

Scuola dell'infanzia "GARRONE"

E1252

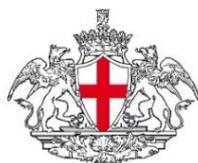
PIAZZETTA PIETRO CATTANEO 1

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA
FONDO KYOTO - SCUOLA 3



Luglio/2018

COMUNE DI GENOVA
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER



COMUNE DI GENOVA

CASaA
architetti

Scuola dell'infanzia "GARRONE"

E1252

PIAZZETTA PIETRO CATTANEO 1

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA

FONDO KYOTO - SCUOLA 3

Luglio/2018

COMUNE DI GENOVA

STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER

Comune di Genova – Area Tecnica – Struttura di Staff Energy Manager

Via Di Francia 1 – 18° Piano Matitone – 16149 – Genova

Tel 010 5573560 – 5573855; energymanager@comune.genova.it; www.comune.genova.it

CASa Associati

Via Cetto Ciglia 54 – 65128 – Pescara

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

REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI

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

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

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

INDICE

PAGINA

INDICE.....	I
PAGINA.....	I
EXECUTIVE SUMMARY	I
CARATTERISTICHE DELL’EDIFICIO OGGETTO DELLA DE	I
TABELLA 0.1 - TABELLA RIEPILOGATIVA DEI DATI DELL’EDIFICIO	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	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>	23
4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA	24
4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE	24
4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE	25
5 CONSUMI RILEVATI	26
5.1 CONSUMI ENERGETICI STORICI PER CIASCUN VETTORE E CONNESSIONE ALLE RETI GAS NATURALE ED ELETTRICA.....	26
5.1.1 <i>Energia termica</i>	26
5.1.2 <i>Energia elettrica</i>	28
5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI	32
6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO.....	37
6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO	37
6.1.1 <i>Validazione del modello termico</i>	38
6.1.2 <i>Validazione del modello elettrico</i>	39
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI.....	40
6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI.....	41
7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO	43
7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI	43



7.1.1	Vettore termico.....	43
7.1.2	Vettore elettrico.....	43
7.2	TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL’ANALISI.....	46
7.3	COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI.....	47
7.4	BASELINE DEI COSTI.....	47
8	IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA	49
8.1	DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI	49
8.1.1	Involucro edilizio	49
8.1.2	Impianto produzione acqua calda sanitaria	55
8.1.3	Impianto di illuminazione ed impianto elettrico	56
9	VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA.....	57
9.1	ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI	57
9.2	ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI	59
9.3	IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D’INTERVENTO E SCENARI D’INVESTIMENTO	65
9.3.1	Scenario 1: INVOLUCRO	68
9.3.2	Scenario 2: INVOLUCRO E IMPIANTO	75
10	CONCLUSIONI	82
10.1	RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA	82
10.2	RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI	82
10.3	CONCLUSIONI E COMMENTI.....	83
	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.....	2
	ALLEGATO I – DATI CLIMATICI.....	2
	ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT.....	2
	ALLEGATO K – SCHEDE ORE.....	2
	ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI	2
	ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK.....	2
	ALLEGATO N – CD-ROM	2

EXECUTIVE SUMMARY

Caratteristiche dell'edificio oggetto della DE

Tabella 0.1 - Tabella riepilogativa dei dati dell'edificio

PARAMENTO	U.M.	VALORE
Anno di costruzione edificio		1881
Anno di ristrutturazione		Anni 50 1996 (solo ultimo piano) 2008-2011
Zona climatica		[D]
Destinazione d'uso		E.7 Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli
Superficie utile riscaldata	[m ²]	825,62
Superficie disperdente (S)	[m ²]	1.871,68
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	4.612,77
Rapporto S/V	[1/m]	0,4058
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	1.067,97
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	71,67
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	1.139,64
Tipologia generatore riscaldamento		Generatori a condensazione
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	222,00
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	-
Tipo di combustibile		Gas naturale
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler elettrici ad accumulo
Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	24,862
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{tit} /anno]	87.581
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	6.437
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{ei} /anno]	15.354
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	3.595

Nota (1): Valori di Baseline

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

- EEM 1: Cappotto interno;
- EEM 2: Sostituzione infissi;
- EEM 3: Isolamento solaio di copertura;
- EEM 4: Scaldacqua a pompa di calore.

- SCN1: INVOLUCRO (EEM1+2);
- SCN2: INVOLUCRO E ACS (EEM1+2+3+4).

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	33,9	33,9	2.997	-	-	35.736	6,6	8,7	30	30.452	12,2	0,85	-	-
EEM 2	13,1	13,1	1.162	-	-	42.397	17,9	31,9	30	-2.661	3,2	-0,06	-	-
EEM 3	7,2	7,2	633	-	-	8.824	7,6	10,0	30	5.790	10,6	0,66	-	-
EEM 4	3,1	3,1	295	-	-	7.310	19,7	24,4	15	-2.910	-4,3	-0,40	-	-
SCN 1	47,9	47,9	4.238	-	-	78.133	12,13	2,22	-	1.470	7,23	1,88	1,010	0,371
SCN 2	57,2	57,2	5.086	-	-	94.267	17,33	4,41	-	1.215	6,45	1,29	1,013	0,503

Figura 0.1 – Scenario 1: analisi finanziaria

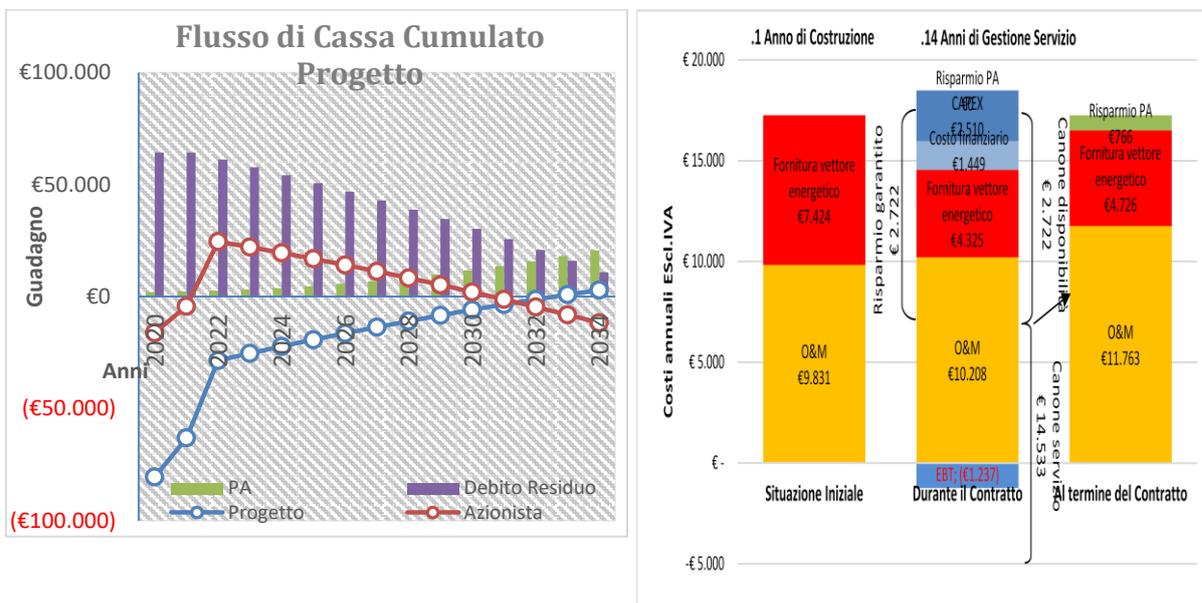
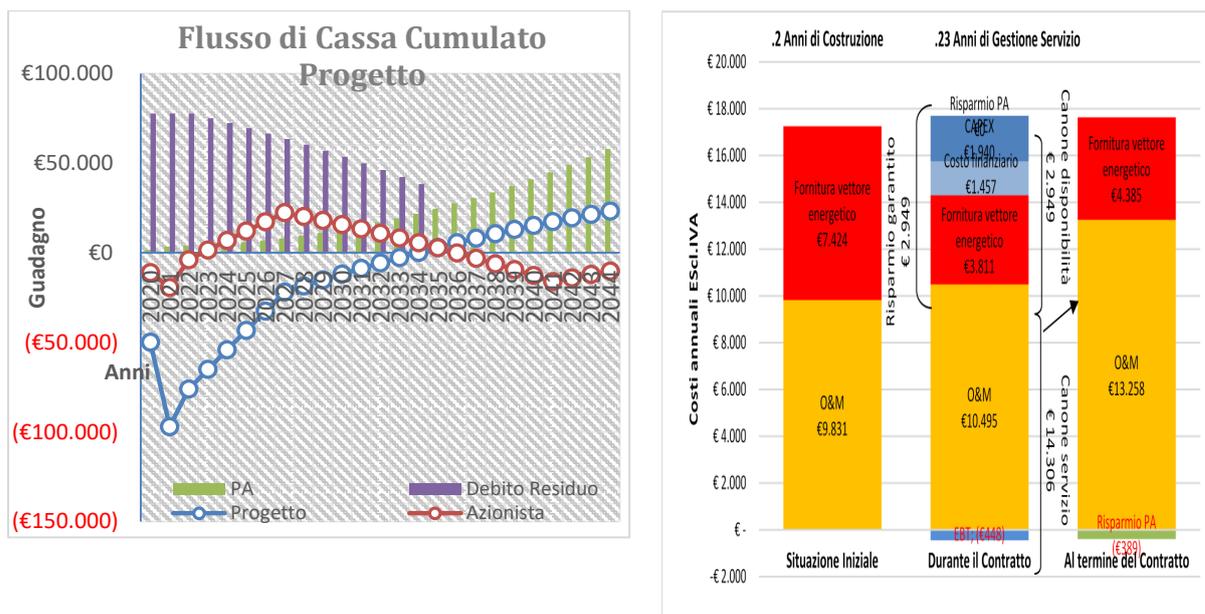


Figura 0.2 – Scenario 2: analisi finanziaria



Dall'analisi effettuata emerge che è possibile effettuare il miglioramento energetico in condizioni standard di **tre classi energetiche da G a D** attraverso gli scenari proposti e concernenti le specifiche tecniche riportate. Gli interventi proposti mirano a rendere più efficiente il sistema involucro.

Lo scenario più favorevole in termini economico-finanziari risulta essere quello che prevede la realizzazione del cappotto interno e la sostituzione degli infissi.

Per quanto concerne il **risparmio di CO2** equivalente si stima un riduzione complessiva di **12.150 kg CO2**.

In termini di **energia primaria**, nello scenario migliore dal punto di vista energetico sarebbe possibile risparmiare **63.615 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 facciata sud con le uscite secondarie del refettorio



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 paramento 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 Feondo 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 Feondo	Responsabile impianti	Revisione report di diagnosi energetica
Carmela Palmieri	EGE	Approvazione report di diagnosi energetica

1.4 IDENTIFICAZIONE DELL’EDIFICIO

L’immobile oggetto della DE, catastalmente individuato al NCEU sezione 5Q, F. 7 Mapp. 171, sub 1 e 2 è sito nel Comune di Genova e più precisamente a S. Quirico, un quartiere genovese della val Polcevera, situato tra Bolzaneto e Pontedecimo, che dal 2005 fa parte, insieme all’ex circoscrizione di Pontedecimo, a cui era aggregato, del Municipio V Valpolcevera. L’edificio è di proprietà del Comune di Genova ed è attualmente adibito a scuola primaria.

Figura 1.2 – Ubicazione dell’edificio



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

Tabella 1.2 - Tabella riepilogativa dei dati dell’edificio

PARAMENTO	U.M.	VALORE
Anno di costruzione edificio		1881
Anno di ristrutturazione		Anni 50 1996 (solo ultimo piano) 2008-2011

Zona climatica		[D]
Destinazione d'uso	E.7 Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli	
Superficie utile riscaldata	[m ²]	825,62
Superficie disperdente (S)	[m ²]	1.871,68
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	4,612,77
Rapporto S/V	[1/m]	0,4058
Superficie netta aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	896,29
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	1.067,97
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	71,67
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	1.139,64
Tipologia generatore riscaldamento	Generatori a condensazione	
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	222,00
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	-
Tipo di combustibile	Gas naturale	
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)	Boiler Elettrici ad accumulo	
Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	24,862
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{it} /anno]	87.581
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	6.437
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	15.354
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	3.595

Nota (1): Valori di Baseline

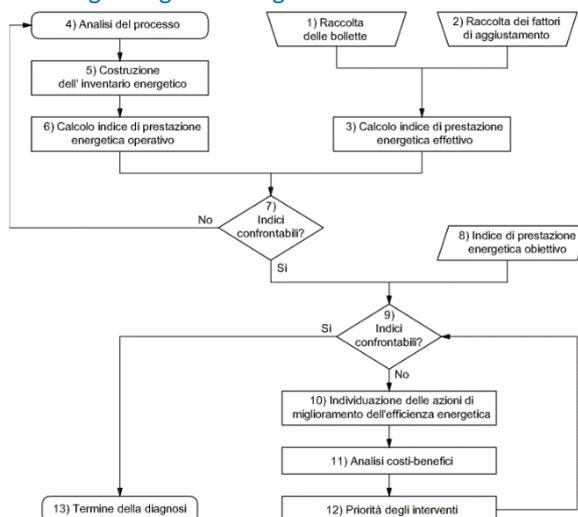
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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

- Acquisizione della documentazione utile, fornita dalla PA, come riportato all'Allegato A – Elenco documentazione fornita dalla committenza;
- 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 04/12/2017 con verifica degli elaborati forniti e rilievo dei dati relativi alle caratteristiche degli elementi disperdenti ed impiantistici costituenti il sistema edificio-impianto;
- Visita alla centrale termica e/o frigorifera, con il supporto del personale incaricato della conduzione e manutenzione degli impianti e rilevamento dei dati utili;
- Preparazione e compilazione delle schede di Audit previste per la diagnosi di livello II di cui all'appendice A delle LGEE - Linee Guida per l'Efficienza Energetica negli Edifici - sett. 2013 - elaborato da AiCARR per Agesi, Assistal, Assopetroli e Assoenergia, e riportate all'Allegato J – Schede di audit;
- Elaborazione del comportamento termico ed elettrico dell'edificio, realizzata utilizzando il software commerciale TERMUS dell'ACCA Software versione 42.h in possesso di certificato di conformità rilasciato dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI) n. 67 del 15/03/17 ai sensi del D.lgs. 192/05 e s.m.i. e riportato all'Allegato F – Certificato CTI Software;
- Analisi dei profili annuali di consumi e costi dei servizi energetici reali dell'edificio, comprensivi della fornitura dei vettori energetici sia elettrici che di gas e degli oneri di O&M, relativamente alle annualità 2014-2015-2016;

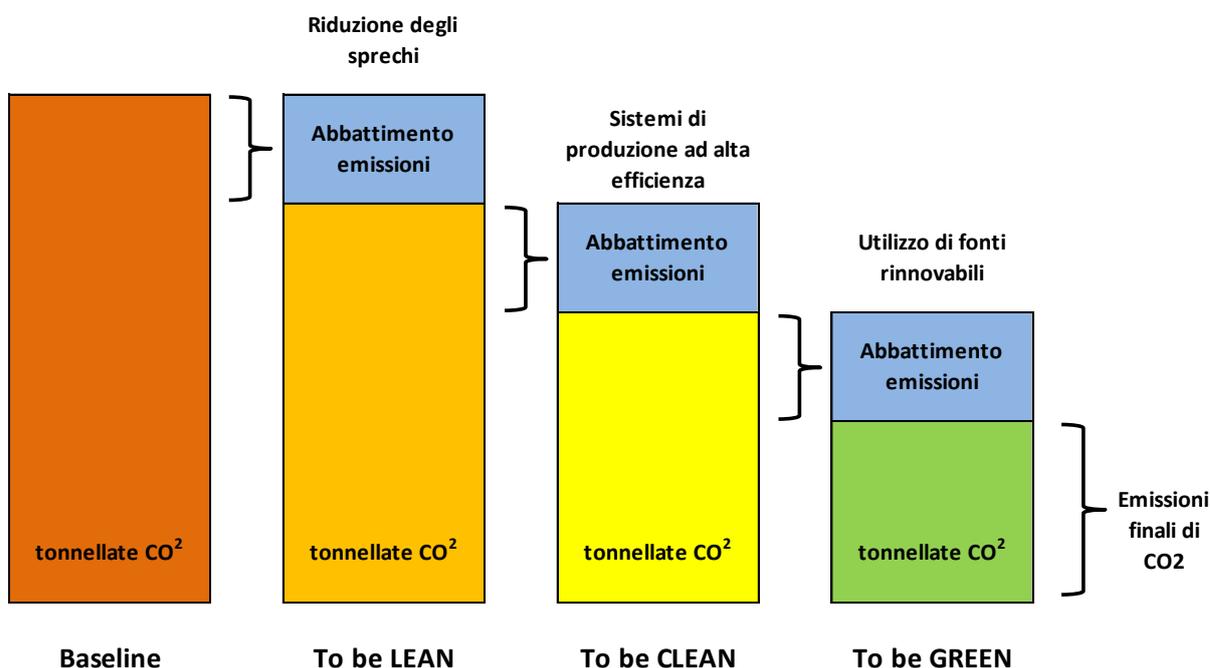
- h) Analisi dei dati climatici reali del sito ove è ubicato l'edificio con conseguente calcolo dei Gradi Giorno reali (GG_{real}), utilizzando le temperature esterne rilevate dalla stazione meteo dell'Università di Genova e riportati all'Allegato I – Dati Climatici;
- i) Individuazione della “baseline 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.

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 è costituita da 3 sezioni composte da 25 bambini di età eterogenea dai 3 ai 6 anni, e una sezione primavera, che accoglie bambini da 24 a 36 mesi (10 bambini a tempo pieno e 10 bambini a part time). Pertanto, ogni anno, è frequentata da circa 85 bambini, oltre a 10 maestre e 5 collaboratrici scolastiche. Pertanto, oltre alla riduzione di emissioni climalteranti e alle finalità di sensibilizzazione sulle tematiche ambientali, è importante evidenziare come l’efficientamento dell’edificio e una corretta gestione e manutenzione del sistema edificio – impianto, comporterebbe il miglioramento delle condizioni di benessere percepite dai bambini e dagli operatori didattici, nonché la riduzione dei consumi specifici di energia termica ed elettrica.

L’edificio, ospitante la scuola primaria oggetto della DE, è disposto su quattro livelli: al piano terra ci sono l’atrio di ingresso, il refettorio, la zona impiattamento e i servizi igienici, al primo ci sono tre aule, la stanza riposo per la sezione “primavera” e i servizi igienici; al piano secondo ci sono due aule, la segreteria, una stanza di servizio, lo spogliatoio del personale e i servizi igienici; al piano terzo ci sono la palestra, due aule laboratorio, un’aula di servizio e un’ampia zona con servizi igienici. Dalla scala interna si accede alla copertura e due piccoli locali di servizio. La Scuola ha in corrispondenza del fronte principale una piazzetta con verde e uno spazio gioco. Dal primo piano si accede, inoltre, ad un secondo spazio gioco attrezzato in corrispondenza del fronte est.

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⁾
Terra	Ingresso, refettorio, stanza impiattamento e servizi igienici	[m ²]	242,28	201,24	-
Primo	Aule didattiche, stanza riposo e servizi igienici	[m ²]	223,95	222,20	-
Secondo	Aule didattiche, segreteria, stanza di servizio, spogliatoio e servizi igienici	[m ²]	224,84	224,84	-
Terzo	Aule laboratorio, palestra, stanza di servizio e servizi igienici	[m ²]	177,34	177,34	-
Copertura	Locali di servizio	[m ²]	28,88		-
TOTALE		[m ²]	897,29	825.62	-

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'abitato di San Quirico all'interno del quale è inserita la scuola Garrone, non ha subito lo sviluppo urbanistico che ha caratterizzato nella seconda metà del Novecento gli altri centri della Valpolcevera, anche perché pesantemente penalizzato fino agli anni ottanta dall'insediamento di raffinerie, che hanno creato una situazione di disagio

In particolare, l'edificio che ospita la scuola Garrone, una villa d'epoca del 1881, in passato sede del Municipio, rappresenta un notevole esempio di architettura di fine ottocento ed è sottoposta a verifica di interesse culturale ai sensi dell'art. 12 del D.Lgs. n.42 del 22 gennaio 2004.

Pertanto, seppure l'edificio non sia ancora stato riconosciuto bene di interesse Storico ed Artistico Particolarmente Importante ai sensi dell'art. 10 comma 1 del D.Lgs. 22 gennaio 2004, n. 42, nell'analisi delle EEM si è ritenuto utile l'identificazione delle possibili interferenze con le caratteristiche architettoniche e storico-artistiche dell'edificio.

Tabella 2.2 - Misure di efficienza energetica individuate e valutazione delle interferenze con gli attuali vincoli

MISURA DI EFFICIENZA ENERGETICA	VINCOLO INTERESSATO	VALUTAZIONE INTERFERENZA ⁽⁴⁾	MISURA DI TUTELA DA ADOTTARE
EEM 1: Cappotto interno	[Storico – Artistico]		Previo parere della Soprintendenza per i beni architettonici e paesaggistici
EEM 2: Sostituzione infissi	[Storico – Artistico]		Previo parere della Soprintendenza per i beni architettonici e paesaggistici
EEM 3: Isolamento solaio di copertura	[Storico – Artistico]		Previo parere della Soprintendenza per i beni architettonici e paesaggistici
EEM 4: Impianto fotovoltaico	[Storico – Artistico]		Previo parere della Soprintendenza per i beni architettonici e paesaggistici
EEM 5: Scaldacqua a pompa di calore	[Storico – Artistico]		Mantenimento dei medesimi posizionamenti ed ingombri delle macchine

Nota (4): Legenda livelli di interferenza:

	Non perseguibile
	Perseguibile tramite adozione misure di tutela indicate
	Interferenza nulla

Nessuna delle misure precedentemente indicate presenta interferenze con le caratteristiche architettoniche e storico-artistiche dell'edificio.

2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO

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

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

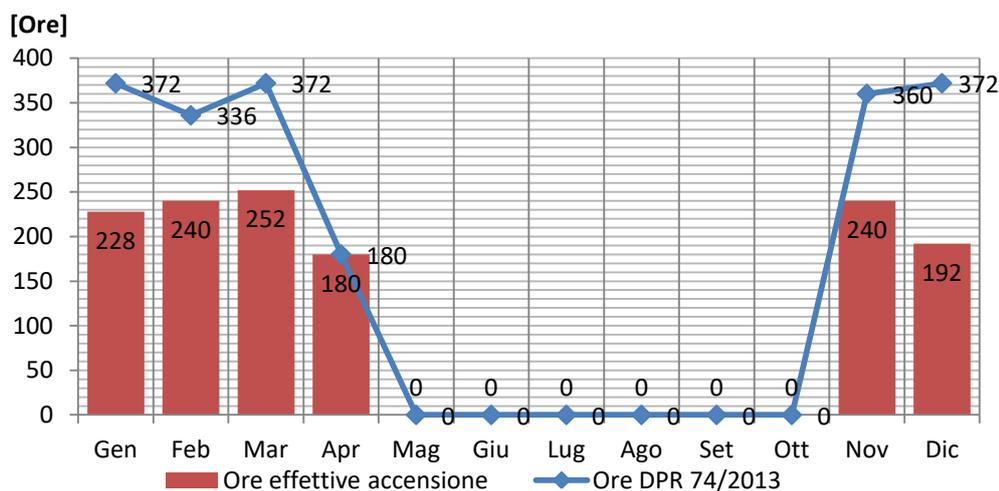
Nella Tabella 2.32 sono pertanto riportati gli orari di funzionamento dell'edificio e gli orari di funzionamento degli impianti termici.

