

**Scuola elementare “E. MORANTE” e Scuola
media “T. BERCILLI”
E1263
VIA CARLO LINNEO 232**

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



Luglio/2018

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



COMUNE DI GENOVA

CASaA
architetti

Scuola elementare “E. MORANTE”, Scuola media “T. BERCILLI”

E1263

VIA CARLO LINNEO 232

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 Cetteo Ciglia 54 – 65128 – Pescara

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

REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI

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

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

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

INDICE

PAGINA

INDICE.....	I
PAGINA.....	I
EXECUTIVE SUMMARY	I
1 INTRODUZIONE	1
1.1 PREMESSA	1
1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA	1
1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO.....	2
1.4 IDENTIFICAZIONE DELL’EDIFICIO.....	2
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO	3
1.6 STRUTTURA DEL REPORT	6
2 DATI DELL’EDIFICIO.....	7
2.1 INFORMAZIONI SUL SITO	7
2.2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE, SOCIO-ECONOMICO E DESTINAZIONE D’USO	7
2.3 VERIFICA DEI VINCOLI INTERFERENTI SULLE PARTI DELL’IMMOBILE INTERESSATE DAGLI ’INTERVENTI.....	9
2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO.....	9
3 DATI CLIMATICI	11
3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO.....	11
3.2 DATI CLIMATICI REALI.....	12
3.3 ANALISI DELL’ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO	12
4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI	14
4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL’INVOLUCRO EDILIZIO.....	14
4.1.1 <i>Involucro opaco</i>	14
4.1.2 <i>Involucro trasparente</i>	15
4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/ CLIMATIZZAZIONE INVERNALE.....	17
4.2.1 <i>Sottosistema di emissione</i>	18
4.2.2 <i>Sottosistema di regolazione</i>	20
4.2.3 <i>Sottosistema di distribuzione</i>	21
4.2.4 <i>Sottosistema di generazione</i>	24
4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA	26
4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE	26
4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE	27
5 CONSUMI RILEVATI	29
5.1 CONSUMI ENERGETICI STORICI PER CIASCUN VETTORE E CONNESSIONE ALLE RETI GAS NATURALE ED ELETTRICA.....	29
5.1.1 <i>Energia termica</i>	29
5.1.2 <i>Energia elettrica</i>	31
5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI	35
6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO.....	40
6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO	40
6.1.1 <i>Validazione del modello termico</i>	41
6.1.2 <i>Validazione del modello elettrico</i>	42
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI.....	43
6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI.....	44
7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO.....	46
7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI	46
7.1.1 <i>Vettore termico</i>	46
7.1.2 <i>Vettore elettrico</i>	49
7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL’ANALISI.....	52



7.3	COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI.....	53
7.4	BASELINE DEI COSTI.....	54
8	IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA	55
8.1	DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI	55
8.1.1	<i>Involucro edilizio</i>	55
8.1.2	<i>Impianto riscaldamento</i>	59
8.1.3	<i>Impianto produzione acqua calda sanitaria</i>	64
8.1.4	<i>Impianto di illuminazione ed impianto elettrico</i>	64
9	VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA.....	65
9.1	ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI	65
9.2	ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI	67
9.3	IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D’INTERVENTO E SCENARI D’INVESTIMENTO	74
9.3.1	<i>Scenario 1: ISOLAMENTO SOLAI VERSO ZONE FREDE E IMPIANTO TERMICO</i>	77
9.3.2	<i>Scenario 2: INVOLUCRO E IMPIANTO</i>	82
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.....		1
ALLEGATO B – ELABORATI GRAFICI		1
ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA		1
ALLEGATO D – REPORT DI INDAGINE ENDOSCOPICA.....		1
ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI		1
ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE		1
ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA		1
ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI.....		1
ALLEGATO I – DATI CLIMATICI.....		2
ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT.....		2
ALLEGATO K – SCHEDE ORE.....		2
ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI		2
ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK.....		2
ALLEGATO N – CD-ROM		2

EXECUTIVE SUMMARY

Caratteristiche dell'edificio oggetto della DE

Tabella 0.1 - Tabella riepilogativa dei dati dell'edificio

PARAMENTO	U.M.	VALORE
Anno di costruzione edificio		1982
Anno di ristrutturazione		2003 (sostituzione parziale infissi bianchi) 2017 (ristrutturazione completa palestra con spogliatoi e servizi igienici annessi, nuova facciata continua con profili rossi sul fronte ovest)
Zona climatica		[D]
Destinazione d'uso		E.7 Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli
Superficie utile riscaldata	[m ²]	3.607
Superficie disperdente (S)	[m ²]	8.922
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	18.162
Rapporto S/V	[1/m]	0,49
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	4.749
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	-
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	4.749
Tipologia generatore riscaldamento		Generatore tradizionale
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	579
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	-
Tipo di combustibile		Gas naturale
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler elettrici
Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	58,407
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{rti} /anno]	186.353
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	14.639
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	61.919
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	11.738

Nota (1): Valori di Baseline

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

- EEM 1: Isolamento copertura all'estradosso;
- EEM 2: Isolamento pavimentazioni verso l'esterno o locali non riscaldati;
- EEM 3: Installazione di generatore modulare a condensazione;
- EEM 4: Installazione di valvole termostatiche;
- EEM 5: Installazione di circolatori con inverter.

- SCN 1: INVOLUCRO E IMPIANTO TERMICO (EEM2+EEM3+EEM4+EEM5);
- SCN 2: INVOLUCRO E IMPIANTO TERMICO (EEM1+EEM2+EEM3+EEM4+EEM5);

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 [€/anno]	ΔC _{MO} [€/anno]	ΔC _{MS} [€/anno]	I ₀ [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]	DSCR	LLCR
EEM 1	9,2	9,2	2 379	-	-	126 374	24,9	37,3	30	- 25 532	1,0	-0,20	-	-
EEM 2	4,4	4,4	1 143	-	-	66 801	27,0	38,6	30	- 15 351	0,4	-0,23	-	-
EEM 3	30,9	30,9	8 002	1 468	390	50 980	3,6	3,9	15	66 105	22,9	1,30	-	-
EEM 4	7,3	7,3	1 889	-	-	6 346	3,5	3,8	15	12 293	27,0	1,94	-	-
EEM 5	5,3	5,3	1 430	-	-	7 403	0,6	0,6	15	131 241	169,9	17,73	-	-
SCN 1	45,7	45,7	11 904	1 468	390	131 529	2,82	3,20	-	20 323	36,80	0,16	1,230	1,150
SCN 2	51,7	51,7	13 446	1 468	390	257 903	10,13	18,24	-	7 321	11,94	0,03	1,046	1,209

Figura 0.1 – Scenario 1: analisi finanziaria



Figura 0.2 – Scenario 2: analisi finanziaria



Dall’analisi effettuata, come riportato nella presente Diagnosi Energetica, emerge che è possibile conseguire un **miglioramento energetico in condizioni standard di almeno due classi energetiche, ed in particolare per l’edificio in esame dalla G alla E**, attraverso entrambi gli scenari proposti e secondo le specifiche tecniche riportate.

In linea generale tutti gli interventi proposti mirano, oltre a rendere più efficiente il sistema involucro-impianto, a risolvere anche criticità dal punto di vista edilizio ed impiantistico; a tal riguardo si fa particolare riferimento alle condizioni di obsolescenza del generatore e di altre parti dell’impianto termico e dei solai.

Tuttavia, lo scenario più favorevole in termini economico-finanziari risulta essere lo scenario 1 che prevede l’efficientamento dell’impianto termico mediante la sostituzione del generatore, l’installazione di un circolatore ad alta efficienza (con inverter) ed un sistema di regolazione e controllo della temperatura per ogni singolo ambiente, oltre che l’isolamento dei solai confinanti con zone fredde. Infatti, come avviene tipicamente, anche in questo caso la sostituzione del generatore esistente, con un nuovo sistema a condensazione, risulta essere la EEM che presenta una maggiore convenienza economica (in termini di VAN).

Per quanto concerne il risparmio di CO₂ equivalente si stima, per lo scenario 2 che risulta essere quello più performante in termini di ambientali, **una riduzione complessiva di 34.411 kg CO₂**.

In termini di energia primaria, nello scenario migliore dal punto di vista energetico, **sarebbe possibile risparmiare 177.471 kWh**.

1 INTRODUZIONE

1.1 PREMESSA

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

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

Figura 1.1 - Vista della facciate sud-ovest



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.

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

Tabella 1.1 – Soggetti coinvolti nella realizzazione del processo di Audit

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

1.4 IDENTIFICAZIONE DELL’EDIFICIO

L’immobile oggetto della DE, **non risulta accatastato** ne al catasto terreni ne a quello fabbricati. **Catastalmente è possibile individuare al NCT sezione D, F. 26 Mapp. 105-106-138-142-261-262 e F. 27, Mapp. 290-292-297-516-782 solo le particelle di terreno, attualmente ancora classificate a seminativo/bosco/prato su cui insiste l’edificio.** Si precisa che nei documenti ricevuti era indicato solo il foglio 26 con le relative particelle. L’edificio è sito nel Comune di Genova e più precisamente a Rivarolo, in collina sul versante sinistro dove sorgono gli antichi borghi di Begato, Garbo e Fregoso e il moderno quartiere di edilizia popolare denominato "Valtorbella" (comunemente chiamato CIGE).

L’edificio è di proprietà del Comune di Genova ed è attualmente adibito a scuola primaria e secondaria di primo grado.

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

Tabella 1.2 - Tabella riepilogativa dei dati dell’edificio

PARAMENTO	U.M.	VALORE
-----------	------	--------

Figura 1.2 – Ubicazione dell’edificio



Anno di costruzione edificio		1982
Anno di ristrutturazione		2003 (sostituzione parziale infissi bianchi) 2017 (ristrutturazione completa palestra con spogliatoi e servizi igienici annessi, nuova facciata continua con profili rossi sul fronte ovest)
Zona climatica		[D]
Destinazione d'uso		E.7 Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli
Superficie utile riscaldata	[m ²]	3.607
Superficie disperdente (S)	[m ²]	8.922
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	18.162
Rapporto S/V	[1/m]	0,49
Superficie netta aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	3.607
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	4.749
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	-
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	4.749
Tipologia generatore riscaldamento		Generatore tradizionale
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	579
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	-
Tipo di combustibile		Gas naturale
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler elettrici
Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	58,407
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{th} /anno]	186.353
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	14.639
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	61.919
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	11.738

Nota (1): Valori di Baseline

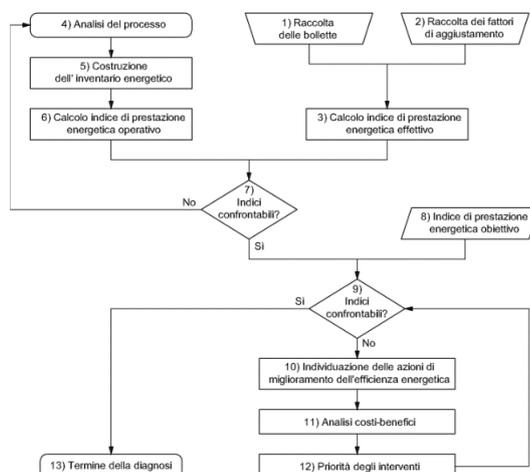
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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

- Acquisizione della documentazione utile, fornita dalla PA, come riportato all'Allegato B - Elaborati
- Analisi del quadro normativo di riferimento, incluso la verifica dei vincoli ambientali, storici, archeologici e paesaggistici interferenti sull'immobile interessato dall'intervento;
- Visita agli edifici, effettuata in data 4/12/2017 con verifica degli elaborati forniti e rilievo dei dati relativi alle caratteristiche degli elementi disperdenti ed impiantistici costituenti il sistema edificio-impianto;
- Visita alla centrale termica e/o frigorifera, con il supporto del personale incaricato della conduzione e manutenzione degli impianti e rilevamento dei dati utili;
- Preparazione e compilazione delle schede di Audit previste per la diagnosi di livello II di cui all'appendice A delle LGEE - Linee Guida per l'Efficienza Energetica negli Edifici - sett. 2013 - elaborato da AiCARR per Agesi, Assistal, Assopetroli e Assoenergia, e riportate all'Allegato J – Schede di Audit;
- Elaborazione del comportamento termico ed elettrico dell'edificio, realizzata utilizzando il software commerciale TERMUS dell'ACCA Software versione 42.h in possesso di certificato di conformità rilasciato dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI) n. 67 del 15/03/17 ai sensi del D.lgs. 192/05 e s.m.i. e riportato all'Allegato F – Certificato CTI Software;

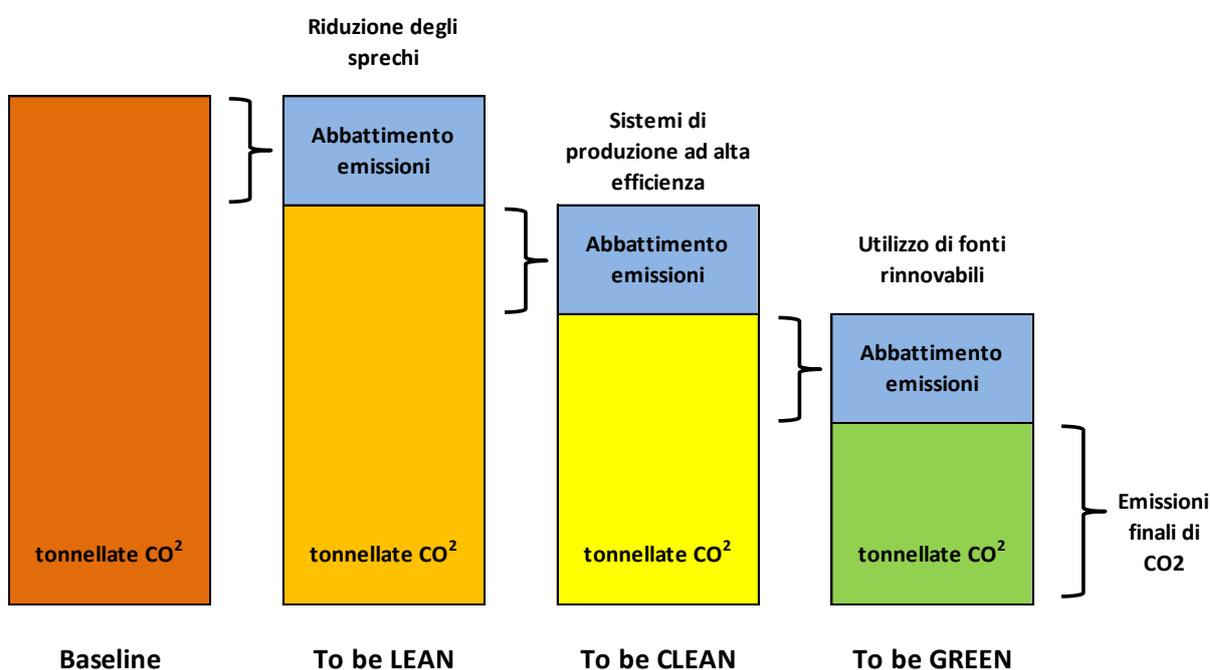
- g) Analisi dei profili annuali di consumi e costi dei servizi energetici reali dell’edificio, comprensivi della fornitura dei vettori energetici sia elettrici che di gas e degli oneri di O&M, relativamente alle annualità 2014-2015-2016;
- h) Analisi dei dati climatici reali del sito ove è ubicato l’edificio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

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



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

Figura 1.4 - Principio della Gerarchia Energetica



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

1.6 STRUTTURA DEL REPORT

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

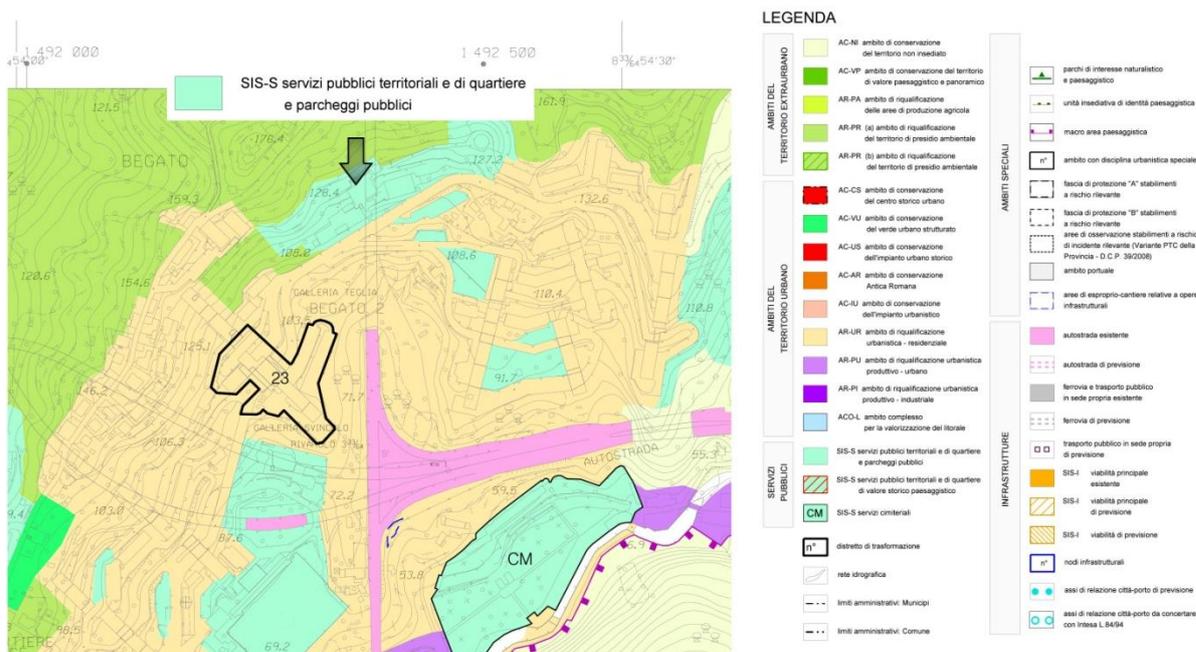
- Una prima parte nella quale sono descritti lo scopo ed i confini della DE e le metodologie di analisi adottate;
- Una seconda parte in cui sono riportate le informazioni dell'edificio rilevate in sede di sopralluogo e le valutazioni effettuate al fine di identificare le caratteristiche tecniche dei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

2 DATI DELL'EDIFICIO

2.1 INFORMAZIONI SUL SITO

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

Figura 2.1 - Particolare estratto dal Piano Urbanistico Comunale



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

L'edificio in cui sono ubicati la scuola primaria “Elsa Morante” e la scuola secondaria di I grado “Tosca Bercilli” (succursale della scuola media Teglia) è situato sulle alture di Rivarolo nel quartiere residenziale Valtorbella, in una zona residenziale facilmente raggiungibile sia dai mezzi pubblici che privati..

L'edificio è stato realizzato nel 1982, in concomitanza con l'espansione urbanistica di questa zona, e nel tempo è stato oggetto di piccoli interventi localizzati in seguito a guasti o rotture di componenti. Nel 2003 è stata avviato un graduale cambio degli infissi in metallo esistenti sostituiti con infissi in PVC bianchi.

Nel 2017, grazie al finanziamento di due società calcistiche, è stata completamente ristrutturata (involucro, impianti e finiture) la palestra con i locali annessi (spogliatoi, depositi materiale e servizi igienici). Sempre nel 2017 è stata sostituita la facciata continua sul fronte ovest dell'edificio, con profili a taglio termico rossi e vetrocamera.

L'edificio, che si adagia sulla collina, si sviluppa in due grandi blocchi, dove il blocco a sud ospita la scuola primaria e il blocco nord il refettorio con cucina e dispensa, la palestra e la scuola secondaria di I grado.

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

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

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

La scuola primaria “Elsa Morante” è formata da 10 classi (201 bambini). La scuola secondaria di I grado “Tosca Bercilli”, succursale della scuola secondaria di I grado “Teglia”, ha due sezioni complete, la C e la D (120 bambini).

Pertanto, ogni anno, la scuola è frequentata da circa 321 bambini, oltre a maestre e collaboratrici scolastiche. Inoltre, è importante evidenziare come, oltre alla riduzione di emissioni climalteranti e alle finalità di sensibilizzazione sulle tematiche ambientali, l'efficientamento dell'edificio e una corretta gestione e manutenzione del sistema edificio – impianto, comporterebbe il miglioramento delle condizioni di benessere percepite dai bambini e dagli operatori didattici, nonché la riduzione dei consumi specifici di energia termica ed elettrica.

L'edificio, ospitante la scuola media oggetto della DE, è disposto su tre livelli principali: al piano terra ci sono a sud le aule didattiche della scuola primaria con i servizi igienici e a nord il refettorio con la dispensa, la biblioteca, un laboratorio e i servizi igienici; al piano primo proseguono le aule didattiche della scuola primaria a sud e la palestra con spogliatoi e servizi igienici a nord; al secondo ci sono le aule didattiche della scuola media con le aule speciali, l'aula docenti, la biblioteca e i servizi igienici.

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

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

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



Tabella 2.1 - Suddivisione in piani dell'edificio

PIANO	UTILIZZO	U.M.	SUPERFICIE LORDA COMPLESSIVA ⁽²⁾	SUPERFICIE UTILE RISCALDATA ⁽³⁾	SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA ⁽³⁾
Seminterrato	Centrale termica e locale di sgombero	m ²	914	-	-
Terra	Aule didattiche scuola primaria, refettorio, dispensa, laboratorio, biblioteca e servizi igienici	m ²	1.405	1.264	-
Primo	Aule didattiche scuola primaria, palestra, spogliatoi e servizi igienici	m ²	1.664	1.613	-
Secondo	Aule speciali della scuola primaria	m ²	157	142	-
Terzo	Aule didattiche e aule speciali della scuola secondaria di primo grado, aula docenti, biblioteca e servizi igienici	m ²	597	588	-
Quarto	Vano scala	m ²	12	-	-
TOTALE		m²	4.749	3.607	-

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

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

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

Dal punto di vista storico l'edificio del 1983 non è classificato come **bene di interesse Storico ed Artistico Particolarmente Importante**, pertanto, nell'analisi delle EEM non si è resa necessaria l'identificazione delle possibili interferenze con i vincoli presenti

2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO

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

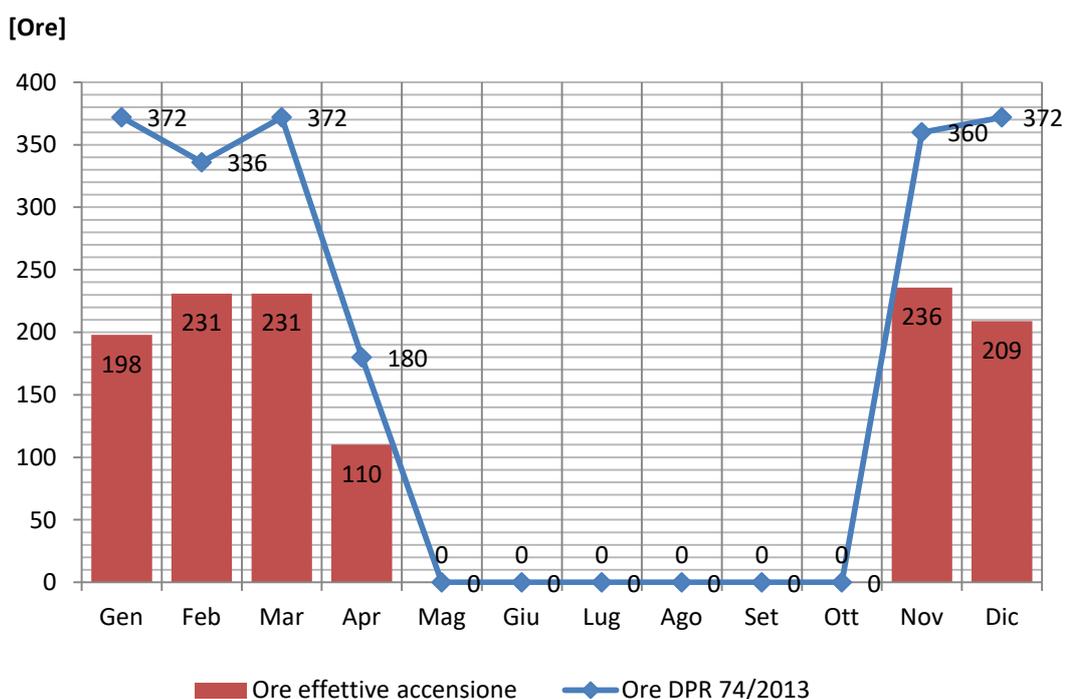
Gli orari di effettivo utilizzo dell'edificio sono stati ricavati tramite intervista al personale didattico e di servizio, mentre i periodi di attivazione e spegnimento degli impianti.

