenario 2: IMPIANTI:** Tale scenario consiste nella realizzazione degli interventi EEM2 installazione di scaldacqua a pompa di calore, EEM3 installazione di circolatori gemellari a giri variabili, EEM4 installazione di valvole termostatiche sui terminali di emissione e EEM5 realizzazione di impianto fotovoltaico.

9.3.1 Scenario 1: INVOLUCRO E IMPIANTO

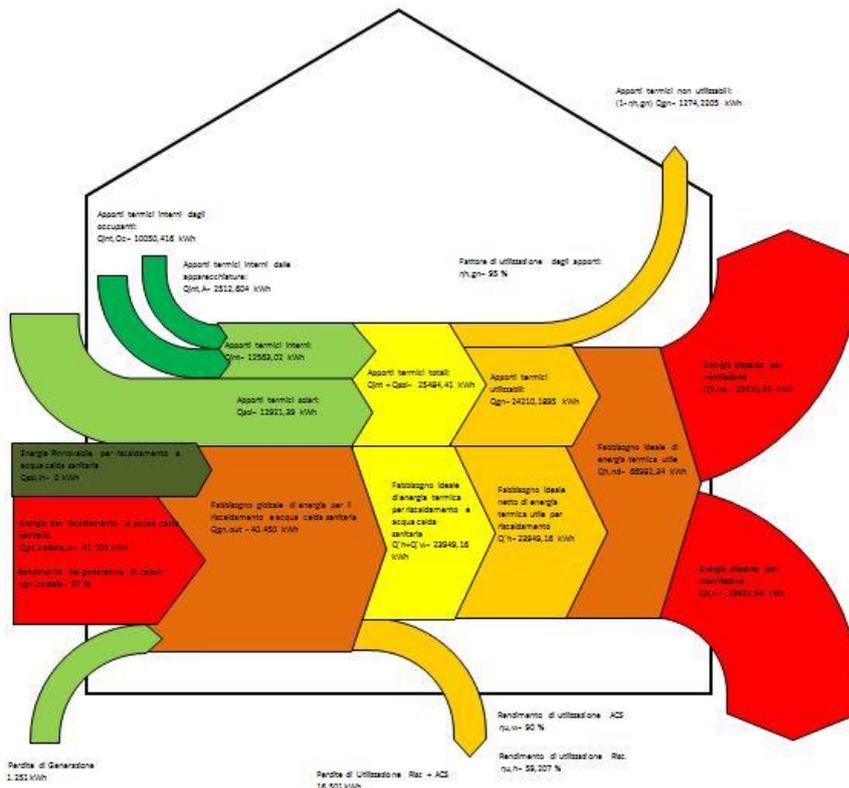
La realizzazione dello scenario 1 consiste nella combinazione delle EEM di seguito elencate:

Tabella 9.13 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 1

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA AL 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 Fornitura & Posa	36.016,20 €	7.923,56 €	43.939,76 €
EEM3 Fornitura & Posa	1.769,89 €	389,37 €	2.159,26 €
EEM2 Fornitura & Posa	5.446,80 €	1.198,30 €	6.645,10 €
Costi per la sicurezza	1.296,99 €	285,34 €	1.582,32 €
Costi per la progettazione	3.026,30 €	665,79 €	3.692,09 €
TOTALE (I₀)	47.556,17 €	10.462,36 €	58.018,53 €
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO} (IVA INCLUSA)	C _{MS} (IVA INCLUSA)	C _M (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 O&M	1.201,01 €	133,45 €	1.334,45 €
EEM2 O&M	1.201,01 €	133,45 €	1.334,45 €
EEM3 O&M	1.201,01 €	133,45 €	1.334,45 €
TOTALE (C_M)	1.201,01 €	133,45 €	1.334,45 €
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	
		[€]	
Incentivi	Conto termico	20.033,50 €	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		4.006,70 €	

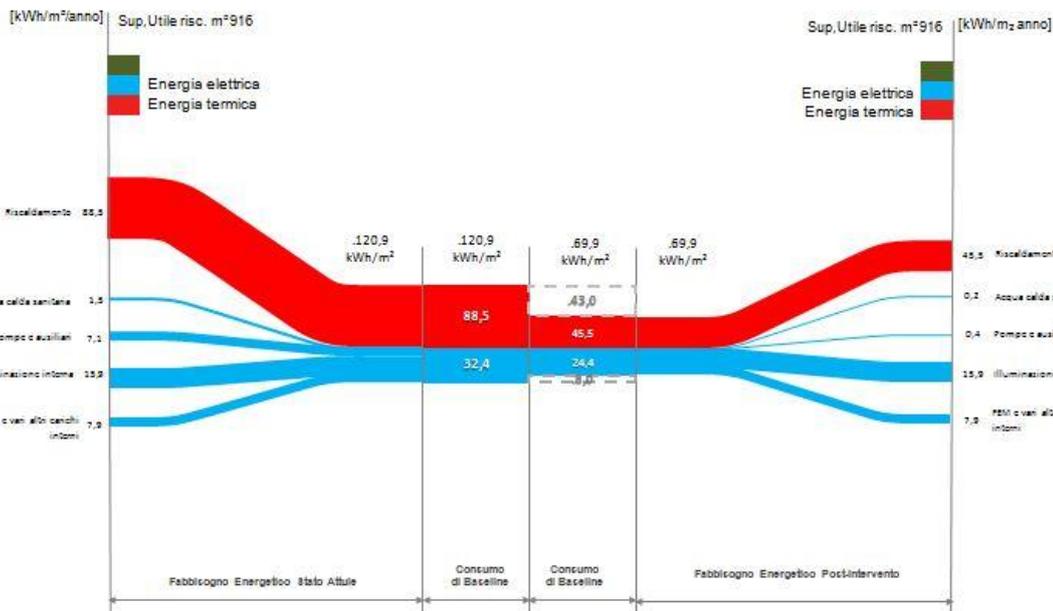
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di Sankey relativo alle situazioni post-intervento.