Tabella 2.3 – 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 1161 GG su 109 giorni effettivi di utilizzo dell’impianto di riscaldamento.

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

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

Tabella 3.2 – Profili mensili dei GG_{rif}

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

3.2 DATI CLIMATICI REALI

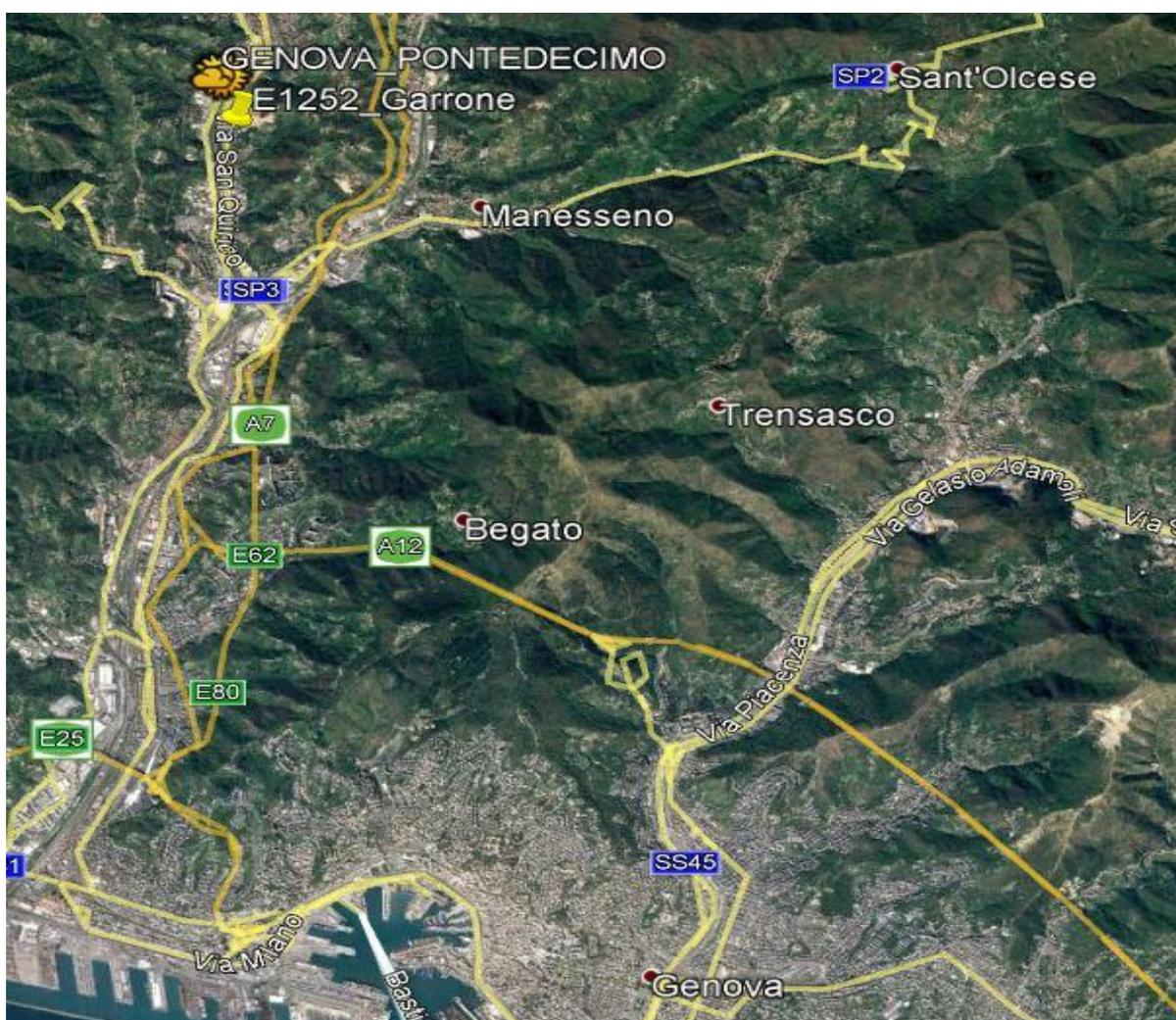
Ai fini della realizzazione dell'analisi energetica si è resa necessaria la definizione delle condizioni climatiche reali, ovvero dei GG calcolati in funzione della temperatura esterna media oraria del sito effettivamente rilevata, con lo scopo di creare una normalizzazione dei consumi in funzione delle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

I dati climatici utilizzati sono stati rilevati dalla centralina meteo climatica GENOVA-PONTEDECIMO (Long. 8° 54' 0.36" – Lat. 44° 29' 18.672" – Altezza sul livello del mare 75m).

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

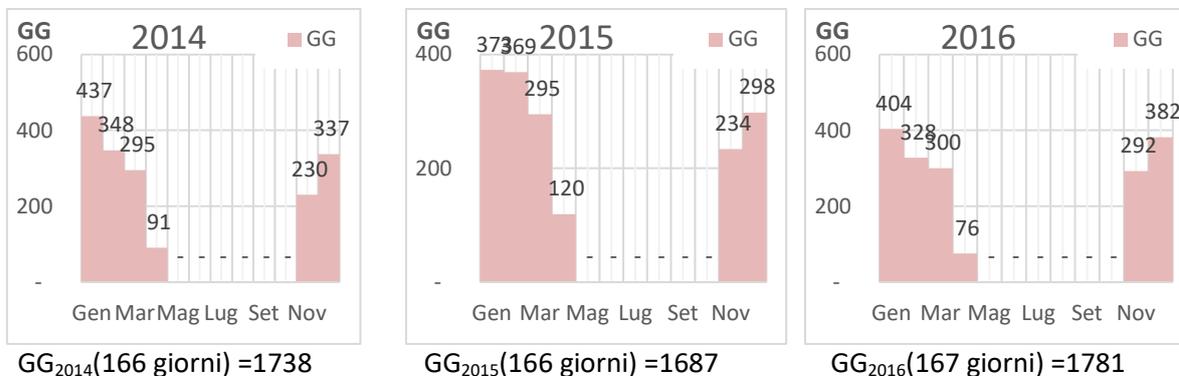


3.3 ANALISI DELL'ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO

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

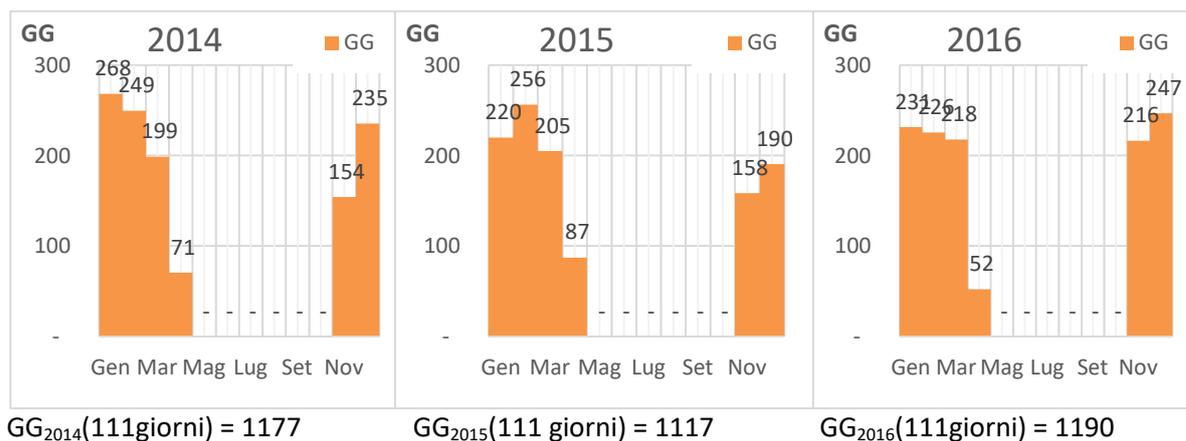


Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell’impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG reali sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell’impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore medio per le tre stagioni termiche analizzate di 1161 GG calcolati su 111 giorni effettivi di utilizzo dell’impianto di riscaldamento.

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

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

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



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

4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI

4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL’INVOLUCRO EDILIZIO

4.1.1 Involucro opaco

L’involucro edilizio opaco che costituisce l’edificio è sostanzialmente composto da una muratura portante in pietrame misto con spessori decrescenti dal basso verso l’alto, che vanno da 65 a 45 cm. La muratura è intonacata su entrambi i lati e, ad ogni piano è uguale su tutti i fronti dell’edificio, ad eccezione del blocco servizi sul fronte est che ha una muratura da 30 cm a tutti i livelli. Sono presenti nicchie sottofinestra all’interno delle quali sono alloggiati i radiatori.

Il solaio di copertura è piano ed è del tipo in latero-cemento. Il solaio di copertura è accessibile dalla scala interna dell’edificio ed ha una finitura con guaina bituminosa ardesiata, di recente realizzazione (2013-2014) in seguito ad infiltrazioni ai piani sottostanti.

Figura 4.1 - Particolare della muratura esterna



Figura 4.2 - Particolare della facciata ovest

Questa soluzione realizzativa non presenta problematiche particolari, se non con riferimento a presenza di muffe e zone ammalorate per infiltrazioni di acqua dalla copertura e dagli infissi.



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

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

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

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

Figura 4.3 – Rilievo termografico della parete del fronte principale nella zona basamentale



I dettagli delle indagini diagnostiche effettuate sono riportate all’Allegato C – Report di indagine termografica e 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 interpiano (primo su cavedio)	SL01	[22,5]	[assente]	[1,42]	[discreto]
Solaio Copertura	SL02	[36,9]	[assente]	[1,57]	[buono]
Solaio Copertura servizi	SL03	[27]	[assente]	[1,90]	[mediocre]
Parete esterna verticale	[MR01]	[65]	[assente]	[2,00]	[mediocre]
Parete esterna verticale	[MR04]	[55]	[assente]	[2,25]	[mediocre]
Parete esterna verticale	[MR03]	[45]	[assente]	[2,57]	[mediocre]
Parete esterna servizi	[MR05]	[30]	[assente]	[2,98]	[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: in legno a vetro singolo, in alluminio senza taglio termico con vetro singolo, in alluminio senza taglio termico con vetrocamera e in ferro con vetro singolo.

Gli infissi in ferro sono presenti a tutti i livelli del blocco dei servizi igienici e presentano notevoli problematiche di tenuta all’aria e all’acqua, oltre che di elevatissime dispersioni termiche.

Gli infissi in legno sono presenti su tutti i piani dell’edificio, ad eccezione di alcune sostituzioni al

piano primo (2 infissi nell’aula sul fronte ovest ed uno nel vano scala) e quarto (2 infissi nell’aula a sud). Sono in alluminio a taglio termico con vetrocamera anche gli infissi della nuova zona con i servizi igienici realizzata nel 1996 al quarto piano. Sono in alluminio senza taglio termico e vetro singolo tutte le uscite antincendio.

Tutti gli infissi in legno presentano un sistema di schermatura esterno a persiana e hanno notevoli problematiche di tenuta all’aria e all’acqua, oltre che di elevatissime dispersioni termiche.

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

Il portone di ingresso è in legno ed è seguito da un secondo serramento in alluminio senza taglio termico e vetro singolo.

Figura 4.4 - Particolare dei serramenti



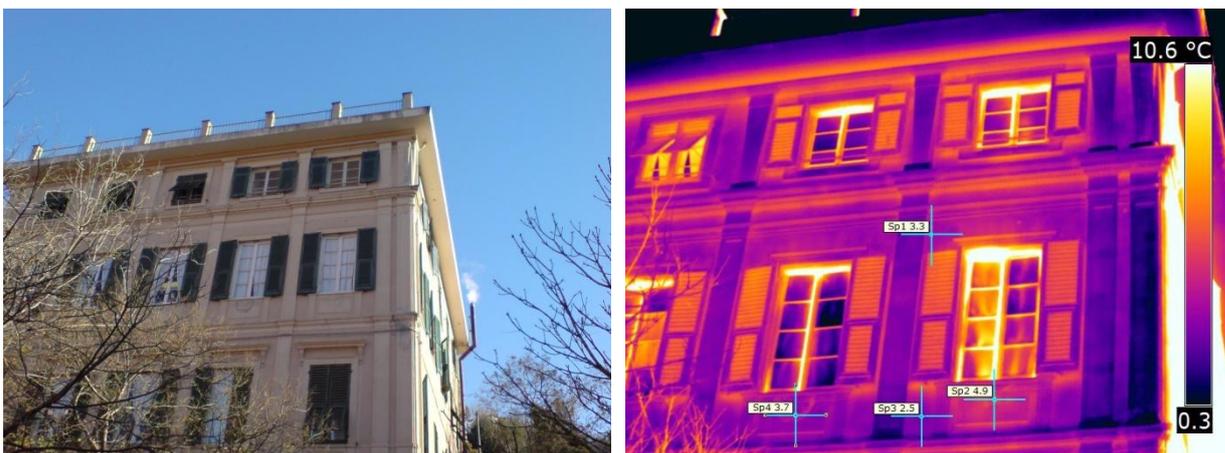
Ai fini di un’identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell’involucro trasparente si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione delle seguenti indagini diagnostiche:

- 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 al piano secondo e terzo sul fronte principale



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

Tabella 4.2 – Trasmittanze termiche dei componenti dell’involucro trasparente

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	DIMENSIONI [HXL] [cm]	TIPO TELAIO	TIPO VETRO	TRASMITTANZA TERMICA [W/mqK]	STATO DI CONSERVAZIONE
Serramento a due ante	WN01	1.25x2.15	legno	Vetro singolo	4,62	peissimo
Serramento a due ante	WN02	[1.15x2.05]	alluminio	Vetro singolo	4,32	discreto
Serramento a due ante	WN03	[1.15x1.45]	alluminio	Vetrocamera	4,40	discreto
Serramento con specchiature	WN04	[0.75x1.60]	ferro	Vetro singolo	6,01	peissimo
Serramento a due ante	WN06	[1.15x1.45]	legno	Vetro singolo	4,43	peissimo
Serramento a due ante con sopra luce	WN08	[1.25x2.15]	alluminio	Vetrocamera	4,39	discreto
Serramento ad un’anta	WN12	[0.80x1.40]	alluminio	Vetrocamera	4,27	discreto
Serramento ad un’anta con sopra luce	WN13	[0.50x2.25]	alluminio	Vetrocamera	4,63	discreto
Serramento a due ante	WN15	[1.20x1.00]	legno	Vetro singolo	4,56	peissimo
Serramento ad un’anta	WN16	[0.75x1.60]	ferro	Vetro singolo	5,90	peissimo

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

4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO

L’impianto di riscaldamento degli ambienti è costituito da un sistema con fluido termovettore acqua, due generatori di calore modulari a parete alimentati a gas metano e installati in apposito box esterno, un gruppo di circolazione costituito da due pompe gemellari a giri variabili, un sistema di distribuzione a colonne montanti ed un sistema di emissione a radiatori.

4.2.1 Sottosistema di emissione

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

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

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

Figura 4.6 - Particolare di un radiatore installato all’interno di un’aula e del sistema di distribuzione



Figura 4.7 - Particolare di un radiatore installato all’interno di un’aula



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

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

ZONA TERMICA	TIPOLOGIA DI TERMINALE	RENDIMENTO
Zona riscaldata	Radiatore su parete esterna non isolata	90%
Zona riscaldata	Radiatore su parete interna	93%

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

Tabella 4.4 - Riepilogo caratteristiche dei radiatori installati

PIANO	TIPO DI INSTALLAZIONE	NUMERO	POTENZA TERMICA UNITARIA	POTENZA TERMICA COMPLESSIVA	POTENZA FRIGORIFERA UNITARIA	POTENZA FRIGORIFERA COMPLESSIVA
			[kW]	[kW]	[kW]	[kW]
Terra	Su parete esterna non isolata	1	1,76	1,76	-	-
Terra	Su parete esterna non isolata	1	1,62	1,62	-	-
Terra	Su parete esterna non isolata	2	0,94	1,88	-	-
Terra	Su parete esterna non isolata	1	1,84	1,84	-	-



Terra	Su parete esterna non isolata	1	0,95	0,95	-	-
Terra	Su parete interna	1	8,07	8,07	-	-
Terra	Su parete interna	1	4,45	4,45	-	-
Terra	Su parete interna	2	0,95	1,9	-	-
Terra	Su parete interna	1	1,48	1,48	-	-
Terra	Su parete interna	1	1,89	1,89	-	-
Primo	Su parete esterna non isolata	1	0,95	0,95	-	-
Primo	Su parete esterna non isolata	1	1,71	1,71	-	-
Primo	Su parete esterna non isolata	1	1,11	1,11	-	-
Primo	Su parete esterna non isolata	1	1,61	1,61	-	-
Primo	Su parete esterna non isolata	1	1,42	1,42	-	-
Primo	Su parete interna	1	1,08	1,08	-	-
Primo	Su parete interna	3	0,95	2,85	-	-
Primo	Su parete interna	1	1,35	1,35	-	-
Primo	Su parete interna	1	1,22	1,22	-	-
Primo	Su parete interna	1	4,8	4,8	-	-
Secondo	Su parete esterna non isolata	2	1,71	3,42	-	-
Secondo	Su parete esterna non isolata	1	1,08	1,08	-	-
Secondo	Su parete esterna non isolata	1	1,23	1,23	-	-
Secondo	Su parete interna	2	1,08	2,16	-	-
Secondo	Su parete interna	1	1,35	1,35	-	-
Secondo	Su parete interna	1	0,95	0,95	-	-
Secondo	Su parete interna	1	1,89	1,89	-	-
Secondo	Su parete interna	1	1,76	1,76	-	-
Secondo	Su parete interna	1	3,84	3,84	-	-
Secondo	Su parete interna	1	0,67	0,67	-	-
Secondo	Su parete interna	1	1,22	1,22	-	-
Terzo	Su parete esterna non isolata	2	1,22	2,44	-	-
Terzo	Su parete esterna non isolata	1	2,22	2,22	-	-
Terzo	Su parete esterna non isolata	1	0,33	0,33	-	-
Terzo	Su parete esterna non isolata	1	0,49	0,49	-	-
Terzo	Su parete esterna non isolata	2	0,38	0,76	-	-
Terzo	Su parete esterna non isolata	1	2,46	2,46	-	-
Terzo	Su parete esterna non isolata	1	1,42	1,42	-	-
Terzo	Su parete esterna non isolata	3	1,14	3,42	-	-
Terzo	Su parete interna	1	1,35	1,35	-	-
Terzo	Su parete interna	2	0,41	0,82	-	-
Terzo	Su parete interna	1	0,96	0,96	-	-
Terzo	Su parete interna	1	0,29	0,29	-	-
Terzo	Su parete interna	2	1,08	2,16	-	-
TOTALE		56	-	82,63	-	-

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 19.5°C, in base a quanto rilevato in sede di sopralluogo.

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

4.2.2 Sottosistema di regolazione

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

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

Figura 4.8 – Centralina di controllo in CT

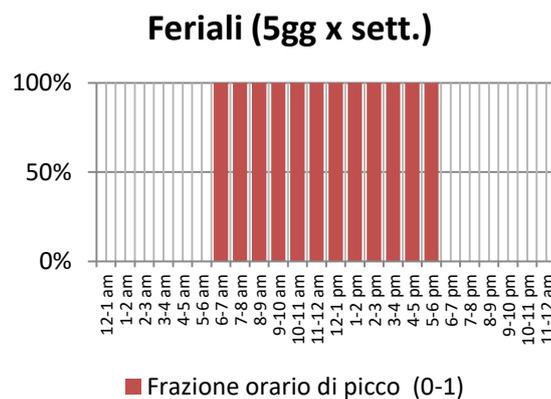


Figura 4.9 – Particolare della centralina di controllo in CT



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

Figura 4.10 - Profilo di funzionamento invernale dell’impianto per la zona termica Zona riscaldata



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

I rendimenti di regolazione desunti dal modello di calcolo delle DE sono riportati nella Tabella 4.4:

Tabella 4.4 - Rendimenti del sottosistema di regolazione per le varie zone termiche

ZONA TERMICA	TIPO DI REGOLAZIONE	RENDIMENTO
Zona riscaldata	Per singolo ambiente più climatica	99%

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

4.2.3 Sottosistema di distribuzione

Il sottosistema di distribuzione è costituito dai seguenti elementi:

- 1) Circuito di riscaldamento. Fluido termovettore acqua.

Circuito di riscaldamento: sono presenti due pompe di circolazione, gemellari a giri variabili, per la distribuzione dal generatore ai terminali di emissione.

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

Tabella 4.5 - Riepilogo caratteristiche pompe circuito di riscaldamento

	NOME	SERVIZIO	PORTATA [m ³ /h]	PREVALENZA [kPa]	POTENZA ASSORBITA [kW]
Circuito riscaldamento	P1 (Pompa Inverter)	Mandata/ritorno acqua calda a radiatori	n.d.	n.d.	0,035/0,900 (1)
TOTALE			n.d.	n.d.	0,035/0,900 (1)

Nota (1): Valori ricavati dai dati di targa

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

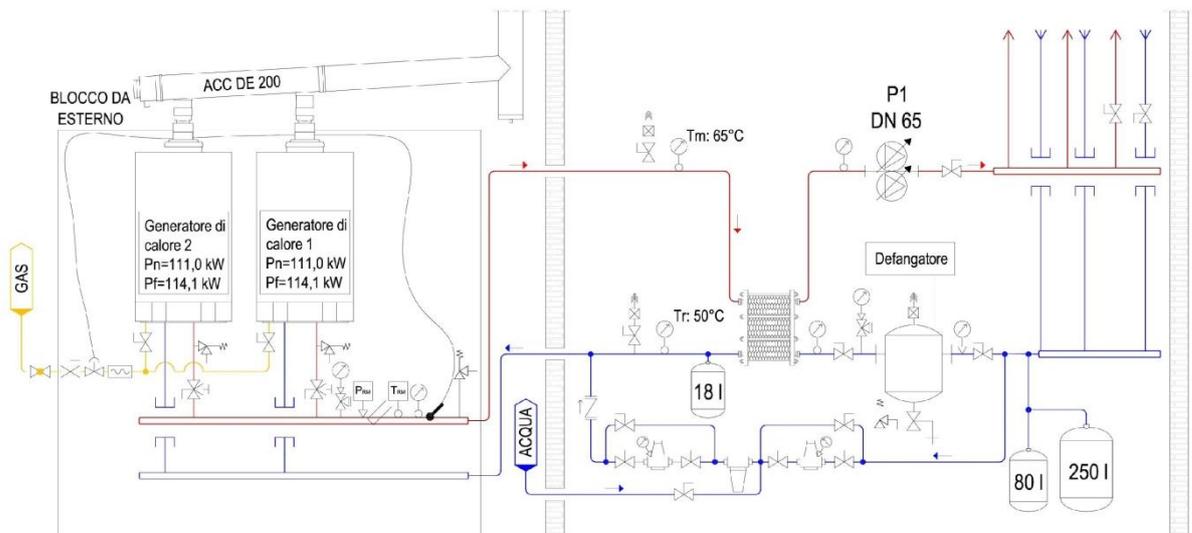
Tabella 4.6 – Temperature di mandata e ritorno del circuito primario

Zona riscaldata	CIRCUITO		TEMPERATURA RILEVATA °C	TEMPERATURA CALCOLO °C
	Mandata	Caldo	65,0 (2)	70,0 (1)
	Ritorno	Caldo	50,0 (2)	60,0 (1)

Nota (1): Valori utilizzati nel modello di calcolo; Nota (2): Valori ricavati in sede di sopralluogo

Per quanto riguarda le temperature di mandata e ritorno del fluido termovettore caldo è stato rilevato come i valori osservati e registrati in sede di sopralluogo fossero leggermente più bassi rispetto ai valori considerati nel modello di calcolo.

