

Asilo nido "GIROTONDO"

E1184

VIA FRATELLI DI CORONATA 7-9

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 “GIROTONDO”

E1184

VIA FRATELLI DI CORONATA 7-9

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
EXECUTIVE SUMMARY	I
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.....	8
3 DATI CLIMATICI	10
3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO.....	10
3.2 DATI CLIMATICI REALI.....	11
3.3 ANALISI DELL’ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO	11
4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI	13
4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL’INVOLUCRO EDILIZIO.....	13
<i>Involucro opaco</i>	13
<i>Involucro trasparente</i>	15
4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/ CLIMATIZZAZIONE INVERNALE.....	16
4.2.1 <i>Sottosistema di emissione</i>	16
4.2.2 <i>Sottosistema di regolazione</i>	17
4.2.3 <i>Sottosistema di distribuzione</i>	18
4.2.4 <i>Sottosistema di generazione</i>	21
4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA	22
4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE	22
4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE	23
5 CONSUMI RILEVATI	24
5.1 CONSUMI ENERGETICI STORICI PER CIASCUN VETTORE E CONNESSIONE ALLE RETI GAS NATURALE ED ELETTRICA.....	24
<i>Energia termica</i>	24
<i>Energia elettrica</i>	27
5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI	31

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	MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO	36
6.1	METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO	36
	<i>Validazione del modello termico</i>	37
	<i>Validazione del modello elettrico</i>	38
6.2	FABBISOGNI ENERGETICI.....	39
6.3	PROFILI ENERGETICI MENSILI.....	40
7	ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO	42
7.1	COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI	42
	<i>Vettore termico</i>	42
	<i>Vettore elettrico</i>	45
7.2	TARIFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL’ANALISI.....	48
7.3	COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI.....	48
7.4	BASELINE DEI COSTI.....	49
8	IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA	51
8.1	DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI	51
	<i>Involucro edilizio</i>	51
	8.1.1 <i>Impianto riscaldamento</i>	55
	8.1.2 <i>Impianto produzione acqua calda sanitaria</i>	59
	8.1.3 <i>Impianto di illuminazione ed impianto elettrico</i>	60
9	VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA	62
9.1	ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	62
9.2	ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	64
9.3	IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D’INTERVENTO E SCENARI D’INVESTIMENTO.....	71
	9.3.1 <i>Scenario 1: INFISSI E IMPIANTO TERMICO</i>	74
	9.3.2 <i>Scenario 2: INFISSI E IMPIANTO TERMICO</i>	81
10	CONCLUSIONI	88
10.1	RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA	88
10.2	RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI	88
10.3	CONCLUSIONI E COMMENTI.....	89
	ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA	A
	ALLEGATO B – ELABORATI GRAFICI	A
	ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA	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 0.1 - Tabella riepilogativa dei dati dell'edificio

PARAMENTO	U.M.	VALORE
Anno di costruzione edificio		1934
Anno di ristrutturazione		2008-2009
Zona climatica		[D]
Destinazione d'uso		E.7 Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli
Superficie utile riscaldata	[m ²]	367
Superficie disperdente (S)	[m ²]	1.044
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	2.068
Rapporto S/V	[1/m]	0,505
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	404
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	-
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	404
Tipologia generatore riscaldamento		Generatore tradizionale
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	67
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	-
Tipo di combustibile		Gas naturale
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Generatore tradizionale combinato
Emissioni CO ₂ di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	20,29
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{th} /anno]	64.736
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	5.480
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	15.446
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	3.319

Nota (1): Valori di Baseline

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

- EEM 1: Isolamento solaio di copertura
- EEM 2: Sostituzione infissi
- EEM 3: Installazione generatore di calore a condensazione
- EEM 4: Installazione valvole termostatiche
- EEM 5: Installazione lampade a LED
- SCN 1: INFISSI E IMPIANTO
- SCN 2: INVOLUCRO, IMPIANTO E LED

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

	CON INCENTIVI													
	%Δ _E	%Δ _{CO₂}	ΔC _E	ΔC _{MO}	ΔC _{MS}	I ₀	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP	DSCR	LLCR
	[%]	[%]	[€/ann o]	[€/ann o]	[€/ann o]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]		
EEM 1	10,6	10,6	905	-	-	9.105	5,7	7,0	30	10.051	14,1	1,10	-	-
EEM 2	19,2	19,2	1.635	-	-	42.397	13,5	21,8	30	5.012	5,4	0,12	-	-
EEM 3	9,4	9,4	805	197	22	9.437	5,0	6,7	15	4.754	12,7	0,50	-	-
EEM 4	9,5	9,5	807	-	-	1.149	1,5	1,6	15	6.602	61,7	5,75	-	-
EEM 5	7,0	7,0	656	-	-	14.739	9,7	11,0	8	-4.096	-5,9	-0,28	-	-
SCN 1	38,4	38,4	3.273	197	22	52.983	2,79	3,17	-	3.289	35,56	6,21	1,117	0,653
SCN 2	45,8	45,8	3.954	197	22	75.677	10,24	16,97	-	2.636	12,61	3,48	1,052	1,225

Figura 0.1 – Scenario 1: analisi finanziaria

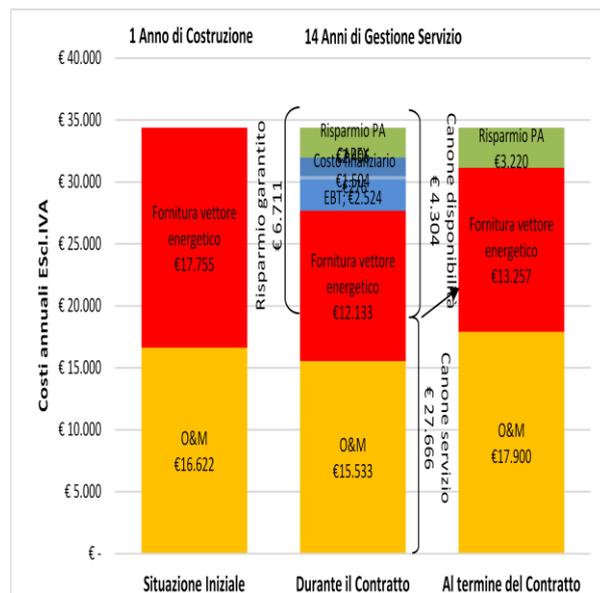
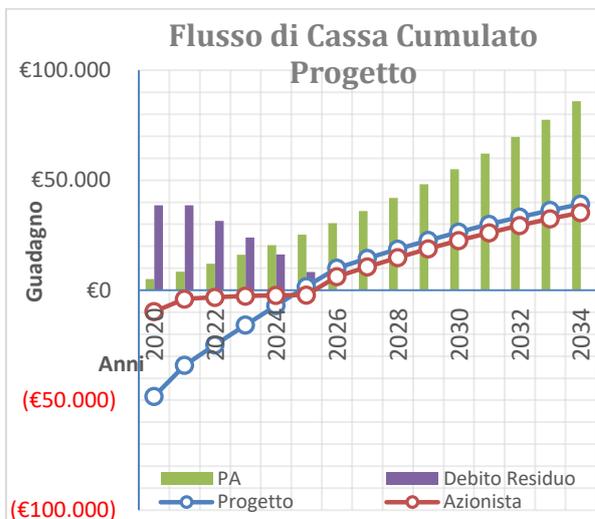
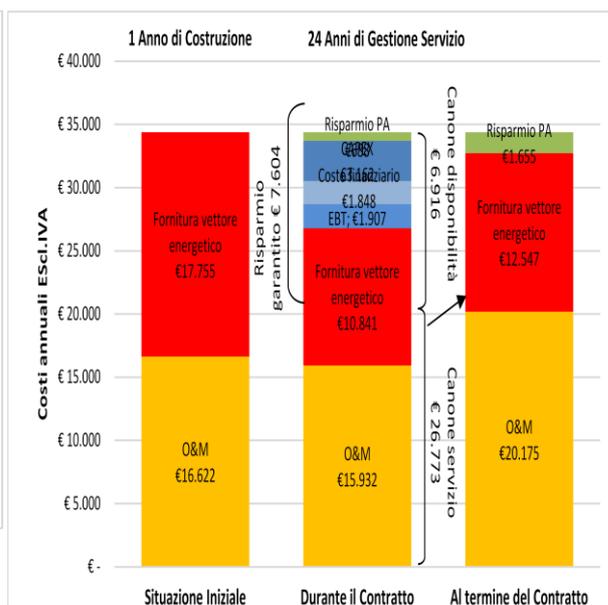
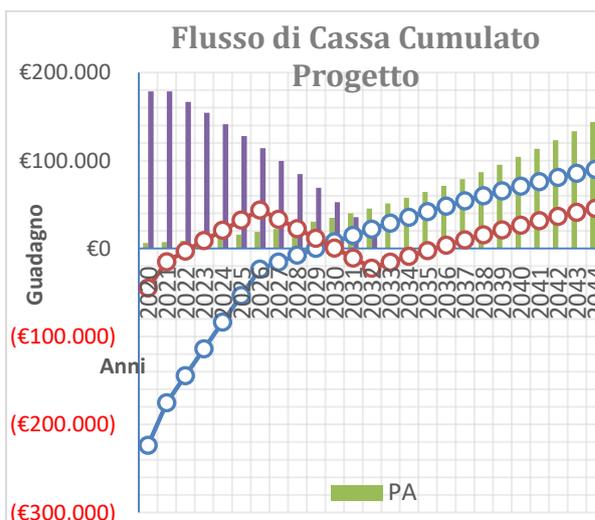


Figura 0.2 – Scenario 2: analisi finanziaria



Dall’analisi effettuata emerge che è possibile effettuare il **miglioramento energetico in condizioni standard di almeno tre 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 e la sostituzione degli infissi.

Per quanto concerne il risparmio di CO2 equivalente si stima un **riduzione complessiva di 9.258 kg CO2**.

In termini di energia primaria, nello scenario migliore dal punto di vista energetico **sarebbe possibile risparmiare 47.703 kWh**.

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 0.1 - Vista della facciata con l'ingresso esposta a Sud-Est



In Tabella 0.1 sono riportati i nominativi di tutti i soggetti coinvolti nelle varie fasi di svolgimento della DE.

Tabella 0.1 – 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. 69 Mapp. 10 Sub. 1, è sito nel Comune di Genova e più precisamente a Borzoli, un quartiere nella zona occidentale di Genova posto su un'altura a cavallo tra Sestri Ponente, verso mare, e Rivarolo, in Val Polcevera. Attualmente Borzoli è divisa in due unità urbanistiche: Borzoli Ovest e Borzoli Est. L'asilo nido “Il Girotondo” è situato a Borzoli Est, che fa parte di Rivarolo (Municipio V Polcevera).

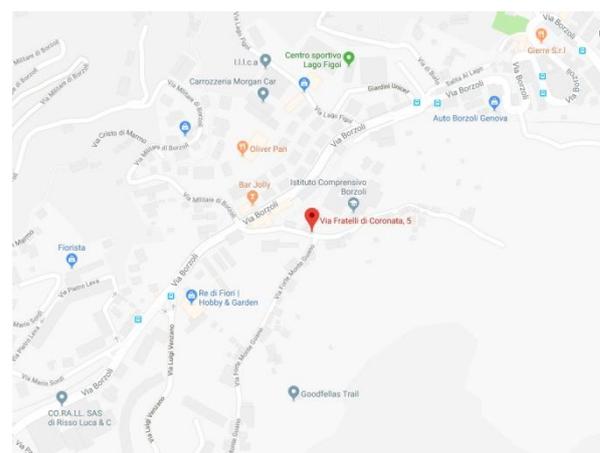
L'edificio è di proprietà del Comune di Genova ed è attualmente adibito ad Asilo nido.

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

Tabella 0.2 - Tabella riepilogativa dei dati dell'edificio

PARAMENTO	U.M.	VALORE
Anno di costruzione edificio		1982
Anno di ristrutturazione		2007-2008
Zona climatica		[D]
Destinazione d'uso		E.7 Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli
Superficie utile riscaldata	[m ²]	367
Superficie disperdente (S)	[m ²]	1.044
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	2.068
Rapporto S/V	[1/m]	0,505
Superficie netta aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	404
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	-
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	404

Figura 0.2 – Ubicazione dell'edificio



Tipologia generatore riscaldamento		Generatore tradizionale
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	67
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	-
Tipo di combustibile		Gas naturale
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Generatore tradizionale combinato
Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	20,29
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{tit} /anno]	64.736
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	5.480
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	15.446
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	3.319

Nota (1): Valori di Baseline

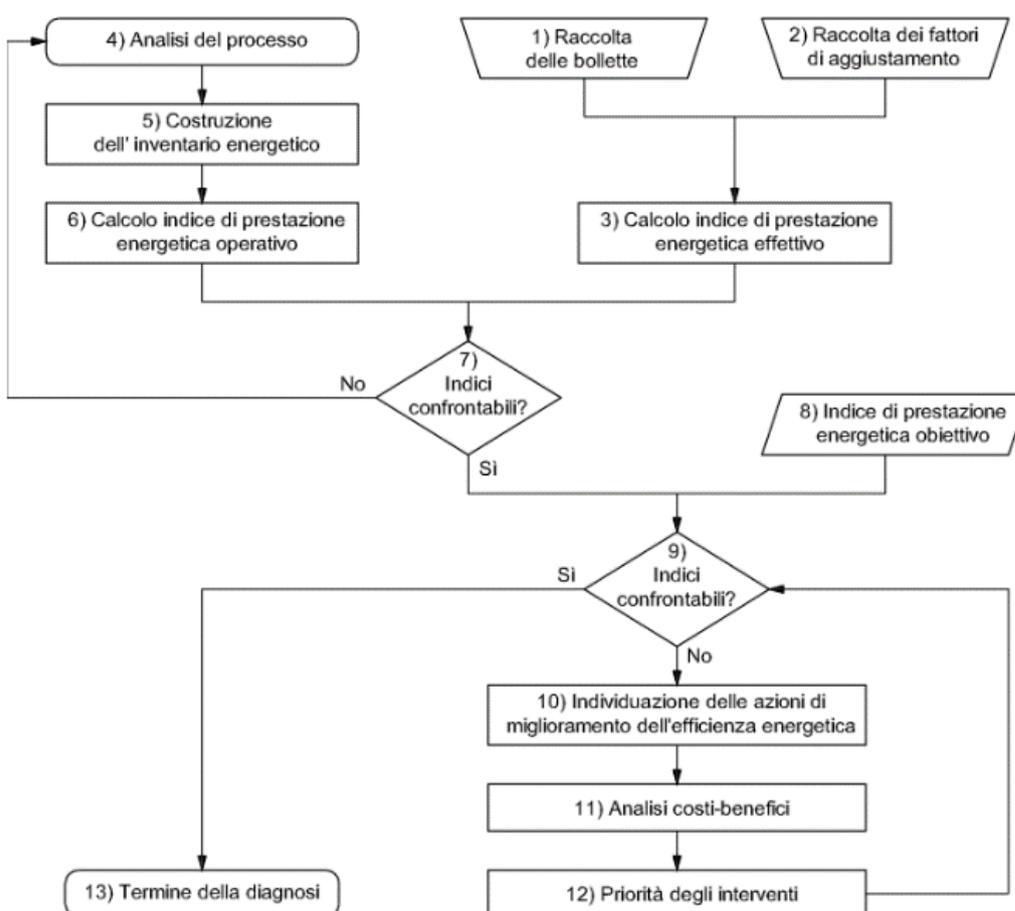
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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

- Acquisizione della documentazione utile, fornita dalla PA, come riportato all’Allegato B – Elaborati grafici.
- Analisi del quadro normativo di riferimento, incluso la verifica dei vincoli ambientali, storici, archeologici e paesaggistici interferenti sull’immobile interessato dall’intervento;
- Visita agli edifici, effettuata in data 22/11/2017 con verifica degli elaborati forniti e rilievo dei dati relativi alle caratteristiche degli elementi disperdenti ed impiantistici costituenti il sistema edificio-impianto;
- Visita alla centrale termica e/o frigorifera, con il supporto del personale incaricato della conduzione e manutenzione degli impianti e rilevamento dei dati utili;
- Preparazione e compilazione delle schede di Audit previste per la diagnosi di livello II di cui all’appendice A delle LGEE - Linee Guida per l’Efficienza Energetica negli Edifici - sett. 2013 - elaborato da AiCARR per Agesi, Assistal, Assopetroli e Assoenergia, e riportate 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 destagionalizzazione 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%;
- Analisi delle possibili EEM necessarie per la riqualificazione energetica del sistema edificio-impianto analizzando gli aspetti tecnici, energetici, ed ambientali.

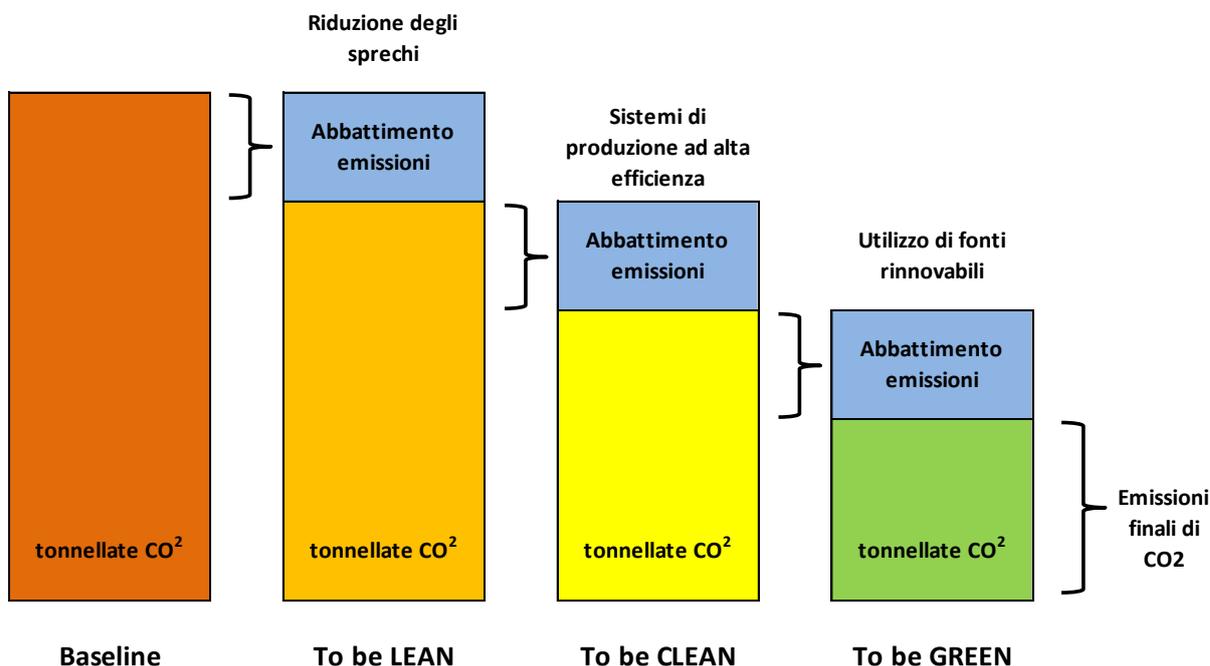
- m) Simulazione del comportamento energetico dell’edificio a seguito dell’attuazione delle varie EEM proposte singolarmente, ed individuazione della nuova classe energetica raggiungibile;
- n) Definizione di due scenari ottimali a partire dalla combinazione delle singole EEM proposte al fine di conseguire 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 0.3 – 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 0.4

Figura 0.4 - Principio della Gerarchia Energetica



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

1.6 STRUTTURA DEL REPORT

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

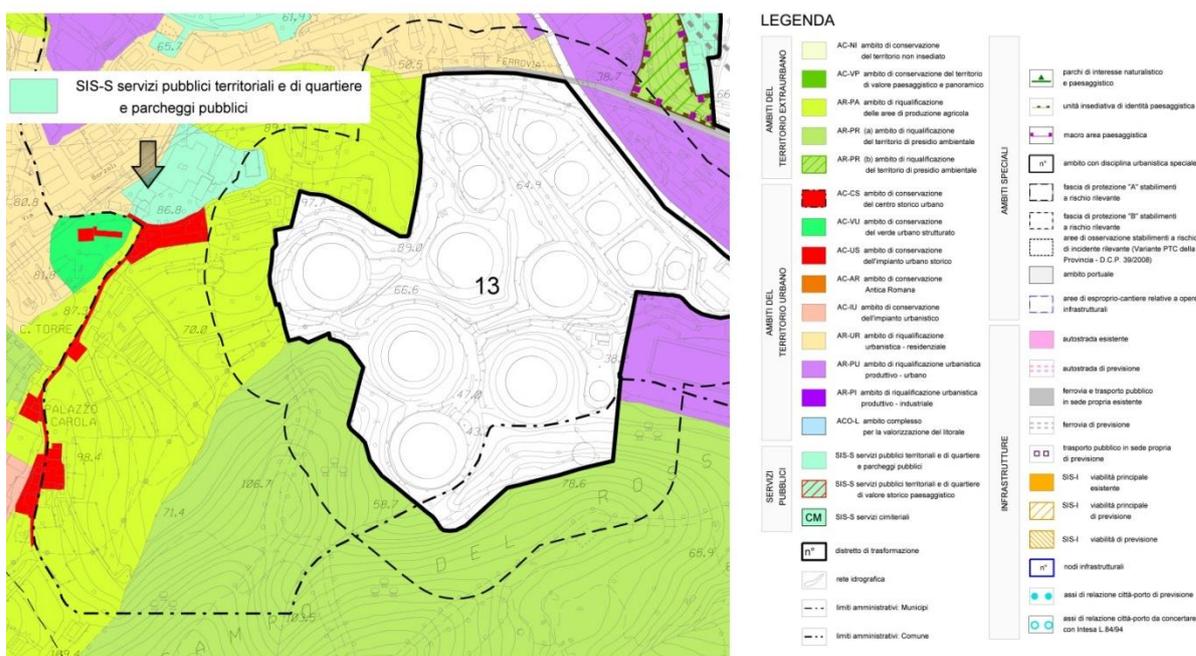
- Una prima parte nella quale sono descritti lo scopo ed i confini della DE e le metodologie di analisi adottate;
- Una seconda parte in cui sono riportate le informazioni dell'edificio rilevate in sede di sopralluogo e le valutazioni effettuate al fine di identificare le caratteristiche tecniche dei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

2 DATI DELL'EDIFICIO

2.1 INFORMAZIONI SUL SITO

Lo strumento urbanistico vigente, il P.U.C approvato con DD n° 2015/118.0.0./18 con entrata in vigore il 3/12/2015 (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 l'asilo nido “Girotondo” è ubicato sulla sommità della collina di Borzoli, al confine tra Sestri Ponente e Rivarolo. Il nido può essere raggiunto sia con mezzi privati che con l'autobus di linea “53”. L'edificio si trova all'interno del plesso scolastico di Borzoli, in convivenza con altre scuole quali: scuola infanzia “Arcobaleno”, la scuola primaria “2 Giugno”, la scuola infanzia statale e la scuola media “Caffaro”.

È un edificio del 1934 circa ed è stato ristrutturato nel 2009. 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.

