

SCUOLA ELEMENTARE "BARRILI"

E281

Piazza Palermo 11

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA
FONDO KYOTO - SCUOLA 3



Luglio 2018

COMUNE DI GENOVA
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER



COMUNE DI GENOVA

ATI:



(mandataria)



(mandante)

SCUOLA ELEMENTARE “BARRILI” E281

Piazza Palermo 11, Genova

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

Energynet s.r.l.

Viale Muratori 201 – 41124 – Modena

Tel 059 211085 – info@energynet.it

More Energy s.r.l.

Via Ragazzi del '99 39 – 42124 - Reggio Emilia

Tel. 0522 516610 – info@more-energy.it

REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI

Revisione	Data	Realizzazione	Revisione	Approvazione	Descrizione
A	26/07/2018	Guerra Michela	Paradisi Irene Guerra Luigi	Magni Saverio	Prima Pubblicazione
		Restani Ornella			
		Venturelli Simone			

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

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

INDICE

PAGINA

EXECUTIVE SUMMARY	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.....	10
3 DATI CLIMATICI	12
3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO.....	12
3.2 DATI CLIMATICI REALI.....	13
3.3 ANALISI DELL’ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO	13
4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI	15
4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL’INVOLUCRO EDILIZIO	15
4.1.1 <i>Involucro opaco</i>	15
4.1.2 <i>Involucro trasparente</i>	16
4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/ CLIMATIZZAZIONE INVERNALE.....	17
4.2.1 <i>Sottosistema di regolazione</i>	17
4.2.2 <i>Sottosistema di distribuzione</i>	18
4.2.3 <i>Sottosistema di generazione</i>	20
4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA	21
4.3.1 <i>Sottosistema di emissione</i>	21
4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO/ CLIMATIZZAZIONE ESTIVA	22
4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA	22
4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE	22
4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE	23
4.8 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DI IMPIANTI DI PRODUZIONE ENERGIA ELETTRICA O COGENERAZIONE	23
5 CONSUMI RILEVATI	24
5.1 CONSUMI ENERGETICI STORICI PER CIASCUN VETTORE E CONNESSIONE ALLE RETI GAS NATURALE ED ELETTRICA.....	24
5.1.1 <i>Energia termica</i>	24
5.1.2 <i>Energia elettrica</i>	27
5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI	30
6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO.....	34
6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO	34
6.1.1 <i>Validazione del modello termico</i>	35
6.1.2 <i>Validazione del modello elettrico</i>	36
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI.....	37
6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI.....	38
7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO	40
7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI	40
7.1.1 <i>Vettore termico</i>	40
7.1.2 <i>Vettore elettrico</i>	43
7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL’ANALISI.....	46

7.3	COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI	46
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	<i>Involucro edilizio</i>	49
8.1.2	<i>Impianto riscaldamento</i>	53
8.1.3	<i>Impianto di illuminazione ed impianto elettrico</i>	55
8.1.4	<i>Impianto di generazione da fonti rinnovabili</i>	56
9	VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA.....	58
9.1	ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI	58
9.2	ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI	67
9.3	IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D’INTERVENTO E SCENARI D’INVESTIMENTO	76
9.3.1	<i>Scenario 1: EEM3+EEM4</i>	78
9.3.2	<i>Scenario 2: EEM3+EEM4+EEM1+EEM2</i>	84
10	CONCLUSIONI	89
10.1	RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI	89
10.2	RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI	89
10.3	CONCLUSIONI E COMMENTI.....	90
	ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA.....	A
	ALLEGATO B – ELABORATI	A
	ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA	1
	ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI	1
	ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI	1
	ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE	1
	ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA	1
	ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI.....	1
	ALLEGATO I – DATI CLIMATICI.....	1
	ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT.....	1
	ALLEGATO K – SCHEDE ORE.....	1
	ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI	1
	ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK.....	1
	ALLEGATO N – CD-ROM	1