Figura 4.11 - Particolare dello schema di impianto



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

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

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

L’elenco dei componenti del sottosistema di distribuzione per il riscaldamento degli ambienti, rilevati in sede di sopralluogo, e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 6.4 dell’Allegato J – Schede di Audit.

4.2.4 Sottosistema di generazione

Il sottosistema di generazione è costituito da due generatori modulari a condensazione installati in serie, entro un box metallico esterno.

Entrambi i generatori presentano potenza termica nominale pari a 111,00 kW e potenza termica al focolare pari a 114,10 kW di produzione Immergas modello Victrix Pro 120, alimentati a gas metano.

Figura 4.12 - Particolare del sistema di generazione del calore



Figura 4.13 - Particolare del generatore di calore



Le caratteristiche dei sistemi di generazione sono riportate nella Tabella 4.8.

Tabella 4.8 - Riepilogo caratteristiche sistema di generazione del calore

Servizio	MARCA	MODELLO	ANNO DI COSTRUZIONE	POTENZA AL FOCOLARE [kW]	POTENZA TERMICA UTILE [kW]	RENDIMENTO	POTENZA ASSORBITA COMPLESSIVA [kW]
Gen 1 Riscaldamento	Immergas	Victrix Pro 120	n.d.	114,10 (1)	111,00 (1)	97,3% (1)	0,385 (1)
Gen 2 Riscaldamento	Immergas	Victrix Pro 120	n.d.	114,10 (1)	111,00 (1)	97,3% (1)	0,385 (1)

Nota (1): Valori ricavati dalla scheda tecnica del produttore.

Il rendimento complessivo del sottosistema di generazione, in regime di riscaldamento è stato assunto nella DE pari al 92%.

Dal libretto di centrale, nella sezione relativa alle prove fumi, sono stati rilevati e confrontati i rendimenti di combustione del generatore installato. Il valore del rendimento di combustione alla data del 01/12/2017 è pari a 97,5% per il generatore 1 e 100,4% per il generatore 2.

Si sottolinea che secondo quanto rilevato in sede di sopralluogo uno dei due generatori non era in funzione.

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

4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA

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

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

La produzione è eseguita tramite bollitori elettrici per produzione di acqua calda sanitaria, installati localmente nei servizi igienici.

Il numero complessivo dei bollitori elettrici installati è pari a 4.



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

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

SOTTOSISTEMA DI EROGAZIONE	SOTTOSISTEMA DI DISTRIBUZIONE	SOTTOSISTEMA DI RICIRCOLO	SOTTOSISTEMA DI ACCUMULO	SOTTOSISTEMA DI GENERAZIONE	RENDIMENTO GLOBALE MEDIO STAGIONALE
100% (1)	93% (1)	- (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 ed altri dispositivi in uso del personale e delle attività specifiche della destinazione d’uso.

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

Tabella 4.10 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA NOMINALE [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]	ORE ANNUE DI UTILIZZO [ore]
Scuola dell’infanzia	Scaldavivande	1	1800	1800	400
	PC	1	220	220	400
	Stampante	1	80	80	400
	Stampante multifunzione	1	500	500	400
	Macchina caffè	1	1000	1000	400
	Forno microonde	1	1000	1000	400

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

4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE

L’impianto di illuminazione è costituito da lampade di diverse tipologie, ovvero neon e alogene, in funzione della tipologia di utilizzo dei locali:

Le principali tipologie di corpi illuminanti sono di seguito elencati:

- Lampade a neon installate a soffitto e a parete nelle aule e nelle zone di circolazione interna;
- Fari alogeni installati a parete nell’aula speciale al terzo piano.

Figura 4.15 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nelle aule



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

Tabella 4.11 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA UNITARIA [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]	
Zona riscaldata	Tubolare	2	18 (1x18)	36	
	Tubolare	13	36 (2x18)	468	
	Tubolare	20	72 (4x18)	1.440	
	Tubolare	12	72 (2x36)	864	
	Tubolare	1	58 (1x58)	58	
	Tubolare	35	116 (2x58)	4.060	
	Tubolare				
	Lampada di emergenza	20	18 (1x18)	2.900	
	Proiettore alogeno	5	500	2.500	

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 4.16 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nel refettorio



Figura 4.17 - Particolare del proiettore alogeno ubicato nell’aula speciale



5 CONSUMI RILEVATI

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

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

I vettori energetici analizzati sono i seguenti:

- Gas metano;
- Energia elettrica.

5.1.1 Energia termica

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

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

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

TIPO COMBUSTIBILE	PCI	DENSITÀ	PCI	FATTORE DI CONVERSIONE	PCI
	[kWh/kg]	[kWh/Sm ³]	[kWh/Nm ³]	[Sm ³ /Nm ³]	[kWh/Sm ³]
Metano	n/a	n/a	9,94 (*)	1,0549	9,42

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

La fornitura di Gas metano avviene tramite la presenza di n.1 contatore il quale risulta a servizio dei seguenti utilizzi:

- Centrale termica per il riscaldamento degli ambienti della Zona riscaldata.

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

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

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

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

PDR	Utilizzo	2014	2015	2016	2014	2015	2016
		[Sm ³]	[Sm ³]	[Sm ³]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
3270049876325	Riscaldamento	9.505	9.227	9.241	89.538	86.914	87.050

Parallelamente all’analisi dei consumi storici forniti dalla società di distribuzione non si è potuto provvedere alla valutazione dei consumi fatturati in quanto non sono state fornite le fatture relativamente ai consumi per il triennio di riferimento.

Per la determinazione dei consumi annui nel modello energetico si sono ripartite le varie mensilità in funzione dell’effettivo funzionamento dell’impianto e dei Gradi Giorno reali.

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 5.3 – Normalizzazione dei consumi annuali di energia termica

ANNO	GG _{REALI} SU 109 GIORNI	GG _{RIF} SU 109 GIORNI	CONSUMO REALE RISC. [Smc]	CONSUMO REALE RISC. [kWh]	α_{rif}	CONSUMO NORMALIZZATO A 919 GG [kWh]
2014	1.177	919	9.505	89.563	76,1	69.991
2015	1.117	919	9.227	86.943	77,8	71.577
2016	1.190	919	9.241	87.075	73,2	67.269
Media	1.161	919	9.234	87.860	75,7	69.569

Come si può notare dai dati riportati il comportamento energetico dell’edificio, negli anni considerati, è stato caratterizzato da un andamento abbastanza costante.

Si sono pertanto definiti per il calcolo della Baseline i parametri riportati nella Tabella 5.4:

Tabella 5.4 –Individuazione della Baseline termica

GRANDEZZA	VALORE
	[Kwh]
$\bar{a}_{rif} \times GG_{rif}$	69.569
$Q_{baseline}$	69.569

5.1.2 Energia elettrica

La fornitura di energia elettrica avviene tramite la presenza di n.1 contatore il quale risultato a servizio dei seguenti utilizzi:

- Scuola Infanzia Garrone.

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 5.5 con indicazione dei POD di riferimento.

Tabella 5.5 – Elenco POD e relativi consumi annuali per il triennio di riferimento

POD	ZONA SERVITA	2014	2015	2016	MEDIA
		[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
IT001E00096922	Scuola Infanzia Garrone	12.993	14.324	15.629	14.315
TOTALE		12.993	14.324	15.629	VALORE MEDIO FATTURATO 14.315

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; (valori desunti dal file “kyotoBaseline-EXXXX”: 13.954 kWh)
- Per il 2015 l’analisi delle fatture ha prodotto un dato superiore del 3% circa; (valori desunti dal file “kyotoBaseline-EXXXX”: 14.726 kWh)
- Per il 2016 l’analisi delle fatture ha prodotto un dato inferiore del 10% circa; (valori desunti dal file “kyotoBaseline-EXXXX”: 17.382 kWh)

Il dato medio desumibile dall’analisi delle fatture si discosta dunque dal dato di fornito dalla PA di circa il 7% in meno (valore desunto dal file “kyotoBaseline-EXXXX”: 15.354 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 64.629 kWh.

Tabella 5.6 – Consumi mensili di energia elettrica suddivisi per fasce, per il triennio di riferimento

POD: IT001E00096922	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 14	1.068	228	206	1.502
Feb - 14	1.010	251	150	1.411
Mar - 14	929	257	154	1.340
Apr - 14	765	207	134	1.106
Mag - 14	726	253	207	1.186
Giu - 14	533	171	112	816
Lug - 14	369	91	97	557
Ago - 14	95	65	112	272
Set - 14	755	142	132	1.029
Ott - 14	881	194	106	1.181
Nov - 14	951	181	143	1.275
Dic - 14	875	220	223	1.318
Totale	8.957	2.260	1.776	12.993
POD: IT001E00096922	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 15	987	223	159	1.369
Feb - 15	1.115	222	113	1.450
Mar - 15	1.143	277	172	1.592
Apr - 15	914	241	217	1.372
Mag - 15	802	263	229	1.294
Giu - 15	634	202	144	980
Lug - 15	142	81	142	365
Ago - 15	235	81	157	473
Set - 15	820	240	150	1.210
Ott - 15	1.055	249	151	1.455
Nov - 15	1.076	238	166	1.480
Dic - 15	915	195	174	1.284
Totale	9.838	2.512	1.974	14.324
POD: IT001E00096922	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 16	1.047	245	207	1.499
Feb - 16	1.166	299	155	1.620
Mar - 16	1.079	285	164	1.528
Apr - 16	883	307	257	1.447
Mag - 16	982	274	166	1.422
Giu - 16	658	222	149	1.029
Lug - 16	110	78	154	342
Ago - 16	214	103	168	485
Set - 16	808	227	107	1.142
Ott - 16	950	269	145	1.364
Nov - 16	1.138	345	303	1.786
Dic - 16	997	403	565	1.965
Totale	10.032	3.057	2.540	15.629

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 5.7 bis.

Tabella 5.7 – Consumi mensili fatturati

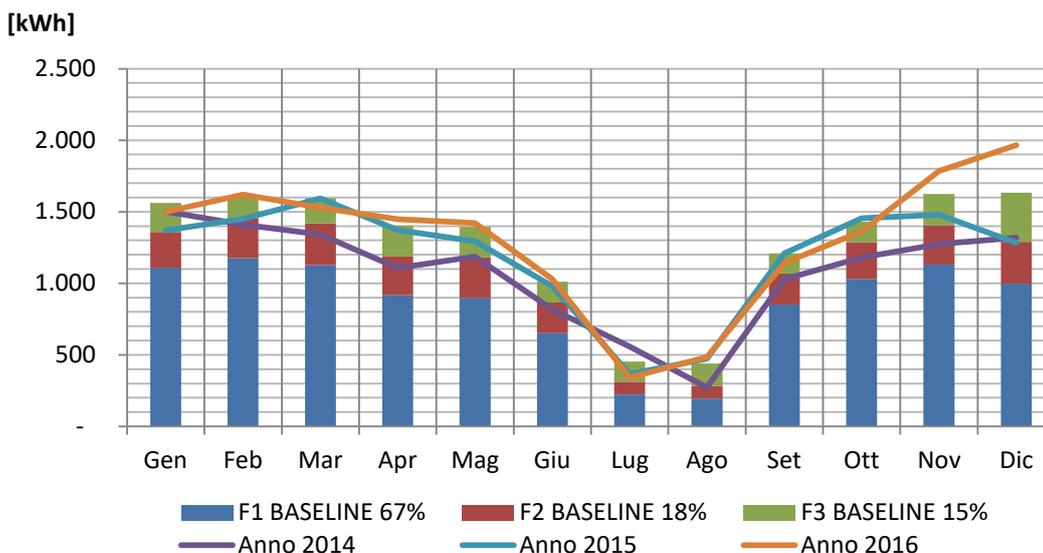
	F1	F2	F3	TOTALE
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	1.034	232	191	1.457
Febbraio	1.097	257	139	1.494
Marzo	1.050	273	163	1.487
Aprile	854	252	203	1.308
Maggio	837	263	201	1.301
Giugno	608	198	135	942
Luglio	207	83	131	421
Agosto	181	83	146	410
Settembre	794	203	130	1.127
Ottobre	962	237	134	1.333
Novembre	1.055	255	204	1.514
Dicembre	929	273	321	1.522
Totale	9.609	2.610	2.097	14.315

Tabella 5.7 bis – Consumi mensili di baseline

BASELINE	F1	F2	F3	TOTALE
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	1.109	249	205	1.562
Febbraio	1.177	276	149	1.602
Marzo	1.127	293	175	1.595
Aprile	916	270	217	1.403
Maggio	897	282	215	1.395
Giugno	652	213	145	1.010
Luglio	222	89	141	452
Agosto	194	89	156	440
Settembre	852	218	139	1.209
Ottobre	1.032	255	144	1.430
Novembre	1.132	273	219	1.623
Dicembre	996	292	344	1.633
Totale	10.306	2.799	2.249	15.354

L’andamento dei consumi elettrici mensili nel triennio di riferimento e di Baseline è riportato nei grafici in Figura 5.1.

Figura 5.1 – 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 4.10, che potrebbero non essere staccate dalla rete quando la scuola è chiusa come ad esempio i distributori automatici, i pc e le stampanti lasciati in standby;
- Presenza di punti luce interni che rimangono accesi;
- Presenza di punti luce esterni che vengono accesi anche nei periodi in cui l'edificio non è utilizzato;
- Utilizzo da parte di utenti terzi dell'edificio.

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

POD IT001E00096922	Indirizzo Fornitura V SAN QUIRICO,139N - 16163 GENO	ATTIVO
-----------------------	--	---------------

Dettagli - Le Mie Letture

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

Periodo Visualizzazione

Inizio Periodo: 17/06/2017 Fine Periodo: 31/12/2017 **Esegui**

Visualizzazione e Download

Data Lettura	Codice Misuratore	Matricola Misuratore	Costante Misuratore	Tipo Dato	Energia Attiva Fascia 1 (kWh)	Energia Attiva Fascia 2 (kWh)	Energia Attiva Fascia 3 (kWh)	Energia Reattiva Fascia 1 (kVARh)	Energia Reattiva Fascia 2 (kVARh)	Energia Reattiva Fascia 3 (kVARh)	Potenza Fascia 1 (kW)	Potenza Fascia 2 (kW)	Potenza Fascia 3 (kW)
30/06/2017	05E1G5352	02529044	1	REALE	64662	18518	33766	-	-	-	-	-	-
31/07/2017	05E1G5352	02529044	1	REALE	65087	18616	33924	-	-	-	-	-	-
31/08/2017	05E1G5352	02529044	1	REALE	65238	18683	34009	-	-	-	-	-	-
30/09/2017	05E1G5352	02529044	1	REALE	66127	18953	34100	-	-	-	-	-	-
31/10/2017	05E1G5352	02529044	1	REALE	67180	19291	34309	-	-	-	-	-	-
30/11/2017	05E1G5352	02529044	1	REALE	68420	19702	34717	-	-	-	-	-	-
31/12/2017	05E1G5352	02529044	1	REALE	69413	20045	35178	-	-	-	-	-	-

Legenda:

Letture reale: lettura rilevata dal distributore alla data indicata

Letture stimata: lettura calcolata dal distributore.

5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI

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

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

Tabella 5.8 - Fattori di emissione di CO₂.

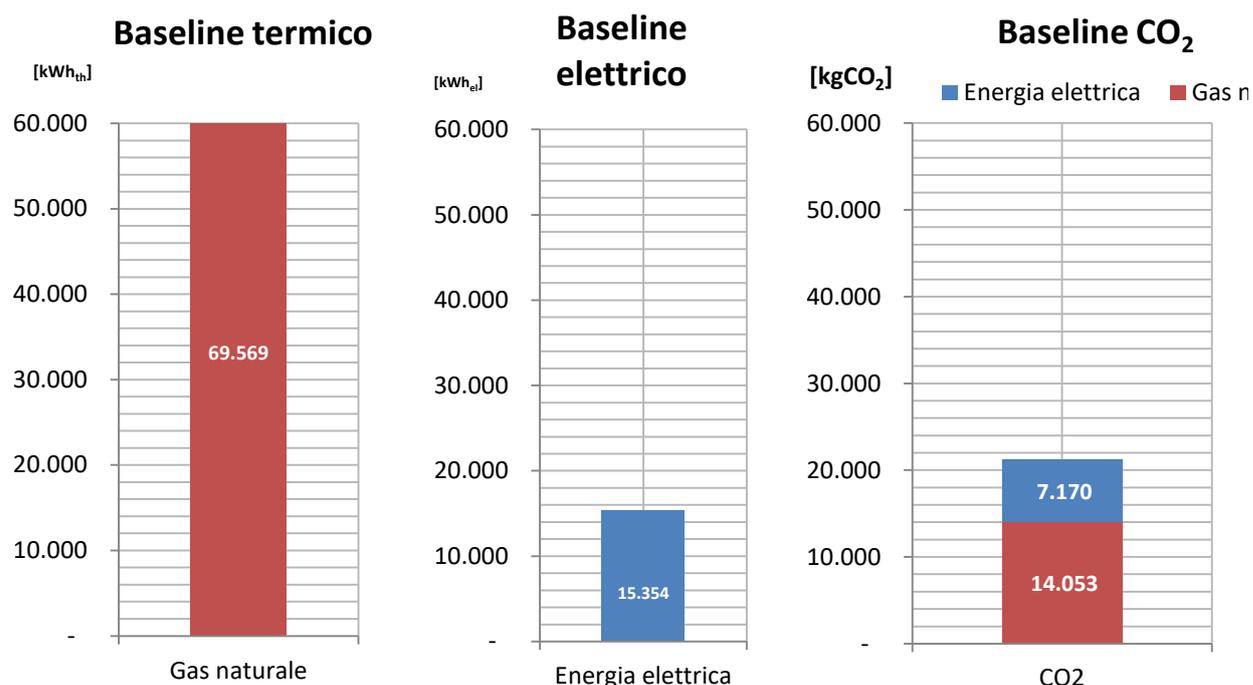
COMBUSTIBILE	FATTORE DI CONVERSIONE
	kgCO ₂ /kWh
Energia elettrica	* 0,467
Gas naturale	* 0,202

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

Applicando tali fattori di conversione è stato possibile valutare la Baseline delle emissioni di CO₂, come riportato nella Tabella 5.9 Tabella 5.9 – Baseline delle emissioni di CO₂. e nella Figura 5.2.

Tabella 5.9 – Baseline delle emissioni di CO₂.

COMBUSTIBILE	FATTORE DI CONVERSIONE	
	CONSUMO DI BASELINE [kWh]	[tCO ₂ /MWh]
Energia elettrica	15.354	* 0,467
Gas naturale	69.569	* 0,202,

Figura 5.2 – Rappresentazione grafica della Baseline dei consumi e delle emissioni di CO₂.

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

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

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

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

Tabella 5.11 – Fattori di riparametrizzazione

PARAMETRO		VALORE	U.M.
FATTORE 1	Superficie netta riscaldata	826	m ²
FATTORE 2	Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	897	m ²
FATTORE 3	Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate)	4.163	m ³

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

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

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE [kWh/anno]	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA TOTALE	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA TOTALE [kWh/anno]	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA TOTALE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1 [kWh/m ²]	FATTORE 2 [kWh/m ²]	FATTORE 3 [kWh/m ³]	FATTORE 1 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 2 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 3 [Kg CO ₂ /m ³]
Gas naturale	69.569	1,05	73.047	88,4	81,4	15,8	17,01	15,67	3,05
Energia elettrica	15.354	2,42	37.157	45,0	41,4	8,1	8,68	7,99	1,55
TOTALE			110.204	133	123	24	26	24	5

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

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE [kWh/anno]	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA NON RINN.	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA NON RINN. [kWh/anno]	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1 [kWh/m ²]	FATTORE 2 [kWh/m ²]	FATTORE 3 [kWh/m ³]	FATTORE 1 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 2 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 3 [Kg CO ₂ /m ³]
Gas naturale	69.569	1,05	73.047	88,4	81,4	15,8	17,01	15,67	3,05
Energia elettrica	15.354	1,95	29.940	36,2	33,4	6,5	8,68	7,99	1,55
TOTALE			102.988	125	115	22	26	24	5

Figura 5.3 – Indicatori di performance e relative emissioni di CO₂ valutati in funzione della superficie utile riscaldata

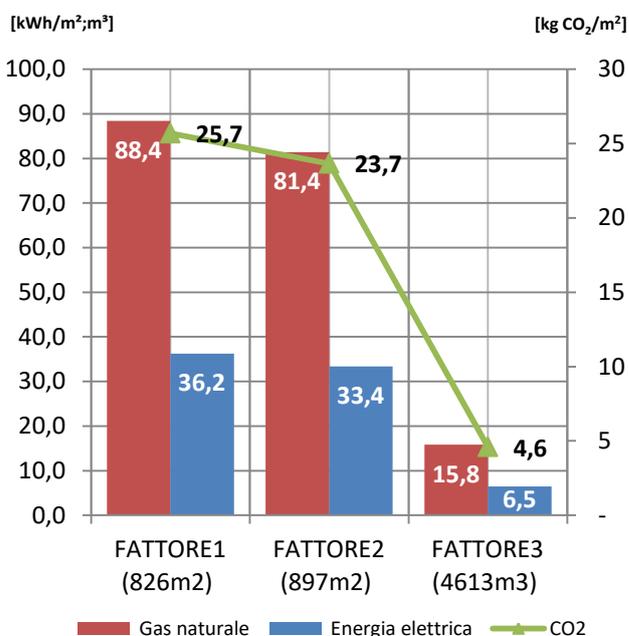
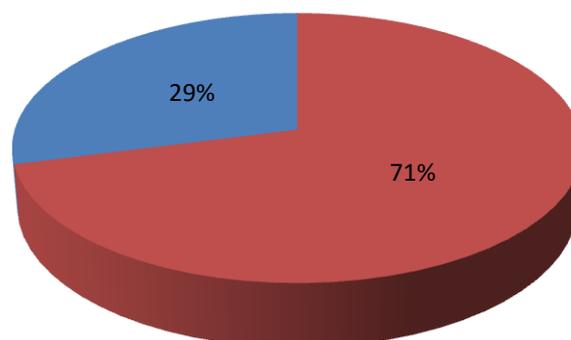
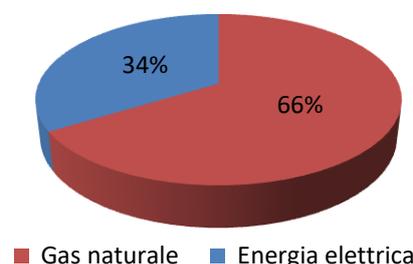


Figura 5.4 – Ripartizione % dei consumi di energia primaria e delle relative emissioni di CO₂

Ripartizione % energia primaria



Ripartizione % emissioni CO₂



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

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

- Fattore di forma dell’edificio, rapporto fra superficie disperdente e volume riscaldato S/V (fattore F_e);
- Ore di occupazione dell’edificio scolastico (fattore F_h);
- Gradi Giorno convenzionali della località (1435 GG) così come definiti D.P.R. 412/93 - allegato A
- Volume riscaldato (V_{risc}).