L'asilo nido, ogni anno, è frequentato da 42 bambini suddivisi in due sezioni: 27 grandi (di cui 22 tempo pieno e 5 part-time) di età compresa fra i 16 e i 36 mesi e 15 piccoli (tutti tempo pieno) di età compresa fra i 3 e i 15 mesi. 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 l’asilo nido oggetto della DE, è disposto su due piani: al primo c’è la “sezione piccoli” (costituita dal salone multifunzionale, dalla sala nanna e un bagno), un laboratorio di lettura e uno di gioco simbolico, lavanderia e locali di servizio; al piano terra c’è la “sezione grandi” (costituita da un salone multifunzionale, da una sala nanna e un bagno) e la cucina. Il Nido dispone di un giardino attrezzato con giochi.

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	Cucina, aula didattica multifunzione, camera riposo e servizi igienici	[m ²]	214	177	-
Primo	Ingresso, aula didattica multifunzione, sala lettura, sala gioco, camera riposo, camera fasciatoio, lavanderia, spogliatoio e servizi igienici	[m ²]	190	190	-
TOTALE		[m ²]	404	367	-

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, Borzoli è stato comune autonomo fino al 1926 quando fu soppresso in occasione della costituzione della Grande Genova e il suo territorio smembrato, anche a livello amministrativo locale, tra quelle che allora erano chiamate delegazioni attigue.

L’economia locale in passato era basata sull’agricoltura e sulle cave di calce e cemento, delle quali si vedono resti presso la chiesa parrocchiale. Oggi è sede principalmente di piccole industrie e aziende artigiane.

L’edificio ospitante l’asilo nido “Girotondo”, situato in prossimità del plesso scolastico di Borzoli, è di recente costruzione (anni 30) 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.

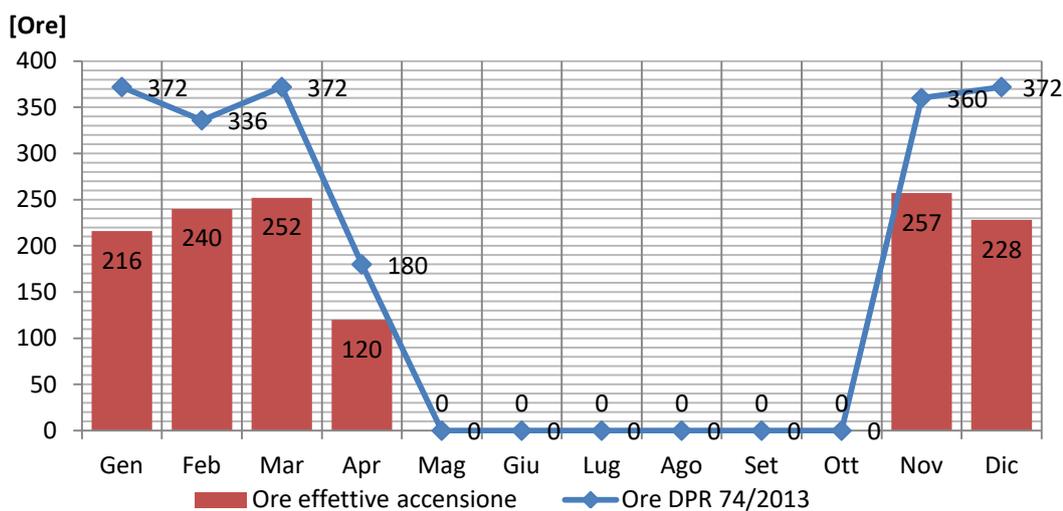
Gli orari di effettivo utilizzo dell’edificio sono stati ricavati tramite intervista al personale didattico e di servizio così come i periodi di attivazione e spegnimento degli impianti.

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

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



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

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

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

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

3 DATI CLIMATICI

3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO

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

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

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

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

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

Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 905 GG su 111 giorni effettivi di utilizzo dell'impianto di riscaldamento.

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

I GG così calcolati definiscono i GG_{rif} ai fini del processo di normalizzazione di cui al capitolo 0.

Tabella 3.2 – Profili mensili dei GG_{rif}

Mese	GIORNI MENSILI	TEMPERATURA ESTERNA UNI 10349:2016 [°C]	GIORNI RISCALDAMENTO [g/m]	GG	GIORNI DI UTILIZZO [g/m]	GIORNI RISCALDAMENTO EFFETTIVI [g/m]	GG _{rif}	PROFILO DI INCIDENZA
Gennaio	31	10,4	31	298	20	20	192	21,22%
Febbraio	28	10,5	28	266	20	20	190	21,00%
Marzo	31	11,1	31	276	21	21	187	20,66%
Aprile	30	15,3	15	71	20	15	52	5,72%
Maggio	31	18,7	-	-	21	-	-	-
Giugno	30	22,4	-	-	20	-	-	-
Luglio	31	24,6	-	-	20	-	-	-
Agosto	31	23,6	-	-	-	-	-	-
Settembre	30	22,2	-	-	14	-	-	-
Ottobre	31	18,2	-	-	21	-	-	-
Novembre	30	13,3	30	201	20	20	134	14,81%
Dicembre	31	10,0	31	310	15	15	150	16,58%
TOTALE	365	16,7	166	1421	212	111	905	100%

3.2 DATI CLIMATICI REALI

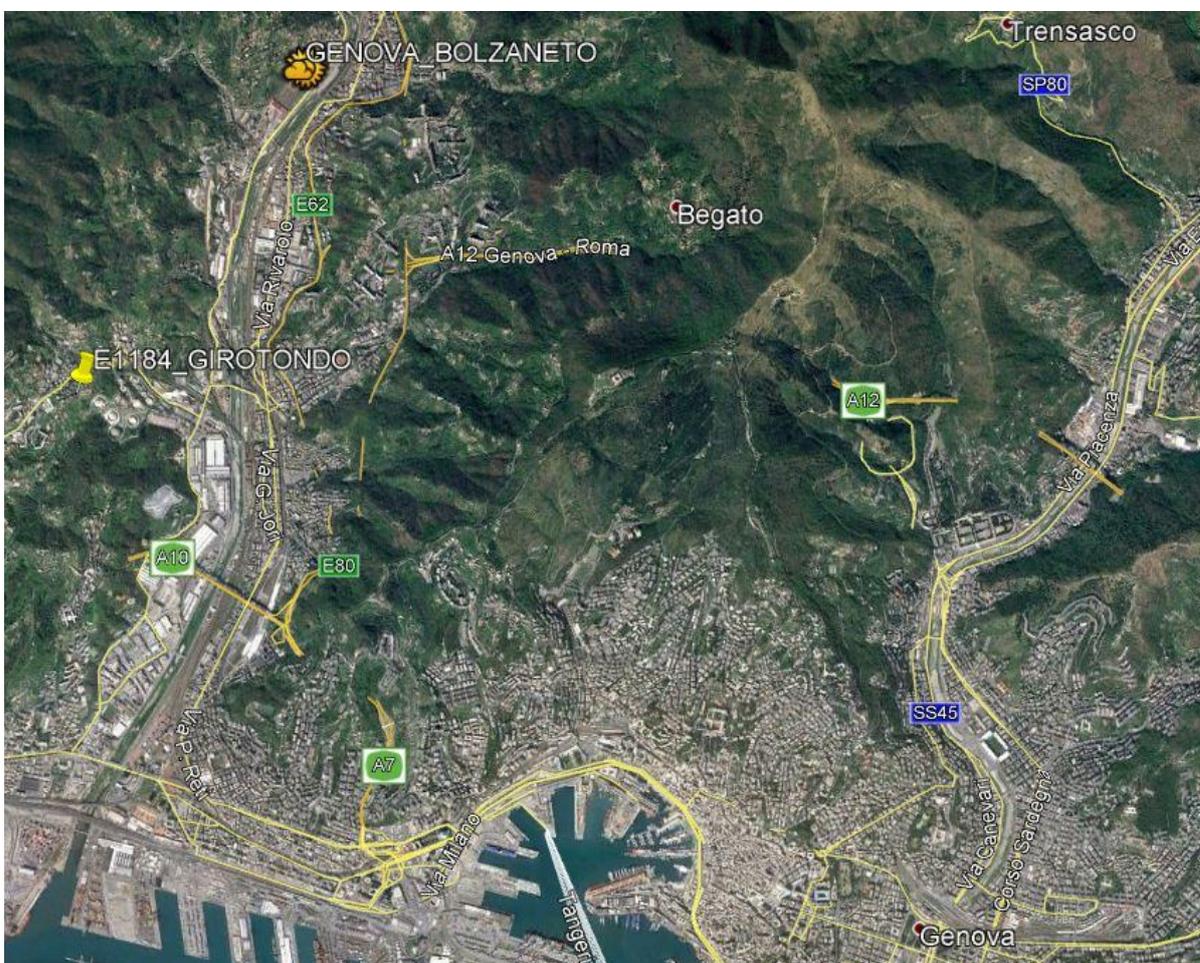
Ai fini della realizzazione dell’analisi energetica si è resa necessaria la definizione delle condizioni climatiche reali, ovvero dei GG calcolati in funzione della temperatura esterna media oraria del sito effettivamente rilevata, con lo scopo di creare una normalizzazione dei consumi in funzione delle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

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

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

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

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

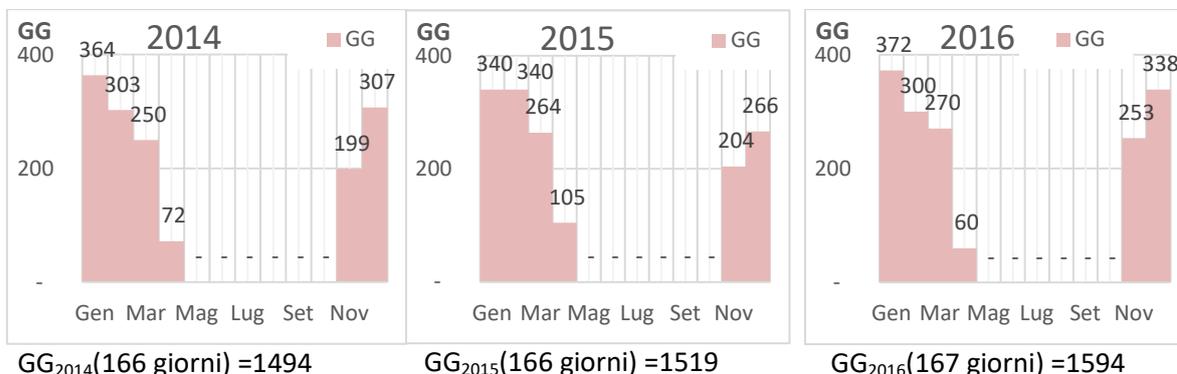


3.3 ANALISI DELL’ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO

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

media mensile calcolata in funzione delle temperature orarie rilevate dalla centralina meteorologica.

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

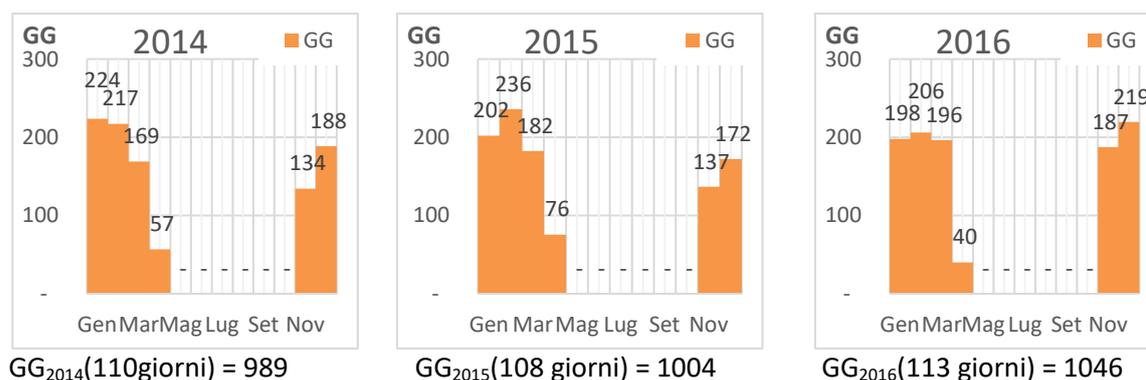


Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG reali sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto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

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

I GG così calcolati definiscono i GG_{real} ai fini del processo di normalizzazione di cui al capitolo 0.

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

Involucro opaco

L'involucro edilizio opaco che costituisce l'edificio è sostanzialmente composto da una muratura a cassetta con spessore da 50 a 56 cm complessivi (piano terra 56 cm e piano primo 51 cm), realizzata con blocchi in cemento semipieni da 10 cm e intercapedine d'aria non isolata. La muratura è intonacata su entrambi i lati ed è uguale su tutti i fronti dell'edificio. Le zone sottofinestra presentano una muratura con spessore ridotto a 27 cm per l'inserimento dei corpi scaldanti. Anche le pareti del vano scala presentano uno spessore ridotto a 46 cm.

La struttura è a telaio in cemento armato. I solai sono in laterocemento. Il solaio di copertura è piano ed è accessibile solo dall'esterno dell'edificio con una scala metallica a parete. La maggior parte degli ambienti interni sono controsoffittati. I ponti termici non sono isolati.

Figura 4.1 - Particolare della muratura esterna



Questa soluzione realizzativa presenta le problematiche classiche delle strutture a telaio non isolate, con particolari disagi al piano primo, dove la copertura non essendo isolata accentua le condizioni di raffreddamento nel periodo invernale e surriscaldamento nel periodo estivo. Questo aspetto è stato segnalato anche dagli utenti dell'edificio.

Figura 4.2 - Particolare della facciata verso il giardino



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".

Si precisa che l'indagine endoscopica delle strutture non è stata necessaria per la presenza al piano terra di parti direttamente ispezionabili con dei saggi.

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 del fronte sud-ovest



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	[31]	[assente]	[1,62]	[Buono]
Solaio Copertura	SL02	[34]	[assente]	[1,60]	[discreto]
Solaio controterra	SL013	[35]	[assente]	[2,02]	[discreto]
Parete esterna verticale piano terra	[MR01]	[56]	[assente]	[1,1]	[discreto]
Parete esterna verticale piano primo	[MR03]	[51]	[assente]	[1,1]	[discreto]
Parete esterna verticale scala	[MR09]	[46]	[assente]	[1,1]	[discreto]
Parete esterna sottofinestra	[MR07]	[27]	[assente]	[1,35]	[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' dell' Allegato J – Schede di Audit.

Involucro trasparente

L’involucro trasparente che costituisce l’edificio è composto da serramenti in alluminio senza taglio termico con vetro singolo di vario tipo. Una parte di questi infissi (sostanzialmente quelli all’interno delle aule didattiche e della cucina) sono stati sostituiti nel 2008 circa ma sempre utilizzando telaio in alluminio senza taglio termico e vetro singolo.

Non è presente nessun sistema di oscuramento esterno. All’interno sono presenti delle tende.

La tipologia ricorrente su tutti i fronti e quella a doppia anta con sopra luce orizzontale, utilizzata singolarmente o in successione a formare specchiature molto ampie.

Il portone di ingresso è in alluminio senza taglio termico e vetro singolo come il resto dei serramenti.

Tutti i serramenti, anche quelli installati in tempi più recenti, presentano evidenti problematiche di tenuta all’aria e all’acqua, oltre che notevoli 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 4.4 - Particolare dei serramenti



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 due ante (vecchio)	WN01	1.10x2.50	alluminio	Vetro singolo	5,68	pessimo
Serramento cinque ante (vecchio)	WN02	[4x2.50]	alluminio	Vetro singolo	5,7	pessimo
Serramento un’anta (vecchio)	WN05	[0.55x2.50]	alluminio	Vetro singolo	5,67	pessimo
Serramento un’anta (vecchio)	WN11	[0.55x1.2]	alluminio	Vetro singolo	5,6	pessimo
Serramento due ante (più recente)	WN07	1.10x2.50	alluminio	Vetro singolo	5,68	discreto
Serramento cinque ante (più recente)	WN06	[4x2.50]	alluminio	Vetro singolo	5,7	discreto
Serramento un’anta (più recente)	WN08	[0.55x2.50]	alluminio	Vetro singolo	5,67	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 sistema 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 a giri fissi installate in parallelo di cui una gemellare, un sistema di distribuzione a colonne montanti ed un sistema di emissione a radiatori.

4.2.1 Sottosistema di emissione

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

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

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

Figura 4.6 - Particolare del radiatore all’interno di un’aula



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 Girotondo	Radiatore su parete esterna non isolata	90%
Asilo nido Girotondo	Radiatori 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	1,21	1,21	-	-
Terra	Su parete interna	2	1,21	2,42	-	-
Terra	Su parete interna	1	0,61	0,61	-	-
Terra	Su parete esterna non isolata	4	1,66	6,64	-	-
Terra	Su parete esterna non isolata	2	3,01	6,02	-	-
Primo	Su parete interna	2	0,73	1,46	-	-
Primo	Su parete esterna non isolata	2	1,21	2,42	-	-
Primo	Su parete esterna non isolata	1	1,80	1,80	-	-
Primo	Su parete interna	1	3,10	3,10	-	-
Primo	Su parete esterna non isolata	1	3,26	3,26	-	-
Primo	Su parete esterna non isolata	1	2,45	2,45	-	-
Primo	Su parete esterna non isolata	1	3,01	3,01	-	-
Primo	Su parete esterna non isolata	2	1,96	3,92	-	-
Primo	Su parete interna	1	1,21	1,21	-	-
Primo	Su parete esterna non isolata	1	0,61	0,61	-	-
TOTALE		23	-	40,14	-	-

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

Nota(2): La differenza di temperatura tra i terminali di emissione e ambiente è assunta pari a 18,0°C, in base a quanto rilevato in sede di sopralluogo.

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

4.2.2 Sottosistema di regolazione

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

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

Figura 4.7 - Particolare del sistema di termoregolazione in CT

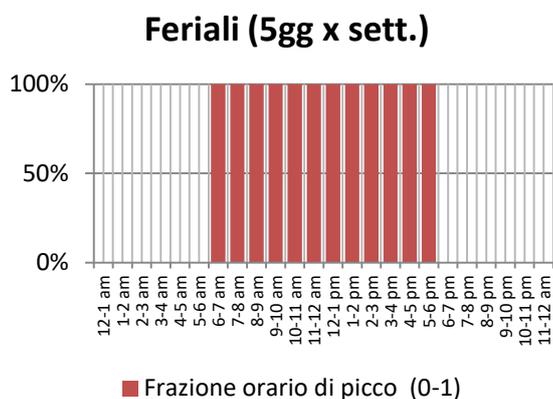


Figura 4.8 - Centralina di controllo in CT



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

Figura 4.9 - Profilo di funzionamento invernale dell'impianto per la zona termica 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 di riscaldamento. (fluido termovettore acqua).

1) **Circuito di riscaldamento:** sono presenti due pompe di circolazione per la distribuzione dal generatore ai terminali di emissione.

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

Tabella 4.6 - Riepilogo caratteristiche pompe

	NOME	SERVIZIO	PORTATA [m ³ /h]	PREVALENZA [kPa]	POTENZA ASSORBITA [kW]
Circuito 1 riscaldamento	P1	mandata acqua calda a radiatori	n.d.	n.d.	0,082 (1)
Circuito 2 riscaldamento	P2 (Circolatore gemellare a giri fissi)	mandata acqua calda a radiatori	n.d.	n.d.	0,095 (1)
Carico bollitore	P3(Circolatore gemellare a giri fissi)	ACS	n.d.	n.d.	0,094 (1)
Ricircolo	P4	ACS	n.d.	n.d.	0,067 (1)
TOTALE			n.d.	n.d.	0,338 (1)

Nota (1): Valori ricavati da dati di targa

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

Tabella 4.7 – Temperature di mandata e ritorno del circuito di riscaldamento

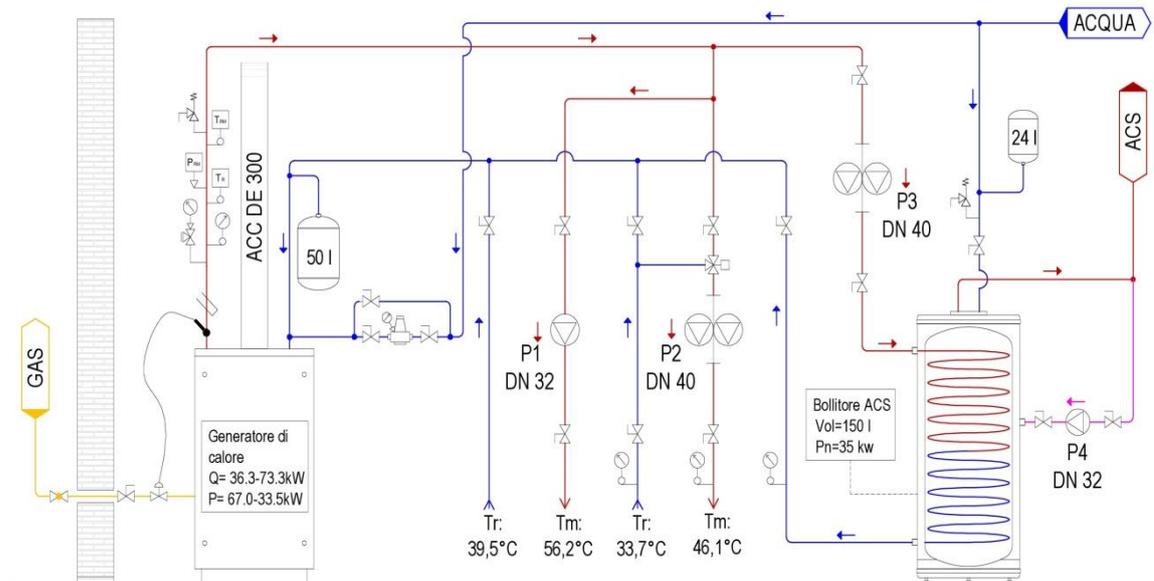
CIRCUITO			TEMPERATURA RILEVATA °C	TEMPERATURA CALCOLO °C
Asilo nido 1	Mandata	Caldo	56,2 (2)	75 (1)
	Ritorno	Caldo	39,5 (2)	65 (1)
Asilo nido 2	Mandata	Caldo	46,1 (2)	75 (1)
	Ritorno	Caldo	33,7 (2)	65 (1)

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.

Tale differenza è attribuita al fatto che la temperatura di mandata impostata sul generatore sia più bassa.

Figura 4.10 - 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 alimentato a gas metano con potenza termica nominale pari a 67,00 kW di produzione Ferroli modello Pegasus 67 LN 2S.

Figura 4.11 - Particolare del generatore di calore



Figura 4.12 - Particolare del generatore di calore



Le caratteristiche dei sistemi di generazione sono riportate nella Tabella 4.8

Tabella 4.8 - Riepilogo caratteristiche caldaia a gas

Servizio	MARCA	MODELLO	ANNO DI COSTRUZIONE	POTENZA AL FOCOLARE [kW]	POTENZA TERMICA UTILE [kW]	RENDIMENTO	POTENZA ASSORBITA COMPLESSIVA [kW]
Gen 1 Riscaldamento	Ferroli	Pegasus 67 LN 2S	n.d.	73,30 (1)	67,00 (1)	91,5% (2)	0,015 (1)

Nota (1): Valori ricavati da dati di targa

Nota (2): Valori calcolati 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 20/02/2013 è pari a 91,1%.