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		1900
Anno di ristrutturazione		2001
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E.7 Att. Scolastiche
Superficie utile riscaldata	[m ²]	1949,16
Superficie disperdente (S)	[m ²]	3930,27
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	12605,2
Rapporto S/V	[1/m]	0,31
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	2.342,99
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	658,01
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	3.001,00
Tipologia generatore riscaldamento		Caldaia tradizionale a gas naturale
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	459
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	0
Tipo di combustibile		Gas Naturale
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler Elettrici
Emissioni CO ₂ di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	60,32
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{it} /anno]	191869
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	16843
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	43363
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	8776

Nota (1): Valori di Baseline

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

- EEM 1: Isolamento involucro con cappotto esterno
- EEM 2: Isolamento pavimentazione
- EEM 3: Installazione valvole termostatiche sui corpi scaldanti
- EEM 4: Installazione caldaia condensazione
- EEM 5: Installazione corpi illuminanti a LED
- EEM 6: Installazione solare fotovoltaico
- EEM 7: Sostituzione serramenti
- SCN1: EEM3+EEM4
- SCN2: EEM1+EEM2+EEM3+EEM4

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											
	% ΔE	% ΔCO_2	ΔC_e	ΔC_{MO}	ΔC_{MS}	I_0	TRS	TRA	VAN	TIR	IP
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]
EEM 1	20,53%	17,02%	4.311,44	€ 340,30	€ 37,81	€ 99.183,78	10,92	15,77	28.002,4	7,67%	0,28
EEM 2	8,82%	7,31%	1.852,04	€ 340,30	€ 37,81	€ 65.492,16	14,89	23,99	4.269,4	4,94%	0,07
EEM 3	27,18%	23,24%	5.900,09	€ 340,30	€ 37,81	€ 17.131,76	2,80	3,20	60.212,3	33,70%	3,51
EEM 4	9,91%	8,24%	2.087,61	€ 340,30	€ 37,81	€ 23.026,66	4,98	6,55	18.265,5	16,02%	0,79
EEM 5	5,28%	9,89%	2.597,75	€ 340,30	€ 37,81	€ 40.617,71	7,59	9,65	28.261,6	12,00%	0,70
EEM 6	5,68%	10,65%	2.796,50	€ 340,30	€ 37,81	€ 66.208,91	19,32	33,02	-6.231,7	3,13%	-0,09
EEM 7	22,11%	18,27%	4.626,44	€ 340,30	€ 37,81	€ 416.852,96	40,62	52,31	-183.122,6	-3,20%	-0,44
SCN1	28,5%	28,7%	5.793,00	€ 340,30	€ 37,81	€ 40.159,00	4,91	5,67	24.283,0	16,61%	0,60
SCN2	44,4%	44,9%	9.181,00	€ 340,30	€ 37,81	€ 199.323,00	7,96	11,04	48.217,0	8,66%	0,24

Figura 0.1 – Scenario 1: analisi finanziaria

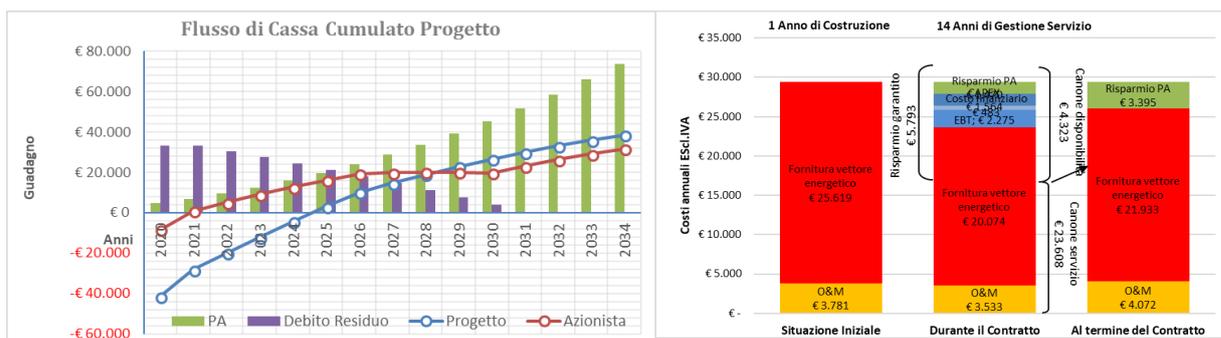
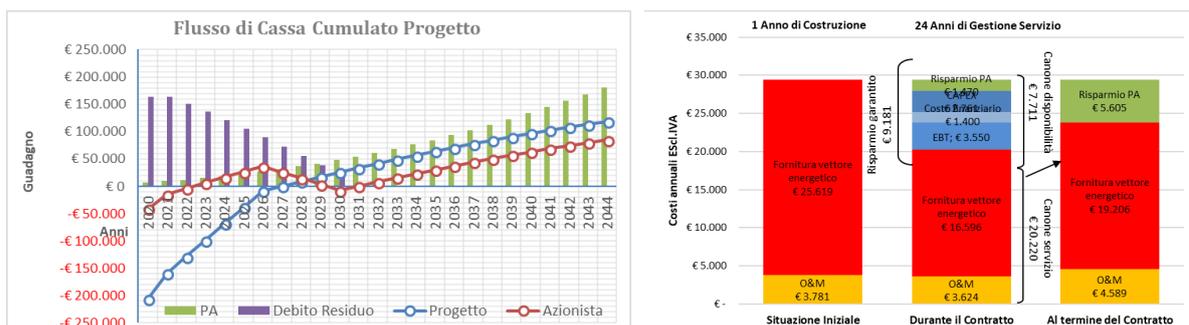