La formula definita è sotto riportata:

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

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

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

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

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

Tabella 5.14 – Indicatori di performance energetici

COMBUSTIBILE	IEN _R			IEN _E		
	Wh/(m ³ GG anno)			Wh/(m ³ anno)		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Gas Naturale	11,90	11,55	11,57	-	-	-
Energia elettrica	-	-	-	10,45	11,03	11,50

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 5.15 – 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 5.16– 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	243.003	230.542
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	181.669	181.120
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	26.706	21.519
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	34.629	27.903
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	-	-
Emissioni equivalenti di CO2	CO _{2eq}	Kg/mq anno	65.340	59.666

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

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE [kWh/anno]
Gas Naturale	14.928,10 [m3/anno]	147.653,84
Energia Elettrica	21.889,80 [kWh/anno] + 1180 [kWh/anno]	44.986,11

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

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

Dove:

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

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

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

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

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

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

6.1.1 Validazione del modello termico

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

Si è quindi provveduto alla simulazione dei parametri reali di utilizzo dell’edificio considerando le effettive condizioni d’uso dello stesso.

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	130,1073	122,1174
Climatizzazione invernale	EP_H	kWh/mq anno	90,4714	90,1794
Produzione di acqua calda sanitaria	EP_w	kWh/mq anno	5,0073	4,0348
Ventilazione	EP_v	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	EP_c	kWh/mq anno	-	-

Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	34,6286	27,9032
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	-	-
Emissioni equivalenti di CO2	CO _{2eq}	Kg/mq anno	36,79	33,13

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

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	CONSUMO
	[m3/anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	7.426	69.954
Energia Elettrica	-	15.875

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]	[%]
69.954	69.569	0,5

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]	[%]
15.875	15.354	3,4

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

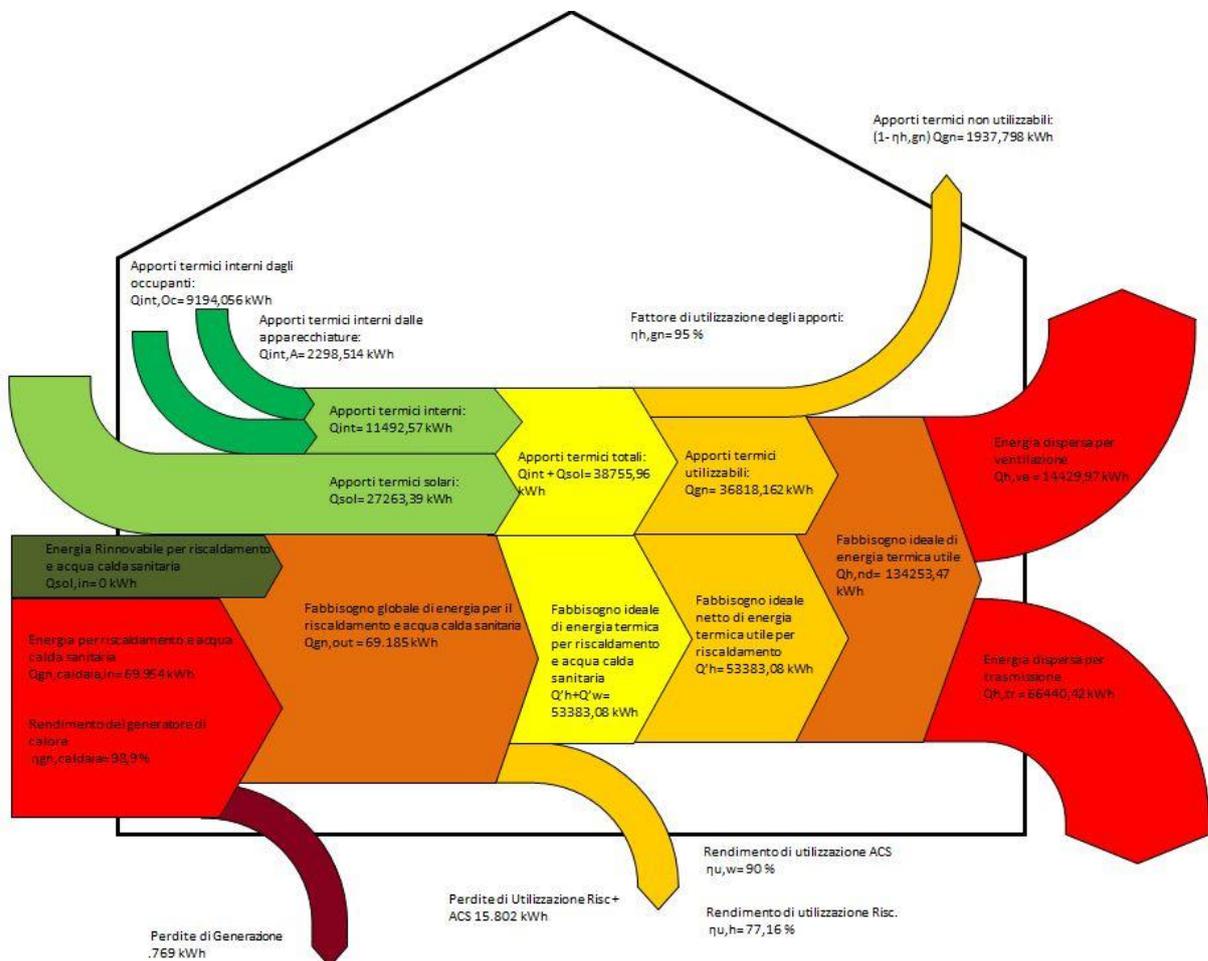
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

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

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

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

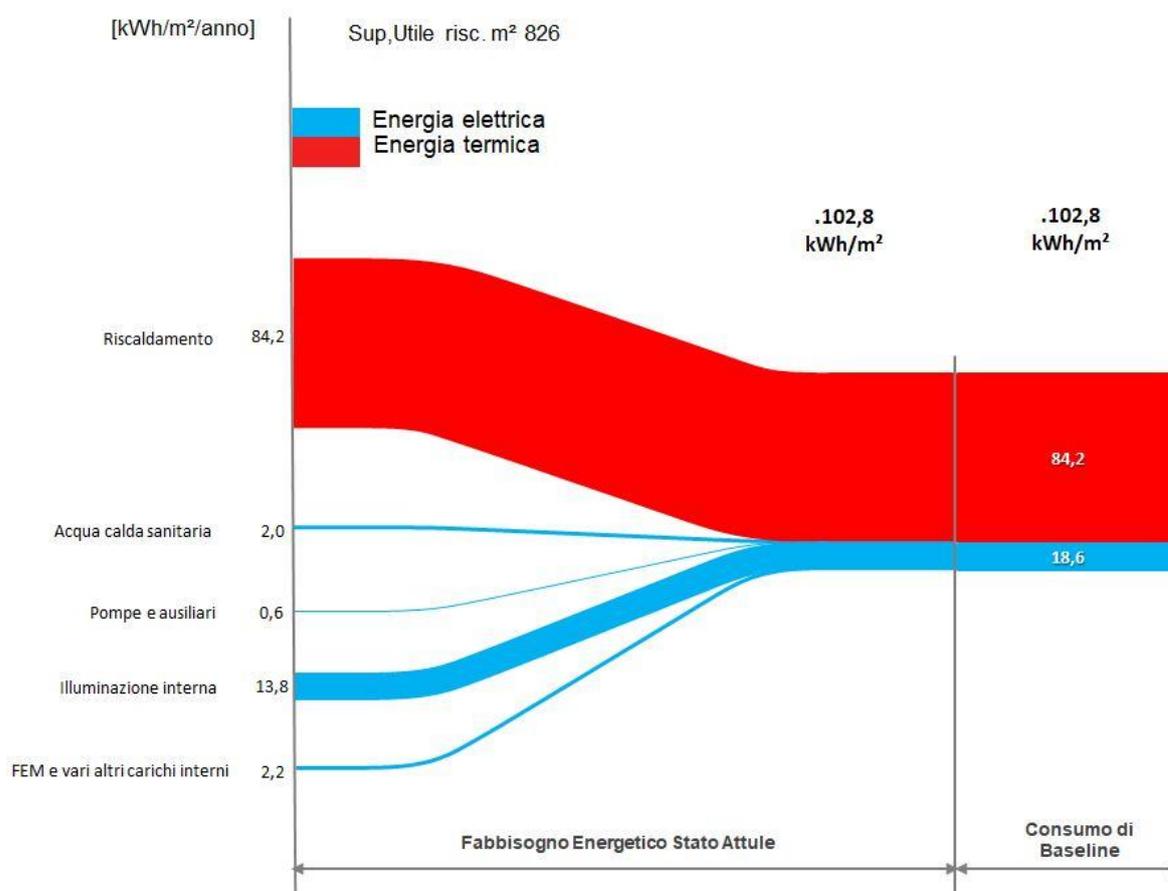
Figura 6.1 – Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio allo stato attuale



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

E' 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.

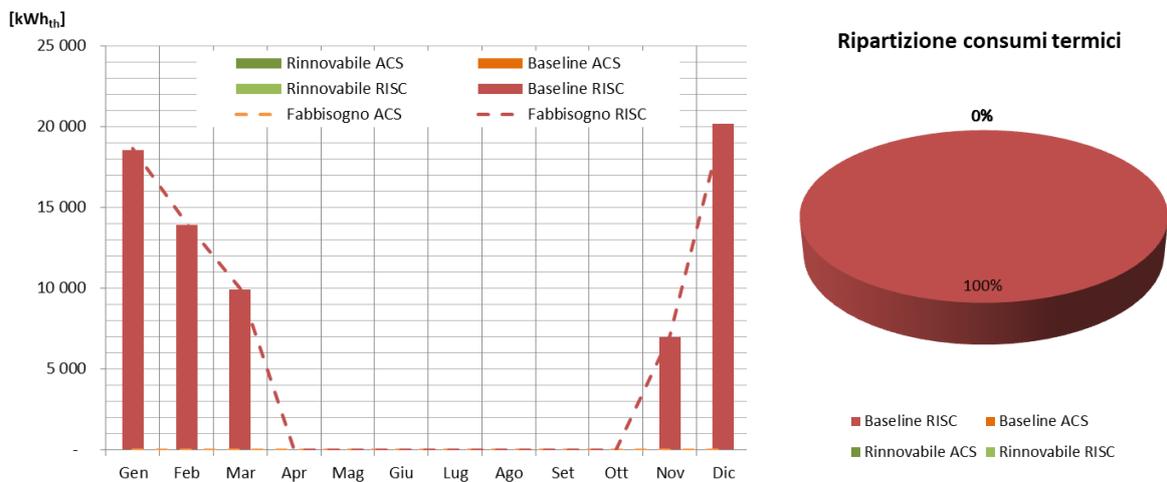
Dall’analisi del diagramma di Sankey relativo al bilancio energetico complessivo dell’edificio è possibile notare che il maggior quantitativo di energia è impiegato per il riscaldamento degli ambienti.

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



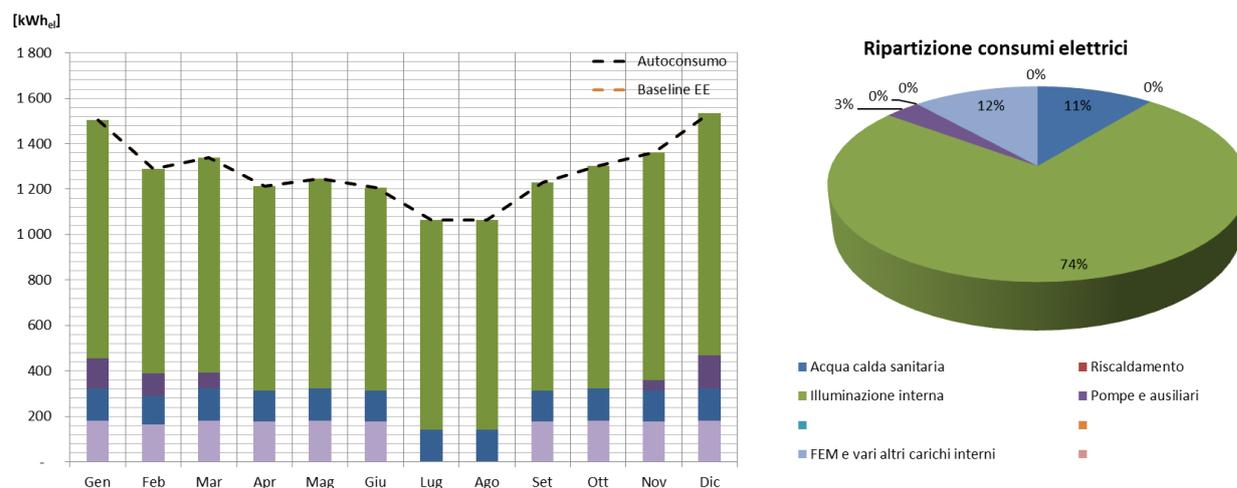
Si può notare come la totalità dei consumi termici sia da attribuirsi alla climatizzazione dei locali.

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 1.840 kWh, valore derivato dall’utilizzo delle apparecchiature elettriche presenti all’interno della scuola per i tempi stimati e definiti in tabella 4.13 (Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche).

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

I risultati di tale valutazione sono riportati nella Figura 6.4.

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



Si può notare come la maggior parte dei consumi sia da attribuirsi all’utilizzo dell’illuminazione interna. Si evince inoltre che una parte sensibilmente inferiore dei consumi è attribuita al consumo relativo alla produzione di acqua calda sanitaria tramite boiler elettrici e alle FEM che riguardano i dispositivi tipici della destinazione d’uso dell’edificio.

7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO

7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI

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

7.1.1 Vettore termico

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

- PDR – 3270049876325: 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.

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 – IT001E00096922: 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 7.1 si riportano le principali caratteristiche del contratto di fornitura del vettore elettrico per gli anni di riferimento.

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

POD: IT001E00096922	2014	2015	2015	2016	2016
Indirizzo di fornitura	VIA SAN QUIRICO 139 R				
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 Energia S.P.A.	Edison Energia S.P.A.	GALA S.P.A.	GALA S.P.A.	IREN Mercato S.p.a.
Inizio periodo fornitura	01/10/2013	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	10,00 kW	10,00 kW	10,00 kW	10,00 kW	10,00 kW
Potenza elettrica disponibile	11,00 kW	11,00 kW	11,00 kW	11,00 kW	11,00 kW
Tipologia di contratto	Forniture in BT (escluso IP)	Forniture in BT (escluso IP)	BTA4	BTA4	CONSIP13 VERDE - L0390
Opzione tariffaria ⁽¹⁾	Tri-oraria	Tri-oraria	Tri-oraria	Tri-oraria	Tri-oraria
Prezzi del fornitura dell'energia elettrica ⁽²⁾	0,07528€/kWh	0,07607€/kWh	0,03505€/kWh	0,03035€/kWh	0,04926€/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 7.2 si riporta l'andamento del costo del vettore elettrico nel triennio di riferimento, suddiviso nelle varie componenti.

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

POD: IT001E00096 922	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	113	16	155	19	67	369	1.502	0,246
Feb – 14	107	17	148	18	64	353	1.411	0,250
Mar – 14	101	16	143	17	61	337	1.340	0,252
Apr – 14	84	15	128	14	53	293	1.106	0,265
Mag – 14	88	18	134	15	56	311	1.186	0,263
Giu – 14	61	13	97	10	40	222	816	0,272
Lug – 14	42	6	85	7	31	170	557	0,305
Ago – 14	19	4	63	3	20	109	272	0,399
Set – 14	78	15	122	13	50	277	1.029	0,269
Ott – 14	90	16	136	15	56	313	1.181	0,265
Nov – 14	97	17	144	16	60	334	1.275	0,262
Dic – 14	98	18	147	16	28	307	1.318	0,233
Totale	978	170	1.500	162	585	3.395	12.993	0,261
POD: IT001E00096 922	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
	FISSA	PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen – 15	104	16	156	17	29	322	1.369	0,235
Feb – 15	111	17	163	18	31	340	1.450	0,234
Mar – 15	121	19	174	20	33	367	1.592	0,231
Apr – 15	55	16	156	17	24	269	1.372	0,196
Mag – 15	50	15	150	16	23	254	1.294	0,196
Giu – 15	38	11	125	12	19	205	980	0,209
Lug – 15	14	4	75	5	10	107	365	0,292
Ago – 15	17	5	84	6	11	123	473	0,260
Set – 15	45	12	147	15	22	241	1.210	0,199
Ott – 15	44	15	174	18	25	275	1.455	0,189
Nov – 15	45	11	176	19	25	276	1.480	0,186
Dic – 15	39	10	158	16	22	246	1.284	0,191
Totale	683	150	1.738	179	275	3.024	14.324	0,211
POD: IT001E00096 922	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
	FISSA	PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen – 16	43	15	167	19	24	268	1.499	0,179
Feb – 16	41	17	177	20	25	280	1.620	0,173

E1252 – Scuola dell’infanzia “Garrone”

Mar - 16	57	16	169	19	26	287	1.528	0,188
Apr - 16	48	24	156	18	25	270	1.447	0,187
Mag - 16	52	23	174	18	27	294	1.422	0,206
Giu - 16	40	17	144	13	21	236	1.029	0,229
Lug - 16	15	7	91	4	12	129	342	0,378
Ago - 16	18	11	102	6	14	151	485	0,311
Set - 16	54	24	153	14	24	269	1.142	0,236
Ott - 16	81	21	171	17	29	318	1.364	0,233
Nov - 16	116	28	204	22	37	407	1.786	0,228
Dic - 16	118	31	218	25	39	430	1.965	0,219
Totale	682	234	1.925	195	304	3.340	15.629	0,214

Nel grafico in Figura 7.1 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 7.1 – Andamento del costo unitario del vettore elettrico per il triennio di riferimento e per il 2017

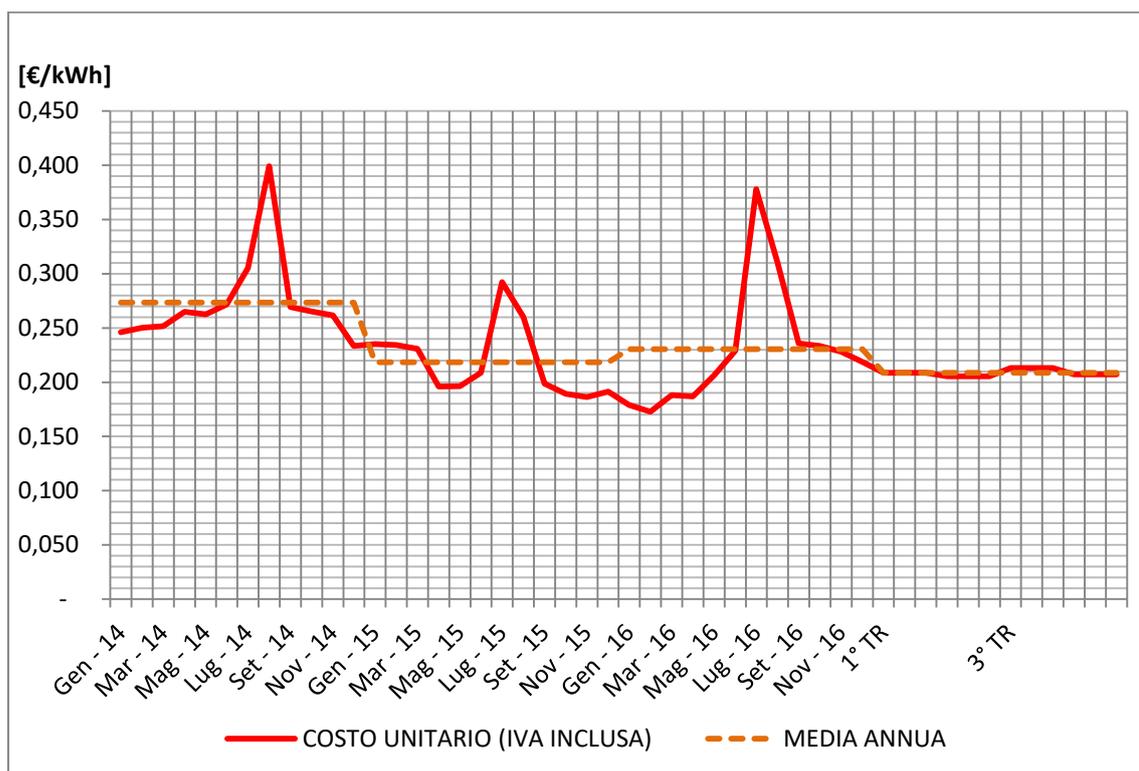
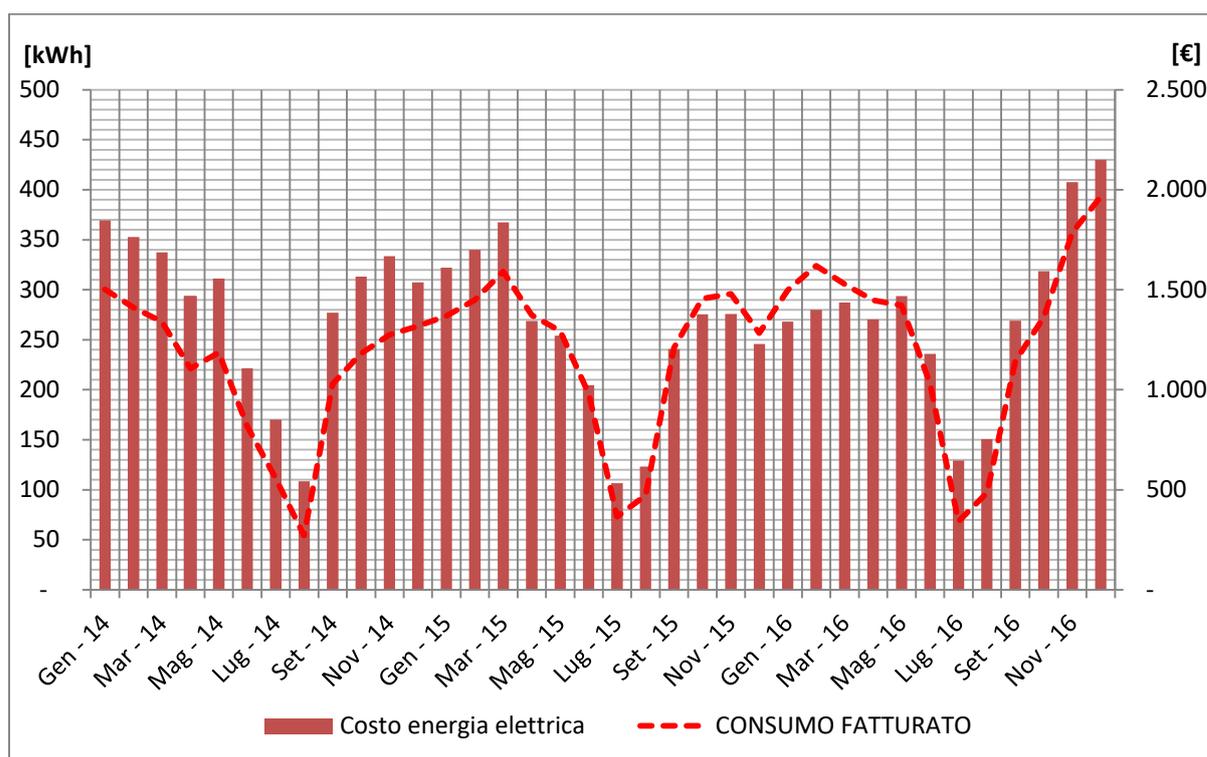


Figura 7.2 – Andamento dei consumi e dei costi dell’energia elettrica



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

Tabella 7.3 – Sintesi dei consumi nel triennio di riferimento

ANNO	VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			TOTALE
	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[€]
2014	n.d.	n.d.	n.d.	12.993	3.395	0,261	n.d.
2015	n.d.	n.d.	n.d.	14.324	3.024	0,211	n.d.
2016	n.d.	n.d.	n.d.	15.629	3.340	0,214	n.d.
2017	-	-	0,0841	-	-	0,208	-
Media	n.d.	n.d.	0,0841	14.315	3.253	0,223	n.d.