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 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. Da questo, in centrale termica, viene alimentato un accumulo da 150 litri con scambiatore a serpentina di produzione FER.

Figura 4.13 - Particolare del generatore a basamento



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

Tabella 4.9 – Rendimenti dell’impianto di produzione acqua calda sanitaria

SOTTOSISTEMA DI EROGAZIONE	SOTTOSISTEMA DI DISTRIBUZIONE	SOTTOSISTEMA DI RICIRCOLO	SOTTOSISTEMA DI ACCUMULO	SOTTOSISTEMA DI GENERAZIONE	RENDIMENTO GLOBALE MEDIO STAGIONALE
100% (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 4.10.

Tabella 4.10 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA NOMINALE [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]	ORE ANNUE DI UTILIZZO [ore]
Asilo Nido	PC	1	220	220	400
	Stampante	1	80	80	400
	Distributore caffè	1	1350	1350	200
	Asciugatrice	1	3.200	3.200	100
	Lavatrice	2	5.500	11.000	100
	Montacarichi	1	800	800	400
	Frigorifero	1	380	380	5520
	Lavastoviglie	1	1500	1500	300
	Forno microonde	1	1000	1000	300

Congelatore a pozzetto	1	1500	1500	1600
Cappa	1	300	300	300

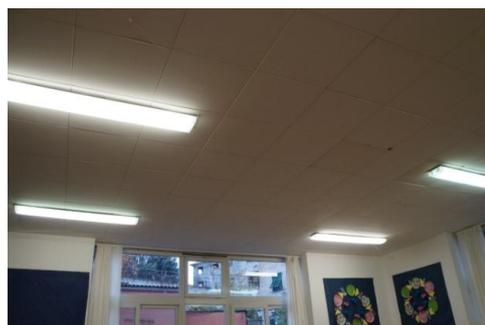
L'elenco delle altre utenze elettriche rilevate in sede di sopralluogo e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 11 dell' Allegato J – Schede di Audit.

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 in controsoffitto all'ingresso e nelle aule;
- Lampade a neon installate a soffitto nelle aule, nei locali della lavanderia e nei servizi;
- Lampade a basso consumo installate a parete nelle aule.

Figura 4.14 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nelle aule



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

Tabella 4.11 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA UNITARIA [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]
Asilo nido	Tubolare	7	18 (1x18)	126
	Tubolare	3	36 (2x18)	108
	Tubolare	8	72 (4x18)	576
	Tubolare	1	36 (1x36)	36
	Tubolare	9	72 (2x36)	648
	Tubolare	1	58 (1x58)	58
	Tubolare	25	116 (2x58)	2.900
	Basso consumo	3	42	126

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 4.15 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nel vano scala



Figura 4.16 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nel vano scala



5 CONSUMI RILEVATI

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

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

I vettori energetici analizzati sono i seguenti:

- Gas metano;
- Energia elettrica.

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

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

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

- Centrale termica per il riscaldamento degli ambienti della Zona Asilo nido;
- Produzione di acqua calda sanitaria;
- 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 de m³ di gas rilevati dalla società di distribuzione nel triennio di riferimento.

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

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

PDR	Utilizzo	2014 [Sm ³]	2015 [Sm ³]	2016 [Sm ³]	2014 [kWh]	2015 [kWh]	2016 [kWh]
03270023506575	Riscaldamento/ACS/ Usi cottura	6.918	7.048	8.840	65.168	66.395	83.274

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

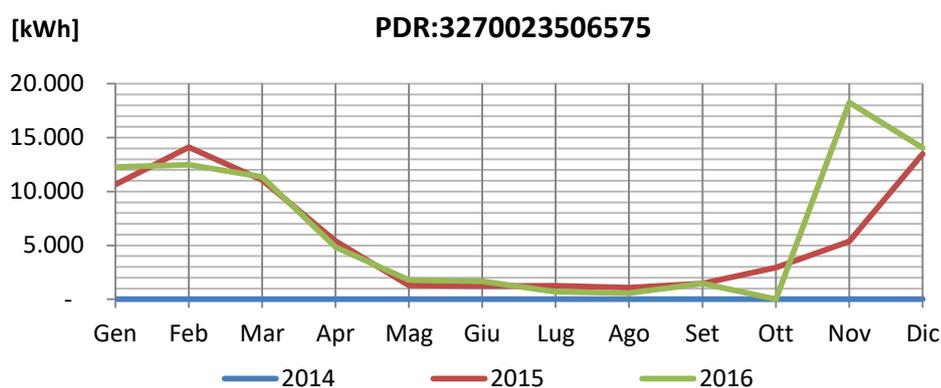
I consumi fatturati dalla società di fornitura sono riportati nella Tabella 5.3.

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

PDR: 03270023506575	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Mese	[Sm ³]	[Sm ³]	[Sm ³]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	-	1.131	1.302	-	10.649	12.265
Febbraio	-	1.498	1.326	-	14.111	12.491
Marzo	-	1.176	1.206	-	11.073	11.361
Aprile	-	573	513	-	5.398	4.832
Maggio	-	136	189	-	1.281	1.780
Giugno	-	131	178	-	1.234	1.677
Luglio	-	135	75	-	1.272	707
Agosto	-	115	61	-	1.083	575
Settembre	-	154	154	-	1.451	1.451
Ottobre	-	314	-	-	2.958	-
Novembre	-	572	1.938	-	5.388	18.256
Dicembre	-	1.433	1.492	-	13.499	14.055
Totale	-	7.367	8.434	-	69.397	79.448

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

Figura 5.1 – Andamento mensile dei consumi termici fatturati



Dall'analisi effettuata è emerso che il prelievo termico del triennio è caratterizzato da un valore pari a zero per il mese di ottobre 2016 mentre nel mese di novembre 2016 presenta un valore nettamente maggiore alla media dei due anni precedenti. I dati "anomali" sono stati ricavati dalla fattura EX43771 dalla quale si presume che i consumi di ottobre siano stati accorpati al mese di novembre il quale è probabilmente stato conguagliato nel 2017.

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, dal consumo complessivo del contatore che alimenta la centrale termica, 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 la potenza termica della cucina presente e le ore di funzionamento della stessa (stimato pari a circa il 2%).

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 110 GIORNI	GG _{RIF} SU 110 GIORNI	CONSUMO REALE RISC. [Smc]	CONSUMO REALE RISC. [kWh]	α_{rif}	CONSUMO NORMALIZZATO A 905 GG [kWh]	CONSUMO ACS [kWh]	CONSUMO ALTRO [kWh]
2014	989	905	6.226	58.666	59,3	53.685	5.213	1.303
2015	1.004	905	6.343	59.768	59,5	53.860	5.311	1.328
2016	1.046	905	7.956	74.967	71,6	64.814	666.2	1.665
Media	1.013	905	6.842	64.467	63,6	57.575	5.729	1.432

Come si può notare dai dati riportati il comportamento energetico dell'edificio, negli anni considerati, è stato caratterizzato da un generico aumento dei consumi: tale aumento può essere attribuito 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}	5.729
\bar{Q}_{ALTRO}	1.432
$\bar{a}_{rif} \times GG_{rif}$	57.575
$Q_{baseline}$	64.736

Energia elettrica

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

- Asilo Nido Girotondo.

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]
IT001E00096176	Asilo nido	14.311	12.695	15.039	14.015
Totale		14.311	12.695	15.039	VALORE MEDIO FATTURATO 14.015

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 dell'1% circa; (valore desunto dal file “kyotoBaseline-EXXXX”: 14.511 kWh)
- Per il 2015 l'analisi delle fatture ha prodotto un dato inferiore dell'8% circa; (valore desunto dal file “kyotoBaseline-EXXXX”: 13.799 kWh)
- Per il 2016 l'analisi delle fatture ha prodotto un dato inferiore del 17% circa. (valore desunto dal file “kyotoBaseline-EXXXX”: 18.029 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”: 15.446 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 15.446 kWh.

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

POD: IT001E00096176	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 14	1.317	265	218	1.800
Feb - 14	808	225	156	1.189
Mar - 14	1.049	268	235	1.552
Apr - 14	905	183	225	1.313
Mag - 14	942	22	200	1.164
Giu - 14	682	168	217	1.067
Lug - 14	668	200	187	1.055
Ago - 14	42	37	69	148
Set - 14	835	211	192	1.238
Ott - 14	1.038	237	196	1.471
Nov - 14	856	189	226	1.271
Dic - 14	695	163	185	1.043
Totale	9.837	2.168	2.306	14.311
POD: IT001E00096176	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 15	766	196	192	1.154
Feb - 15	684	177	145	1.006
Mar - 15	707	171	165	1.043
Apr - 15	532	152	125	809
Mag - 15	937	252	199	1.388
Giu - 15	733	206	192	1.131
Lug - 15	462	173	184	819
Ago - 15	48	37	75	160
Set - 15	641	184	178	1.003
Ott - 15	1.099	276	180	1.555
Nov - 15	1.078	217	189	1.484
Dic - 15	759	166	218	1.143
Totale	8.446	2.207	2.042	12.695
POD: IT001E00096176	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 16	935	214	228	1.377
Feb - 16	1.017	259	229	1.505
Mar - 16	1.008	281	274	1.563
Apr - 16	429	176	248	853
Mag - 16	1.014	243	251	1.508
Giu - 16	745	226	250	1.221
Lug - 16	363	160	221	744
Ago - 16	110	72	132	314
Set - 16	767	241	240	1.248
Ott - 16	1.005	282	283	1.570
Nov - 16	1.095	271	299	1.665
Dic - 16	912	249	310	1.471
Totale	9.400	2.674	2.965	15.039

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

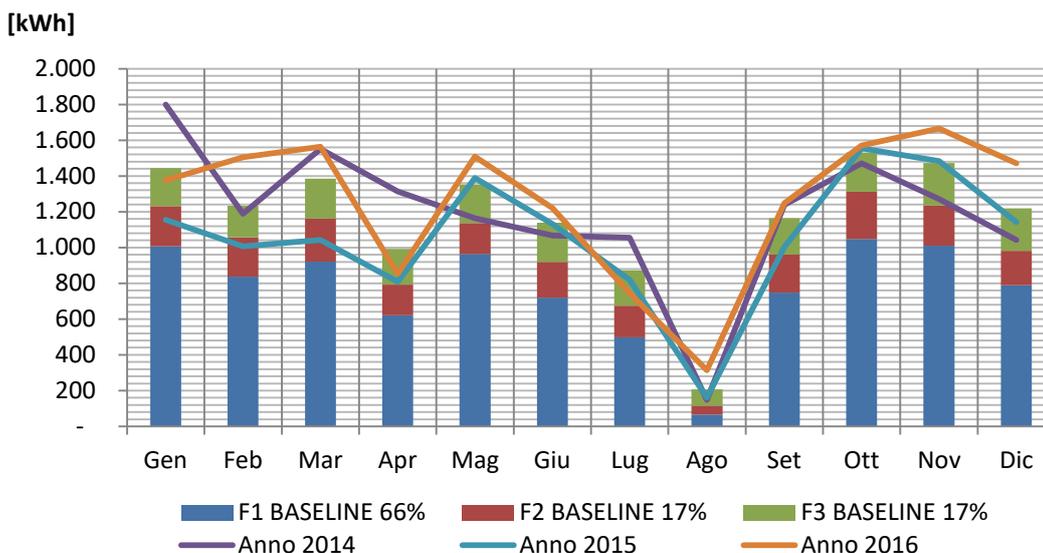
	F1	F2	F3	TOTALE
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	1.006	225	213	1.444
Febbraio	836	220	177	1.233
Marzo	921	240	225	1.386
Aprile	622	170	199	992
Maggio	964	172	217	1.353
Giugno	720	200	220	1.140
Luglio	498	178	197	873
Agosto	67	49	92	207
Settembre	748	212	203	1.163
Ottobre	1.047	265	220	1.532
Novembre	1.010	226	238	1.473
Dicembre	789	193	238	1.219
Totale	9.228	2.350	2.438	14.015

Tabella 5.8 bis – Consumi mensili di baseline

BASELINE	F1	F2	F3	TOTALE
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	1.109	248	234	1.591
Febbraio	922	243	195	1.359
Marzo	1.015	265	248	1.528
Aprile	686	188	220	1.093
Maggio	1.063	190	239	1.492
Giugno	794	220	242	1.256
Luglio	548	196	217	962
Agosto	73	54	101	229
Settembre	824	234	224	1.282
Ottobre	1.154	292	242	1.688
Novembre	1.113	249	262	1.624
Dicembre	869	212	262	1.343
Totale	10.170	2.590	2.687	15.446

L’andamento dei consumi elettrici mensili nel triennio di riferimento e di Baseline è riportato nel grafico in Figura 5.2.

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



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

- Presenza di attrezzature elettriche, come peraltro già definite nel paragrafo 4.4 e dettagliatamente nella tabella 4.10, che potrebbero non essere staccate dalla rete quando la scuola è chiusa come ad esempio i distributori automatici, i pc e le stampanti lasciati in standby;
- Presenza di punti luce interni che rimangono accesi;
- Presenza di punti luce esterni che vengono accesi anche nei periodi in cui l'edificio non è utilizzato;
- Utilizzo da parte di utenti terzi dell'edificio.

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

POD IT001E00096176	Indirizzo Fornitura V.F.LLI CORONATA,9 - 16152 GENO	ATTIVO
-----------------------	--	---------------

Dettaglio - Le Mie Letture

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

Periodo Visualizzazione

Inizio Periodo: 15/06/2017 Fine Periodo: 15/10/2017 **Esegui**

Visualizzazione e Download

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	05E1F5521	00504852	1	REALE	90264	24173	32880	35933	14319	24422	-	-	-
31/07/2017	05E1F5521	00504852	1	REALE	90845	24322	32909	36161	14452	24638	-	-	-
31/08/2017	05E1F5521	00504852	1	REALE	90793	24404	33061	36262	14523	24770	-	-	-
30/09/2017	05E1F5521	00504852	1	STIMATO	91820	24858	33330	36634	14637	24891	-	-	-

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 5.9 - Fattori di emissione di CO₂.

Tabella 5.9 - Fattori di emissione di CO₂.

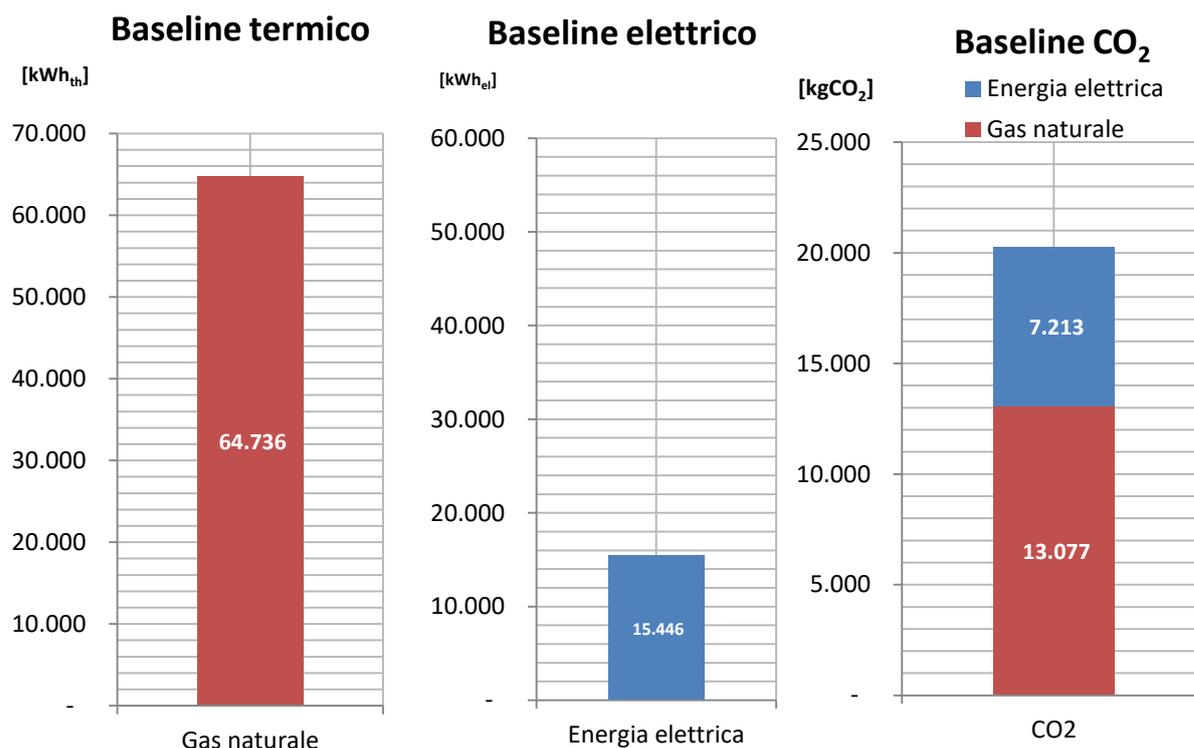
COMBUSTIBILE	FATTORE DI CONVERSIONE
	kgCO ₂ /kWh
Energia elettrica	* 0,467
Gas naturale	* 0,202

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

Applicando tali fattori di conversione è stato possibile valutare la Baseline delle emissioni di CO₂, come riportato nella Tabella 5.10 – Baseline delle emissioni di CO₂. Tabella 5.10 e nella Figura 5.3.

Tabella 5.10 – Baseline delle emissioni di CO₂.

COMBUSTIBILE	CONSUMO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE	
	[kWh]	[tCO ₂ /MWh]	[tCO ₂]
Energia elettrica	15.446	* 0,467	7,213
Gas naturale	64.736	* 0,202	13,077

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 5.11 - Fattori di conversione in energia primaria dei vettori energetici

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

La valutazione degli indicatori di performance è stata effettuata parametrizzando i consumi reali di Baseline di cui al Capitolo 0, in funzione dei fattori riportati nella Tabella 5.12.

Tabella 5.12 – Fattori di riparametrizzazione

PARAMETRO		VALORE	U.M.
FATTORE 1	Superficie netta riscaldata	367	m ²
FATTORE 1	Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	404	m ²
FATTORE 1	Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate)	2.068	m ³

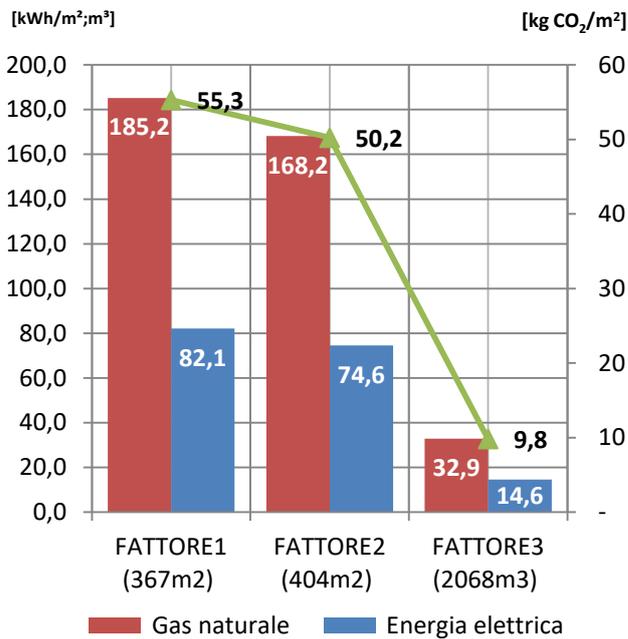
Nella Tabella 5.13 e Tabella 5.14 sono riportati gli indicatori di performance valutati coerentemente con quanto riportato nella sezione 2.5 dell’Allegato J – Schede di Audit.

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

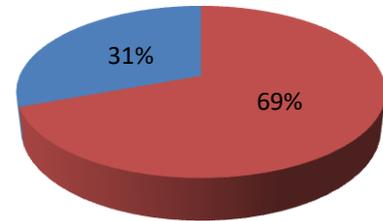
VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA TOTALE	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA TOTALE	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA TOTALE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3	FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3
	[kWh/anno]		[kWh/anno]	[kWh/m ²]	[kWh/m ²]	[kWh/m ³]	[Kg CO ₂ /m ²]	[Kg CO ₂ /m ²]	[Kg CO ₂ /m ³]
Gas naturale	64.736	1,05	67.973	185,2	168,2	32,9	35,63	32,37	6,32
Energia elettrica	15.446	2,42	37.379	101,9	92,5	18,1	19,65	17,85	3,49
TOTALE			105.352	287	261	51	55	50	10

Tabella 5.14 – Indicatori di performance calcolati con riferimento all’energia primaria non rinnovabile

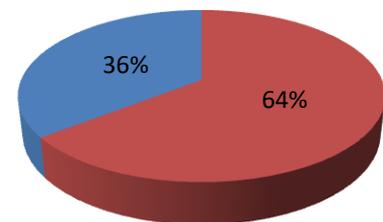
VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA NON RINN.	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA NON RINN.	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3	FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3
	[kWh/anno]		[kWh/anno]	[kWh/m ²]	[kWh/m ²]	[kWh/m ³]	[Kg CO ₂ /m ²]	[Kg CO ₂ /m ²]	[Kg CO ₂ /m ³]
Gas naturale	64.736	1,05	67.973	185,2	168,2	32,9	35,63	32,37	6,32
Energia elettrica	15.446	1,95	30.120	82,1	74,6	14,6	19,65	17,85	3,49
TOTALE			98.093	267	243	47	55	50	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 5.15 – 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	19,33	19,69	24,70	-	-	-
Energia elettrica	-	-	-	25,99	24,72	27,67

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

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

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

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

	Wh _t / m ³ 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 / m ² 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	360,902	350,315
Climatizzazione invernale	EP_H	kWh/mq anno	292,574	291,539
Produzione di acqua calda sanitaria	EP_w	kWh/mq anno	28,942	27,040
Ventilazione	EP_v	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	EP_c	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	EP_L	kWh/mq anno	39,385	31,736
Trasporto di persone e cose	EP_T	kWh/mq anno	-	-
Emissioni equivalenti di CO2	CO_{2eq}	Kg/mq anno	83,339	79,174

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

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
		[kWh/anno]
Gas Naturale	11.368 [m ³ /anno]	112.441
Energia Elettrica	8.266 [kWh/anno] + 7.468 [kWh/anno]	31.032

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

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.