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



Dall'analisi dei diagrammi di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio post intervento è possibile notare che il fabbisogno ideale del sistema edificio-impianto è diminuito.

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



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

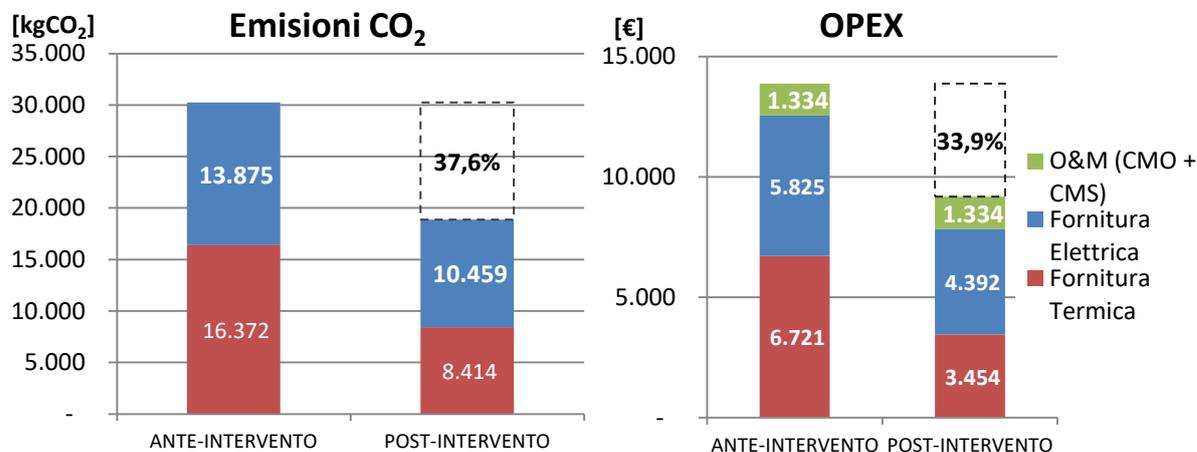
Tabella 9.14 – Risultati analisi SCN1 – INVOLUCRO E IMPIANTO

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
-------------------	------	-----------------	-----------------	-------------

EEM1: Trasmittanza termica	[W/m ² K]	2,094	0,222	89,4%
EEM2: Rendimento	[-]	0,7	5,53	-690,0%
EEM3: Potenza elettrica installata	[W]	1340	350	73,9%
Q _{teorico}	[kWh]	81.145	41.701	48,6%
EE _{teorico}	[kWh]	29.747	22.425	24,6%
Q _{baseline}	[kWh]	81.049	41.651	48,6%
EE _{Baseline}	[kWh]	29.710	22.397	24,6%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	16.372	8.414	48,6%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	13.875	10.459	24,6%
Emiss. CO2 Totale	[kgCO₂]	30.246	18.873	37,6%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	6.721	3.454	48,6%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	5.825	4.392	24,6%
Fornitura Energia, C_E	[€]	12.546	7.845	37,5%
Costo Manutenzione Ordinaria, C _{MO}	[€]	1.201	1.201	0,0%
Costo Manutenzione Straordinaria, C _{MS}	[€]	133	133	0,0%
Costo per O&M (C _M = C _{MO} + C _{MS})	[€]	1.334	1.334	0,0%
OPEX	[€]	13.881	9.180	33,9%
Classe energetica	[-]	F	D	+2 classi

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,079 [€/kWh] per il vettore termico e 0,222 [€/kWh] per il vettore elettrico.

Figura 9.13- SCN1: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



E' stato quindi possibile presentare un modello semplificato di Piano Economico Finanziario (PEF) indicativo, i cui calcoli di dettaglio sono riportati all'Allegato L – Piano Economico Finanziario scenari. I risultati dell'analisi sono riportati nella Tabella 9.15, Tabella 9.16 e Tabella 9.17 e nelle successive figure.

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

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	n _i	1
Anni Gestione Servizio	n _s	14
Anni Concessione	n	15
Anno inizio Concessione	n ₀	2020

Anni dell'ammortamento	n_A	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	k_{CdP}	2,00%
Costo Capitale Azienda	WACC	4,00%
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CdP})$	$k_{progetto}$	4,00%
Inflazione ISTAT	f	0,50%
deriva dell'inflazione	f'	0,70%
%, interessi debito	k_D	3,82%
%, interessi equity	k_E	9,00%
Aliquota IRES	IRES	24,0%
Aliquota IRAP	IRAP	3,9%
Aliquota fiscale	τ	27,90%
Anni debito (finanziamento)	n_D	14
Anni Equity	n_E	14
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_o	€ 58.018
Oneri Finanziari (costi indiretti)	$\%Of$	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 1.741
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 59.759
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€ 47.807
Equity	I_E	€ 11.952
Fattore di annualità Debito	FA_D	10,83
Rata annua debito	q_D	€ 4.413
Costo finanziamento, $(D+INT_D)$	$q_D * n_D$	€ 61.789
Costi per interessi debito, INT_D	$INT_D = q_D * n_D - D$	€ 13.982