Ai fini del calcolo della Baseline dei costi si sono pertanto assunti i valori di riportati nella Tabella 7.4.

Tabella 7.4 – 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}	0,084 [€/kWh]
Costo unitario dell’energia elettrica	Valore relativo all’ultimo anno a disposizione	C _{uEE}	0,209 [€/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:

- L1-042-108: servizio SIE3

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

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

Tali servizi prevedono il pagamento di un canone annuale da parte della PA pari a €19.135,43.

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 riportati nella Tabella 7.5.

Tabella 7.5 – Valori di costo manutentivi individuati per il calcolo della Baseline

Definizione		Valore	U.M.
Costo per la gestione e manutenzione ordinaria	Corrispettivo annuale relativo al contratto O&M in essere	C_{MO} 10.493	[€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Media relativa a gli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici	C_{MS} 2.789	[€/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:

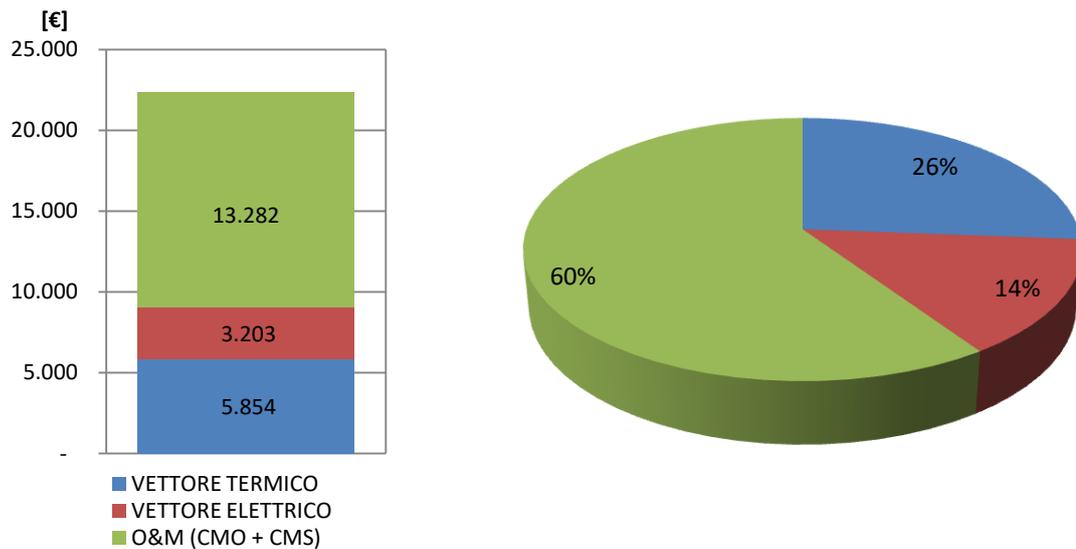
$$C_{baseline} = C_E + C_{MO} + C_{MS}$$

Ne risulta quindi un C_E pari a € 9.057 e un $C_{baseline}$ pari a € 22.339

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

VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO				O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)		TOTALE
$Q_{baseline}$	Cu_Q	C_Q	$EE_{baseline}$	Cu_{EE}	C_{EE}	C_M	C_{MO}	C_{MS}	$CQ+CEE+CM$
[kWh]	[€/kWh]	[€]	[kWh]	[€/kWh]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
69.569	0,084	5.854	15.354	0,209	3.203	13.282	10.493	2.789	22.339

Figura 7.3 – Baseline dei costi e loro ripartizione



8 IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA

8.1 DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI

8.1.1 Involucro edilizio

EEM1: Cappotto interno

Generalità

La misura prevede l’applicazione di due lastre in lana di vetro rispettivamente dello spessore di 4 e 8 cm, per uno spessore complessivo di 12 cm ed uno strato di finitura consistente in rasatura e tinteggiatura, al fine di ridurre le dispersioni termiche delle murature perimetrali dell’edificio.

L’inserimento di un cappotto interno in lana di vetro consente di ridurre le dispersioni termiche dell’involucro opaco, portando anche al miglioramento delle condizioni di comfort termico.

Figura 8.1 – Particolare della muratura perimetrale dell’edificio nella parte basamentale



Caratteristiche funzionali e tecniche

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

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

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

Descrizione dei lavori

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

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

Prestazioni raggiungibili

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

Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM1 – Cappotto interno

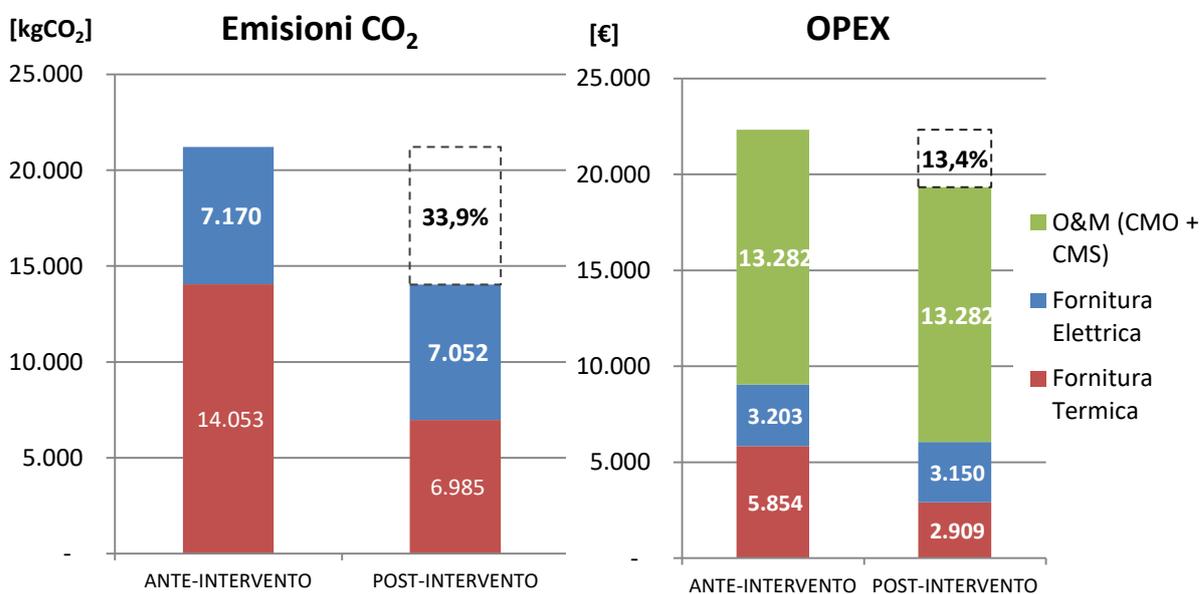
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM1 (trasmissione termica)	[W/m ² K]	2,753	0,236	91,4%
Q _{teorico}	[kWh]	69.954	34.769	50,3%
EE _{teorico}	[kWh]	15.875	15.613	1,7%
Q _{baseline}	[kWh]	69.569	34.578	50,3%
EE _{Baseline}	[kWh]	15.354	15.100	1,7%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	14.053	6.985	50,3%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	7.170	7.052	1,7%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	21.223	14.036	33,9%

Fornitura Termica, C _Q	[€]	5.854	2.909	50,3%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	3.203	3.150	1,7%
Fornitura Energia, C_E	[€]	9.057	6.060	33,1%
C _{MO}	[€]	10.493	10.493	0,0%
C _{MS}	[€]	2.789	2.789	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	13.282	13.282	0,0%
OPEX	[€]	22.339	19.341	13,4%
Classe energetica	[-]	F	E	+1 classi

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

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

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



EEM2: Sostituzione infissi

Generalità

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

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

Figura 8.3 – Particolare dei serramenti



Caratteristiche funzionali e tecniche

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

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

Descrizione dei lavori

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

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

Prestazioni raggiungibili

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

Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM2 – Sostituzione infissi

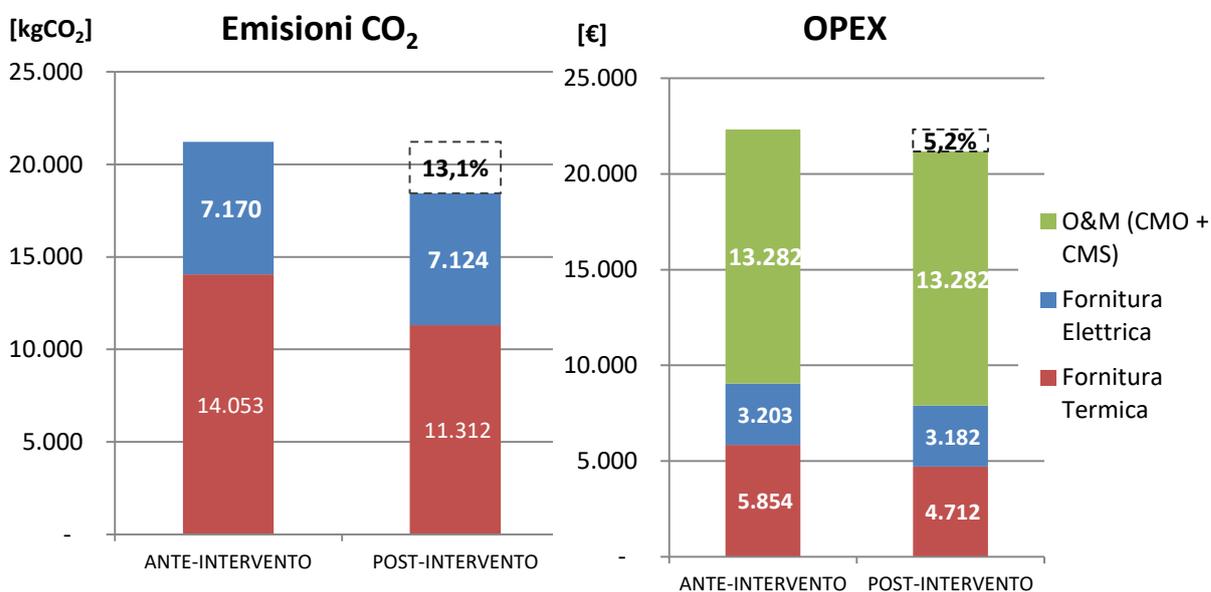
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM2 (trasmissione termica)	W/m ² K	4,38	1,63	62,8%
Q _{teorico}	[kWh]	69.954	56.309	19,5%
EE _{teorico}	[kWh]	15.875	15.773	0,6%
Q _{baseline}	[kWh]	69.569	55.999	19,5%
EE _{Baseline}	[kWh]	15.354	15.255	0,6%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	14.053	11.312	19,5%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	7.170	7.124	0,6%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	21.223	18.436	13,1%

Fornitura Termica, C _Q	[€]	5.854	4.712	19,5%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	3.203	3.182	0,6%
Fornitura Energia, C_E	[€]	9.057	7.894	12,8%
C _{MO}	[€]	10.493	10.493	0,0%
C _{MS}	[€]	2.789	2.789	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	13.282	13.282	0,0%
OPEX	[€]	22.339	21.176	5,2%
Classe energetica	[-]	F	F	-

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



EEM3: Isolamento solaio di copertura

Generalità

La misura prevede l’applicazione in contro placcaggio di due strati di lana di vetro in lastre, ripetutamente dello spessore di 5 e 8 cm per uno spessore complessivo di 13 cm, applicati su una struttura metallica di supporto ed uno strato di finitura consistente di una lastra di cartongesso fibrorinforzato al fine di ridurre le dispersioni termiche dei solai di copertura verso l’esterno come quelle delle aule al piano secondo, della palestra e del refettorio al piano terra.

Figura 8.5 – Solaio di copertura



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

Caratteristiche funzionali e tecniche

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

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

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

Descrizione dei lavori

La posa deve essere effettuata da personale tecnico specializzato.

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

Prestazioni raggiungibili

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

Tabella 8.3 – Risultati analisi EEM3 – Isolamento solaio di copertura

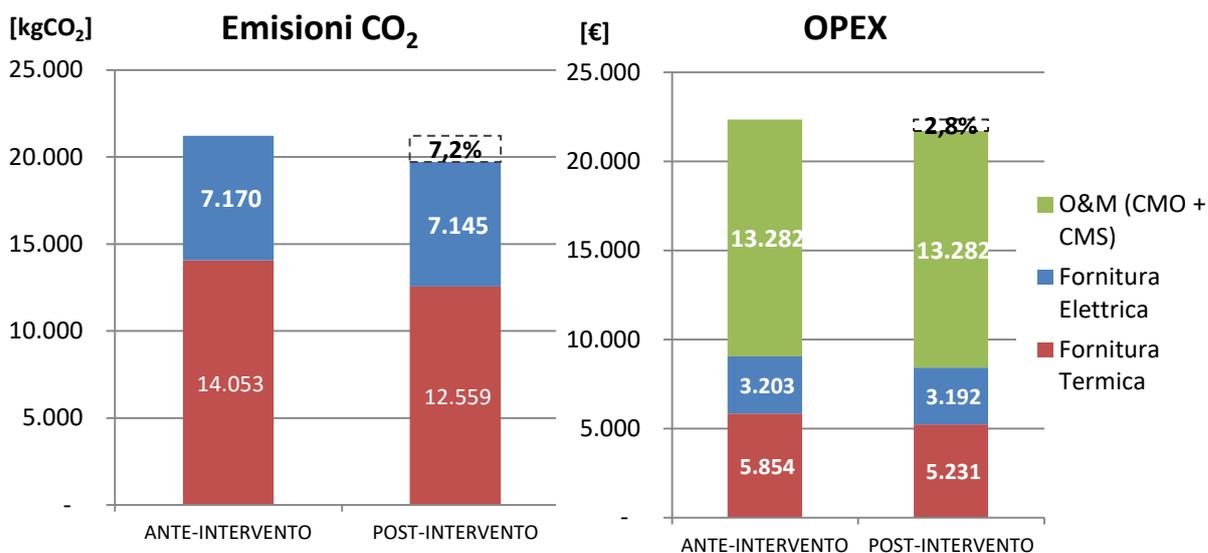
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM3 (trasmissione termica)	W/m ² K	1,52	0,21	86,2%
Q _{teorico}	[kWh]	69.954	62.519	10,6%
EE _{teorico}	[kWh]	15.875	15.820	0,3%
Q _{baseline}	[kWh]	69.569	62.174	10,6%
EE _{Baseline}	[kWh]	15.354	15.300	0,3%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	14.053	12.559	10,6%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	7.170	7.145	0,3%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	21.223	19.705	7,2%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	5.854	5.231	10,6%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	3.203	3.192	0,3%
Fornitura Energia, C_E	[€]	9.057	8.423	7,0%
C _{MO}	[€]	10.493	10.493	0,0%

C _{MS}	[€]	2.789	2.789	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	13.282	13.282	0,0%
OPEX	[€]	22.339	21.705	2,8%
Classe energetica	[-]	F	F	-

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,074 [€/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 8.6 – EEM3: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



8.1.2 Impianto produzione acqua calda sanitaria

EEM4: Scaldacqua a pompa di calore

Generalità

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

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

Figura 8.7 – Particolare del boiler elettrico installato per produzione di ACS



Caratteristiche funzionali e tecniche

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

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

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

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

Descrizione dei lavori

La posa deve essere effettuata da personale tecnico specializzato.

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

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione della EEM4 sono riportati nella Tabella 8.4 e Figura 8.8

Tabella 8.4 – Risultati analisi EEM4 – Scaldacqua a pompa di calore

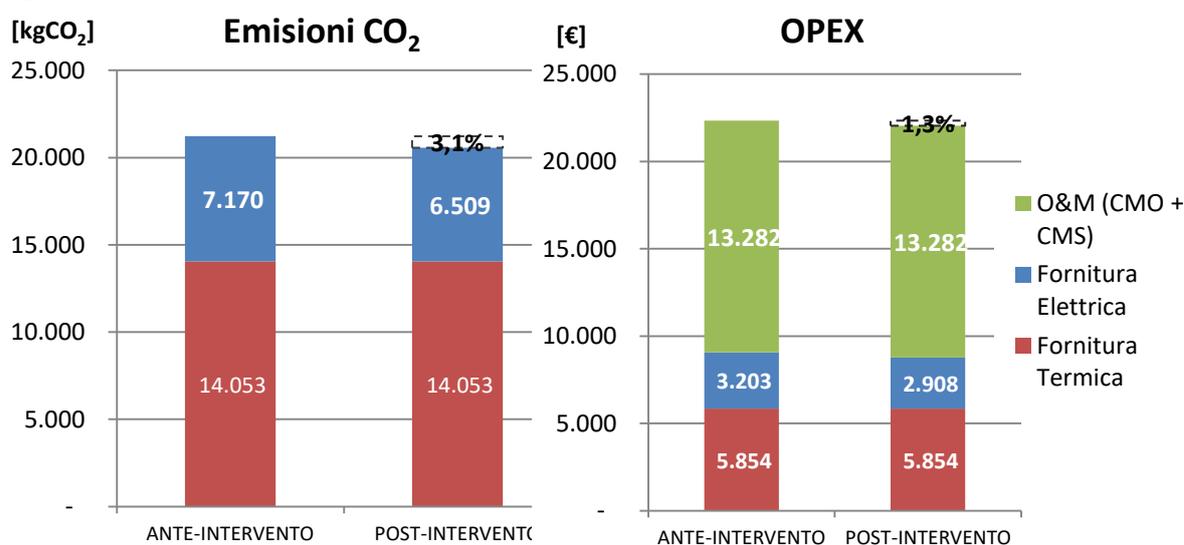
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM5 (Fabb. di energia elettrica per ACS)	[kWp]	5,7	2	64,9%
$Q_{teorico}$	[kWh]	69.954	69.956	0,0%
$EE_{teorico}$	[kWh]	15.875	14.412	9,2%
$Q_{baseline}$	[kWh]	69.569	69.571	0,0%
$EE_{baseline}$	[kWh]	15.354	13.939	9,2%

Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	14.053	14.053	0,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	7.170	6.509	9,2%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	21.223	20.563	3,1%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	5.854	5.854	0,0%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	3.203	2.908	9,2%
Fornitura Energia, C_E	[€]	9.057	8.762	3,3%
C _{MO}	[€]	10.493	10.493	0,0%
C _{MS}	[€]	2.789	2.789	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	13.282	13.282	0,0%
OPEX	[€]	22.339	22.043	1,3%
Classe energetica	[-]	F	F	-

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

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

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



8.1.3 Impianto di illuminazione ed impianto elettrico

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

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

9 VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA

9.1 ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

EEM1: Cappotto interno

Nella Tabella 9.1 è riportata l’analisi dei costi relativi alle EEM 1, che consiste nella posa due lastre di isolante in lana di vetro da applicare sul lato interno delle murature perimetrali dell’edificio.

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

Tabella 9.1 – Analisi dei costi della EEM1 – Cappotto interno

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ²]	[€]	[€]	[€]
Fornitura di pannello in lana di roccia 4cm	Liguria 2017	650	€/mq	6,147	3.995,55 €	879,02 €	4.874,57 €
Posa in opera di pannello isolante	Liguria 2017	650	€/mq	4,221	2.743,65 €	603,60 €	3.347,25 €
Fornitura di pannello in lana di roccia 8cm	Liguria 2017	650	€/mq	11,943	7.762,95 €	1.707,85 €	9.470,80 €
Posa in opera di pannello isolante	Liguria 2017	650	€/mq	4,221	2.743,65 €	603,60 €	3.347,25 €
Intonaco interno	Liguria 2017	650	€/mq	8,874	5.768,10 €	1.268,98 €	7.037,08 €
Tinteggiatura	Liguria 2017	650	€/mq	5,562	3.615,30 €	795,37 €	4.410,67 €
Costi per la sicurezza					798,88 €	175,75 €	974,63 €
Costi per la progettazione					1.864,04 €	410,09 €	2.274,13 €
TOTALE (I₀)					29.292,12 €	6.444,27 €	35.736,39 €
Incentivi	Conto termico					€	14.295
Durata incentivi						Anni	5
Incentivo annuo						€/Anno	2.859

EEM2: Sostituzione infissi

Nella Tabella 9.2 è riportata l’analisi dei costi relativi alle EEM 2, che consiste nella sostituzione degli infissi presenti con nuovi in PVC e vetrocamera con rivestimento basso emissivo.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l’ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, in quanto sono già installate valvole termostatiche sui corpi scaldanti dell’edificio.

