

Asilo nido "ALICE"

E1236

VIA ISOCORTE 10A

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



Luglio/2018

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



COMUNE DI GENOVA

CASaA
architetti

Asilo nido “ALICE”

E1236

VIA ISOCORTE 10A

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			

INDICE

PAGINA

REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI	II
INDICE.....	III
1 INTRODUZIONE	1
1.1 PREMessa	1
1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA	1
1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO.....	1
1.4 IDENTIFICAZIONE DELL’EDIFICIO.....	2
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO	3
1.6 STRUTTURA DEL REPORT	6
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.....	8
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/ CLIMATIZZAZIONE INVERNALE.....	17
4.2.1 <i>Sottosistema di emissione</i>	17
4.2.2 <i>Sottosistema di regolazione</i>	18
4.2.3 <i>Sottosistema di distribuzione</i>	19
4.2.4 <i>Sottosistema di generazione</i>	21
4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA	23
4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE	24
4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE	25
5 CONSUMI RILEVATI	26
5.1 CONSUMI ENERGETICI STORICI PER CIASCUN VETTORE E CONNESSIONE ALLE RETI GAS NATURALE ED ELETTRICA.....	26
5.1.1 <i>Energia termica</i>	26
5.1.2 <i>Energia elettrica</i>	29
5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI	33
6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO.....	38
6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO	38

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.

6.1.1	Validazione del modello termico	39
6.1.2	Validazione del modello elettrico	40
6.2	FABBISOGNI ENERGETICI.....	41
6.3	PROFILI ENERGETICI MENSILI.....	42
7	ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO	44
7.1	COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI	44
7.1.1	Vettore termico.....	44
7.1.2	Vettore elettrico.....	47
7.2	TARIFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL’ANALISI.....	51
7.3	COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI.....	51
7.4	BASELINE DEI COSTI.....	52
8	IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA	54
8.1	DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI	54
8.1.1	Involucro edilizio	54
8.1.2	Impianto riscaldamento.....	58
8.1.3	Impianto produzione acqua calda sanitaria	64
8.1.4	Impianto di illuminazione ed impianto elettrico	64
9	VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA.....	65
9.1	ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	65
9.2	ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	67
9.3	IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D’INTERVENTO E SCENARI D’INVESTIMENTO.....	74
9.3.1	Scenario 1: INVOLUCRO E GENERATORE	77
9.3.2	Scenario 2: IMPIANTO TERMICO.....	84
10	CONCLUSIONI	91
10.1	RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA	91
10.2	RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI	91
10.3	CONCLUSIONI E COMMENTI.....	92
	ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA.....	A
	ALLEGATO B – ELABORATI GRAFICI	A
	ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA	A
	ALLEGATO D – REPORT DI INDAGINE ENDOSCOPICA.....	A
	ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI	A
	ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE	A
	ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA	A
	ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI.....	B
	ALLEGATO I – DATI CLIMATICI.....	B
	ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT.....	B
	ALLEGATO K – SCHEDE ORE.....	B
	ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI	B
	ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK.....	B
	ALLEGATO N – CD-ROM	B

EXECUTIVE SUMMARY

Caratteristiche dell'edificio oggetto della DE

Tabella 1.1 - Tabella riepilogativa dei dati dell'edificio

PARAMENTO	U.M.	VALORE
Anno di costruzione edificio		1952
Anno di ristrutturazione		1980 2010 (parziale cambio infissi)
Zona climatica		[D]
Destinazione d'uso		E.7 Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli
Superficie utile riscaldata	[m ²]	347
Superficie disperdente (S)	[m ²]	842
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	1.418
Rapporto S/V	[1/m]	0,593
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	347
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	12
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	359
Tipologia generatore riscaldamento		Generatore tradizionale
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	105
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	-
Tipo di combustibile		Gas naturale
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Generatore tradizionale
Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	14,226
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{tit} /anno]	44.616
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	3.279
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	11.165
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	2.614

Nota (1): Valori di Baseline

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

- EEM 1: Isolamento solaio sottotetto;
- EEM 2: Sostituzione infissi;
- EEM 3: Installazione generatore di calore a condensazione;
- EEM 4: Installazione circolatore inverter;
- EEM 5: Installazione valvole termostatiche.
- SCN1: IMPIANTO TERMICO (EEM3+4+5);
- SCN2: INVOLUCRO E GENERATORE (EEM1+2+3).

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

	CON INCENTIVI													
	%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
EEM 1	5,1	5,1	287	-	-	3.117	5,9	7,8	30	3.075	13,3	0,99	-	-
EEM 2	2,1	2,1	117	-	-	6.124	24,8	37,1	30	-1.205	1,0	-0,20	-	-
EEM 3	30,2	30,2	1.700	672	179	9.437	2,8	3,2	15	18.835	30,7	2,00	-	-
EEM 4	3,7	3,7	224	-	-	2.179	11,7	16,4	15	-239	2,5	-0,09	-	-
EEM 5	5,8	5,8	338	-	-	1.149	3,5	3,9	15	2.185	26,6	1,90	-	-
SCN 1	41,4	41,4	2.355	672	179	13.305	3,28	3,92	-	913	20,65	6,86	1,123	1,160
SCN 2	42,9	42,9	2.441	672	179	18.678	8,27	9,86	-	2.304	17,47	12,34	1,094	1,815

Figura 1.1 – Scenario 1: analisi finanziaria

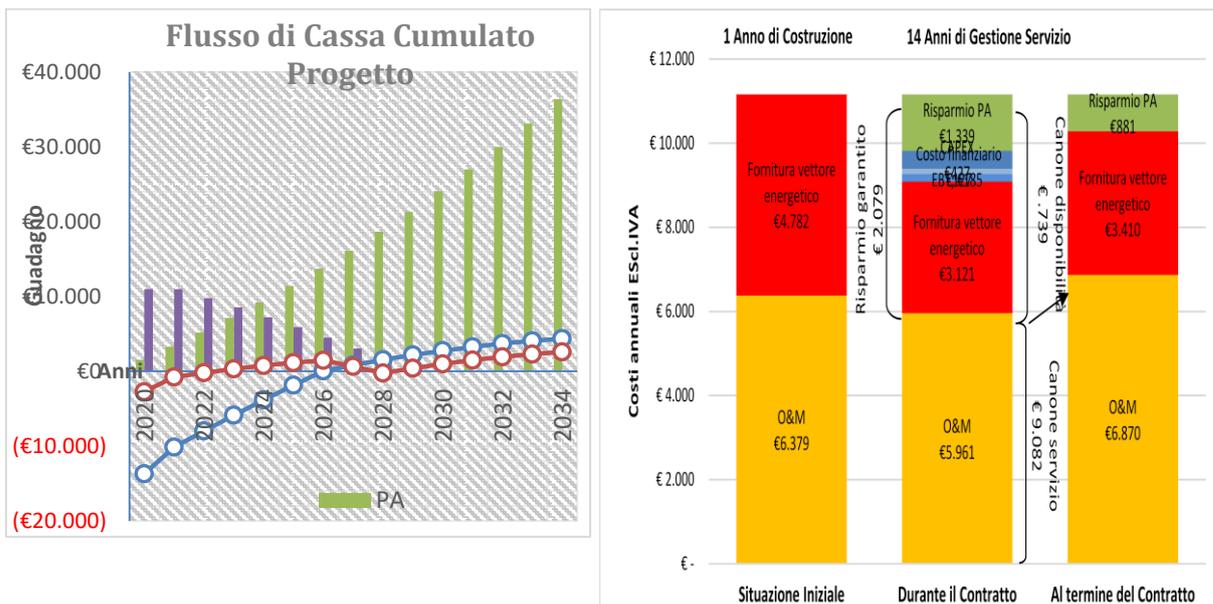
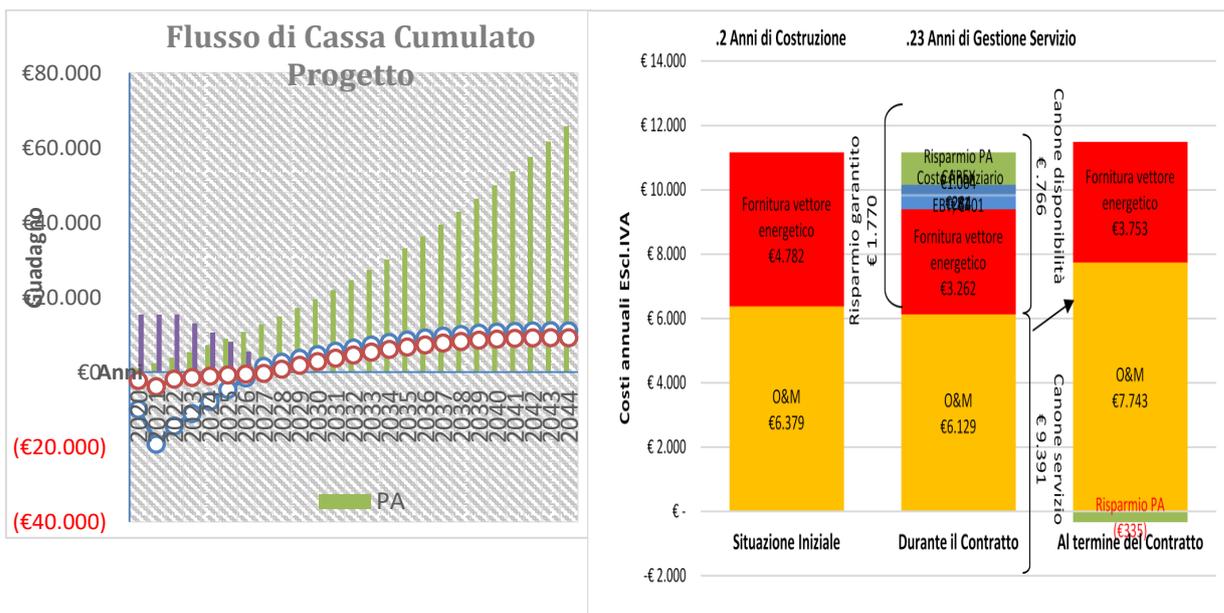


Figura 1.2 – Scenario 2: analisi finanziaria



Dall’analisi effettuata emerge che è possibile effettuare il miglioramento energetico in condizioni standard di almeno due classi energetiche da G a D attraverso gli scenari proposti e concernenti le specifiche tecniche riportate.

Gli interventi proposti mirano, oltre rendere più efficiente il sistema involucro-impianto, a risolvere anche criticità dal punto di vista edilizio ed impiantistico, con particolare riferimento alle gravi condizioni di obsolescenza del generatore ed altre parti dell’impianto termico.

Lo scenario più favorevole in termini economico-finanziari risulta essere quello che prevede l’efficientamento dell’impianto termico mediante la sostituzione del generatore, la realizzazione dell’isolamento del solaio sottotetto e la sostituzione degli infissi. Infatti, come avviene tipicamente, anche in questo caso la sostituzione del generatore a gas metano esistente, con nuovo sistema a condensazione risulta essere la EEM che presenta una maggiore convenienza economica.

Per quanto concerne il risparmio di CO2 equivalente si stima un riduzione complessiva di 5.371 kg CO2.

In termini di energia primaria, nello scenario migliore dal punto di vista energetico sarebbe possibile risparmiare 27.801 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.

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)**.

Scopo della DE è quindi la definizione di due scenari ottimali a partire dalla combinazione delle singole EEM proposte al fine di conseguire un miglioramento del parametro di efficienza energetica dell'edificio superiore a due classi e tempi di ritorno inferiori uguale rispettivamente a 25 o a 15 anni.

1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO

La presente DE è stata eseguita CASa Associati, il cui responsabile per il processo di audit è l'arch. Carmela Palmieri, soggetto certificato Esperto in Gestione dell'Energia (EGE) ai sensi della norma UNI CEI 11339.

Figura 1.1 - Vista della facciata con l'ingresso e parte della loggia laterale



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

Tabella 1.1 – Soggetti coinvolti nella realizzazione del processo di Audit

NOME E COGNOME	RUOLO	ATTIVITÀ SVOLTA
Carmela Palmieri Marco Santomauro Fabio Armillotta Pierluigi Fecondo Andrea Ciarcelluti Gregorio Cocciarficco		Sopralluogo in sito
Andrea Ciarcelluti Gregorio Cocciarficco		Elaborazione dei dati relativi ai consumi energetici
Roberta Campanella		Elaborazione dei dati geometrici ed alla creazione del modello energetico
Fabio Armillotta		Prove strumentali: Termografie ed endoscopie
Marco Santomauro	Responsabile involucro	Revisione report di diagnosi energetica
Pierluigi Fecondo	Responsabile impianti	Revisione report di diagnosi energetica
Carmela Palmieri	EGE	Approvazione report di diagnosi energetica

1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO

L'immobile oggetto della DE, catastalmente individuato al NCEU F. 4 Mapp. 608, è sito nel Comune di Genova e più precisamente a Pontedecimo, un quartiere genovese della val Polcevera, posto al limite settentrionale del territorio comunale, alla confluenza dei torrenti Verde e Riccò, convenzionalmente considerata l'inizio del torrente Polcevera.

L'edificio, una volta casa privata, dal 1979-80 è di proprietà del Comune di Genova ed è attualmente adibito a scuola primaria.

Figura 1.2 – Ubicazione dell'edificio



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

Tabella 1.2 - Tabella riepilogativa dei dati dell'edificio

PARAMENTO	U.M.	VALORE
Anno di costruzione edificio		1952
Anno di ristrutturazione		1980 2010 (parziale cambio infissi)
Zona climatica		[D]
Destinazione d'uso		E.7 Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli
Superficie utile riscaldata	[m ²]	347
Superficie disperdente (S)	[m ²]	842
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	1.418
Rapporto S/V	[1/m]	0,593
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	347
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	12

Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	359
Tipologia generatore riscaldamento		Generatore tradizionale
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	105
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	-
Tipo di combustibile		Gas naturale
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Generatore tradizionale
Emissioni CO ₂ di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	14,226
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{net} /anno]	44.616
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	3.279
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	11.165
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	2.614

Nota (1): Valori di Baseline

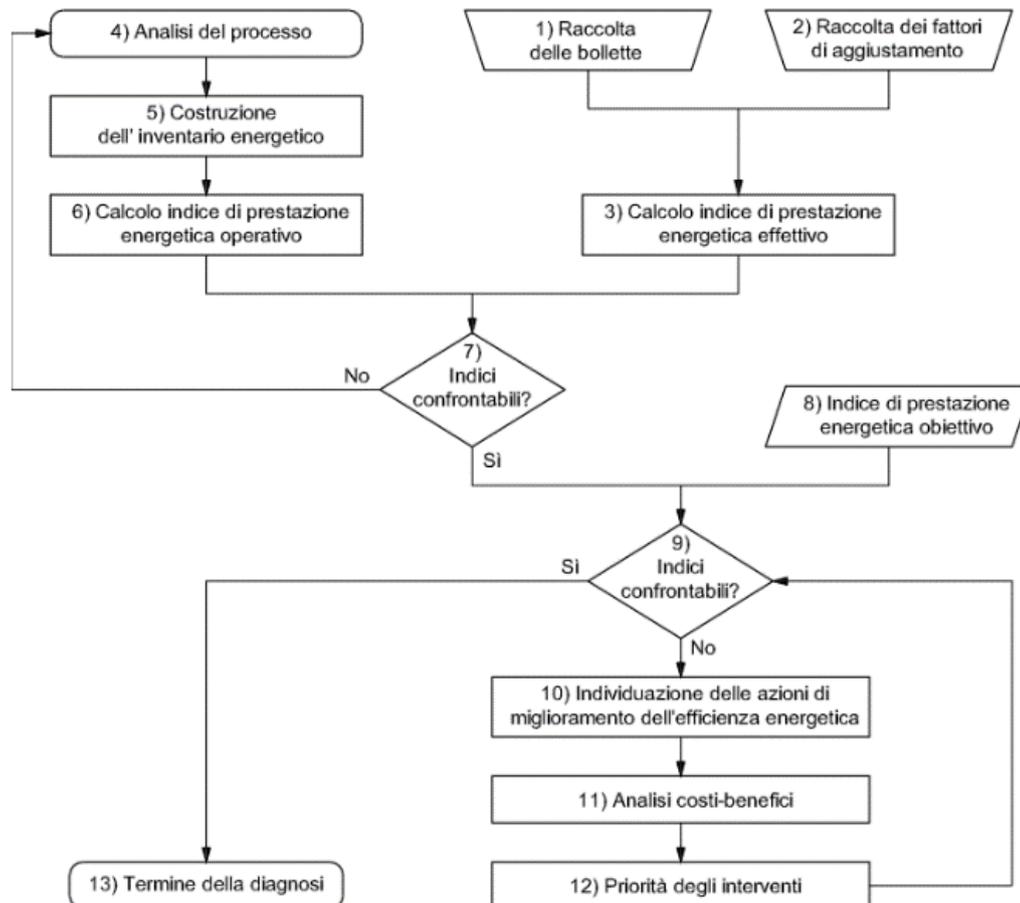
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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 05/12/2017 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;
- Analisi dei profili annuali di consumi e costi dei servizi energetici reali dell'edificio, comprensivi della fornitura dei vettori energetici sia elettrici che di gas e degli oneri di O&M, relativamente alle annualità 2014-2015-2016;
- Analisi dei dati climatici reali del sito ove è ubicato l'edificio con conseguente calcolo dei Gradi Giorno reali (GG_{real}), utilizzando le temperature esterne rilevate dalla stazione meteo dell'Università di Genova e riportati all'Allegato I – Dati Climatici;
- Individuazione della “baseline termica” di riferimento (e relative emissioni di CO₂) tramite opportuna ripartizione del consumo di combustibile tra le varie utenze a servizio dell'edificio e stagionalizzazione dello stesso, utilizzando i relativi GG reali (GG_{real}), e conseguente normalizzazione secondo i GG di riferimento (GG_{rif});
- Individuazione della “baseline elettrica” di riferimento (e relative emissioni di CO₂) calcolata sulla media aritmetica dei valori relativi ai consumi elettrici reali per tre le annualità 2014, 2015, 2016;
- Validazione del modello elaborato mediante il confronto con le baseline energetiche, al fine di ottenere uno scostamento inferiore al 5%;

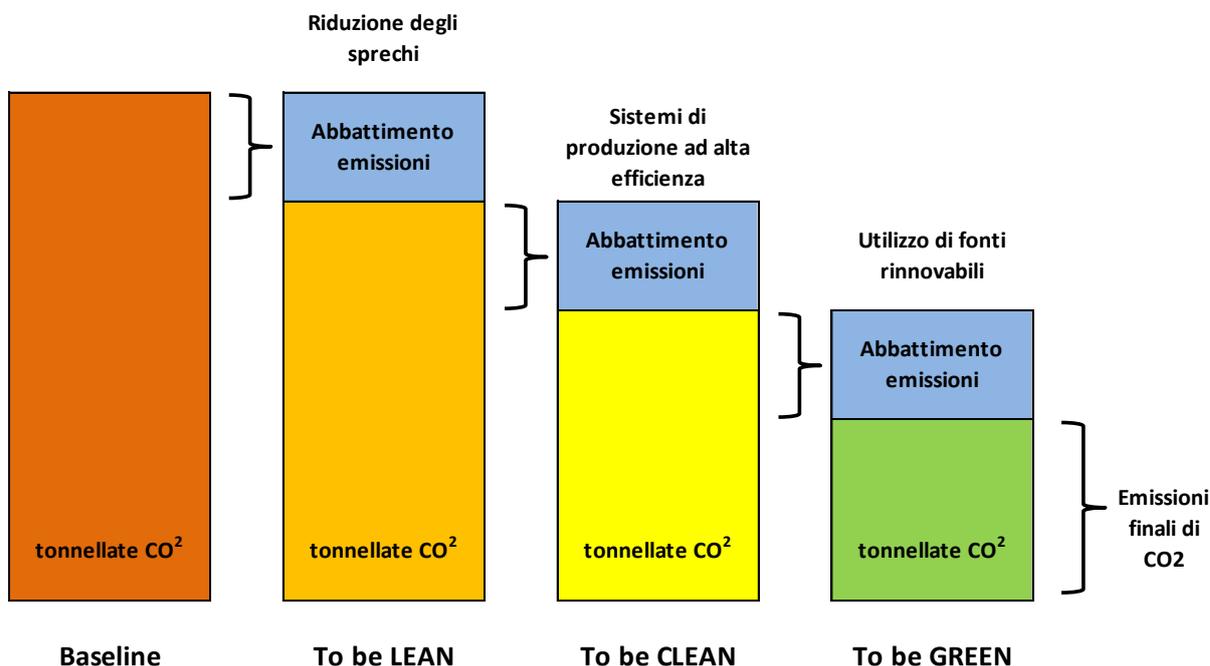
- l) Analisi delle possibili EEM necessarie per la riqualificazione energetica del sistema edificio-impianto analizzando gli aspetti tecnici, energetici, ed ambientali.
- m) Simulazione del comportamento energetico dell'edificio a seguito dell'attuazione delle varie EEM proposte singolarmente, ed individuazione 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 energetica primario.

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

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

- TRS (Tempo di rientro semplice);
- TRA (Tempo di rientro attualizzato);

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

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

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

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

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

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

1.6 STRUTTURA DEL REPORT

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

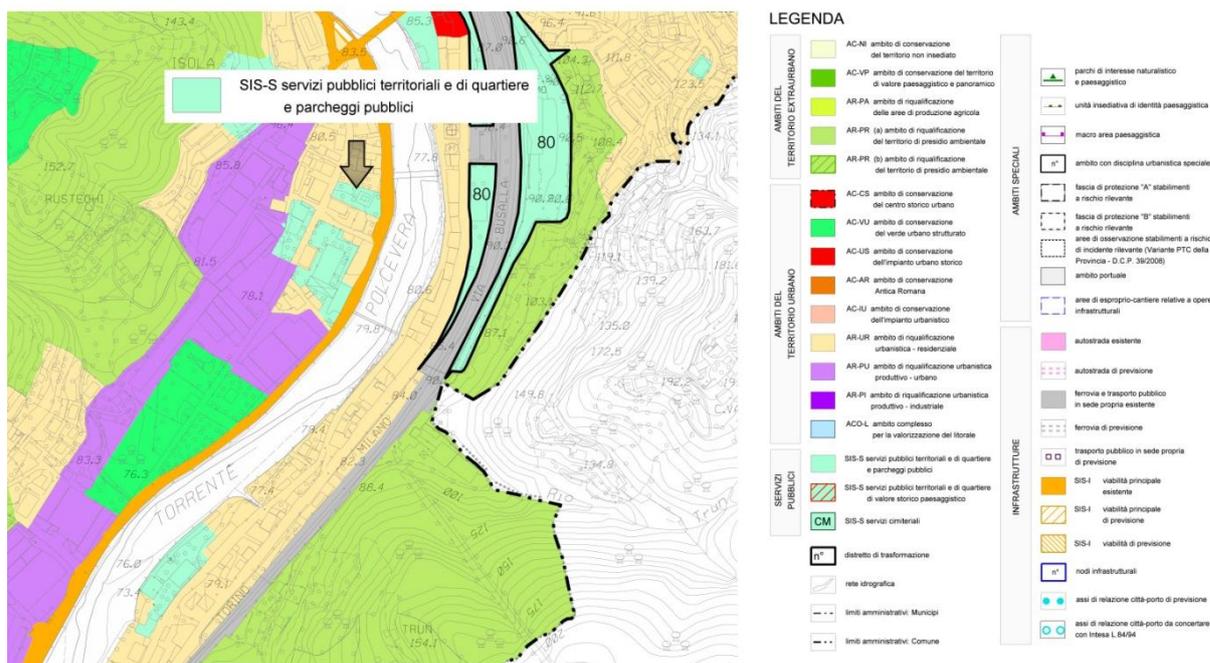
- Una prima parte nella quale sono descritti lo scopo ed i confini della DE e le metodologie di analisi adottate;
- Una seconda parte in cui sono riportate le informazioni dell'edificio rilevate in sede di sopralluogo e le valutazioni effettuate al fine di identificare le caratteristiche tecniche dei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

2 DATI DELL'EDIFICIO

2.1 INFORMAZIONI SUL SITO

Lo strumento urbanistico vigente, il P.U.C approvato con DD n° 2015/118.0.0./18 con entrata in vigore il 3/12/2015 (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 in cui è ubicato il nido d'infanzia “Alice” è ubicato a Pontedecimo in una zona centrale facilmente raggiungibile sia dai mezzi pubblici che privati.

È un edificio del 1952 circa, che nasce come abitazione privata e viene trasformato in nido tra il 1979 e il 1980. Dopo una ristrutturazione generale in occasione della trasformazione in scuola, nel tempo l'edificio è stato oggetto solo di piccoli interventi sporadici in seguito a guasti o rotture di componenti. Nel 2010 circa è stato realizzato un parziale cambio infissi, dando priorità alle aule didattiche.

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, ogni anno, è frequentata da circa 34 bambini, suddivisi in due sezioni (sezione piccoli 7 lattanti e sezione grandi 27 bambini), oltre a 8 maestre, 3 collaboratrici e due cuoche. Pertanto, oltre

alla riduzione di emissioni climalteranti e alle finalità di sensibilizzazione sulle tematiche ambientali, è importante evidenziare come 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 primaria oggetto della DE, è disposto su due piani: al primo ci sono l'ingresso, due aule didattiche (sezione 'grandi' e sezione 'piccoli'), una stanza riposo, un'aula musica, un ufficio, i servizi igienici e la zona fasciatoio; al piano terra ci sono l'ingresso per il personale, un'aula pittura, un'aula multifunzione, una cucina con dispensa, una lavanderia, un magazzino e i servizi igienici.