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

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€ 10.284
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€ 1.334
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€ 11.618
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$	37,5%
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$	0,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$	0,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€ 3.194
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€ -
Risparmio PA durante la concessione	14%	€ 19.938
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€ 4.615
N° di Canoni annuali	anni	14
Utile lordo della ESCO	%CAPEX	2,46%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	€ 105
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€ 999
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€ 2.090
Canone O&M €/anno	CnM	€ 1.385
Canone Energia €/anno	CnE	€ 7.039
Canone Servizi €/anno IVA escl.	CnS	€ 8.424
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	CnD	€ 3.194
Canone Totale €/anno IVA escl.	Cn	€ 11.618

Aliquota IVA %	IVA	22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€ 10.462
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€ 20.034
Durata Incentivi, anni	n_B	5
Inizio erogazione Incentivi, anno		2022

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

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	9,50
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	13,81
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€ 1.798
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC	4,64%
Indice di Profitto	IP	3,10%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	2,65
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	3,07
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€ 3.415
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke	34,53%
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3	1,203
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1	0,640
Indice di Profitto Azionista	IP	5,89%

Figura 9.14 –SCN1: Flussi di cassa del progetto

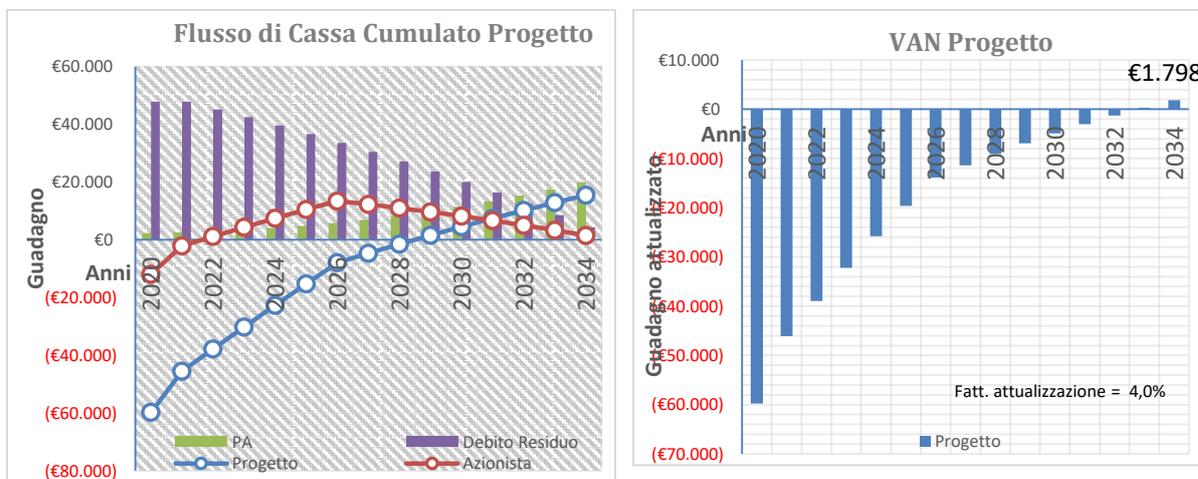
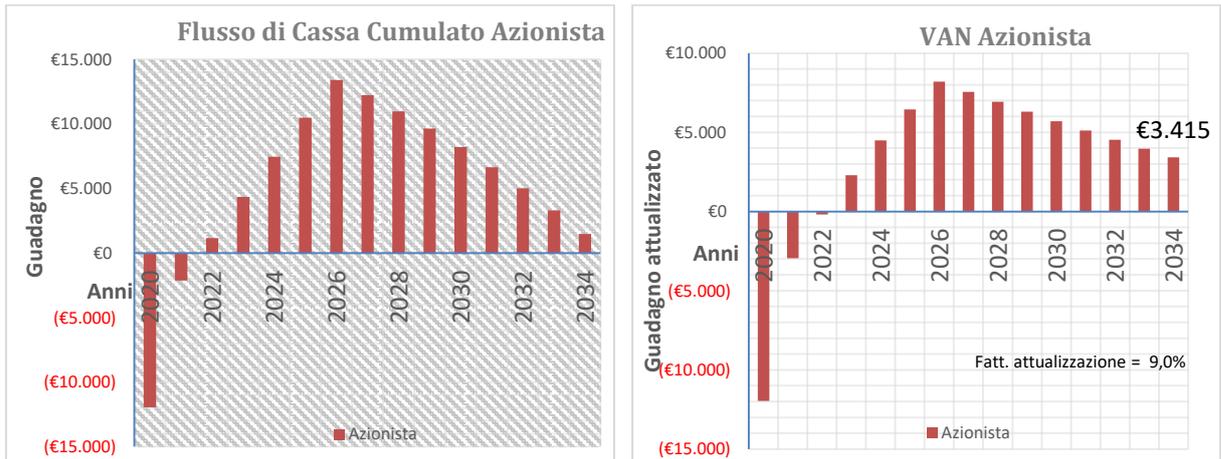
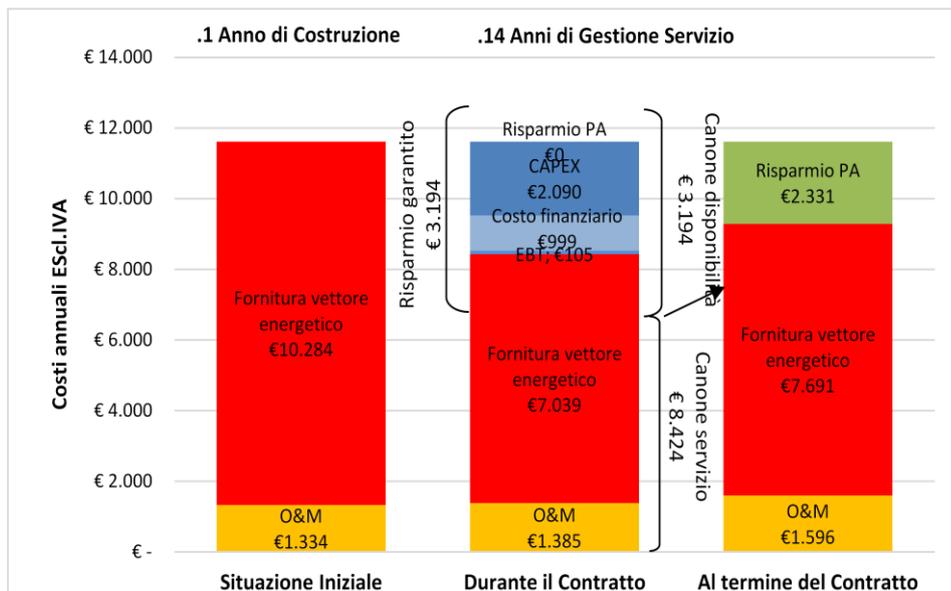