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale non rinnovabile	$EP_{gl, ren}$	kWh/mq anno	236,2182	225,7437
Climatizzazione invernale	EP_H	kWh/mq anno	167,3036	166,3916

Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	29,5271	27,6163
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	36,3848	31,7357
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	-	-
Emissioni equivalenti di CO2	CO _{2eq}	Kg/mq anno	56,752	54,010

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	6.763	63.704
Energia Elettrica		15.646

La validazione del modello energetico termico è stata effettuata confrontando il consumo energetico di baseline ($Q_{baseline}$) così come definito al precedente capitolo 0 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]	[%]
63.704	64.736	1,6

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

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 0 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]	[%]
15.646	15.446	1,3

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

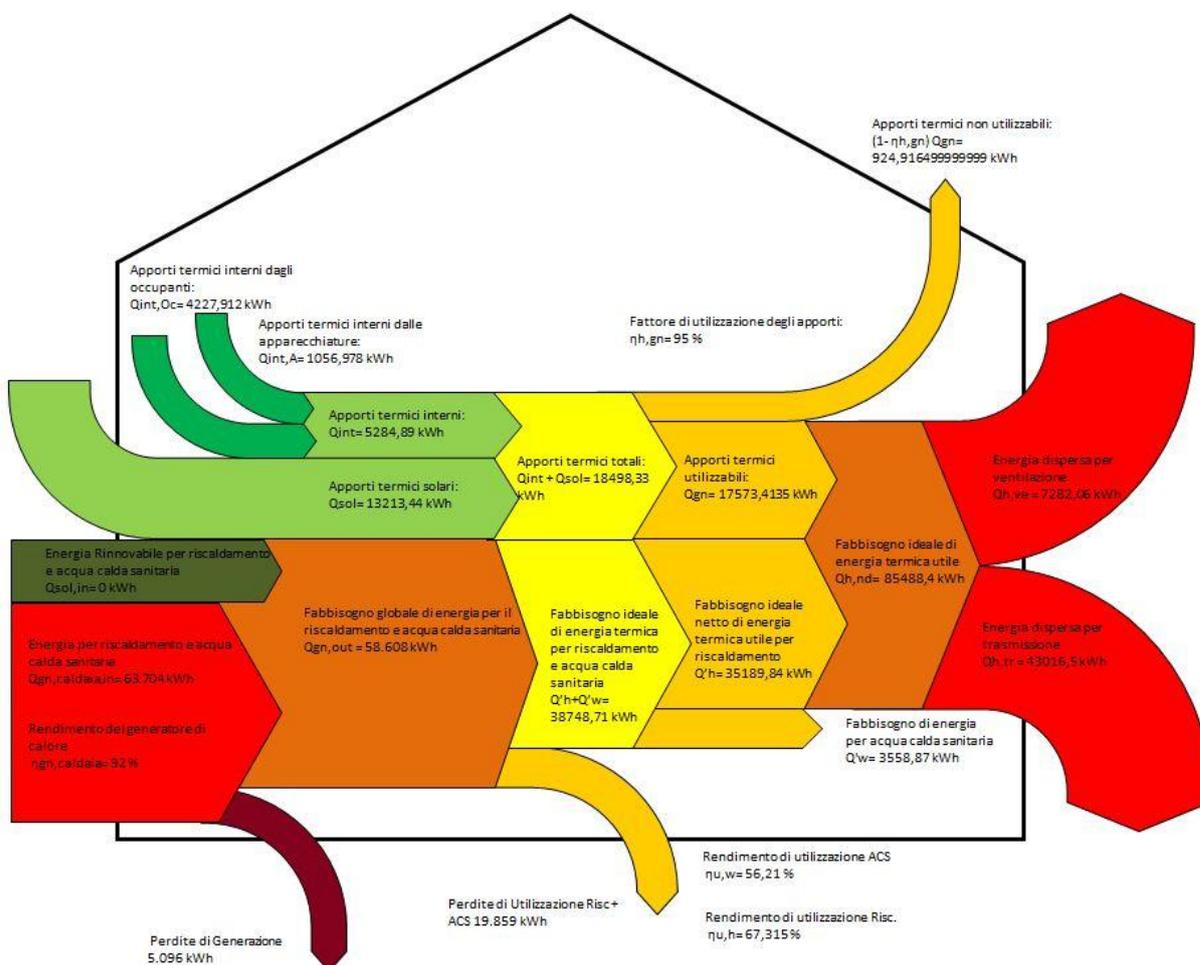
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

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

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

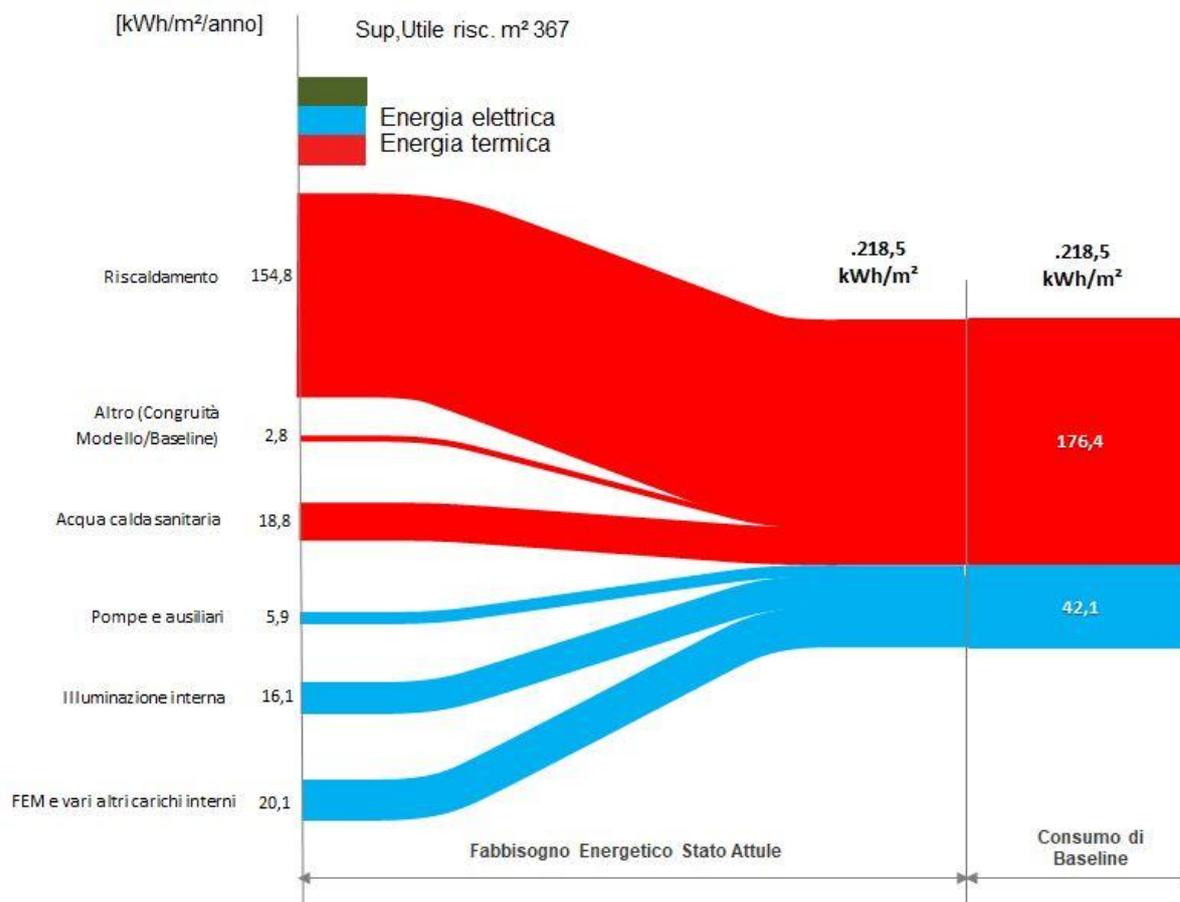
Figura 6.1 – Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio allo stato attuale



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 – Congruietà” 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 – Congruietà” rappresenta la differenza per eccesso tra i consumi specifici di Baseline ed i consumi teorici.

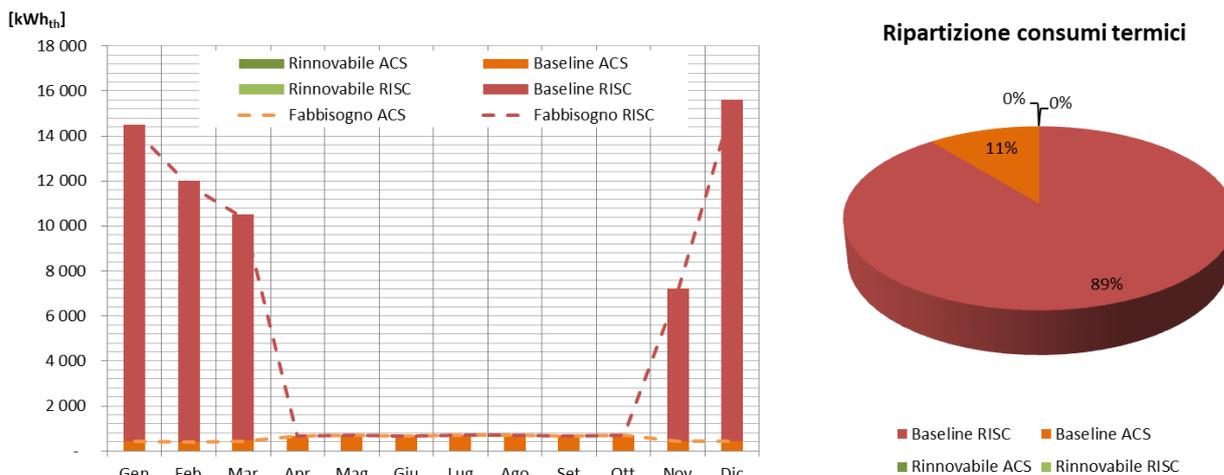
Dall’analisi del diagramma di Sankey relativo al bilancio energetico complessivo dell’edificio è possibile notare che il maggior quantitativo di energia è impiegato per il riscaldamento degli ambienti e la produzione di ACS.

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



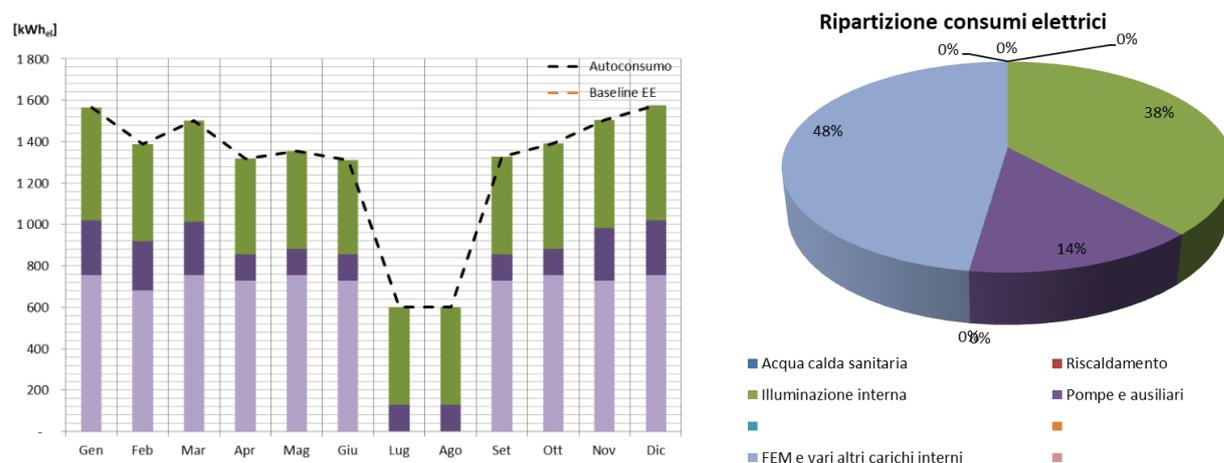
Si può notare come la maggior parte dei consumi termici sia da attribuirsi all'utilizzo per la climatizzazione dei locali, pertanto gli interventi migliorativi proposti, andranno ad interessare principalmente tali componenti.

Anche relativamente all'analisi dei fabbisogni di energia elettrica, la ripartizione tra i vari utilizzi è stata effettuata in funzione degli esiti della modellazione. Si precisa inoltre che alla categoria "FEM e vari altri carichi interni" è stato attribuito il valore di 7.467 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 attrezzature ascrivibili alla destinazione d'uso tipica dell'edificio.

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.

Vettore termico

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

- PDR 1 – 03270023506575: 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: 03270023506575	2014	2015	2015	2016	2016
Indirizzo di fornitura	VIA FRATELLI DI CORONATA 7 16152 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.	G006	G0006	G0006	G6
Tipologia di contratto	N.D.	PUNTO DI RICONSEGNA PER SERVIZIO PUBBLICO	Utente con attività di servizio pubblico	Utente con attività di servizio pubblico	Punto di riconsegna per usi diversi
Opzione tariffaria (*)	N.D.	Costo indicizzato	Costo indicizzato	Costo indicizzato	Costo indicizzato
Valore del coefficiente correttivo del consumi	N.D.	1,023328	1,023328	1,023328	1,017488
Potere calorifico inferiore convenzionale del combustibile	N.D.	38,190MJ/MC	38,190MJ/MC	38,190MJ/MC	39.159,000 kJ/Smc
Prezzi di fornitura del combustibile (*)	N.D.	0,04549 €/kWh	0,02851 €/kWh	0,02711 €/kWh	0,02243 €/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: 03270023506575	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: 03270023506575	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	485	11	171	221	195	1.084	10.649	0,102
Febbraio	642	11	226	293	258	1.431	14.111	0,101
Marzo	504	11	178	230	203	1.126	11.073	0,102
Aprile	162	4	60	121	76	424	5.398	0,079
Maggio	38	4	13	29	18	102	1.281	0,079
Giugno	37	4	12	28	18	98	1.234	0,079
Luglio	36	4	12	29	18	99	1.272	0,078
Agosto	31	4	11	24	15	85	1.083	0,078
Settembre	41	4	14	33	20	112	1.451	0,077
Ottobre	83	4	29	67	40	222	2.958	0,075
Novembre	151	4	53	121	72	401	5.388	0,074
Dicembre	378	4	132	304	180	997	13.499	0,074
Totale	2.587	69	911	1.500	1.115	6.182	69.397	0,089
PDR: 03270023506575	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	326	4	151	241	159	880	12.265	0,072
Febbraio	342	4	156	281	172	954	12.491	0,076
Marzo	311	4	142	255	157	868	11.361	0,076
Aprile	101	2	49	109	57	319	4.832	0,066
Maggio	37	3	18	40	22	120	1.780	0,067
Giugno	35	3	17	38	20	113	1.677	0,067
Luglio	15	3	7	16	9	49	707	0,070
Agosto	13	3	6	13	7	42	575	0,072

E1184 – Asilo nido “Girotondo”

Settembre	32	3	15	33	18	100	1.451	0,069
Ottobre	-	-	-	-	-	-	-	-
Novembre	388	3	239	379	222	1.232	18.256	0,067
Dicembre	351	3	128	316	175	972	14.055	0,069
Totale	1.951	31	928	1.720	1.019	5.649	79.448	0,071

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

[€/kWh]

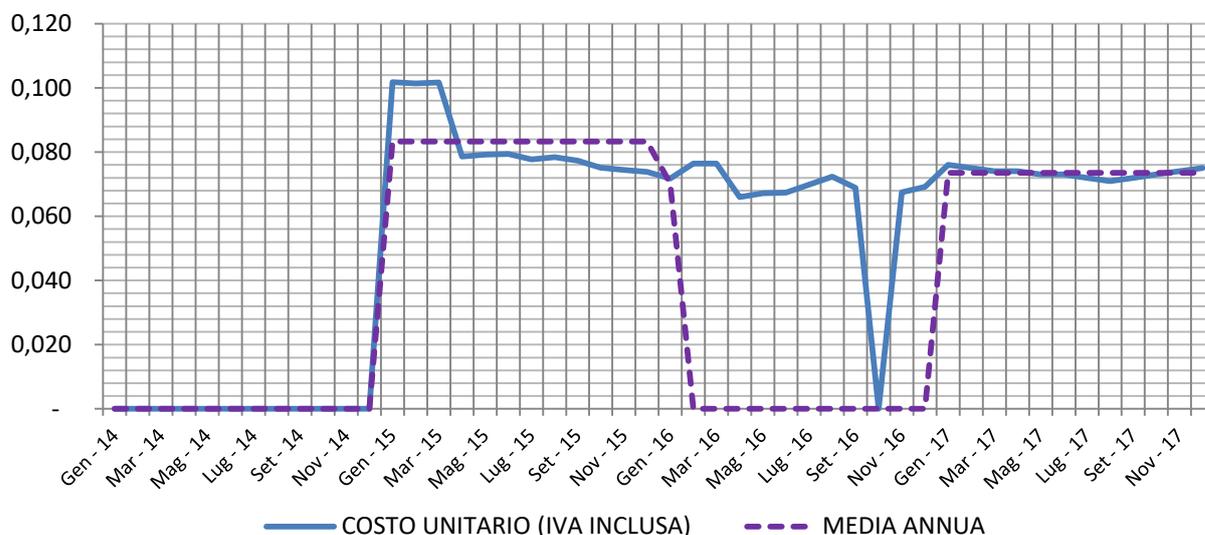
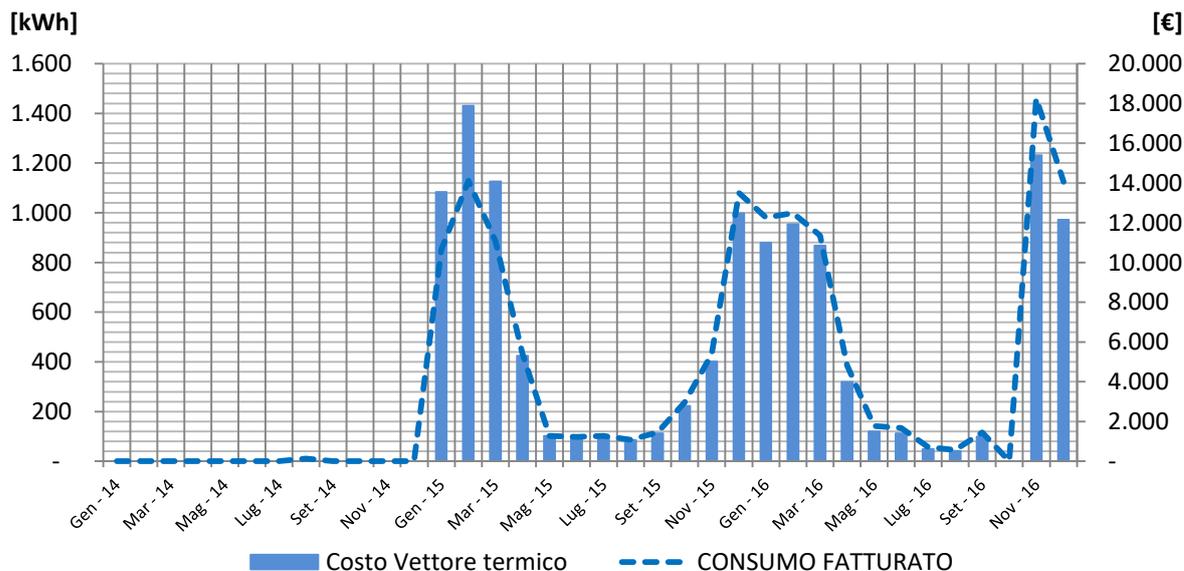


Figura 7.2 – Andamento dei consumi e dei costi dell’energia termica



Vettore elettrico

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

- POD 1 – IT001E00096176: 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 – Caratteristiche dei contratti di fornitura del vettore elettrico per il triennio di riferimento

POD: IT001E00096176	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	24,00 kW	20,00 kW	20,00 kW	20,00 kW	20,00 kW
Potenza elettrica disponibile	24,00 kW	24,00 kW	24,00 kW	24,00 kW	24,00 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 forniture dell'energia elettrica ⁽²⁾	0,07487 €/kWh	0,07488 €/kWh	0,03498 €/kWh	0,03098 €/kWh	0,04923 €/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: IT001B00096 1176	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO
	FISSA	PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen – 14	136	19	186	23	80	445	1.800	0,247
Feb – 14	90	14	195	15	69	382	1.189	0,321
Mar – 14	116	18	218	19	82	454	1.552	0,292
Apr – 14	98	18	263	16	87	483	1.313	0,368
Mag – 14	88	18	495	15	135	750	1.164	0,645
Giu – 14	79	17	181	13	64	354	1.067	0,332
Lug – 14	78	11	164	13	59	326	1.055	0,309
Ago – 14	10	2	89	2	23	126	148	0,853
Set – 14	93	18	204	15	73	402	1.238	0,325
Ott – 14	111	20	232	18	84	465	1.471	0,316
Nov – 14	95	17	263	16	86	476	1.271	0,375

E1184 – Asilo nido “Girotondo”

Dic – 14	78	14	184	13	29	317	1.043	0,304
Totale	1.071	186	2.675	179	870	4.981	14.311	0,348
POD: IT001B00096 1176	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen – 15	86	14	193	14	31	338	1.154	0,293
Feb – 15	76	12	177	13	28	305	1.006	0,303
Mar – 15	78	12	181	13	28	313	1.043	0,300
Apr – 15	33	9	125	10	18	194	809	0,240
Mag – 15	53	16	153	17	24	263	1.388	0,190
Giu – 15	44	13	134	14	20	225	1.131	0,199
Lug – 15	30	9	104	10	15	169	819	0,206
Ago – 15	6	2	59	2	7	76	160	0,475
Set – 15	38	11	121	13	18	200	1.003	0,200
Ott – 15	47	18	176	19	26	286	1.555	0,184
Nov – 15	46	17	173	19	25	279	1.484	0,188
Dic – 15	36	13	144	14	21	228	1.143	0,199
Totale	572	145	1.739	159	262	2.877	12.695	0,227
POD: IT001B00096 1176	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen – 16	40	14	153	17	22	247	1.377	0,179
Feb – 16	40	16	180	19	25	279	1.505	0,186
Mar – 16	58	16	185	20	28	306	1.563	0,196
Apr – 16	28	14	130	11	18	201	853	0,236
Mag – 16	54	24	181	19	28	306	1.508	0,203
Giu – 16	47	20	159	15	24	266	1.221	0,218
Lug – 16	33	16	122	9	18	199	744	0,267
Ago – 16	12	7	89	4	11	123	314	0,390
Set – 16	57	26	161	16	26	286	1.248	0,229
Ott – 16	91	24	187	20	32	354	1.570	0,225
Nov – 16	108	27	194	21	35	385	1.665	0,231
Dic – 16	91	23	179	18	31	342	1.471	0,233
Totale	659	227	1.921	188	300	3.295	15.039	0,219