La Scuola è dotata di un ampio giardino con alberi e verde naturale. Al piano primo dalle aule didattiche si accede ad una loggia. Sul lato sinistro dell'edificio, guardando l'ingresso principale, è localizzato il locale caldaia con ingresso indipendente.

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.

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



Tabella 2.1 - Suddivisione in piani dell'edificio

PIANO	UTILIZZO	U.M.	SUPERFICIE LORDA COMPLESSIVA ⁽²⁾	SUPERFICIE UTILE RISCALDATA ⁽³⁾	SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA ⁽³⁾
Terra	Ingresso, aule didattiche, stanza riposo, sala musica, ufficio, fasciatoio e servizi igienici	[m ²]	190	181	-
Primo	Ingresso personale, aula pittura, aula multifunzione, lavanderia, magazzino, cucina, dispensa e servizi igienici	[m ²]	169	166	-
TOTALE		[m ²]	359	347	-

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, il territorio di Pontedecimo, comune autonomo fino al 1926, quando insieme ad altri diciotto comuni del genovesato fu inglobato nel comune di Genova, per costituire la cosiddetta Grande Genova, nella ripartizione amministrativa del comune fu dapprima una "delegazione" e poi una "circostrizione", comprendente anche un altro ex comune autonomo, San Quirico. Nella nuova ripartizione in vigore dal 2005 è una "unità urbanistica" del Municipio V Valpolcevera. Il borgo antico di Pontedecimo fu uno dei primi insediamenti nel fondovalle del Polcevera. Nel secondo dopoguerra l'espansione edilizia conseguente all'aumento di popolazione ha finito per occupare quasi tutti gli spazi verdi intorno al primitivo borgo; Pontedecimo si è ingrandito nella valle del torrente Verde, arrivando a formare un'unica conurbazione con il vicino centro di

Campomorone, nella valle del torrente Riccò fino alla località Rimessa, al confine con il comune di Mignanego ed in parte anche sul versante collinare di San Cipriano.

L’edificio degli anni 50, ospitante il nido d’infanzia “Alice”, appartiene alla storia recente di Pontedecimo e 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.

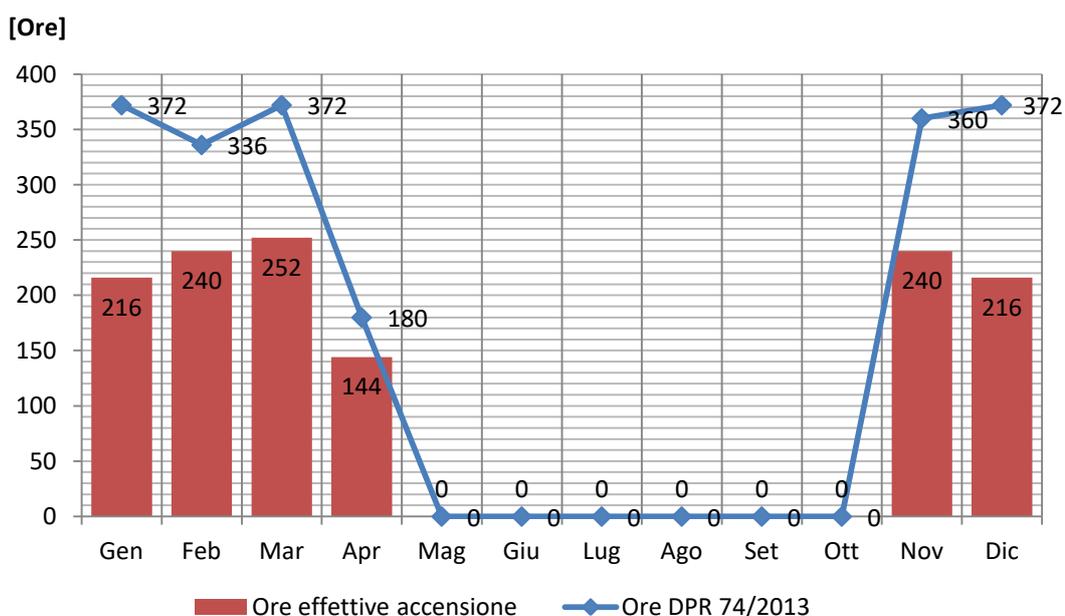
Gli orari di effettivo utilizzo dell’edificio sono stati ricavati tramite intervista al personale didattico e di servizio così come i periodi di attivazione e spegnimento degli impianti.

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

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

PERIODO	GIORNI SETTIMENALI	ORARIO FUNZIONAMENTO EDIFICIO	ORARIO FUNZIONAMENTO IMPIANTO
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., i GG sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 1161 GG su 109 giorni effettivi di utilizzo dell'impianto di riscaldamento.

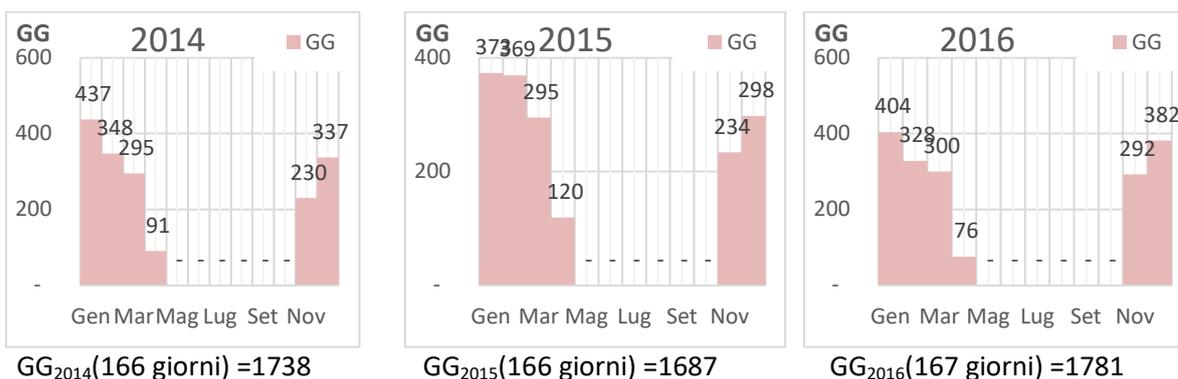
Tali GG sono valutati come la sommatoria estesa ai soli giorni di effettivo utilizzo degli impianti di riscaldamento nel periodo annuale di riscaldamento compreso tra il 1 Novembre e il 15 Aprile, delle sole differenze positive giornaliere tra la temperatura interna di 20°C e quella esterna giornaliera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

I GG così calcolati definiscono i GG_{rif} ai fini del processo di normalizzazione di cui al capitolo 5.1.1.

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%

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

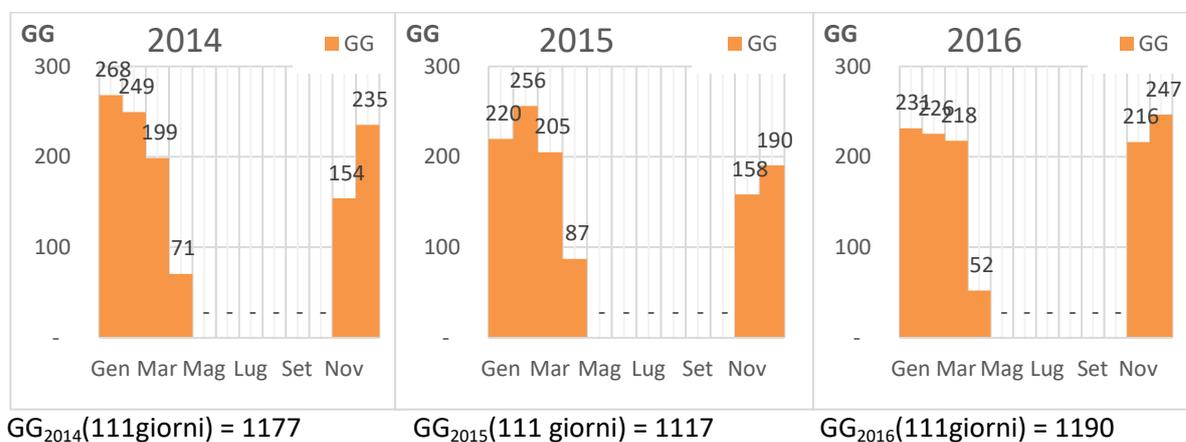


Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2., i GG reali sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore medio per le tre stagioni termiche analizzate di 1161 GG calcolati su 111 giorni effettivi di utilizzo dell'impianto di riscaldamento.

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

I GG così calcolati definiscono i GG_{real} ai fini del processo di normalizzazione di cui al capitolo 5.1.1.

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



Come si può notare dai grafici sopra riportati, l'andamento dei GG 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 a cassetta con spessore da 44 cm complessivi, realizzata con mattoni semipieni e intercapedine d’aria non isolata. La muratura è intonacata su entrambi i lati ed è uguale su tutti i fronti dell’edificio. Le pareti a confine con il locale non riscaldato della centrale termica presentano uno spessore ridotto a 26 cm. Anche nelle zone sottofinestra la muratura presenta una riduzione dello spessore (36 cm) per l’inserimento dei corpi scaldanti.

La struttura è a telaio in cemento armato. I pilastri all’esterno sono ricoperti da mattoni semipieni. I solai sono realizzati con putrelle e tavole in laterizio senza isolamento. Il solaio di copertura, al di sopra del solaio di plafone ha una struttura a padiglione con manto in metallo.

Figura 4.1 - Particolare della muratura esterna



Figura 4.2 - Particolare della facciata a sud

Questa soluzione realizzativa presenta le problematiche classiche delle strutture a telaio non isolate, con elevate dispersioni in corrispondenza dei ponti termici dell’edificio.



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 della struttura;
- Dispersioni dell’involucro edilizio in corrispondenza delle zone sottofinestra.

Figura 4.3 – Rilievo termografico della parete interna al vano scala a nord-est



I dettagli delle indagini diagnostiche effettuate sono riportate all’Allegato C – Report di 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 [cm]	ISOLAMENTO	TRASMITTANZA TERMICA [W/m ² K]	STATO DI CONSERVAZIONE
Solaio interpiano	SL01	[22,5]	[assente]	[1,70]	[Buono]
Solaio di plafone	SL03	[18,5]	[assente]	[1,88]	[Buono]
Solaio terrazzo	SL05	[22,9]	[assente]	[1,83]	[discreto]
Solaio controterra	SL013	[35]	[assente]	[2,02]	[discreto]
Parete esterna verticale	[MR01]	[44]	[assente]	[1,40]	[discreto]
Parete ingresso verso zona non riscaldata	[MR03]	[11]	[assente]	[1,99]	[discreto]
Parete verso zona non riscaldata centrale termica	[MR010]	[26]	[assente]	[1,26]	[discreto]

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.

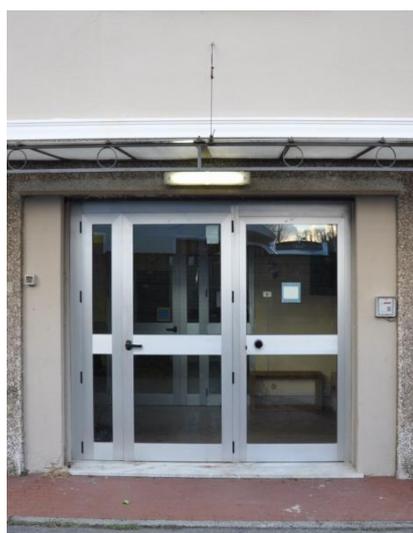
4.1.2 Involucro trasparente

L’involucro trasparente che costituisce l’edificio è composto sostanzialmente da due tipologie di serramenti: in legno a vetro singolo con cassonetto in legno non isolato e tapparella in legno e in PVC con vetrocamera da 12 mm circa con cassonetto in PVC non isolato e tapparella in PVC. Al piano terra nel locale magazzino/lavanderia sono presenti dei vecchi infissi in ferro e in corrispondenza degli ingressi al piano terra e primo sono stati inseriti degli infissi in alluminio non a taglio termico con vetro singolo e maniglioni antipanico. Al piano primo l’infisso in alluminio è posto in posizione arretrata rispetto al

Figura 4.4 - Particolare dei serramenti



portone in legno. La tipologia di serramento più ricorrente su tutti i fronti e quella a due ante. Tutti i serramenti in legno presentano notevoli problematiche di tenuta all’aria e all’acqua, oltre che elevate dispersioni termiche.



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 primo



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 fisso PT	WN01	2.00x0.90	ferro	Vetro singolo	6,24	peissimo
Serramento a due ante	WN05	[1.30x1.70]	legno	Vetro singolo	4,63	peissimo
Serramento a un’anta	WN15	[0.60x0.40]	legno	Vetro singolo	3,54	peissimo
Serramento a un’anta	WN11	[0.90x2.50]	PVC	Vetrocamera	2,68	buono
Serramento a due ante	WN07	[1.30x1.70]	PVC	Vetrocamera	2,78	buono
Serramento a tre ante	WN10	[1.80x1.60]	PVC	Vetrocamera	2,78	buono
Serramento ingresso	WN02	[2.24x3.40]	alluminio	Vetro singolo	5,68	discreto

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

4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/CLIMATIZZAZIONE INVERNALE

L’impianto di riscaldamento degli ambienti è costituito da un impianto con fluido termovettore acqua, con presenza di un generatore di calore a basamento alimentato a gas metano, un gruppo di circolazione costituito da due pompe gemellari a giri fissi installate in parallelo, un collettore di mandata, un collettore di ritorno. Il sistema di emissione è costituito da radiatori e da un aerotermo installato a parete.

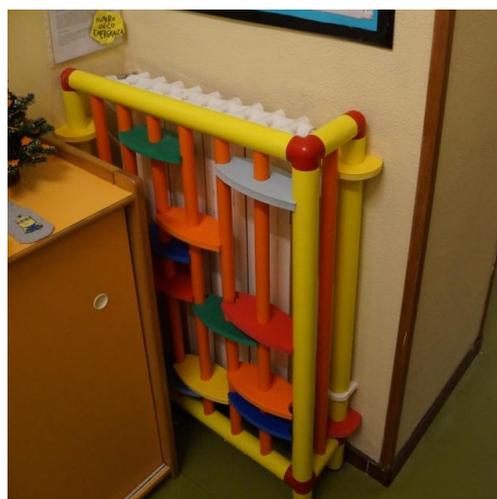
4.2.1 Sottosistema di emissione

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 di un radiatore installato in 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
Asilo nido Alice	Radiatore su parete esterna non isolata	90%
Asilo nido Alice	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	POTENZA	POTENZA	POTENZA
			TERMICA	TERMICA	FRIGORIFERA	FRIGORIFERA
			UNITARIA	COMPLESSIVA	UNITARIA	COMPLESSIVA
			[kW]	[kW]	[kW]	[kW]
Terra	Su parete esterna non isolata	1	3,61	3,61	-	-
	Su parete esterna non isolata	1	1,63	1,63	-	-
	Su parete esterna non isolata	1	4,21	4,21	-	-
	Su parete interna	1	3,61	3,61	-	-
	Su parete interna	1	1,63	1,63	-	-
	Su parete interna	1	1,96	1,96	-	-
	Su parete interna	1	2,45	2,45	-	-
	Su parete interna	2	1,31	2,62	-	-
Primo	Su parete esterna non isolata	1	3,07	3,07	-	-
	Su parete esterna non isolata	2	3,26	6,52	-	-
	Su parete esterna non isolata	3	2,29	6,87	-	-
	Su parete esterna non isolata	1	2,45	2,45	-	-
	Su parete esterna non isolata	4	2,61	10,44	-	-
	Su parete interna	2	1,63	3,26	-	-
TOTALE		22	-	54,33	-	-

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 pari a 25,0°C, in base a quanto rilevato in sede di sopralluogo nella Scuola Vespertina. Si sottolinea che al momento del sopralluogo i radiatori della Scuola Media non erano in esercizio.

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.

Figura 4. 7 - Particolare della centralina di controllo in CT

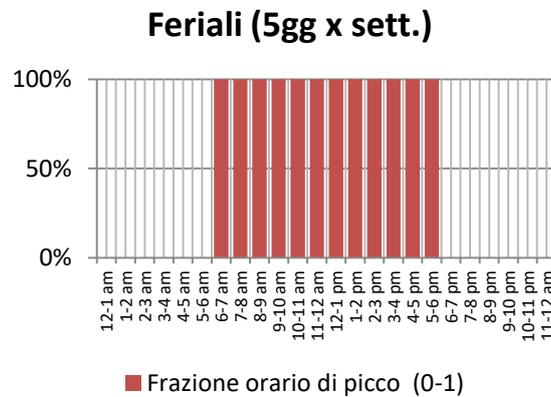


Figura 4.8 – Particolare dei regolatori climatici in CT



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 Asilo nido



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
Asilo nido	Climatica centralizzata on/off	86%

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 ed i due collettori mandata e ritorno (fluido termovettore acqua).
- 2) Circuito secondario di collegamento ai radiatori distribuiti sui due piani dell’edificio.

- 1) **Circuito primario:** non sono presenti circolatori dedicati.

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

Tabella 4.6 – Temperature di mandata e ritorno del circuito primario

CIRCUITO		TEMPERATURA RILEVATA	TEMPERATURA CALCOLO
		°C	°C
Riscaldamento	Mandata	Caldo	45,00 (2)
	Ritorno	Caldo	n.d.

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 per il collettore di mandata.
 Le caratteristiche dei circolatori a servizio dei circuiti secondari sono riportate nella Tabella 4.7.

Tabella 4.7 - Riepilogo caratteristiche pompe circuito secondario

	NOME	SERVIZIO	PORTATA m ³ /h	PREVALENZA kPa	POTENZA ASSORBITA kW
Circuito riscaldamento	P1 (Circolatore gemellare a giri fissi)	mandata acqua calda	n.d.	n.d.	0,120 (1)
Circuito riscaldamento	P2 (Circolatore gemellare a giri fissi)	mandata acqua calda	n.d.	n.d.	0,250 (1)
Circuito ACS	P3	ACS	n.d.	n.d.	0,115 (1)
TOTALE			n.d.	n.d.	0,485 (1)

Nota (1): Valori ricavati da dati di targa

Le temperature del fluido termovettore all'interno del circuito secondario sono riportate nella Tabella 4.8.

Tabella 4.8 – Temperature di mandata e ritorno del circuito secondario

CIRCUITO			TEMPERATURA RILEVATA °C	TEMPERATURA CALCOLO °C
Asilo nido	Mandata	Caldo	45,00 (2)	80 (1)
	Ritorno	Caldo	45,00 (2)	70 (1)

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

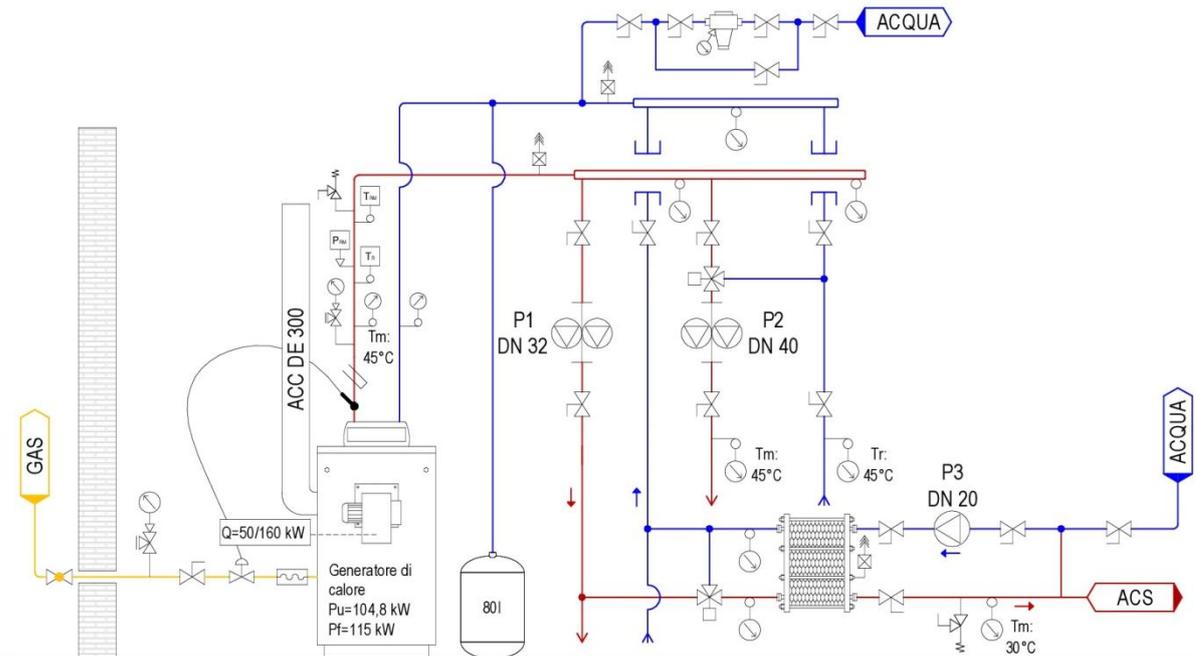
Nota (2): Valori ricavati in sede di sopralluogo.

Per quanto riguarda le temperature del fluido termovettore caldo si sono rilevate temperature notevolmente più basse rispetto ai valori considerati nel modello di calcolo e quelli rilevati in sede di sopralluogo.

Di conseguenza, anche relativamente al comportamento del fluido termovettore freddo, si sono registrati valori di temperatura più bassi rispetto a quelli considerati nel modello di calcolo.

Tale differenza può essere dovuta al fatto che la temperatura di mandata impostata sul generatore sia più bassa.

Figura 4.100 - Particolare dello schema di impianto



Al fine di rilevare le temperature sui 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 99.0%.

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 in acciaio con potenza termica utile pari a 104,8 kW di produzione Riello modello 3600 90 BTS costruito nel 1998 e bruciatore alimentato a gas con potenza min-Max pari a 50-160 kW di produzione Baltur modello BTG 15P.

Figura 4.11 - Generatore di calore



Figura 4.112 - Particolare del generatore di calore



Le caratteristiche dei sistemi di generazione sono riportate nella Tabella 4.9.

Tabella 4.9 - Riepilogo caratteristiche caldaia e bruciatore.

	Servizio	MARCA	MODELLO	ANNO DI COSTRUZIONE	POTENZA AL FOCOLARE [kW]	POTENZA TERMICA UTILE [kW]	RENDIMENTO	POTENZA ASSORBITA COMPLESSIVA [kW]
Gen 1	Riscaldamento	Riello	3600 90 BTS	1998	115,0 (1)	104,8 (1)	91.1% (3)	0.15 (2)
Bru 1	Riscaldamento	Baltur	BTG 15P	n.d.	-	160 (1)	-	0.36 (1)

Nota (1): Valore ricavato da dati di targa;

Nota (2): Valore desunto da scheda tecnica di generatore di simili caratteristiche;

Nota (3): Valore calcolato sulla base dei dati di targa.

Il rendimento complessivo del sottosistema di generazione, in regime di riscaldamento è stato assunto nella DE pari al 84%.

Dal libretto di centrale, nella sezione relativa alle prove fumi, sono stati rilevati e confrontati i rendimenti di combustione dei generatori installati. Il valore del rendimento di combustione alla data del 29/11/2017 è pari a 90,6%.

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

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 [e/o 6.2] dell'Allegato J – Schede di Audit.

4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA

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

La produzione è eseguita tramite il medesimo generatore deputato al riscaldamento collegato ad uno scambiatore di calore.

La produzione di ACS della cucina è realizzata attraverso una caldaia murale a gas di Marca Rinnai, mod. Infinity 16.

Figura 4.13 - Particolare del generatore di calore



Figura 4.14 - Particolare dello scambiatore di calore



Figura 4.15 - Particolare della caldaia murale per produzione di ACS in cucina



I rendimenti caratteristici dei sottosistemi dell'impianto di produzione acqua calda sanitaria sono riportati nella Tabella 4.1010.

Tabella 4.10 – 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)	n.d.	n.d.	41% (1)	17% (1)

Nota (1) Valori ricavati dal modello di calcolo.

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

4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO 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 4.11.

Tabella 4.11 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA NOMINALE [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]	ORE ANNUE DI UTILIZZO [ore]
Asilo Nido	Forno microonde	1	1.000	1.000	250
	Lavatrice	2	5.500	11.000	200
	Asciugatrice	1	3.200	3.200	100
	Frigorifero	1	380	380	5.520
	Congelatore a pozzetto	1	1.500	1.500	250
	Lavastoviglie	1	1.500	1.500	200
	Cappa	1	300	300	200
	PC	1	220	220	400
	Stampante	1	80	80	400

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

4.5 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:

- Lampade a neon installate a soffitto nelle aule, nella lavanderia e nei servizi;
- Lampade a neon installate a parete nelle aule e nei corridoi.

Figura 4.16 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nel magazzino al piano terra



L’elenco e le caratteristiche dei corpi illuminanti sono riportate nella Tabella 4.1212.