Figura 9.15– SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



Infine si è provveduto all'identificazione del possibile canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale con incentivi attraverso la partecipazione di ESCO secondo lo schema di EPC descritto in Figura 9.16.

Figura 9.16 – Scenario 1: Schema di Energy Performance Contract



9.3.2 Scenario 2: IMPIANTI

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

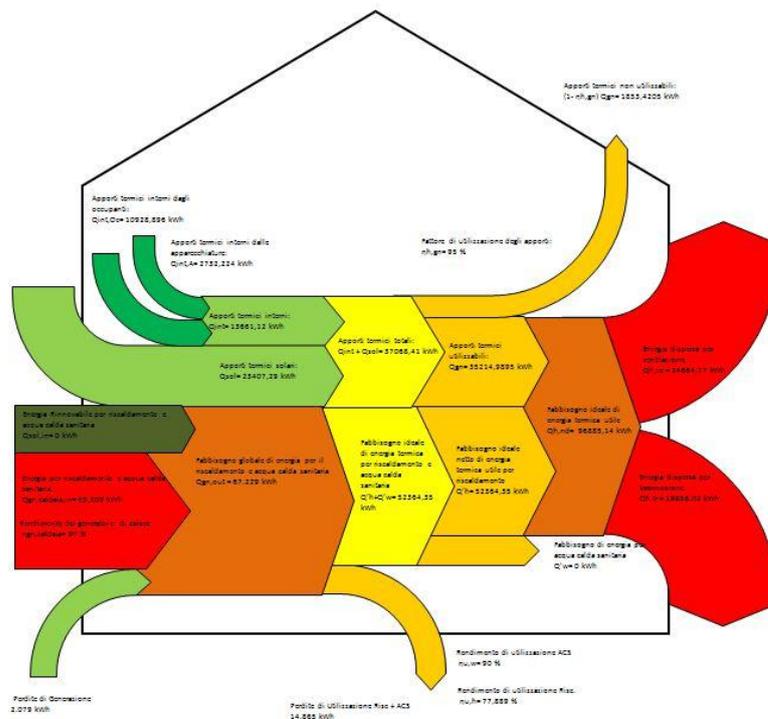
Tabella 9.18 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 2

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA AI 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM2 Fornitura & Posa	5.446,80 €	1.198,30 €	6.645,10 €
EEM3 Fornitura & Posa	1.769,89 €	389,37 €	2.159,26 €
EEM4 Fornitura & Posa	1.340,39 €	294,89 €	1.635,27 €
EEM5 Fornitura & Posa	22.467,61 €	4.942,88 €	27.410,49 €
Costi per la sicurezza	930,74 €	204,76 €	1.135,50 €
Costi per la progettazione	2.171,73 €	477,78 €	2.649,51 €
TOTALE (I₀)	34.127,16 €	7.507,97 €	41.635,13 €
VOCE MANUTENZIONE	C_{MO} (IVA INCLUSA)	C_{MS} (IVA INCLUSA)	C_M (IVA INCLUSA)

	[€]	[€]	[€]
EEM2 O&M	1.201,01 €	133,45 €	1.334,45 €
EEM3 O&M	1.201,01 €	133,45 €	1.334,45 €
EEM4 O&M	1.201,01 €	133,45 €	1.334,45 €
EEM5 O&M	1.201,01 €	133,45 €	1.334,45 €
TOTALE (C_M)	1.201,01 €	133,45 €	1.334,45 €
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	
		[€]	
Incentivi	Conto termico	700,00 €	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		140,00 €	