Gli incentivi possono essere quantificati come di seguito descritto:

Tabella 9.2 – Analisi dei costi della EEM2 – Infissi in PVC

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ²]	[€]	[€]	[€]
Rimozione infissi esistenti	Liguria 2017	90	€/mq	12,159	1.094,31 €	240,75 €	1.335,06 €
Fornitura infissi in PVC	Liguria 2017	90	€/mq	296,01	26.640,90 €	5.861,00 €	32.501,90 €
Posa in opera di infissi in PVC	Liguria 2017	90	€/mq	42,858	3.857,22 €	848,59 €	4.705,81 €
Costi per la sicurezza					947,77 €	208,51 €	1.156,28 €
Costi per la progettazione					2.211,47 €	486,52 €	2.697,99 €
TOTALE (I₀)					34.751,67 €	7.645,37 €	42.397,04 €
Incentivi	Conto termico					€	16.959
Durata incentivi						Anni	5
Incentivo annuo						€/Anno	3.392

EEM3: Isolamento solaio copertura

Nella Tabella 9.3 è riportata l’analisi dei costi relativi alle EEM 3, che consiste nella posa di due strati di lana di vetro in lastre da applicare all’intradosso del solaio di copertura.

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

Tabella 9.3 – Analisi dei costi della EEM3 – Isolamento soalio di copertura

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO [€/n° o €/m ²]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
Fornitura di pannello in lana di vetro 8 cm	Liguria 2017	180	€/mq	11,943	2.149,74 €	472,94 €	2.622,68 €
Posa in opera di pannello isolante	Liguria 2017	180	€/mq	4,221	759,78 €	167,15 €	926,93 €
Fornitura di pannello in lana di vetro 5 cm	Liguria 2017	180	€/mq	7,38	1.328,40 €	292,25 €	1.620,65 €
Posa in opera di pannello isolante	Liguria 2017	180	€/mq	4,221	759,78 €	167,15 €	926,93 €
Lastra di cartongesso	Liguria 2017	180	€/mq	8,766	1.577,88 €	347,13 €	1.925,01 €
Costi per la sicurezza					197,27 €	43,40 €	240,67 €
Costi per la progettazione					460,29 €	101,26 €	561,55 €
TOTALE (I₀)					7.233,14 €	1.591,29 €	8.824,43 €
Incentivi	Conto termico					€	3.530
Durata incentivi						Anni	5
Incentivo annuo						€/Anno	706

EEM4: Scaldacqua a pompa di calore

Nella Tabella 9.4 è riportata l’analisi dei costi relativi alle EEM 4, che consiste nella posa in opera di un sistema a pompa di calore per la produzione di acqua calda sanitaria.

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

Tabella 9.4 – Analisi dei costi della EEM4 – Scaldacqua a pompa di calore

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

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

Per gli scaldacqua a pompa di calore l’incentivo è pari al 40% della spesa sostenuta per l’acquisto. L’incentivo massimo erogabile è pari a € 400 per prodotti con capacità inferiore o uguale a 150 litri ed è pari a € 700 per prodotti con capacità superiore a 150 litri.

9.2 ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

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

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

Gli indicatori economici d'investimento utilizzati sono:

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

Essi sono così definiti:

1) Tempo di ritorno semplice (TRS):

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

Dove:

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

2) Tempo di ritorno attualizzato (TRA):

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

Dove:

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

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

Dove:

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

3) Valore Attuale Netto (VAN) del progetto:

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

Dove:

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

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

5) Indice di Profitto (IP):

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

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

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

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

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

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

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

EEM1: Cappotto interno

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

Tabella 9.5 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM1– Cappotto interno

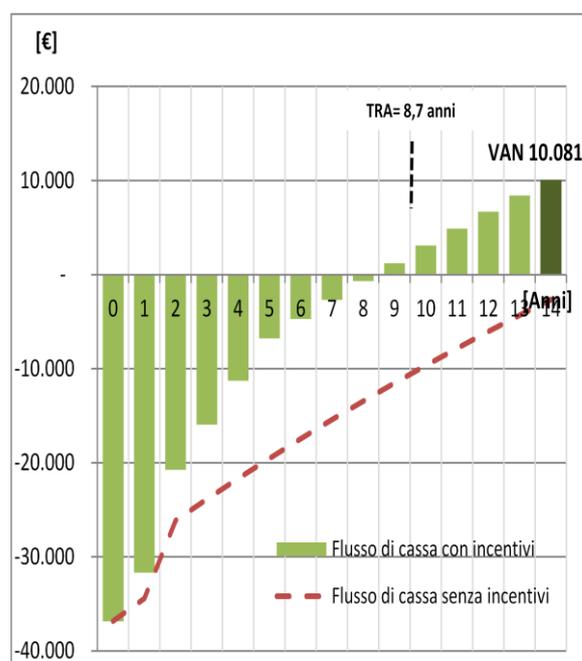
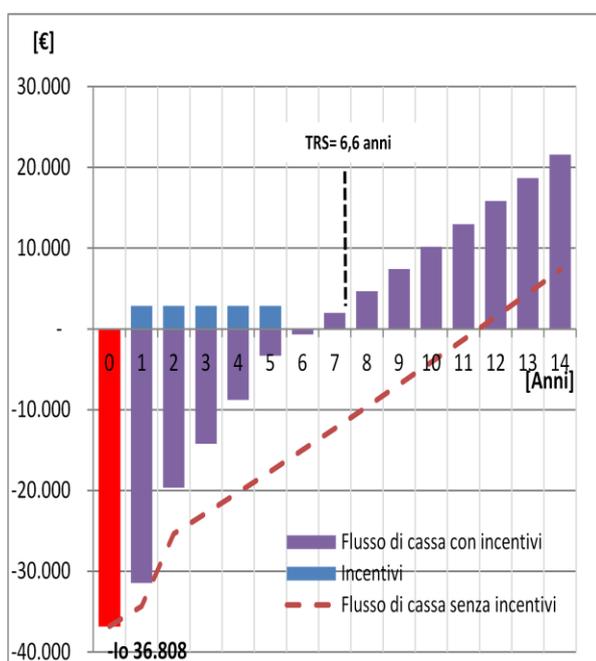
PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€ 35.736
Oneri Finanziari % I_0	OF	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	3
Vita utile	n	30
Incentivo annuo	B	€/anno 2.859
Durata incentivo	n_B	5
Tasso di attualizzazione	i	3,5%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO	VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS 11,5	6,6
Tempo di rientro attualizzato	TRA 15,8	8,7
Valore attuale netto	VAN 17.724	30.452
Tasso interno di rendimento	TIR 7,9%	12,2%
Indice di profitto	IP 0,50	0,85

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

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

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



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento è economicamente conveniente in presenza degli incentivi calcolati.

EEM2: Sostituzione infissi

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

Tabella 9.6 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM2– Sostituzione infissi

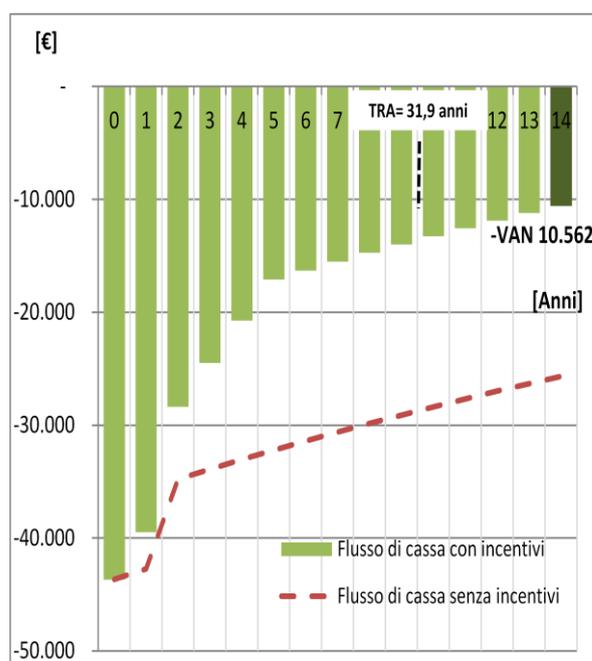
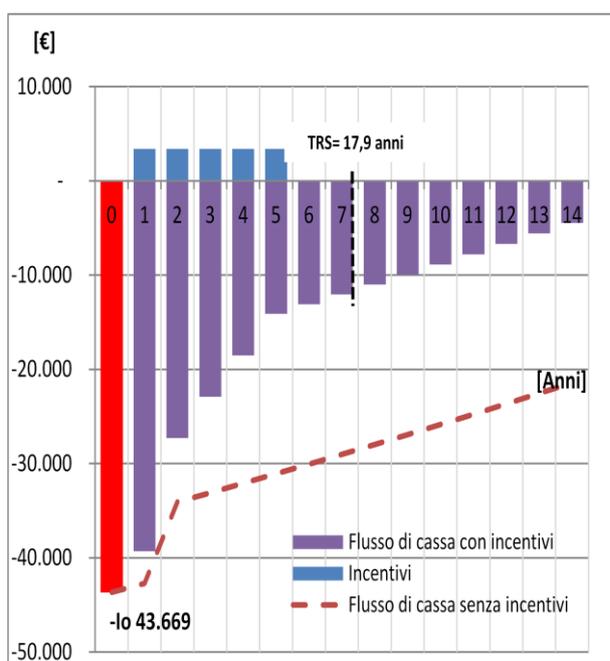
PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€ 42.397
Oneri Finanziari % I_0	OF	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	3
Vita utile	n	30
Incentivo annuo	B	€/anno 3.392
Durata incentivo	n_B	5
Tasso di attualizzazione	i	3,5%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO	VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRs 32,1	17,9
Tempo di rientro attualizzato	TRA 50,6	31,9
Valore attuale netto	VAN - 17.760	2.661
Tasso interno di rendimento	TIR -0,5%	3,2%
Indice di profitto	IP -0,42	-0,06

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

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

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



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

EEM3: Isolamento solaio di copertura

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

Tabella 9.7 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM3– Isolamento solaio di copetra

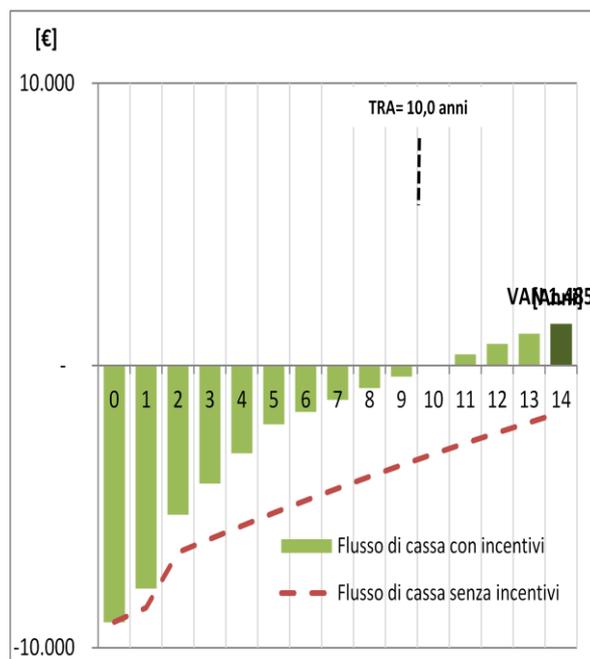
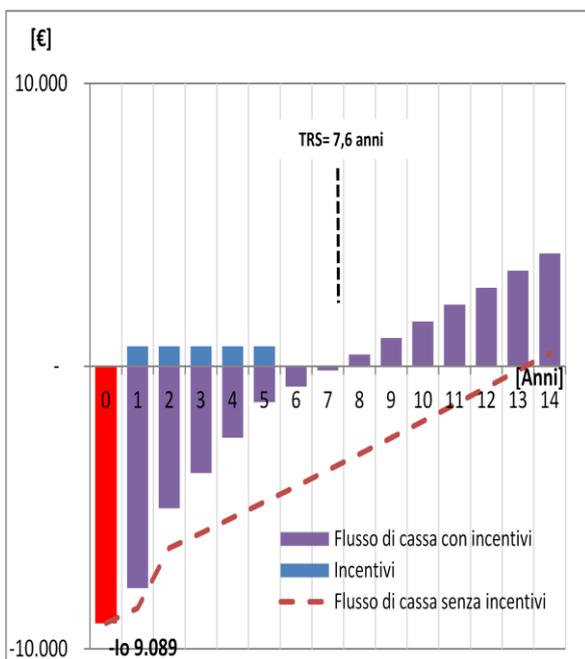
PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€ 8.824
Oneri Finanziari % I_0	OF	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	3
Vita utile	n	30
Incentivo annuo	B	€/anno 706
Durata incentivo	n_B	5
Tasso di attualizzazione	i	3,5%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO	VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	13,3 / 7,6
Tempo di rientro attualizzato	TRA	19,4 / 10,0
Valore attuale netto	VAN	2.647 / 5.790
Tasso interno di rendimento	TIR	6,5% / 10,6%
Indice di profitto	IP	0,30 / 0,66

I flussi di cassa rappresentativi dell’analisi sono riportati nelle Figura 9.5 e Figura 9.6

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

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



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento singolarmente non è economicamente conveniente senza incentivi.

EEM4: Scaldacqua a pompa di calore

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

Tabella 9.8 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM4 – Scaldacqua a pompa di calore

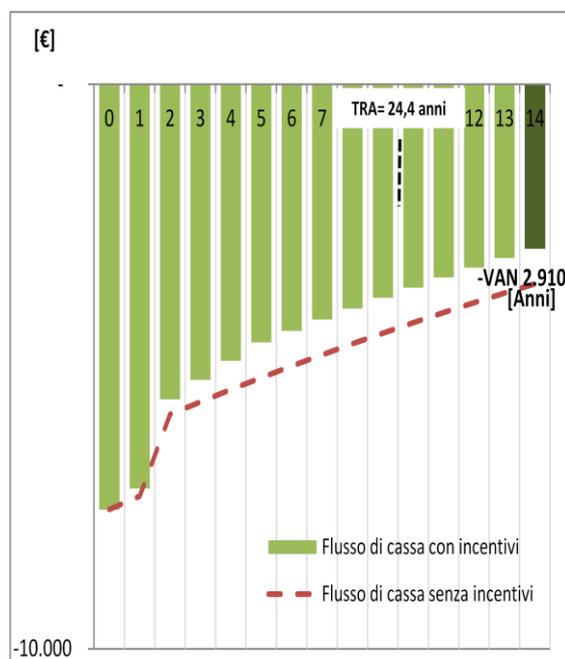
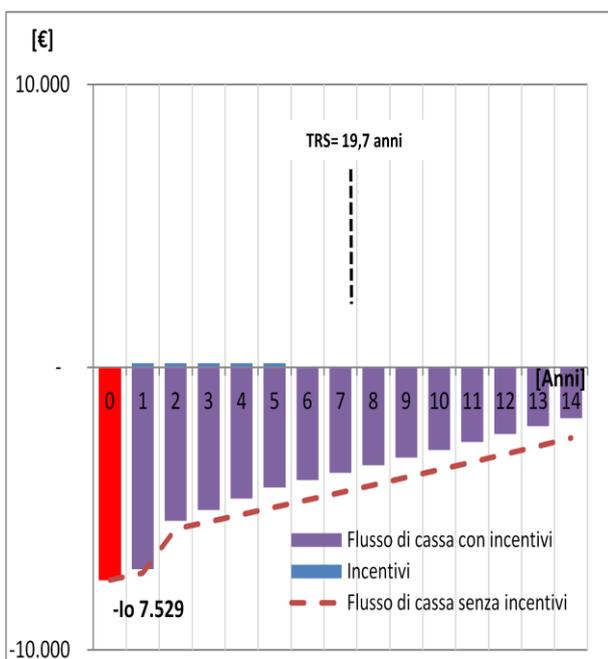
PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€ 7.310
Oneri Finanziari % I_0	OF	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	3
Vita utile	n	15
Incentivo annuo	B	€/anno 140
Durata incentivo	n_B	5
Tasso di attualizzazione	i	3,5%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO	VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRs	22,5 / 19,7
Tempo di rientro attualizzato	TRa	28,3 / 24,4
Valore attuale netto	VAN	- 3.533 / - 2.910
Tasso interno di rendimento	TIR	-5,8% / -4,3%
Indice di profitto	IP	-0,48 / -0,40

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

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

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



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

Sintesi

La sintesi della valutazione economico – finanziaria delle EEM proposte è riportata nelle Tabella 9.9 e Tabella 9.10

Tabella 9.9 – 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	33,9	33,9	2.997	-	-	35.736	11,5	15,8	30	17.724	7,9	0,50
EEM 2	13,1	13,1	1.162	-	-	42.397	32,1	50,6	30	-17.760	-0,5	-0,42
EEM 3	7,2	7,2	633	-	-	8.824	13,3	19,4	30	2.647	6,5	0,30
EEM 4	3,1	3,1	295	-	-	7.310	22,5	28,3	15	-3.533	-5,8	-0,48

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

- % Δ_E è il valore percentuale di riduzione dei consumi energetici rispetto al baseline energetico complessivo (termico + elettrico);
- % Δ_{CO_2} è il valore percentuale di riduzione delle emissioni di CO2 rispetto al baseline dell'emissioni complessivo (termico + elettrico);
- ΔC_E è il risparmio economico annuo attribuibile alla riduzione dei consumi energetici (termico + elettrico); assume valori positivi;
- ΔC_{MO} è la variazione di costo annuo attribuibile al nuovo costo per la gestione e la manutenzione ordinaria; assume valori positivi per un decremento e valori negativi per un incremento;
- ΔC_{MS} è la variazione di costo annuo attribuibile al nuovo costo previsto per la manutenzione straordinaria; assume valori positivi per un decremento e valori negativi per un incremento;
- I_0 è il valore dell'investimento iniziale per la realizzazione dell'intervento; assume valori negativi;

Tabella 9.10 – 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	33,9	33,9	2.997	-	-	35.736	6,6	8,7	30	30.452	12,2	0,85
EEM 2	13,1	13,1	1.162	-	-	42.397	17,9	31,9	30	-2.661	3,2	-0,06
EEM 3	7,2	7,2	633	-	-	8.824	7,6	10,0	30	5.790	10,6	0,66
EEM 4	3,1	3,1	295	-	-	7.310	19,7	24,4	15	-2.910	-4,3	-0,40

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

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

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

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

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

- Scenario ottimale 2, (SCN2), per il quale è verificato un tempo di ritorno semplice, TRS ≤ 25 anni.

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

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

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

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

Dove:

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

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

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

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

Essi sono così definiti:

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

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

Dove:

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

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

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

Dove:

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

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

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

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

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

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

- **Scenario 1: Involucro:** Tale scenario consiste nella realizzazione degli interventi EEM1 ed EEM2 cioè il cappotto interno e la sostituzione degli infissi.
- **Scenario 2: Involucro - Impianto:** Tale scenario consiste nella realizzazione degli interventi EEM3, EEM 4 ed EEM5 cioè l’isolamento del solaio di copertura, l’impianto fotovoltaico e l’inserimento di scaldacqua a pompa di calore.

9.3.1 Scenario 1: INVOLUCRO

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

Tabella 9.11 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 1

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA Al 22% [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
EEM1 Fornitura & Posa	26.629,20 €	5.858,42 €	32.487,62 €
EEM2 Fornitura & Posa	31.592,43 €	6.950,33 €	38.542,76 €
Costi per la sicurezza	1.746,65 €	384,26 €	2.130,91 €
Costi per la progettazione	4.075,51 €	896,61 €	4.972,13 €
TOTALE (I₀)	64.043,79 €	14.089,63 €	78.133,43 €
VOCE MANUTENZIONE	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA Al 22% [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
EEM1 O&M	10.492,69 €	2.789,20 €	13.281,89 €
EEM2 O&M	10.492,69 €	2.789,20 €	13.281,89 €
TOTALE (C_M)	10.492,69 €	2.789,20 €	13.281,89 €
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]	
Incentivi	Conto termico	31.253,37	€
Durata incentivi		1	Anni
Incentivo annuo		31.253,37	€/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 9.9 – SCN1: Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico post intervento

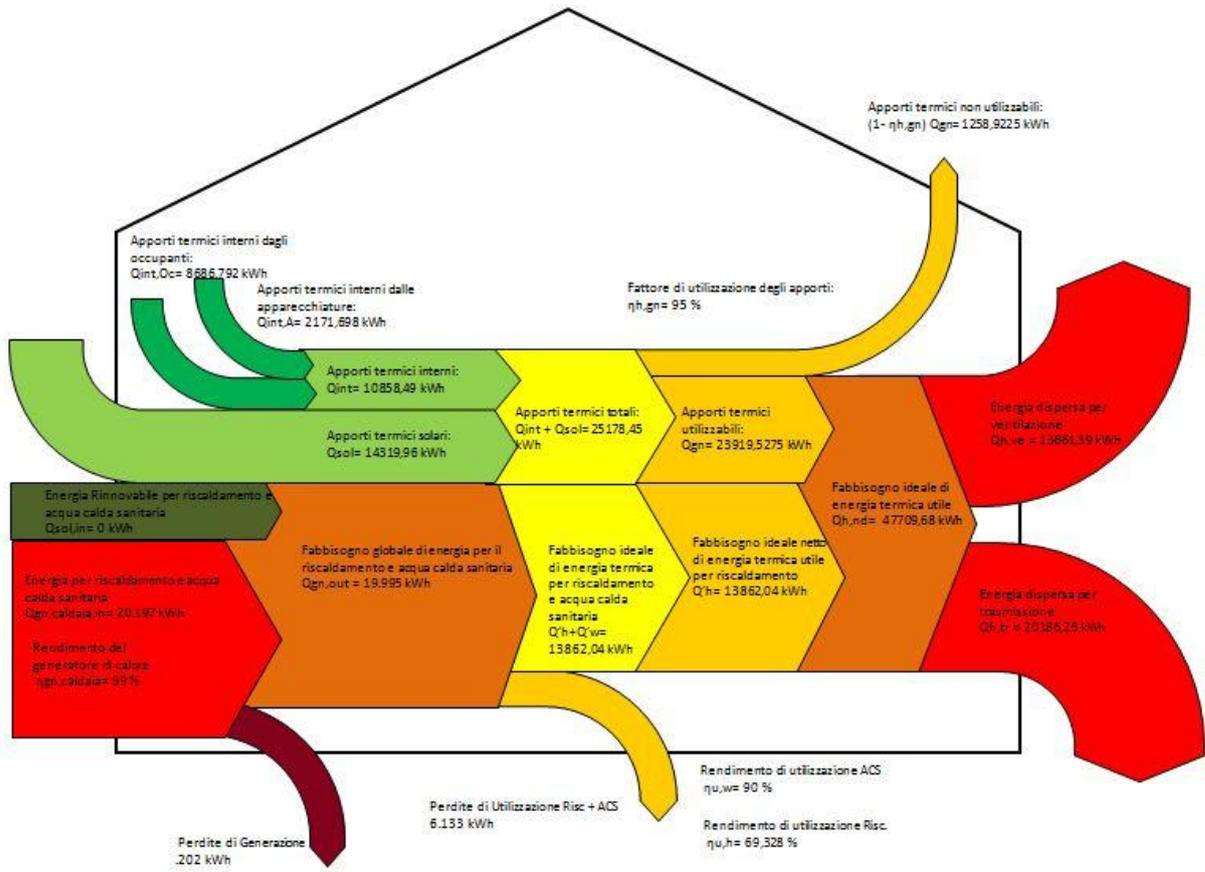
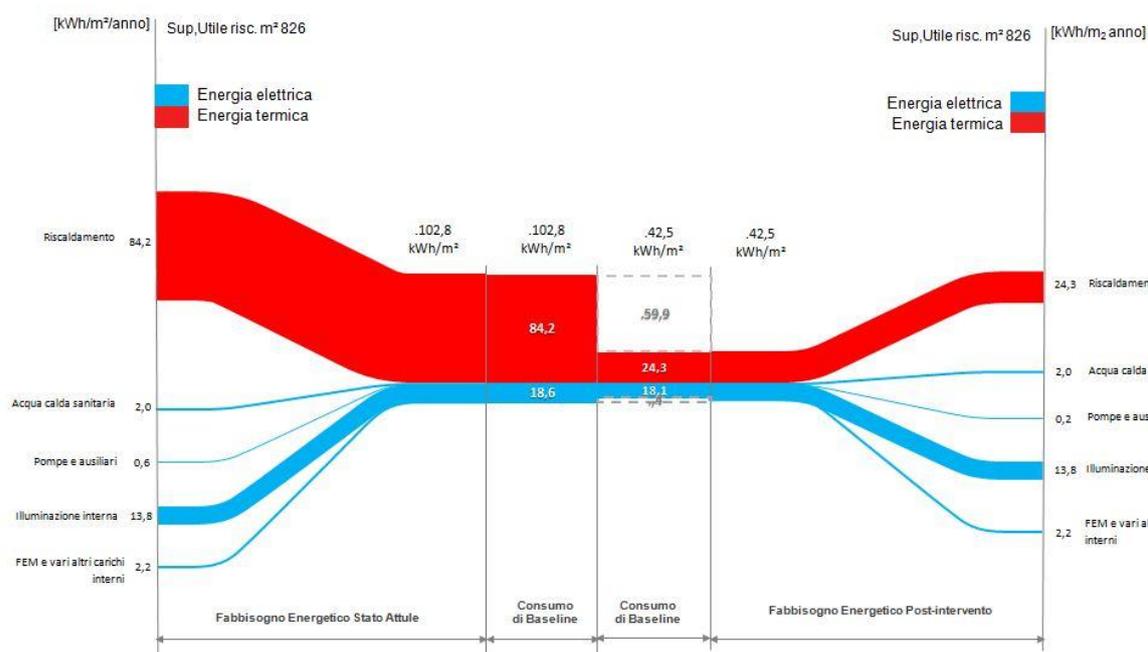