Tabella 4.12 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA UNITARIA [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]
Asilo Nido	Tubolare	24	18 (1x18)	432
	Tubolare	12	36 (1x36)	432
	Tubolare	4	72 (2x36)	288
	Tubolare	20	58 (1x58)	2.900
	Tubolare	2	116 (2x58)	232

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 nel corridoio al piano primo



Figura 4.18 - Particolare del corpo illuminante ubicato nel bagno



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;
- Gasolio;
- Energia elettrica.

5.1.1 Energia termica

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

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

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

TIPO COMBUSTIBILE	PCI [kWh/kg]	DENSITÀ [kWh/Sm ³]	PCI [kWh/Nm ³]	FATTORE DI CONVERSIONE [Sm ³ /Nm ³]	PCI [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 un contatore il quale risultato a servizio dei seguenti utilizzi:

- Centrale termica per il riscaldamento degli ambienti dell'asilo nido e la produzione di ACS;
- Caldaia per la produzione di acqua calda sanitaria a servizio della mensa scolastica;
- Usi 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 dei 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 [litri/Sm ³]	2015 [Sm ³]	2016 [Sm ³]	2014 [kWh]	2015 [kWh]	2016 [kWh]
16220050599731	Riscaldamento, produzione di ACS	810	3.241	1.754	68.168	30.527	16.524
3270021615241	Produzione di ACS e Uso cottura	587	656	390	5.529	6.177	3.673

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

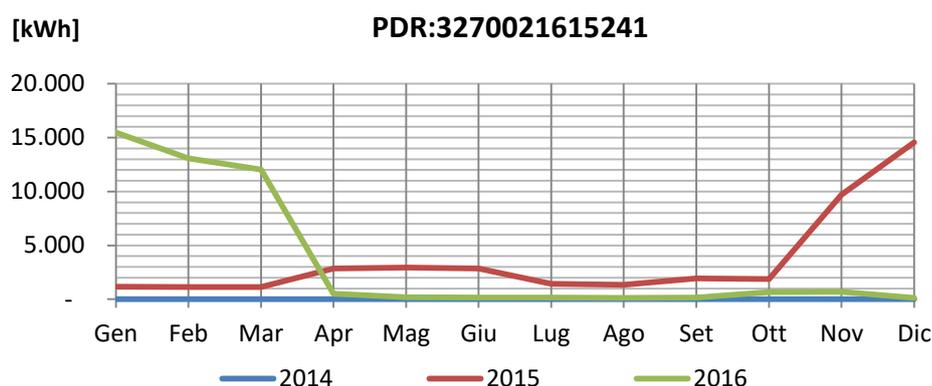
I consumi fatturati dalla società di fornitura sono riportati nella Tabella 5.3.

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

PDR: 03270021615241	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Mese	[Sm ³]	[Sm ³]	[Sm ³]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	-	124	1 643	-	1 168	15 477
Febbraio	-	121	1 389	-	1 140	13 084
Marzo	-	120	1 279	-	1 130	12 048
Aprile	-	303	55	-	2 854	518
Maggio	-	312	19	-	2 939	179
Giugno	-	303	17	-	2 854	160
Luglio	-	153	16	-	1 441	151
Agosto	-	143	15	-	1 347	141
Settembre	-	207	17	-	1 950	160
Ottobre	-	201	69	-	1 893	650
Novembre	-	1 029	75	-	9 693	707
Dicembre	-	1 544	15	-	14 544	141
Totale	-	4 560	4 609	-	42 955	43 417

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

Figura 5.1 – Andamento mensile dei consumi termici fatturati



Si nota che per l'anno 2014 le bollette non sono disponibili mentre per l'anno 2015 da Aprile a Dicembre tutti i consumi sono stimati e non è stata identificata una fattura a conguaglio che permettesse una ricostruzione più vicina alla realtà. La stessa cosa si è verificato nel 2016 per i mesi di Gennaio, febbraio e Dicembre.

In generale si può notare una notevolissima contrazione dei consumi.

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.

Tale consumo è stato valutato scorporando il contributo per la produzione di acqua calda sanitaria, valutato considerando il modello termico realizzato (stimato pari a circa l'8%) ed altri contributi dovuti agli usi di cottura della mensa, calcolati considerando i prelievi dal contatore dedicato.

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

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

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

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

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

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

Tabella 5.4 – Normalizzazione dei consumi annuali di energia termica

ANNO	GG _{REAL} SU 109 GIORNI	GG _{RIF} SU 109 GIORNI	CONSUMO REALE RISC. [Smc]	CONSUMO REALE RISC. [kWh]	α_{rif}	CONSUMO NORMALIZZATO A 919 GG [kWh]	CONSUMO ACS [kWh]	CONSUMO ALTRO [kWh]
2014	1.177	919	6.658	62.736	53,3	49.027	5.454	5.530
2015	1.117	919	2.982	28.098	25,2	23.132	2.442	6.180
2016	1.190	919	1.614	15.208	12,8	11.749	1.322	3.674
Media	1.161	919	3.751	35.348	30,4	27.989	3.073	5.128

Come si può notare dai dati riportati il comportamento energetico dell'edificio, negli anni considerati, è stato caratterizzato da una generica diminuzione dei consumi: tale riduzione non è dovuta alla realizzazione di interventi di efficientamento, quanto più alla diminuzione delle temperature esterne medie mensili rilevate nel triennio di riferimento.

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

Tabella 5.5 – Individuazione della Baseline termica

GRANDEZZA	VALORE
	[Kwh]
\bar{Q}_{ACS}	3.073
\bar{Q}_{ALTRO}	5.128
$\bar{a}_{rif} \times GG_{rif}$	27.989
$Q_{baseline}$	36.190

5.1.2 Energia elettrica

La fornitura di energia elettrica avviene tramite la presenza di un contatore il quale risulta a servizio del seguente utilizzo:

- Asilo nido Alice.

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]
IT001E00096944	Asilo Nido Alice	13.318	8.718	8.294	10.110
TOTALE		13.318	8.718	8.294	VALORE MEDIO FATTURATO 10.110

Come si evince dalla Tabella 5.6 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 inferiore del 6% circa; (valore desunto dal file “kyotoBaseline-EXXXX”: 14.159 kWh)
- Per il 2015 l'analisi delle fatture ha prodotto un dato superiore di circa l'1%; (valore desunto dal file “kyotoBaseline-EXXXX”: 8.666 kWh)
- Per il 2016 l'analisi delle fatture ha prodotto un dato inferiore del 22% circa. (valore desunto dal file “kyotoBaseline-EXXXX”: 10.670 kWh)

Il dato medio desumibile dall'analisi delle fatture si discosta dunque dal dato di fornito dalla PA di circa il 9% in meno (valore desunto dal file “kyotoBaseline-EXXXX”: 11.165 kWh).

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 11.165 kWh.

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

POD: IT001E00096944	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 14	950	208	304	1 462
Feb - 14	896	212	233	1 341
Mar - 14	935	220	249	1 404
Apr - 14	764	165	215	1 144
Mag - 14	804	184	228	1 216
Giu - 14	619	164	219	1 002
Lug - 14	693	147	186	1 026
Ago - 14	76	49	95	220
Set - 14	707	199	223	1 129
Ott - 14	885	185	206	1 276
Nov - 14	661	157	237	1 055
Dic - 14	635	162	246	1 043
Totale	8 625	2 052	2 641	13 318
POD: IT001E00096944	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 15	795	183	243	1 221
Feb - 15	911	182	199	1 292
Mar - 15	984	246	238	1 468
Apr - 15	768	211	222	1 201
Mag - 15	737	198	222	1 157
Giu - 15	660	159	210	1 029
Lug - 15	241	105	175	521
Ago - 15	55	41	83	179
Set - 15	79	46	87	212
Ott - 15	47	37	61	145
Nov - 15	47	34	64	145
Dic - 15	46	30	72	148
Totale	5 370	1 472	1 876	8 718
POD: IT001E00096944	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 16	81	35	67	183
Feb - 16	76	33	62	171
Mar - 16	59	35	73	167
Apr - 16	138	72	138	348
Mag - 16	517	135	159	811
Giu - 16	640	192	227	1 059
Lug - 16	538	173	232	943
Ago - 16	75	46	85	206
Set - 16	685	185	207	1 077
Ott - 16	768	225	231	1 224
Nov - 16	722	201	219	1 142
Dic - 16	563	173	227	963
Totale	4 862	1 505	1 927	8 294

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

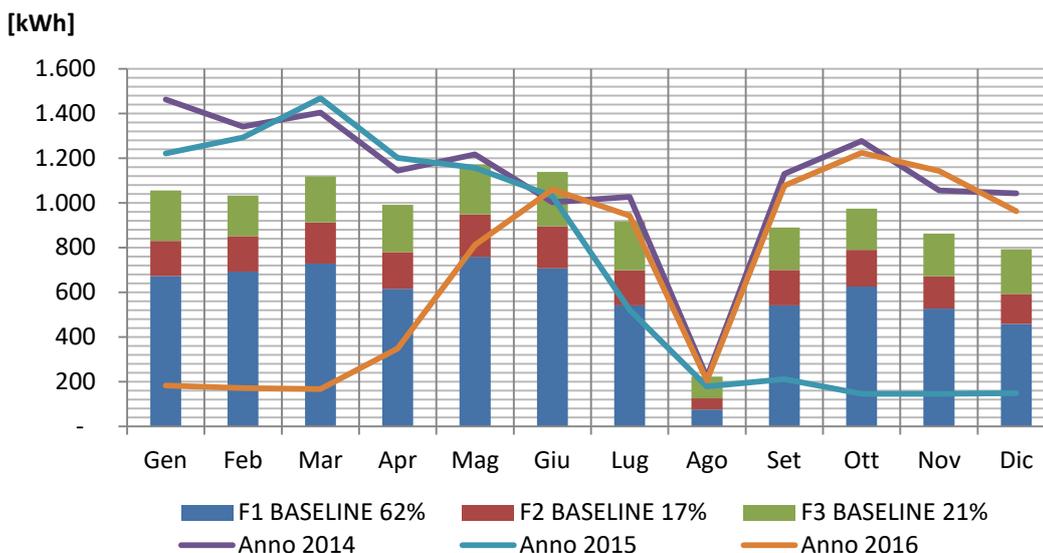
	F1	F2	F3	TOTALE
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	609	142	205	955
Febbraio	628	142	165	935
Marzo	659	167	187	1.013
Aprile	557	149	192	898
Maggio	686	172	203	1.061
Giugno	640	172	219	1.030
Luglio	491	142	198	830
Agosto	69	45	88	202
Settembre	490	143	172	806
Ottobre	567	149	166	882
Novembre	477	131	173	781
Dicembre	415	122	182	718
Totale	6.286	1.676	2.148	10.110

Tabella 5.8 bis – Consumi mensili di baseline

BASELINE	F1	F2	F3	TOTALE
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	672	157	226	1.055
Febbraio	693	157	182	1.032
Marzo	728	184	206	1.119
Aprile	615	165	212	991
Maggio	758	190	224	1.172
Giugno	706	190	241	1.137
Luglio	542	156	218	917
Agosto	76	50	97	223
Settembre	542	158	190	890
Ottobre	626	165	183	974
Novembre	526	144	191	862
Dicembre	458	134	201	793
Totale	6.942	1.851	2.372	11.165

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'utilizzo dell'edificio.

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 4.11, 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.

Inoltre si precisa che fra agosto 2015 ed aprile 2016 i consumi sono prossimi allo zero in quanto l'edificio in questo periodo è stato chiuso e le attività spostate altrove a causa di lavori di ristrutturazione eseguiti sulla copertura.

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	Indirizzo Fornitura	
IT001E00096944	V ISOCORTE, 10A - 16164 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. È possibile vedere le letture fino a un anno indietro per non più di 6 mesi alla volta.

Periodo Visualizzazione

Inizio Periodo: 16/06/2017



Fine Periodo: 31/12/2017



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)
30/06/2017	08E5G5321	00448519	1	REALE	67984	16277	19043	-	-	-	-	-	-
31/07/2017	08E5G5321	00448519	1	REALE	68533	16454	19260	-	-	-	-	-	-
31/08/2017	08E5G5321	00448519	1	REALE	68620	16507	19361	-	-	-	-	-	-
30/09/2017	08E5G5321	00448519	1	REALE	69335	16712	19571	-	-	-	-	-	-
31/10/2017	08E5G5321	00448519	1	REALE	70228	16921	19799	-	-	-	-	-	-
30/11/2017	08E5G5321	00448519	1	REALE	71145	17128	20054	-	-	-	-	-	-
31/12/2017	08E5G5321	00448519	1	REALE	71856	17306	20333	-	-	-	-	-	-

Legenda:

Letture reale: lettura rilevata dal distributore alla data indicata

Letture stimata: 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.

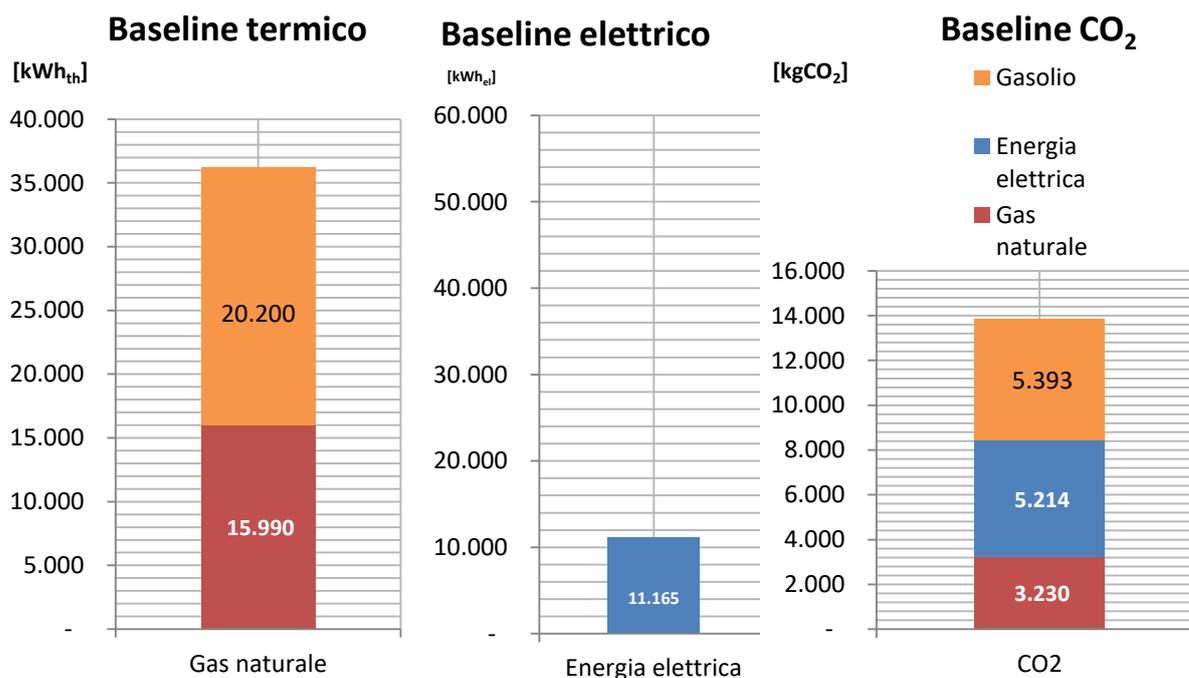
COMBUSTIBILE	FATTORE DI CONVERSIONE
	kgCO ₂ /kWh
Energia elettrica	* 0,467
Gas naturale	* 0,202
Gasolio	* 0,267

* 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, e nella Figura 5.3.

Tabella 5.9 – Baseline delle emissioni di CO₂.

COMBUSTIBILE	CONSUMO DI BASELINE		FATTORE DI CONVERSIONE	
	[kWh]	[tCO ₂ /MWh]	[tCO ₂]	
Energia elettrica	11.165	* 0,467	5,214	
Gas naturale	15.990	* 0,202	3,230	
Gasolio	20.200	* 0,267	5,393	

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
Gasolio	1,07	0	1,07

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	347	m ²
FATTORE 2	Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	359	m ²
FATTORE 3	Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate)	1.394	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	15.990	1,05	16.790	48,4	46,8	12,0	9,31	9,00	2,32
Gasolio	20.200	1,07	21.614	62,3	60,2	15,5	15,54	15,02	3,87
Energia elettrica	11.165	2,42	27.019	77,9	75,3	19,4	15,03	14,52	3,74
TOTALE			65.423	189	182	47	40	39	10

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	15.990	1,05	16.790	48,4	46,8	12,0	9,31	9,00	2,32
Gasolio	20.200	1,07	21.614	62,3	60,2	15,5	15,54	15,02	3,87
Energia elettrica	11.165	1,95	21.772	62,7	60,6	15,6	15,03	14,52	3,74
TOTALE			60.175	173	168	43	40	39	10

Figura 5.4 – Indicatori di performance e relative emissioni di CO₂ valutati in funzione della superficie utile riscaldata

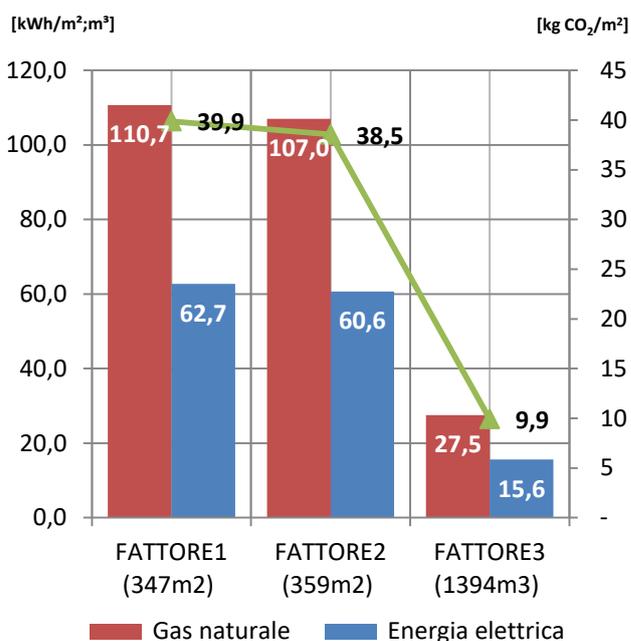
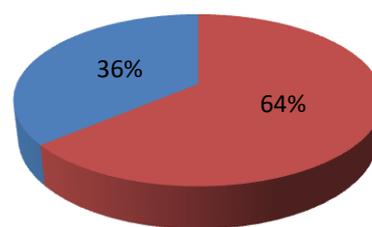
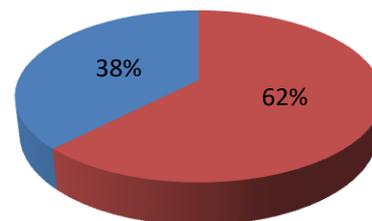


Figura 5.5 – Ripartizione % dei consumi di energia primaria e delle relative emissioni di CO₂

Ripartizione % energia primaria



Ripartizione % emissioni CO₂



■ Gas naturale ■ Energia elettrica

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

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

- Fattore di forma dell'edificio, rapporto fra superficie disperdente e volume riscaldato S/V (fattore F_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 ² anno)		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Gas Naturale	28,97	14,43	7,94	-	-	-
Energia elettrica	-	-	-	27,47	16,81	21,66

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.

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

	Wh _t / m ³ x GG x 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 / m² x 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	427,045	418,032
Climatizzazione invernale	EP_H	kWh/mq anno	333,148	330,401
Produzione di acqua calda sanitaria	EP_w	kWh/mq anno	69,415	67,904
Ventilazione	EP_v	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	EP_c	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	EP_L	kWh/mq anno	24,482	19,727
Trasporto di persone e cose	EP_T	kWh/mq anno	-	-
Emissioni equivalenti di CO ₂	CO_{2eq}	Kg/mq anno	92,751	89,670

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)

FORTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE [kWh/anno]
Gas Naturale	13.337 [m3/anno]	125.635
Energia Elettrica	6.646 [kWh/anno] + 4.623 [kWh/anno]	11.269

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

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

Dove:

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

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

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

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

Nota (*) Tale contributo non è definito all’interno delle norme UNITS 11300 pertanto è stato valutato dall’Auditor facendo riferimento alle targhe degli apparecchi, ai tempi di utilizzo degli stessi ed i relativi coefficienti di contemporaneità.

6.1.1 Validazione del modello termico

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

Si è quindi provveduto alla simulazione dei parametri reali di utilizzo dell’edificio considerando le effettive condizioni d’uso dello stesso ed in particolare il carattere intermittente del funzionamento dell’impianto termico.

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale non rinnovabile	$EP_{gl,nren}$	kWh/mq anno	148,7215	140,9604
Climatizzazione invernale	EP_H	kWh/mq anno	78,8484	77,2972
Produzione di acqua calda sanitaria	EP_w	kWh/mq anno	45,3912	43,9360
Ventilazione	EP_v	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	EP_c	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	EP_L	kWh/mq anno	24,4819	19,7272
Trasporto di persone e cose	EP_T	kWh/mq anno	-	-
Emissioni equivalenti di CO2	CO_{2eq}	Kg/mq anno	36,53	33,70

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
	[m3/anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	3.811	35.898
Energia Elettrica	-	11.445

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

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

$Q_{teorico}$	$Q_{baseline}$	Congruità
[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
35.898	36.190	0,8

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

6.1.2 Validazione del modello elettrico

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

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

$EE_{teorico}$	$EE_{baseline}$	Congruità
[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
11.445	11.165	2,5

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

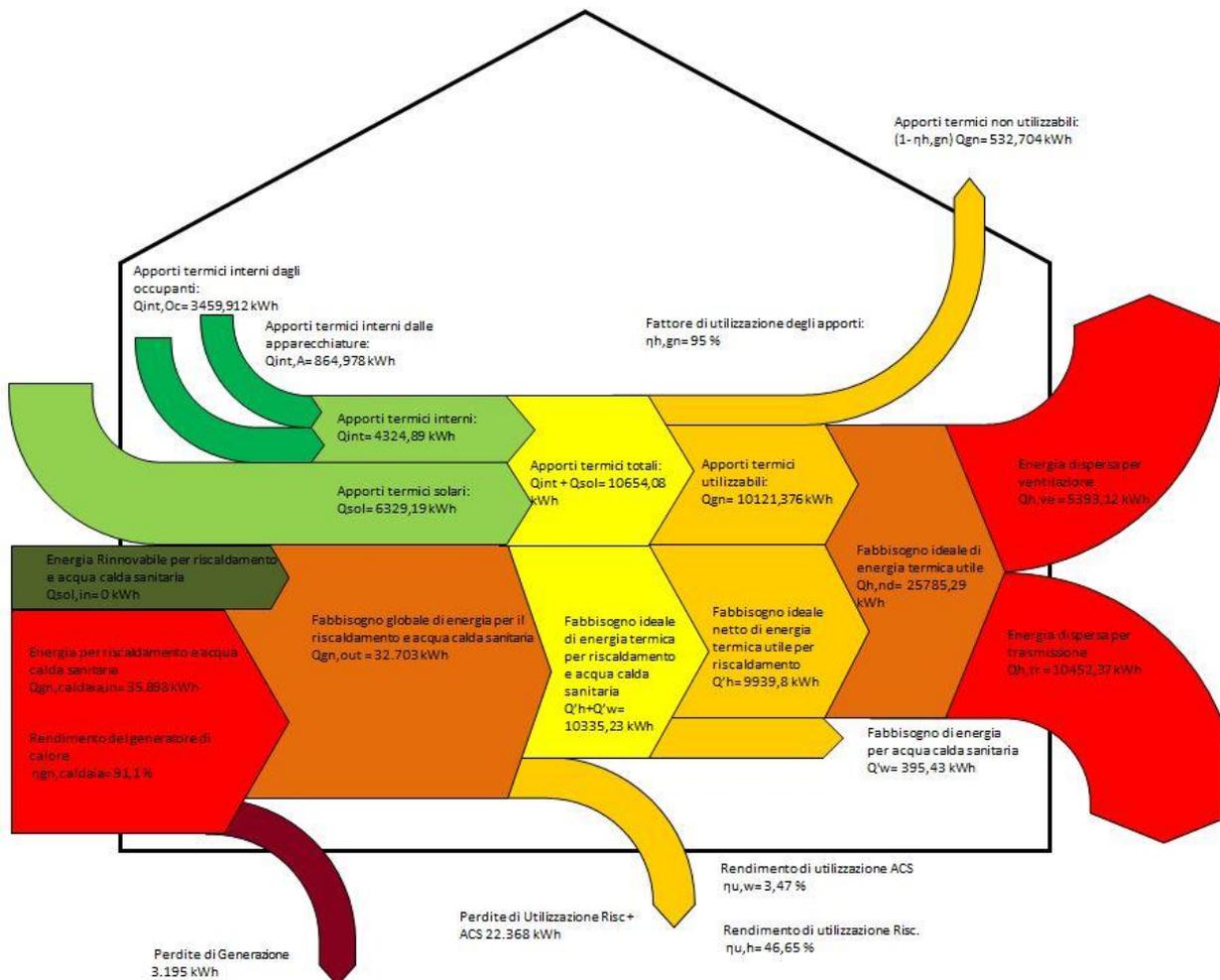
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