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

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

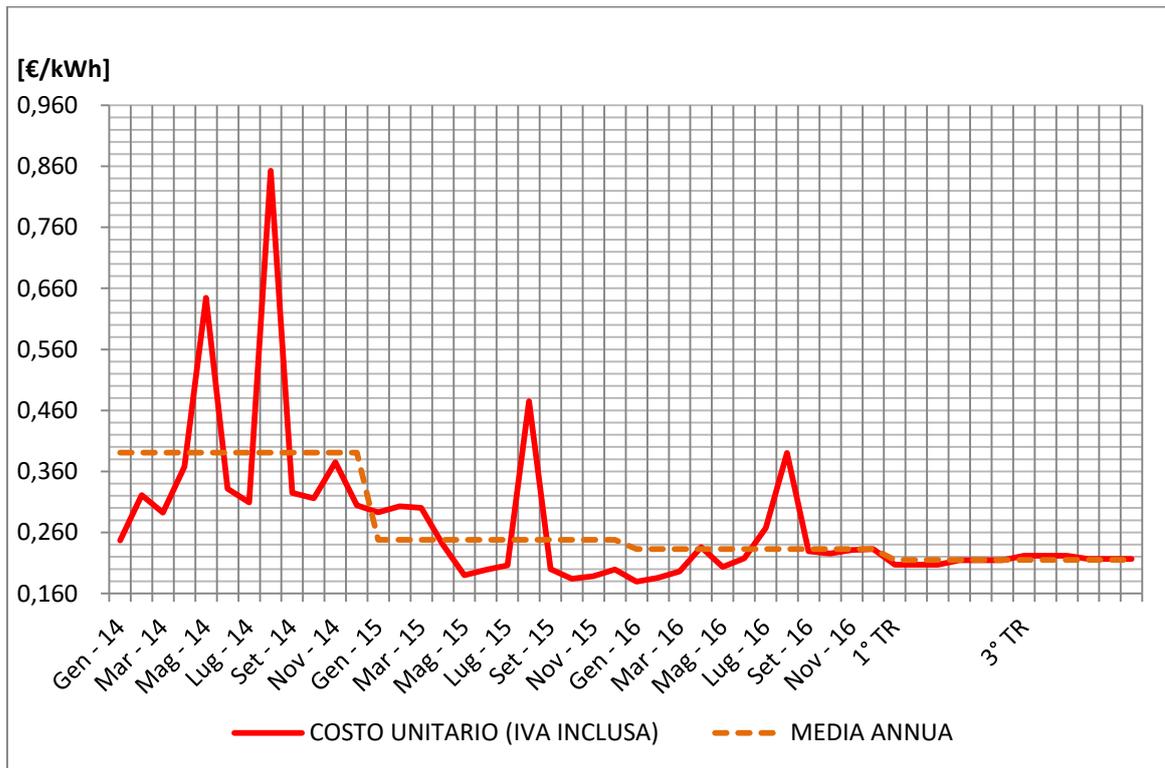
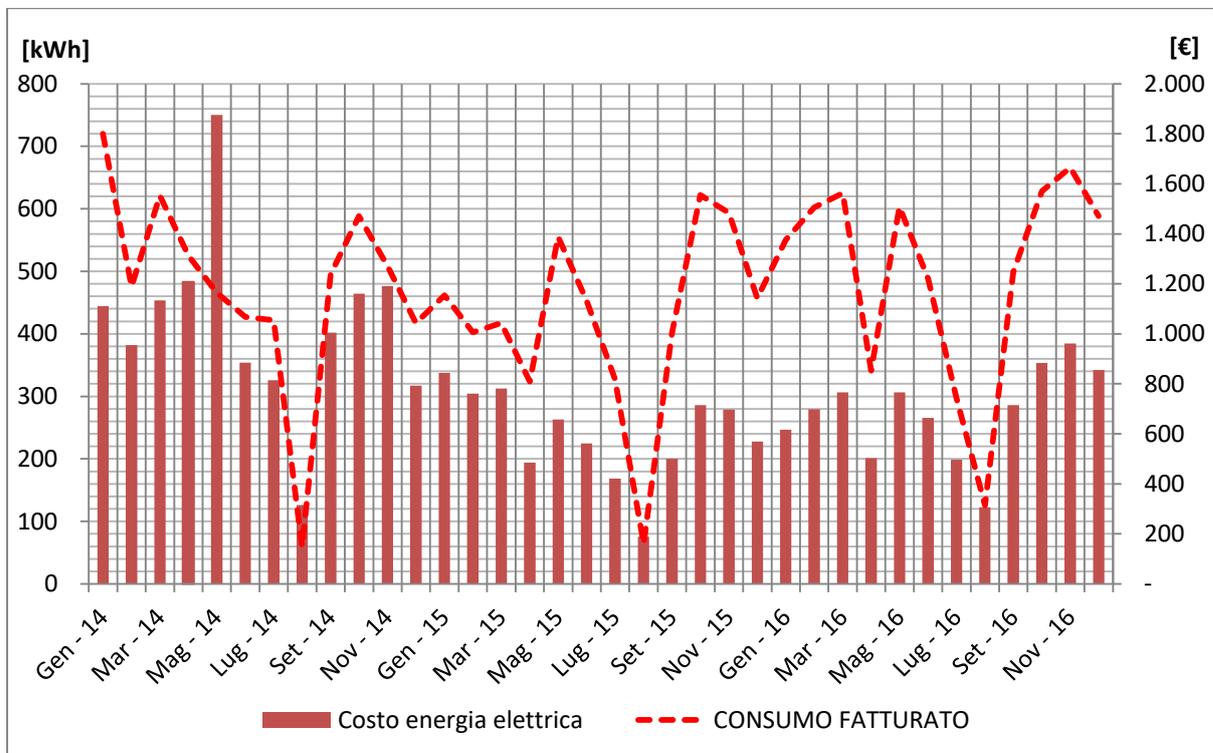


Figura 7.4 – Andamento dei consumi e dei costi dell’energia elettrica



7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI

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

Nella Tabella 7.5 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.	14.311	4.981	0,348	n.d.
2015	69.397	6.182	0,089	12.695	2.877	0,227	9.059
2016	79.448	5.649	0,071	15.039	3.295	0,219	8.944
2017	-	-	0,0846	-	-	0,214	-
Media	74.423	5.916	0,0815	14.015	3.718	0,252	9.002

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}	0,085 [€/kWh]
Costo unitario dell'energia elettrica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	C _{UE}	0,215 [€/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:

- L1-042-216: 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 2.189,78 €.

Nel caso di impianti non oggetto di fornitura di energia, il costo della manutenzione C_M è pari al valore contrattuale della conduzione e manutenzione (C_{SIE3}) come fornito all'interno del file

kyotoBaseline-EXXXX. In questo caso i costi della manutenzione sono ripartiti in una quota ordinaria (C_{MO}) e in una quota straordinaria (C_{MS}) come segue:

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

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

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

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}	1.971 [€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Media relativa a gli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici	C_{MS}	219 [€/anno]

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

7.4 BASELINE DEI COSTI

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

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

Per la componente energetica vale la seguente formula:

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

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

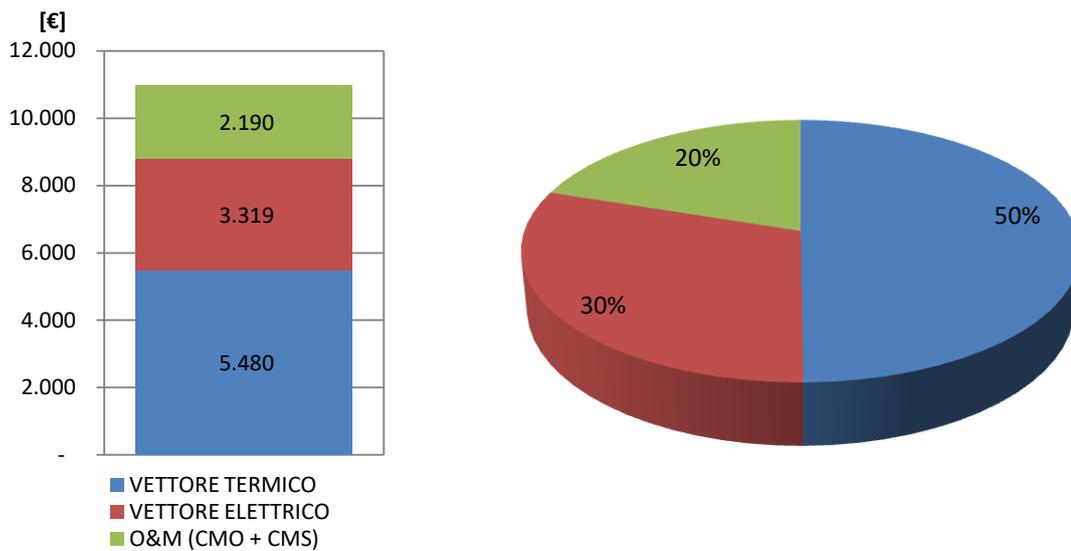
$$C_{baseline} = C_E + C_{MO} + C_{MS}$$

Ne risulta quindi un C_E pari a € 8.799 e un $C_{baseline}$ pari a € 10.989

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

VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)		TOTALE	
$Q_{baseline}$	Cu_Q	C_Q	$EE_{baseline}$	Cu_{EE}	C_{EE}	C_M	C_{MO}	C_{MS}	$C_Q + C_{EE} + C_M$
[kWh]	[€/kWh]	[€]	[kWh]	[€/kWh]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
64.736	0,085	5.480	15.446	0,215	3.319	2.190	1.971	219	10.989

Figura 7.5 – Baseline dei costi e loro ripartizione



8 IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA

8.1 DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI

Involucro edilizio

EEM1: Isolamento solaio di copertura

Generalità

La misura prevede l'applicazione in contro placcaggio di una lastra di lana di vetro dello spessore di 10 cm applicata su una struttura metallica di supporto ed uno strato di finitura consistente di una lastra di cartongesso fibrorinforzato al fine di ridurre le dispersioni termiche dei solai di copertura verso l'esterno.

L'inserimento di una lastra di lana di vetro consente di ridurre le dispersioni termiche dell'involucro opaco, portando anche al miglioramento delle condizioni di comfort termico.

Figura 8.1 – Particolare del solaio di copertura



Caratteristiche funzionali e tecniche

L'inserimento di un pannello isolante in lana di vetro richiede la valutazione delle prestazioni energetiche dello stato di conservazione del solaio esistente, al fine di individuare la fattibilità tecnica e la convenienza economica dell'intervento.

Tale misura può ridurre le dispersioni per trasmissione dell'involucro opaco in modo significativo (10-15%).

La finitura materica di rivestimento del pannello ed il colore dello stesso devono essere scelti in funzione ed in relazione alla funzione dell'edificio ed alla compatibilità estetica.

Descrizione dei lavori

La posa deve essere effettuata da personale tecnico specializzato.

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

Prestazioni raggiungibili

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

Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM1 – Isolamento solaio di copertura

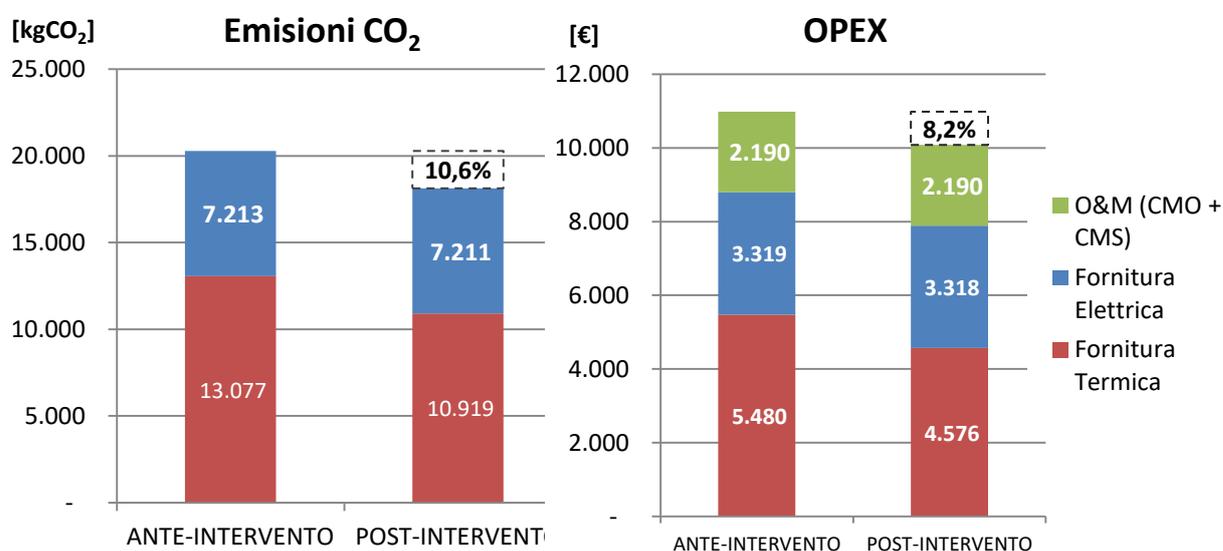
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM1 (trasmissione termica)	W/m ² K	1,863	0,195	89,5%
Q _{teorico}	[kWh]	63.704	53.195	16,5%
EE _{teorico}	[kWh]	15.646	15.641	0,0%
Q _{baseline}	[kWh]	64.736	54.056	16,5%
EE _{baseline}	[kWh]	15.446	15.441	0,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	13.077	10.919	16,5%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	7.213	7.211	0,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	20.290	18.130	10,6%
Fornitura Termica, C _q	[€]	5.480	4.576	16,5%

Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	3.319	3.318	0,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	8.799	7.894	10,3%
C_{MO}	[€]	1.971	1.971	0,0%
C_{MS}	[€]	219	219	0,0%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	2.190	2.190	0,0%
OPEX	[€]	10.989	10.084	8,2%
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.

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 della facciata esterna dell'edificio



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

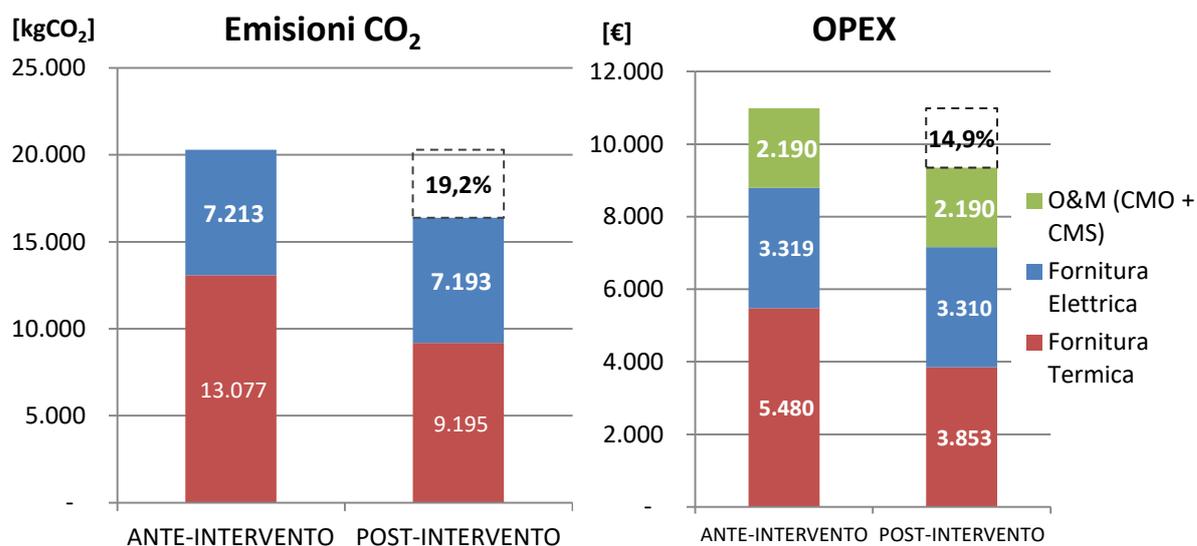
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM2 (trasmissione termica)	W/m ² K	5,7	1,621	71,6%
Q _{teorico}	[kWh]	63.704	44.792	29,7%
EE _{teorico}	[kWh]	15.646	15.603	0,3%
Q _{baseline}	[kWh]	64.736	45.518	29,7%
EE _{baseline}	[kWh]	15.446	15.403	0,3%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	13.077	9.195	29,7%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	7.213	7.193	0,3%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	20.290	16.388	19,2%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	5.480	3.853	29,7%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	3.319	3.310	0,3%
Fornitura Energia, C_E	[€]	8.799	7.163	18,6%
C _{MO}	[€]	1.971	1.971	0,0%
C _{MS}	[€]	219	219	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	2.190	2.190	0,0%

OPEX	[€]	10.989	9.353	14,9%
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.

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



8.1.1 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 (5-10%).

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)	-	88	107	-21,6%
$Q_{teorico}$	[kWh]	63.704	54.608	14,3%
$EE_{teorico}$	[kWh]	15.646	15.539	0,7%
$Q_{baseline}$	[kWh]	64.736	55.492	14,3%
$EE_{baseline}$	[kWh]	15.446	15.340	0,7%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	13.077	11.209	14,3%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	7.213	7.164	0,7%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	20.290	18.373	9,4%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	5.480	4.697	14,3%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	3.319	3.297	0,7%

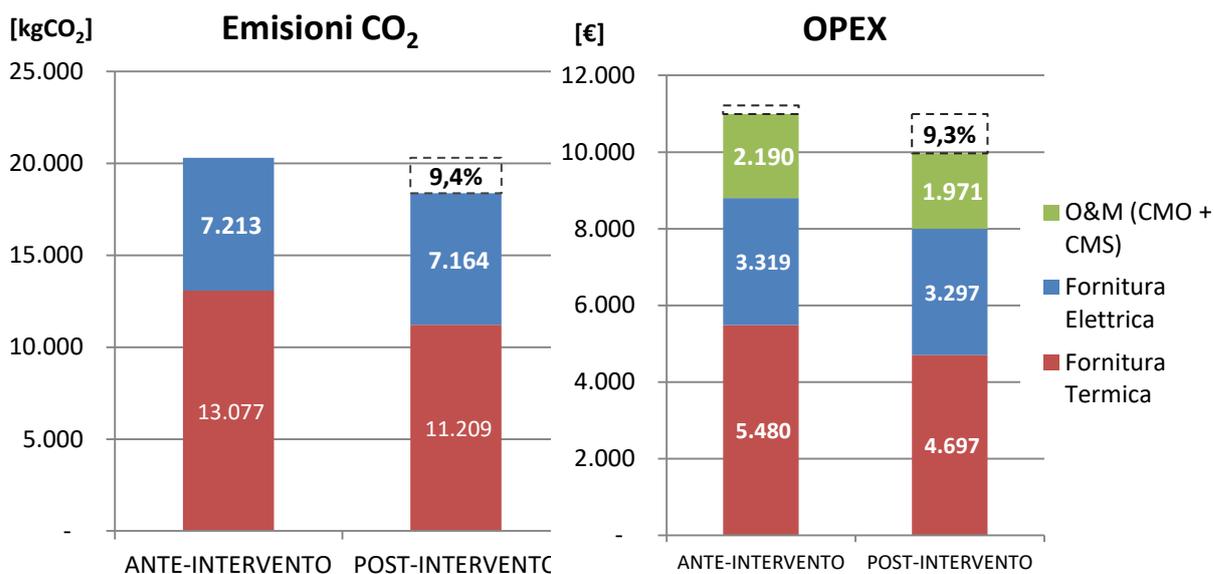
Fornitura Energia, C _E	[€]	8.799	7.994	9,2%
C _{MO}	[€]	1.971	1.774	10,0%
C _{MS}	[€]	219	197	10,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	2.190	1.971	10,0%
OPEX	[€]	10.989	9.965	9,3%
Classe energetica	[-]	G	F	+1 classe

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: 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 8.7 – 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

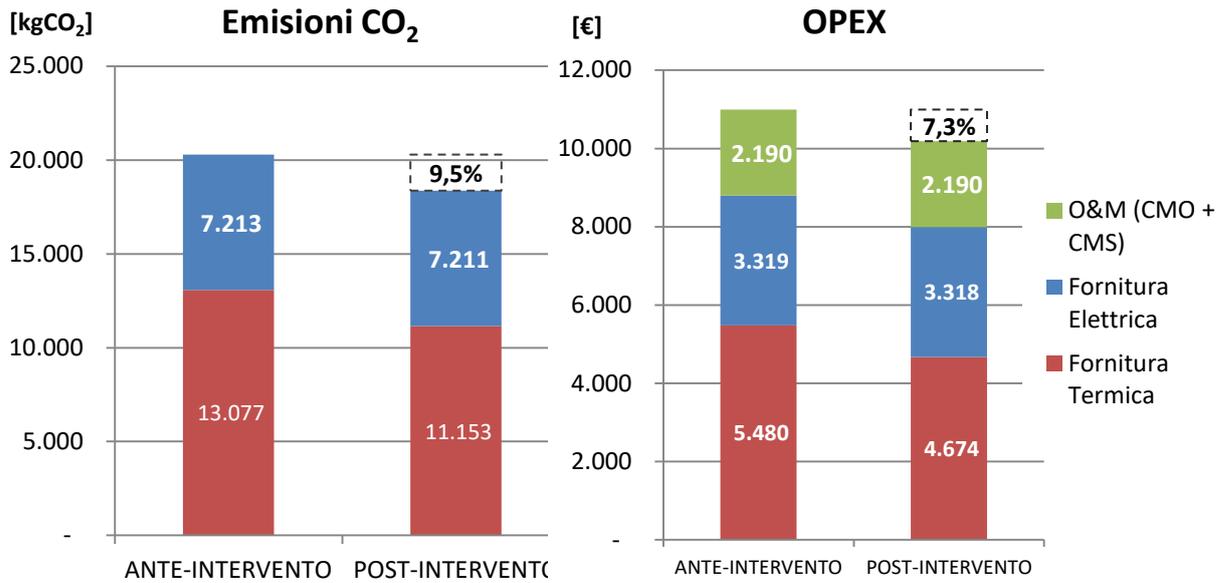
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM4 sono riportati nella Tabella 8.14 e nella Figura 8.28.

Tabella 8.4 – Risultati analisi EEM4 – Installazione valvole termostatiche

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Rendimento di regolazione	-	86	99	-15,1%
Q_{teorico}	[kWh]	63.704	54.335	14,7%
EE_{teorico}	[kWh]	15.646	15.641	0,0%
Q_{baseline}	[kWh]	64.736	55.215	14,7%
EE_{baseline}	[kWh]	15.446	15.441	0,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	13.077	11.153	14,7%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	7.213	7.211	0,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	20.290	18.364	9,5%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	5.480	4.674	14,7%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	3.319	3.318	0,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	8.799	7.992	9,2%
C_{MO}	[€]	1.971	1.971	0,0%
C_{MS}	[€]	219	219	0,0%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	2.190	2.190	0,0%
OPEX	[€]	10.989	10.182	7,3%
Classe energetica	[-]	G	F	+1 classi

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

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

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

8.1.2 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.

8.1.3 Impianto di illuminazione ed impianto elettrico

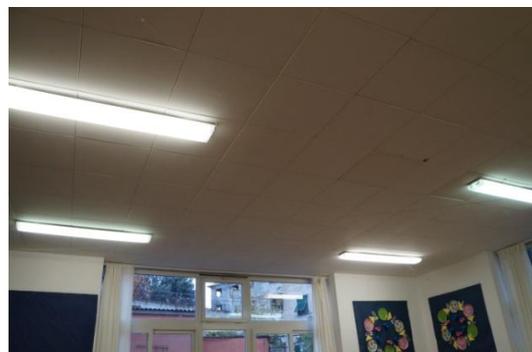
EEM5: Sorgenti luminose con tecnologia LED

Generalità

L'intervento di re-lamping con illuminazione a LED prevede l'integrale sostituzione dei corpi illuminanti attualmente presenti al interno ed al esterno dell'edificio scolastico con illuminazione LED ad alta efficienza luminosa e bassi consumi.

L'intervento inoltre prevede un netto miglioramento delle caratteristiche illuminotecniche e quindi delle condizioni di comfort d'uso da parte degli utilizzatori della Scuola.

Figura 8.9 – Particolare sistema di illuminazione



Caratteristiche funzionali e tecniche

La disposizione e la tipologia dei nuovi corpi illuminanti saranno tali da garantire i livelli di illuminamento prescritti dalla norma UNI 12464-1 in funzione delle attività svolte negli ambienti in cui si trovano.

L'illuminazione esterna sarà realizzata in maniera tale da garantire adeguati livelli di illuminamento in corrispondenza degli accessi pedonali e carrabile.