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

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

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

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





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

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

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

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

3 DATI CLIMATICI

3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO

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

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

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

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

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

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

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

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

Tabella 3.2 – Profili mensili dei GG_{rif}

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

3.2 DATI CLIMATICI REALI

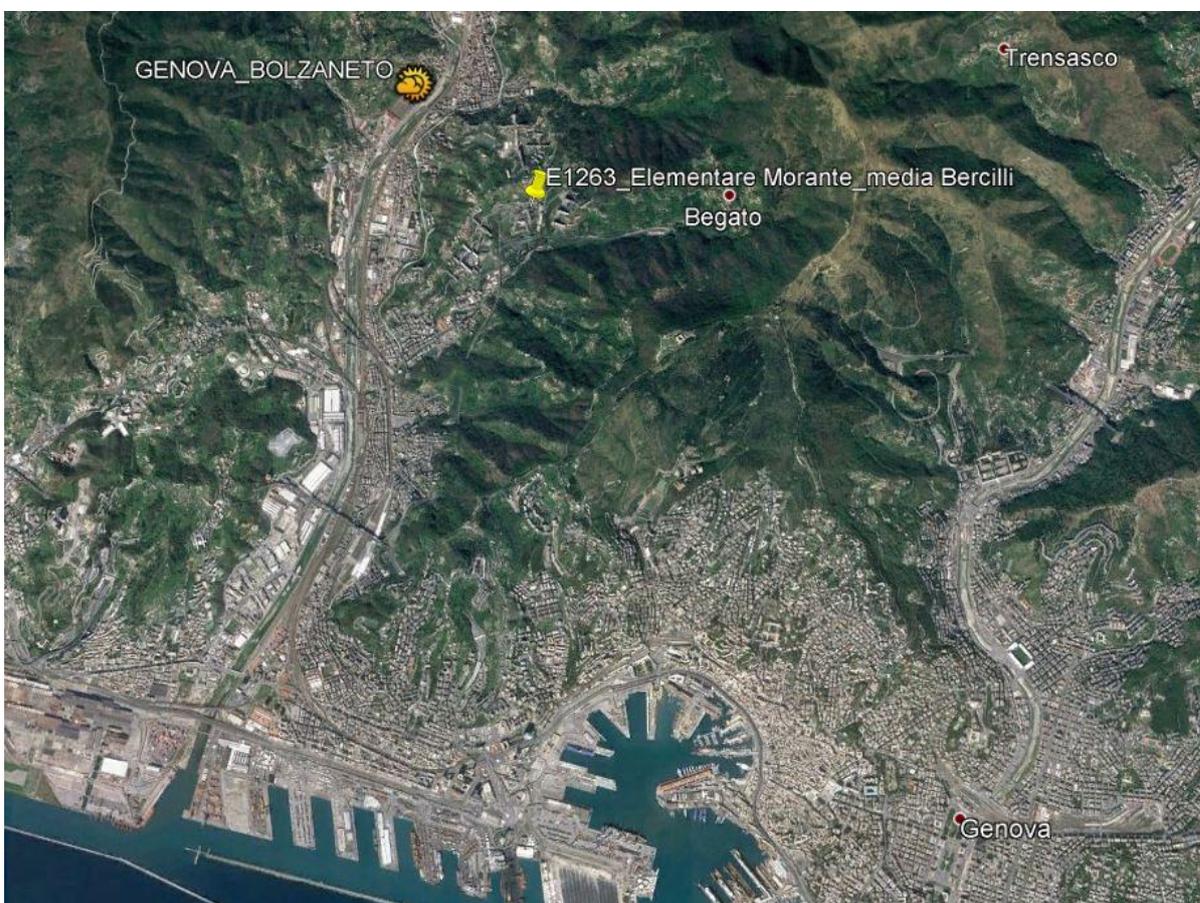
Ai fini della realizzazione dell’analisi energetica si è resa necessaria la definizione delle condizioni climatiche reali, ovvero dei GG calcolati in funzione della temperatura esterna media oraria del sito effettivamente rilevata, con lo scopo di creare una normalizzazione dei consumi in funzione delle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

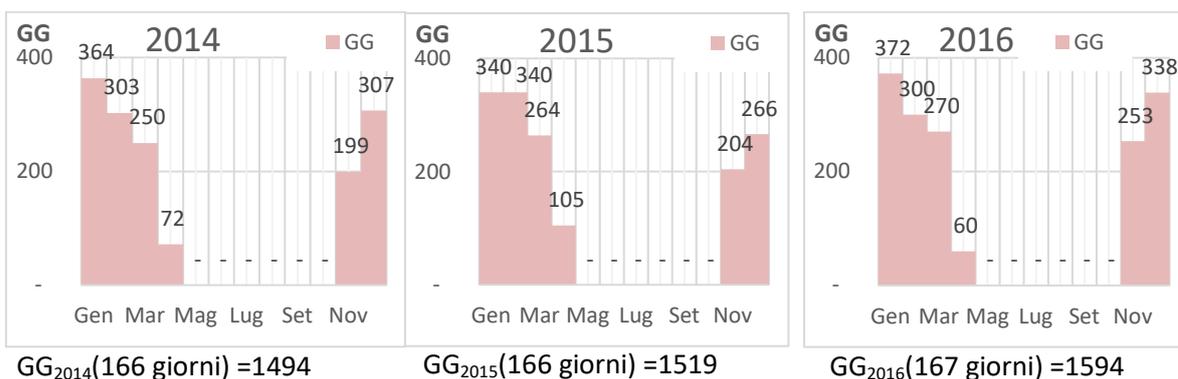
Figura 3.1 – Posizionamento della centralina meteo climatica rispetto all’edificio oggetto di DE



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

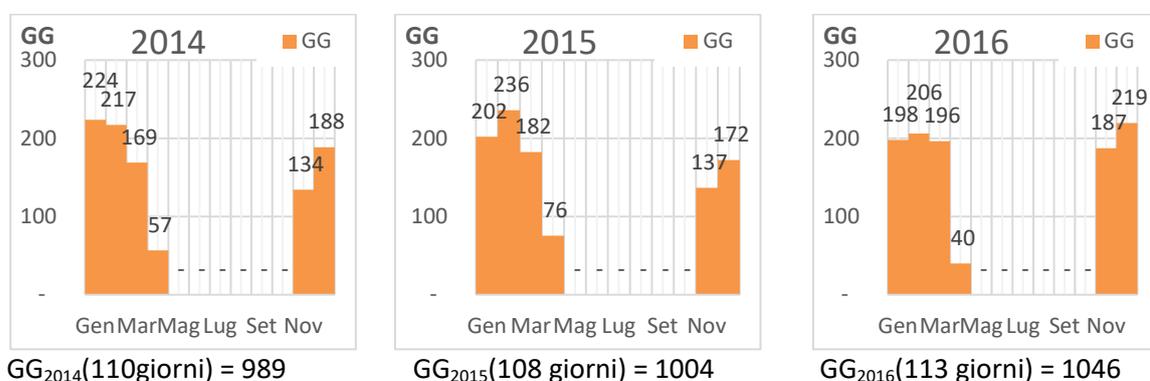


Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG reali sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto 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 5.1.1.

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



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

4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI

4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL’INVOLUCRO EDILIZIO

4.1.1 Involucro opaco

L’involucro edilizio opaco che costituisce l’edificio è composto in alcune zone da una muratura a cassetta in laterizio con interposto strato isolante in fibra di vetro intonacata su entrambi i lati e in altre da pannelli sandwich prefabbricati in cls con isolamento in fibra di vetro e fodera interna in laterizio intonacati solo all’interno.

Il solaio di copertura della scuola è piano ed è del tipo predalles come quelli interpiano. Il solaio della palestra è in lastre prefabbricate di cls.

Figura 4.1 – particolare del pannello prefabbricato di tamponatura esterna



Figura 4.2 - Particolare del solaio di copertura della palestra

Questa soluzione realizzativa presenta tutte le problematiche tipiche delle strutture a telaio non isolate. All’interno dell’edificio si registra da parte degli operatori della scuola eccessivo surriscaldamento nel periodo estivo e raffreddamento nel periodo invernale.



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

- Rilievo termografico eseguito tramite l’utilizzo di termocamera ai sensi della norma UNI EN 13187: 2000 “Prestazione termica degli edifici. Rilevazione qualitativa delle irregolarità termiche negli involucri edilizi. Metodo all’infrarosso”.
- Indagine endoscopica delle strutture a eseguito tramite videoendoscopio flessibile Eumig-6200, Monitor Type Boroscope.

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

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

Figura 4.3 – Rilievo termografico della parete del fronte ovest



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

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

Tabella 4.1 – Trasmittanze termiche dei componenti dell’involucro opaco

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	SPESSORE [cm]	ISOLAMENTO	TRASMITTANZA TERMICA [W/m ² K]	STATO DI CONSERVAZIONE
Solaio copertura predalles	SL03	[41,9]	[assente]	[1,69]	[discreto]
Solaio Copertura palestra	SL03	[25,9]	[assente]	[3,05]	[buono]
Solaio controterra	SL13	[34,5]	[assente]	[2,02]	[buono]
Parete esterna verticale	[MR01]	[31]	[fibra di vetro]	[0,34]	[discreto]
Parete esterna prefabbricata	[MR03]	[32]	[fibra di vetro]	[0,52]	[mediocre]

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

4.1.2 Involucro trasparente

L’involucro trasparente che costituisce l’edificio è composto da serramenti di varie tipologie. Gli infissi originari, di colore rosso, sono in ferro con

vetro singolo e sono in pessime condizioni di conservazione. Gli infissi bianchi sostituiti nel 2003 e quelli della palestra sostituiti nel 2017 sono in PVC con vetrocamera. Gli infissi, che costituiscono la facciata continua sul fronte ovest dell’edificio sono in alluminio a taglio termico con vetrocamera e sono stati installati nel 2017 ma presentano problematiche di tenuta all’acqua in corrispondenza degli attacchi alla muratura a causa di una installazione non a regola d’arte. Gli infissi, in generale, non presentano un sistema di schermatura esterno.

Figura 4.4 - Particolare dei serramenti



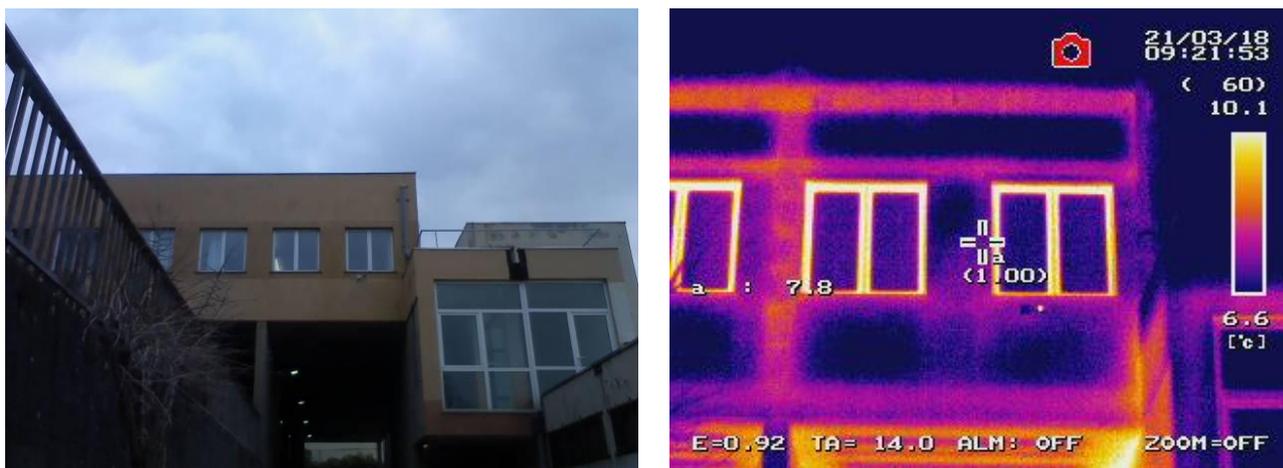
Ai fini di un'identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell'involucro trasparente si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione delle seguenti indagini diagnostiche:

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

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

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

Figura 4.5 – Rilievo termografico dei serramenti fronte nord



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 ad un'anta	WN01	[0,85x1.60]	alluminio	Vetrocamera	4,42	mediocre
Serramento a quattro ante	WN06	[6.80x1.80]	ferro	Vetro singolo	5,94	pessimo
Serramento a otto ante con divisorio	WN07	[6.80x1.80]	alluminio	Vetrocamera	4,30	discreto
Serramento a tre ante	WN13	[3.55x1.10]	PVC	Vetrocamera	3,11	discreto
Serramento a quattro ante con sopra luce	WN14	[4.00x3.00]	PVC	Vetrocamera	3,01	discreto
Serramento ad un'anta	WN16	[0.95x1.10]	PVC	Vetrocamera	3,09	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 della scuola elementare è costituito da un sistema con fluido termovettore acqua. E' presente un generatore di calore a basamento alimentato a gas metano avente due camere di combustione, un gruppo di circolazione costituito due pompe di distribuzione a giri fissi, un sistema di distribuzione a colonne montanti ed un sistema di emissione a radiatori.

Per quanto riguarda l’impianto di riscaldamento a servizio della scuola media si rileva la presenza di un sistema analogo a quello della scuola elementare, con presenza di un generatore a basamento e un gruppo di circolazione costituito da due circolatori a giri fissi di cui uno gemellare.

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;
- Aerotermi installati in palestra.

E’ necessario sottolineare che al momento del sopralluogo gli impianti erano in funzione ad eccezione degli aerotermi della palestra.

Figura 4.6 - Particolare di un radiatore installato in un’aula della scuola media



Figura 4.7 – Particolare di un radiatore installato in una zona di circolazione della scuola elementare



Figura 4.8 - Particolare di un aerotermino installato all’interno della palestra



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
Edificio scolastico	Bocchette in sistemi ad aria calda	99%
	Radiatori su parete esterna non isolata	90%
	Radiatori su parete interna	93%

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

Tabella 4.4 - Riepilogo caratteristiche dei terminali di emissione installati

PIANO	TIPO DI INSTALLAZIONE	NUMERO	POTENZA TERMICA UNITARIA	POTENZA TERMICA COMPLESSIVA	POTENZA FRIGORIFERA UNITARIA	POTENZA FRIGORIFERA COMPLESSIVA
			[kW]	[kW]	[kW]	[kW]
Terra - Scuola elementare	Su parete esterna non isolata	3	2,84	8,52	-	-
	Su parete esterna non isolata	11	1,42	15,62	-	-
	Su parete interna	4	2,30	9,20	-	-
	Su parete interna	5	3,38	16,9	-	-
	Su parete esterna non isolata	2	3,38	6,76	-	-
	Su parete interna	2	1,08	2,16	-	-
	Su parete interna	2	0,27	0,54	-	-
	Su parete esterna non isolata	1	2,30	2,30	-	-
	Su parete interna	1	1,42	1,42	-	-
	Su parete esterna non isolata	10	1,62	16,20	-	-
	Su parete esterna non isolata	1	2,16	2,16	-	-
	Su parete interna	4	0,27	1,08	-	-
	Su parete interna	1	0,96	0,96	-	-
	Su parete interna	1	3,08	3,08	-	-
	Su parete interna	1	1,16	1,16	-	-
	Su parete interna	1	2,03	2,03	-	-
	Su parete interna	1	0,54	0,54	-	-
	Su parete interna	1	0,41	0,41	-	-
	Su parete esterna non isolata	5	1,81	9,05	-	-
	Primo - Scuola elementare	Su parete esterna non isolata	13	1,62	21,06	-
Su parete esterna non isolata		12	2,84	34,08	-	-
Su parete interna		3	3,38	10,14	-	-
Su parete esterna non isolata		2	3,38	6,76	-	-
Su parete esterna non isolata		1	2,05	2,05	-	-
Su parete esterna non isolata		2	1,97	3,94	-	-
Su parete esterna non isolata		1	3,24	3,24	-	-
Su parete esterna non isolata		2	3,38	6,76	-	-
Su parete interna		2	1,08	2,16	-	-
Su parete interna		1	2,36	2,36	-	-
Su parete interna		1	1,35	1,35	-	-
Su parete interna		1	1,62	1,62	-	-
Su parete interna		2	0,54	1,08	-	-
Aerotermo a parete		6	6,00	36,00	-	-
Secondo - Scuola elementare		Su parete esterna non isolata	1	1,76	1,76	-
	Su parete esterna non isolata	2	1,89	3,78	-	-
	Su parete esterna non isolata	3	0,95	2,85	-	-
Terzo - Scuola media	Su parete esterna non isolata	1	1,76	1,76	-	-
	Su parete interna	1	1,76	1,76	-	-

Su parete interna	10	1,62	16,2	-	-
Su parete interna	6	1,89	11,34	-	-
Su parete esterna non isolata	1	1,62	1,62	-	-
Su parete interna	4	1,08	4,32	-	-
Su parete interna	1	0,54	0,54	-	-
Su parete esterna non isolata	2	1,35	2,70	-	-
Su parete interna	2	1,35	2,70	-	-
TOTALE	140	-	284,02	-	-

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 radiatori e ambiente è assunta pari a 25,0°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 degli impianti 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.

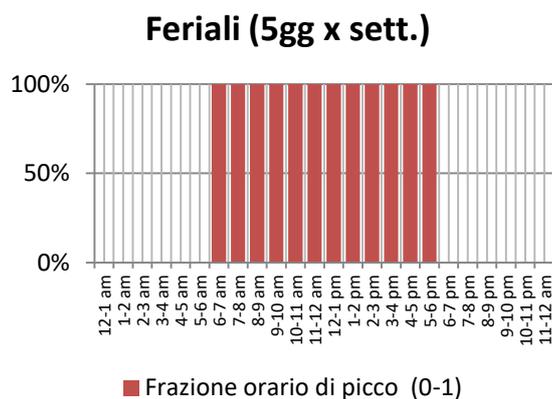
Figura 4.9 - Particolare della centralina di controllo all'interno della centrale termica a servizio della scuola elementare



Figura 4.10 - Particolare della centralina di controllo all'interno della centrale termica a servizio della scuola media



Figura 4.11 - Profilo di funzionamento invernale dell’impianto per la zona termica Edificio scolastico



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
Edificio scolastico	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 per la scuola elementare è costituito dai seguenti elementi:

- 1) Circuito primario di collegamento tra il generatore ed i collettori di mandata e ritorno all’interno della centrale termica (fluido termovettore acqua);
- 2) Circuito secondario di collegamento tra i collettori ed i terminali di emissione.

- 1) **Circuito primario:** non sono presenti pompe di circolazione a servizio del circuito primario.

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

Tabella 4.6 – Temperature di mandata e ritorno del circuito primario

CIRCUITO			TEMPERATURA RILEVATA	TEMPERATURA CALCOLO
			°C	°C
Edificio scolastico- Scuola elementare	Mandata	Caldo	53 (2)	80 (1)
	Ritorno	Caldo	45 (2)	60 (1)

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

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

- 2) **Circuito secondario:** sono presenti due pompe di circolazione gemellari a giri fissi a servizio dei circuiti secondari denominati come segue:

- Circuito 1: Palestra;

- Circuito 2: Piano terra;
- Circuito 3: Piano primo.

Le caratteristiche dei circolatori a servizio dei circuiti secondari sono riportate nella Tabella 4.7.

Tabella 4.7 - Riepilogo caratteristiche pompe circuito secondario

	NOME	SERVIZIO	PORTATA m ³ /h	PREVALENZA kPa	POTENZA ASSORBITA kW
Edificio scolastico- Scuola elementare	P1	Mandata Circuito 1: Palestra	n.d.	n.d.	0,589 (1)
	P2	Mandata Circuiti 2-3: Radiatori istituto (Primo e Secondo piano)	n.d.	n.d.	1,820 (1)
TOTALE			n.d.	n.d.	2,409 (1)

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

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

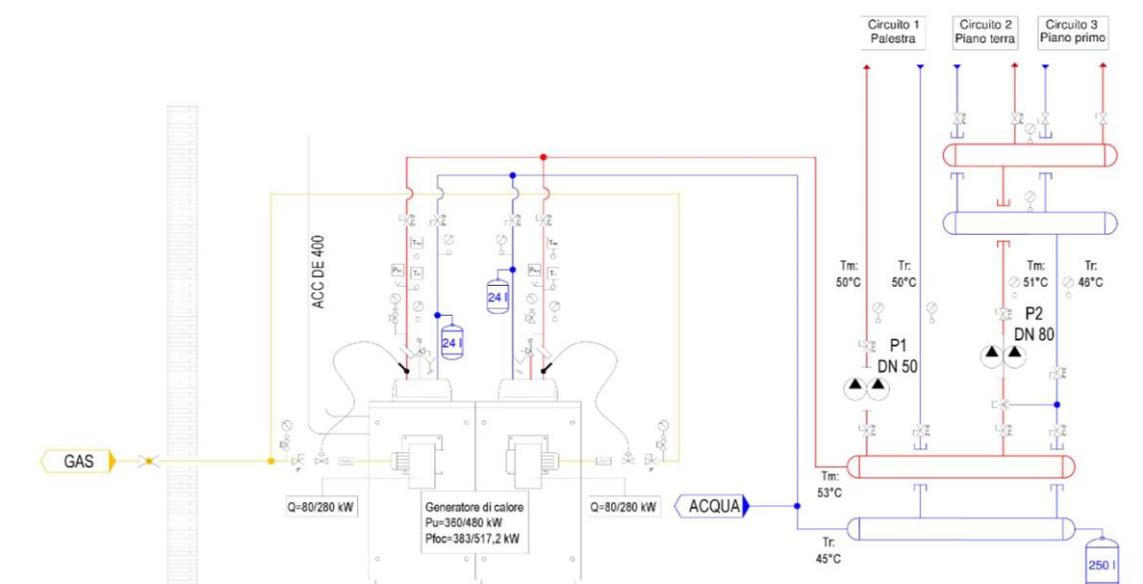
Tabella 4.8 – Temperature di mandata e ritorno del circuito secondario

CIRCUITO			TEMPERATURA RILEVATA	TEMPERATURA CALCOLO
			°C	°C
Circuito 1	Mandata	Caldo	50 (2)	80 (1)
	Ritorno	Caldo	50 (2)	60 (1)
Circuito 2	Mandata	Caldo	50 (2)	80 (1)
	Ritorno	Caldo	45 (2)	60 (1)
Circuito 3	Mandata	Caldo	51 (2)	80 (1)
	Ritorno	Caldo	46 (2)	60 (1)

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

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

Figura 4.12 - Particolare dello schema di impianto a servizio della scuola elementare



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

Il rendimento complessivo del sottosistema di distribuzione è stato assunto nella DE pari all'90%. 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.

Il sottosistema di distribuzione per la scuola media è costituito dai seguenti elementi:

1) Circuito di riscaldamento di collegamento tra il generatore ed i terminali di emissione all'interno dell'edificio (fluido termovettore acqua).

1) Circuito di riscaldamento: sono presenti due pompe di circolazione a servizio del circuito di riscaldamento.

Le caratteristiche dei circolatori a servizio del circuito di riscaldamento sono riportate nella Tabella 4.9.

Tabella 4.9 - Riepilogo caratteristiche pompe circuito di riscaldamento

NOME		SERVIZIO	PORTATA [m ³ /h]	PREVALENZA [kPa]	POTENZA ASSORBITA [kW]
Edificio scolastico- Scuola media	P3	Circolazione interna	n.d.	n.d.	0,112 (1)
Edificio scolastico- Scuola media	P4	Mandata fluido termovettore a radiatori (circolatore gemellare a giri fissi)	n.d.	n.d.	0,460 (1)
TOTALE					0,572 (1)

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

Le temperature del fluido termovettore all'interno del circuito di riscaldamento sono riportate nella Tabella 4.10.