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

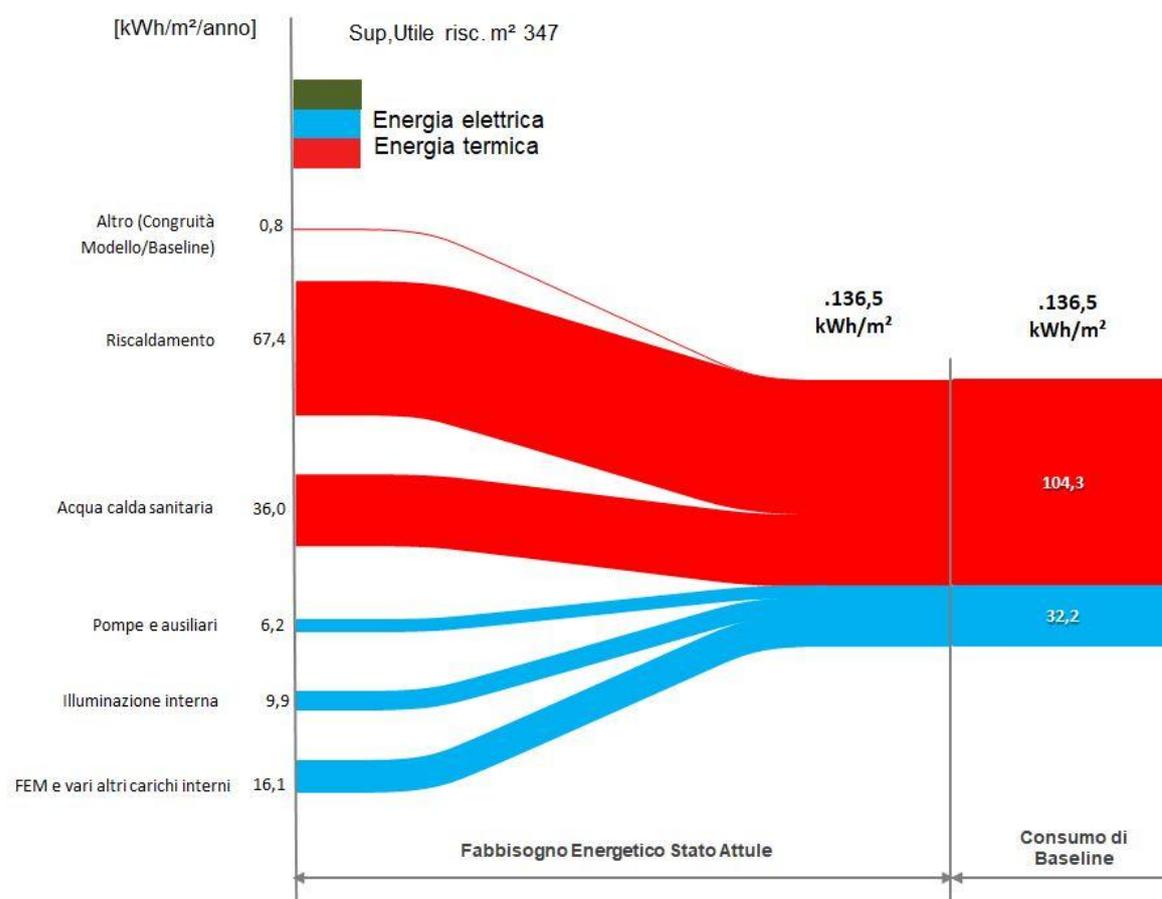
Figura 6.1 – Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio allo stato attuale



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

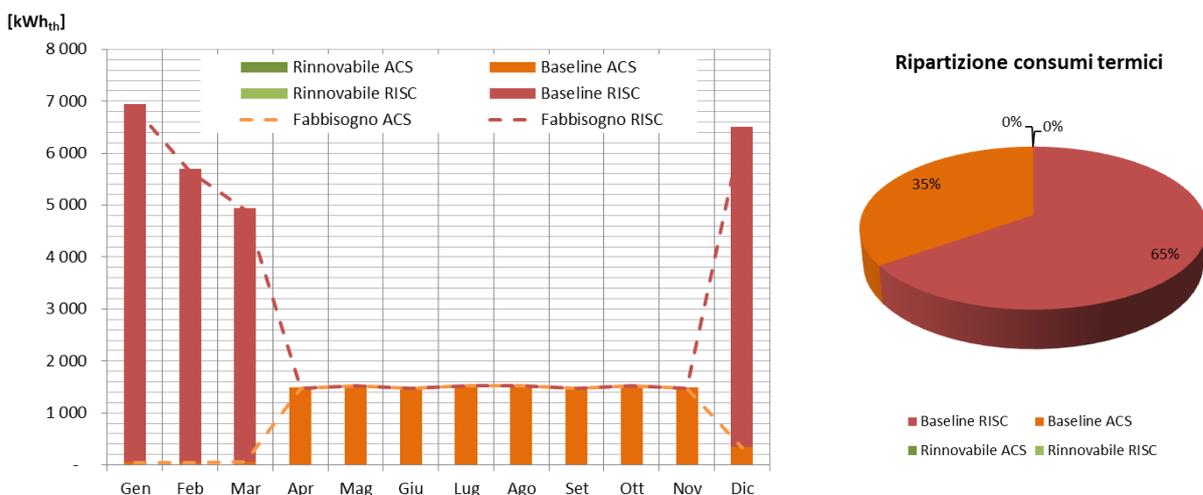
Dall’analisi del diagramma di Sankey relativo al bilancio energetico complessivo dell’edificio è possibile notare che il maggior quantitativo di energia è impiegato per il riscaldamento degli ambienti e la produzione di ACS.

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



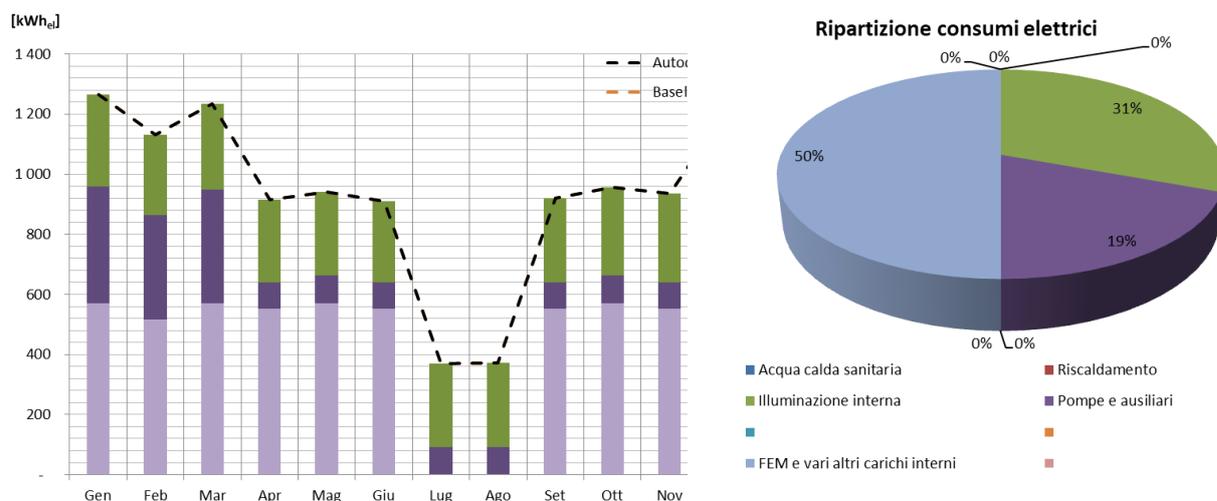
Si può notare come la maggior parte dei consumi termici sia da attribuirsi al riscaldamento degli ambienti, pertanto gli interventi migliorativi proposti, andranno ad interessare principalmente tali componenti.

Anche relativamente all’analisi dei fabbisogni di energia elettrica, la ripartizione tra i vari utilizzi è stata effettuata in funzione degli esiti della modellazione. Si precisa inoltre che alla categoria “FEM e vari altri carichi interni” è stato attribuito il valore di 5.723 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 delle pompe di circolazione dell’impianto di riscaldamento ed all’illuminazione che insieme costituiscono il 47% del consumo elettrico complessivo dell’edificio; pertanto gli interventi migliorativi proposti, andranno ad interessare principalmente tali componenti.

7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO

7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI

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

7.1.1 Vettore termico

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

- PDR 1 – 16220050599731: contratto di Servizio Integrato Energia 3 (SIE3) stipulato dalla PA con un soggetto terzo, comprensivo sia la fornitura del vettore energetico che la conduzione e manutenzione degli impianti. Non è stato quindi possibile effettuare un'analisi dei costi di fatturazione del vettore energetico in quanto tali fatture non sono a disposizione della PA ;
- PDR 2 – 3270021615241: contratto di fornitura del solo vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. E' stato quindi possibile effettuare un'analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura.

Nella Tabella 7.1 si riportano le principali caratteristiche del contratto di fornitura del vettore termico per gli anni di riferimento.

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

PDR: 3270021615241	2014	2015	2015	2016	2016
Indirizzo di fornitura	VIA ISOCORTE 10/A 16164 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	G 4
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	39.383,769 kJ/Smc
Prezzi di fornitura del combustibile (*)	N.D.	0,03010 €/kWh	0,02864€/kWh	0,02707€/kWh	0,02040 €/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.

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

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

PDR: 03270021615241	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: 03270021615241	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	35	4	15	24	17	95	1 168	0,082
Febbraio	34	4	14	24	17	93	1 140	0,082
Marzo	34	4	14	23	17	92	1 130	0,082
Aprile	82	4	35	64	41	226	2 854	0,079
Maggio	87	4	36	66	43	236	2 939	0,080
Giugno	85	4	35	64	41	229	2 854	0,080
Luglio	42	4	18	32	21	117	1 441	0,081
Agosto	39	4	17	30	20	109	1 347	0,081
Settembre	56	4	24	44	28	156	1 950	0,080
Ottobre	55	4	23	43	27	152	1 893	0,080
Novembre	279	4	119	218	136	757	9 693	0,078
Dicembre	407	4	143	327	194	1 074	14 544	0,074
Totale	1 235	46	493	960	602	3 336	42 955	0,078
PDR: 03270021615241	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	411	4	234	288	206	1 142	15 477	0,074
Febbraio	358	4	198	243	177	980	13 084	0,075
Marzo	330	4	182	224	163	902	12 048	0,075
Aprile	11	3	3	5	5	25	518	0,049
Maggio	4	3	2	4	3	15	179	0,085
Giugno	3	3	2	3	3	14	160	0,087
Luglio	3	3	2	3	2	13	151	0,089
Agosto	3	3	2	3	2	13	141	0,091

E1236 – Asilo nido “Alice”

Settembre	3	3	2	3	3	14	160	0,088
Ottobre	13	3	9	14	8	47	650	0,072
Novembre	14	3	10	15	9	50	707	0,071
Dicembre	3	3	2	3	2	13	141	0,089
Totale	1 157	34	649	807	582	3 228	43 417	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

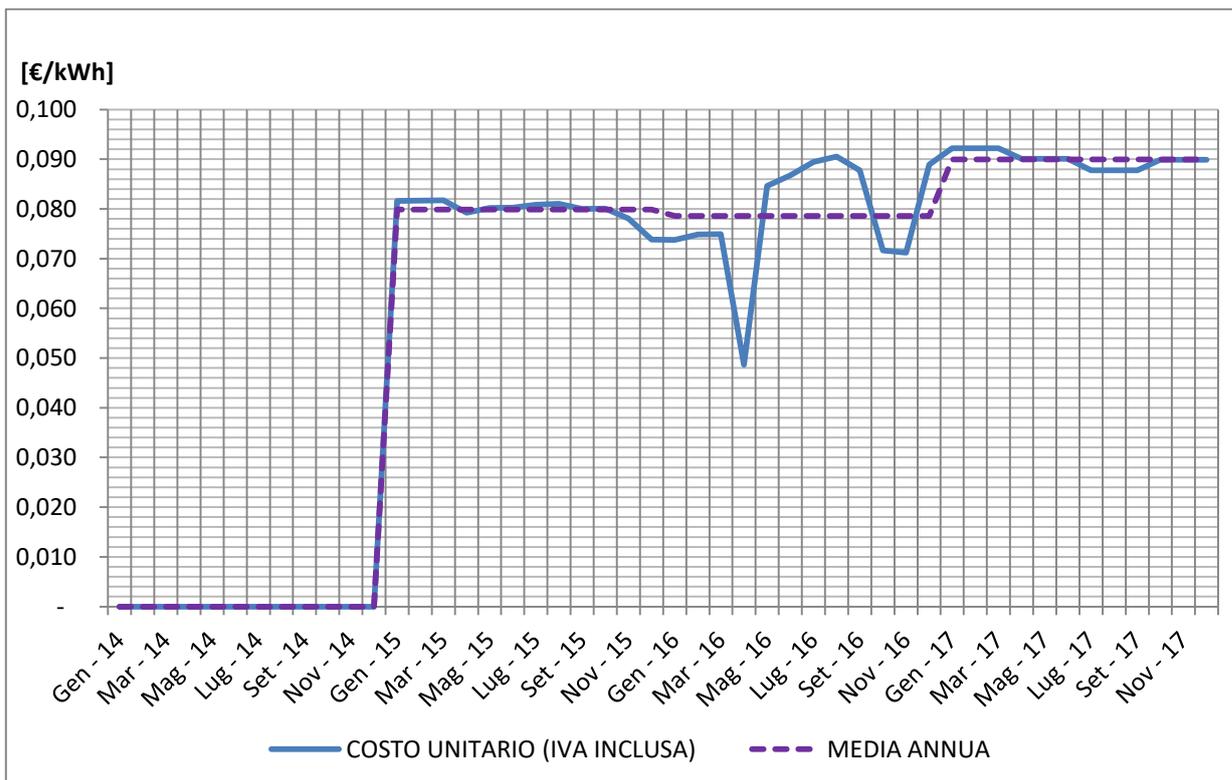
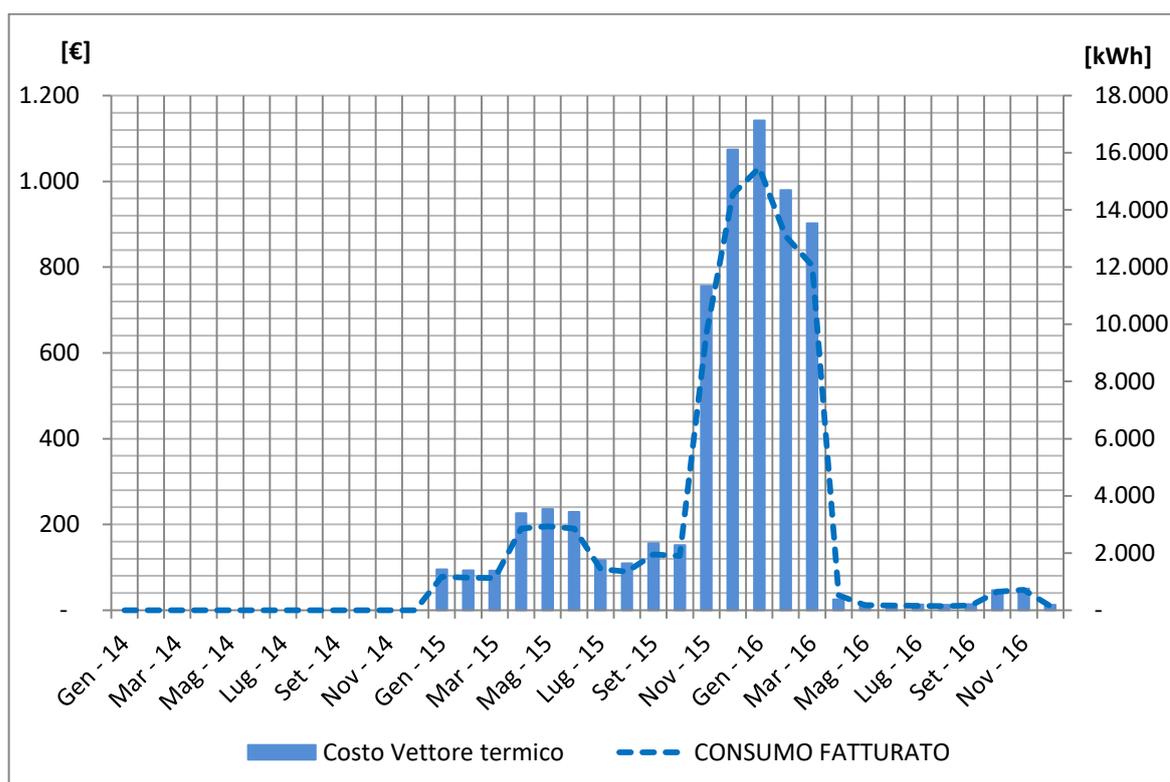


Figura 7.2 – Andamento dei consumi e dei costi dell’energia termica



Dall’analisi effettuata risulta evidente che l’andamento dei costi subisce un notevole aumento nel corso del triennio di riferimento a seguito delle diverse tariffe applicata dai differenti gestori.

7.1.2 Vettore elettrico

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

- POD 1 – IT001E00096944: contratto di fornitura del vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. E’ stato quindi possibile effettuare un’analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura.

Nella Tabella 7.3 si riportano le principali caratteristiche del contratto di fornitura del vettore elettrico per gli anni di riferimento.

Tabella 7.3 – Carataeristiche dei contratti di fornitura del vettore elettrico per il triennio di rierimento

POD: IT001E00096944	2014	2015	2015	2016	2016
Indirizzo di fornitura					
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	16,50 kW	16,50 kW	15,0 kW	15,0 kW	15,0 kW
Potenza elettrica disponibile	16,50 kW	16,50 kW	16,50 kW	16,50 kW	16,50 kW
Tipologia di contratto	Forniture in BT (escluso IP)	Forniture in BT (escluso IP)	BTA6	BTA6	CONSIP13 VERDE - L0390
Opzione tariffaria ⁽¹⁾	Tri-oraria	Tri-oraria	Tri-oraria	Tri-oraria	Tri-oraria
Prezzi del fornitura dell’energia elettrica ⁽²⁾	0,07409€/kWh	0,07466€/kWh	0,03918€/kWh	0,03248€/kWh	0,04948€/kWh

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

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

POD: IT001E00096 944	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
	FISSA	PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen – 14	108	16	166	18	68	375	1 462	0,257
Feb – 14	100	16	157	17	64	353	1 341	0,263
Mar – 14	105	16	161	18	66	366	1 404	0,261
Apr – 14	85	16	144	14	57	317	1 144	0,277
Mag – 14	90	19	150	15	60	335	1 216	0,275
Giu – 14	74	16	133	13	52	287	1 002	0,287
Lug – 14	76	11	135	13	52	287	1 026	0,280
Ago – 14	15	3	73	3	21	114	220	0,520
Set – 14	84	16	143	14	57	314	1 129	0,278
Ott – 14	96	17	158	16	63	349	1 276	0,274
Nov – 14	78	14	140	13	54	299	1 055	0,283
Dic – 14	76	14	139	13	24	267	1 043	0,256
Totale	987	173	1 700	166	637	3 664	13 318	0,275
POD: IT001E00096 944	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen – 15	90	14	158	15	28	306	1 221	0,251
Feb – 15	97	15	164	16	29	322	1 292	0,249
Mar – 15	110	18	179	18	32	357	1 468	0,243
Apr – 15	49	14	142	15	22	241	1 201	0,201
Mag – 15	45	13	136	14	21	229	1 157	0,198
Giu – 15	41	12	128	13	19	213	1 029	0,207
Lug – 15	20	6	81	7	11	125	521	0,240
Ago – 15	7	2	63	2	7	82	179	0,456
Set – 15	8	2	58	3	7	78	212	0,369
Ott – 15	5	1	62	2	7	77	145	0,530
Nov – 15	5	2	62	2	7	77	145	0,533
Dic – 15	5	2	62	2	7	78	148	0,525
Totale	483	101	1 294	109	199	2 184	8 718	0,251

POD: IT001E00096 944	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					(IVA INCLUSA)
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen – 16	6	2	61	2	7	78	183	0,428
Feb – 16	5	2	58	2	7	73	171	0,429
Mar – 16	6	2	78	2	9	96	167	0,575
Apr – 16	11	6	71	4	9	102	348	0,293
Mag – 16	29	13	127	10	18	198	811	0,244
Giu – 16	41	17	146	13	22	240	1 059	0,227
Lug – 16	43	20	137	12	21	234	943	0,248
Ago – 16	8	4	81	3	10	105	206	0,509
Set – 16	49	23	148	13	23	257	1 077	0,238
Ott – 16	71	19	160	15	26	291	1 224	0,238
Nov – 16	74	18	154	14	26	286	1 142	0,250
Dic – 16	59	15	140	12	23	248	963	0,258
Totale	402	141	1 360	104	201	2 207	8 294	0,266

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

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

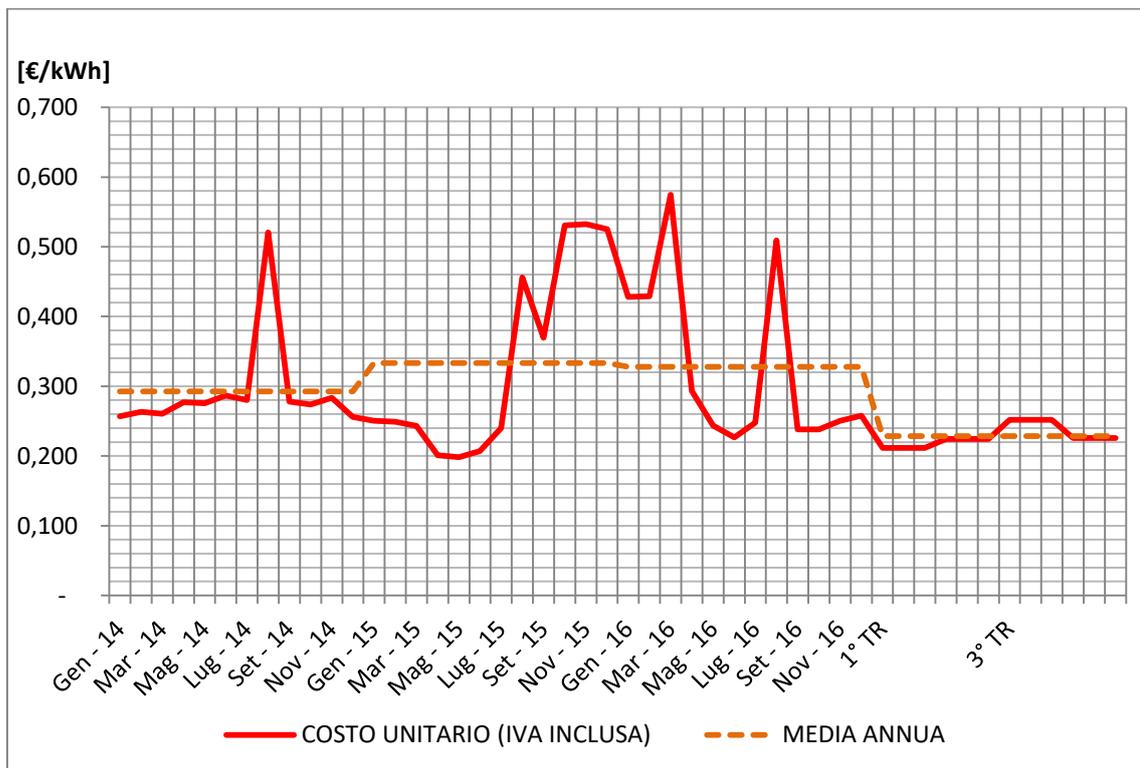
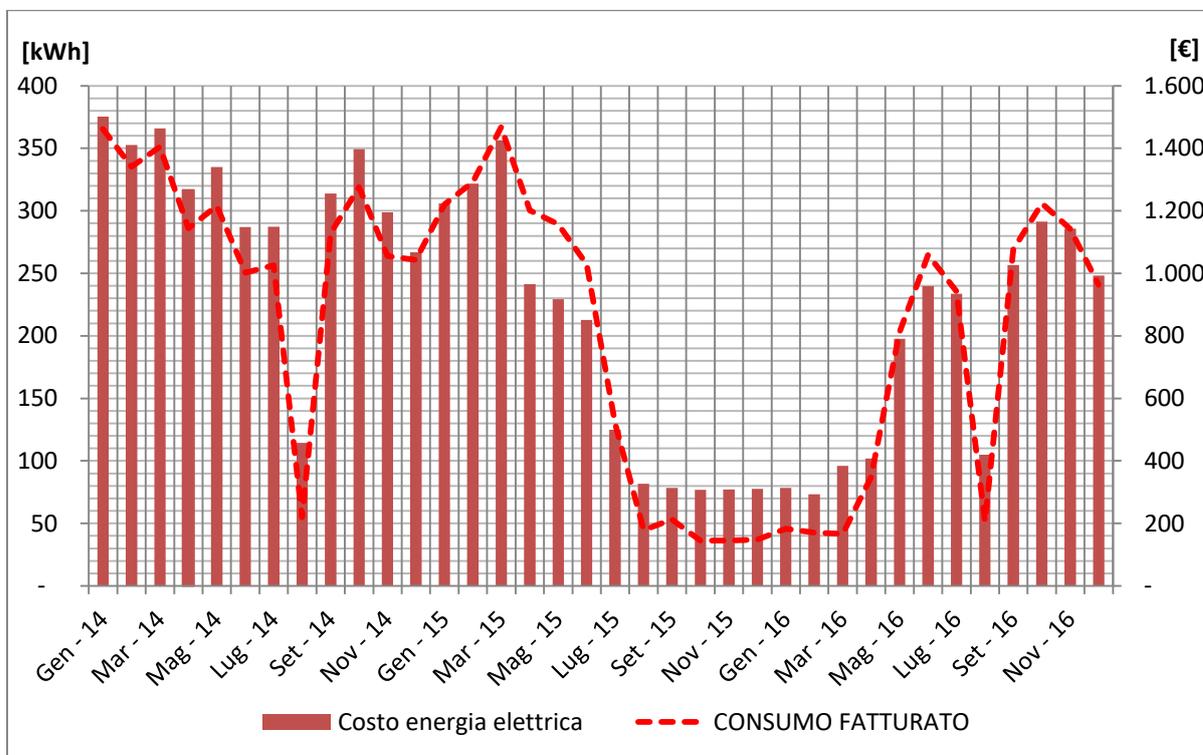


Figura 7.4 – Andamento dei consumi e dei costi dell’energia elettrica



Dall’analisi effettuata risulta evidente che l’andamento dei costi è molto altalenante nel periodo di riferimento. Tale oscillazione apparentemente caotica fra il mese di agosto 2015 ed il mese di aprile 2016 risente sicuramente della chiusura dell’edificio.