Anche l'illuminazione di sicurezza dell'edificio sarà con nuove lampade a tecnologia LED. Tale misura può ridurre il consumo di energia elettrica (15-25%).

Descrizione dei lavori

La posa dei corpi illuminanti deve essere effettuata da personale tecnico specializzato.

L'intervento proposto comprende le seguenti opere e lavorazioni:

- Rimozione di tutte le lampadine interne ed esterne;
- Fornitura e posa in opera di nuove lampadine a LED;

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 – UNI TS 11300

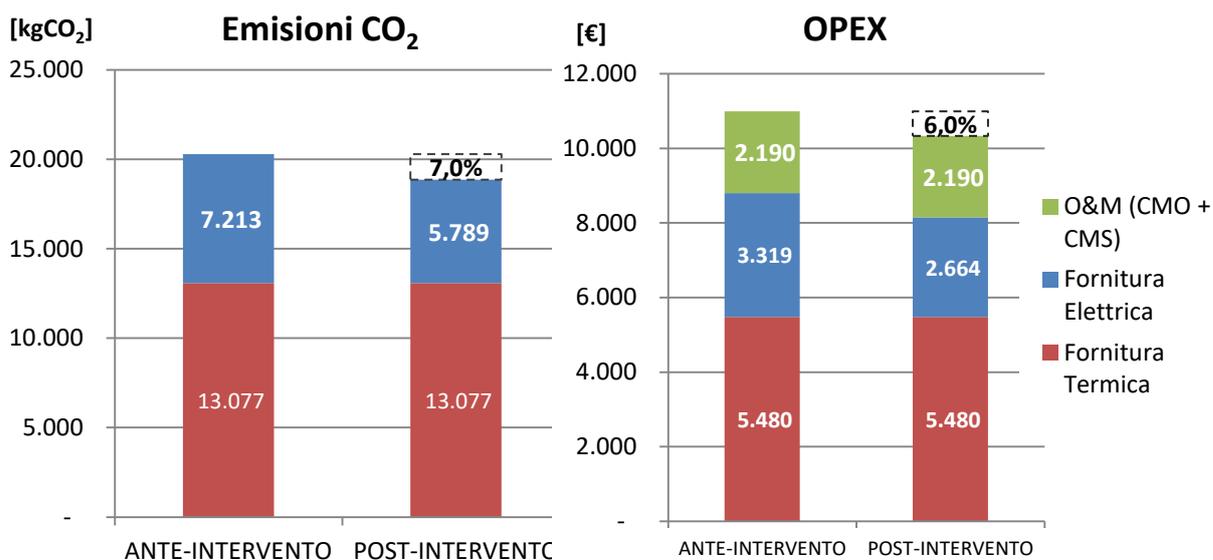
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Potenza elettrica installata	kW	4578	2312	49,5%
$Q_{teorico}$	[kWh]	63.704	63.704	0,0%
$EE_{teorico}$	[kWh]	15.646	12.556	19,8%
$Q_{baseline}$	[kWh]	64.736	64.736	0,0%
$EE_{baseline}$	[kWh]	15.446	12.395	19,8%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	13.077	13.077	0,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	7.213	5.789	19,8%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	20.290	18.865	7,0%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	5.480	5.480	0,0%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	3.319	2.664	19,8%
Fornitura Energia, C_E	[€]	8.799	8.143	7,5%
C_{MO}	[€]	1.971	1.971	0,0%
C_{MS}	[€]	219	219	0,0%

O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	2.190	2.190	0,0%
OPEX	[€]	10.989	10.333	6,0%
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 8.10 – EEM5: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



9 VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA

9.1 ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

EEM1: Isolamento 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'intradosso del solaio di copertura.

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 soaio di copertura

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ²]	[€]	[€]	[€]
Fornitura di pannello in lana di vetro 10 cm	Liguria 2017	180	€/mq	14,337	2.580,66 €	567,75 €	3.148,41 €
Posa in opera di pannello isolante	Liguria 2017	180	€/mq	4,221	759,78 €	167,15 €	926,93 €
Fornitura di pannello in lana di vetro 4 cm	Liguria 2017	180	€/mq	6,147	1.106,46 €	243,42 €	1.349,88 €
Posa in opera di pannello isolante	Liguria 2017	180	€/mq	4,221	759,78 €	167,15 €	926,93 €
Smontaggio e rimontaggio controsoffitto	Listino LLPP.Liguria 2017	180	4,69	844,20 €	185,72 €	1 029,92 €	180
Costi per la sicurezza					203,54 €	44,78 €	248,31 €
Costi per la progettazione					474,92 €	104,48 €	579,40 €
TOTALE (I₀)					7.463,02 €	1.641,86 €	9.104,88 €
Incentivi	Conto termico					[€]	3.642
Durata incentivi						[Anni]	5
Incentivo annuo						[€/anno]	728

EEM2: Sostituzione infissi

Nella Tabella 9.2 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	90	€/mq	12,159	1.094,31 €	240,75 €	1.335,06 €
Fornitura infissi in PVC	Liguria 2017	90	€/mq	296,01	26.640,90 €	5.861,00 €	32.501,90 €
Posa in opera di infissi in PVC	Liguria 2017	90	€/mq	42,858	3.857,22 €	848,59 €	4.705,81 €
Costi per la sicurezza					947,77 €	208,51 €	1.156,28 €
Costi per la progettazione					2.211,47 €	486,52 €	2.697,99 €
TOTALE (I₀)					34.751,67 €	7.645,37 €	42.397,04 €
Incentivi	Conto termico					[€]	16.959
Durata incentivi						[Anni]	5
Incentivo annuo						[€/anno]	3.392

EEM3: Sostituzione generatore di calore

Nella Tabella 9.3 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 di valvole termostatiche

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

Tabella 9.4 – Analisi dei costi della EEM4 – Valvole termostatiche

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO [€/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 €

EEM5: Lampade a LED

Nella Tabella 9.5 è riportata l’analisi dei costi relativi alle EEM 5, che consiste nell’installazione di lampade a LED in tutti gli ambienti dell’edificio.

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 9.5 – Analisi dei costi della EEM5 – Lampade a LED

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO [€/n° o €/m ²]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
Rimozione corpi illuminanti	Milano	47	cad	5,21	244,87 €	53,87 €	298,74 €
Plafoniera ad incasso per controsoffitto	Milano	39	cad	179,57	7.003,23 €	1.540,71 €	8.543,94 €
Plafoniera a tenuta stagna	Milano	8	cad	87,49	699,92 €	153,98 €	853,90 €

Lampada a LED	DEI Imp. Ele. 2017	156	cad	15,37	2.397,72 €	527,50 €	2.925,22 €
Trasformatori	Piemonte 2018	10	cad	63,71	637,10 €	140,16 €	777,26 €
Costi per la sicurezza					329,49 €	72,49 €	401,97 €
Costi per la progettazione					768,80 €	169,14 €	937,93 €
TOTALE (I₀)					12.081,12 €	2.657,85 €	14.738,97 €
Incentivi	Conto termico					[€]	5.896
Durata incentivi						[Anni]	5
Incentivo annuo						[€/anno]	1.179

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 di copertura

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	€ 9.105
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 728
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 9,8	5,7
Tempo di rientro attualizzato	TRA 12,8	7,0
Valore attuale netto	VAN 6.809	10.051
Tasso interno di rendimento	TIR 9,7%	14,1%
Indice di profitto	IP 0,75	1,10

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

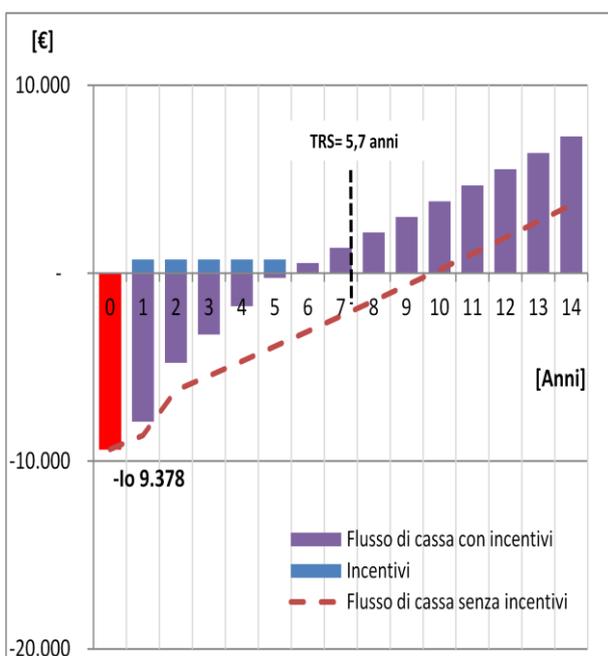
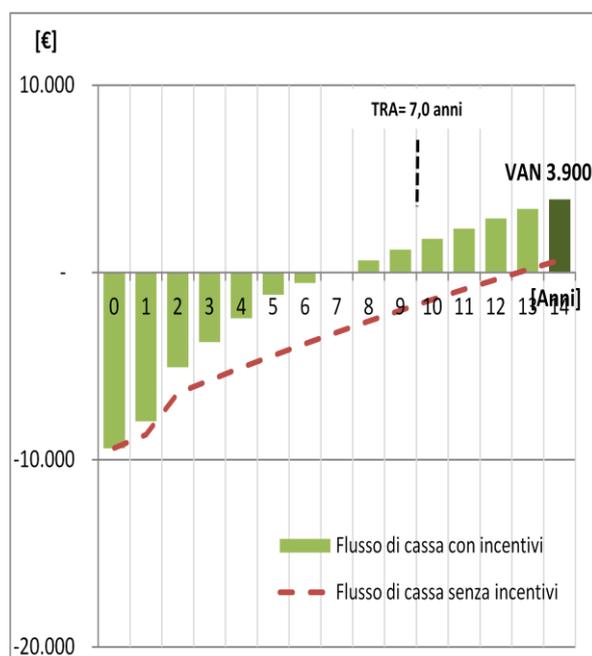


Figura 9.2 – EEM1: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



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	€ 42.397
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 3.392
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	23,2 / 13,5
Tempo di rientro attualizzato	TRa	39,0 / 21,8
Valore attuale netto	VAN	- 10.087 / 5.012
Tasso interno di rendimento	TIR	1,7% / 5,4%
Indice di profitto	IP	-0,24 / 0,12

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

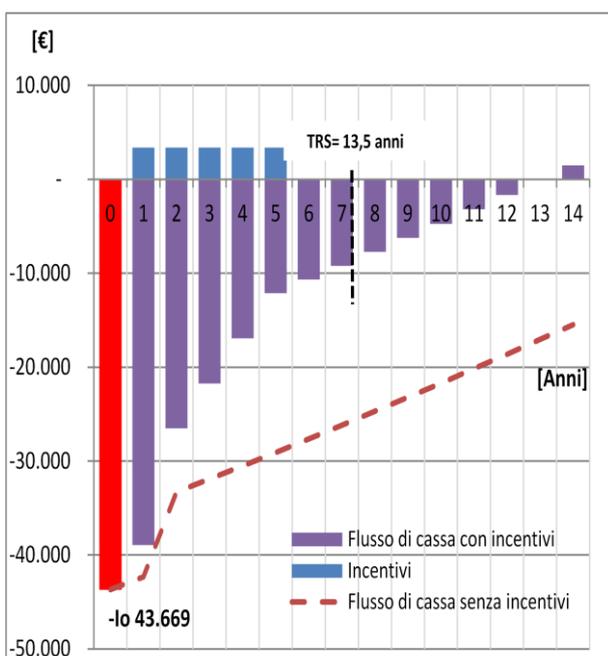
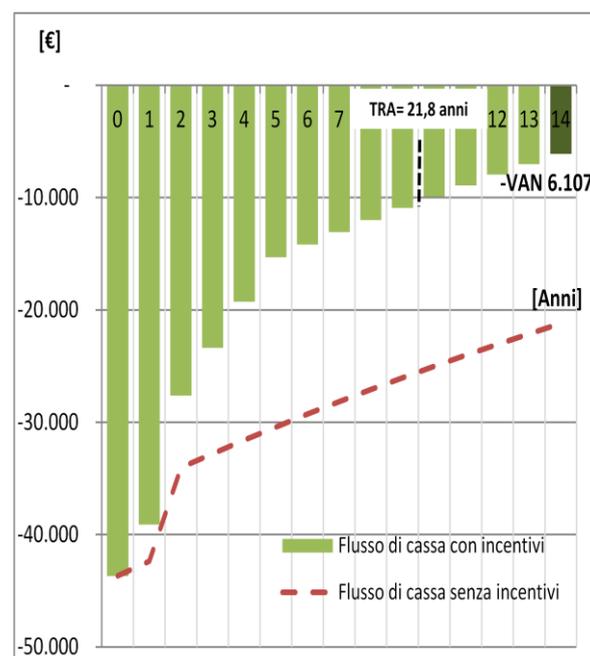


Figura 9.4 – EEM2: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



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}	3
Vita utile	n	15
Incentivo annuo	B	€/anno 755
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	9,2
Tempo di rientro attualizzato	TRA	11,7
Valore attuale netto	VAN	1.393
Tasso interno di rendimento	TIR	6,3%
Indice di profitto	IP	0,15

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

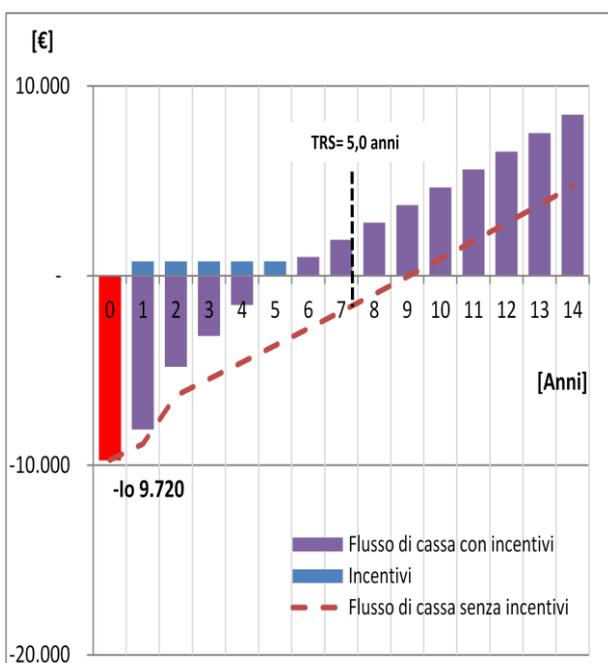
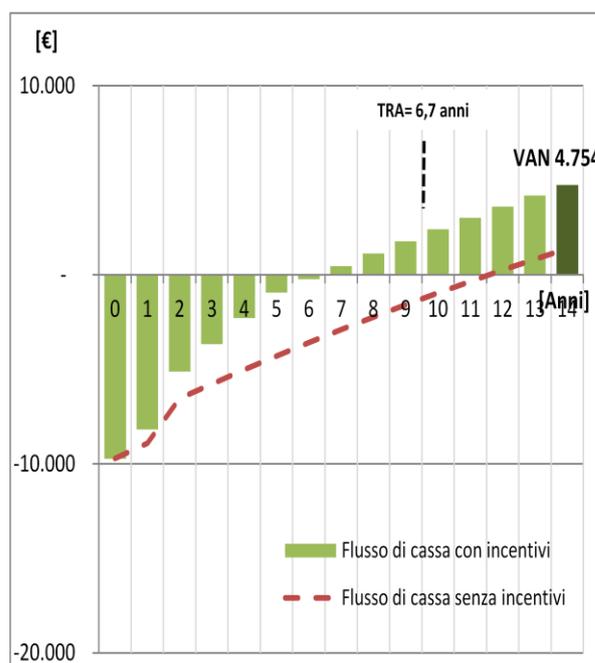


Figura 9.6 – EEM3: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



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

EEM4: Valvole termostatiche

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

Tabella 9.9 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM4 – Valvole termostatiche

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€ 1.149
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 92
Durata incentivo	n_B	anni 5
Tasso di attualizzazione	i	[%] 3,5%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO	VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	1,5
Tempo di rientro attualizzato	TRA	1,6
Valore attuale netto	VAN	6.602
Tasso interno di rendimento	TIR	61,7%
Indice di profitto	IP	5,75

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

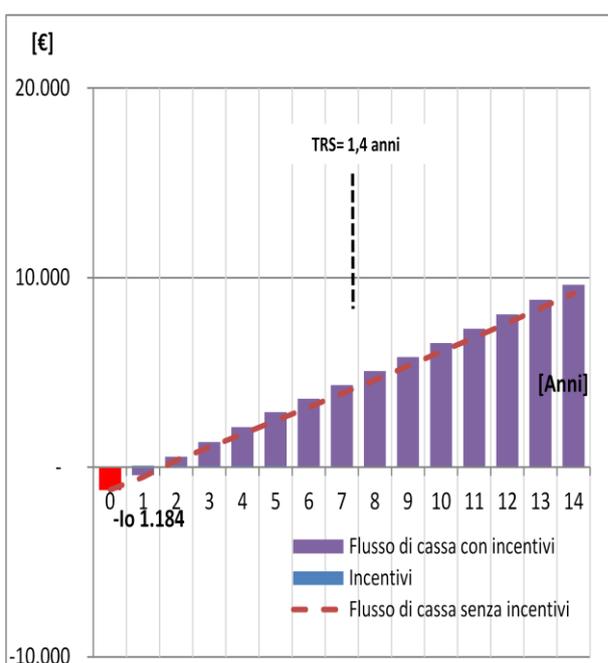
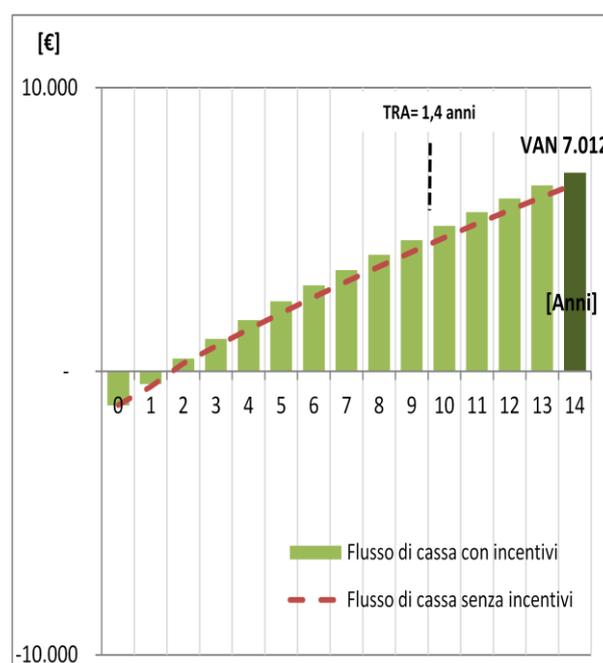


Figura 9.8 – EEM4: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



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

EEM5: Illuminazione LED

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– Illuminazione a LED

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€ 14.739
Oneri Finanziari % I_0	OF	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	3
Vita utile	n	8
Incentivo annuo	B	€/anno 1.179
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	18,4 / 9,7
Tempo di rientro attualizzato	TRA	20,8 / 11,0
Valore attuale netto	VAN	- 9.346 / - 4.096
Tasso interno di rendimento	TIR	-20,4% / -5,9%
Indice di profitto	IP	-0,63 / -0,28

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

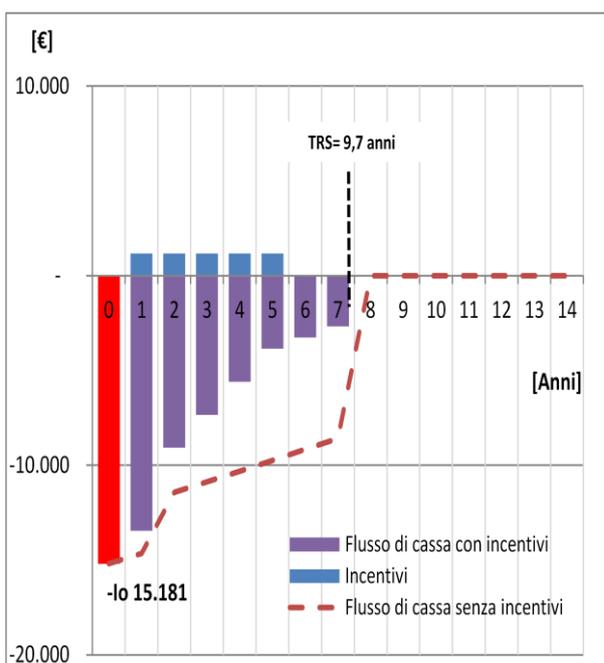
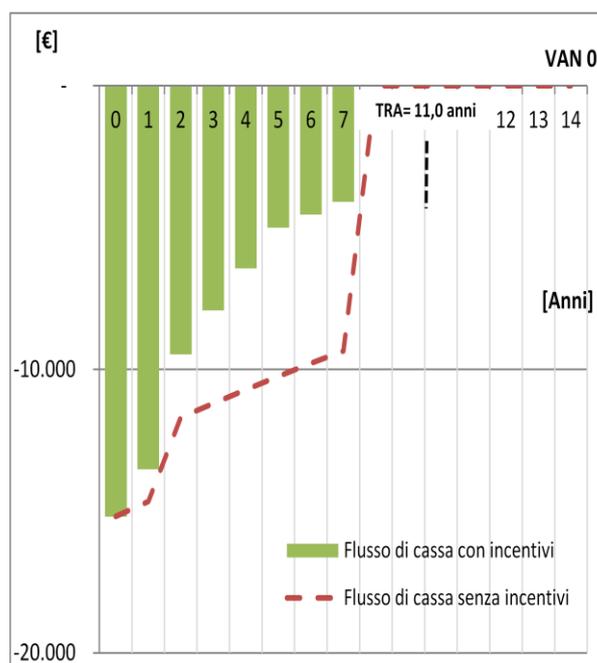


Figura 9.10 – EEM5: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



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

Sintesi

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

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

	SENZA INCENTIVI											
	% Δ_E [%]	% Δ_{CO_2} [%]	ΔC_E [€/anno]	ΔC_{MO} [€/anno]	ΔC_{MS} [€/anno]	I_0 [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]
EEM 1	10,6	10,6	905	-	-	9.105	9,8	12,8	30	6.809	9,7	0,75
EEM 2	19,2	19,2	1.635	-	-	42.397	23,2	39,0	30	-10.087	1,7	-0,24
EEM 3	9,4	9,4	805	197	22	9.437	9,2	11,7	15	1.393	6,3	0,15
EEM 4	9,5	9,5	807	-	-	1.149	1,5	1,6	15	6.602	61,7	5,75
EEM 5	7,0	7,0	656	-	-	14.739	18,4	20,8	8	-9.346	-20,4	-0,63

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;

Dall'analisi dei risultati emerge che non tutti gli interventi proposti sono economicamente convenienti ed in particolare che l'indice di profitto maggiore è presentato dall'installazione delle valvole termostatiche.