Figura 0.2 – Scenario 2: analisi finanziaria



Dall'analisi effettuata è emerso che l'insieme di interventi risulta conveniente dal punto di vista economico. Entrambi gli scenari consentono di ottenere un considerevole incremento delle prestazioni energetiche. Interventi sull'impianto termico risultano particolarmente efficaci in quanto sono risultati essere aspetti critici della struttura in esame. Interventi sull'involucro risultano, invece, meno vantaggiosi economicamente, seppur con tempi di ritorno accettabili e risultati assai positivi in termini di risparmio energetico ed abbattimento delle emissioni di agenti atmosferici inquinanti come la CO₂.

1 INTRODUZIONE

1.1 PREMESSA

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

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

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

1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA

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

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

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

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

Figura 1.1 - Vista della facciata Ovest



1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO

La presente DE è stata eseguita da More Energy s.r.l., parte di ATI costituita da Energynet s.r.l. e More Energy s.r.l.. Il responsabile per il processo di audit dell’ATI è l’ing. Saverio Magni, 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
Ornella Restani		Sopralluogo in sito
Simone Venturelli		Elaborazione dei dati relativi ai consumi energetici
Simone Venturelli		Elaborazione dei dati geometrici ed alla creazione del modello energetico
Ornella Restani		Validazione modello energetico e stesura relazioni
Michela Guerra		Preparazione elaborati grafici
Irene Paradisi	Responsabile involucro	Revisione report di diagnosi energetica
Luigi Guerra	Responsabile impianti	Revisione report di diagnosi energetica
Saverio Magni	EGE	Approvazione report di diagnosi energetica

1.4 IDENTIFICAZIONE DELL’EDIFICIO

L’immobile oggetto della DE, catastalmente individuato al NCEU F.64 Mapp.191 Sub. 1-2 è sito nel Comune di Genova e più precisamente nel quartiere Foce.

L’edificio è di proprietà del Comune di Genova ed è attualmente adibito a scuola elementare.

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		1900
Anno di ristrutturazione		2001
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E.7 Att. Scolastiche
Superficie utile riscaldata	[m ²]	1949,16
Superficie disperdente (S)	[m ²]	3930,27
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	12605,2
Rapporto S/V	[1/m]	0,31

Superficie netta aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	2.342,99
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	658,01
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	3.001,00
Tipologia generatore riscaldamento		Caldaia tradizionale a gas naturale
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	459
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	0
Tipo di combustibile		Gas Naturale
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler Elettrici
Emissioni CO ₂ di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	60,32
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{th} /anno]	191869
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	16843
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	43363
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	8776