7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI

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

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

Tabella 7.5 – Sintesi dei consumi nel triennio di riferimento

ANNO	VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			TOTALE
	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[€]
2014	n.d.	n.d.	n.d.	13.318	3.664	0,275	n.d.
2015	42.955	3.336	0,078	8.718	2.184	0,251	5.520
2016	43.417	3.228	0,074	8.294	2.207	0,266	5.435
2017	-	-	0,0908	-	-	0,225	-
Media	43.186	3.282	0,0809	10.110	2.685	0,254	5.478

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

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo unitario dell'energia termica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	C _{UQ} 0,074	[€/kWh]
Costo unitario dell'energia elettrica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	C _{UEE} 0,234	[€/kWh]

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

7.3 COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI

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

- L1-042-106: 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 11.790,41 €.

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

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

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

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

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

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

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo per la gestione e manutenzione ordinaria	Corrispettivo annuale relativo al contratto O&M in essere	C_{MO}	6.719 [€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Media relativa a gli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici	C_{MS}	1.786 [€/anno]

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

7.4 BASELINE DEI COSTI

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

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

Per la componente energetica vale la seguente formula:

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

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

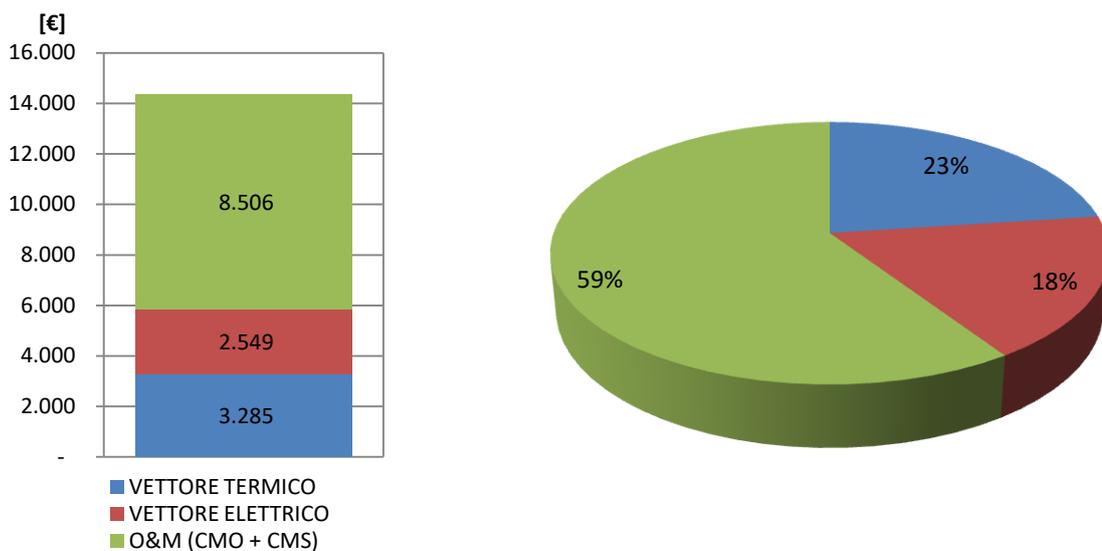
$$C_{baseline} = C_E + C_{MO} + C_{MS}$$

Ne risulta quindi un C_E pari a € 5.834 e un $C_{baseline}$ pari a € 14.339

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

VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO				O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)		TOTALE
$Q_{baseline}$	C_{uQ}	C_Q	$EE_{baseline}$	C_{uEE}	C_{EE}	C_M	C_{MO}	C_{MS}	$CQ+CEE+CM$
[kWh]	[€/kWh]	[€]	[kWh]	[€/kWh]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
36.190	0,091	3.285	11.165	0,228	2.549	8.506	6.719	1.786	14.339

Figura 0.1 – Baseline dei costi e loro ripartizione



8 IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA

8.1 DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI

8.1.1 Involucro edilizio

EEM1: Isolamento termico sottotetto

Generalità

La misura prevede l'isolamento termico del solaio di sottotetto tramite la stesura di un materassino in materiale isolante posato direttamente sul solaio.

L'isolamento termico del sottotetto consente di ottenere notevoli benefici proporzionali al grado di isolamento e alla superficie di intervento. Fra questi una riduzione dei consumi energetici invernali ed estivi e migliori condizioni di comfort abitativo invernale ed estivo nei locali sottostanti; inoltre mantenendo al caldo gli strati costituenti la struttura si riducono i rischi di condensazione interstiziale e superficiale.

Uniformando la temperatura superficiale interna, l'isolamento termico produce anche l'effetto estetico di evitare la sporcatura differente di travetti e pignatte.

Caratteristiche funzionali e tecniche

L'isolamento termico in estradosso del solaio di sottotetto sarà eseguito mediante feltro in lana di roccia a bassa densità rivestito su un lato da un foglio di carta kraft politenata con funzione di freno vapore. Di seguito un elenco di alcune caratteristiche:

- Prestazioni termiche: la disponibilità di spessori elevati permette di ottenere un notevole comfort abitativo sia invernale che estivo.
- Controllo del vapore: la carta kraft politenata che ricopre un lato del feltro svolge la funzione di freno vapore, utile in particolari condizioni termo igrometriche.
- Stabilità dimensionale: il pannello non subisce variazioni dimensionali o prestazionali al variare delle condizioni igrometriche dell'ambiente.

Tale misura può ridurre il consumo di energia termica in modo significativo (10-15%).

Descrizione dei lavori

Dopo aver opportunamente pulito da impurità il piano di posa si procede alla posa, con continuità, di pannelli ben accostati tra loro a giunti sfalsati per costituire il primo strato. Dopo aver terminato con il primo strato si procedere alla stesura del secondo strato di isolante facendo attenzione a sfalsare i giunti rispetto al sottostante strato.

Prestazioni raggiungibili

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

Figura 8.1 – Particolare solaio

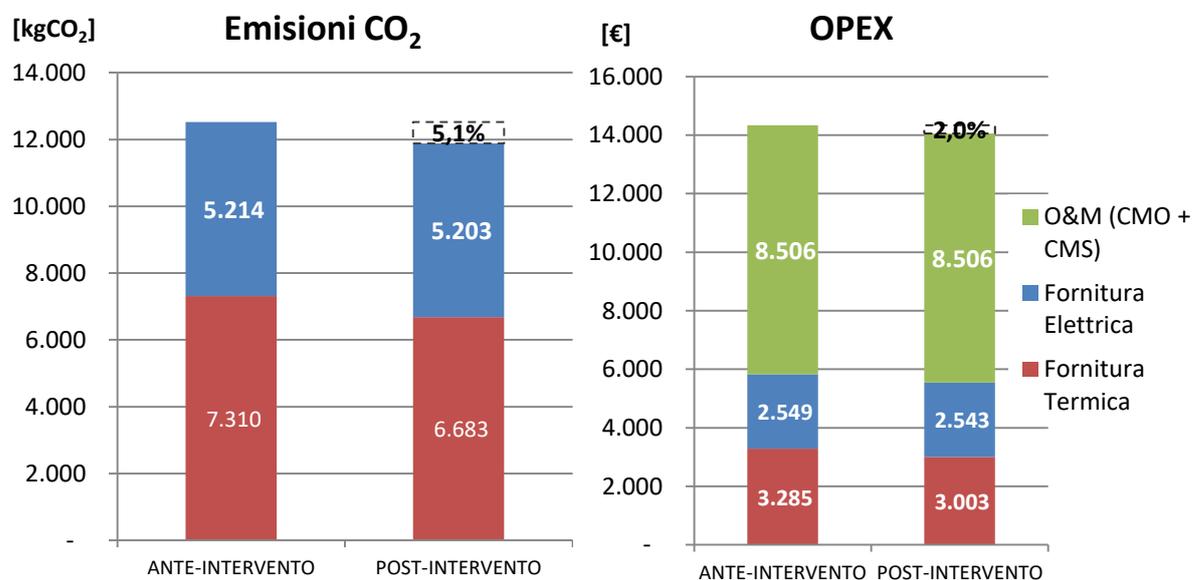


Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM1 – UNI TS 11300

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Trasmittanza termica	W/m ² K	1,997	0,207	89,6%
Q _{teorico}	[kWh]	35.898	32.819	8,6%
EE _{teorico}	[kWh]	11.445	11.420	0,2%
Q _{baseline}	[kWh]	36.190	33.086	8,6%
EE _{Baseline}	[kWh]	11.165	11.141	0,2%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	7.310	6.683	8,6%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	5.214	5.203	0,2%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	12.524	11.886	5,1%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	3.285	3.003	8,6%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	2.549	2.543	0,2%
Fornitura Energia, C_E	[€]	5.834	5.547	4,9%
C _{MO}	[€]	6.719	6.719	0,0%
C _{MS}	[€]	1.786	1.786	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	8.506	8.506	0,0%
OPEX	[€]	14.339	14.052	2,0%
Classe energetica	[-]	G	G	-

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

EEM2: Sostituzione infissi

Generalità

La misura prevede la sostituzione di tutti gli infissi attualmente presenti nell'edificio al fine di ridurre le dispersioni termiche attraverso l'involucro trasparente.

L'installazione di infissi in PVC con vetrocamera e trattamento basso emissivo consente di ridurre le dispersioni per trasmissione dell'involucro trasparente, portando anche al miglioramento delle condizioni di comfort termico e alla riduzione dei consumi termici per la climatizzazione invernale.

Figura 8.3 – Particolare infissi in legno da sostituire



Caratteristiche funzionali e tecniche

L'installazione di infissi in PVC richiede la valutazione delle prestazioni energetiche dello stato di conservazione della finestra esistente, al fine di individuare la fattibilità tecnica e la convenienza economica dell'intervento.

Tale misura può ridurre la trasmissione dell'involucro trasparente in modo significativo (20-25%).

Descrizione dei lavori

La posa deve essere effettuata da personale tecnico specializzato che rilasci una garanzia 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 EEM2 sono riportati nella Tabella 8.12 e nella Figura 8.24.

Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM2 – Sostituzione infissi

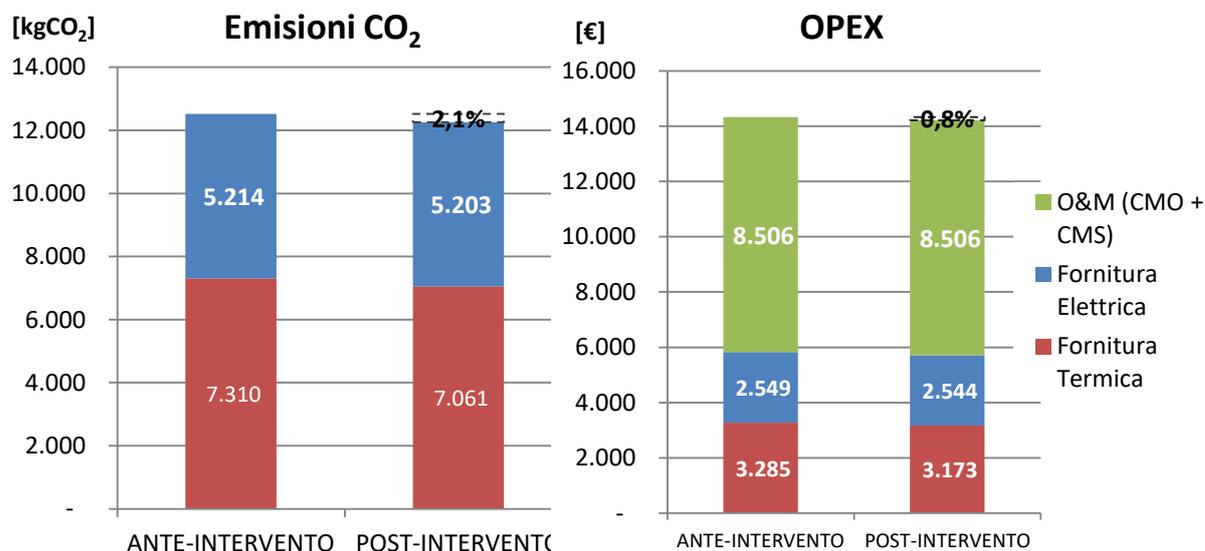
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM2 (trasmissione termica)	W/m ² K	5,7	1,435	74,8%
Q _{teorico}	[kWh]	35.898	34.675	3,4%
EE _{teorico}	[kWh]	11.445	11.421	0,2%
Q _{baseline}	[kWh]	36.190	34.957	3,4%
EE _{Baseline}	[kWh]	11.165	11.141	0,2%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	7.310	7.061	3,4%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	5.214	5.203	0,2%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	12.524	12.264	2,1%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	3.285	3.173	3,4%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	2.549	2.544	0,2%
Fornitura Energia, C_E	[€]	5.834	5.717	2,0%
C _{MO}	[€]	6.719	6.719	0,0%
C _{MS}	[€]	1.786	1.786	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	8.506	8.506	0,0%

OPEX	[€]	14.339	14.222	0,8%
Classe energetica	[-]	G	G	-

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



8.1.2 Impianto riscaldamento

EEM3: Caldaia a condensazione

Generalità

La misura prevede l'installazione di una caldaia modulare murale a condensazione a servizio dell'impianto di riscaldamento al fine di garantire rendimenti del sistema di generazione maggiori ed in linea con il nuovo quadro normativo.

L'installazione di un generatore modulare a gas a condensazione consente di ridurre il consumo di combustibile per il riscaldamento e la produzione di ACS grazie al principio della condensazione associato alla modulazione di tali nuovi generatori.

Figura 8.5 – Particolare della centrale termica



Caratteristiche funzionali e tecniche

L'installazione di una caldaia a condensazione richiede la valutazione delle prestazioni dello stato di conservazione della rete di distribuzione e della possibilità di installare valvole regolatrici della portata sui corpi scaldanti, al fine di individuare la fattibilità tecnica e la convenienza economica dell'intervento.

Tale misura può ridurre il consumo di energia termica in modo significativo (20-30%).

La potenza termica utile e la portata termica del nuovo generatore devono essere scelte in funzione ed in relazione all'attuale configurazione dell'impianto termico, alla potenza del generatore attualmente installato ed alla possibilità di avere fabbisogni inferiori a seguito di altri tipi di intervento di efficientamento energetico.

Descrizione dei lavori

La posa del nuovo generatore 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 – Sostituzione del generatore di calore

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM3 (rendimento generatore)	-	91	107	-17,6%
$Q_{teorico}$	[kWh]	35.898	17.606	51,0%
$EE_{teorico}$	[kWh]	11.445	11.327	1,0%
$Q_{baseline}$	[kWh]	36.190	17.749	51,0%
$EE_{baseline}$	[kWh]	11.165	11.050	1,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	7.310	3.585	51,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	5.214	5.160	1,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	12.524	8.746	30,2%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	3.285	1.611	51,0%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	2.549	2.523	1,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	5.834	4.134	29,1%

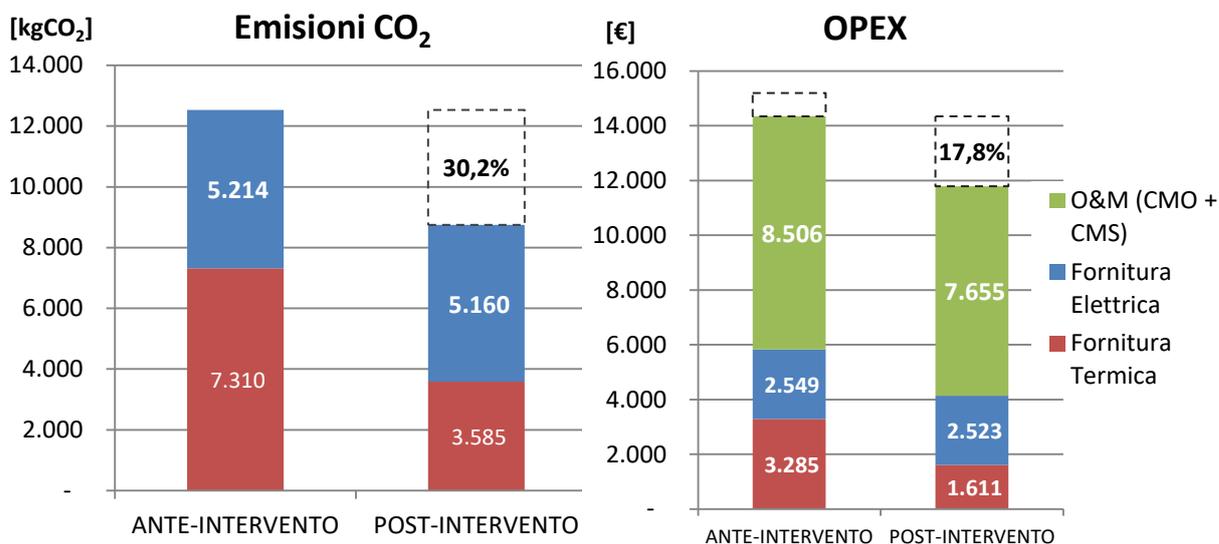
C_{MO}	[€]	6.719	6.047	10,0%
C_{MS}	[€]	1.786	1.608	10,0%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	8.506	7.655	10,0%
OPEX	[€]	14.339	11.789	17,8%
Classe energetica	[-]	G	F	+1 classe

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.

La riduzione dei costi di manutenzione O&M è dovuta al fatto che la potenza del gruppo termico installato a seguito dell'intervento proposto è inferiore a quella dell'attuale, sulla base del quale è stato stimato il canone di manutenzione secondo quanto appreso dal servizio calore del Comune di Genova. Inoltre, come indicato in una *Guida all'efficienza energetica negli edifici scolastici* (ENEA, M.A.T.T.M, M.I.U.R. e Presidenza del Consiglio dei Ministri), si evidenzia che i costi di O&M non sono inferiori al 20% della somma dei costi di approvvigionamento di combustibile ed energia elettrica.

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



EEM4: Pompe a portata variabile

Generalità

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

Portata, prevalenza e 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.

Figura 8.7 – Particolare pompe di circolazione



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 EEM4 sono riportati nella Tabella 8.1 e nella Figura 8.28.

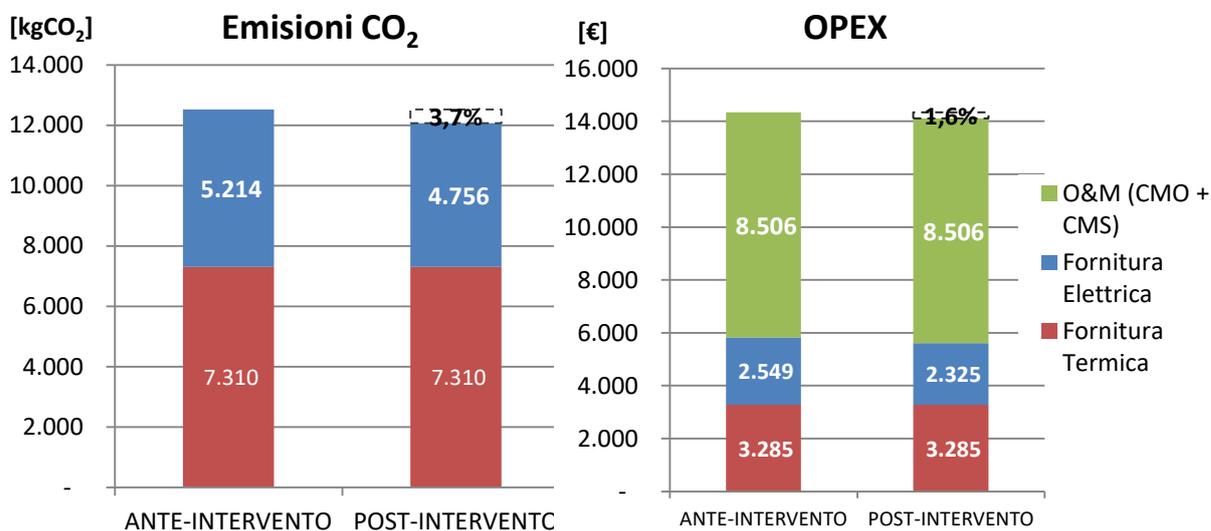
Tabella 8.4 – Risultati analisi EEM4 – Installazione pompa inverter

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Assorbimento elettrico	W	370	80	78,4%
Q _{teorico}	[kWh]	35.898	35.898	0,0%
EE _{teorico}	[kWh]	11.445	10.439	8,8%
Q _{baseline}	[kWh]	36.190	36.190	0,0%
EE _{Baseline}	[kWh]	11.165	10.184	8,8%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	7.310	7.310	0,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	5.214	4.756	8,8%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	12.524	12.066	3,7%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	3.285	3.285	0,0%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	2.549	2.325	8,8%
Fornitura Energia, C_E	[€]	5.834	5.610	3,8%
C _{MO}	[€]	6.719	6.719	0,0%
C _{MS}	[€]	1.786	1.786	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	8.506	8.506	0,0%
OPEX	[€]	14.339	14.115	1,6%
Classe energetica	[-]	G	G	-

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



EEM5: 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.

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.

Figura 8.9 – Particolare terminali di emissione



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 $5\pm 100^{\circ}\text{C}$. 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 $5\pm 100^{\circ}\text{C}$. 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

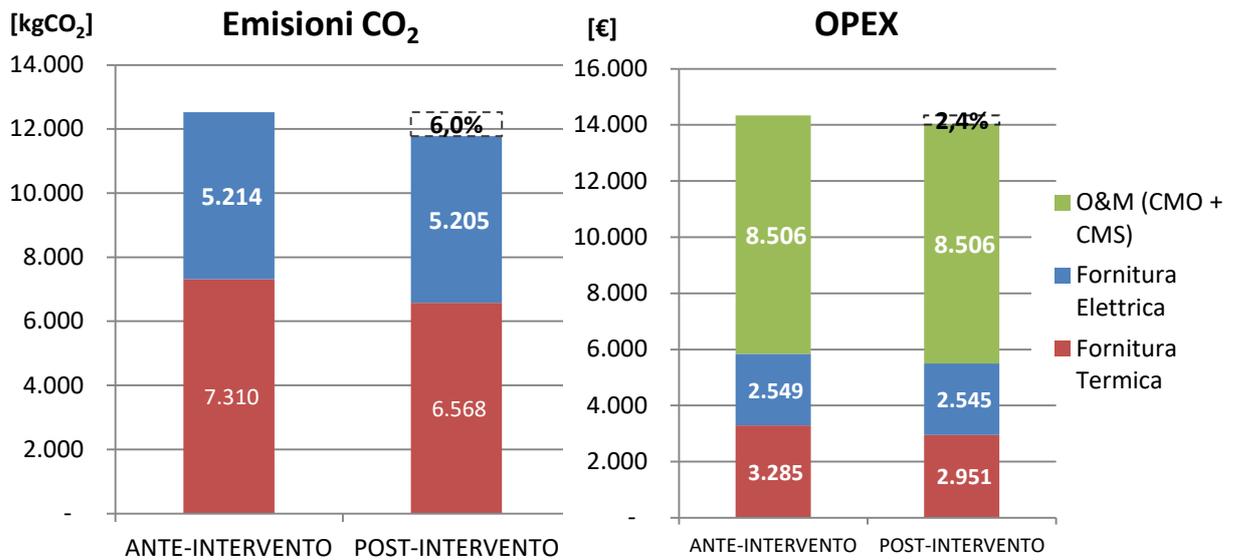
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM5 sono riportati nella Tabella 8.15 e nella Figura 8.210.