Figura 9.10 – SCN1: Bilancio energetico complessivo dell’edificio post intervento

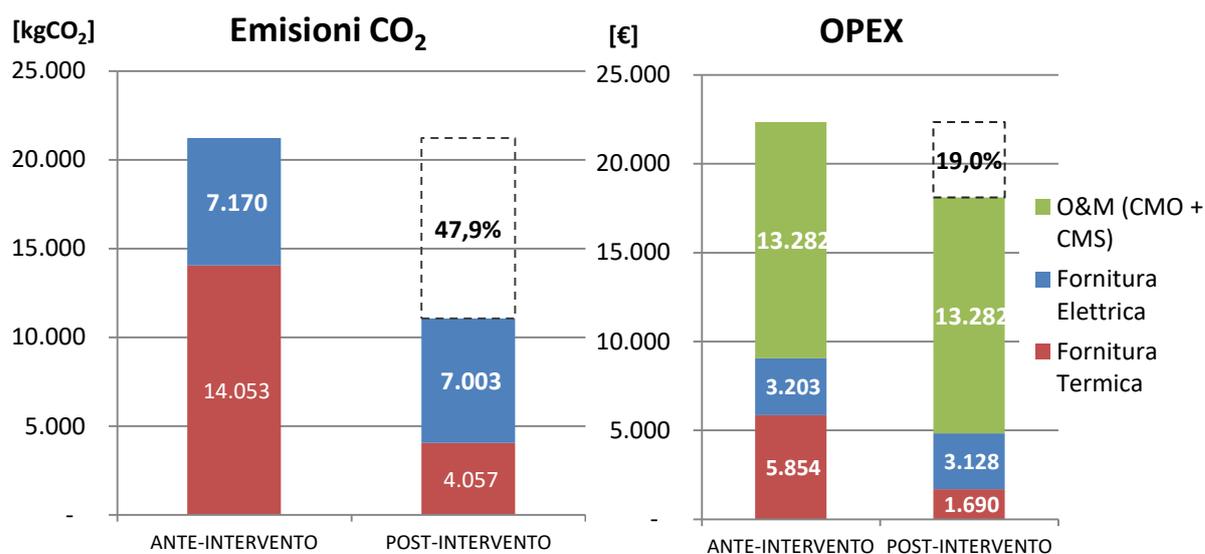


I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella Tabella 9.12 e nella Figura 9.11

Tabella 9.12 – Risultati analisi SCN1 – INVOLUCRO

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM1 (trasmissione termica parete esterna)	[W/m²K]	2,753	0,236	91,4%
EEM2 (trasmissione termica infisso)	[W/m²K]	4,38	1,63	62,8%
$Q_{teorico}$	[kWh]	69.954	20.197	71,1%
$EE_{teorico}$	[kWh]	15.875	15.504	2,3%
$Q_{baseline}$	[kWh]	69.569	20.086	71,1%
$EE_{baseline}$	[kWh]	15.354	14.995	2,3%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	14.053	4.057	71,1%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	7.170	7.003	2,3%
Emiss. CO2 Totale	[kgCO₂]	21.223	11.060	47,9%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	5.854	1.690	71,1%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	3.203	3.128	2,3%
Fornitura Energia, C_E	[€]	9.057	4.818	46,8%
Costo Manutenzione Ordinaria, C_{MO}	[€]	10.493	10.493	0,0%
Costo Manutenzione Straordinaria, C_{MS}	[€]	2.789	2.789	0,0%
Costo per O&M ($C_M = C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	13.282	13.282	0,0%
OPEX	[€]	22.339	18.100	19,0%
Classe energetica	[-]	G	D	+3 classi

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

Figura 9.11 - 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 9.13, Tabella 9.14 e Tabella 9.15 e nelle successive figure.

Tabella 9.13 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN1– INVOLUCRO

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		15
Anni Equity	n_E		14
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_0	€	78.133
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of		3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€	2.344
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€	80.477
%CAPEX a Debito	D		80,0%
%CAPEX a Equity	E		20,00%

Debito	I_D	€	64.382
Equity	I_E	€	16.095
Fattore di annualità Debito	FA_D		11,41
Rata annua debito	q_D	€	5.644
Costo finanziamento, $(D+INT_D)$	$q_D * n_D$	€	84.664
Costi per interessi debito, INT_D	$INT_D = q_D * n_D - D$	€	20.282

Tabella 9.14 – Parametri Economici dell'analisi di redditività dello SCN1

PARAMETRI ECONOMICI			
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€	7.424
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€	9.831
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€	17.255
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€	-
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$		46,8%
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$		0,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$		0,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€	2.722
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€	-
Risparmio PA durante la concessione	14%	€	20.618
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€	4.157
N° di Canoni annuali	anni		14
Utile lordo della ESCO	$\% CAPEX$		-21,51%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	-€	1.237
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€	1.449
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€	2.510
Canone O&M €/anno	CnM	€	10.208
Canone Energia €/anno	CnE	€	4.325
Canone Servizi €/anno IVA escl.	CnS	€	14.533
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	CnD	€	2.722
Canone Totale €/anno IVA escl.	Cn	€	17.255
Aliquota IVA %	IVA		22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€	14.090
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€	31.253
Durata Incentivi, anni	n_B		1
Inizio erogazione Incentivi, anno			2022

Tabella 9.15 – Risultati dell'analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN1

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, $Spb = I_0 / FC$, Anni	T.R.S.		13,57
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		22,29
Valore Attuale Netto, $VAN = VA - I_0$	$VAN > 0$	-€	8.598
Tasso interno di rendimento del progetto	$TIR > WACC$		0,91%
Indice di Profitto	IP		-11,00%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, $Spb = I_0 / FC$, Anni	T.R.S.		12,13
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		2,22
Valore Attuale Netto, $VAN = VA - I_0$	$VAN > 0$	€	1.470

Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke	7,23%
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3	1,010
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1	0,371
Indice di Profitto Azionista	IP	1,88%

Figura 9.12– SCN1: Flussi di cassa del progetto

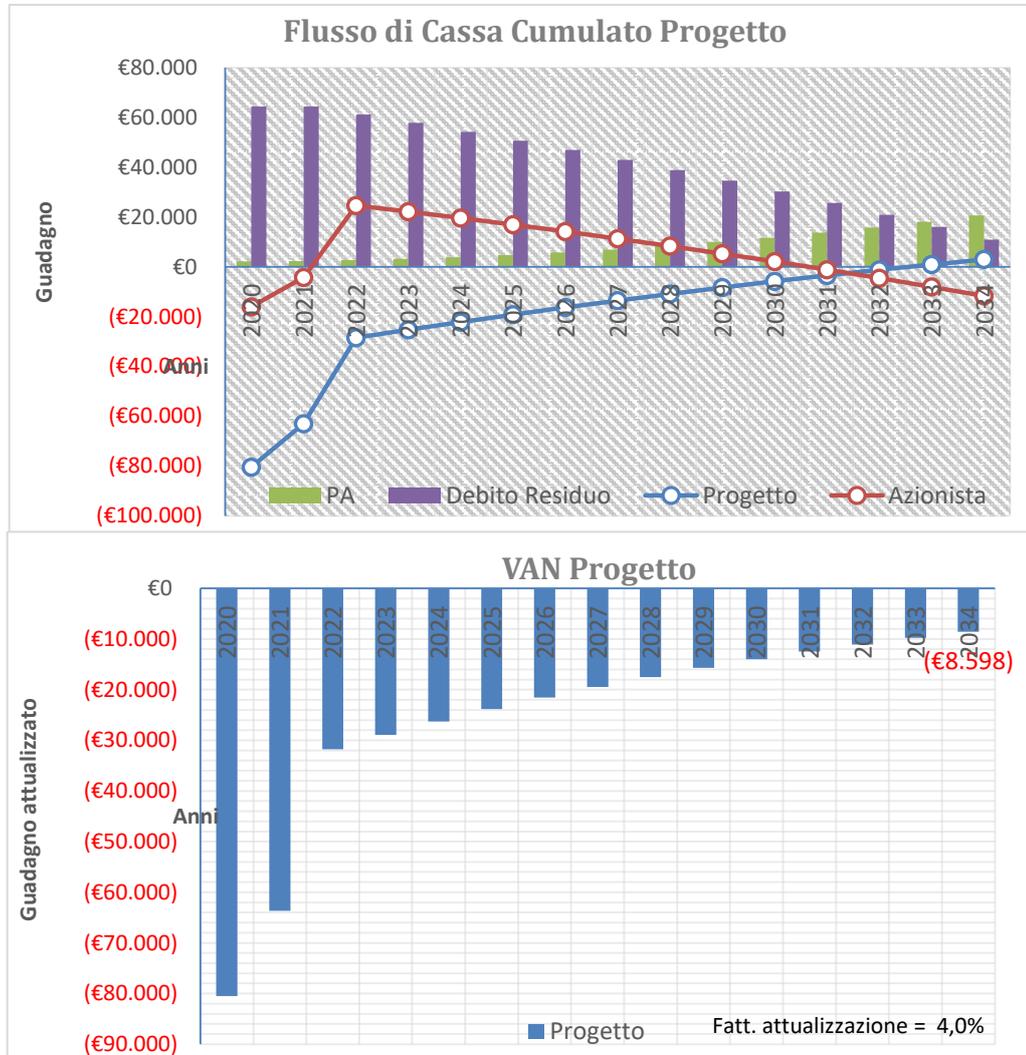
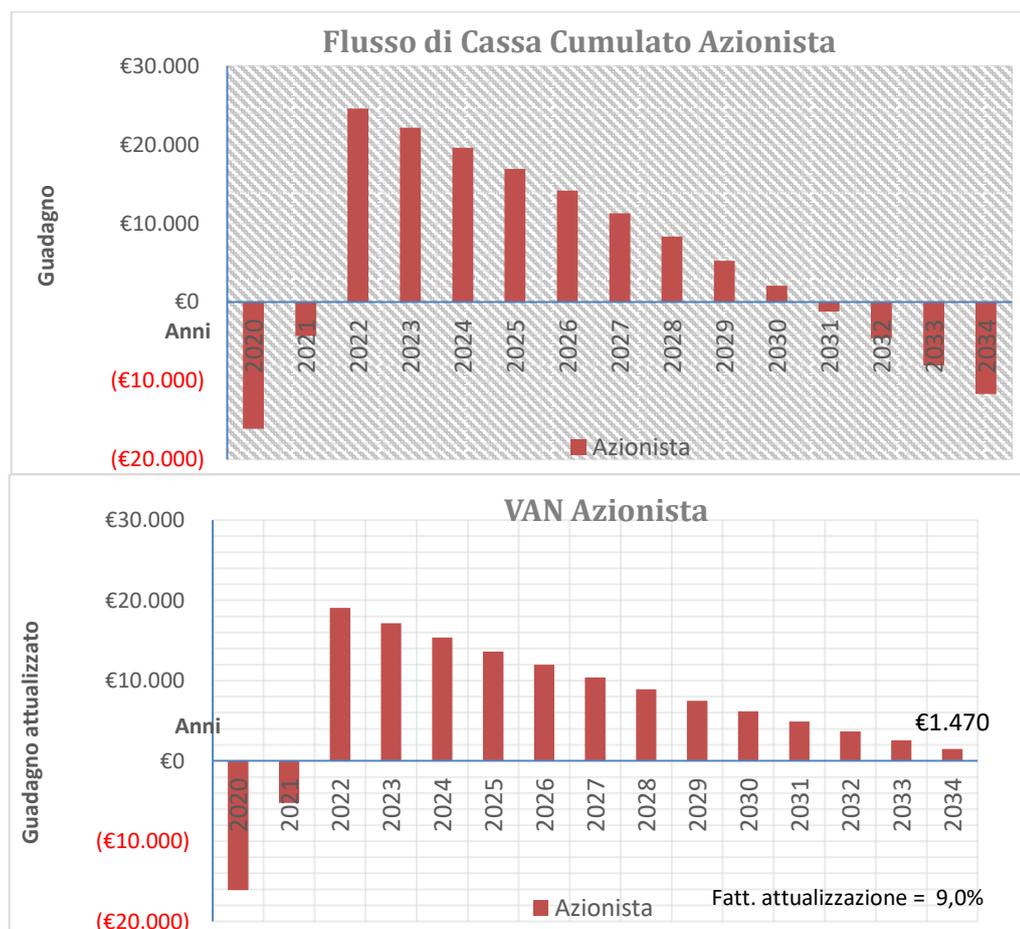
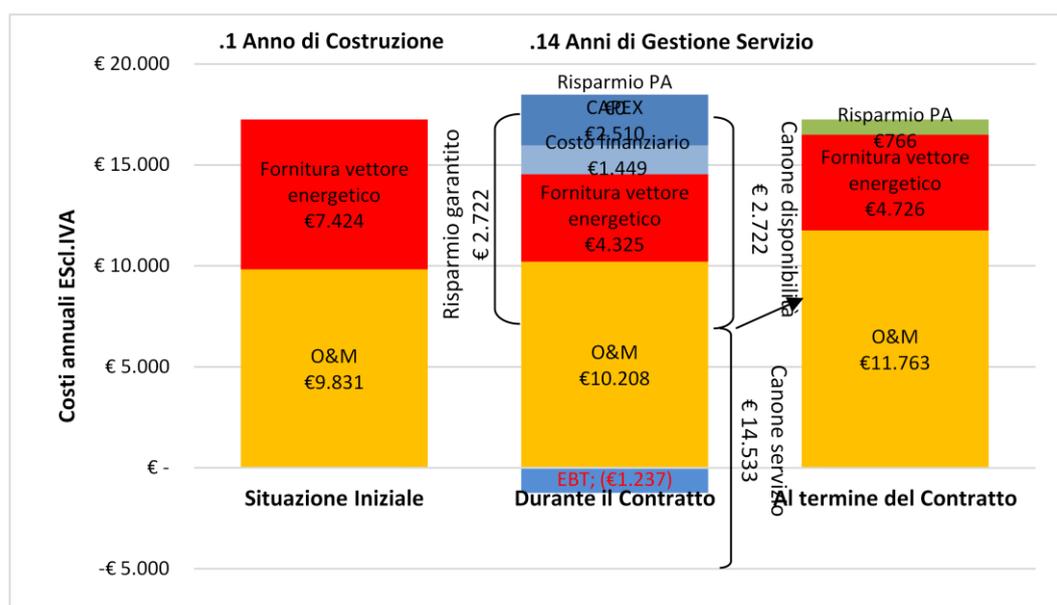


Figura 9.13 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



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 9.14

Figura 9.14 – Scenario 1: Schema di Energy Performance Contract



9.3.2 Scenario 2: INVOLUCRO E IMPIANTO

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

Tabella 9.16 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 2

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA Al 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 Fornitura & Posa	26.629,20 €	5.858,42 €	32.487,62 €
EEM2 Fornitura & Posa	31.592,43 €	6.950,33 €	38.542,76 €
EEM3 Fornitura & Posa	6.575,58 €	1.446,63 €	8.022,21 €
EEM4 Fornitura & Posa	5.446,80 €	1.198,30 €	6.645,10 €
Costi per la sicurezza	2.107,32 €	463,61 €	2.570,93 €
Costi per la progettazione	4.917,08 €	1.081,76 €	5.998,84 €
TOTALE (I₀)	77.268,41 €	16.999,05 €	94.267,46 €
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO} (IVA INCLUSA)	C _{MS} (IVA INCLUSA)	C _M (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM3 O&M	EEM1 O&M	10.492,69 €	2.789,20 €
	EEM2 O&M	10.492,69 €	2.789,20 €
EEM4 O&M	EEM3 O&M	10.492,69 €	2.789,20 €
EEM5 O&M	EEM4 O&M	10.492,69 €	2.789,20 €
TOTALE (C_M)	TOTALE (C_M)	10.492,69 €	2.789,20 €
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	
		[€]	
Incentivi		35.483,14	€
Durata incentivi		5	Anni
Incentivo annuo		7.096,63	€/Anni

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

Figura 9.15 – SCN2: Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico post intervento

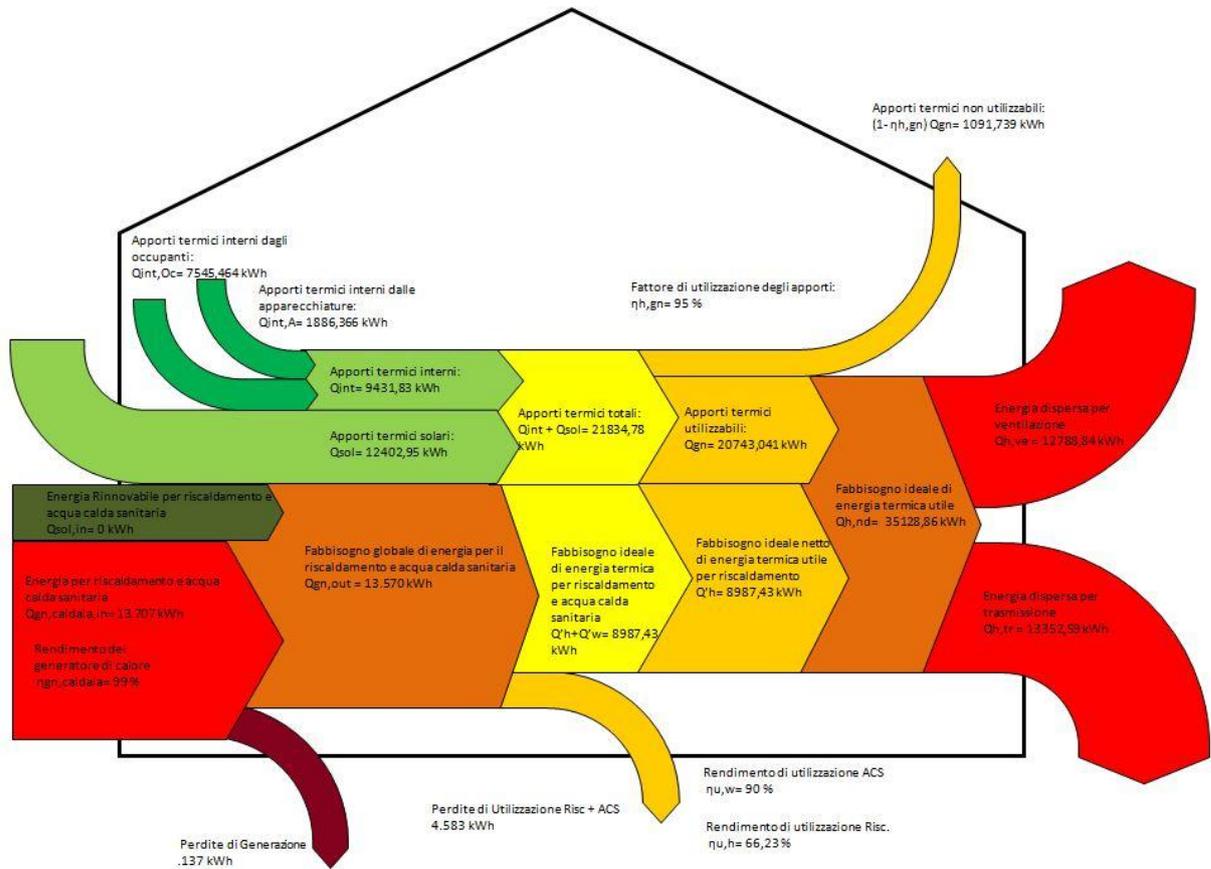
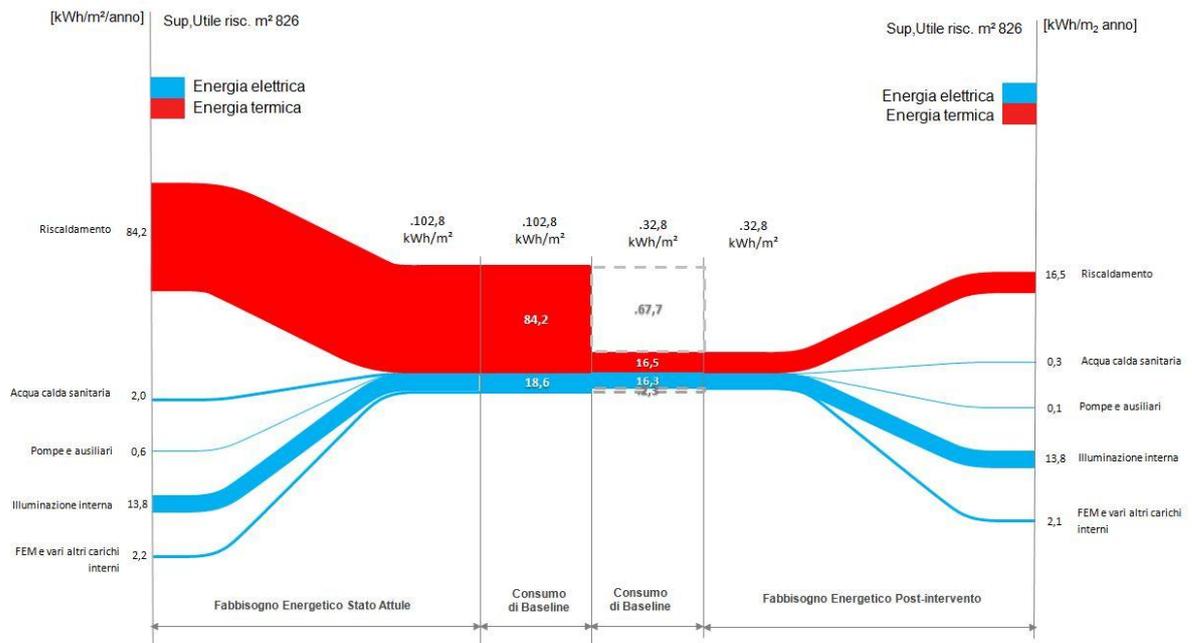