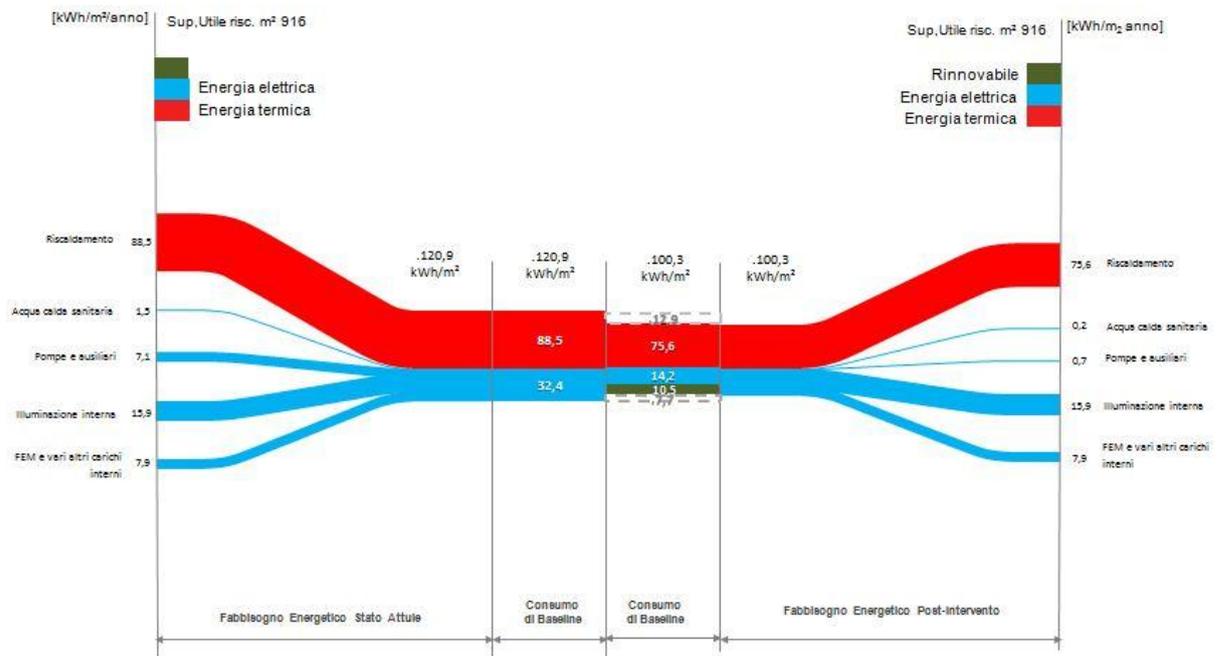
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare I risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di Sankey relativo alle situazioni post-intervento.

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



Dall’analisi dei diagrammi di Sankey relativo al fabbisogno termico dell’edificio post intervento è possibile notare che il fabbisogno ideale del sistema edificio-impianto è diminuito.

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



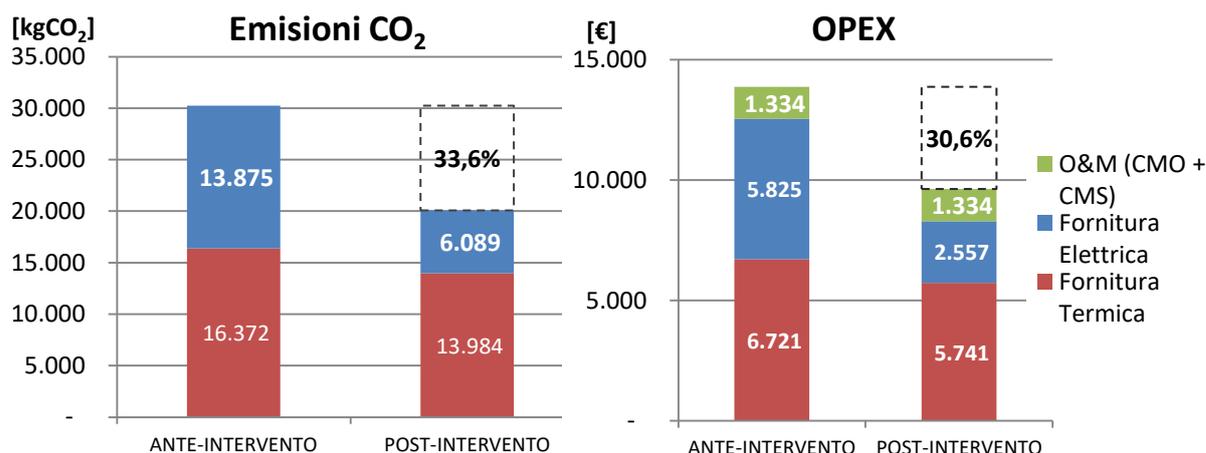
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario 2 sono riportati nella Tabella 9.19 e nella Figura 9.19

Tabella 9.19 – Risultati analisi SCN2 – IMPIANTI

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM2: Rendimento	[-]	0,7	5,53	87,3%
EEM3: Potenza elettrica installata	[W]	1340	350	73,9%
EEM4: Rendimento di regolazione	[-]	83	99	16,2%
EEM5: Potenza installata	[kWp]	0	9,2	100,0%
$Q_{teorico}$	[kWh]	81.145	69.309	14,6%
$EE_{teorico}$	[kWh]	29.747	13.055	56,1%
$Q_{baseline}$	[kWh]	81.049	69.227	14,6%
$EE_{baseline}$	[kWh]	29.710	13.039	56,1%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	16.372	13.984	14,6%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	13.875	6.089	56,1%
Emiss. CO2 Totale	[kgCO₂]	30.246	20.073	33,6%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	6.721	5.741	14,6%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	5.825	2.557	56,1%
Fornitura Energia, C_E	[€]	12.546	8.297	33,9%
Costo Manutenzione Ordinaria, C_{MO}	[€]	1.201	1.201	0,0%
Costo Manutenzione Straordinaria, C_{MS}	[€]	133	133	0,0%
Costo per O&M ($C_M = C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	1.334	1.334	0,0%
OPEX	[€]	13.881	9.632	30,6%
Classe energetica	[-]	F	D	+2 classi

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,079 [€/kWh] per il vettore termico e 0,222 [€/kWh] per il vettore elettrico.