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

	CON INCENTIVI											
	% Δ_E [%]	% Δ_{CO_2} [%]	ΔC_E [€/anno]	ΔC_{MO} [€/anno]	ΔC_{MS} [€/anno]	I_0 [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]
EEM 1	10,6	10,6	905	-	-	9.105	5,7	7,0	30	10.051	14,1	1,10
EEM 2	19,2	19,2	1.635	-	-	42.397	13,5	21,8	30	5.012	5,4	0,12
EEM 3	9,4	9,4	805	197	22	9.437	5,0	6,7	15	4.754	12,7	0,50
EEM 4	9,5	9,5	807	-	-	1.149	1,5	1,6	15	6.602	61,7	5,75
EEM 5	7,0	7,0	656	-	-	14.739	9,7	11,0	8	-4.096	-5,9	-0,28

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 paramento 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 ≤ 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 soluzione integrate che includono interventi sull’involucro degli edifici, o più in generale, interventi tipicamente caratterizzati da tempi di ritorno lunghi, laddove, nel caso del secondo scenario ci si aspetta che gli interventi proposti interessino maggiormente investimenti per gli impianti.

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

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

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

Dove:

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

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

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

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

Essi sono così definiti:

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

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

Dove:

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

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

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

Dove:

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

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

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

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

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

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

- **Scenario 1: INFISSI E IMPIANTO TERMICO:** Tale scenario consiste nella realizzazione combinata degli interventi classificati come EEM2, EEM3 ed EEM4. Cioè nella sostituzione degli infissi e negli interventi sull'impianto termico mediante la sostituzione del generatore e l'installazione di valvole termostatiche su tutti i corpi scaldanti.
- **Scenario 2: INVOLUCRO, IMPIANTO E LED:** Tale scenario consiste nella realizzazione degli interventi identificati dai codici EEM1, EEM2, EEM3 ed EEM5; cioè nella realizzazione dell'isolamento della copertura, la sostituzione degli infissi, la sostituzione del generatore ed il relamping dell'intero edificio con tecnologia led.

9.3.1 Scenario 1: INFISSI E IMPIANTO TERMICO

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 AI 22% [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
EEM2 Fornitura & Posa	31.592,43 €	6.950,33 €	38.542,76 €
EEM3 Fornitura & Posa	7.031,71 €	1.546,98 €	8.578,69 €
EEM4 Fornitura & Posa	856,36 €	188,40 €	1.044,76 €
Costi per la sicurezza	1.184,42 €	260,57 €	1.444,99 €
Costi per la progettazione	2.763,64 €	608,00 €	3.371,63 €
TOTALE (I₀)	43.428,55 €	9.554,28 €	52.982,83 €
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO} (IVA INCLUSA) [€]	C _{MS} (IVA INCLUSA) [€]	C _M (IVA INCLUSA) [€]
EEM1 O&M	1.970,80 €	218,98 €	2.189,78 €
EEM2 O&M	1.970,80 €	218,98 €	2.189,78 €
EEM3 O&M	1.773,72 €	197,08 €	1.970,80 €
TOTALE (C_M)	1.773,72 €	197,08 €	1.970,80 €
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]	
Incentivi	Conto termico	26.491,42	€
Durata incentivi		5	Anni
Incentivo annuo		5.298,28	€/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

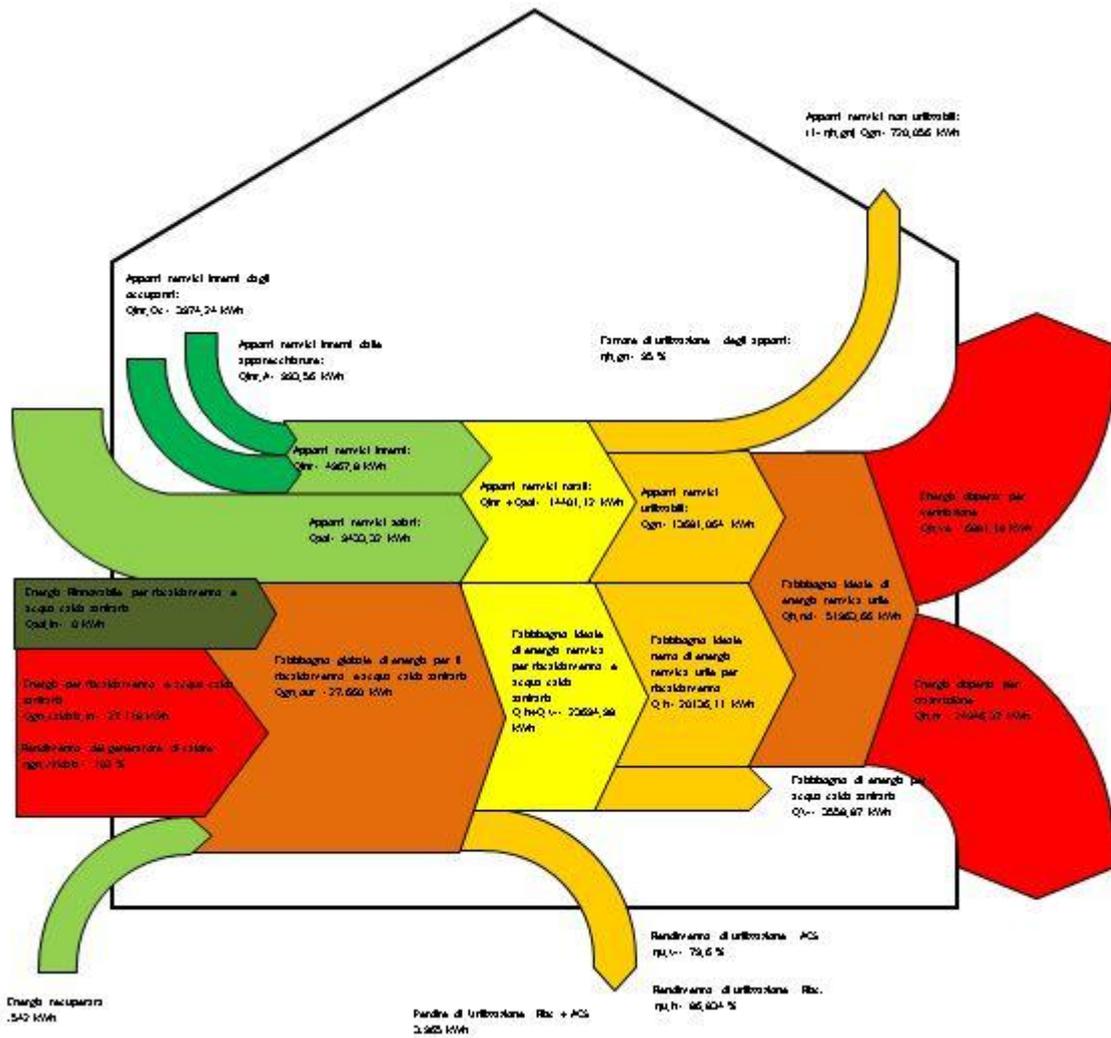
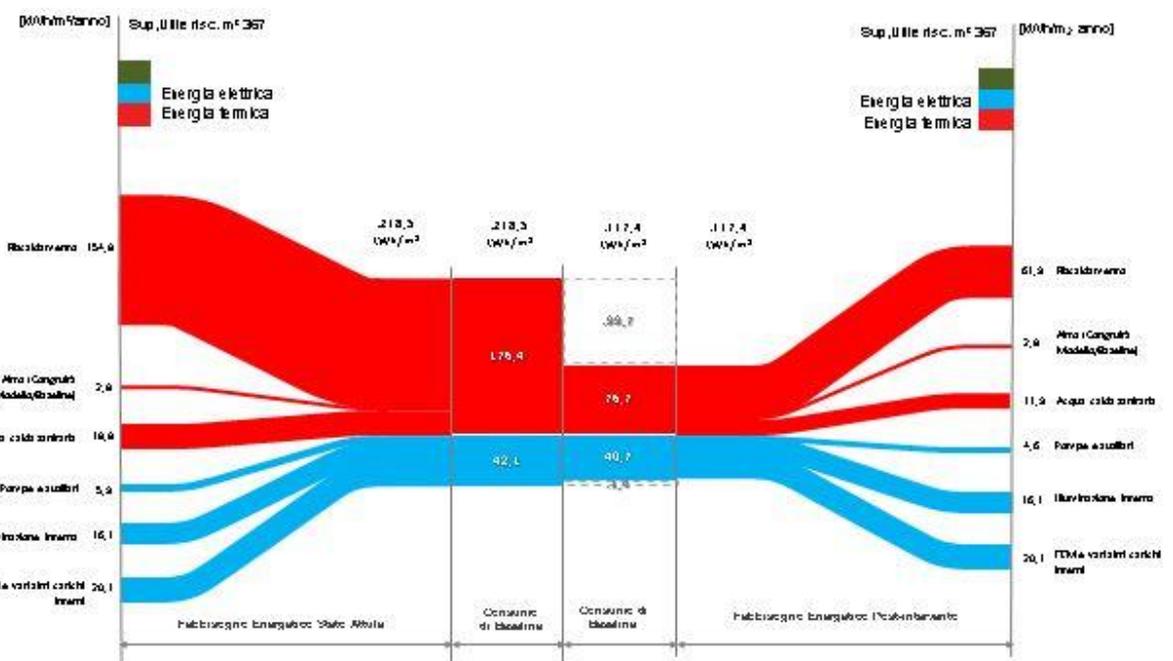


Figura 9.12 – SCN1: Bilancio energetico complessivo dell’edificio post intervento



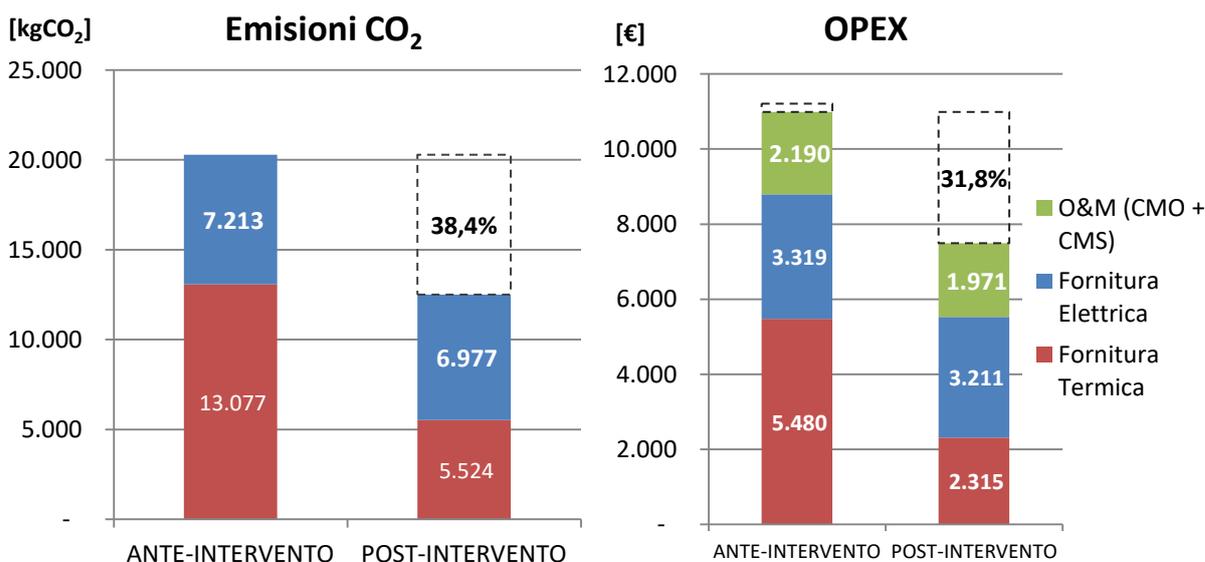
I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella Tabella 9.14 e nella Figura 9.13

Tabella 9.14 – Risultati analisi SCN1 – INFISSI E IMPIANTO

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM2 - Trasmittanza termica	[W/m ² K]	5,7	1,621	71,6%
EEM3 - Rendimento di generazione	[-]	88	107	-21,6%
EEM4 - Rendimento di regolazione	[-]	86	99	-15,1%
Q _{teorico}	[kWh]	63.704	26.913	57,8%
EE _{teorico}	[kWh]	15.646	15.134	3,3%
Q _{baseline}	[kWh]	64.736	27.349	57,8%
EE _{Baseline}	[kWh]	15.446	14.940	3,3%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	13.077	5.524	57,8%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	7.213	6.977	3,3%
Emiss. CO2 Totale	[kgCO₂]	20.290	12.502	38,4%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	5.480	2.315	57,8%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	3.319	3.211	3,3%
Fornitura Energia, C_E	[€]	8.799	5.526	37,2%
Costo Manutenzione Ordinaria, C _{MO}	[€]	1.971	1.774	10,0%
Costo Manutenzione Straordinaria, C _{MS}	[€]	219	197	10,0%
Costo per O&M (C _M = C _{MO} + C _{MS})	[€]	2.190	1.971	10,0%
OPEX	[€]	10.989	7.497	31,8%
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 9.13 - 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 9.15, Tabella 9.16 e Tabella 9.17 e nelle successive figure.

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

PARAMETRI FINANZIARI			
Anni Costruzione	n_i		1
Anni Gestione Servizio	n_s		14
Anni Concessione	n		15
Anno inizio Concessione	n_0		2020
Anni dell'ammortamento	n_A		10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	k_{CdP}		2,00%
Costo Capitale Azienda	WACC		4,00%
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CdP})$	$k_{progetto}$		4,00%
Inflazione ISTAT	f		0,50%
deriva dell'inflazione	f'		0,70%
%, interessi debito	k_D		3,82%
%, interessi equity	k_E		9,00%
Aliquota IRES	IRES		24,0%
Aliquota IRAP	IRAP		3,9%
Aliquota fiscale	τ		27,90%
Anni debito (finanziamento)	n_D		13
Anni Equity	n_E		14
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_0	€	52.983
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of		3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€	1.589
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€	54.572
%CAPEX a Debito	D		80,0%
%CAPEX a Equity	E		20,00%
Debito	I_D	€	43.658
Equity	I_E	€	10.914
Fattore di annualità Debito	FA_D		10,24
Rata annua debito	q_D	€	4.265
Costo finanziamento, (D+INT _D)	$q_D * n_D$	€	55.451
Costi per interessi debito, INT _D	$INT_D = q_D * n_D - D$	€	11.793

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

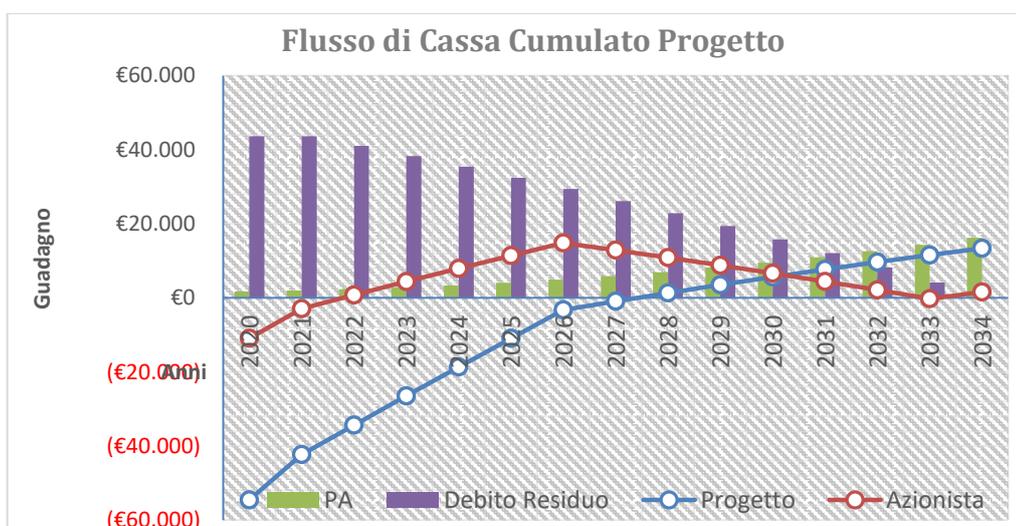
PARAMETRI ECONOMICI			
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€	7.212
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€	1.794
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€	9.006
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€	-
Riduzione% costi fornitura Energia	% ΔC_E		37,2%
Riduzione% costi O&M	% ΔC_M		10,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	% $C_{Baseline}$		1,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€	2.370
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€	90
Risparmio PA durante la concessione	14%	€	16.179
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€	3.425
N° di Canoni annuali	anni		14
Utile lordo della ESCO	%CAPEX		2,92%

Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	€	114
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€	842
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€	1.323
Canone O&M €/anno	CnM	€	1.676
Canone Energia €/anno	CnE	€	4.960
Canone Servizi €/anno IVA escl.	CnS	€	6.637
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	CnD	€	2.279
Canone Totale €/anno IVA escl.	Cn	€	8.916
Aliquota IVA %	IVA		22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€	9.554
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_b	€	26.491
Durata Incentivi, anni	n_b		5
Inizio erogazione Incentivi, anno			2022

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

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	8,41
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	13,33
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€ 1.826
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC	4,77%
Indice di Profitto	IP	3,45%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	2,79
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	3,17
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€ 3.289
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke	35,56%
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3	1,117
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1	0,653
Indice di Profitto Azionista	IP	6,21%

Figura 9.14 –SCN1: Flussi di cassa del progetto



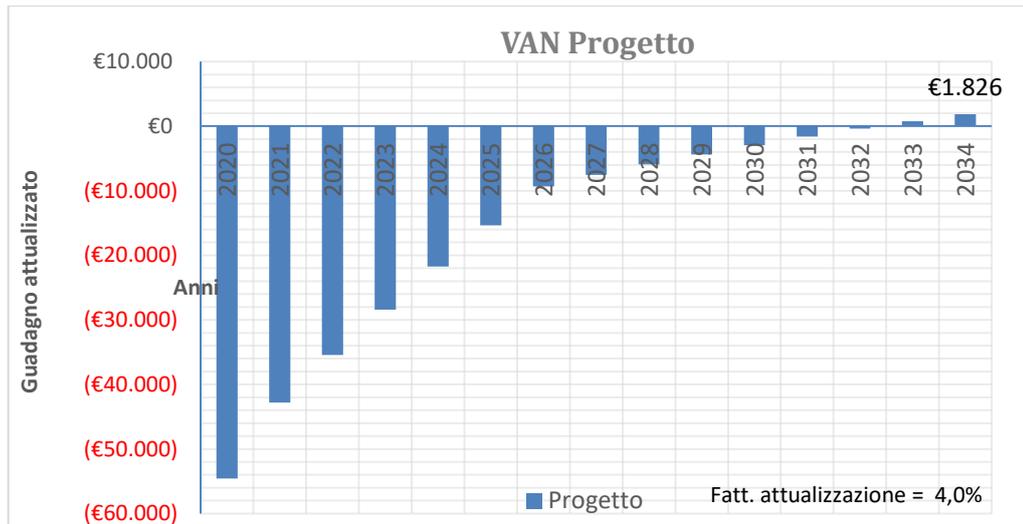
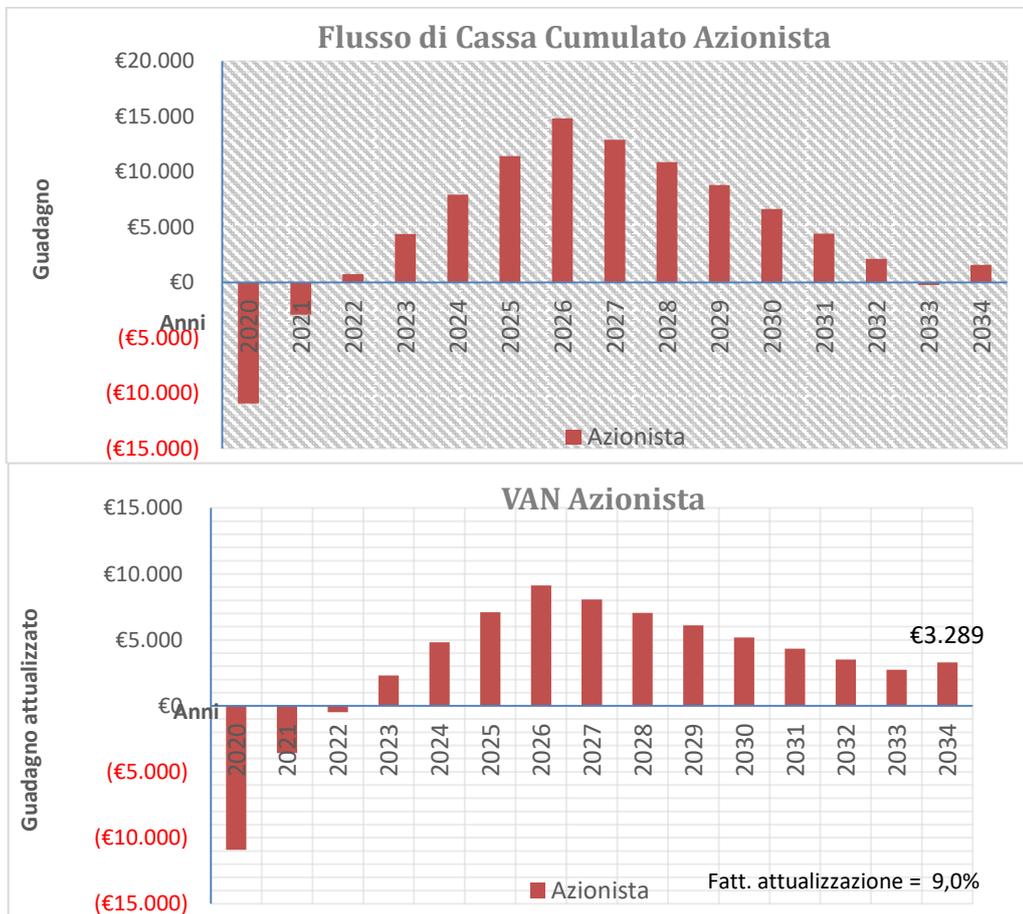
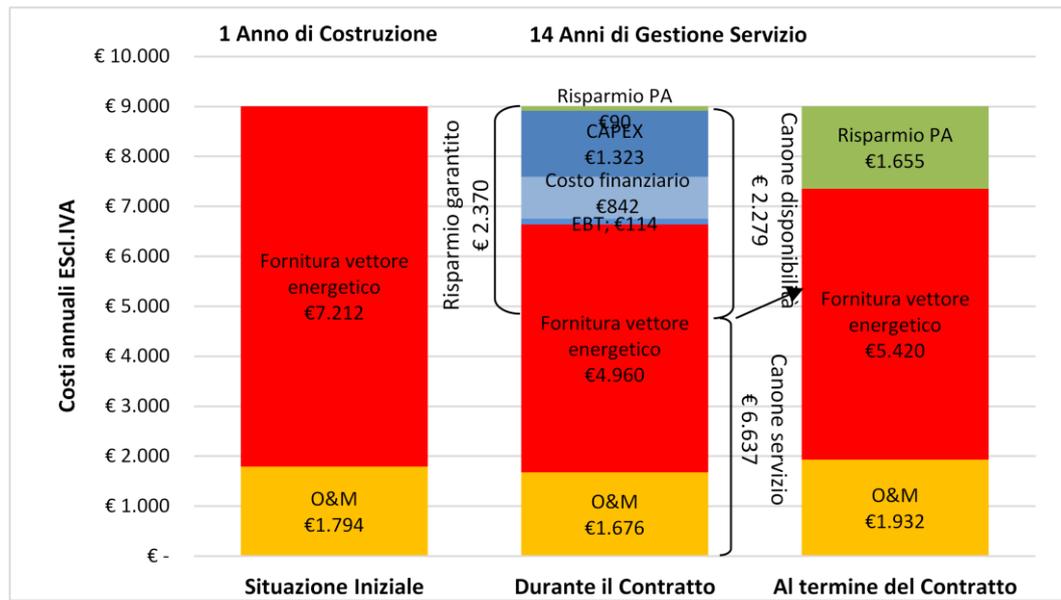


Figura 9.15 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



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

Figura 9.16 – Scenario 1: Schema di Energy Performance Contract



9.3.2 Scenario 2: INFISSI E 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	6.784,56 €	1.492,60 €	8.277,16 €
EEM2 Fornitura & Posa	31.592,43 €	6.950,33 €	38.542,76 €
EEM3 Fornitura & Posa	7.031,71 €	1.546,98 €	8.578,69 €
EEM5 Fornitura & Posa	10.982,84 €	2.416,22 €	13.399,06 €
Costi per la sicurezza	1.691,75 €	372,18 €	2.063,93 €
Costi per la progettazione	3.947,41 €	868,43 €	4.815,84 €
TOTALE (I₀)	62.030,70 €	13.646,75 €	75.677,45 €
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO} (IVA INCLUSA) [€]	C _{MS} (IVA INCLUSA) [€]	C _M (IVA INCLUSA) [€]
EEM3 O&M	1.773,72 €	197,08 €	1.970,80 €
EEM4 O&M	1.970,80 €	218,98 €	2.189,78 €
EEM5 O&M	1.970,80 €	218,98 €	2.189,78 €
TOTALE (C_M)	1.773,72 €	197,08 €	1.970,80 €
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]	
Incentivi	Conto termico	37.838,72	€
Durata incentivi		5	Anni
Incentivo annuo		7.567,74	€/Anno

1.