Tabella 8.5 – Risultati analisi EEM5 – Installazione valvole termostatiche

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Rendimento di regolazione	-	86	99	-15,1%
Q_{teorico}	[kWh]	35.898	32.254	10,2%
EE_{teorico}	[kWh]	11.445	11.426	0,2%
Q_{baseline}	[kWh]	36.190	32.517	10,2%
EE_{Baseline}	[kWh]	11.165	11.146	0,2%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	7.310	6.568	10,2%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	5.214	5.205	0,2%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	12.524	11.774	6,0%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	3.285	2.951	10,2%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	2.549	2.545	0,2%
Fornitura Energia, C_E	[€]	5.834	5.496	5,8%
C_{MO}	[€]	6.719	6.719	0,0%
C_{MS}	[€]	1.786	1.786	0,0%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	8.506	8.506	0,0%
OPEX	[€]	14.339	14.002	2,4%
Classe energetica	[-]	G	G	-

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: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline

8.1.3 Impianto produzione acqua calda sanitaria

Si fa presente che per l'edificio in esame il fabbisogno di ACS è soddisfatto da un sistema combinato per la produzione del calore. Ne consegue che l'efficiamento dell'impianto di riscaldamento comporta l'efficiamento anche del sistema di produzione dell'ACS.

8.1.4 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: Isolamento solaio copertura

Nella Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 1, che consiste nella posa di un pannello isolante in lana di vetro da applicare all'estradosso del solaio di confine verso il sottotetto. La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati come di seguito descritto:

Tabella 9.1 – Analisi dei costi della EEM1 – Isolamento solaio di copertura

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ²]	[€]	[€]	[€]
Materassino in lana di vetro 20cm	Liguria 2017	185	€/mq	8,334	1.541,79 €	339,19 €	1.880,98 €
Posa materassino isolante	Liguria 2017	185	€/mq	4,221	780,89 €	171,79 €	952,68 €
Costi per la sicurezza					69,68 €	15,33 €	85,01 €
Costi per la progettazione					162,59 €	35,77 €	198,36 €
TOTALE (I₀)					2.554,94 €	562,09 €	3.117,03 €
Incentivi	Conto termico					[€]	1.247
Durata incentivi						[Anni]	5
Incentivo annuo						[€/anno]	249

EEM2: Sostituzione infissi

Nella Tabella 9.12 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 2, che consiste nella sostituzione degli infissi presenti con nuovi in PVC e vetrocamera con rivestimento basso emissivo. 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 – Infissi in PVC

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ²]	[€]	[€]	[€]
Rimozione infissi esistenti	Liguria 2017	13	€/mq	12,159	158,07 €	34,77 €	192,84 €
Fornitura infissi in PVC	Liguria 2017	13	€/mq	296,01	3.848,13 €	846,59 €	4.694,72 €
Posa in opera di infissi in PVC	Liguria 2017	13	€/mq	42,858	557,15 €	122,57 €	679,73 €
Costi per la sicurezza					136,90 €	30,12 €	167,02 €
Costi per la progettazione					319,43 €	70,28 €	389,71 €
TOTALE (I₀)					5.019,69 €	1.104,33 €	6.124,02 €
Incentivi	Conto termico					[€]	2.450
Durata incentivi						[Anni]	5
Incentivo annuo						[€/anno]	490

EEM3: Sostituzione generatore di calore

Nella Tabella 9.13 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 3, che consiste nell'installazione di due generatori modulari a gas a condensazione.

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

Tabella 9.3 – Analisi dei costi della EEM3 – Generatore a condensazione

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO [€/n° o €/m ²]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
Rimozione di caldaia esistente	CCIAA RE	1	cad	3697,5	3.697,50 €	813,45 €	4.510,95 €
Fornitura di caldaia a condensazione da 30 kW	Liguria 2017	2	cad	1367,91	2.735,82 €	601,88 €	3.337,70 €
Posa in opera di caldaia murale	Liguria 2017	2	cad	299,196	598,39 €	131,65 €	730,04 €
Costi per la sicurezza					210,95 €	46,41 €	257,36 €
Costi per la progettazione					492,22 €	108,29 €	600,51 €
TOTALE (I₀)					7.734,88 €	1.701,67 €	9.436,56 €
Incentivi	Conto termico					[€]	3.775
Durata incentivi						[Anni]	5
Incentivo annuo						[€/anno]	755

EEM4: Installazione circolatore a giri variabili

Nella Tabella 9.14 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 4, che consiste nell'installazione di un circolatore elettronico a giri variabili (inverter).

Tabella 9.4 – Analisi dei costi della EEM4 – Circolatore inverter

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO [€/n° o €/m ²]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
Posa in opera di nuovo circolatore	Liguria 2017	2	cad	45,054	90,11 €	19,82 €	109,93 €
Fornitura di circolatore inverter 1"1/4 sing.	Liguria 2017	2	cad	968,013	1.936,03 €	425,93 €	2.361,95 €
Costi per la sicurezza					60,78 €	13,37 €	74,16 €
Costi per la progettazione					141,83 €	31,20 €	173,03 €
TOTALE (I₀)					2.228,75 €	490,32 €	2.719,07 €

EEM5: Installazione di valvole termostatiche

Nella Tabella 9.15 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 5, che consiste nell'installazione di valvole termostatiche su tutti i corpi scaldanti dell'edificio.

Tabella 9.5 – Analisi dei costi della EEM5 – Valvole termostatiche

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO [€/n° o €/m ²]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
Valvole termostatiche	Liguria 2017	23	cad	37,233	856,36 €	188,40 €	1.044,76 €
Costi per la sicurezza					25,69 €	5,65 €	31,34 €
Costi per la progettazione					59,95 €	13,19 €	73,13 €
TOTALE (I₀)					941,99 €	207,24 €	1.149,23 €

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: Isolamento solaio sottotetto

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

Tabella 9.6 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM1– Isolamento solaio copertura

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€ 3.117
Oneri Finanziari % I_0	OF	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	3
Vita utile	n	30
Incentivo annuo	B	€/anno 249
Durata incentivo	n_B	5
Tasso di attualizzazione	i	3,5%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO	VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRs	10,6 / 5,9
Tempo di rientro attualizzato	TRa	13,9 / 7,8
Valore attuale netto	VAN	1.965 / 3.075
Tasso interno di rendimento	TIR	8,9% / 13,3%
Indice di profitto	IP	0,63 / 0,99

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

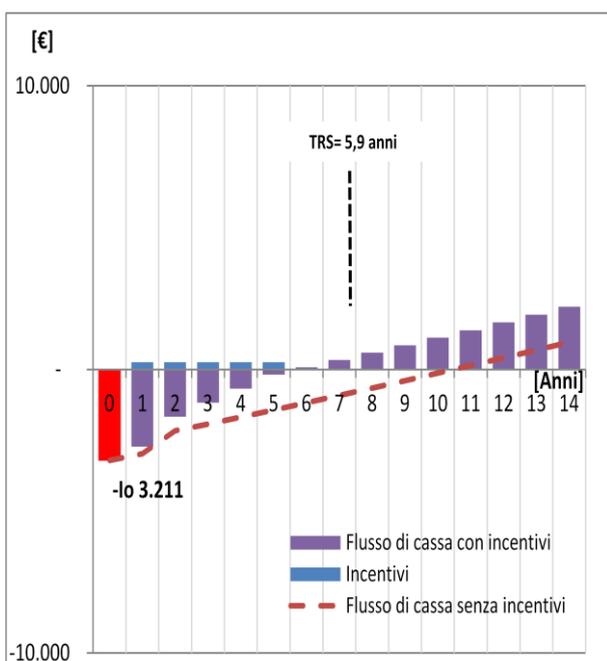
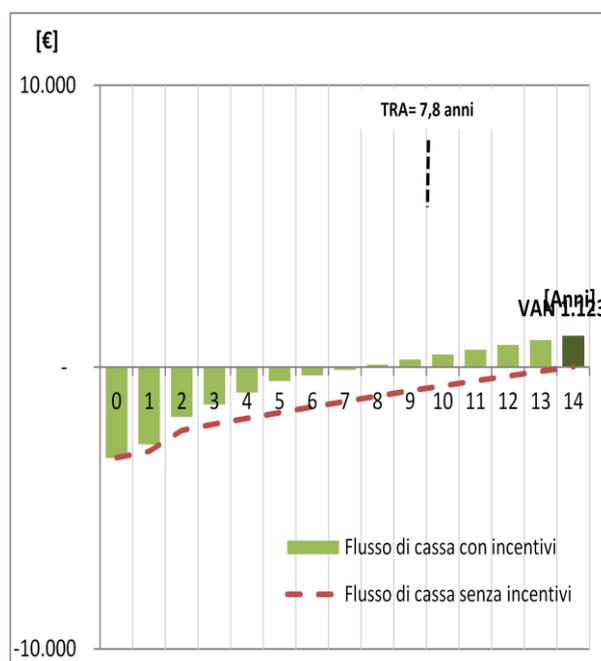


Figura 9.2 – EEM1: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento è economicamente conveniente in presenza di incentivi.

EEM2: Sostituzione infissi

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 EEM2– Sostituzione infissi

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE	
Investimento Iniziale	I_0	€	6.124
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	490
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	42,5	24,8
Tempo di rientro attualizzato	TRA	64,8	37,1
Valore attuale netto	VAN	- 3.386	- 1.205
Tasso interno di rendimento	TIR	-2,5%	1,0%
Indice di profitto	IP	-0,55	-0,20

I flussi di cassa rappresentativi dell'analisi sono riportati nelle Figura 9.13 e Figura 9.24.

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

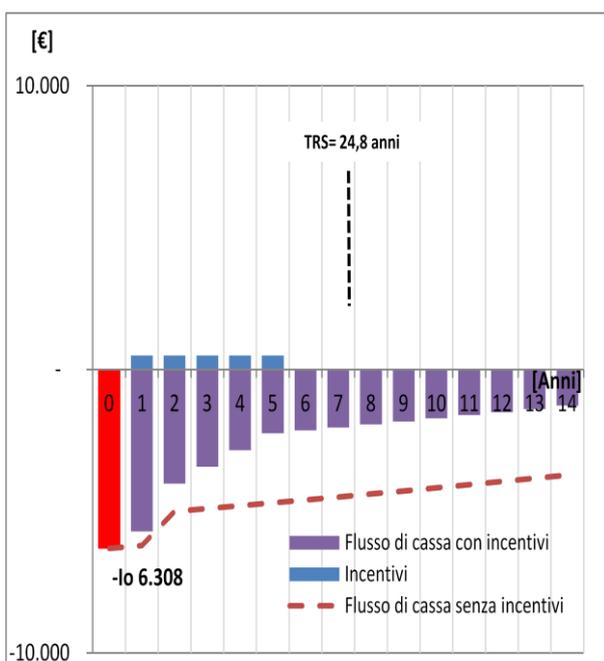
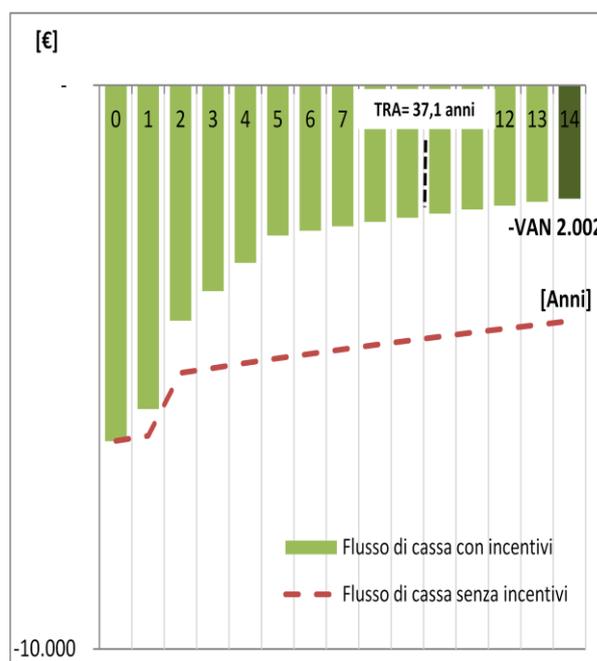


Figura 9.4 – EEM2: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



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

EEM3: Generatore di calore a condensazione

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– Generatore di calore a condensazione

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€ 9.437
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 755
Durata incentivo	n_B	anni 5
Tasso di attualizzazione	i	[%] 3,5%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO	VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS 3,8	2,8
Tempo di rientro attualizzato	TRA 4,4	3,2
Valore attuale netto	VAN 15.475	18.835
Tasso interno di rendimento	TIR 24,1%	30,7%
Indice di profitto	IP 1,64	2,00

I flussi di cassa rappresentativi dell'analisi sono riportati nelle Figura 9.15 e Figura 9.26.

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

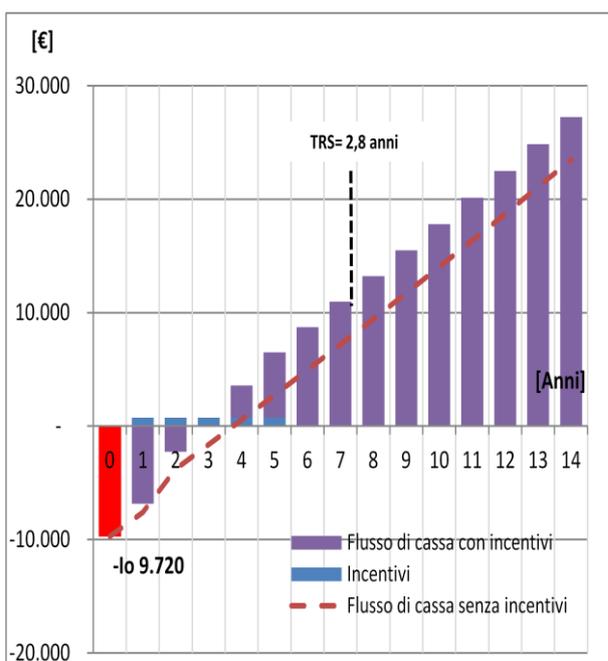
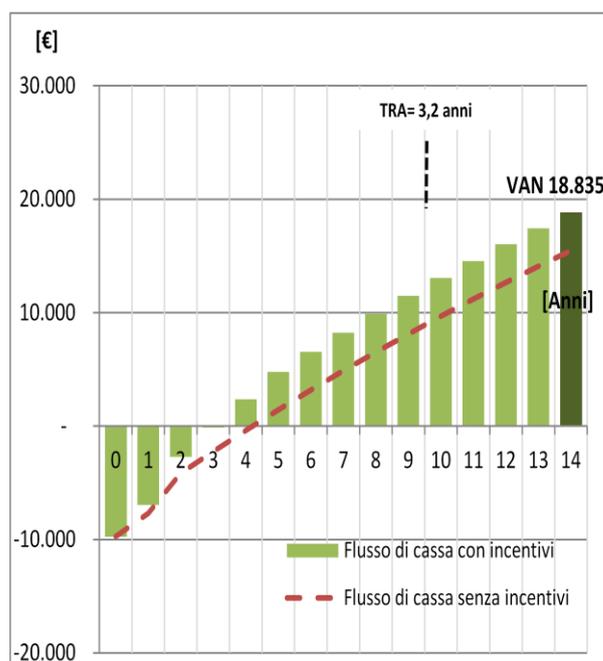


Figura 9.6 – EEM3: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento è economicamente conveniente con o senza incentivi.

EEM4: Sostituzione circolatore

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– Circolatore inverter

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE	
Investimento Iniziale	I_0	€	2.719
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	11,7	11,7
Tempo di rientro attualizzato	TRA	16,4	16,4
Valore attuale netto	VAN	- 239	- 239
Tasso interno di rendimento	TIR	2,5%	2,5%
Indice di profitto	IP	-0,09	-0,09

I flussi di cassa rappresentativi dell'analisi sono riportati nelle Figura 9.17 e Figura 9.28.

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

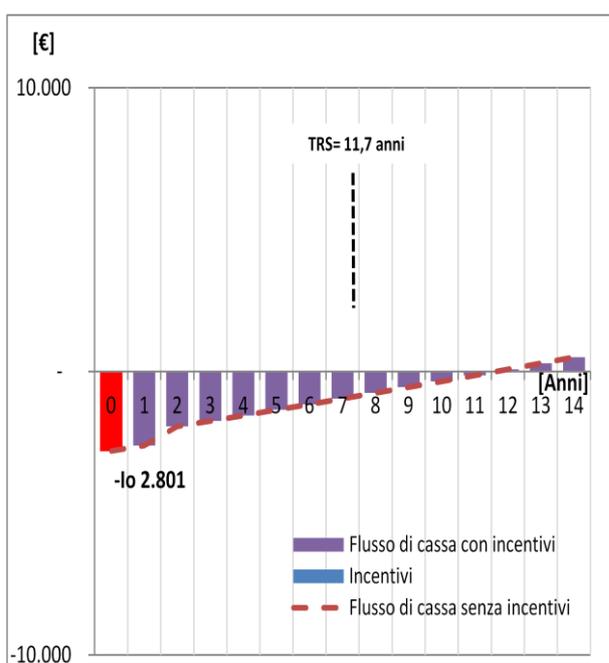
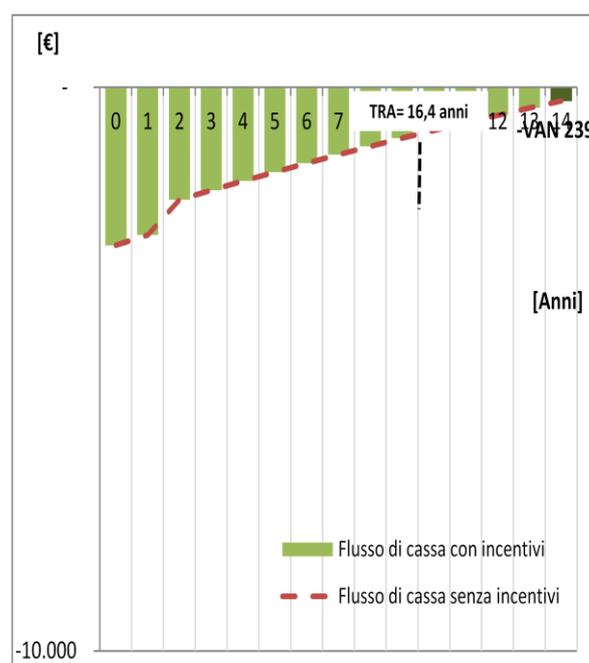


Figura 9.8 – EEM4: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento è economicamente conveniente con o senza incentivi.

EEM5: Valvole termostatiche

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 EEM5– Valvole termostatiche

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€ 1.149
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	3,5 -
Tempo di rientro attualizzato	TRA	3,9 -
Valore attuale netto	VAN	2.185 -
Tasso interno di rendimento	TIR	26,6% -
Indice di profitto	IP	1,90 -

I flussi di cassa rappresentativi dell'analisi sono riportati nelle Figura 9.19 e Figura 9.210.

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

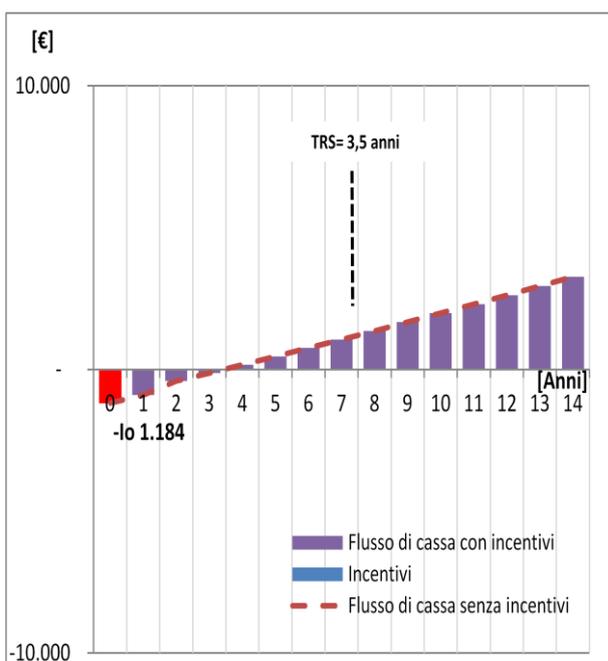
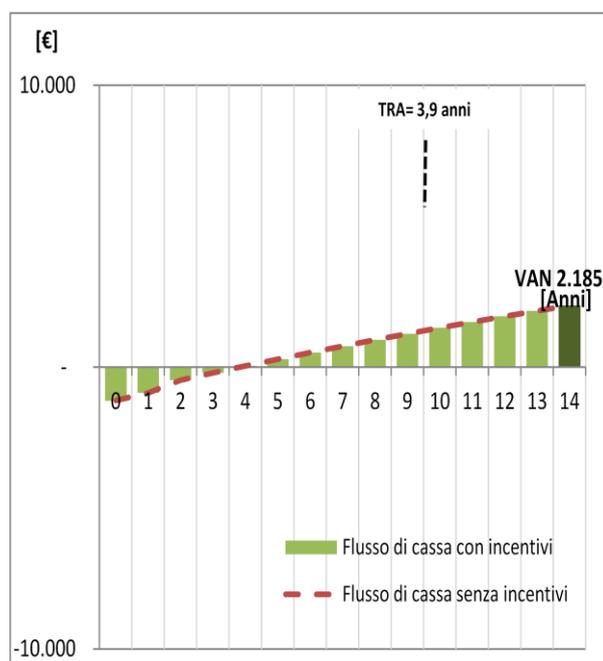


Figura 9.10 – EEM5: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



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

Sintesi

La sintesi della valutazione economico – finanziaria delle EEM proposte è riportata nelle Tabella 9.1111 e Tabella 9.12.

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

SENZA INCENTIVI												
	% Δ_E	% Δ_{CO_2}	ΔC_E	ΔC_{MO}	ΔC_{MS}	I_0	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]
EEM 1	5,1	5,1	287	-	-	3.117	10,6	13,9	30	1.965	8,9	0,63
EEM 2	2,1	2,1	117	-	-	6.124	42,5	64,8	30	-3.386	-2,5	-0,55
EEM 3	30,2	30,2	1.700	672	179	9.437	3,8	4,4	15	15.475	24,1	1,64
EEM 4	3,7	3,7	224	-	-	2.179	11,7	16,4	15	-239	2,5	-0,09
EEM 5	5,8	5,8	338	-	-	1.149	3,5	3,9	15	2.185	26,6	1,90

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

- % Δ_E è il valore percentuale di riduzione dei consumi energetici rispetto al baseline energetico complessivo (termico + elettrico);
- % Δ_{CO_2} 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;

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

CON INCENTIVI												
	% Δ_E	% Δ_{CO_2}	ΔC_E	ΔC_{MO}	ΔC_{MS}	I_0	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]
EEM 1	5,1	5,1	287	-	-	3.117	5,9	7,8	30	3.075	13,3	0,99
EEM 2	2,1	2,1	117	-	-	6.124	24,8	37,1	30	-1.205	1,0	-0,20
EEM 3	30,2	30,2	1.700	672	179	9.437	2,8	3,2	15	18.835	30,7	2,00
EEM 4	3,7	3,7	224	-	-	2.179	11,7	16,4	15	-239	2,5	-0,09
EEM 5	5,8	5,8	338	-	-	1.149	3,5	3,9	15	2.185	26,6	1,90

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 ≤ 25 anni.

Il primo scenario ottimale, con tempi di ritorno del capitale investito maggiore, permetterà la formulazione di soluzioni 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: IMPIANTO TERMICO:** Tale scenario consiste nella realizzazione di EEM3, EEM4 ed EEM5, cioè nell'installazione di un generatore modulante a condensazione, un circolatore elettronico a giri variabili ed un sistema di regolazione costituito da valvole termostatiche installate su tutti i radiatori dell'edificio.
- **Scenario 2: INVOLUCRO E GENERATORE:** Tale scenario consiste nella realizzazione di EEM1, EEM2 ed EEM3 e cioè nell'isolamento del solaio di copertura, nella sostituzione degli infissi e nell'installazione di un sistema di generazione del calore modulare a condensazione.