Nota (1): Valori di Baseline

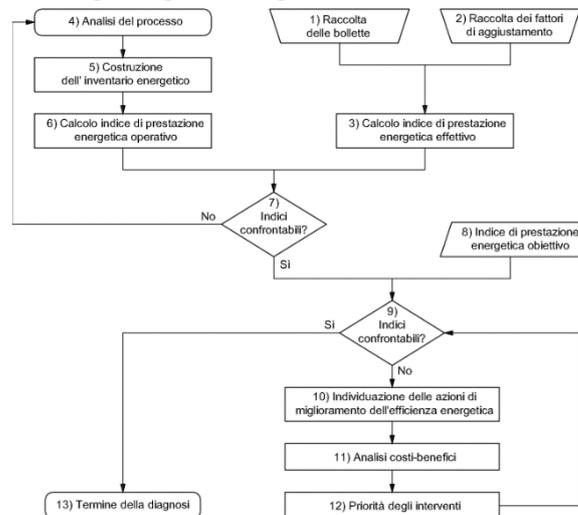
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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

- a) Acquisizione della documentazione utile, fornita dalla PA, come riportato all’Allegato A – Elenco documentazione fornita dalla committenza; **Errore. L’origine riferimento non è stata trovata.**
- b) Analisi del quadro normativo di riferimento, incluso la verifica dei vincoli ambientali, storici, archeologici e paesaggistici interferenti sull’immobile interessato dall’intervento;
- c) Visita agli edifici, effettuata in data 07/12/2017 con verifica degli elaborati forniti e rilievo dei dati relativi alle caratteristiche degli elementi disperdenti ed impiantistici costituenti il sistema edificio-impianto;
- d) Visita alla centrale termica e/o frigorifera, con il supporto del personale incaricato della conduzione e manutenzione degli impianti e rilevamento dei dati utili;
- e) 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;
- f) Elaborazione del comportamento termico ed elettrico dell’edificio, realizzata utilizzando il software commerciale Edilclima EC700 versione 8.17.49 in possesso di certificato di conformità rilasciato dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI) n. 73 ai sensi del D.lgs. 192/05 e s.m.i. e riportato all’Allegato F – Certificato CTI Software;
- g) Analisi dei profili annuali di consumi e costi dei servizi energetici reali dell’edificio, comprensivi della fornitura dei vettori energetici sia elettrici che di gas e degli oneri di O&M, relativamente alle annualità 2014-2015-2016;
- h) Analisi dei dati climatici reali del sito ove è ubicato l’edificio con conseguente calcolo dei Gradi Giorno reali (GG_{real}), utilizzando le temperature esterne rilevate dalla stazione meteo ARPAL e riportati all’Allegato I – Dati climatici;
- i) Individuazione della “baseline termica” di riferimento (e relative emissioni di CO₂) tramite opportuna ripartizione del consumo di combustibile tra le varie utenze a servizio dell’edificio e stagionalizzazione dello stesso, utilizzando i relativi GG reali (GG_{real}), e conseguente normalizzazione secondo i GG di riferimento (GG_{rif});
- j) Individuazione della “baseline elettrica” di riferimento (e relative emissioni di CO₂) calcolata sulla media aritmetica dei valori relativi ai consumi elettrici reali per tre le annualità 2014, 2015, 2016;