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.

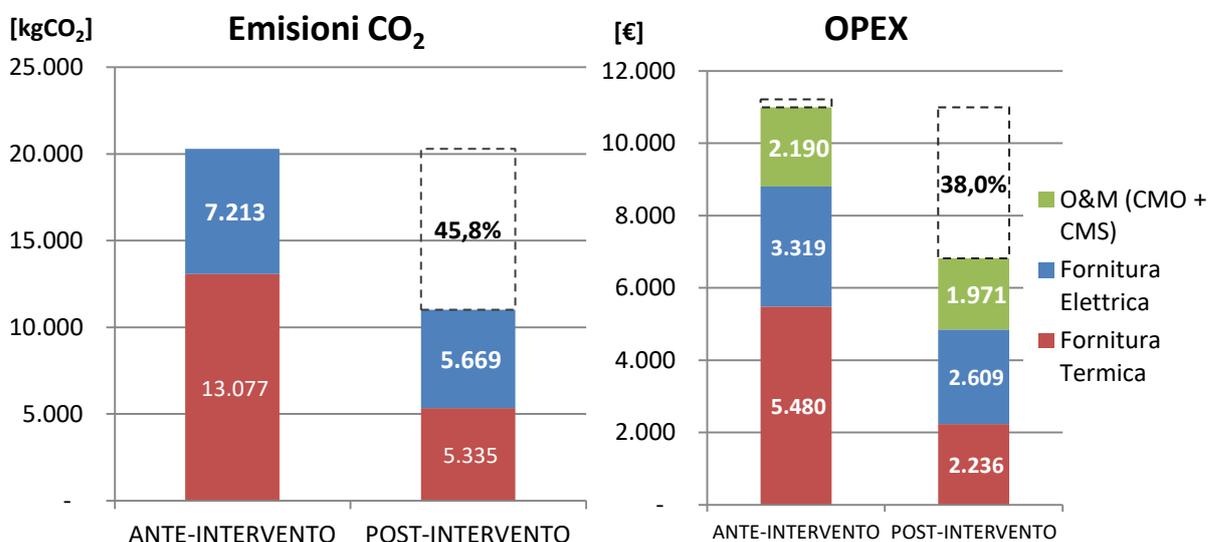
I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione dello Scenario 2 sono riportati nella Tabella 9.19 e nella Figura 9.

Tabella 9.19 – Risultati analisi SCN2 – IINVOLUCRO, IMPIANTO E LED

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM1 - Trasmittanza termica	[W/m ² K]	1,863	0,195	89,5%
EEM2 - Trasmittanza termica	[W/m ² K]	5,7	1,621	71,6%
EEM3 - Rendimento di generazione	[-]	88	107	-21,6%
EEM5 - Potenza installata	[W]	4578	2312	49,5%
Q _{teorico}	[kWh]	63.704	25.992	59,2%
EE _{teorico}	[kWh]	15.646	12.297	21,4%
Q _{baseline}	[kWh]	64.736	26.413	59,2%
EE _{Baseline}	[kWh]	15.446	12.140	21,4%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	13.077	5.335	59,2%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	7.213	5.669	21,4%
Emiss. CO2 Totale	[kgCO₂]	20.290	11.005	45,8%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	5.480	2.236	59,2%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	3.319	2.609	21,4%
Fornitura Energia, C_E	[€]	8.799	4.845	44,9%
Costo Manutenzione Ordinaria, C _{MO}	[€]	1.971	1.774	10,0%
Costo Manutenzione Straordinaria, C _{MS}	[€]	219	197	10,0%
Costo per O&M (C _M = C _{MO} + C _{MS})	[€]	2.190	1.971	10,0%
OPEX	[€]	10.989	6.815	38,0%
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 9.20, Tabella 9.21 e Tabella 9.22 e nelle successive figure.

Tabella 9.20 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN2– INVOLUCRO, IMPIANTO E LED

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		10
Anni Equity	n_E		23
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_0	€	75.677
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of		3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€	2.270
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€	77.948
%CAPEX a Debito	D		80,0%
%CAPEX a Equity	E		20,00%
Debito	I_D	€	62.358
Equity	I_E	€	15.590
Fattore di annualità Debito	FA_D		8,30
Rata annua debito	q_D	€	7.511
Costo finanziamento,(D+INT _D)	$q_D * n_D$	€	75.114
Costi per interessi debito, INT _D	INT_D=q_D*n_D-D	€	12.756

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

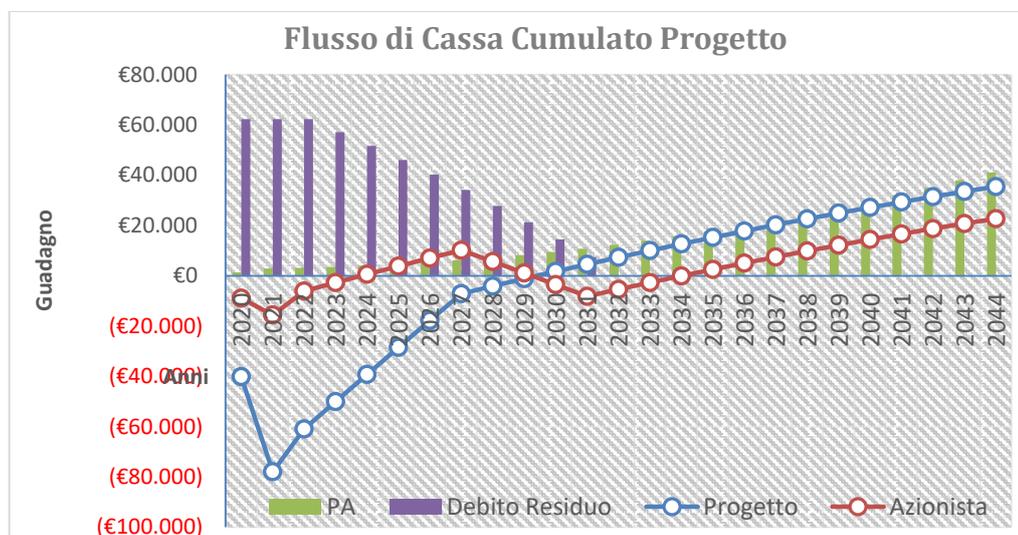
PARAMETRI ECONOMICI			
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€	7.212
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€	1.794
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{baseline}$	€	9.006
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€	-
Riduzione% costi fornitura Energia	%ΔC_E		45,7%
Riduzione% costi O&M	%ΔC_M		10,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	%C_{baseline}		0,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€	2.693
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€	-
Risparmio PA durante la concessione	14%	€	41.115
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€	4.687

N° di Canoni annuali	anni	23
Utile lordo della ESCO	%CAPEX	29,14%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	€ 988
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€ 555
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€ 1.151
Canone O&M €/anno	CnM	€ 1.724
Canone Energia €/anno	CnE	€ 4.589
Canone Servizi €/anno IVA escl.	CnS	€ 6.313
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	CnD	€ 2.693
Canone Totale €/anno IVA escl.	Cn	€ 9.006
Aliquota IVA %	IVA	22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€ 13.647
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€ 37.839
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 REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	10,40
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	17,57
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€ 7.278
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC	5,49%
Indice di Profitto	IP	9,62%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	10,24
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	16,97
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€ 2.636
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke	12,61%
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3	1,052
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1	1,225
Indice di Profitto Azionista	IP	3,48%

Figura 9.20 –SCN2: Flussi di cassa del progetto



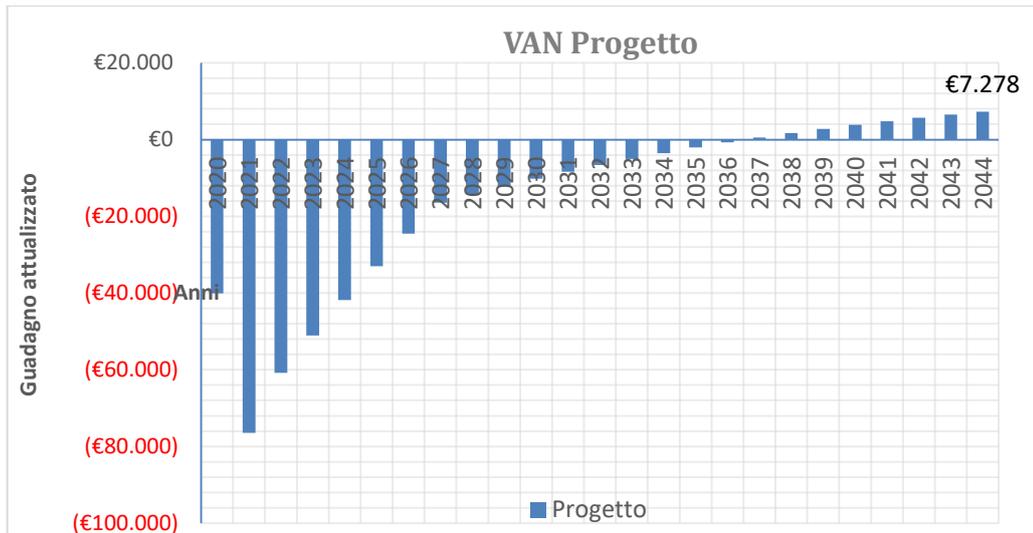
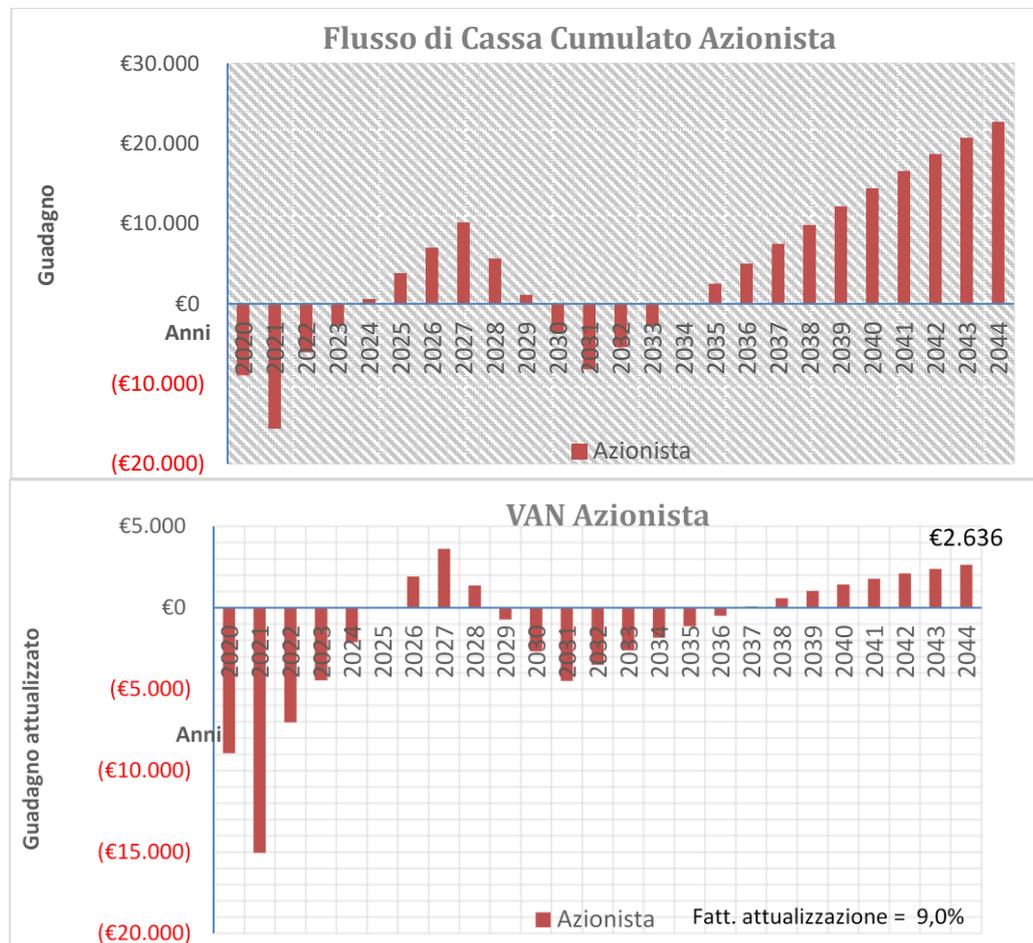
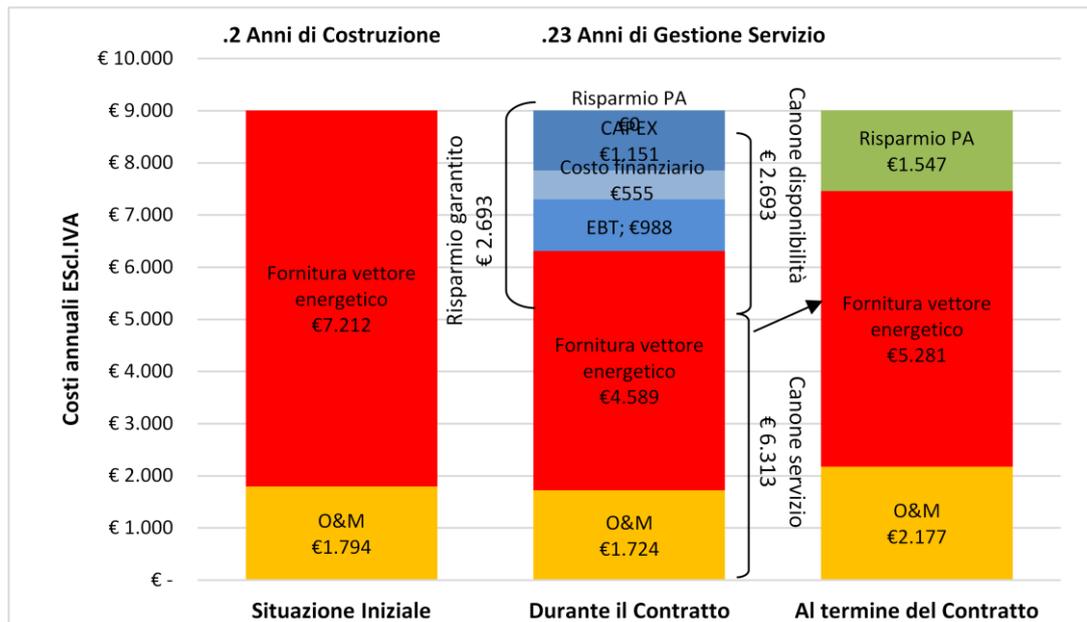


Figura 9.21 – SCN2: Flussi di cassa dell'azionista



Infine si è provveduto all’identificazione del possibile anone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale con incentivi attraverso la partecipazione di ESCO secondo lo schema di EPC descritto in Figura 9.1622.

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 INFISSI E IMPIANTO TERMICO:** Tale scenario consiste nella realizzazione di EEM2, EEM3 ed EEM4 cioè nella sostituzione degli infissi e negli interventi sull'impianto termico.
- **Scenario 2 INVOLUCRO, IMPIANTO E LED:** Tale scenario consiste nella realizzazione di EEM1, EEM2, EEM3 ed EEM5, cioè nella realizzazione dell'isolamento della copertura, la sostituzione degli infissi e il relamping dell'intero edificio con tecnologia led.

Risultati analisi SCN1 – INFISSI E IMPIANTO TERMICO

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM2 - Trasmittanza termica	[W/m ² K]	5,7	1,621	71,6%
EEM3 - Rendimento di generazione	[-]	88	107	-21,6%
EEM4 - Rendimento di regolazione	[-]	86	99	-15,1%
Q _{teorico}	[kWh]	63.704	26.913	57,8%
EE _{teorico}	[kWh]	15.646	15.134	3,3%
Q _{baseline}	[kWh]	64.736	27.349	57,8%
EE _{Baseline}	[kWh]	15.446	14.940	3,3%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	13.077	5.524	57,8%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	7.213	6.977	3,3%
Emiss. CO2 Totale	[kgCO₂]	20.290	12.502	38,4%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	5.480	2.315	57,8%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	3.319	3.211	3,3%
Fornitura Energia, C_E	[€]	8.799	5.526	37,2%
Costo Manutenzione Ordinaria, C _{MO}	[€]	1.971	1.774	10,0%
Costo Manutenzione Straordinaria, C _{MS}	[€]	219	197	10,0%
Costo per O&M (C _M = C _{MO} + C _{MS})	[€]	2.190	1.971	10,0%
OPEX	[€]	10.989	7.497	31,8%
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.

Risultati analisi SCN2 – INVOLUCRO, IMPIANTO E LED

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM1 - Trasmittanza termica	[W/m ² K]	1,863	0,195	89,5%
EEM2 - Trasmittanza termica	[W/m ² K]	5,7	1,621	71,6%

EEM3 - Rendimento di generazione	[-]	88	107	-21,6%
EEM5 - Potenza installata	[W]	4578	2312	49,5%
$Q_{teorico}$	[kWh]	63.704	25.992	59,2%
$EE_{teorico}$	[kWh]	15.646	12.297	21,4%
$Q_{baseline}$	[kWh]	64.736	26.413	59,2%
$EE_{baseline}$	[kWh]	15.446	12.140	21,4%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	13.077	5.335	59,2%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	7.213	5.669	21,4%
Emiss. CO2 Totale	[kgCO₂]	20.290	11.005	45,8%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	5.480	2.236	59,2%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	3.319	2.609	21,4%
Fornitura Energia, C_E	[€]	8.799	4.845	44,9%
Costo Manutenzione Ordinaria, C_{MO}	[€]	1.971	1.774	10,0%
Costo Manutenzione Straordinaria, C_{MS}	[€]	219	197	10,0%
Costo per O&M ($C_M = C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	2.190	1.971	10,0%
OPEX	[€]	10.989	6.815	38,0%
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 delle degli scenari ottimali, caso con incentivi

	CON INCENTIVI												
	% Δ_E	% Δ_{CO_2}	ΔC_E	ΔC_{MO}	ΔC_{MS}	I_0	TRS	TRA	VAN	TIR	IP	DSCR	LLCR
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]		
SCN 1	38,4	38,4	3.273	197	22	52.983	2,79	3,17	3.289	35,56	6,21	1,117	0,653
SCN 2	45,8	45,8	3.954	197	22	75.677	10,24	16,97	2.636	12,61	3,48	1,052	1,225

10.3 CONCLUSIONI E COMMENTI

Dall'analisi effettuata emerge che è possibile effettuare il **miglioramento energetico in condizioni standard di almeno tre 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 e la sostituzione degli infissi.

Per quanto concerne il risparmio di CO₂ equivalente si stima un **riduzione complessiva di 9.258 kg CO₂**.

In termini di energia primaria, nello scenario migliore dal punto di vista energetico **sarebbe possibile risparmiare 47.703 kWh**.

ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA

Titolo	Data	Nome file
Documentazione fornita dalla committenza	27/07/18	DE_Lotto .n5- E1184_rev D-ALLEGATO A_Documentazione fornita dalla committenza

ALLEGATO B – ELABORATI GRAFICI

Titolo	Data	Nome file
Elaborati grafici	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1184_rev D-ALLEGATO B_ Elaborati grafici DE_Lotto. n5 – E1184_rev D-ALLEGATO B_Diagramma a blocchi impianto elettrico DE_Lotto. n5 – E1184_rev D-ALLEGATO B_Schema funzionale CT DE_Lotto. n5 – E1184_rev D-ALLEGATO B_Planimetrie con posizione impianti e contatori DE_Lotto. n5-E1184_rev D_ALLEGATO B_Analisi fatture energia elettrica.xls DE_Lotto. n5-E1184_rev D_ALLEGATO B_Analisi fatture energia termica.xls DE_Lotto n.5-E1184_rev D-ALLEGATO B_Grafici_template.xls Kyotobaseline-E1184_rev10.xls

ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

Titolo	Data	Nome file
Report di indagine termografica	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1184_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 – E1184_rev D-ALLEGATO C_Report endoscopico

ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI

Titolo	Data	Nome file
Relazione di dettaglio calcoli	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1184_rev D-ALLEGATO E_Relazioni calcolo

ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

Titolo	Data	Nome file
Certificato CTI	14/03/18	DE_Lotto. n5 – E1184_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 – E1184_rev B-ALLEGATO G_APE stato di fatto
APE stato di fatto (con firma digitale)	19/04/18	DE_Lotto. n5 – E1184_rev B-ALLEGATO G_APE stato di fatto.P7M
APE stato di fatto XML (con firma digitale)	19/04/18	DE_Lotto. n5 – E1184_rev B-ALLEGATO G_APE stato di fatto.XML.P7M
Ricevuta invio APE	19/04/18	DE_Lotto. n5 – E1184_rev B-ALLEGATO G_RICEVUTA_invio APE_2018_12200
APE stato di fatto (XML)	19/04/18	DE_Lotto. n5 – E1184_rev B-ALLEGATO G_APE stato di fatto.XML

ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

Titolo	Data	Nome file
APE scenario 1	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1184_rev D-ALLEGATO H_ APE scenario 1
APE scenario 2	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1184_rev D-ALLEGATO H_ APE scenario 2

ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

Titolo	Data	Nome file
Dati climatici	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1184_rev D-ALLEGATO I_ Dati climatici

ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

Titolo	Data	Nome file
Schede di audit	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1184_rev D-ALLEGATO J_ schede di audit

ALLEGATO K – SCHEDE ORE

Titolo	Data	Nome file
Schede ORE	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1184_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 – E1184_rev D-ALLEGATO L_ PEF

ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

Titolo	Data	Nome file
Report di Benchmark	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1184_rev D-ALLEGATO M_ Report di Benchmark

ALLEGATO N – CD-ROM