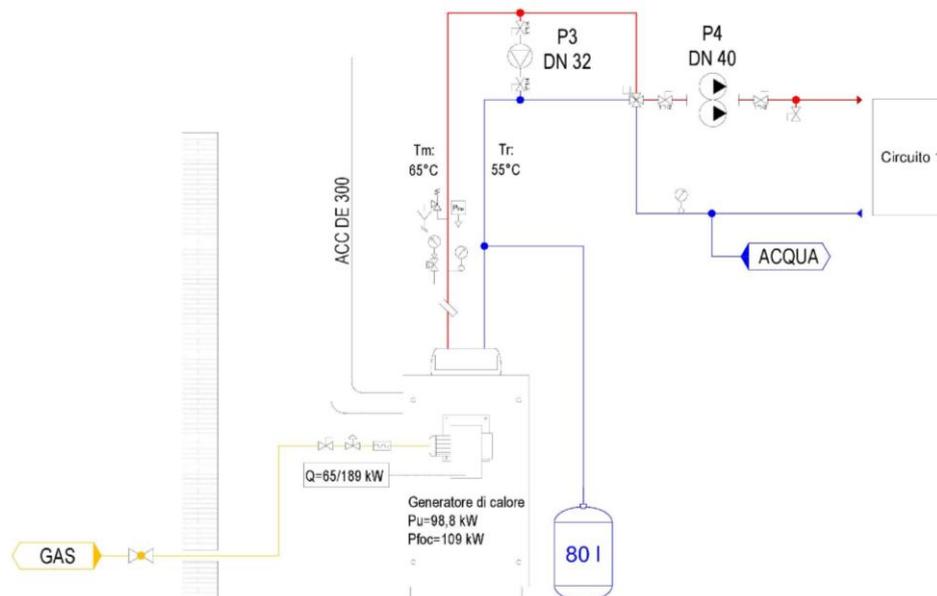
Tabella 4.10 – Temperature di mandata e ritorno del circuito di riscaldamento

CIRCUITO			TEMPERATURA RILEVATA °C	TEMPERATURA CALCOLO °C
Edificio scolastico- Scuola elementare	Mandata	Caldo	65 (2)	80 (1)
	Ritorno	Caldo	55 (2)	60 (1)

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

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

Figura 4.13 - Particolare dello schema di impianto a servizio della scuola media



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

Il rendimento complessivo del sottosistema di distribuzione è stato assunto nella DE pari all’90%. 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 della scuola elementare presenta un generatore a basamento alimentato a gas metano. Il generatore è costituito da due camere di combustione ed è di produzione UNICAL, modello TRISECAL 3P DUO 480, anno di costruzione 2004. La potenza al focolare è pari a 571,2 kW, la potenza utile è pari a 480,0 kW. I bruciatori a servizio del generatore di calore sono di marca BALTUR con portata termica pari a 80/280 kW.

Il sottosistema di generazione a servizio della scuola media è costituito da un generatore di calore a basamento di marca CARBOFUEL, modello PTL AR 85 con potenza al focolare pari a 109,0 kW e potenza utile pari a 98,8. Anno di costruzione 1986. Il bruciatore è di marca RBL, modello THERMITAL TS 1.3 con portata termica pari a 65/189 kW.

Figura 4.14 - Particolare del generatore di calore a servizio della scuola elementare



Figura 4.15 - Particolare del generatore di calore a servizio della scuola media



Le caratteristiche dei sistemi di generazione sono riportate nella Tabella 4.11.

Tabella 4.11 - Riepilogo caratteristiche sistemi di generazione

	Servizio	MARCA	MODELLO	ANNO DI COSTRUZIONE	POTENZA AL FOCOLARE [kW]	POTENZA TERMICA UTILE [kW]	RENDIMENTO	POTENZA ASSORBITA COMPLESSIVA [kW]
Gen 1	Riscaldamento	UNICAL	TRISECAL 3P DUO 480	2004	571,2 (1)	480,0 (1)	96,8% (3)	0,150 (2)
Bru 1.1	Riscaldamento	BALTUR	BTG 28P	2014	-	280,0 (1)	-	0,360 (1)
Bru 1.2	Riscaldamento	BALTUR	BTG 28P	2014	-	280,0 (1)	-	0,360 (1)
Gen 2	Riscaldamento	CARBOFUEL	PTL AR 85	1986	109,0 (1)	98,8 (1)	92,7% (3)	0,150 (2)
Bru 2	Riscaldamento	RBL	THERMITAL TS 1.3	n.d.	-	189,0 (1)	-	0,350 (1)

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

Nota (2): Valori desunti da scheda tecnica di generatore con caratteristiche simili e stesso periodo di costruzione;

Nota (3): Valori ricavati in sede di sopralluogo sul libretto di centrale.

Il rendimento complessivo del sottosistema di generazione, in regime di riscaldamento è stato assunto nella DE pari al 76%.

Sul libretto di centrale, nella sezione relativa alle prove fumi, sono stati rilevati e confrontati i rendimenti di combustione dei generatori installati. Per la scuola elementare il valore del rendimento di combustione per la camera di combustione 1 alla data del 27/11/2017 è pari a 94,4%, mentre per la camera di combustione 2 alla data del 27/11/2017 è pari a 96,8%.

Per la scuola media il valore del rendimento di combustione alla data del 27/11/2017 è pari a 92,7%. 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

La produzione di acqua calda sanitaria è eseguita tramite n.4 bollitori elettrici ad accumulo installati localmente nei servizi igienici a ad uso degli studenti e del personale dell’edificio scolastico.

Figura 4.16 - Particolare di un boiler elettrico per la produzione di acqua calda sanitaria



I rendimenti caratteristici dei sottosistemi dell’impianto di produzione acqua calda sanitaria sono riportati nella Tabella 4.12.

Tabella 4.12 – Rendimenti dell’impianto di produzione acqua calda sanitaria

SOTTOSISTEMA DI EROGAZIONE	SOTTOSISTEMA DI DISTRIBUZIONE	SOTTOSISTEMA DI RICIRCOLO	SOTTOSISTEMA DI ACCUMULO	SOTTOSISTEMA DI GENERAZIONE	RENDIMENTO GLOBALE MEDIO STAGIONALE
100% (1)	93% (1)	- (2)	- (2)	75% (1)	70% (1)

Nota (1) Valori ricavati dal modello di calcolo;

Nota (2) Sottosistema non presente.

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

4.4 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, distributori automatici 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 .

Tabella 4.13 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA NOMINALE [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]	ORE ANNUE DI UTILIZZO [ore]
Edificio scolastico- Scuola media	LIM	7	340	2.380	400
	PC	14	220	3.080	400

	SCANNER	1	80	80	200
	STAMPANTE	6	80	480	200
	FRIGORIFERO	1	380	380	5.520
	DISTRIBUTORE CAFFE'	1	1.350	1.350	200
	FORNO MICROONDE	1	1.000	1.000	300
	UPS	1	100	100	5.520
	STEREO	2	200	400	200
Edificio scolastico- Scuola elementare	LIM	4	340	1.360	400
	PC	23	220	5.060	400
	STAMPANTE	12	80	960	200
	DISTRIBUTORE CAFFE'	1	1.350	1.350	200
	DISTRIBUTORE CIBI E BEVANDE	1	500	500	5.520
	FAX	1	80	80	200
	SCALDAVIVANDE	2	2.000	4.000	200
	FRIGORIFERO	1	380	380	5.520
	FORNO MICROONDE	1	1.000	1.000	300
	STRUMENTI MUSICALI	1	300	300	300
	CASSE AUDIO	2	500	1.000	300
	ASCENSORE	1	12.000	12.000	200

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 neon, proiettori LED, lampade di emergenza LED in funzione della tipologia di utilizzo dei locali:

Le principali tipologie di corpi illuminanti sono di seguito elencati:

- Lampade a neon installate a soffitto nelle zone di circolazione interna, nelle aule e nei servizi igienici;
- Proiettori LED installati in palestra;
- Plafoniere di emergenza LED installate nelle zone di circolazione interna.

Figura 4.17 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nelle aule



L'elenco e le caratteristiche dei corpi illuminanti sono riportate nella Tabella 4.14.

Tabella 4.14 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA UNITARIA [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]
Edificio scolastico- Scuola elementare	Tubolare	65	58 (1x58)	3.770
	Tubolare	63	72 (2x36)	4.536
	Tubolare	35	18 (1x18)	630
	Tubolare	8	36 (2x18)	288

	Tubolare	2	72 (4x18)	144
	Tubolare	17	116 (2x58)	1.972
	Lampada emergenza LED	30	3,20 (32x0,1)	96
	Lampada esterna IP65	3	60	180
	Proiettore LED	12	250	3.000
Edificio scolastico- Scuola media	Tubolare	6	72 (2x36)	432
	Tubolare	38	116 (2x58)	4.408
	Tubolare	1	18 (1x18)	18
	Tubolare	1	36 (2x18)	36
	Tubolare	6	36 (1x36)	216
	Lampada emergenza LED	3	3,20 (32x0,1)	9,6

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 4.18 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati all’interno di una zona di servizio della palestra

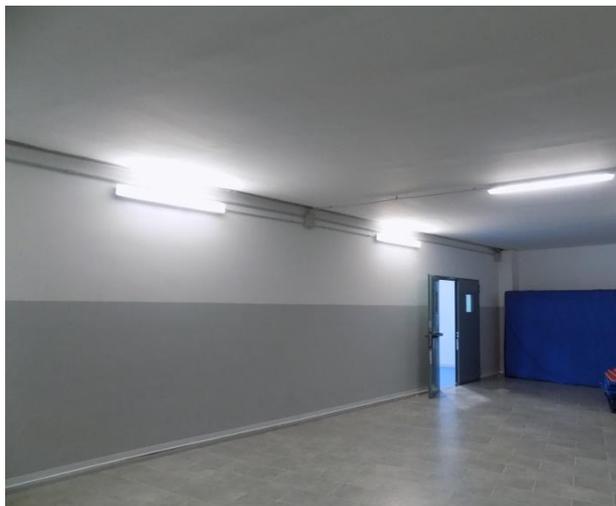


Figura 4.19 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati all’interno della palestra



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;
- Gasolio.

5.1.1 Energia termica

Il vettore termico utilizzato per la climatizzazione invernale della struttura, è il Gas Metano. Nell'anno 2014 si riscontra l'impiego di gasolio per il PDR 16220050529472.

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

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

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

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

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

- Centrale termica per il riscaldamento degli ambienti della scuola elementare;
- Centrale termica per il riscaldamento degli ambienti della scuola media.

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

L'analisi dei consumi storici di Gas metano si basa sulla base de m³ di gas rilevati dalla società di distribuzione nel triennio di riferimento.

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

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

PDR	Utilizzo	2014		2015	2016	2014	2015	2016
		[litri]	[Sm ³]	[Sm ³]	[Sm ³]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
16220050529472	Riscaldamento	12.000	-	15.329	16.610	121.074	144.398	156.466
3270003248751	Riscaldamento	-	5.048	8.112	8.482	47.552	76.416	79.904

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

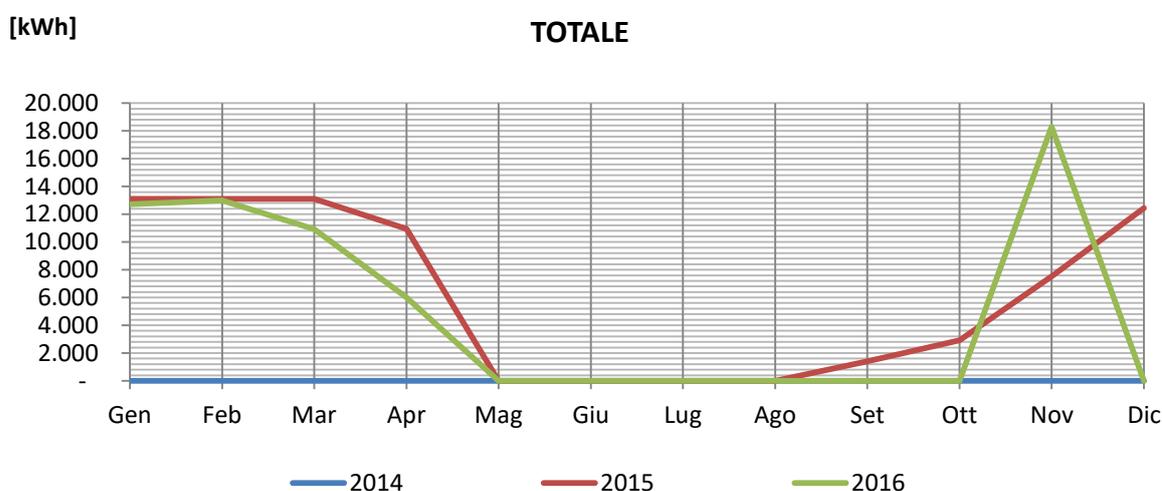
I consumi fatturati dalla società di fornitura sono riportati nella Tabella 5.3.

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

PDR: 3270003248751	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Mese	[Sm ³]	[Sm ³]	[Sm ³]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	-	1.391	1.351	-	13.103	12.726
Febbraio	-	1.391	1.379	-	13.103	12.990
Marzo	-	1.391	1.159	-	13.103	10.918
Aprile	-	1.161	636	-	10.937	5.991
Maggio	-	0	0	-	-	-
Giugno	-	0	0	-	-	-
Luglio	-	0	0	-	-	-
Agosto	-	0	0	-	-	-
Settembre	-	150	0	-	1.413	-
Ottobre	-	309	0	-	2.911	-
Novembre	-	799	1.942	-	7.527	18.294
Dicembre	-	1.321	-	-	12.444	-
Totale	-	7.913	6.467	-	74.540	60.919

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

Figura 5.1 – Andamento mensile dei consumi termici fatturati



Dall'analisi effettuata è emerso che il prelievo termico del triennio è caratterizzato da un valore minimo pari a 309 Sm³ e un valore di massimo prelievo pari 1.942 Sm³.

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

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

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

Dove:

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

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

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

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

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

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

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 ^{REALI} 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	17.901	168.674	170,6	154.352	-	-
2015	1.004	905	23.441	220.877	220,0	199.043	-	-
2016	1.046	905	25.092	236.434	226,0	204.412	-	-
Media	1.013	905	22.145	208.662	206,0	186.353	-	-

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 è dovuto alla diminuzione delle temperature esterne medie mensili rilevate nel triennio di riferimento.

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

Tabella 5.5 – Individuazione della Baseline termica

GRANDEZZA	VALORE
	[Kwh]
$\bar{a}_{rif} \times GG_{rif}$	186.353
$Q_{baseline}$	186.353

5.1.2 Energia elettrica

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

- Scuola elementare;
- Scuola media.

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 [kWh]	2015 [kWh]	2016 [kWh]	MEDIA [kWh]
IT001E00096769	Scuola elementare- Scuola media	47.353	61.797	66.719	58.623
TOTALE		47.353	61.797	66.719	VALORE MEDIO FATTURATO 58.623

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

- Per il 2014 l'analisi delle fatture ha prodotto un dato inferiore del 7% circa; (valore desunto dal file “kyotoBaseline-EXXXX”: 51.143 kWh)
- Per il 2015 l'analisi delle fatture ha prodotto un dato inferiore del 3% circa; (valore desunto dal file “kyotoBaseline-EXXXX”: 63.609 kWh)
- Per il 2016 l'analisi delle fatture ha prodotto un dato inferiore del 6% circa. (valore desunto dal file “kyotoBaseline-EXXXX”: 71.006 kWh)

Il dato medio desumibile dall'analisi delle fatture si discosta dunque dal dato di fornito dalla PA di circa il 5% in meno (valore desunto dal file “kyotoBaseline-EXXXX”: 61.919 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 61.919 kWh.

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

POD: IT001E00096769	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 14	3.778	669	895	5.342
Feb - 14	3.432	747	862	5.041
Mar - 14	3.092	832	1.113	5.037
Apr - 14	2.042	682	1.056	3.780
Mag - 14	1.909	740	1.137	3.786
Giu - 14	995	541	1.047	2.583
Lug - 14	707	615	1.063	2.385
Ago - 14	437	436	998	1.871
Set - 14	1.612	755	1.137	3.504
Ott - 14	2.648	850	1.079	4.577
Nov - 14	2.918	772	807	4.497
Dic - 14	2.782	912	1.256	4.950
Totale	26.352	8.551	12.450	47.353
POD: IT001E00096769	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 15	3.178	1.236	1.625	6.039
Feb - 15	3.401	1.165	1.529	6.095

E1263 – Scuola elementare “Morante”, scuola media “Bercilli”

Mar - 15	3.280	1.157	1.725	6.162
Apr - 15	2.691	968	1.754	5.413
Mag - 15	2.573	1.133	1.996	5.702
Giu - 15	1.463	1.000	1.799	4.262
Lug - 15	888	822	1.363	3.073
Ago - 15	430	416	899	1.745
Set - 15	1.846	778	1.125	3.749
Ott - 15	3.365	1.349	1.797	6.511
Nov - 15	3.438	1.316	2.006	6.760
Dic - 15	2.926	1.161	2.199	6.286
Totale	29.479	12.501	19.817	61.797
POD: IT001E00096769	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 16	3.091	1.312	2.330	6.733
Feb - 16	3.285	1.309	2.115	6.709
Mar - 16	2.897	1.201	2.147	6.245
Apr - 16	2.729	1.249	2.191	6.169
Mag - 16	2.824	1.266	2.223	6.313
Giu - 16	1.344	936	1.703	3.983
Lug - 16	998	915	1.567	3.480
Ago - 16	1.018	844	1.501	3.363
Set - 16	2.030	982	1.745	4.757
Ott - 16	3.259	1.168	1.917	6.344
Nov - 16	3.407	1.181	1.926	6.514
Dic - 16	2.923	1.107	2.079	6.109
Totale	29.805	13.470	23.444	66.719

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

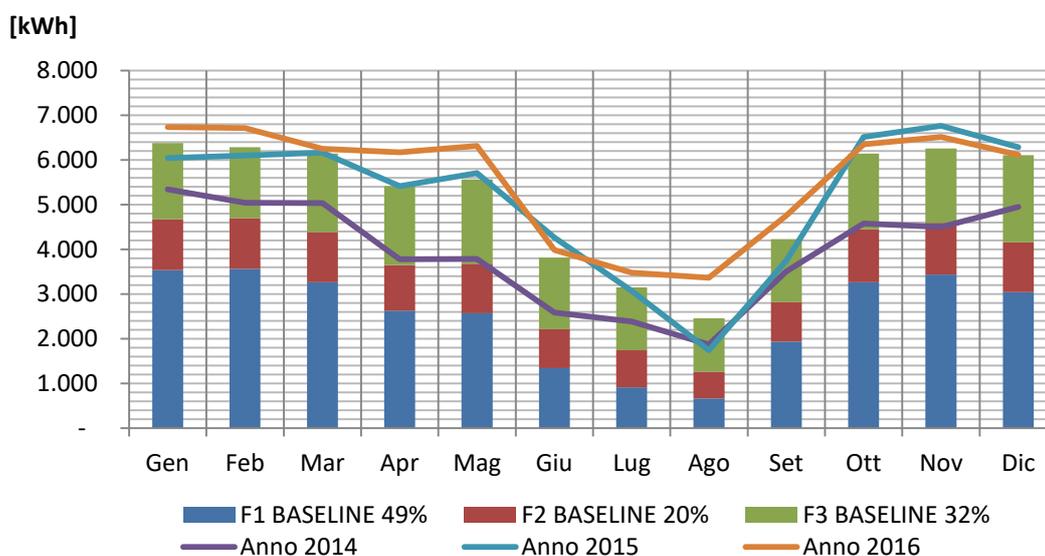
	F1	F2	F3	TOTALE
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	3.349	1.072	1.617	6.038
Febbraio	3.373	1.074	1.502	5.948
Marzo	3.090	1.063	1.662	5.815
Aprile	2.487	966	1.667	5.121
Maggio	2.435	1.046	1.785	5.267
Giugno	1.267	826	1.516	3.609
Luglio	864	784	1.331	2.979
Agosto	628	565	1.133	2.326
Settembre	1.829	838	1.336	4.003
Ottobre	3.091	1.122	1.598	5.811
Novembre	3.254	1.090	1.580	5.924
Dicembre	2.877	1.060	1.845	5.782
Totale	28.545	11.507	18.570	58.623

Tabella 5.8 bis – Consumi mensili di baseline

BASELINE	F1	F2	F3	TOTALE
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	3.537	1.133	1.708	6.377
Febbraio	3.562	1.134	1.586	6.283
Marzo	3.263	1.123	1.755	6.142
Aprile	2.627	1.021	1.761	5.409
Maggio	2.572	1.105	1.886	5.563
Giugno	1.339	872	1.602	3.812
Luglio	913	828	1.406	3.147
Agosto	664	597	1.196	2.457
Settembre	1.932	885	1.411	4.228
Ottobre	3.264	1.185	1.687	6.137
Novembre	3.437	1.151	1.668	6.257
Dicembre	3.039	1.120	1.948	6.107
Totale	30.150	12.154	19.614	61.919

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

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

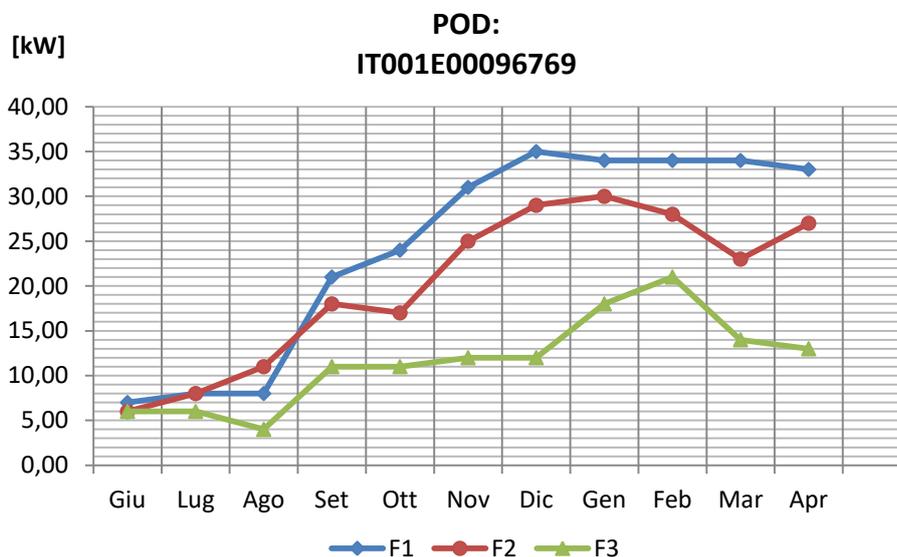


I profili di prelievo mensili nel triennio di riferimento presentano andamenti coerenti con l'utilizzo del fabbricato. La presenza di una base di consumo sempre presente anche in assenza di utilizzo dell'immobile potrebbe essere imputata ad alcune fra le seguenti cause:

- Presenza di attrezzature elettriche, come peraltro già definite nel paragrafo 4.4 e dettagliatamente nella tabella 4.13, 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 o i consumi residui dell'ascensore;
- 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.

E' stato inoltre possibile rappresentare i profili giornalieri dei consumi elettrici accedendo alle informazioni fornite dalla società di distribuzione dell'energia elettrica, la quale rende disponibili i prelievi di energia elettrica con cadenza mensile.

Figura 5.3 – Profili di potenza giornalieri per il POD IT001E00096769



Il prelievo di potenza massima è pari a 34,00 kW e si verifica nel mese di Gennaio 2018. Tali profili risultano coerenti con l'effettivo utilizzo dell'edificio e delle utenze elettriche presenti.

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
GPL	* 0,227
Olio combustibile	* 0,267
Gasolio	* 0,267
Benzina	* 0,249

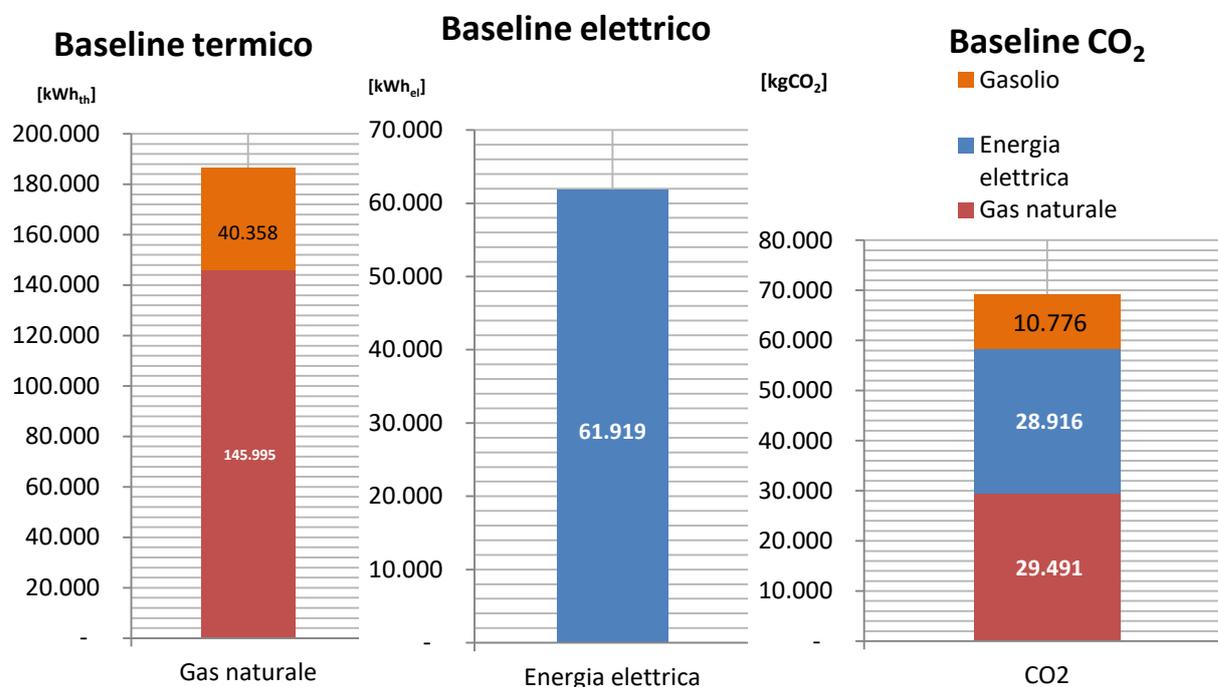
* da "Linee Guida Patto dei Sindaci" per anno 2010

Applicando tali fattori di conversione è stato possibile valutare la Baseline delle emissioni di CO₂, come riportato nella Tabella 5.10 e nella Figura 5.4.