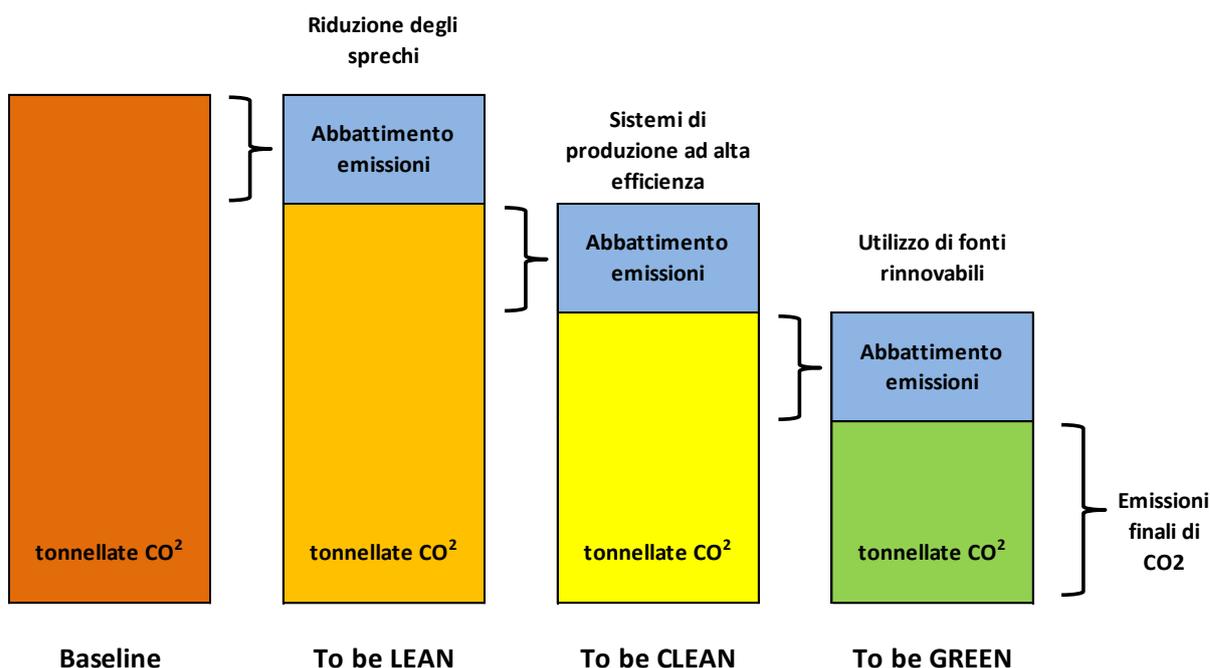
- k) Validazione del modello elaborato mediante il confronto con le baseline energetiche, al fine di ottenere uno scostamento inferiore al 5%;
- l) Analisi delle possibili EEM necessarie per la riqualificazione energetica del sistema edificio-impianto analizzando gli aspetti tecnici, energetici, ed ambientali.
- 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 inferiore 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 riqualificazione degli impianti di generazione per la climatizzazione e, dopo, dall'installazione di tecnologie di generazione da fonti rinnovabili.

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

- TRS (Tempo di rientro semplice);
- TRA (Tempo di rientro attualizzato);
- VAN (Valore attuale netto);

- TIR (Tasso interno di rendimento);
- IP (indice di profitto).

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

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

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

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

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

1.6 STRUTTURA DEL REPORT

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

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

2 DATI DELL'EDIFICIO

2.1 INFORMAZIONI SUL SITO

Lo strumento urbanistico vigente, il P.U.C approvato con DD n° 2015/118.0.0./18 con entrata in vigore il 3/12/2015], classifica l'edificio oggetto della DE in zona urbanizzata AC-IU (ambito di conservazione dell'impianto urbanistico).

Figura 2.1 - Particolare estratto dal Piano Urbanistico Comunale



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

L'edificio ai sensi del DPR 412/93 attualmente ricade nella destinazione d'uso E.7 - Edifici adibiti ad attività scolastiche.

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

L'ipotesi di intervenire al fine di migliorarne l'efficienza energetica è innanzitutto volta ad una diminuzione delle emissioni di CO₂, la quale rientra negli obiettivi prefissati dal Comune di Genova all'interno del SEAP (Sustainable Energy Action Plan), ma può anche essere considerata di notevole interesse socio-culturale al fine della sensibilizzazione del pubblico alle tematiche di interesse ambientale ed energetico.

L'edificio ospita circa 237 alunni, 6 membri ATA e 37 insegnanti.

È rilevante inoltre sottolineare come la corretta gestione e manutenzione del sistema edificio – impianto, comporterebbe il miglioramento delle condizioni di benessere percepite dai bambini e dagli operatori.

L’edificio ospitante il complesso scolastico oggetto della DE è costituito complessivamente da 3 piani fuori terra, nei quali si sviluppano prevalentemente aule, servizi igienici, mensa, spogliatoi e palestra.