9.3.1 Scenario 1: INVOLUCRO E GENERATORE

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) [€]
EEM3 Fornitura & Posa	7.031,71 €	1.546,98 €	8.578,69 €
EEM4 Fornitura & Posa	2.026,13 €	445,75 €	2.471,88 €
EEM5 Fornitura & Posa	856,36 €	188,40 €	1.044,76 €
Costi per la sicurezza	297,43 €	65,43 €	362,86 €
Costi per la progettazione	693,99 €	152,68 €	846,67 €
TOTALE (I₀)	10.905,63 €	2.399,24 €	13.304,86 €
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO} (IVA INCLUSA) [€]	C _{MS} (IVA INCLUSA) [€]	C _M (IVA INCLUSA) [€]
EEM3 O&M	6.047,44 €	1.607,55 €	7.654,99 €
EEM4 O&M	6.719,38 €	1.786,16 €	8.505,54 €
EEM5 O&M	6.719,38 €	1.786,16 €	8.505,54 €
TOTALE (C_M)	6.047,44 €	1.607,55 €	7.654,99 €
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]	
Incentivi	Conto termico	5.321,95	€
Durata incentivi		5	Anni
Incentivo annuo		1.064,39	€/Anno

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

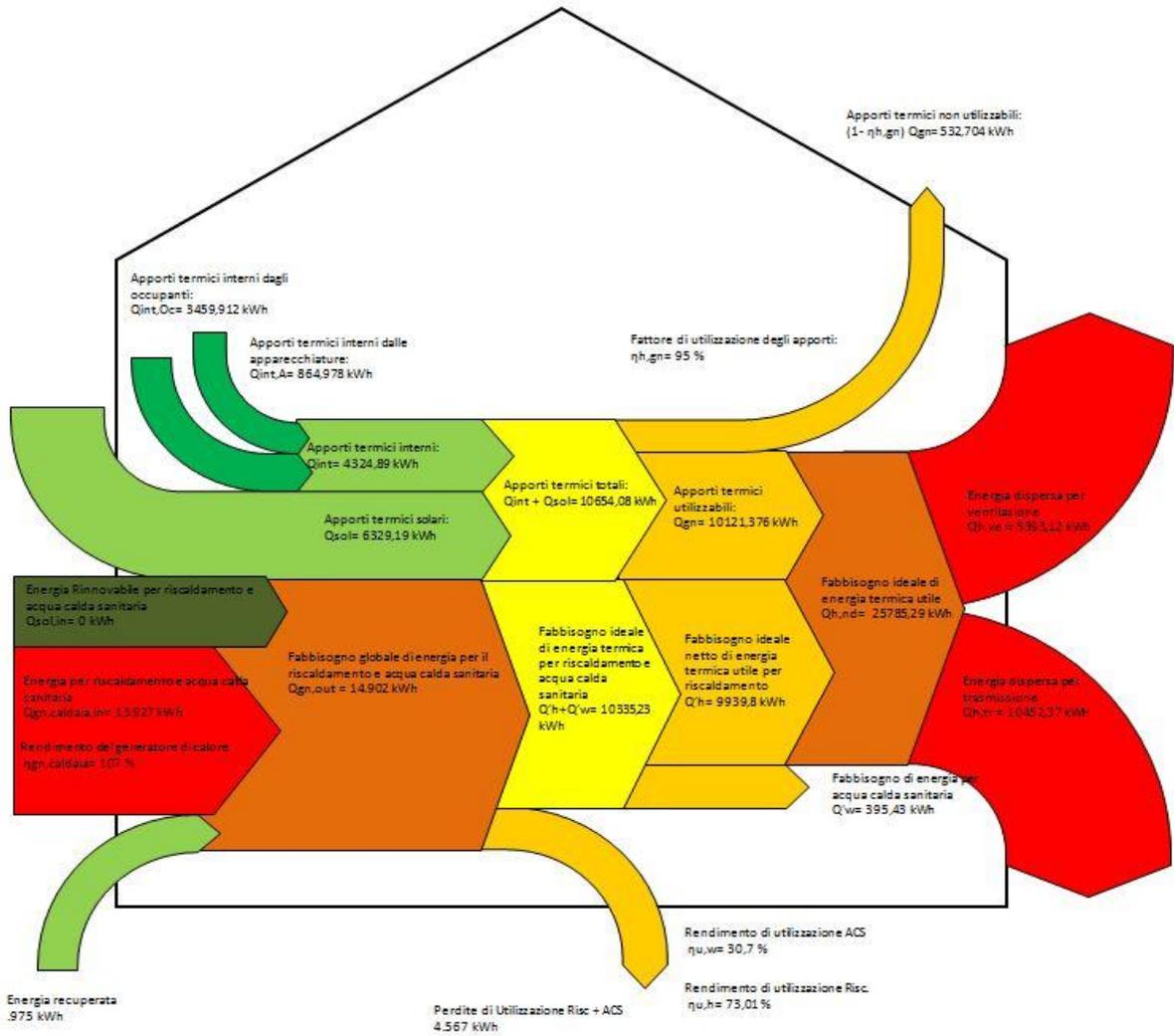
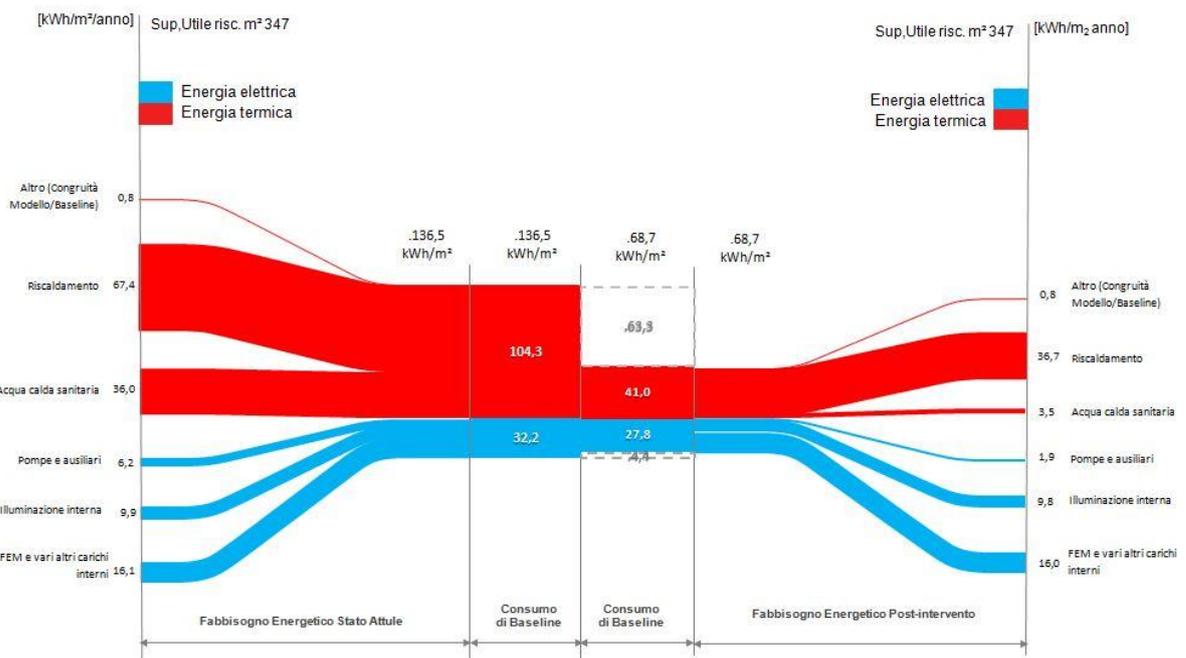


Figura 9.12 – SCN1: Bilancio energetico complessivo dell’edificio post intervento



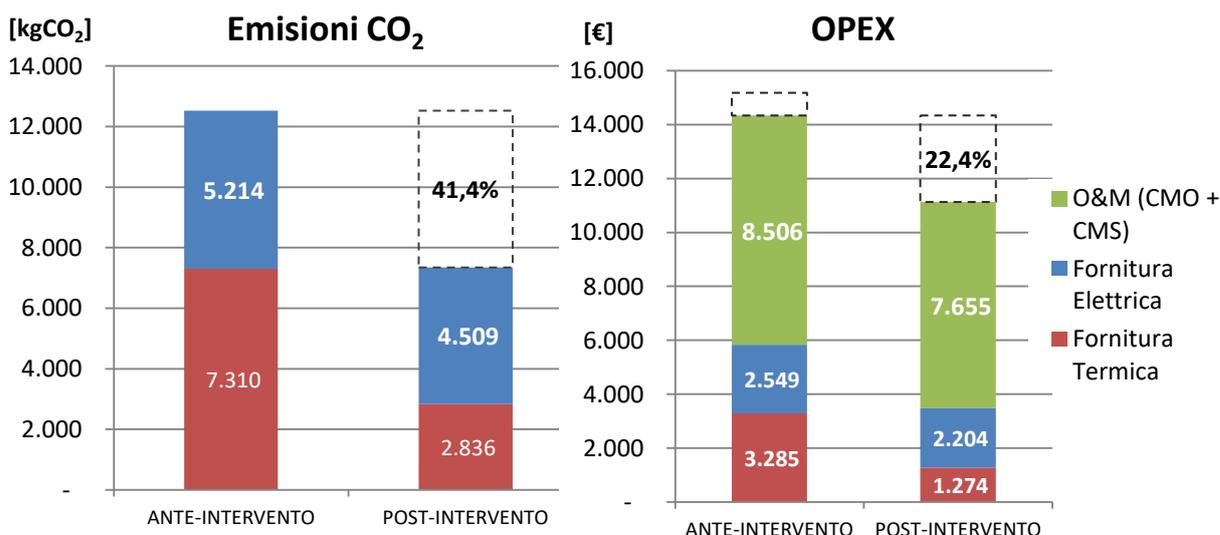
I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella Tabella 9.1414 e nella Figura 9.3

Tabella 9.14 – Risultati analisi SCN1 – IMPIANTO TERMICO

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM3 - Rendimento di generazione	[-]	91	107	-17,6%
EEM4 - Potenza installata	[W]	370	80	78,4%
EEM5 - Rendimento di regolazione	[-]	86	99	-15,1%
$Q_{teorico}$	[kWh]	35.898	13.927	61,2%
$EE_{teorico}$	[kWh]	11.445	9.898	13,5%
$Q_{baseline}$	[kWh]	36.190	14.040	61,2%
$EE_{Baseline}$	[kWh]	11.165	9.656	13,5%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	7.310	2.836	61,2%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	5.214	4.509	13,5%
Emiss. CO2 Totale	[kgCO₂]	12.524	7.345	41,4%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	3.285	1.274	61,2%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	2.549	2.204	13,5%
Fornitura Energia, C_E	[€]	5.834	3.479	40,4%
Costo Manutenzione Ordinaria, C_{MO}	[€]	6.719	6.047	10,0%
Costo Manutenzione Straordinaria, C_{MS}	[€]	1.786	1.608	10,0%
Costo per O&M ($C_M = C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	8.506	7.655	10,0%
OPEX	[€]	14.339	11.134	22,4%
Classe energetica	[-]	G	E	+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: 0,074 [€/kWh] per il vettore termico e 0,234 [€/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. I risultati dell’analisi sono riportati nella Tabella 9.115, Tabella 9.6 e Tabella 9.7 e nelle successive figure.

Tabella 9.15 – Parametri finanziari dell’analisi di redditività dello SCN1– IMPIANTO TERMICO

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	8
Anni Equity	n_E	14
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_0	€ 13.305
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 399
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 13.704
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€ 10.963
Equity	I_E	€ 2.741
Fattore di annualità Debito	FA_D	6,88
Rata annua debito	q_D	€ 1.592
Costo finanziamento,(D+INT _D)	$q_D * n_D$	€ 12.740
Costi per interessi debito, INT _D	$INT_D = q_D * n_D - D$	€ 1.776

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

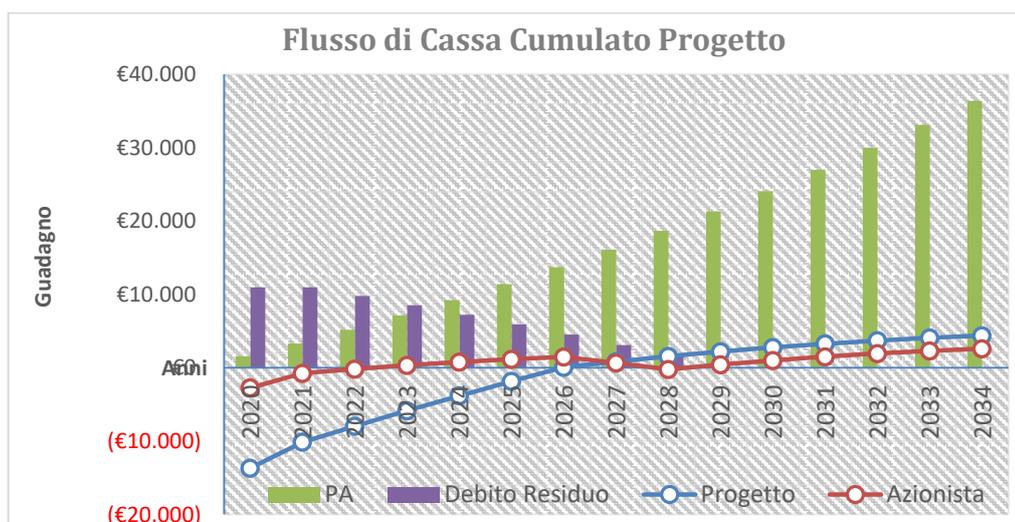
PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€ 4.782
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€ 6.379
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€ 11.161
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	% ΔC_E	40,4%
Riduzione% costi O&M	% ΔC_M	10,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	% $C_{Baseline}$	12,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€ 2.079
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€ 1.339
Risparmio PA durante la concessione	14%	€ 36.389
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€ 3.075
N° di Canoni annuali	anni	14
Utile lordo della ESCO	%CAPEX	18,91%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	€ 185
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€ 127

Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€	427
Canone O&M €/anno	CnM	€	5.961
Canone Energia €/anno	CnE	€	3.121
Canone Servizi €/anno IVA escl.	CnS	€	9.082
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	CnD	€	739
Canone Totale €/anno IVA escl.	Cn	€	9.822
Aliquota IVA %	IVA		22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€	2.399
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_b	€	5.322
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 REDDITIVITÀ DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	6,97
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	9,92
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	$VAN > 0$	€ 1.417
Tasso interno di rendimento del progetto	$TIR > WACC$	6,45%
Indice di Profitto	IP	10,65%
INDICATORI DI REDDITIVITÀ DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	3,28
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	3,92
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	$VAN > 0$	€ 913
Tasso interno di rendimento dell'azionista	$TIR > k_e$	20,65%
Debit Service Cover Ratio	$DSCR < 1,3$	1,123
Loan Life Cover Ratio	$LLCR > 1$	1,160
Indice di Profitto Azionista	IP	6,86%

Figura 9.14 –SCN1: Flussi di cassa del progetto



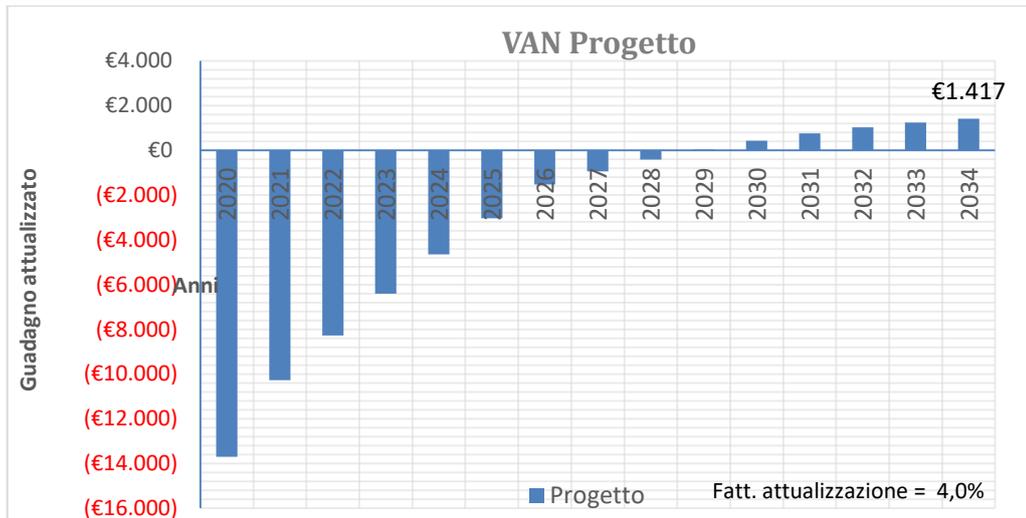
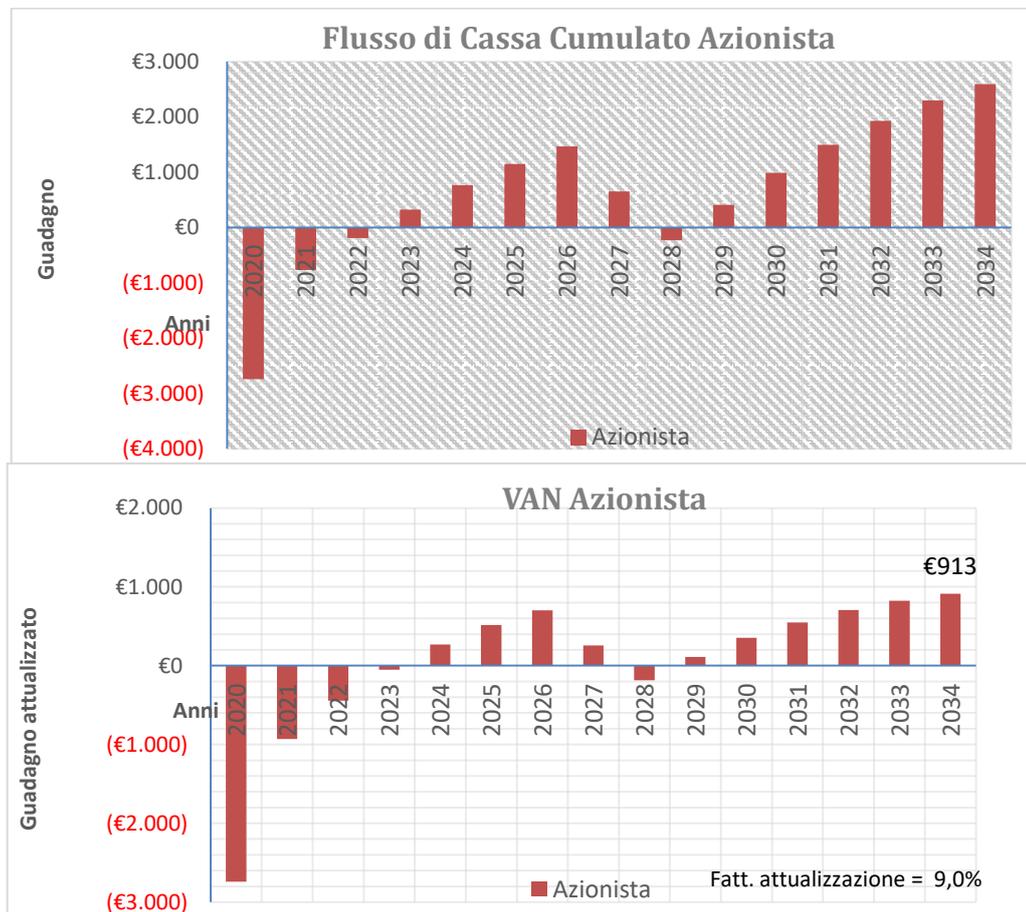
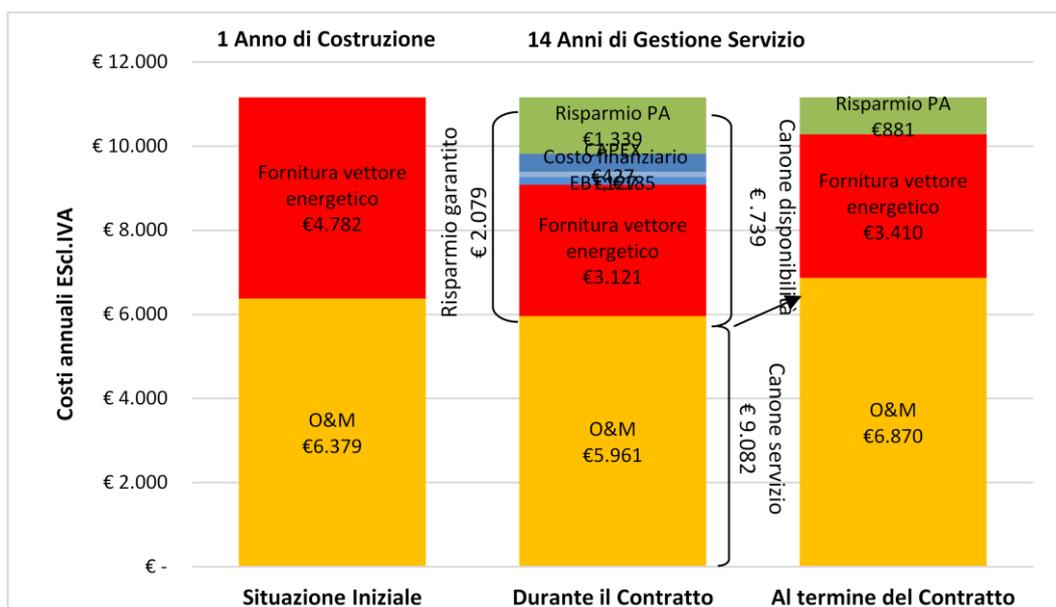


Figura 9.15 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



Infine si è provveduto all’identificazione del possibile canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale con incentivi (se applicabili) attraverso la partecipazione di ESCO secondo lo schema di EPC descritto in Figura 9..

Figura 9.16 – Scenario 1: Schema di Energy Performance Contract



9.3.2 Scenario 2: IMPIANTO TERMICO

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 Al 22% [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
EEM1 Fornitura & Posa	2.322,68 €	510,99 €	2.833,66 €
EEM2 Fornitura & Posa	4.563,35 €	1.003,94 €	5.567,29 €
EEM3 Fornitura & Posa	7.031,71 €	1.546,98 €	8.578,69 €
Costi per la sicurezza	417,53 €	91,86 €	509,39 €
Costi per la progettazione	974,24 €	214,33 €	1.188,57 €
TOTALE (I₀)	15.309,51 €	3.368,09 €	18.677,60 €
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO} (IVA INCLUSA) [€]	C _{MS} (IVA INCLUSA) [€]	C _M (IVA INCLUSA) [€]
EEM1 O&M	6.719,38 €	1.786,16 €	8.505,54 €
EEM2 O&M	6.719,38 €	1.786,16 €	8.505,54 €
EEM3 O&M	6.047,44 €	1.607,55 €	7.654,99 €
TOTALE (C_M)	6.047,44 €	1.607,55 €	7.654,99 €
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]	
Incentivi	Conto termico	9.338,80	€
Durata incentivi		5	Anni
Incentivo annuo		1.867,76	€/Anno

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

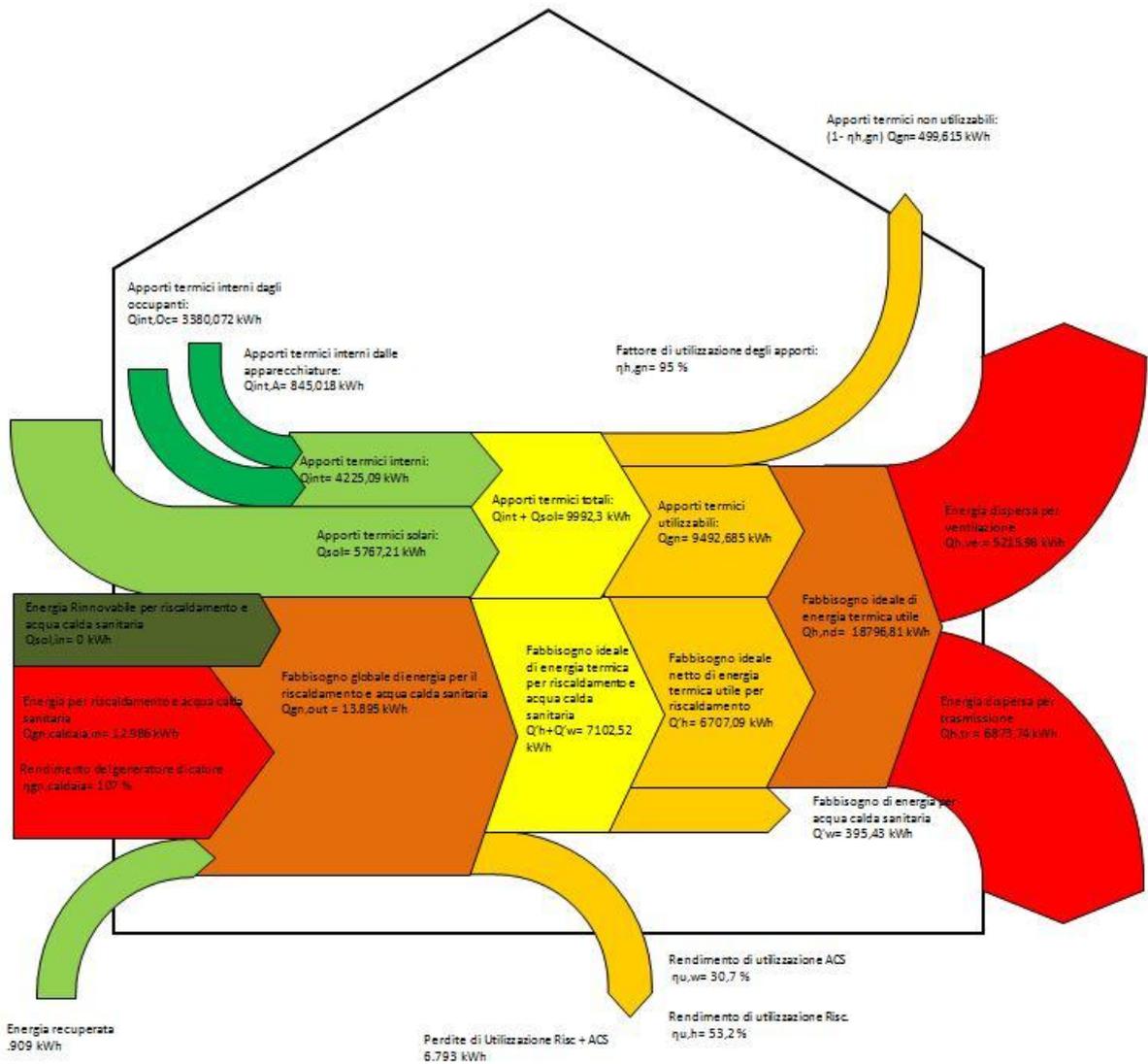
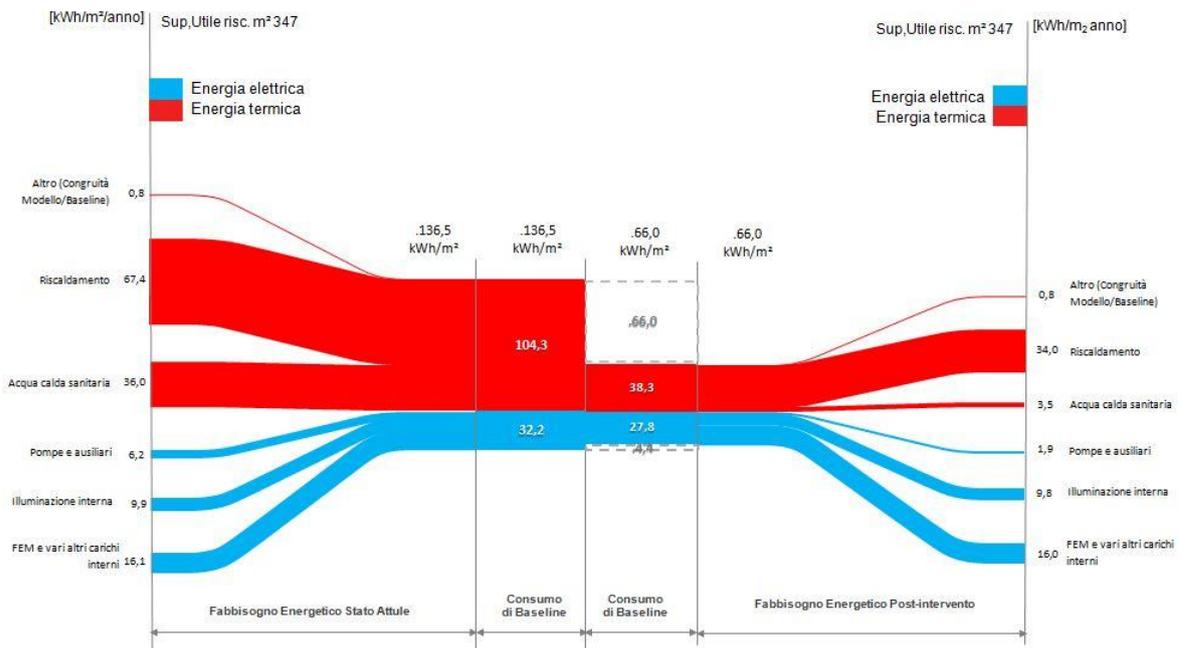