Tabella 5.10 – Baseline delle emissioni di CO₂.

COMBUSTIBILE	CONSUMO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE	
	[kWh]	[tCO ₂ /MWh]	[tCO ₂]
Energia elettrica	61.919	* 0,467	28,916

Gas naturale	145.995	* 0,202	29,491
Gasolio	40.358	* 0,267	10,776

Figura 5.4 – 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
Gasolio	1,07	0	1,07

La valutazione degli indicatori di performance è stata effettuata parametrizzando i consumi reali di Baseline di cui al Capitolo 4.2, in funzione dei fattori riportati nella Tabella 5.12.

Tabella 5.12 – Fattori di riparametrizzazione

	PARAMETRO	VALORE	U.M.
FATTORE 1	Superficie netta riscaldata	3.607	m ²
FATTORE 2	Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	4.749	m ²
FATTORE 3	Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate)	18.162	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

VEETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA TOTALE	INDICATORI AMBIENTALI
---------------------	--------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	---	-----------------------

		PRIMARIA TOTALE	TOTALE	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	145.995	1,05	153.295	42,5	32,3	8,4	8,18	6,21	1,62
Energia elettrica	61.919	2,42	149.844	41,5	31,6	8,3	8,02	6,09	1,59
Gasolio	40.358	1,07	43.183	12,0	9,1	2,4	2,99	2,27	0,59
TOTALE			346.322	96	73	19	19	15	4

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	145.995	1,05	153.295	42,5	32,3	8,4	8,18	6,21	1,62
Energia elettrica	61.919	1,95	120.742	33,5	25,4	6,6	8,02	6,09	1,59
Gasolio	40.358	1,07	43.183	12,0	9,1	2,4	2,99	2,27	0,59
TOTALE			317.220	88	67	17	19	15	4

Figura 5.5 – Indicatori di performance e relative emissioni di CO₂ valutati in funzione della superficie utile riscaldata

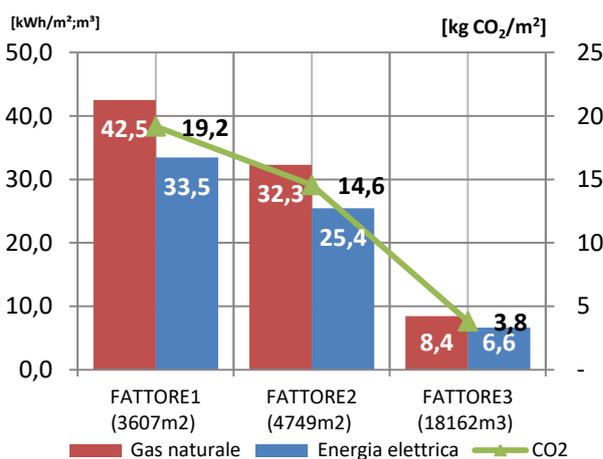
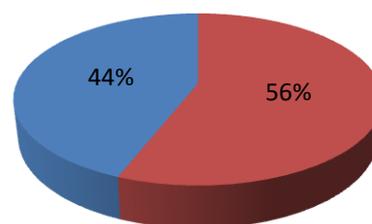
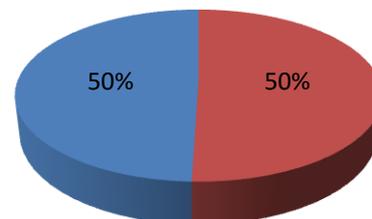


Figura 5.6 – Ripartizione % dei consumi di energia primaria e delle relative emissioni di CO₂

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 ³ anno)		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Gas Naturale	4,141	5,422	5,804	-	-	-
Energia elettrica	-	-	-	10,298	12,808	12,468

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

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

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

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

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

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

	$kWh_e / m^2 \times anno$		
	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	260,7312	253,9179
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	237,3768	235,0993
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	0,6685	0,5387
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	21,3974	17,2417
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	1,2885	1,0383
Emissioni equivalenti di CO2	CO _{2eq}	Kg/mq anno	58,86	56,28

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

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

FORTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO [m ³ /anno]	CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE [kWh/anno]
Gas Naturale	82.300	814.029
Energia Elettrica	-	132.550

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 sulla base delle ore di funzionamento dei singoli apparecchi e della loro potenza di targa come indicato nella tabella 4.13 - Elenco caratteristiche altre utenze elettriche.

6.1.1 Validazione del modello termico

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

Si è quindi provveduto alla simulazione dei parametri reali di utilizzo dell’edificio considerando che l’impianto ha una gestione del tipo intermittente, secondo la definizione delle UNI TS 11300, e che dunque non è in funzione tutti i giorni della settimana.

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale non rinnovabile	$EP_{gl,nren}$	kWh/mq anno	77,8368	71,9951
Climatizzazione invernale	EP_H	kWh/mq anno	54,4824	53,1765
Produzione di acqua calda sanitaria	EP_w	kWh/mq anno	0,6685	0,5387
Ventilazione	EP_v	kWh/mq anno	-	-

Raffrescamento	EP_c	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	EP_L	kWh/mq anno	21,3974	17,2417
Trasporto di persone e cose	EP_T	kWh/mq anno	1,2885	1,0383
Emissioni equivalenti di CO ₂	CO_{2eq}	Kg/mq anno	21,91	19,53

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
	[mc/anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	19.695	185.530
Energia Elettrica	-	59.884

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

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

$Q_{teorico}$	$Q_{baseline}$	Congruità
[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
185.530	186.353	0,3

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

6.1.2 Validazione del modello elettrico

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

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

$EE_{teorico}$	$EE_{baseline}$	Congruità
[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
59.884	61.919	3,3

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

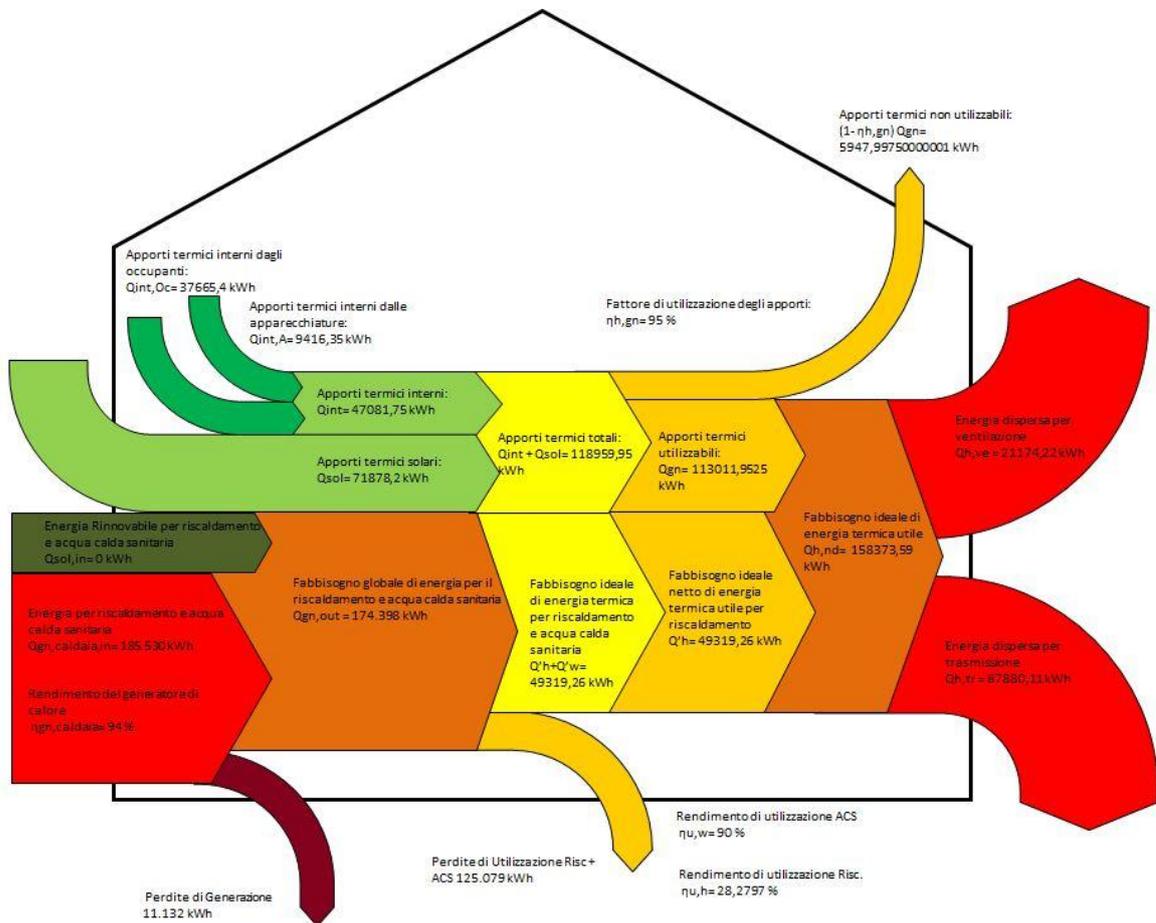
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

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

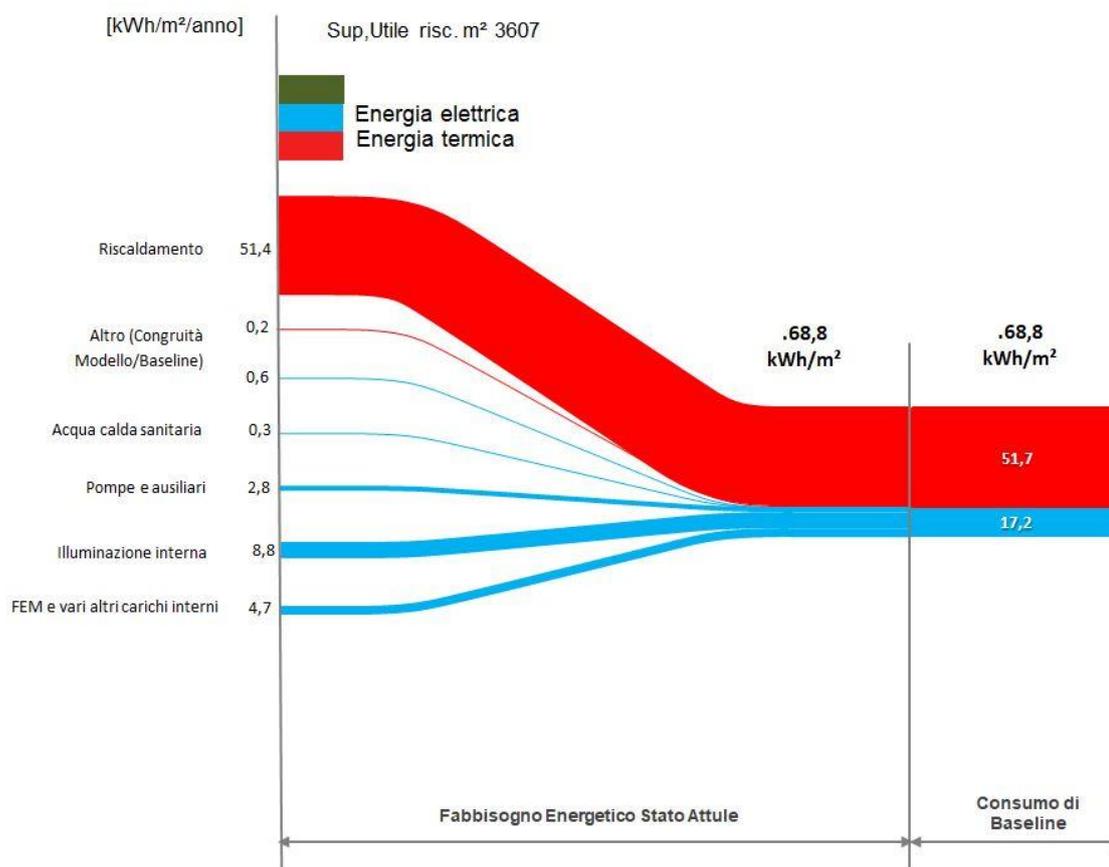
Figura 6.1 – Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio allo stato attuale



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

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

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

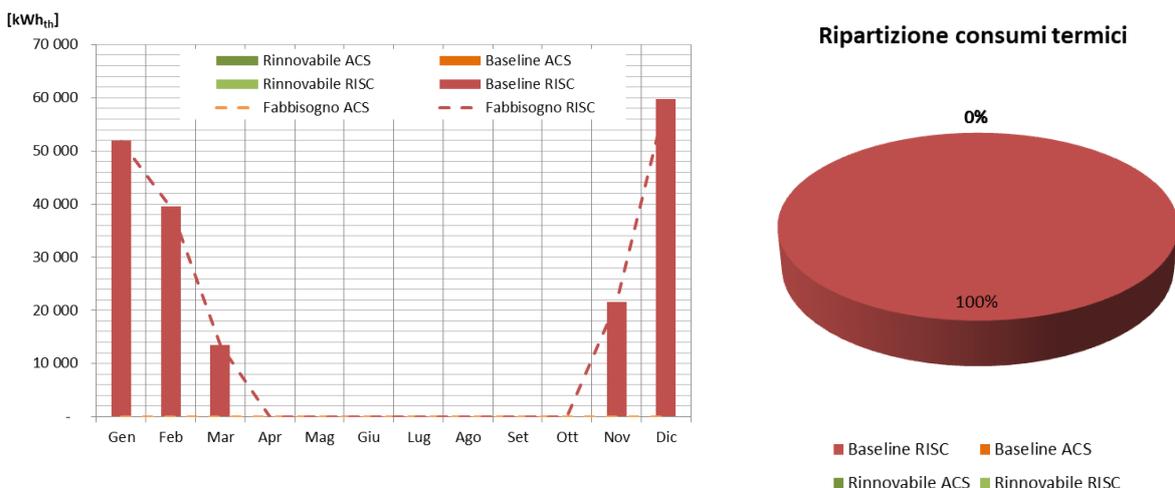
Dall’analisi del diagramma di Sankey relativo al bilancio energetico complessivo dell’edificio è possibile notare che il maggior quantitativo di energia è impiegato per il riscaldamento degli ambienti.

6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI

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

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

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



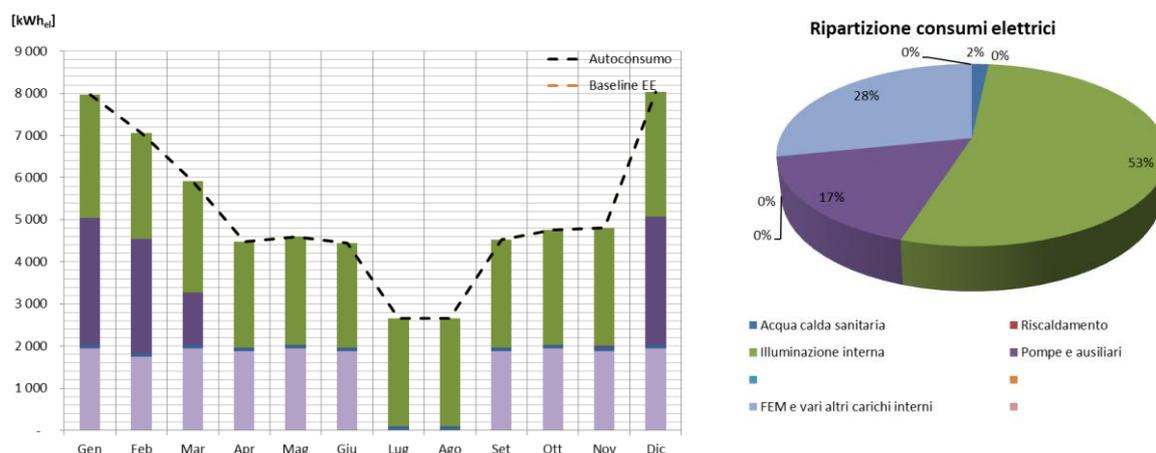
Si può notare come la totalità dei consumi termici sia da attribuirsi al riscaldamento degli ambienti della scuola, pertanto gli interventi migliorativi proposti, andranno ad interessare principalmente i componenti di tale impianto.

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 14.909 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’impianto di illuminazione degli ambienti.

7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO

7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI

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

7.1.1 Vettore termico

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

- PDR 1 – 16220050529472: contratto di Servizio Integrato Energia 3 (SIE3) stipulato dalla PA con un soggetto terzo, comprensivo sia la fornitura del vettore energetico che la conduzione e manutenzione degli impianti. Non è stato quindi possibile effettuare un'analisi dei costi di fatturazione del vettore energetico in quanto tali fatture non sono a disposizione della PA ;
- PDR 2 – 327003248751: 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: 327003248751	2014	2015	2015	2016	2016
Indirizzo di fornitura		VIA CARLO LINNEO 232/W GENOVA (GE) 16161			
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 S.p.A.	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.	G010	G0010	G0010	G 10
Tipologia di contratto	N.D.	PUNTO DI RICONSEGNA PER SERVIZIO PUBBLICO	Utente con attività di servizio pubblico	Utente con attività di servizio pubblico	Punto di riconsegna per usi diversi
Opzione tariffaria (*)	N.D.	Costo indicizzato	Costo indicizzato	Costo indicizzato	Costo indicizzato
Valore del coefficiente correttivo dei consumi	N.D.	1,023328	1,023328	1,023328	1,023328
Potere calorifico inferiore convenzionale del combustibile	N.D.	38,19000000 MJ/Smc	38,190mJ/MC	38,190mJ/MC	39.262,000 kJ/Smc
Prezzi di fornitura del combustibile (*)	N.D.	0,04548 €/kWh	0,02892 €/kWh	0,02710 €/kWh	0,02359 €/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 riferimento

PDR: 327003248751	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	-	-	-	-	-	-	-	#DIV/0!
PDR: 327003248751	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	596	24	242	274	250	1.385	13.103	0,106
Febbraio	596	24	242	274	250	1.385	13.103	0,106
Marzo	596	24	242	274	250	1.385	13.103	0,106
Aprile	329	24	134	246	161	894	10.937	0,082
Maggio	0	0	0	0	0	-	-	-
Giugno	0	0	0	0	0	-	-	-
Luglio	0	0	0	0	0	-	-	-
Agosto	0	0	0	0	0	-	-	-
Settembre	41	24	17	32	25	139	1.413	0,098
Ottobre	84	24	36	65	46	255	2.911	0,088
Novembre	217	24	93	169	111	613	7.527	0,081
Dicembre	348	24	122	280	170	944	12.444	0,076
Totale	2.807	190	1.127	1.614	1.262	7.000	74.540	0,094
PDR: 327003248751	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	338	24	193	236	174	965	12.726	0,076
Febbraio	356	24	197	241	180	998	12.990	0,077
Marzo	299	24	165	203	152	843	10.918	0,077
Aprile	127	27	79	135	81	448	5.991	0,075
Maggio	0	0	0	0	0	-	-	-
Giugno	0	0	0	0	0	-	-	-

E1263 – Scuola elementare “Morante”, scuola media “Bercilli”

Luglio	0	0	0	0	0	-	-	-
Agosto	0	0	0	0	0	-	-	-
Settembre	0	0	0	0	0	-	-	-
Ottobre	0	0	0	0	0	-	-	-
Novembre	445	27	243	380	241	1.336	18.294	0,073
Dicembre	-	-	-	-	-	-	-	-
Totale	1.566	125	876	1.196	828	4.590	60.919	0,075

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

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

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

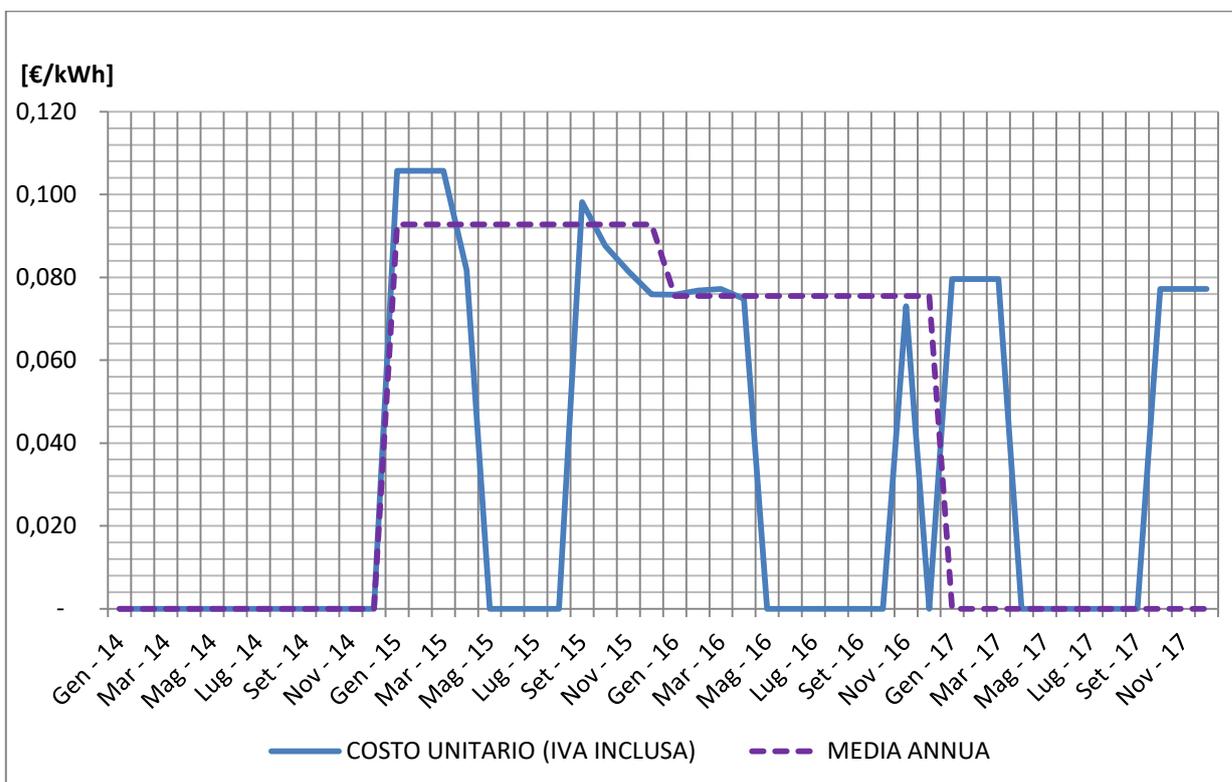
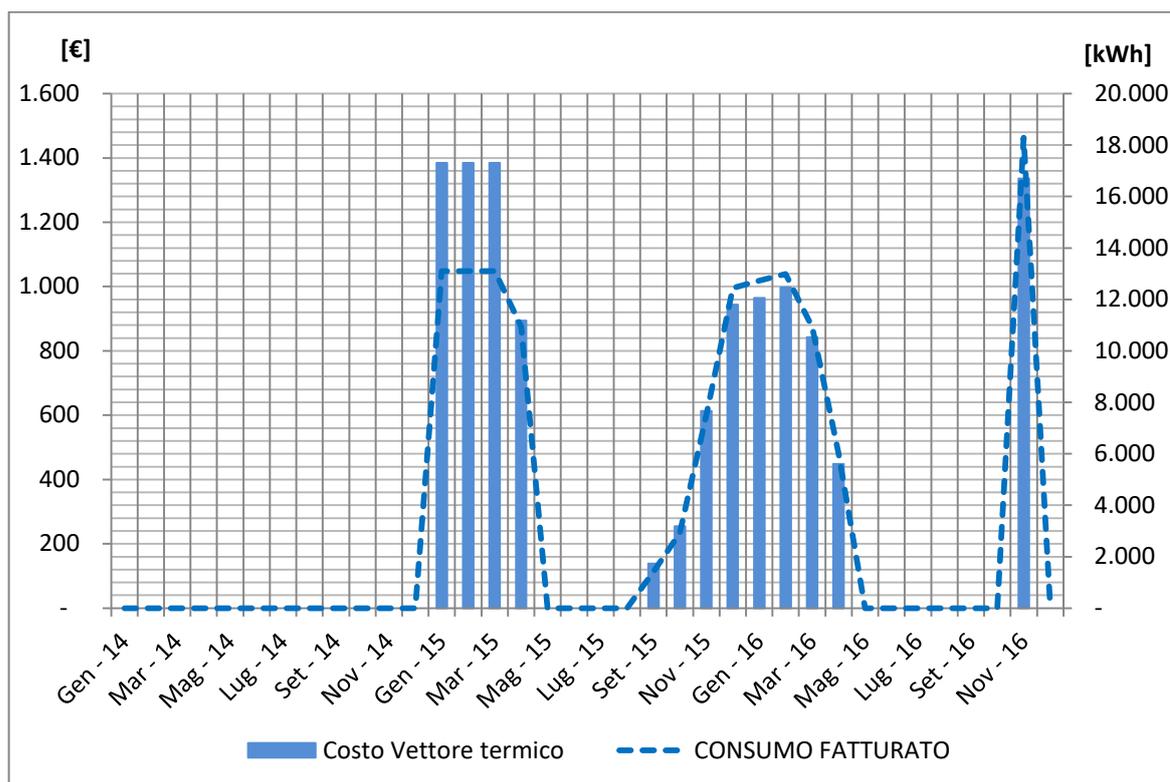