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	Scuola elementare - Palestra, Mensa, Aule, Servizi	[m ²]	776,68	645,19	0
Primo	Scuola elementare – Aule, Servizi, Sala insegnanti	[m ²]	771,97	641,28	0
Secondo	Scuola elementare – Aule, Servizi, Sala insegnanti, Sala medica, Laboratorio informatica	[m ²]	778,12	646,38	0
TOTALE		[m ²]	2.342,99	1946,19	0

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

Il complesso scolastico oggetto di diagnosi non risulta vincolato sulla base del PUC vigente, come visibile dalla figura che segue.

Figura 2.3 - Particolare estratto dalla carta dei vincoli

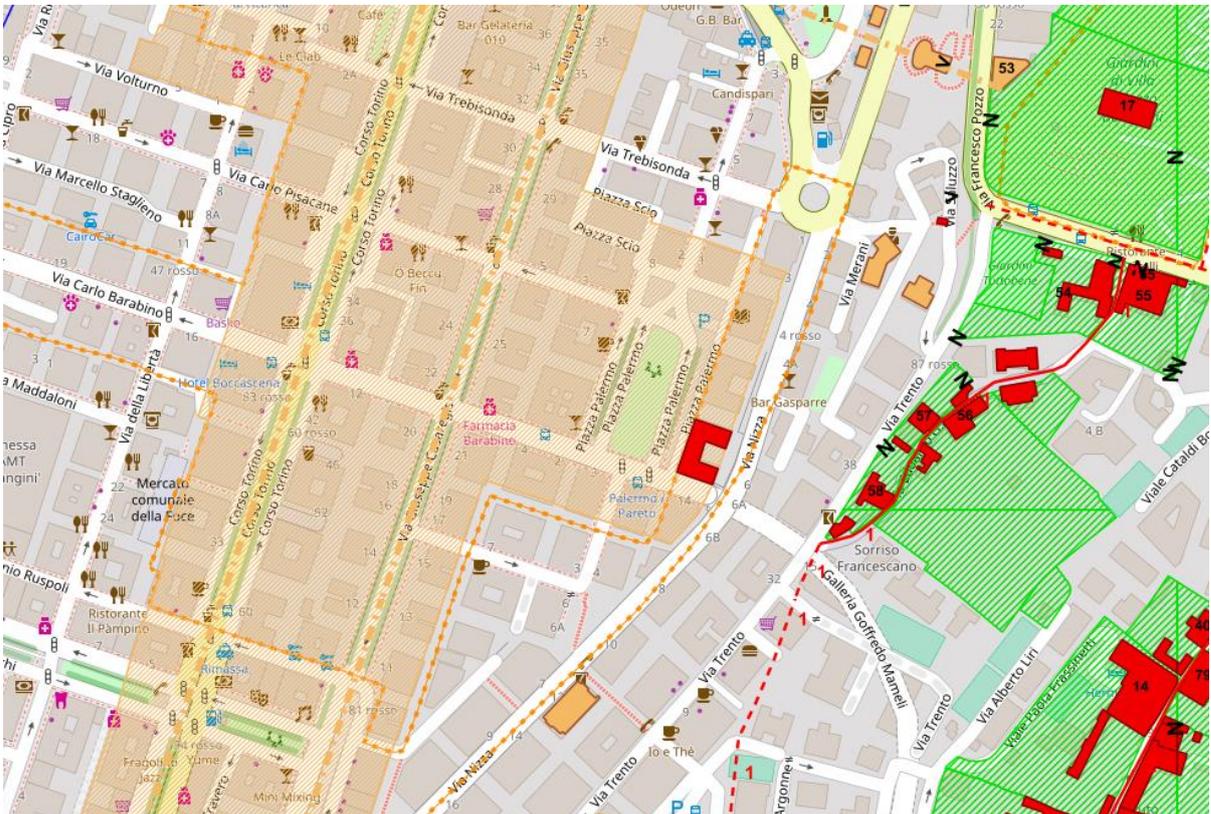


Tabella 2.2 - Misure di efficienza energetica individuate e valutazione delle interferenze con gli attuali vincoli