Figura 9.19- SCN2: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



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

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

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	n_i	1
Anni Gestione Servizio	n_s	24
Anni Concessione	n	25
Anno inizio Concessione	n_0	2020
Anni dell'ammortamento	n_A	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	k_{CDP}	2,00%
Costo Capitale Azienda	WACC	4,00%
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CDP})$	$k_{progetto}$	4,00%
Inflazione ISTAT	f	0,50%
deriva dell'inflazione	f'	0,70%
%, interessi debito	k_D	3,82%
%, interessi equity	k_E	9,00%
Aliquota IRES	IRES	24,0%
Aliquota IRAP	IRAP	3,9%
Aliquota fiscale	τ	27,90%
Anni debito (finanziamento)	n_D	20
Anni Equity	n_E	24
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_0	€ 41.635
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 1.249
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 42.884
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€ 34.307
Equity	I_E	€ 8.577
Fattore di annualità Debito	FA_D	13,97
Rata annua debito	q_D	€ 2.455
Costo finanziamento, (D+INT _D)	$q_D * n_D$	€ 49.106
Costi per interessi debito, INT _D	$INT_D = q_D * n_D - D$	€ 14.799

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

PARAMETRI ECONOMICI			
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€	10.284
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€	1.334
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€	11.618
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€	-
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$		34,0%
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$		0,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$		1,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€	2.288
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€	116
Risparmio PA durante la concessione	14%	€	57.842
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€	4.716
N° di Canoni annuali	anni		24
Utile lordo della ESCO	%CAPEX		6,18%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	€	110
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€	617
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€	1.445
Canone O&M €/anno	CnM	€	1.421
Canone Energia €/anno	CnE	€	7.909
Canone Servizi €/anno IVA escl.	CnS	€	9.330
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	CnD	€	2.172
Canone Totale €/anno IVA escl.	Cn	€	11.502
Aliquota IVA %	IVA		22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€	7.508
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_b	€	700
Durata Incentivi, anni	n_b		5
Inizio erogazione Incentivi, anno			2022

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

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.		13,61
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		22,80
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€	905
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC		4,30%
Indice di Profitto	IP		2,17%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.		1,48
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		3,28
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€	1.251
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke		21,56%
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3		1,076
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1		0,736
Indice di Profitto Azionista	IP		3,01%

Figura 9.20 –SCN2: Flussi di cassa del progetto

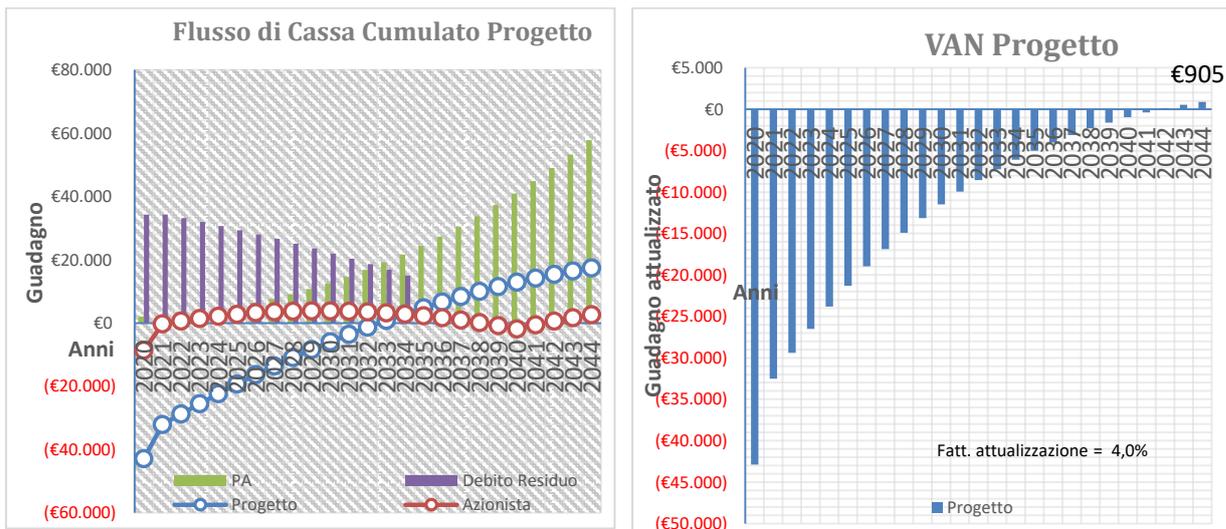
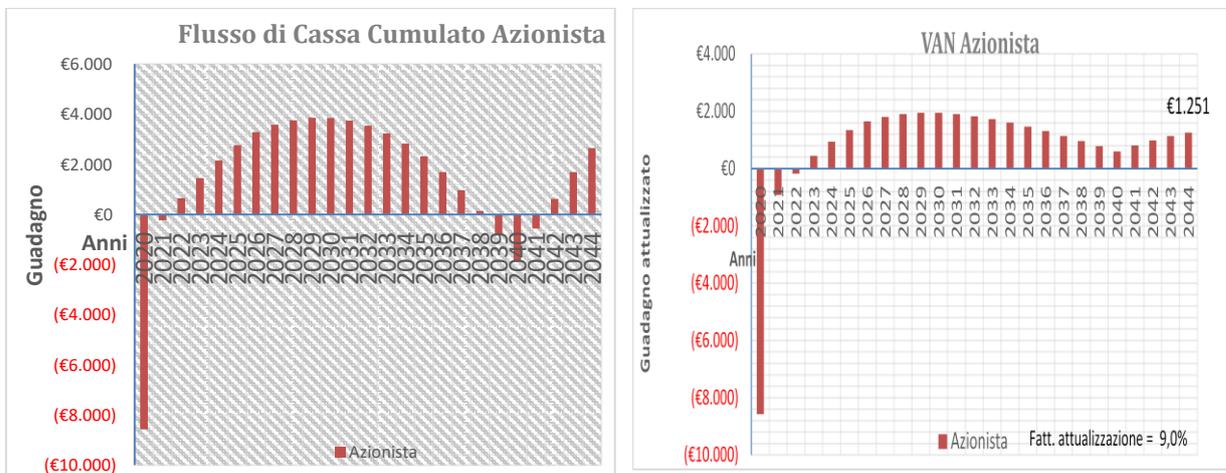
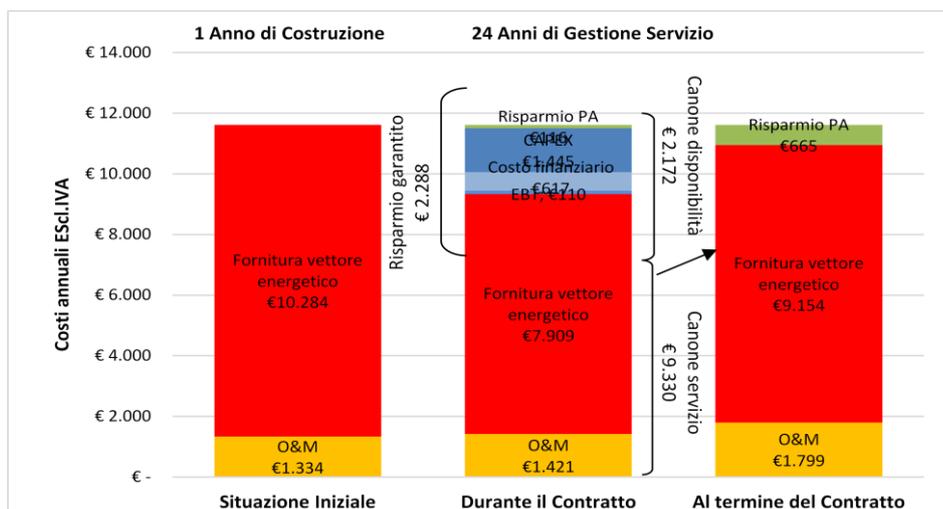