Figura 7.2 – Andamento dei consumi e dei costi dell’energia termica



7.1.2 Vettore elettrico

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

- POD 1 – IT001E00096769: 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: IT001E00096769	2014	2015	2015	2016	2016
Indirizzo di fornitura	VIA CARLO LINNEO 232 GENOVA (GE)				
Dati di intestazione fattura	Comune di Genova (GE)	Comune di Genova (GE)	Comune di Genova (GE)	Comune di Genova (GE)	Comune di Genova (GE)
Società di fornitura	Edison	Edison	GALA	GALA	IREN Mercato S.p.a.
Inizio periodo fornitura	01/01/2014	01/01/2015	01/04/2015	01/01/2016	01/04/2016
Fine periodo fornitura	31/12/2014	31/03/2015	31/12/2015	31/03/2016	31/12/2016
Potenza elettrica impegnata	33,00 kW	33,00 kW	33,00 kW	33,00 kW	33,00 kW
Potenza elettrica disponibile	33,00 kW	33,00 kW	33,00 kW	33,00 kW	33,00 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 fornitura dell’energia elettrica ⁽²⁾	0,07256 €/kWh	0,07251 €/kWh	0,03770 €/kWh	0,03219 €/kWh	0,04629 €/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: IT001E00012 345	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
	FISSA	PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen – 14	400	57	472	67	219	1.214	5.342	0,227
Feb – 14	376	59	447	63	208	1.153	5.041	0,229
Mar – 14	371	59	449	63	207	1.149	5.037	0,228
Apr – 14	273	52	362	47	162	896	3.780	0,237
Mag – 14	272	59	358	47	162	898	3.786	0,237
Giu – 14	180	40	262	32	113	627	2.583	0,243
Lug – 14	163	25	227	30	98	544	2.385	0,228
Ago – 14	125	27	175	23	77	428	1.871	0,229
Set – 14	250	51	336	44	150	830	3.504	0,237
Ott – 14	335	61	436	57	196	1.084	4.577	0,237
Nov – 14	335	60	427	56	193	1.070	4.497	0,238
Dic – 14	357	73	491	62	-	982	4.950	0,198
Totale	3.436	623	4.441	592	1.784	10.876	47.353	0,230
POD: IT001E00012 345	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen – 15	437	71	532	75	112	1.228	6.039	0,203
Feb – 15	444	73	537	76	113	1.243	6.095	0,204
Mar – 15	445	74	543	77	114	1.253	6.162	0,203
Apr – 15	234	61	467	68	83	914	5.413	0,169
Mag – 15	237	64	487	71	86	946	5.702	0,166
Giu – 15	184	48	367	53	65	718	4.262	0,169
Lug – 15	121	30	282	38	47	519	3.073	0,169
Ago – 15	69	17	187	22	30	325	1.745	0,186
Set – 15	144	42	338	47	57	628	3.749	0,168
Ott – 15	215	65	589	81	95	1.045	6.511	0,160
Nov – 15	226	76	610	85	100	1.096	6.760	0,162
Dic – 15	211	71	570	79	93	1.024	6.286	0,163
Totale	2.967	694	5.511	773	994	10.938	61.797	0,177

POD: IT001E00012 345	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA		IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 16	214	70	566	84	93	1.027	6.733	0,153
Feb - 16	194	69	657	84	100	1.104	6.709	0,165
Mar - 16	225	64	546	78	91	1.004	6.245	0,161
Apr - 16	200	101	521	77	90	988	6.169	0,160
Mag - 16	223	102	552	79	96	1.052	6.313	0,167
Giu - 16	148	65	372	50	64	699	3.983	0,176
Lug - 16	150	75	333	44	60	662	3.480	0,190
Ago - 16	126	73	324	42	56	621	3.363	0,185
Set - 16	209	100	432	59	80	880	4.757	0,185
Ott - 16	354	98	558	79	109	1.199	6.344	0,189
Nov - 16	406	104	572	81	116	1.279	6.514	0,196
Dic - 16	362	96	540	76	107	1.182	6.109	0,193
Totale	2.811	1.017	5.971	834	1.063	11.697	66.719	0,175

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

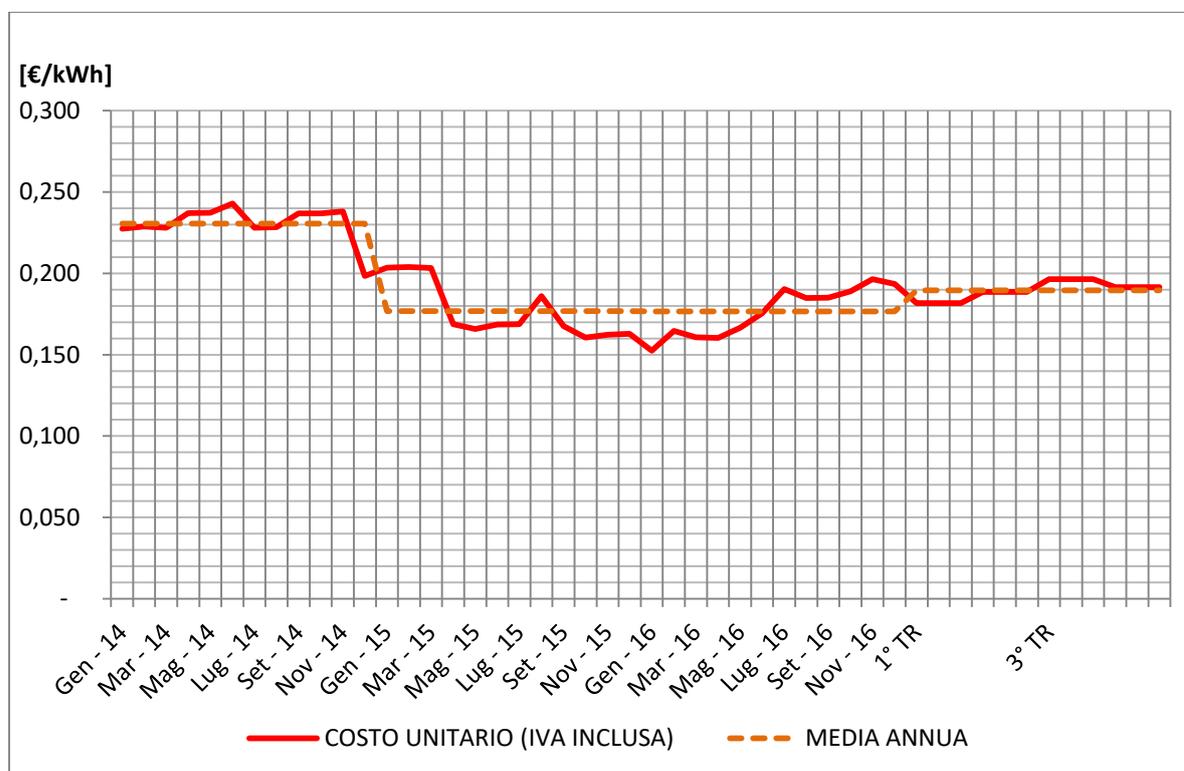
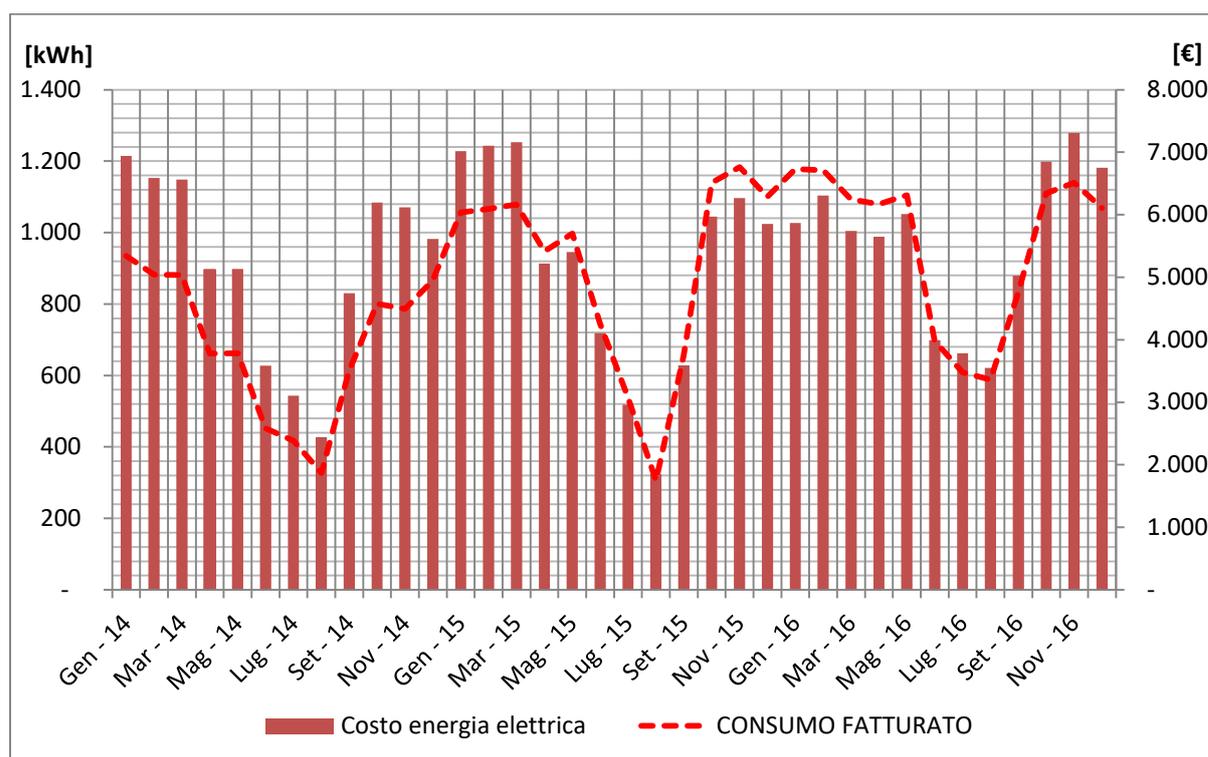


Figura 7.4 – Andamento dei consumi e dei costi dell’energia elettrica



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.	47.353	10.876	0,230	n.d.
2015	74.540	7.000	0,094	61.797	10.938	0,177	17.938
2016	60.919	4.590	0,073	66.719	11.697	0,175	16.287
2017	n.d.	n.d.	0,0786	n.d.	n.d.	0,188	n.d.
Media	67.730	5.795	0,0819	58.623	11.170	0.192	17.113

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}	0,079 [€/kWh]
Costo unitario dell’energia elettrica	Valore relativo all’ultimo anno a disposizione	C _{uEE}	0,190 [€/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:

- L1-042-109: servizio SIE3
- L1-042-217: servizio di conduzione e manutenzione caldaia con potenza > 35 kW

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 33.223€.

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:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo per la gestione e manutenzione ordinaria	Corrispettivo annuale relativo al contratto O&M in essere	CM_o 14.682	[€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Media relativa a gli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici	CM_s 3.903	[€/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:

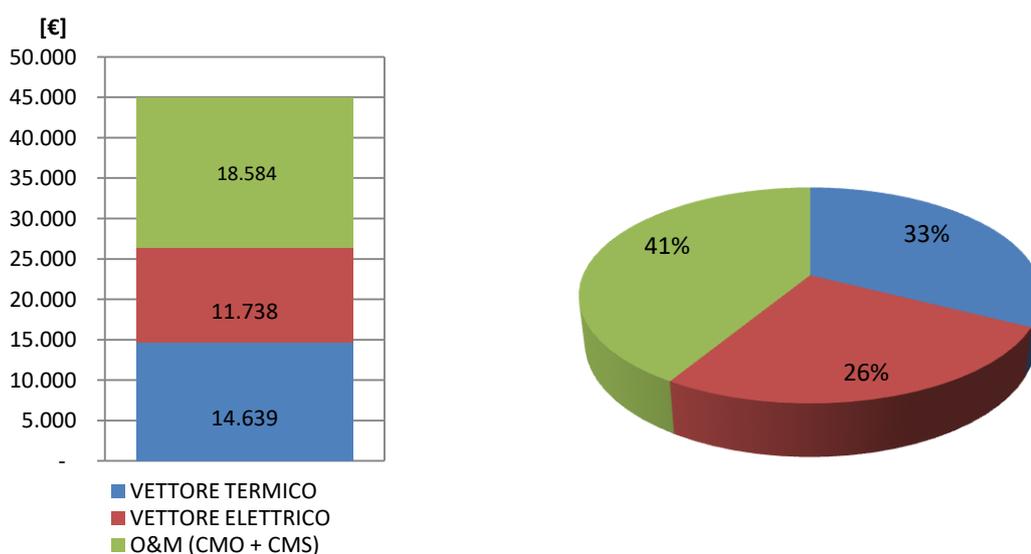
$$C_{baseline} = C_E + C_{MO} + C_{MS}$$

Ne risulta quindi un C_E pari a € 26.377 e un $C_{baseline}$ pari a € 44.961

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]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
186.353	0,079	14.639	61.919	0,190	11.738	18.584	14.682	3.903	44.961

Figura 7.5 – Baseline dei costi e loro ripartizione



8 IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA

8.1 DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI

8.1.1 Involucro edilizio

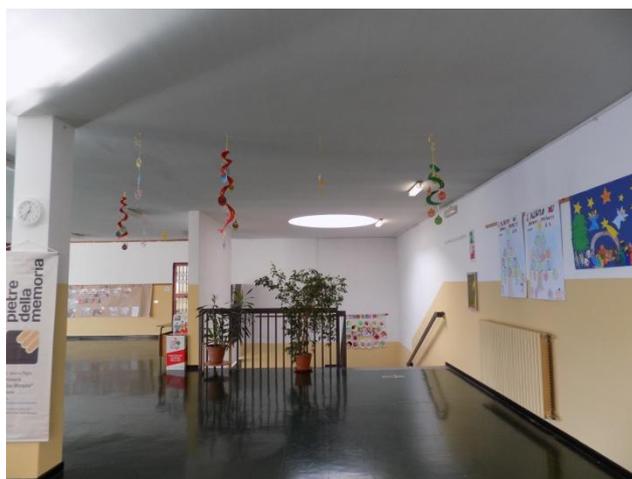
EEM1: Isolamento termico copertura

Generalità

La misura prevede l'isolamento termico del solaio di copertura tramite la stesura di un materassino in materiale isolante posato direttamente sul solaio e rivestito con uno strato di guaina bituminosa.

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

Figura 8.1 – Particolare interno scuola



Caratteristiche funzionali e tecniche

L'isolamento termico in estradosso del solaio di copertura sarà eseguito mediante feltro in lana di roccia a bassa densità. Di seguito un elenco di alcune caratteristiche:

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

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

Descrizione dei lavori

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

Prestazioni raggiungibili

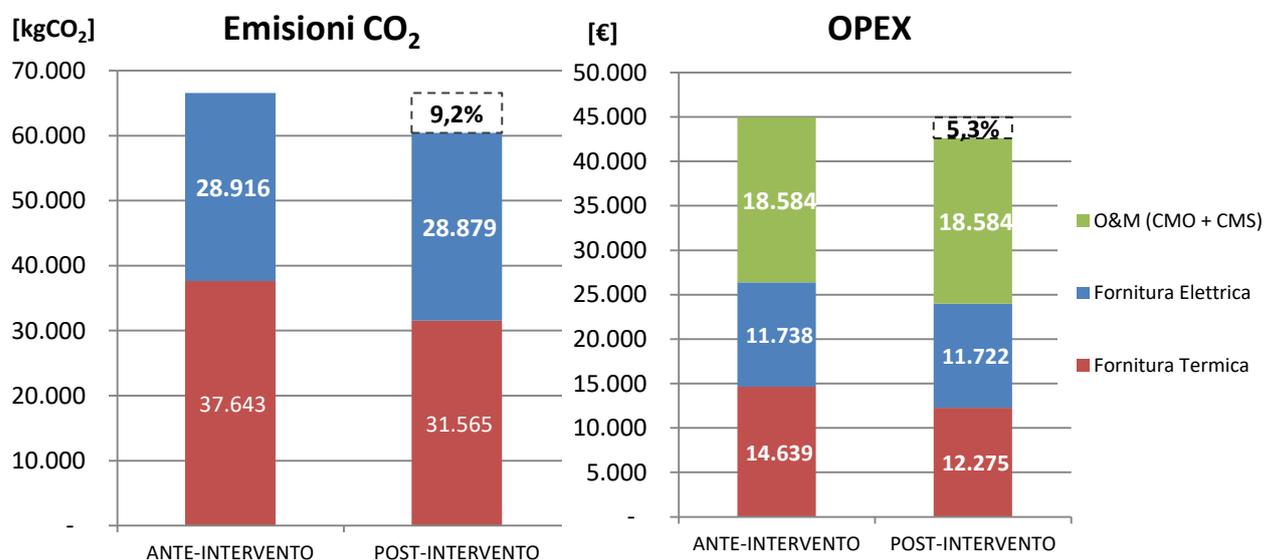
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM1 sono riportati nella Tabella 8.1 e nella Figura 8.2.

Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM1 – Isolamento termico copertura

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Trasmittanza termica	W/m ² K	1,611	0,199	87,6%
Q _{teorico}	[kWh]	185.530	155.573	16,1%
EE _{teorico}	[kWh]	59.884	59.806	0,1%
Q _{baseline}	[kWh]	186.353	156.264	16,1%
EE _{Baseline}	[kWh]	61.919	61.839	0,1%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	37.643	31.565	16,1%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	28.916	28.879	0,1%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	66.559	60.444	9,2%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	14.639	12.275	16,1%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	11.738	11.722	0,1%
Fornitura Energia, C_E	[€]	26.377	23.998	9,0%
C _{MO}	[€]	14.682	14.682	0,0%
C _{MS}	[€]	3.903	3.903	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	18.584	18.584	0,0%
OPEX	[€]	44.961	42.582	5,3%
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 8.2 – EEM1: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline

EEM2: Isolamento solai verso zone fredde

Generalità

La misura prevede l'isolamento termico dei solai a confine con zone fredde interne (seminterrati) ed esterne (aggetti) dell'edificio mediante la realizzazione di un placcaggio con un pannello isolante all'intradosso del solaio.

L'isolamento termico di un solaio ha i seguenti benefici diretti proporzionali al grado di isolamento e alla superficie di intervento: riduzione dei consumi energetici invernali ed estivi e migliori condizioni di comfort abitativo invernale ed estivo nei locali.

Figura 8.3 – Particolare piano calpestio confinante con ambienti non riscaldati



Caratteristiche funzionali e tecniche

L'isolamento termico del solaio di piano sarà eseguito mediante un pannello in lana di roccia. Di seguito un elenco di alcune caratteristiche:

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

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

Descrizione dei lavori

Dopo aver opportunamente pulito da impurità il piano di posa si procede alla posa, con continuità, di pannelli ben accostati tra loro a giunti sfalsati. Dopo aver terminato la posa dei pannelli si procede con la stesura della rete annegata in una doppia rasatura e la tinteggiatura finale.

Prestazioni raggiungibili

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

Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM2 – Isolamento piano di calpestio

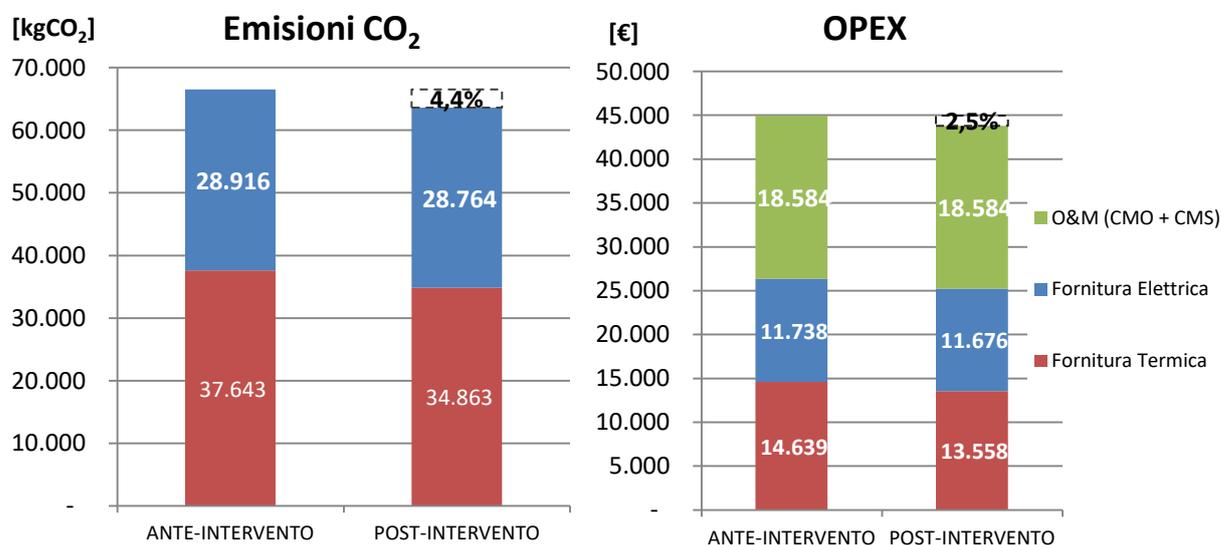
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Trasmittanza termica	W/m ² K	1,728	0,269	84,4%
Q _{teorico}	[kWh]	185.530	171.826	7,4%
EE _{teorico}	[kWh]	59.884	59.568	0,5%
Q _{baseline}	[kWh]	186.353	172.588	7,4%
EE _{Baseline}	[kWh]	61.919	61.593	0,5%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	37.643	34.863	7,4%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	28.916	28.764	0,5%

Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	66.559	63.627	4,4%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	14.639	13.558	7,4%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	11.738	11.676	0,5%
Fornitura Energia, C_E	[€]	26.377	25.234	4,3%
C _{MO}	[€]	14.682	14.682	0,0%
C _{MS}	[€]	3.903	3.903	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	18.584	18.584	0,0%
OPEX	[€]	44.961	43.818	2,5%
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 8.4 – EEM2: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



8.1.2 Impianto riscaldamento

EEM2: Installazione generatore di calore a condensazione

Generalità

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

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

Figura 8.5 – Particolare della centrale termica



Caratteristiche funzionali e tecniche

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

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

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

Descrizione dei lavori

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

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione della EEM3 sono riportati nella Tabella 8.5 e nella Figura 8.6.