MISURA DI EFFICIENZA ENERGETICA	VINCOLO INTERESSATO	VALUTAZIONE INTERFERENZA (4)	MISURA DI TUTELA DA ADOTTARE
EEM1: Isolamento pareti verticali con cappotto esterno	nessuno		-
EEM2: Isolamento pavimentazione	nessuno		-
EEM3: Installazione di valvole termostatiche complete di collegamenti su radiatori e termo-arredi	nessuno		-
EEM4: Installazione di caldaia a condensazione	nessuno		-
EEM5: Installazione lampade a LED a basso consumo	nessuno		-
EEM6: Installazione pannelli fotovoltaici	nessuno		-

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 gli aspetti geologici, geotecnici, idraulici o idrogeologici della zona.

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.

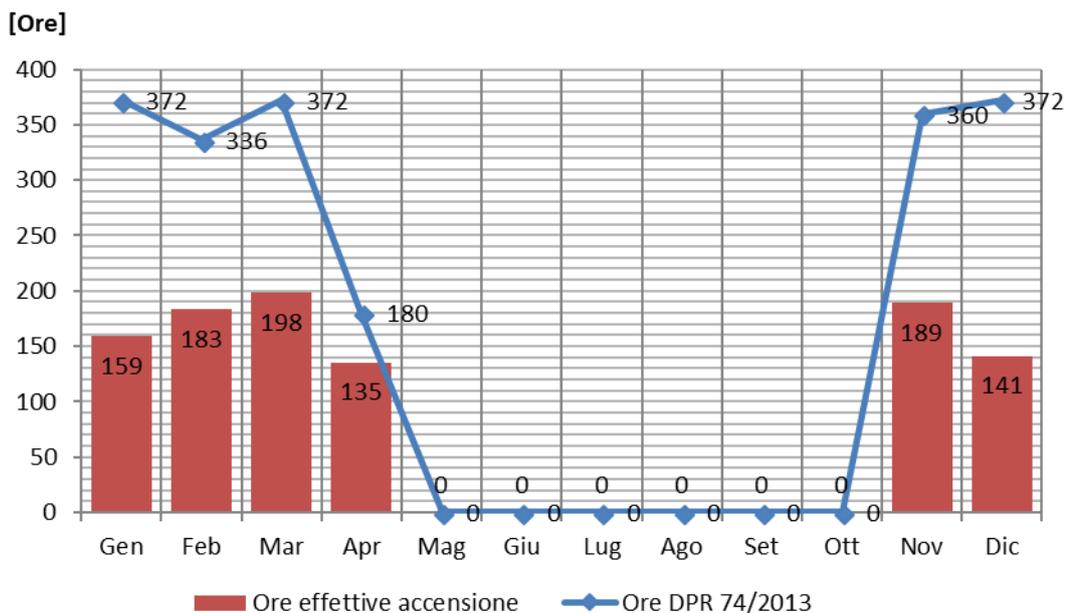
Gli orari di effettivo utilizzo dell’edificio sono stati ricavati da un’intervista al personale scolastico, mentre i periodi di attivazione e spegnimento degli impianti sono stati forniti dal manuntentore.

Nella Tabella 2.3 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.

ZONA	PERIODO	GIORNI SETTIMANALI	ORARIO FUNZIONAMENTO EDIFICIO	ORARIO FUNZIONAMENTO IMPIANTO
Scuola elementare	Dal 1 Novembre al 15 Aprile	dal lunedì al venerdì	7.30-18.30	7.00-16.00
Scuola elementare	Dal 16 Aprile al 30 Giugno	dal lunedì al venerdì	7.30-18.30	-
Scuola elementare	Dal 1 Settembre al 31 Ottobre	dal lunedì al venerdì	7.30-18.30	-

Figura 2.4 – 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 lezioni, ma dipendono anche dalla presenza di personale all’interno della struttura pertanto durante il periodo di riscaldamento anticipano di circa un’ora l’apertura della scuola.

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.

Ove presenti, all’interno del contratto di Servizio Energia sono stati inseriti la gestione, conduzione e manutenzione degli impianti di climatizzazione estiva.