Figura 9.21 – SCN2: Flussi di cassa dell'azionista



Infine si è provveduto all'identificazione del possibile canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale con incentivi attraverso la partecipazione di ESCO secondo lo schema di EPC descritto in Figura 9.22.

Figura 9.22 – Scenario 2: Schema di Energy Performance Contract



10 CONCLUSIONI

10.1 RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA

Si veda l'allegato report di benchmark.

10.2 RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI

Sono stati individuati i seguenti scenari, che forniscono i maggiori vantaggi in termini di riduzione dei costi e consumi energetici, nei tempi di ritorno accettabili sopra descritti.

- **Scenario 1: INVOLUCRO E IMPIANTO:** Tale scenario consiste nella realizzazione degli interventi EEM1 realizzazione di cappotto interno, EEM2 installazione di scaldacqua a pompa di calore e EEM3 installazione di circolatori gemellari a giri variabili.
- **Scenario 2: IMPIANTI:** Tale scenario consiste nella realizzazione degli interventi EEM2 installazione di scaldacqua a pompa di calore, EEM3 installazione di circolatori gemellari a giri variabili, EEM4 installazione di valvole termostatiche sui terminali di emissione e EEM5 realizzazione di impianto fotovoltaico.

Risultati analisi SCN1 – INVOLUCRO E IMPIANTO

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM1: Trasmittanza termica	[W/m ² K]	2,094	0,222	89,4%
EEM2: Rendimento	[-]	0,7	5,53	-690,0%
EEM3: Potenza elettrica installata	[W]	1340	350	73,9%
Q _{teorico}	[kWh]	81.145	41.701	48,6%
EE _{teorico}	[kWh]	29.747	22.425	24,6%
Q _{baseline}	[kWh]	81.049	41.651	48,6%
EE _{Baseline}	[kWh]	29.710	22.397	24,6%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	16.372	8.414	48,6%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	13.875	10.459	24,6%
Emiss. CO2 Totale	[kgCO₂]	30.246	18.873	37,6%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	6.721	3.454	48,6%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	5.825	4.392	24,6%
Fornitura Energia, C_E	[€]	12.546	7.845	37,5%
Costo Manutenzione Ordinaria, C _{MO}	[€]	1.201	1.201	0,0%
Costo Manutenzione Straordinaria, C _{MS}	[€]	133	133	0,0%
Costo per O&M (C _M = C _{MO} + C _{MS})	[€]	1.334	1.334	0,0%
OPEX	[€]	13.881	9.180	33,9%
Classe energetica	[-]	F	D	+2 classi

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,079 [€/kWh] per il vettore termico e 0,222 [€/kWh] per il vettore elettrico.

Risultati analisi SCN2 – IMPIANTI

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM2: Rendimento	[-]	0,7	5,53	87,3%
EEM3: Potenza elettrica installata	[W]	1340	350	73,9%
EEM4: Rendimento di regolazione	[-]	83	99	16,2%
EEM5: Potenza installata	[kWp]	0	9,2	100,0%
Q _{teorico}	[kWh]	81.145	69.309	14,6%
EE _{teorico}	[kWh]	29.747	13.055	56,1%
Q _{baseline}	[kWh]	81.049	69.227	14,6%
EE _{Baseline}	[kWh]	29.710	13.039	56,1%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	16.372	13.984	14,6%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	13.875	6.089	56,1%
Emiss. CO2 Totale	[kgCO₂]	30.246	20.073	33,6%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	6.721	5.741	14,6%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	5.825	2.557	56,1%
Fornitura Energia, C_E	[€]	12.546	8.297	33,9%
Costo Manutenzione Ordinaria, C _{MO}	[€]	1.201	1.201	0,0%
Costo Manutenzione Straordinaria, C _{MS}	[€]	133	133	0,0%
Costo per O&M (C _M = C _{MO} + C _{MS})	[€]	1.334	1.334	0,0%
OPEX	[€]	13.881	9.632	30,6%
Classe energetica	[-]	F	D	+2 classi

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,079 [€/kWh] per il vettore termico e 0,222 [€/kWh] per il vettore elettrico.

Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria degli scenari ottimali, caso con incentivi

	CON INCENTIVI													
	%Δ _E [%]	%Δ _{CO2} [%]	ΔC _E [€/anno]	ΔC _{MO} [€/anno]	ΔC _{MS} [€/anno]	I ₀ [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]	DSCR	LLCR
SCN 1	73,2	37,6	4.701	-	-	58.018	2,65	3,07	30	3.415	34,53	5,89	1,203	0,64
SCN 2	70,7	33,6	4.249	-	-	41.635	1,48	3,28	15	1.251	21,56	3,01	1,076	0,736

10.3 CONCLUSIONI E COMMENTI

Dall'analisi effettuata, come riportato nella presente Diagnosi Energetica, emerge che è possibile conseguire un **miglioramento energetico in condizioni standard di due classi energetiche, ed in particolare per l'edificio in esame dalla F alla D** con lo SCENARIO 1.

In linea generale tutti gli interventi proposti mirano, oltre a rendere più efficiente il sistema involucro-impianto, a risolvere anche criticità dal punto di vista edilizio ed impiantistico.

Lo scenario più favorevole in termini economico-finanziari risulta essere quello che prevede l'efficientamento dell'involucro mediante l'inserimento di un cappotto interno e dell'impianto termico mediante la sostituzione del circolatore con un sistema ad inverter e l'installazione di uno scaldacqua a pompa di calore.

Per quanto concerne il risparmio di CO₂ equivalente si stima **una riduzione complessiva di 11.373 kg CO₂**.

In termini di energia primaria, nello scenario migliore dal punto di vista energetico sarebbe possibile risparmiare 59.136 kWh.

ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA

Titolo	Data	Nome file
Documentazione fornita dalla committenza	27/07/18	DE_Lotto .n5- E1146_rev D-ALLEGATO A_Documentazione fornita dalla committenza

ALLEGATO B – ELABORATI GRAFICI

Titolo	Data	Nome file
Elaborati grafici	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1146_rev D-ALLEGATO B_ Elaborati grafici DE_Lotto. n5 – E1146_rev D-ALLEGATO B_ Elaborati grafici diagramma a blocchi impianto elettrico DE_Lotto. n5 – E1146_rev D-ALLEGATO B_ Elaborati grafici posizione impianti e contatori DE_Lotto. n5 – E1146_rev D-ALLEGATO B_ Elaborati grafici schema CT DE_Lotto. n5-E1146_rev D_ ALLEGATO B_ Analisi fatture energia elettrica.xls DE_Lotto. n5-E1146_rev D_ ALLEGATO B_ Analisi fatture energia termica.xls DE_Lotto n.5-E1146_rev D-ALLEGATO B_Grafici_template.xls Kyotobaseline-E1146_rev10.xls

ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

Titolo	Data	Nome file
Report di indagine termografica	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1146_rev D-ALLEGATO C_Report termografico

ALLEGATO D – REPORT DI INDAGINE ENDOSCOPICO

Titolo	Data	Nome file
Report di indagine endoscopica	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1146_rev D-ALLEGATO D_Report endoscopico

ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI

Titolo	Data	Nome file
Relazione di dettaglio dei calcoli	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1146_rev D-ALLEGATO E_Relazione calcolo

ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

Titolo	Data	Nome file
Certificato CTI	14/03/18	DE_Lotto. n5 – E1146_rev A-ALLEGATO F_Certificato-CTI-termus-40

ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

Titolo	Data	Nome file
APE stato di fatto	05/06/18	DE_Lotto. n5 – E1146_rev C-ALLEGATO G_APE stato di fatto
APE stato di fatto (con firma digitale)	05/06/18	DE_Lotto. n5 – E1146_rev C-ALLEGATO G_APE stato di fatto.P7M
Ricevuta invio APE	05/06/18	DE_Lotto. n5 – E1146_rev C-ALLEGATO G_RICEVUTA_invio APE
APE stato di fatto (XML)	05/06/18	DE_Lotto. n5 – E1146_rev C-ALLEGATO G_APE stato di fatto.XML
APE stato di fatto (XML) con firma digitale	05/06/18	DE_Lotto. n5 – E1146_rev C-ALLEGATO G_APE stato di fatto.XML.P7M

ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

Titolo	Data	Nome file
APE scenario 1	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1146_rev D-ALLEGATO H_ APE scenario 1
APE scenario 2	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1146_rev D-ALLEGATO H_ APE scenario 2

ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

Titolo	Data	Nome file
Dati climatici	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1146_rev D-ALLEGATO I_ Dati climatici

ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

Titolo	Data	Nome file
Schede di audit	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1146_rev D-ALLEGATO J_ schede di audit

ALLEGATO K – SCHEDE ORE

Titolo	Data	Nome file
Schede ORE	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1146_rev D-ALLEGATO K_ schede ORE

ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI

Titolo	Data	Nome file
PEF scenari di intervento	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1146_rev D-ALLEGATO L_ PEF

ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

Titolo	Data	Nome file
Report di Benchmark	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1146_rev D-ALLEGATO M_ Report di Benchmark

ALLEGATO N – CD-ROM