Tabella 8.5 – Risultati analisi EEM3 – Installazione generatore di calore a condensazione

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM3 - Rendimento generatore	[-]	94	107	12,1%
$Q_{teorico}$	[kWh]	185.530	84.305	54,6%
$EE_{teorico}$	[kWh]	59.884	59.806	0,1%
$Q_{baseline}$	[kWh]	186.353	84.679	54,6%
$EE_{baseline}$	[kWh]	61.919	61.839	0,1%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	37.643	17.105	54,6%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	28.916	28.879	0,1%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	66.559	45.984	30,9%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	14.639	6.652	54,6%

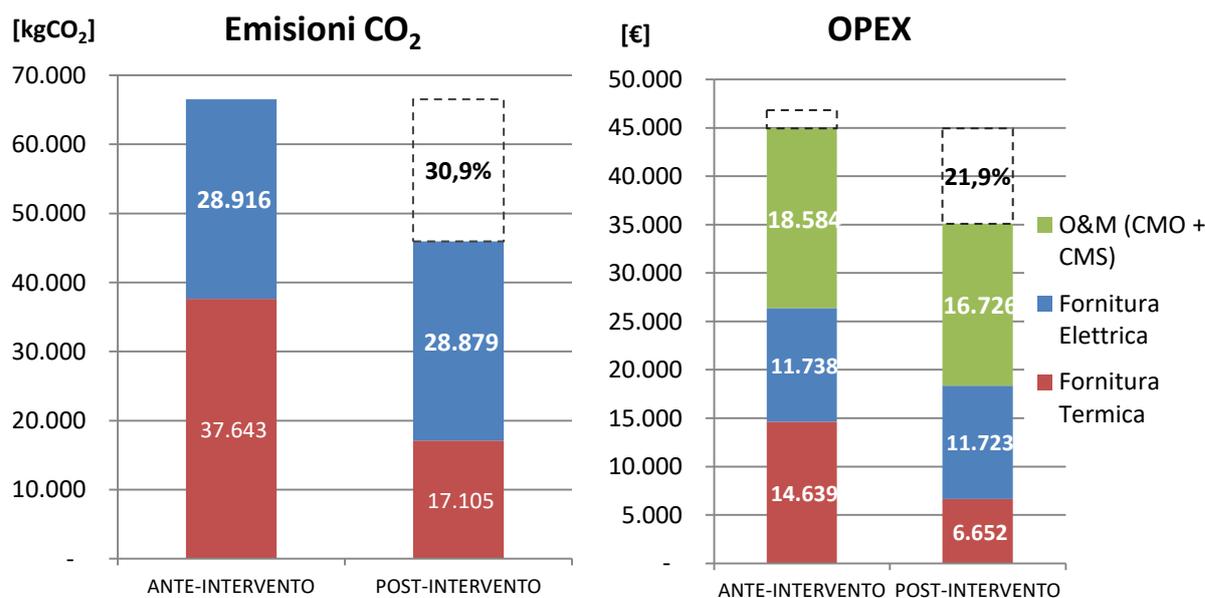
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	11.738	11.723	0,1%
Fornitura Energia, C_E	[€]	26.377	18.375	30,3%
C _{MO}	[€]	14.682	13.213	10,0%
C _{MS}	[€]	3.903	3.512	10,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	18.584	16.726	10,0%
OPEX	[€]	44.961	35.100	21,9%
Classe energetica	[-]	G	E	+2 classi

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,083 [€/kWh] per il vettore termico e 0,217 [€/kWh] per il vettore elettrico.

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

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: Installazione valvole termostatiche

Generalità

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

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

Figura 8.7 – Particolare terminali di emissione



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

Caratteristiche funzionali e tecniche

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

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

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 8.4 e nella Figura 8.8

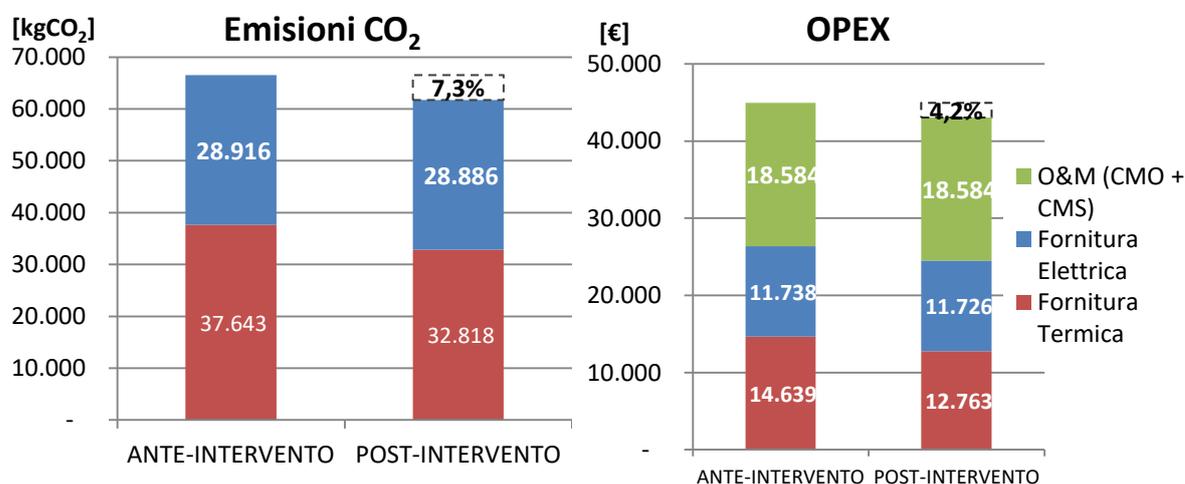
Tabella 8.4 – Risultati analisi EEM4 – Installazione valvole termostatiche

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM5 - Rendimento regolazione	[-]	86	91	5,5%
$Q_{teorico}$	[kWh]	185.530	161.749	12,8%
$EE_{teorico}$	[kWh]	59.884	59.822	0,1%
$Q_{baseline}$	[kWh]	186.353	162.467	12,8%
$EE_{baseline}$	[kWh]	61.919	61.855	0,1%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	37.643	32.818	12,8%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	28.916	28.886	0,1%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	66.559	61.705	7,3%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	14.639	12.763	12,8%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	11.738	11.726	0,1%
Fornitura Energia, C_E	[€]	26.377	24.488	7,2%
C_{MO}	[€]	14.682	14.682	0,0%
C_{MS}	[€]	3.903	3.903	0,0%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	18.584	18.584	0,0%
OPEX	[€]	44.961	43.073	4,2%
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: 0,083 [€/kWh] per il vettore termico e 0,217 [€/kWh] per il vettore elettrico.

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

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



EEM5: Installazione circolatori a giri variabili

Generalità

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

Portata, prevalenza e diametro di allaccio saranno verificate e confermate dalle condizioni idrostatiche di lavoro dell'attuale rete di distribuzione.

Figura 8.9 – Particolare pompe di circolazione



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

Caratteristiche funzionali e tecniche

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

Descrizione dei lavori

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

Prestazioni raggiungibili

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

Tabella 8.5 – Risultati analisi EEM5 – Installazione pompa inverter

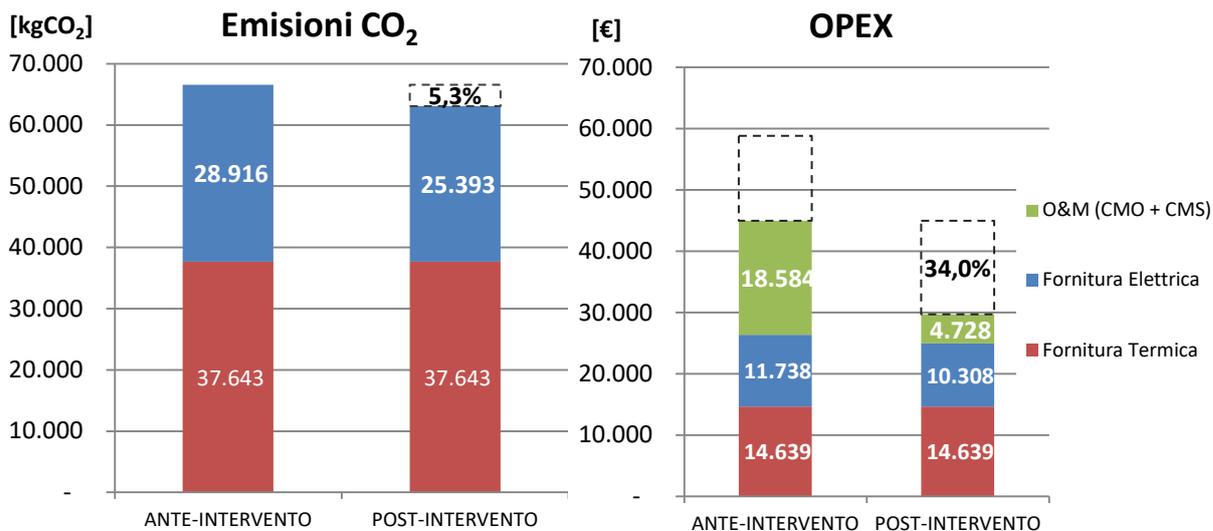
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM4 - assorbimento elettrico	[W]	2981	450	84,9%
$Q_{teorico}$	[kWh]	185.530	185.530	0,0%
$EE_{teorico}$	[kWh]	59.884	52.588	12,2%
$Q_{baseline}$	[kWh]	186.353	186.353	0,0%
$EE_{baseline}$	[kWh]	61.919	54.375	12,2%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	37.643	37.643	0,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	28.916	25.393	12,2%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	66.559	63.037	5,3%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	14.639	14.639	0,0%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	11.738	10.308	12,2%
Fornitura Energia, C_E	[€]	26.377	24.947	5,4%
C_{MO}	[€]	14.682	4.228	71,2%
C_{MS}	[€]	3.903	500	87,2%

O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	18.584	4.728	74,6%
OPEX	[€]	44.961	29.675	34,0%
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: 0,083 [€/kWh] per il vettore termico e 0,217 [€/kWh] per il vettore elettrico.

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

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



8.1.3 Impianto produzione acqua calda sanitaria

Si fa presente che per l'edificio in esame il fabbisogno di ACS è molto ridotto per cui non risulterebbe economicamente conveniente intraprendere misure di efficienza in tali direzioni.

8.1.4 Impianto di illuminazione ed impianto elettrico

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

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

9 VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA

9.1 ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

EEM1: Isolamento copertura

Nella Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 1, che consiste nella realizzazione di un isolamento della copertura del fabbricato come descritto nel paragrafo dedicato.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati come di seguito descritto: 40% dell'ammontare complessivo del costo dell'intervento.

Tabella 9.1 – Analisi dei costi della EEM1 – Isolamento copertura

DESCRIZIONE	FRONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/mq]	[€]	[€]	[€]
Pannello in lana di vetro da 8 cm	Liguria 2017	1500	€/mq	11,943	17.914,50 €	3.941,19 €	21.855,69 €
Posa di pannello isolante 1	Liguria 2017	1500	€/mq	4,221	6.331,50 €	1.392,93 €	7.724,43 €
Pannello in lana di vetro da 6 cm	Liguria 2017	1500	€/mq	9,747	14.620,50 €	3.216,51 €	17.837,01 €
Posa di pannello isolante 2	Liguria 2017	1500	€/mq	4,221	6.331,50 €	1.392,93 €	7.724,43 €
Guaina bituminosa	Milano	1500	€/mq	22,18	33.270,00 €	7.319,40 €	40.589,40 €
Posa di guaina bituminosa	Liguria 2017	1500	€/mq	10,467	15.700,50 €	3.454,11 €	19.154,61 €
Costi per la sicurezza					2.825,06 €	621,51 €	3.446,57 €
Costi per la progettazione					6.591,80 €	1.450,19 €	8.041,99 €
TOTALE (I₀)					103.585,35 €	22.788,78 €	126.374,13 €
Incentivi	[Conto termico]					€	50.550
Durata incentivi						Anni	5
Incentivo annuo						€/Anno	10.110

EEM2: Isolamento solai verso zone fredde

Nella Tabella 9.2 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 2, che consiste nella realizzazione di un isolamento del piano di calpestio di solai confinanti con ambienti non riscaldati come descritto nel paragrafo dedicato.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati come di seguito descritto: 40% dell'ammontare complessivo del costo dell'intervento.

Tabella 9.2 – Analisi dei costi della EEM2 – Isolamento piano di calpestio

DESCRIZIONE	FRONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/mq]	[€]	[€]	[€]
Fornitura di pannello in lana di roccia 10cm	Liguria 2017	1100	€/mq	14,337	15.770,70 €	3.469,55 €	19.240,25 €
Posa in opera di pannello isolante	Liguria 2017	1100	€/mq	4,221	4.643,10 €	1.021,48 €	5.664,58 €
Tonachino esterno	Liguria 2017	1100	€/mq	21,132	23.245,20 €	5.113,94 €	28.359,14 €
Tinteggiatura	Liguria 2017	1100	€/mq	5,562	6.118,20 €	1.346,00 €	7.464,20 €
Costi per la sicurezza					1.493,32 €	328,53 €	1.821,85 €
Costi per la progettazione					3.484,40 €	766,57 €	4.250,97 €
TOTALE (I₀)					54.754,92 €	12.046,08 €	66.801,00 €

Incentivi	[Conto termico]	€	26.720
Durata incentivi		Anni	5
Incentivo annuo		€/Anno	5.344

EEM3: Installazione generatore di calore a condensazione

Nella Tabella 9.3 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 3, che consiste nella sostituzione degli attuali generatori di calore con altri modulari a condensazione come descritto nel paragrafo dedicato.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati come di seguito descritto: 40% dell'ammontare complessivo del costo dell'intervento.

Tabella 9.3 – Analisi dei costi della EEM3 – Installazione generatore di calore a condensazione

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO [€/n° o €/m ²]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
Rimozione vecchio generatore	CCIAA RE	2	cad	3660,525	7.321,05 €	1.610,63 €	8.931,68 €
Posa in opera di caldaia a condensazione	Liguria 2017	4	cad	299,196	1.196,78 €	263,29 €	1.460,08 €
Caldaia a condensazione da 150 kW	Liguria 2017	3	cad	8027,325	24.081,98 €	5.298,03 €	29.380,01 €
Caldaia a condensazione da 88 kW	Liguria 2017	1	cad	5387,949	5.387,95 €	1.185,35 €	6.573,30 €
Costi per la sicurezza					1.139,63 €	250,72 €	1.390,35 €
Costi per la progettazione					2.659,14 €	585,01 €	3.244,15 €
TOTALE (I₀)					41.786,53 €	9.193,04 €	50.979,57 €
Incentivi	[Conto termico]					€	20.392
Durata incentivi						Anni	5
Incentivo annuo						€/Anno	4.078

EEM4: Installazione valvole termostatiche

Nella Tabella 9.4 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 4, che consiste nella installazione di valvole termostatiche ai terminali di emissione come descritto nel paragrafo dedicato.

Tabella 9.4 – Analisi dei costi della EEM4 – Installazione 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	127	cad	37,233	4.728,59 €	1.040,29 €	5.768,88 €
Costi per la sicurezza					141,86 €	31,21 €	173,07 €
Costi per la progettazione					331,00 €	72,82 €	403,82 €
TOTALE (I₀)					5.201,45 €	1.144,32 €	6.345,77 €

EEM5: Installazione circolatori con giri variabili

Nella Tabella 9.5 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 5, che consiste nella installazione di valvole termostatiche ai terminali di emissione come descritto nel paragrafo dedicato.

Tabella 9.5 – Analisi dei costi della EEM5 – Installazione circolatori con giri variabili

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO [€/n° o €/m ²]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
-------------	-------------------------	----------	------	---	-----------------------------	------------	-----------------------------

Posa in opera di nuovo circolatore	Liguria 2017	3	cad	45,054	135,16 €	29,74 €	164,90 €
Fornitura di circolatore inverter DN40 gemellare	Liguria 2017	1	cad	1724,832	1.724,83 €	379,46 €	2.104,30 €
Fornitura di circolatore inverter DN50 gemellare	Liguria 2017	2	cad	1828,143	3.656,29 €	804,38 €	4.460,67 €
Costi per la sicurezza					165,49 €	36,41 €	201,90 €
Costi per la progettazione					386,14 €	84,95 €	471,09 €
TOTALE (I₀)					6.067,91 €	1.334,94 €	7.402,85 €

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 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 copertura

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE	
Investimento Iniziale	I_0	€	126.374
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	30
Incentivo annuo	B	€/anno	10.110
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	43,0	24,9
Tempo di rientro attualizzato	TRA	65,5	37,3
Valore attuale netto	VAN	- 70.540	- 25.532
Tasso interno di rendimento	TIR	-2,6%	1,0%
Indice di profitto	IP	-0,56	-0,20

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

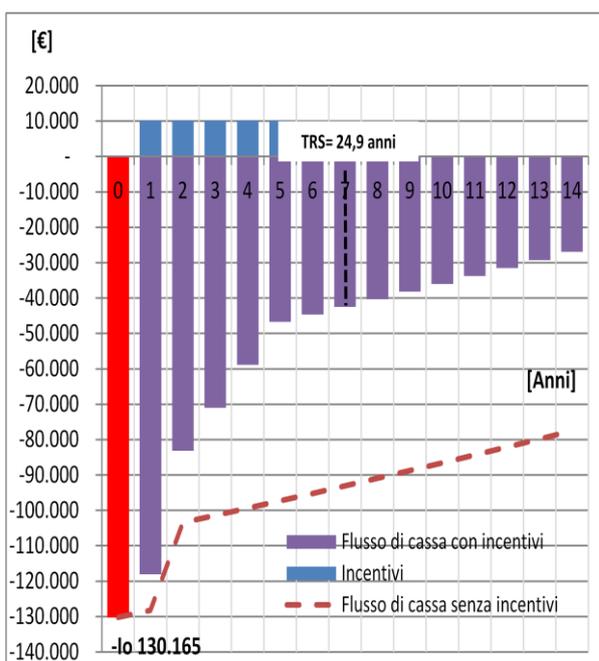
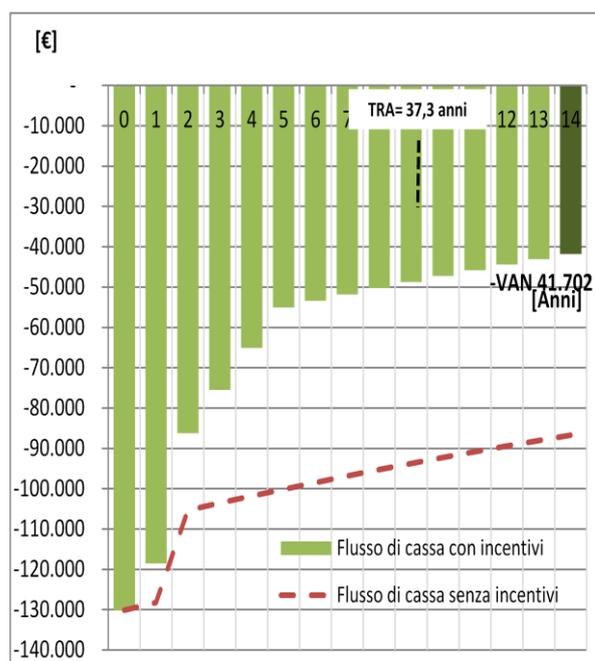


Figura 9.2 – EEM1: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento non risulta economicamente conveniente anche in presenza degli incentivi previsti e calcolati come specificato nel paragrafo dedicato.

EEM2: Isolamento solai verso zone fredde

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– Isolamento piano di calpestio

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€ 66.801
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%] 3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%] 22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni 3
Vita utile	n	anni 30
Incentivo annuo	B	€/anno 5.344
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 46,2	27,0
Tempo di rientro attualizzato	TRa 69,6	38,6
Valore attuale netto	VAN - 39.142	15.351
Tasso interno di rendimento	TIR -3,1%	0,4%
Indice di profitto	IP -0,59	-0,23

I flussi di cassa rappresentativi dell’analisi sono riportati nelle Figura 9.2 e Figura 9.3

Figura 9.2 –EEM2: Flussi di Cassa, con e senza incentivi

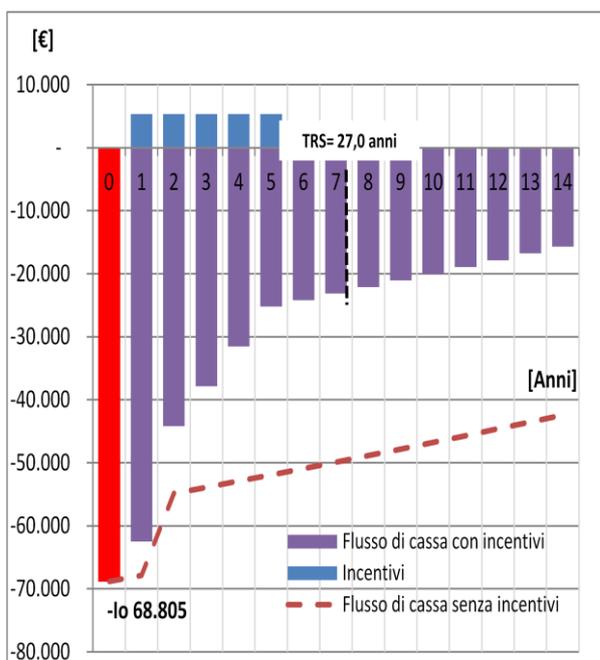
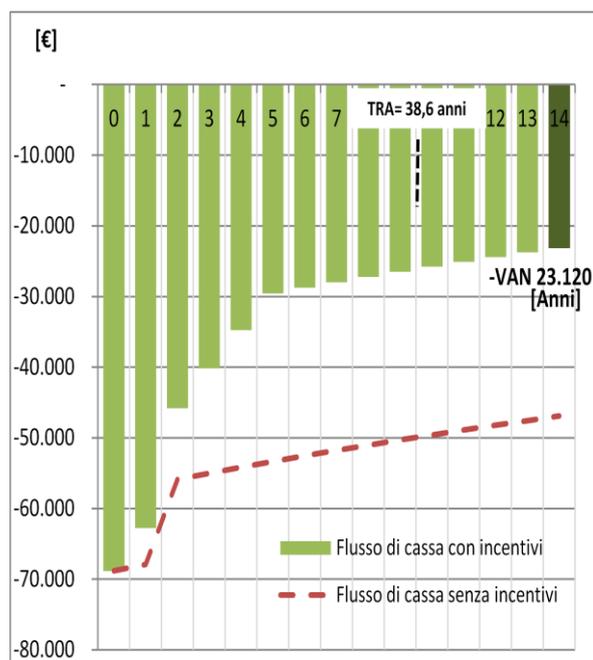


Figura 9.3 – EEM2: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento non risulta economicamente conveniente anche in presenza degli incentivi previsti e calcolati come specificato nel paragrafo dedicato.

EEM3: Installazione generatore 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– Installazione generatore a condensazione

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€ 50.980
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 4.078
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 5,3	3,6
Tempo di rientro attualizzato	TRA 6,2	3,9
Valore attuale netto	VAN 47.949	66.105
Tasso interno di rendimento	TIR 16,5%	22,9%
Indice di profitto	IP 0,94	1,30

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

Figura 9.4 –EEM3: Flussi di Cassa, con e senza incentivi

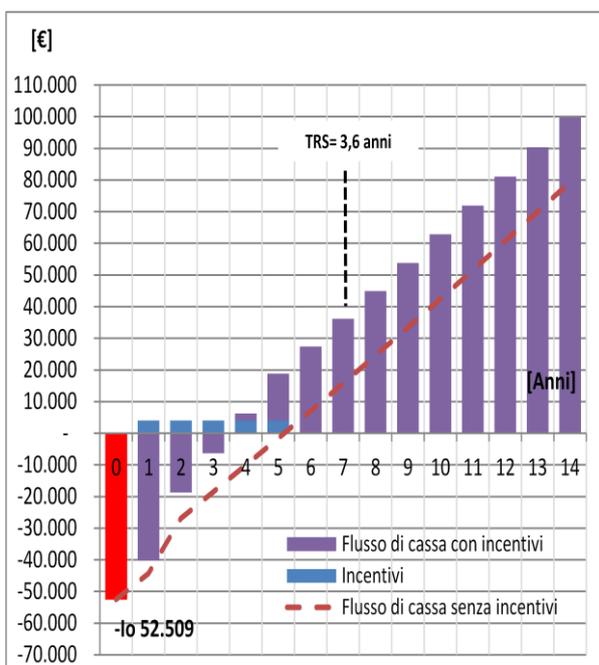
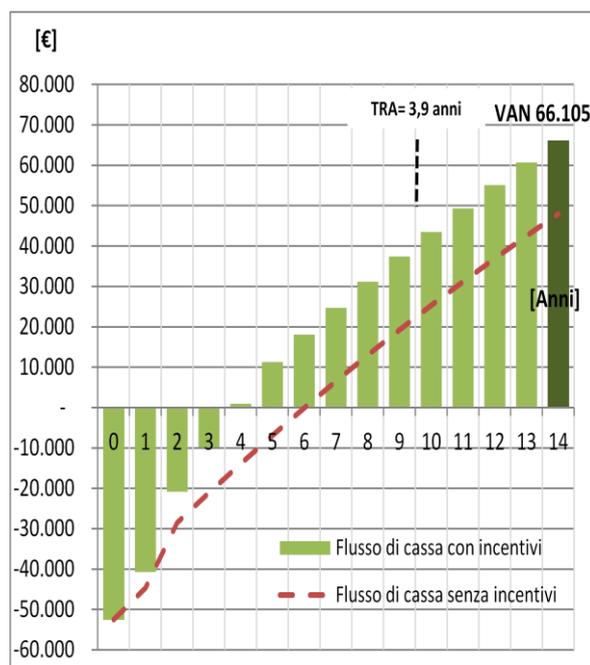


Figura 9.5 – EEM3: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento risulta economicamente conveniente con e senza gli incentivi previsti e calcolati come specificato nel paragrafo dedicato.