Figura 9.18 – SCN2: Bilancio energetico complessivo dell’edificio post intervento



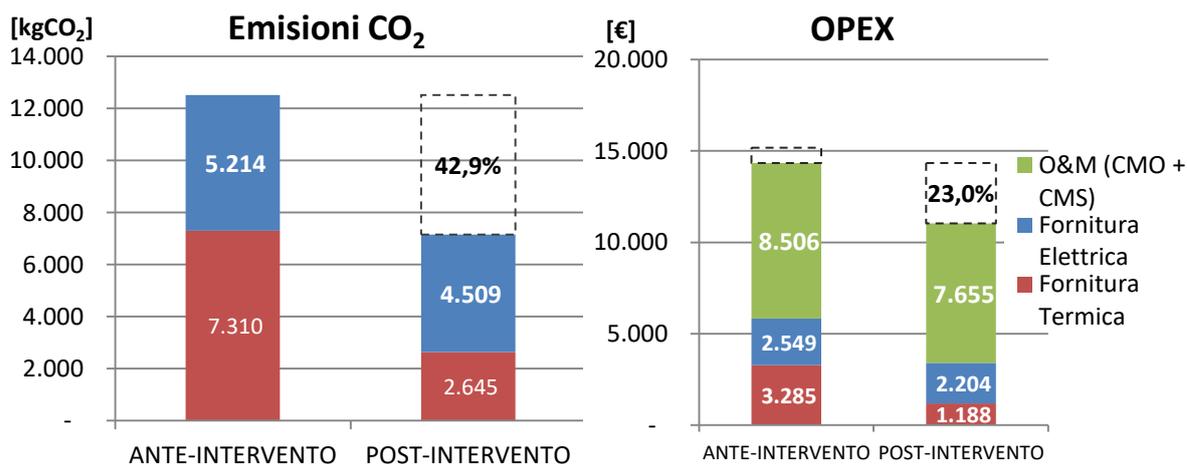
I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione dello Scenario 2 sono riportati nella Tabella 9.1419 e nella Figura 9.19.

Tabella 9.19 – Risultati analisi SCN2 – INVOLUCRO E GENERATORE

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM1 - Trasmittanza termica	[W/m ² K]	1,997	0,207	89,6%
EEM2 - Trasmittanza termica	[W/m ² K]	5,7	1,435	74,8%
EEM3 - Rendimento di generazione	[-]	91	107	-17,6%
Q _{teorico}	[kWh]	35.898	12.986	63,8%
EE _{teorico}	[kWh]	11.445	9.898	13,5%
Q _{baseline}	[kWh]	36.190	13.092	63,8%
EE _{Baseline}	[kWh]	11.165	9.656	13,5%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	7.310	2.645	63,8%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	5.214	4.509	13,5%
Emiss. CO2 Totale	[kgCO₂]	12.524	7.154	42,9%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	3.285	1.188	63,8%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	2.549	2.204	13,5%
Fornitura Energia, C_E	[€]	5.834	3.393	41,8%
Costo Manutenzione Ordinaria, C _{MO}	[€]	6.719	6.047	10,0%
Costo Manutenzione Straordinaria, C _{MS}	[€]	1.786	1.608	10,0%
Costo per O&M (C _M = C _{MO} + C _{MS})	[€]	8.506	7.655	10,0%
OPEX	[€]	14.339	11.048	23,0%
Classe energetica	[-]	G	D	+3 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.

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. I risultati dell’analisi sono riportati nella Tabella 9.120, Tabella 9.21 e Tabella 9.22 e nelle successive figure.

Tabella 9.20 – Parametri finanziari dell’analisi di redditività dello SCN2– INVOLUCRO E GENERATORE

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	n_i	2
Anni Gestione Servizio	n_s	23
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	6
Anni Equity	n_E	23
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_0	€ 18.678
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 560
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 19.238
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€ 15.390
Equity	I_E	€ 3.848
Fattore di annualità Debito	FA_D	5,35
Rata annua debito	q_D	€ 2.874
Costo finanziamento,(D+INT _D)	$q_D * n_D$	€ 17.244
Costi per interessi debito, INT _D	$INT_D = q_D * n_D - D$	€ 1.854

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

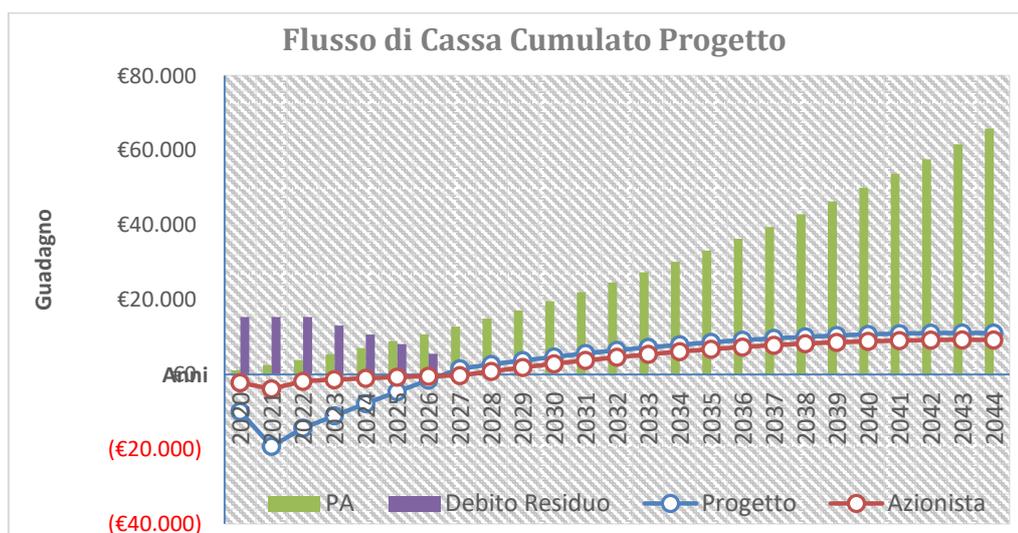
PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€ 4.782
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€ 6.379
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€ 11.161
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	% ΔC_E	41,8%
Riduzione% costi O&M	% ΔC_M	10,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	% $C_{Baseline}$	9,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€ 1.770
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€ 1.004
Risparmio PA durante la concessione	14%	€ 65.770
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€ 3.556
N° di Canoni annuali	anni	23
Utile lordo della ESCO	%CAPEX	47,97%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	€ 401
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€ 81

Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€	284
Canone O&M €/anno	CnM	€	6.129
Canone Energia €/anno	CnE	€	3.262
Canone Servizi €/anno IVA escl.	CnS	€	9.391
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	CnD	€	766
Canone Totale €/anno IVA escl.	Cn	€	10.157
Aliquota IVA %	IVA		22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€	3.368
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_b	€	9.339
Durata Incentivi, anni	n_b		5
Inizio erogazione Incentivi, anno			2023

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

INDICATORI DI REDDITIVITÀ DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	7,49
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	9,58
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€ 4.549
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC	8,26%
Indice di Profitto	IP	24,35%
INDICATORI DI REDDITIVITÀ DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	8,27
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	9,86
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€ 2.304
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke	17,47%
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3	1,094
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1	1,815
Indice di Profitto Azionista	IP	12,34%

Figura 9.20 –SCN2: Flussi di cassa del progetto



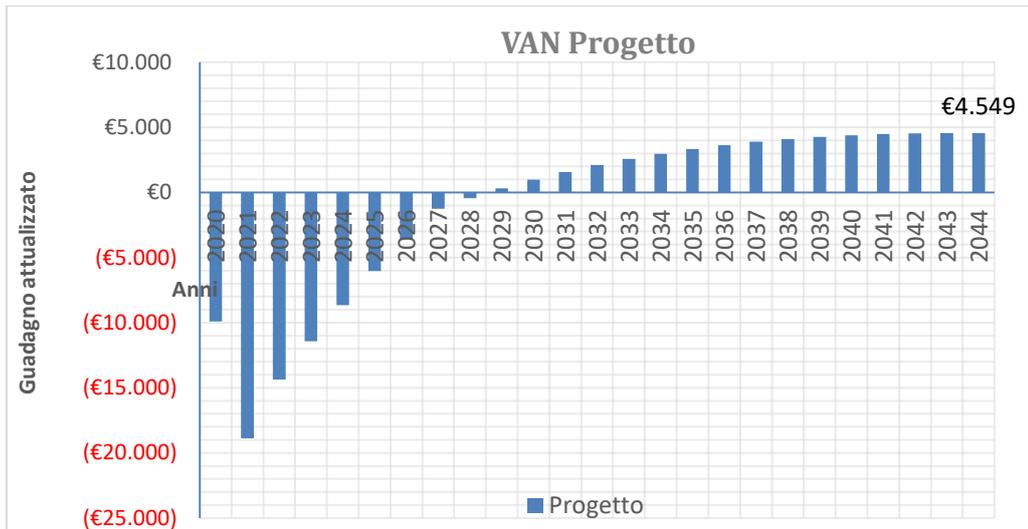
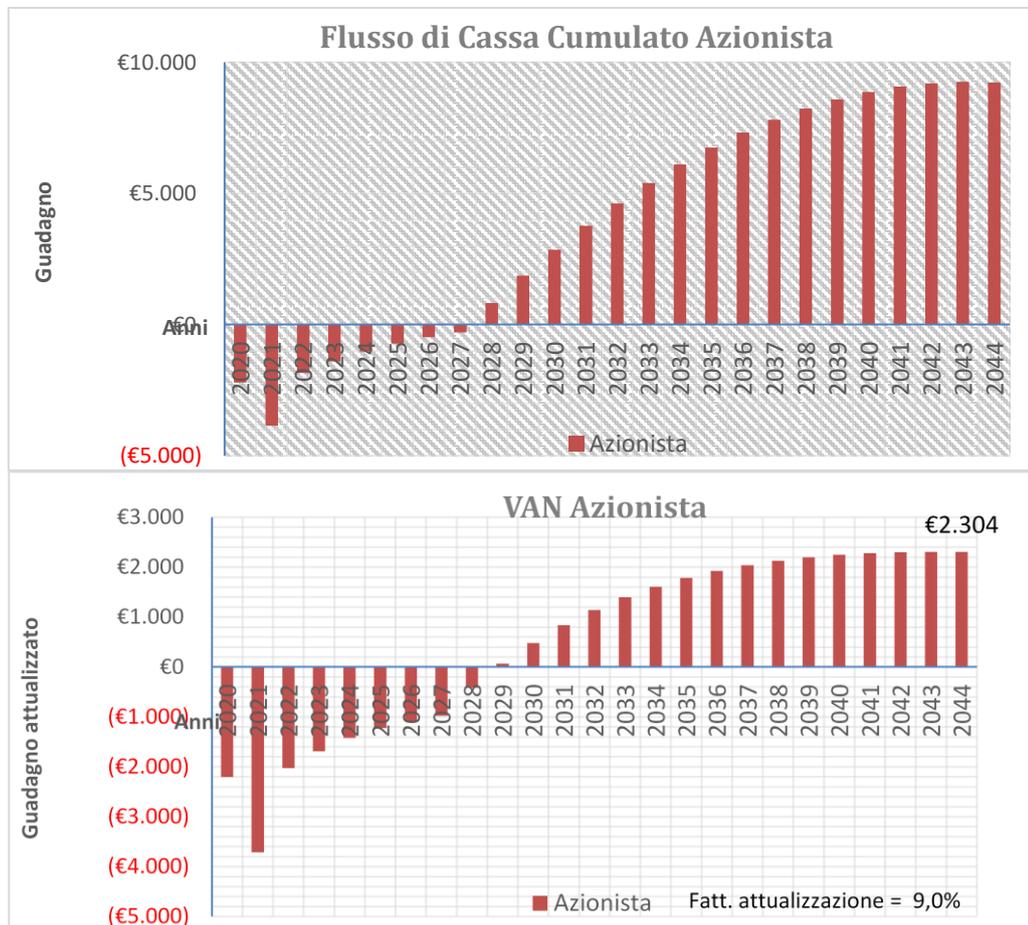
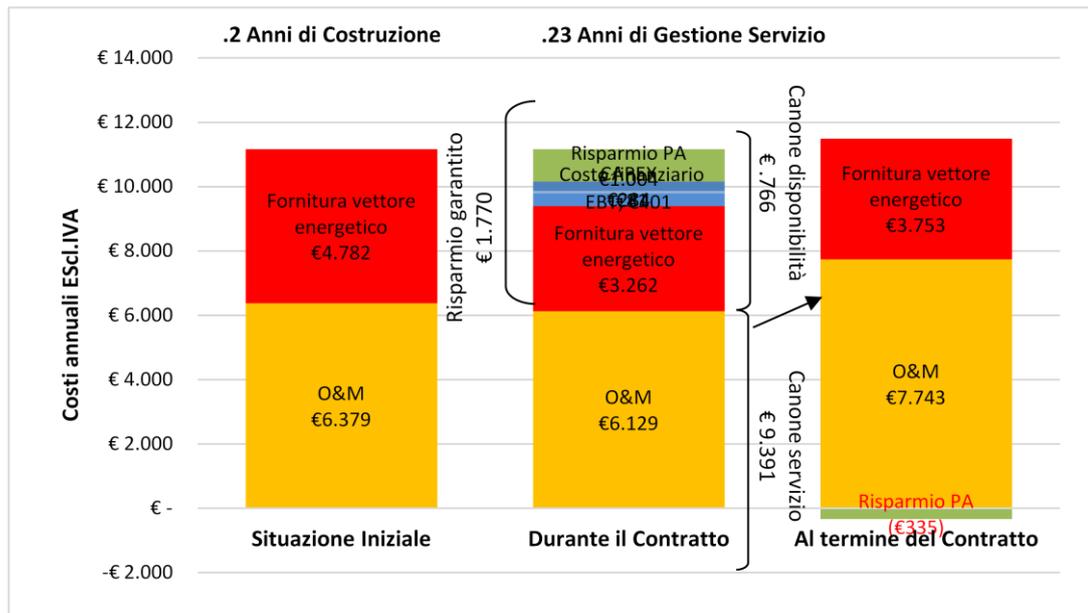


Figura 9.21 – SCN2: Flussi di cassa dell'azionista



Infine si è provveduto all'identificazione del possibile canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale con incentivi (se applicabili) 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 forniscano i maggiori vantaggi in termini di riduzione dei costi e consumi energetici, nei tempi di ritorno accettabili sopra descritti.

- **Scenario 1: IMPIANTO TERMICO:** Tale scenario consiste nella realizzazione di EEM3, EEM4 ed EEM5, cioè nell'installazione di un generatore modulante a condensazione, un circolatore elettronico a giri variabili ed un sistema di regolazione costituito da valvole termostatiche installate su tutti i radiatori dell'edificio.
- **Scenario 2: INVOLUCRO E GENERATORE:** Tale scenario consiste nella realizzazione di EEM1, EEM2 ed EEM3 e cioè nell'isolamento del solaio di copertura, nella sostituzione degli infissi e nell'installazione di un sistema di generazione del calore a condensazione.

Risultati analisi SCN1 – IMPIANTO TERMICO

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM3 - Rendimento di generazione	[-]	91	107	-17,6%
EEM4 - Potenza installata	[W]	370	80	78,4%
EEM5 - Rendimento di regolazione	[-]	86	99	-15,1%
$Q_{teorico}$	[kWh]	35.898	13.927	61,2%
$EE_{teorico}$	[kWh]	11.445	9.898	13,5%
$Q_{baseline}$	[kWh]	36.190	14.040	61,2%
$EE_{baseline}$	[kWh]	11.165	9.656	13,5%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	7.310	2.836	61,2%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	5.214	4.509	13,5%
Emiss. CO2 Totale	[kgCO₂]	12.524	7.345	41,4%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	3.285	1.274	61,2%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	2.549	2.204	13,5%
Fornitura Energia, C_E	[€]	5.834	3.479	40,4%
Costo Manutenzione Ordinaria, C_{MO}	[€]	6.719	6.047	10,0%
Costo Manutenzione Straordinaria, C_{MS}	[€]	1.786	1.608	10,0%
Costo per O&M ($C_M = C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	8.506	7.655	10,0%
OPEX	[€]	14.339	11.134	22,4%
Classe energetica	[-]	G	E	+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: 0,074 [€/kWh] per il vettore termico e 0,234 [€/kWh] per il vettore elettrico.

Risultati analisi SCN2 – INVOLUCRO E GENERATORE

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

EEM1 - Trasmittanza termica	[W/m ² K]	1,997	0,207	89,6%
EEM2 - Trasmittanza termica	[W/m ² K]	5,7	1,435	74,8%
EEM3 - Rendimento di generazione	[-]	91	107	-17,6%
Q _{teorico}	[kWh]	35.898	12.986	63,8%
EE _{teorico}	[kWh]	11.445	9.898	13,5%
Q _{baseline}	[kWh]	36.190	13.092	63,8%
EE _{Baseline}	[kWh]	11.165	9.656	13,5%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	7.310	2.645	63,8%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	5.214	4.509	13,5%
Emiss. CO2 Totale	[kgCO₂]	12.524	7.154	42,9%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	3.285	1.188	63,8%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	2.549	2.204	13,5%
Fornitura Energia, C_E	[€]	5.834	3.393	41,8%
Costo Manutenzione Ordinaria, C _{MO}	[€]	6.719	6.047	10,0%
Costo Manutenzione Straordinaria, C _{MS}	[€]	1.786	1.608	10,0%
Costo per O&M (C _M = C _{MO} + C _{MS})	[€]	8.506	7.655	10,0%
OPEX	[€]	14.339	11.048	23,0%
Classe energetica	[-]	G	D	+3 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.

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

	CON INCENTIVI												
	%Δ _E	%Δ _{CO₂}	ΔC _E	ΔC _{MO}	ΔC _{MS}	I ₀	TRS	TRA	VAN	TIR	IP	DSCR	LLCR
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]		
SCN 1	41,4	41,4	2.355	672	179	13.305	3,28	3,92	913	20,65	6,86	1,123	1,160
SCN 2	42,9	42,9	2.441	672	179	18.678	8,27	9,86	2.304	17,47	12,34	1,094	1,815

10.3 CONCLUSIONI E COMMENTI

Dall'analisi effettuata emerge che è possibile effettuare il miglioramento energetico in condizioni standard di almeno due classi energetiche da G a D attraverso gli scenari proposti e concernenti le specifiche tecniche riportate.

Gli interventi proposti mirano, oltre rendere più efficiente il sistema involucro-impianto, a risolvere anche criticità dal punto di vista edilizio ed impiantistico, con particolare riferimento alle gravi condizioni di obsolescenza del generatore ed altre parti dell'impianto termico.

Lo scenario più favorevole in termini economico-finanziari risulta essere quello che prevede l'efficientamento dell'impianto termico mediante la sostituzione del generatore, la realizzazione dell'isolamento del solaio sottotetto e la sostituzione degli infissi. Infatti, come avviene tipicamente, anche in questo caso la sostituzione del generatore a gas metano esistente, con nuovo sistema a condensazione risulta essere la EEM che presenta una maggiore convenienza economica.

Per quanto concerne il risparmio di CO₂ equivalente si stima un riduzione complessiva di 5.371 kg CO₂.

In termini di energia primaria, nello scenario migliore dal punto di vista energetico sarebbe possibile risparmiare 27.801 kWh.

ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA

Titolo	Data	Nome file
Documentazione fornita dalla committenza	27/07/18	DE_Lotto.n5- E1236_rev D-ALLEGATO A_Documentazione fornita dalla committenza

ALLEGATO B – ELABORATI GRAFICI

Titolo	Data	Nome file
Elaborati grafici	27/07/18	DE_Lotto.n5 – E1236_rev D-ALLEGATO B_Elaborati grafici DE_Lotto.n5-E1236_rev D-ALLEGATO B_Diagramma a blocchi impianto elettrico DE_Lotto.n5-E1236_rev D-ALLEGATO B_Planimetrie con posizione impianti e contatori DE_Lotto.n5-E1236_rev D-ALLEGATO B_Schema funzionale CT DE_Lotto.n5-E1236_rev D_ALLEGATO B_Analisi fatture energia elettrica.xls DE_Lotto.n5-E1236_rev D_ALLEGATO B_Analisi fatture energia termica.xls DE_Lotto.n5-E1183_rev D-ALLEGATO B_Grafici_template.xls Kyotobaseline-E1236_rev10.xls

ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

Titolo	Data	Nome file
Report di indagine termografica	27/07/18	DE_Lotto.n5 – E1236_rev D-ALLEGATO C_Report termografico

ALLEGATO D – REPORT DI INDAGINE ENDOSCOPICA

Titolo	Data	Nome file
Report di indagine endoscopica	27/07/18	DE_Lotto.n5 – E1236_rev D-ALLEGATO D_Report endoscopico

ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI

Titolo	Data	Nome file
Relazione di dettaglio calcoli	27/07/18	DE_Lotto.n5 – E1136_rev D-ALLEGATO E_Relazione calcolo

ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

Titolo	Data	Nome file
Certificato CTI	14/03/18	DE_Lotto.n5 – E1236_rev A-ALLEGATO F_Certificato-CTI-termus-40

ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

Titolo	Data	Nome file
APE stato di fatto	19/04/18	DE_Lotto.n5 – E1236_rev B-ALLEGATO G_APE stato di fatto
APE stato di fatto (con firma digitale)	19/04/18	DE_Lotto.n5 – E1236_rev B-ALLEGATO G_APE stato di fatto.P7M
Ricevuta invio APE	19/04/18	DE_Lotto.n5 – E1236_rev B-ALLEGATO G_RICEVUTA_invio APE_2018_12200
APE stato di fatto (XML)	19/04/18	DE_Lotto.n5 – E1236_rev B-ALLEGATO G_APE stato di fatto.XML
APE stato di fatto (XML) con firma digitale	19/04/18	DE_Lotto.n5 – E1236_rev B-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 – E1236_rev D-ALLEGATO H_ APE scenario 1
APE scenario 2	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1236_rev D-ALLEGATO H_ APE scenario 2

ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

Titolo	Data	Nome file
Dati climatici	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1236_rev D-ALLEGATO I_ Dati climatici

ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

Titolo	Data	Nome file
Schede di audit	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1236_rev D-ALLEGATO J_ schede di audit

ALLEGATO K – SCHEDE ORE

Titolo	Data	Nome file
Schede ORE	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1136_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 – E1136_rev D-ALLEGATO L_ PEF

ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

Titolo	Data	Nome file
Report di Benchmark	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1136_rev D-ALLEGATO M_ Report di Benchmark

ALLEGATO N – CD-ROM