Figura 9.16 – SCN2: Bilancio energetico complessivo dell'edificio post intervento

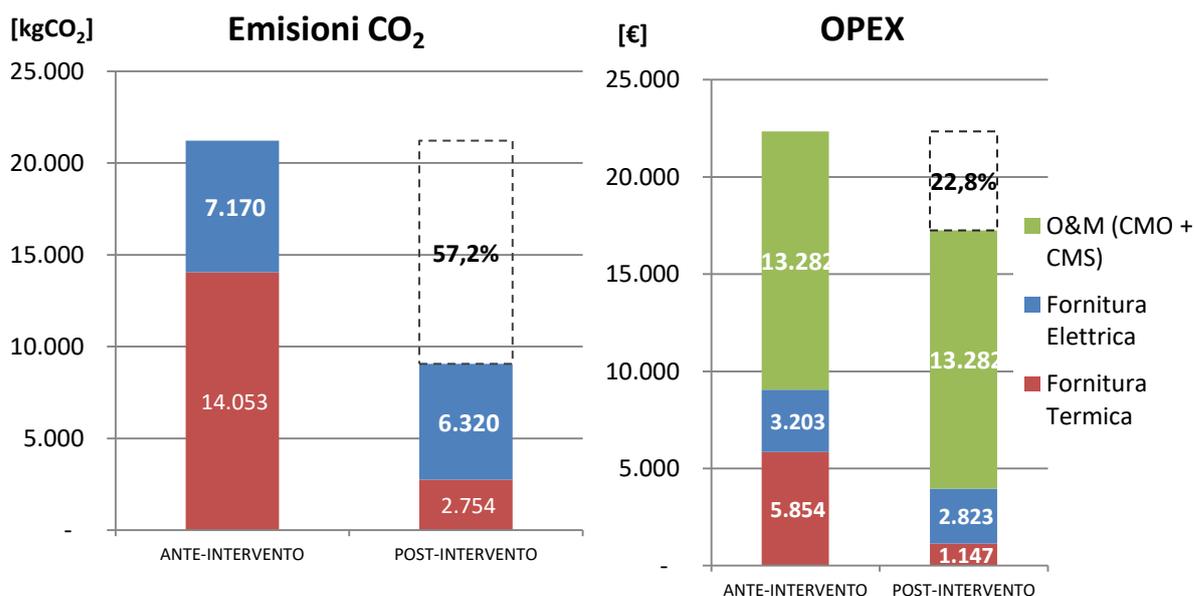


I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella Tabella 9.17 e Figura 9.17

Tabella 9.17 – Risultati analisi SCN2 – INVOLUCRO E IMPIANTI

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM1 - Trasmittanza termica	[W/m ² K]	2,753	0,236	91,4%
EEM2 - Trasmittanza termica	[W/m ² K]	4,38	1,63	62,8%
EEM3 - Trasmittanza termica	[W/m ² K]	1,52	0,21	86,2%
EEM4 - Rendimento sistema	[-]	69,8	553,4	-692,8%
Q _{teorico}	[kWh]	69.954	13.707	80,4%
EE _{teorico}	[kWh]	15.875	13.993	11,9%
Q _{baseline}	[kWh]	69.569	13.631	80,4%
EE _{Baseline}	[kWh]	15.354	13.533	11,9%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	14.053	2.754	80,4%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	7.170	6.320	11,9%
Emiss. CO2 Totale	[kgCO₂]	21.223	9.074	57,2%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	5.854	1.147	80,4%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	3.203	2.823	11,9%
Fornitura Energia, C_E	[€]	9.057	3.970	56,2%
Costo Manutenzione Ordinaria, C _{MO}	[€]	10.493	10.493	0,0%
Costo Manutenzione Straordinaria, C _{MS}	[€]	2.789	2.789	0,0%
Costo per O&M (C _M = C _{MO} + C _{MS})	[€]	13.282	13.282	0,0%
OPEX	[€]	22.339	17.252	22,8%
Classe energetica	[-]	G	D	+3 classi

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

Figura 9.17 – 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 9.18, Tabella 9.19 e Tabella 9.20 e nelle successive figure.

Tabella 9.18 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN2– INVOLUCRO E IMPIANTI

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		20
Anni Equity	n_E		23
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_0	€	94.267
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of		3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€	2.828
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€	97.095
%CAPEX a Debito	D		80,0%
%CAPEX a Equity	E		20,00%
Debito	I_D	€	77.676
Equity	I_E	€	19.419
Fattore di annualità Debito	FA_D		13,97
Rata annua debito	q_D	€	5.559
Costo finanziamento,(D+INT _D)	$q_D * n_D$	€	111.184
Costi per interessi debito, INT _D	INT_D=q_D*n_D-D	€	33.507

Tabella 9.19 – Parametri Economici dell'analisi di redditività dello SCN2

PARAMETRI ECONOMICI			
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€	7.424
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€	9.831
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€	17.255
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€	-
Riduzione% costi fornitura Energia	%ΔC_E		56,2%
Riduzione% costi O&M	%ΔC_M		0,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	%$C_{Baseline}$		0,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€	2.949
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€	-
Risparmio PA durante la concessione	14%	€	57.873

Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€	5.627
N° di Canoni annuali	anni		23
Utile lordo della ESCO	%CAPEX		-10,60%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	-€	448
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€	1.457
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€	1.940
Canone O&M €/anno	CnM	€	10.495
Canone Energia €/anno	CnE	€	3.811
Canone Servizi €/anno IVA escl.	CnS	€	14.306
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	CnD	€	2.949
Canone Totale €/anno IVA escl.	Cn	€	17.255
Aliquota IVA %	IVA		22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€	16.999
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€	35.483
Durata Incentivi, anni	n_B		5
Inizio erogazione Incentivi, anno			2023

Tabella 9.20 – Risultati dell'analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN2

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	14,96
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	33,16
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	-€ 5.857
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC	3,00%
Indice di Profitto	IP	-6,21%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	17,33
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	4,41
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€ 1.215
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke	6,45%
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3	1,013
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1	0,503
Indice di Profitto Azionista	IP	1,29%

Figura 9.18 – SCN2: Flussi di cassa del progetto

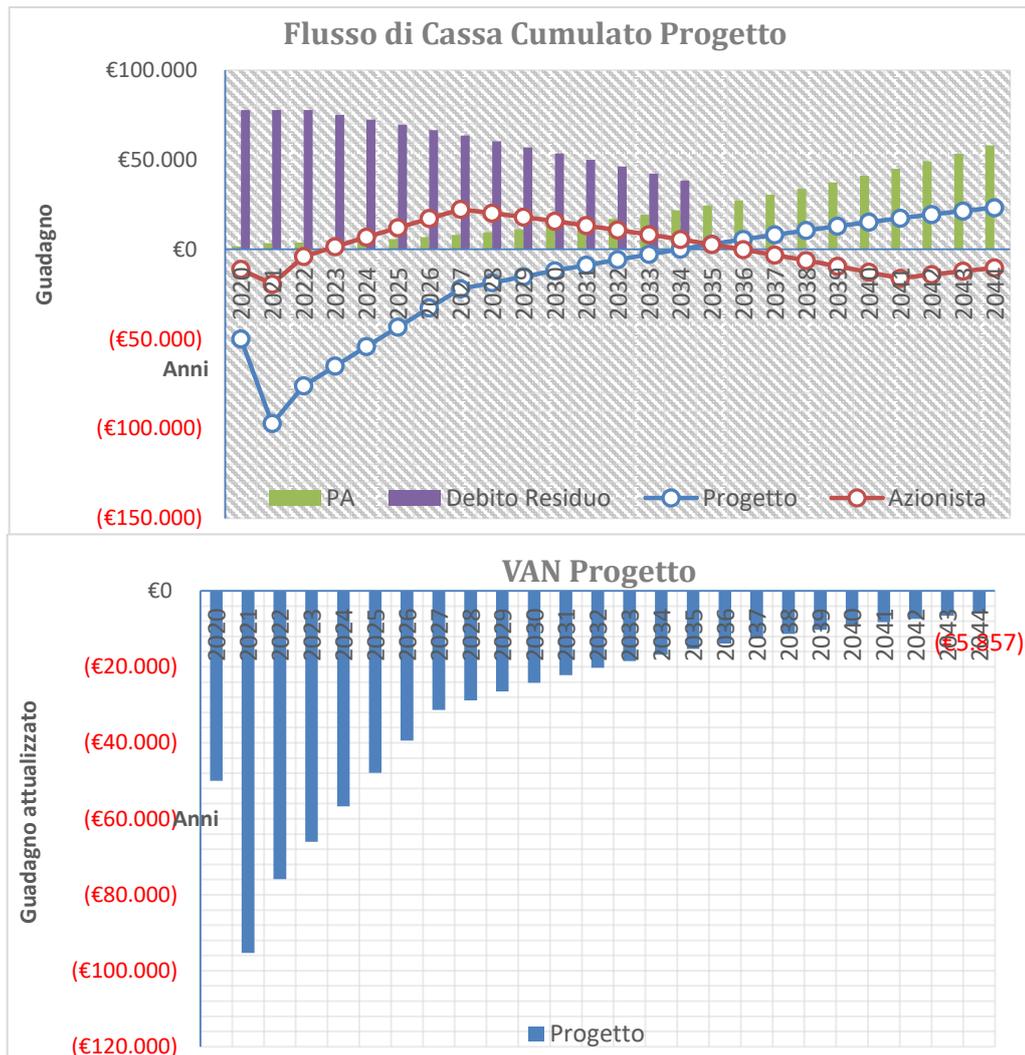
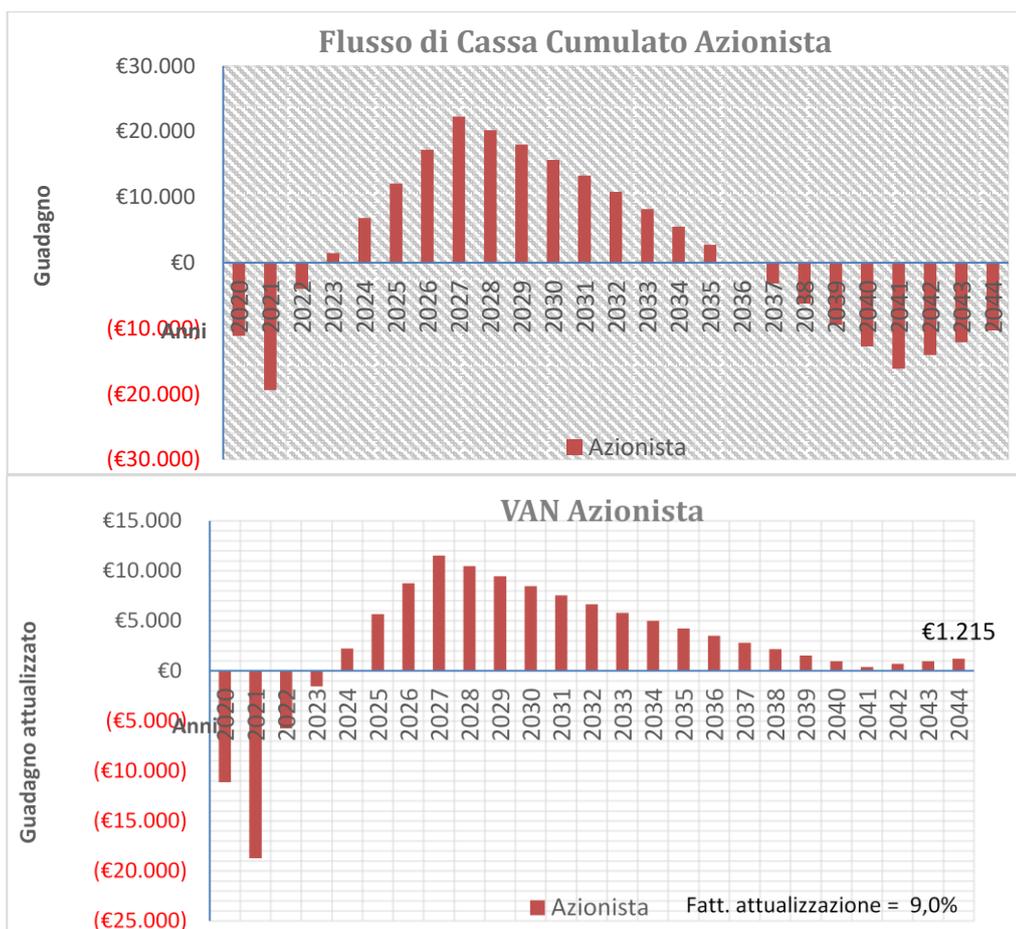
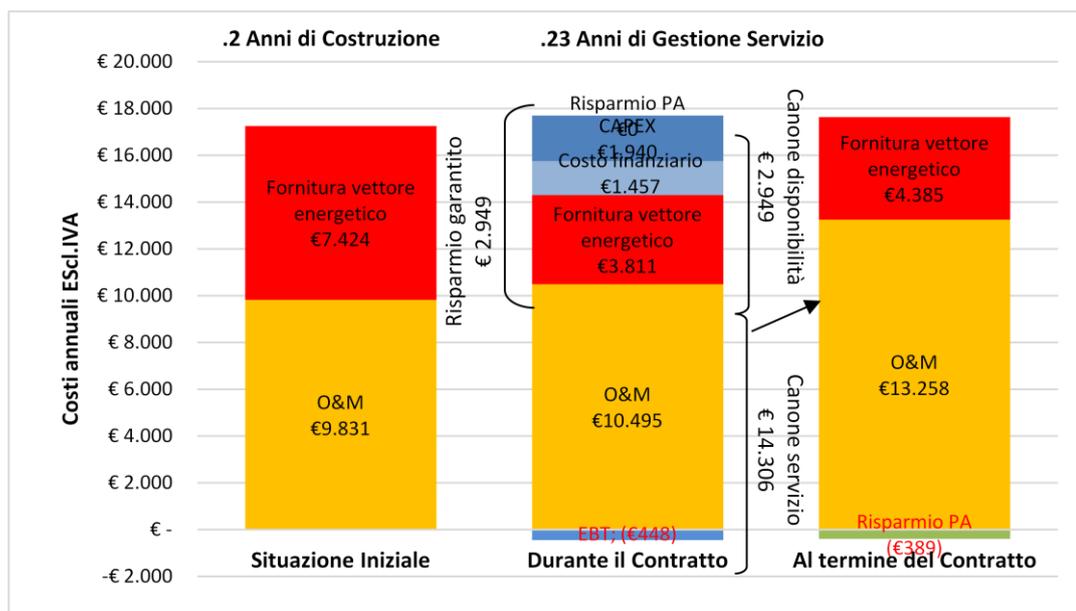


Figura 9.19 – SCN2: Flussi di cassa dell'azionista



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 9.20

Figura 9.20 – Scenario 2: Schema di Energy Performance Contract



10 CONCLUSIONI

10.1 RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA

Si veda l'allegato report di benchmark.

10.2 RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI

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

- **Scenario 1: Involucro:** Tale scenario consiste nella realizzazione degli interventi EEM1 ed EEM2 cioè il cappotto interno e la sostituzione degli infissi.
- **Scenario 2: Involucro - Impianti:** Tale scenario consiste nella realizzazione degli interventi EEM1, EEM2, EEM3 ed EEM4.

Risultati analisi SCN1 – INVOLUCRO

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM1 (trasmissione termica parete esterna)	[W/m ² K]	2,753	0,236	91,4%
EEM2 (trasmissione termica infisso)	[W/m ² K]	4,38	1,63	62,8%
Q _{teorico}	[kWh]	69.954	20.197	71,1%
EE _{teorico}	[kWh]	15.875	15.504	2,3%
Q _{baseline}	[kWh]	69.569	20.086	71,1%
EE _{baseline}	[kWh]	15.354	14.995	2,3%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	14.053	4.057	71,1%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	7.170	7.003	2,3%
Emiss. CO2 Totale	[kgCO₂]	21.223	11.060	47,9%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	5.854	1.690	71,1%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	3.203	3.128	2,3%
Fornitura Energia, C_E	[€]	9.057	4.818	46,8%
Costo Manutenzione Ordinaria, C _{MO}	[€]	10.493	10.493	0,0%
Costo Manutenzione Straordinaria, C _{MS}	[€]	2.789	2.789	0,0%
Costo per O&M (C _M = C _{MO} + C _{MS})	[€]	13.282	13.282	0,0%
OPEX	[€]	22.339	18.100	19,0%
Classe energetica	[-]	G	D	+3 classi

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

Risultati analisi SCN2 – INVOLUCRO E IMPIANTO

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM1 - Trasmissione termica	[W/m ² K]	2,753	0,236	91,4%
EEM2 - Trasmissione termica	[W/m ² K]	4,38	1,63	62,8%

EEM3 - Trasmittanza termica	[W/m ² K]	1,52	0,21	86,2%
EEM4 - Rendimento sistema	[-]	69,8	553,4	-692,8%
Q _{teorico}	[kWh]	69.954	13.707	80,4%
EE _{teorico}	[kWh]	15.875	13.993	11,9%
Q _{baseline}	[kWh]	69.569	13.631	80,4%
EE _{Baseline}	[kWh]	15.354	13.533	11,9%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	14.053	2.754	80,4%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	7.170	6.320	11,9%
Emiss. CO2 Totale	[kgCO₂]	21.223	9.074	57,2%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	5.854	1.147	80,4%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	3.203	2.823	11,9%
Fornitura Energia, C_E	[€]	9.057	3.970	56,2%
Costo Manutenzione Ordinaria, C _{MO}	[€]	10.493	10.493	0,0%
Costo Manutenzione Straordinaria, C _{MS}	[€]	2.789	2.789	0,0%
Costo per O&M (C _M = C _{MO} + C _{MS})	[€]	13.282	13.282	0,0%
OPEX	[€]	22.339	17.252	22,8%
Classe energetica	[-]	G	D	+3 classi

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

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

	CON INCENTIVI												
	%Δ _E	%Δ _{CO2}	ΔC _E	ΔC _{MO}	ΔC _{MS}	I ₀	TRS	TRA	VAN	TIR	IP	DSCR	LLCR
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]		
SCN 1	47,9	47,9	4.238	-	-	78.133	12,13	2,22	1.470	7,23	1,88	1,010	0,371
SCN 2	57,2	57,2	5.086	-	-	94.267	17,33	4,41	1.215	6,45	1,29	1,013	0,503

10.3 CONCLUSIONI E COMMENTI

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

Gli interventi proposti mirano a rendere più efficiente il sistema involucro.

Lo scenario più favorevole in termini economico-finanziari risulta essere quello che prevede la realizzazione del cappotto interno e la sostituzione degli infissi.

Per quanto concerne il **risparmio di CO₂** equivalente si stima una riduzione complessiva di **12.150 kg CO₂**.

In termini di energia primaria, nello scenario migliore dal punto di vista energetico **sarebbe possibile risparmiare 63.615 kWh**.

ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA

Titolo	Data	Nome file
Documentazione fornita dalla committenza	27/07/18	DE_Lotto .n5- E1252_rev D-ALLEGATO A_Documentazione fornita dalla committenza

ALLEGATO B – ELABORATI GRAFICI

Titolo	Data	Nome file
Elaborati grafici	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1252_rev D-ALLEGATO B_ Elaborati grafici DE_Lotto. n5- E1252_rev D-ALLEGATO B_Diagramma a blocchi impianto elettrico DE_Lotto. n5- E1252_rev D-ALLEGATO B_Schema unifilare impianto FV DE_Lotto. n5- E1252_rev D-ALLEGATO B_Planimetria posizione impianti e contatori DE_Lotto. n5- E1252_rev D-ALLEGATO B_Schema funzionale CT DE_Lotto. n5-E1252_rev D_ALLEGATO B_Analisi fatture energia elettrica.xls DE_Lotto. n5-E1252_rev D_ALLEGATO B_Analisi fatture energia termica.xls DE_Lotto n.5-E1252_rev D-ALLEGATO B_Grafici_template.xls Kyotobaseline-E1252_rev10.xls

ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

Titolo	Data	Nome file
Report di indagine termografica	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1252_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 – E1252_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 – E1252_rev D-ALLEGATO E_Relazione calcolo

ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

Titolo	Data	Nome file
Certificato CTI	19/04/18	DE_Lotto. n5 – E1252_rev A-ALLEGATO F_Certificato-CTI-termus-40

ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

Titolo	Data	Nome file
APE stato di fatto	19/04/18	DE_Lotto. n5 – E1252_rev B-ALLEGATO G_APE stato di fatto
APE stato di fatto (con firma digitale)	19/04/18	DE_Lotto. n5 – E1252_rev B-ALLEGATO G_APE stato di fatto.P7M
Ricevuta invio APE	19/04/18	DE_Lotto. n5 – E1252_rev B-ALLEGATO G_RICEVUTA_invio APE_2018_12200
APE stato di fatto XML	19/04/18	DE_Lotto. n5 – E1252_rev B-ALLEGATO G_APE stato di fatto.XML
APE stato di fatto XML (con firma digitale)	19/04/18	DE_Lotto. n5 – E1252_rev B-ALLEGATO G_APE stato

ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

Titolo	Data	Nome file
APE scenario 1	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1252_rev D-ALLEGATO H_ APE scenario 1
APE scenario 2	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1252_rev D-ALLEGATO H_ APE scenario 2

ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

Titolo	Data	Nome file
Dati climatici	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1252_rev D-ALLEGATO I_ Dati climatici

ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

Titolo	Data	Nome file
Schede di audit	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1252_rev D-ALLEGATO J_ schede di audit

ALLEGATO K – SCHEDE ORE

Titolo	Data	Nome file
Schede ORE	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1252_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 – E1252_rev D-ALLEGATO L_ PEF

ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

Titolo	Data	Nome file
Report di Benchmark	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1252_rev D-ALLEGATO M_ Report di Benchmark

ALLEGATO N – CD-ROM