EEM4: Installazione 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– Installazione valvole termostatiche

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€ 6.346
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%] 3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%] 22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni 3
Vita utile	n	anni 15
Incentivo annuo	B	€/anno -
Durata incentivo	n_B	anni 5
Tasso di attualizzazione	i	[%] 3,5%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO	VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	3,5 -
Tempo di rientro attualizzato	TRA	3,8 -
Valore attuale netto	VAN	12.293 -
Tasso interno di rendimento	TIR	27,0% -
Indice di profitto	IP	1,94 -

I flussi di cassa rappresentativi dell'analisi sono riportati nelle Figura 9.6 e Figura 9.7

Figura 9.6–EEM4: Flussi di Cassa, con e senza incentivi

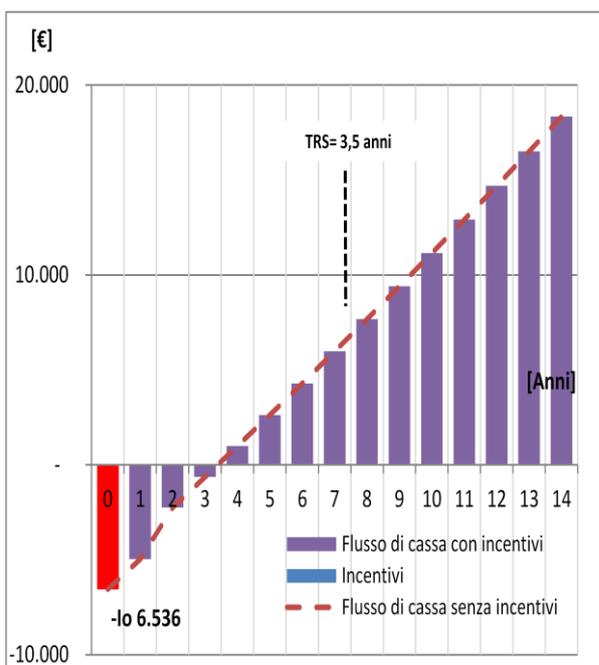
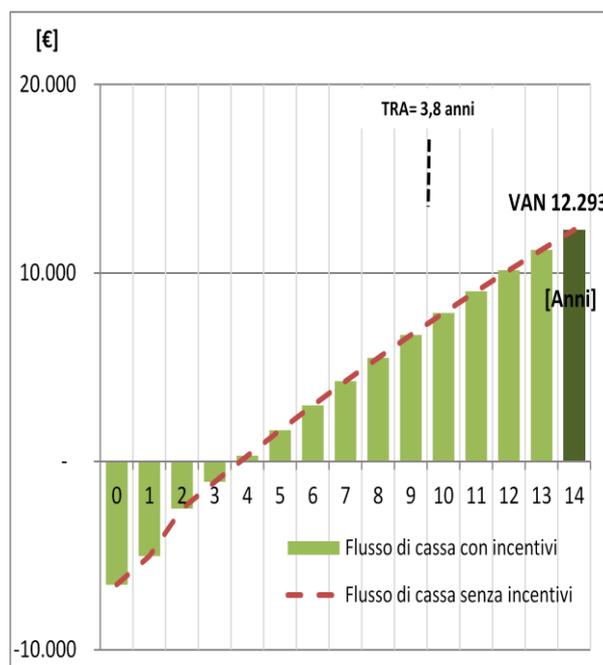


Figura 9.7 – EEM4: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



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

EEM5: Installazione circolatori con giri variabili

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– Installazione circolatori con giri variabili

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€ 7.403
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%] 3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%] 22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni 3
Vita utile	n	anni 15
Incentivo annuo	B	€/anno -
Durata incentivo	n_B	anni 5
Tasso di attualizzazione	i	[%] 3,5%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO	VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	0,6 -
Tempo di rientro attualizzato	TRA	0,6 -
Valore attuale netto	VAN	131.241 -
Tasso interno di rendimento	TIR	169,9% -
Indice di profitto	IP	17,73 -

I flussi di cassa rappresentativi dell’analisi sono riportati nelle Figura 9.8 e Figura 9.9

Figura 9.8–EEM5: Flussi di Cassa, con e senza incentivi

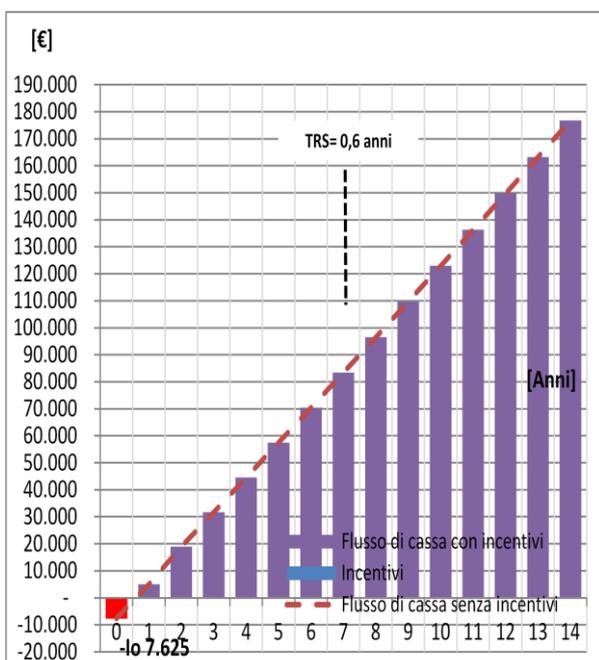
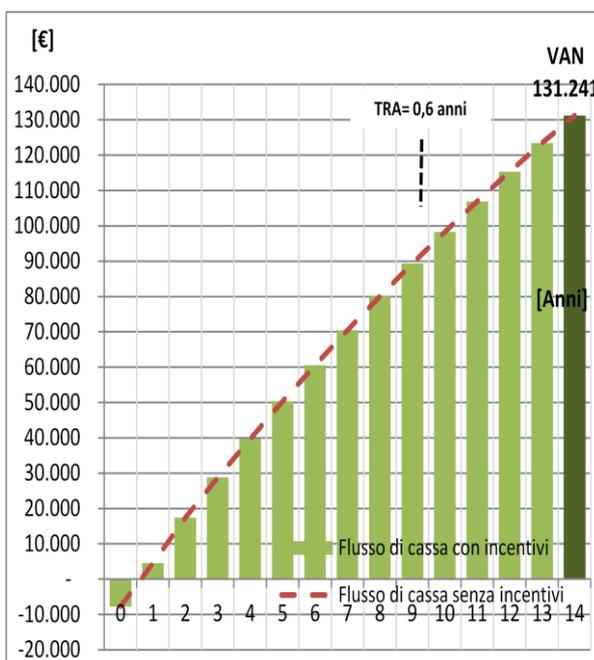


Figura 9.9 – EEM5: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



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

Sintesi

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

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

	SENZA INCENTIVI											
	% 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	9,2	9,2	2 379	-	-	126 374	43,0	24,9	30	-70.540	-2,6	-0,56
EEM 2	4,4	4,4	1 143	-	-	66 801	46,2	69,6	30	-39.142	-3,1	-0,59
EEM 3	30,9	30,9	8 002	1 468	390	50 980	5,3	6,2	15	47.949	16,5	0,94
EEM 4	7,3	7,3	1 889	-	-	6 346	3,5	3,8	15	12 293	27,0	1,94
EEM 5	5,3	5,3	1 430	-	-	7 403	0,6	0,6	15	131 241	169,9	17,73

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 e che l'indice di profitto maggiore è presentato dall'installazione di circolatori con giri variabili.

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	9,2	9,2	2 379	-	-	126 374	24,9	37,3	30	- 25 532	1,0	-0,20
EEM 2	4,4	4,4	1 143	-	-	66 801	27,0	38,6	30	- 15 351	0,4	-0,23
EEM 3	30,9	30,9	8 002	1 468	390	50 980	3,6	3,9	15	66 105	22,9	1,30
EEM 4	7,3	7,3	1 889	-	-	6 346	3,5	3,8	15	12 293	27,0	1,94
EEM 5	5,3	5,3	1 430	-	-	7 403	0,6	0,6	15	131 241	169,9	17,73

Dall'analisi dei risultati emerge che non tutti gli interventi proposti sono economicamente convenienti e che l'unico intervento che presenta una differenza rilevante dovuta alla presenza dell'incentivo è l'EEM3.

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

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

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

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

- Scenario ottimale 1, (SCN1), per il quale è 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 n-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.

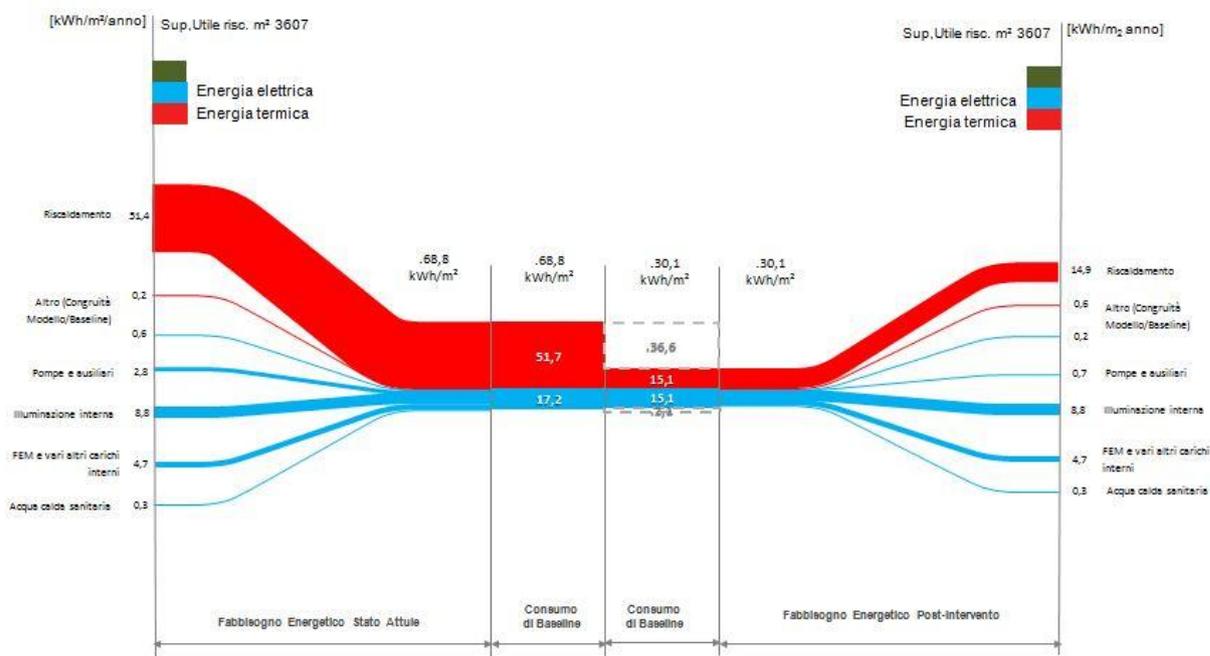
Infine, si è proceduto all'identificazione dell'eventuale canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale attraverso la partecipazione di ESCO secondo lo schema di *Energy Performance Contract* (EPC).

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: ISOLAMENTO SOLAI VERSO AMBIENTI FREDDI E IMPIANTO TERMICO:** Tale scenario consiste nella realizzazione di isolamento dei solai che confinano verso zone fredde interne (ambienti seminterrati) o esterne (aggetti dell'edificio), installazione generatore di calore modulare a condensazione, installazione di valvole termostatiche sui terminali di emissione e installazione di circolatori con giri variabili (EEM2+3+4+5).
- **Scenario 2: ISOLAMENTO COPERTURA E SOLAI VERSO AMBIENTI FREDDI, IMPIANTO TERMICO:** Tale scenario consiste nella realizzazione di tutti gli EEM proposti: isolamento termico della copertura, isolamento dei solai verso ambienti freddi, installazione generatore di calore modulare a condensazione, installazione di valvole termostatiche sui terminali di emissione e installazione di circolatori con giri variabili (EEM1+2+3+4+5).

Dall’analisi dei diagrammi di Sankey relativo al fabbisogno termico dell’edificio post intervento è possibile notare che il fabbisogno ideale del sistema edificio-impianto è diminuito. Inoltre sono notevolmente diminuite le perdite di generazione le quali presentano un segno positivo (energia entrante) dovute al sistema a generazione.

Figura 9.11 – 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 9.12

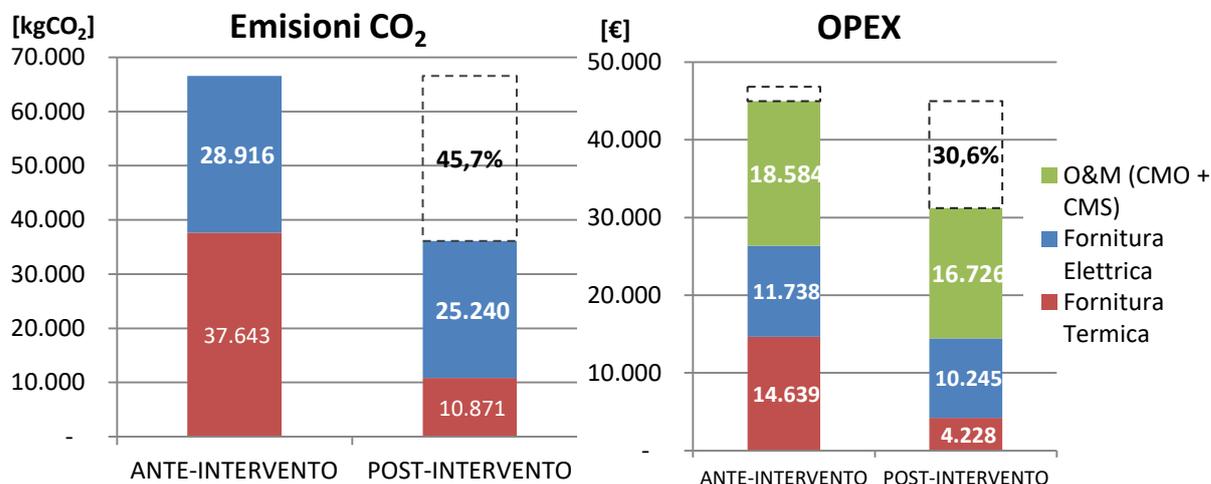
Tabella 9.14 – Risultati analisi SCN1 – ISOLAMENTO SOLAI VERSO ZONE FREDE E IMPIANTO TERMICO

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM2 - Trasmittanza termica	[W/m²K]	1,728	0,269	84,4%
EEM3 - Rendimento generatore	[-]	94	107	12,1%
EEM4 - Rendimento di regolazione	[-]	86	91	5,5%
EEM5 - Potenza assorbita	[W]	2981	450	84,9%
$Q_{teorico}$	[kWh]	185.530	53.581	71,1%
$EE_{teorico}$	[kWh]	59.884	52.270	12,7%
$Q_{baseline}$	[kWh]	186.353	53.819	71,1%
$EE_{baseline}$	[kWh]	61.919	54.047	12,7%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	37.643	10.871	71,1%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	28.916	25.240	12,7%
Emiss. CO2 Totale	[kgCO₂]	66.559	36.111	45,7%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	14.639	4.228	71,1%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	11.738	10.245	12,7%
Fornitura Energia, C_E	[€]	26.377	14.473	45,1%
Costo Manutenzione Ordinaria, C_{MO}	[€]	14.682	13.213	10,0%
Costo Manutenzione Straordinaria, C_{MS}	[€]	3.903	3.512	10,0%

Costo per O&M ($C_M = C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	18.584	16.726	10,0%
OPEX	[€]	44.961	31.199	30,6%
Classe energetica	[-]	G	E	+2 classi

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

Figura 9.12 - SCN1: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



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

Tabella 9.15 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN1– ISOLAMENTO PAVIMENTO E IMPIANTO TERMICO

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	n_i	1
Anni Gestione Servizio	n_s	14
Anni Concessione	n	15
Anno inizio Concessione	n_0	2020
Anni dell'ammortamento	n_A	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	k_{CdP}	2,00%
Costo Capitale Azienda	WACC	4,00%
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CdP})$	$k_{progetto}$	4,00%
Inflazione ISTAT	f	0,50%
deriva dell'inflazione	f'	0,70%
%, interessi debito	k_D	3,82%
%, interessi equity	k_E	9,00%
Aliquota IRES	IRES	24,0%
Aliquota IRAP	IRAP	3,9%
Aliquota fiscale	τ	27,90%
Anni debito (finanziamento)	n_D	10
Anni Equity	n_E	14
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_0	€ 131.529
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 3.946
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 135.475

%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I _D	€ 108.380
Equity	I _E	€ 27.095
Fattore di annualità Debito	FA _D	8,30
Rata annua debito	q _D	€ 13.055
Costo finanziamento,(D+INT _D)	q _D *n _D	€ 130.550
Costi per interessi debito, INT _D	INT _D =q _D *n _D -D	€ 22.170

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

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C _{E0}	€ 21.620
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C _{M0}	€ 12.593
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	C _{Baseline}	€ 34.213
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C _{Altro}	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	%ΔC _E	45,1%
Riduzione% costi O&M	%ΔC _M	10,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	%C _{Baseline}	5,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€ 9.446
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€ 1.711
Risparmio PA durante la concessione	14%	€ 79.311
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€ 13.174
N° di Canoni annuali	anni	14
Utile lordo della ESCO	%CAPEX	29,63%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C _{ESCO}	€ 2.867
Costi FTT €/anno IVA escl.	C _{FTT}	€ 1.584
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C _{CAPEX}	€ 3.285
Canone O&M €/anno	CnM	€ 11.768
Canone Energia €/anno	CnE	€ 12.999
Canone Servizi €/anno IVA escl.	CnS	€ 24.767
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	CnD	€ 7.736
Canone Totale €/anno IVA escl.	Cn	€ 32.502
Aliquota IVA %	IVA	22%
Rimborso erariale IVA	R _{IVA}	€ 23.718
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R _B	€ 65.765
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.	6,74
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	8,94
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€ 26.778
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC	8,19%
Indice di Profitto	IP	20,36%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	2,82
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	3,20

Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€ 20.323
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke	36,80%
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3	1,230
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1	1,150
Indice di Profitto Azionista	IP	15,45%

Figura 9.13 –SCN1: Flussi di cassa del progetto

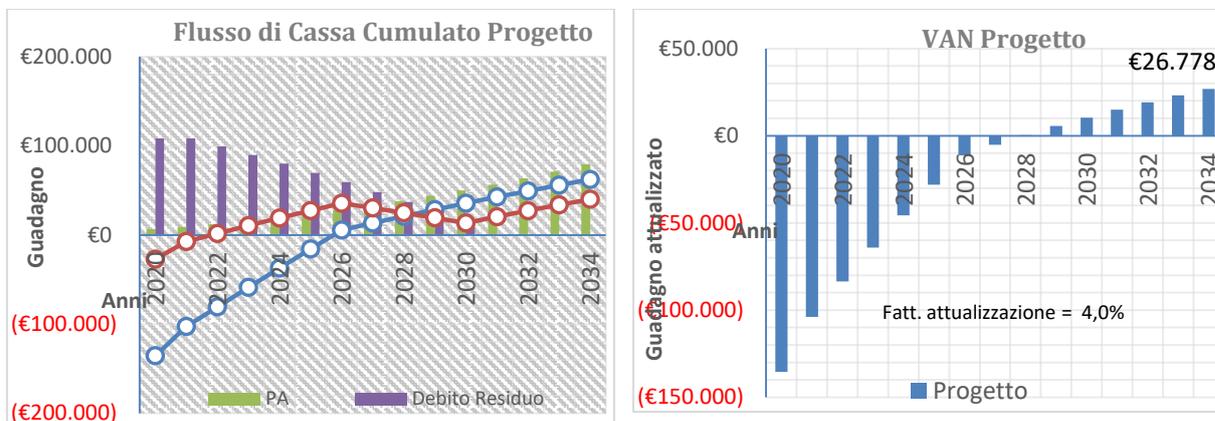
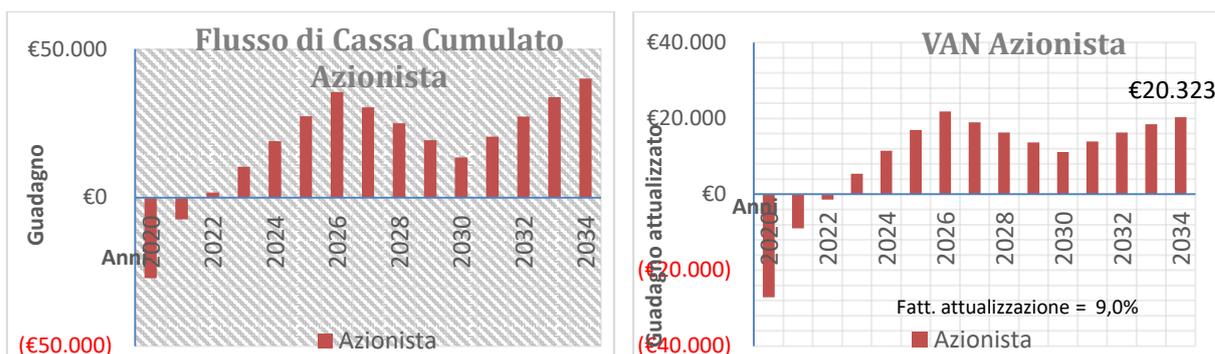
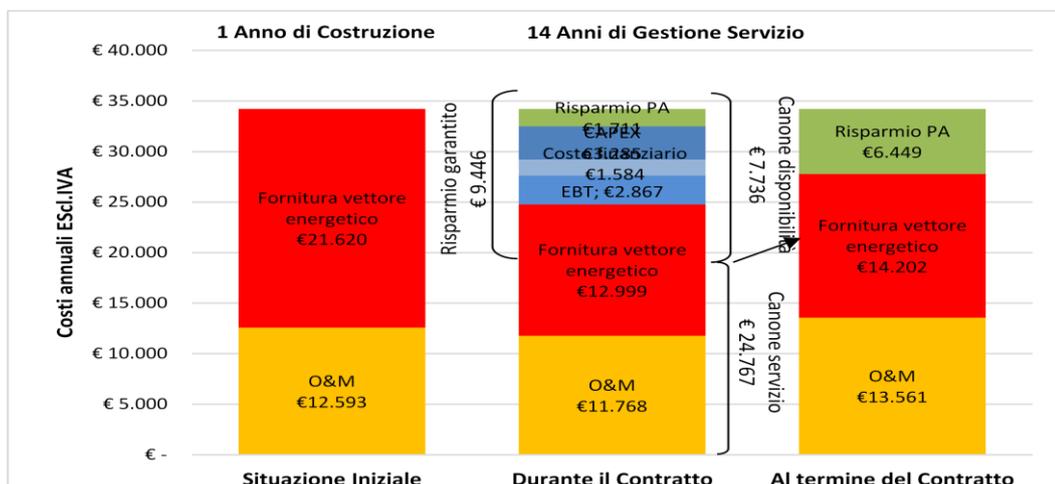


Figura 9.14 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



Infine si è provveduto all’identificazione del possibile canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale con incentivi attraverso la partecipazione di ESCO secondo lo schema di EPC descritto in Figura 9.15.

Figura 9.15– Scenario 1: Schema di Energy Performance Contract



9.3.2 Scenario 2: INVOLUCRO E IMPIANTO

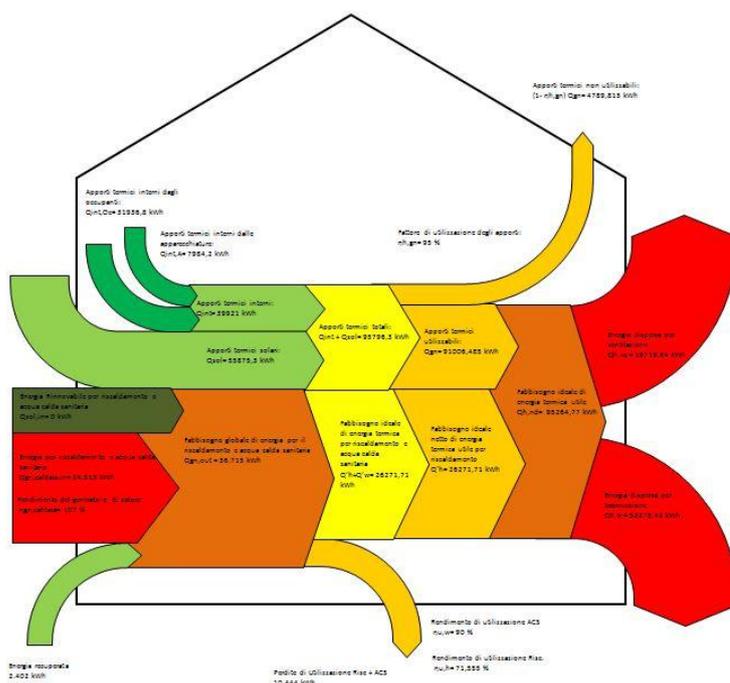
La realizzazione dello scenario 1 consiste nella combinazione delle EEM di seguito elencate:

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	94.168,50 €	20.717,07 €	114.885,57 €
EEM2 Fornitura & Posa	49.777,20 €	10.950,98 €	60.728,18 €
EEM3 Fornitura & Posa	37.987,76 €	8.357,31 €	46.345,06 €
EEM4 Fornitura & Posa	4.728,59 €	1.040,29 €	5.768,88 €
EEM5 Fornitura & Posa	5.516,28 €	1.213,58 €	6.729,86 €
Costi per la sicurezza	5.765,35 €	1.268,38 €	7.033,73 €
Costi per la progettazione	13.452,48 €	2.959,55 €	16.412,03 €
TOTALE (I₀)	211.396,16 €	46.507,16 €	257.903,32 €
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO} (IVA INCLUSA) [€]	C _{MS} (IVA INCLUSA) [€]	C _M (IVA INCLUSA) [€]
EEM1 O&M	14.681,52 €	3.902,68 €	18.584,20 €
EEM2 O&M	14.681,52 €	3.902,68 €	18.584,20 €
EEM3 O&M	13.213,37 €	3.512,41 €	16.725,78 €
EEM4 O&M	14.681,52 €	3.902,68 €	18.584,20 €
EEM5 O&M	4.228,00 €	500,00 €	4.728,00 €
TOTALE (C_M)	13.213,37 €	3.512,41 €	16.725,78 €
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]	
Incentivi	Conto termico	128.951,66	€
Durata incentivi		5	Anni
Incentivo annuo		25.790,33	€/Anno

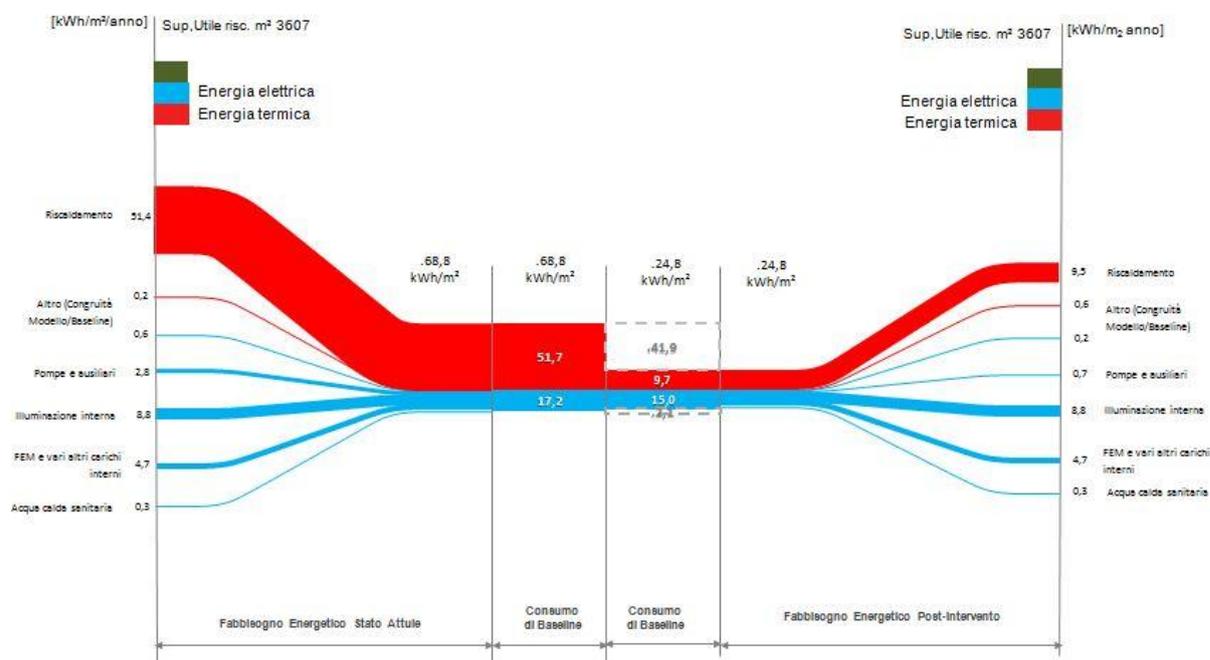
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di sankey relativo alle situazioni post-intervento.

Figura 9.16 – SCN2: Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico post intervento



Dall’analisi dei diagrammi di Sankey relativo al fabbisogno termico dell’edificio post intervento è possibile notare che il fabbisogno ideale del sistema edificio-impianto è diminuito. Inoltre sono notevolmente diminuite le perdite di generazione le quali presentano un segno positivo (energia entrante) dovute al sistema a generazione.

Figura 9.17 – SCN2: Bilancio energetico complessivo dell’edificio post intervento



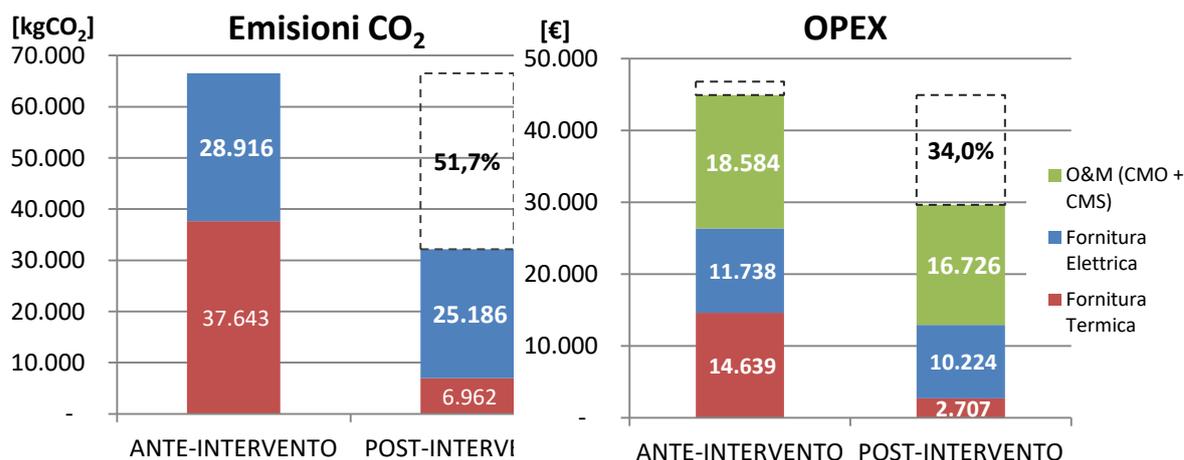
I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione dello Scenario 2 sono riportati nella Tabella 9.19 e nella Figura 9.18

Tabella 9.19 – Risultati analisi SCN2 – ISOLAMENTO COPERTURA E SOLAI VERSO AMBIENTI FREDDI, IMPIANTO TERMICO

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM1 - Trasmittanza termica	[W/m ² K]	1,611	0,199	87,6%
EEM2 - Trasmittanza termica	[W/m ² K]	1,728	0,269	84,4%
EEM3 - Rendimento generatore	[-]	94	107	12,1%
EEM4 - Rendimento di regolazione	[-]	86	91	5,5%
EEM5 - Potenza assorbita	[W]	2981	450	84,9%
Q _{teorico}	[kWh]	185.530	34.313	81,5%
EE _{teorico}	[kWh]	59.884	52.159	12,9%
Q _{baseline}	[kWh]	186.353	34.465	81,5%
EE _{baseline}	[kWh]	61.919	53.932	12,9%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	37.643	6.962	81,5%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	28.916	25.186	12,9%
Emiss. CO2 Totale	[kgCO₂]	66.559	32.148	51,7%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	14.639	2.707	81,5%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	11.738	10.224	12,9%
Fornitura Energia, C_E	[€]	26.377	12.931	51,0%

Costo Manutenzione Ordinaria, C_{MO}	[€]	14.682	13.213	10,0%
Costo Manutenzione Straordinaria, C_{MS}	[€]	3.903	3.512	10,0%
Costo per O&M ($C_M = C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	18.584	16.726	10,0%
OPEX	[€]	44.961	29.657	34,0%
Classe energetica	[-]	G	E	+2 classi

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

 Figura 9.18 – SCN2: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline


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

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

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	€ 257.903
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 7.737

Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 265.640
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€ 212.512
Equity	I_E	€ 53.128
Fattore di annualità Debito	FA_D	8,30
Rata annua debito	q_D	€ 25.598
Costo finanziamento,(D+INT _D)	q_D*n_D	€ 255.983
Costi per interessi debito, INT _D	INT_D=q_D*n_D-D	€ 43.471

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

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€ 21.620
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€ 12.593
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	C_{Baseline}	€ 34.213
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	%ΔC_E	51,0%
Riduzione% costi O&M	%ΔC_M	10,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	%C_{Baseline}	2,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€ 9.698
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€ 684
Risparmio PA durante la concessione	14%	€ 157.954
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€ 16.568
N° di Canoni annuali	anni	23
Utile lordo della ESCO	%CAPEX	27,73%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	€ 3.203
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€ 1.890
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€ 3.921
Canone O&M €/anno	CnM	€ 12.100
Canone Energia €/anno	CnE	€ 12.415
Canone Servizi €/anno IVA escl.	CnS	€ 24.515
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	CnD	€ 9.014
Canone Totale €/anno IVA escl.	Cn	€ 33.529
Aliquota IVA %	IVA	22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€ 46.507
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€ 128.952
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 = I ₀ / FC, Anni	T.R.S.	10,59
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	18,09
Valore Attuale Netto, VAN = VA - I ₀	VAN > 0	€ 22.295
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC	5,34%
Indice di Profitto	IP	8,64%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = I ₀ / FC, Anni	T.R.S.	10,13

Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	18,24
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€ 7.321
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke	11,94%
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3	1,046
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1	1,209
Indice di Profitto Azionista	IP	2,84%

Figura 9.19 –SCN2: Flussi di cassa del progetto

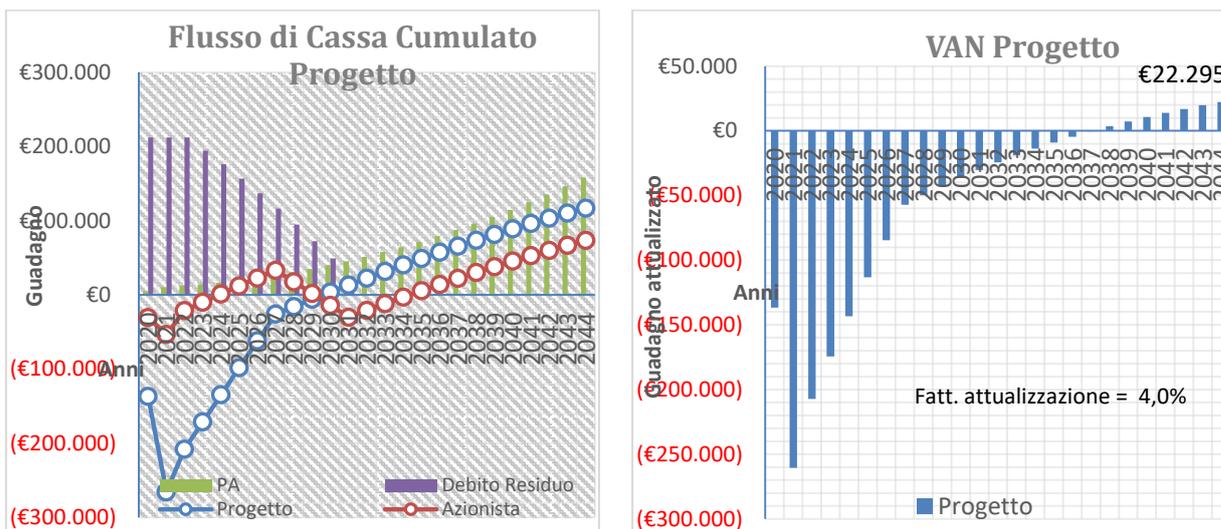
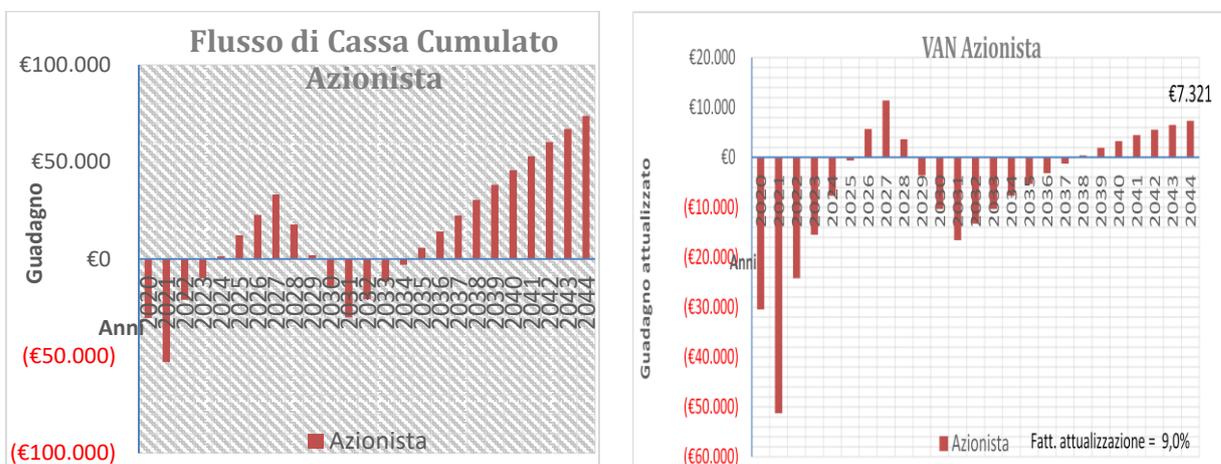
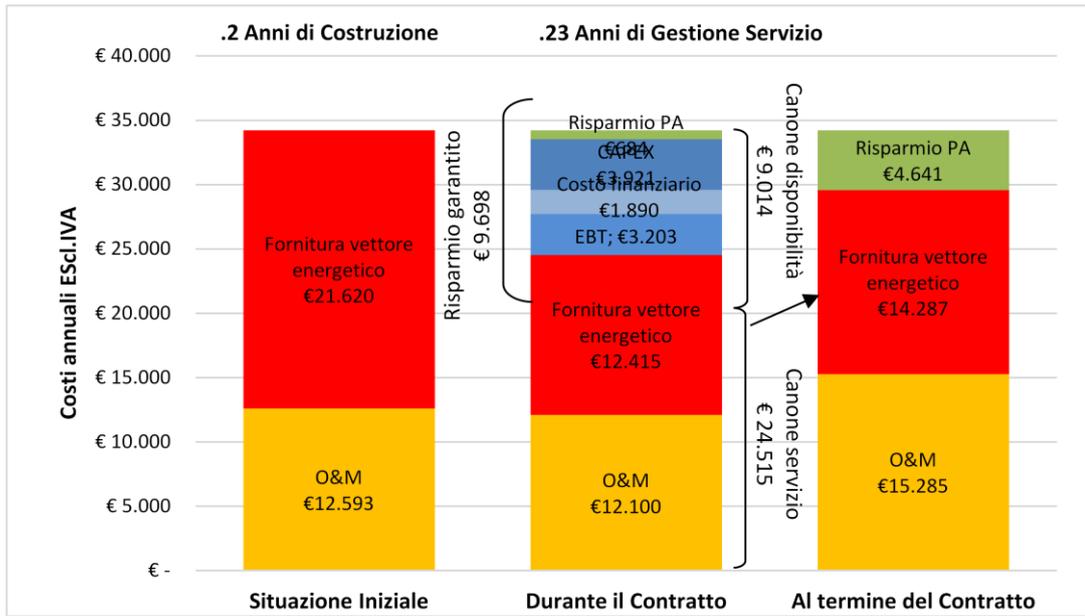


Figura 9.20 – SCN2: Flussi di cassa dell'azionista



Infine si è provveduto all'identificazione del possibile canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale con incentivi attraverso la partecipazione di ESCO secondo lo schema di EPC descritto in Figura 9.15.

Figura 9.22– Scenario 2: Schema di Energy Performance Contract



10 CONCLUSIONI

10.1 RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA

Si veda l'allegato report di benchmark.

10.2 RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI

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

- **Scenario 1: ISOLAMENTO SOLAI VERSO AMBIENTI FREDDI E IMPIANTO TERMICO:** Tale scenario consiste nella realizzazione di isolamento dei solai che confinano verso zone fredde interne (ambienti seminterrati) o esterne (aggetti dell'edificio), installazione generatore di calore modulare a condensazione, installazione di valvole termostatiche sui terminali di emissione e installazione di circolatori con giri variabili.
- **Scenario 2: ISOLAMENTO COPERTURA E SOLAI VERSO AMBIENTI FREDDI, IMPIANTO TERMICO:** Tale scenario consiste nella realizzazione di tutti gli EEM proposti: isolamento termico della copertura, isolamento dei solai verso ambienti freddi, installazione generatore di calore modulare a condensazione, installazione di valvole termostatiche sui terminali di emissione e installazione di circolatori con giri variabili.

Risultati analisi SCN1 – ISOLAMENTO SOLAI VERSO AMBIENTI FREDDI E IMPIANTO TERMICO

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM2 - Trasmittanza termica	[W/m ² K]	1,728	0,269	84,4%
EEM3 - Rendimento generatore	[-]	94	107	12,1%
EEM4 - Rendimento di regolazione	[-]	86	91	5,5%
EEM5 - Potenza assorbita	[W]	2981	450	84,9%
Q _{teorico}	[kWh]	185.530	53.581	71,1%
EE _{teorico}	[kWh]	59.884	52.270	12,7%
Q _{baseline}	[kWh]	186.353	53.819	71,1%
EE _{Baseline}	[kWh]	61.919	54.047	12,7%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	37.643	10.871	71,1%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	28.916	25.240	12,7%
Emiss. CO2 Totale	[kgCO₂]	66.559	36.111	45,7%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	14.639	4.228	71,1%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	11.738	10.245	12,7%
Fornitura Energia, C_E	[€]	26.377	14.473	45,1%
Costo Manutenzione Ordinaria, C _{MO}	[€]	14.682	13.213	10,0%
Costo Manutenzione Straordinaria, C _{MS}	[€]	3.903	3.512	10,0%
Costo per O&M (C _M = C _{MO} + C _{MS})	[€]	18.584	16.726	10,0%
OPEX	[€]	44.961	31.199	30,6%
Classe energetica	[-]	G	E	+2 classi

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

Risultati analisi SCN2 – ISOLAMENTO COPERTURA E SOLAI VERSO AMBIENTI FREDDI, IMPIANTO TERMICO

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM1 - Trasmittanza termica	[W/m²K]	1,611	0,199	87,6%
EEM2 - Trasmittanza termica	[W/m²K]	1,728	0,269	84,4%
EEM3 - Rendimento generatore	[-]	94	107	12,1%
EEM4 - Rendimento di regolazione	[-]	86	91	5,5%
EEM5 - Potenza assorbita	[W]	2981	450	84,9%
Q _{teorico}	[kWh]	185.530	34.313	81,5%
EE _{teorico}	[kWh]	59.884	52.159	12,9%
Q _{baseline}	[kWh]	186.353	34.465	81,5%
EE _{Baseline}	[kWh]	61.919	53.932	12,9%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	37.643	6.962	81,5%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	28.916	25.186	12,9%
Emiss. CO2 Totale	[kgCO₂]	66.559	32.148	51,7%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	14.639	2.707	81,5%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	11.738	10.224	12,9%
Fornitura Energia, C_E	[€]	26.377	12.931	51,0%
Costo Manutenzione Ordinaria, C _{MO}	[€]	14.682	13.213	10,0%
Costo Manutenzione Straordinaria, C _{MS}	[€]	3.903	3.512	10,0%
Costo per O&M (C _M = C _{MO} + C _{MS})	[€]	18.584	16.726	10,0%
OPEX	[€]	44.961	29.657	34,0%
Classe energetica	[-]	G	E	+2 classi

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

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

	CON INCENTIVI													
	%Δ _E [%]	%Δ _{CO₂} [%]	ΔC _E [€/anno]	ΔC _{MO} [€/anno]	ΔC _{MS} [€/anno]	I ₀ [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]	DSCR	LLCR
SCN 1	45,7	45,7	11 904	1 468	390	131 529	2,82	3,20	-	20 323	36,80	0,16	1,230	1,150
SCN 2	51,7	51,7	13 446	1 468	390	257 903	10,13	18,24	-	7 321	11,94	0,03	1,046	1,209

10.3 CONCLUSIONI E COMMENTI

Dall'analisi effettuata, come riportato nella presente Diagnosi Energetica, emerge che è possibile conseguire un miglioramento energetico in condizioni standard di almeno due classi energetiche, ed in particolare per l'edificio in esame dalla G alla E, attraverso entrambi gli scenari proposti e secondo le specifiche tecniche riportate.

In linea generale tutti gli interventi proposti mirano, oltre a rendere più efficiente il sistema involucro-impianto, a risolvere anche criticità dal punto di vista edilizio ed impiantistico; a tal riguardo si fa particolare riferimento alle condizioni di obsolescenza del generatore e di altre parti dell'impianto termico, oltre che dell'involucro.

Tuttavia, lo scenario più favorevole in termini economico-finanziari risulta lo scenario 1 che prevede l'efficientamento dell'impianto termico mediante la sostituzione del generatore, l'installazione di un circolatore ad alta efficienza (con inverter) ed un sistema di regolazione e controllo della



temperatura per ogni singolo ambiente, oltre all’isolamento dei solai che confinano verso ambienti freddi. Infatti, come avviene tipicamente, anche in questo caso la sostituzione del generatore esistente, con un nuovo sistema a condensazione, risulta essere la EEM che presenta una maggiore convenienza economica (in termini di VAN).

Per quanto concerne il **risparmio di CO2 equivalente** si stima, per lo scenario 2 che risulta essere quello più performante in termini di ambientali, una riduzione complessiva **di 34.411 kg CO2**.

In termini di **energia primaria**, nello scenario migliore dal punto di vista energetico, sarebbe **possibile risparmiare 177.471 kWh**.

ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA

Titolo	Data	Nome file
Documentazione fornita dalla committenza	27/07/18	DE_Lotto .n5- E1263_rev D-ALLEGATO A_Documentazione fornita dalla committenza

ALLEGATO B – ELABORATI GRAFICI

Titolo	Data	Nome file
Elaborati grafici	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1263_rev D-ALLEGATO B_ Elaborati grafici DE_Lotto.n 5-E1263_rev D-ALLEGATO B_Diagramma a blocchi impianto elettrico DE_Lotto.n 5-E1263_rev D-ALLEGATO B_Schema funzionale CT DE_Lotto.n 5-E1263_rev D-ALLEGATO B_Planimetrie con posizione impianti e contatori DE_Lotto. n5-E1263_rev D_ALLEGATO B_Analisi fatture energia elettrica.xls DE_Lotto. n5-E1263_rev D_ALLEGATO B_Analisi fatture energia termica.xls DE_Lotto n.5-E1263_rev D-ALLEGATO B_Grafici_template.xls Kyotobaseline-E1263_rev10.xls

ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

Titolo	Data	Nome file
Report di indagine termografica	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1263_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 – E1263_rev D-ALLEGATO D_Report endoscopico

ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI

Titolo	Data	Nome file
Relazione di dettaglio dei calcoli	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1263_rev D-ALLEGATO E_Relazione calcolo

ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

Titolo	Data	Nome file
Certificato CTI	14/03/18	DE_Lotto. n5 – E1263_rev A-ALLEGATO F_Certificato-CTI-termus-40

ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

Titolo	Data	Nome file
APE stato di fatto	05/06/18	DE_Lotto. n5 – E1263_rev D-ALLEGATO G_APE stato di fatto
APE stato di fatto (con firma digitale)	05/06/18	DE_Lotto. n5 – E1263_rev D-ALLEGATO G_APE stato di fatto.P7M
APE stato di fatto (XML) con firma digitale	05/06/18	DE_Lotto. n5 – E1263_rev D-ALLEGATO G_APE stato di fatto.XML.P7M
APE stato di fatto (XML)	05/06/18	DE_Lotto. n5 – E1263_rev D-ALLEGATO G_APE stato di fatto.XML
APE stato di fatto ricevuta	13/07/18	DE_Lotto. n5 – E1263_rev D-ALLEGATO G_Ricevuta APE stato di fatto

ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

Titolo	Data	Nome file
APE scenario 1	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1263._rev D-ALLEGATO H_ APE scenario 1
APE scenario 2	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1263_rev D-ALLEGATO H_ APE scenario 2

ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

Titolo	Data	Nome file
Dati climatici	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1263_rev D-ALLEGATO I_ Dati climatici

ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

Titolo	Data	Nome file
Schede di audit	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1263_rev D-ALLEGATO J_ schede di audit

ALLEGATO K – SCHEDE ORE

Titolo	Data	Nome file
Schede ORE	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1263_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 – E1263_rev D-ALLEGATO L_ PEF

ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

Titolo	Data	Nome file
Report di Benchmark	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1263_rev D-ALLEGATO M_ Report di Benchmark

ALLEGATO N – CD-ROM