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 929 GG calcolati su 112 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	18	18	170	18%
Febbraio	28	10,5	28	266	20	20	193	21%
Marzo	31	11,1	31	276	22	22	196	21%
Aprile	30	15,3	15	71	22	15	73	8%
Maggio	31	18,7	-	-	22	-	-	0%
Giugno	30	22,4	-	-	22	-	-	0%
Luglio	31	24,6	-	-	21	-	-	0%
Agosto	31	23,6	-	-	-	-	-	0%
Settembre	30	22,2	-	-	22	-	-	0%
Ottobre	31	18,2	-	-	22	-	-	0%
Novembre	30	13,3	30	201	21	21	141	15%
Dicembre	31	10,0	31	310	16	16	157	17%
TOTALE	365	16,7	166	1421	227	112	929	100%

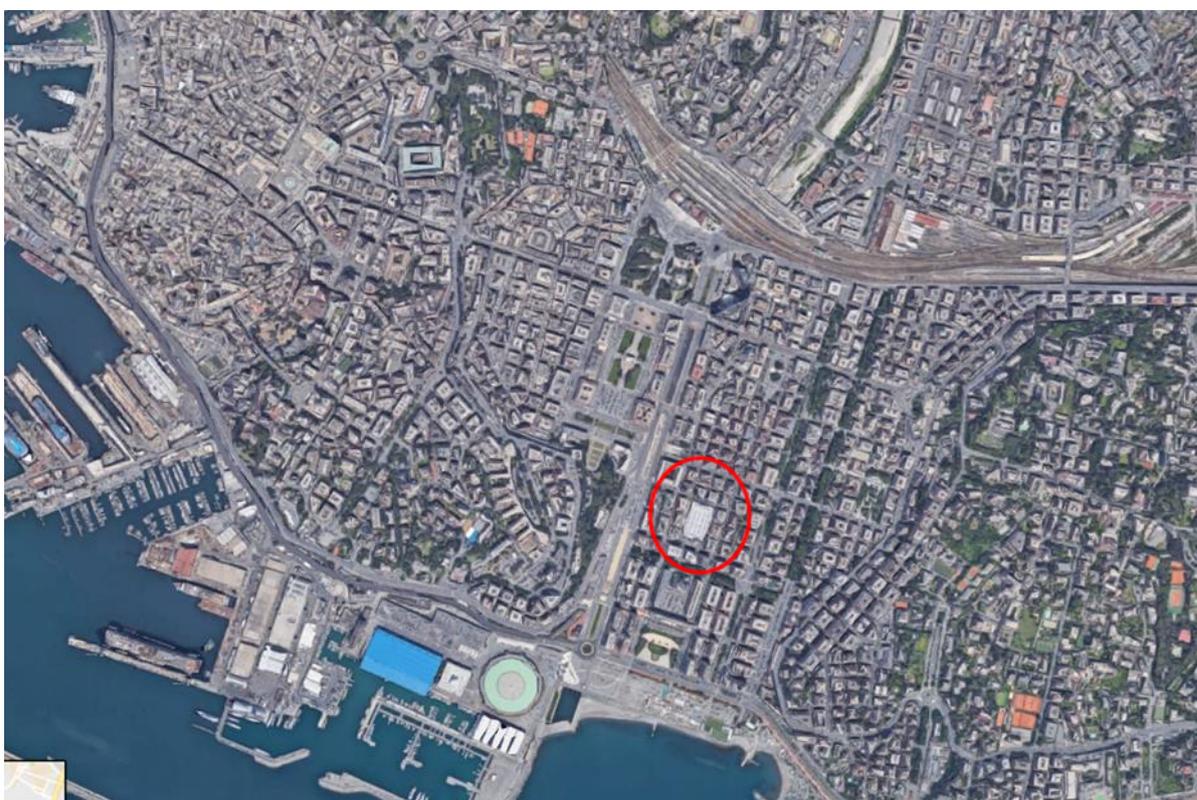
3.2 DATI CLIMATICI REALI

Ai fini della realizzazione dell’analisi energetica si è resa necessaria la definizione delle condizioni climatiche reali, ovvero dei GG calcolati in funzione delle temperature 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 di ARPAL Genova – Centro funzionale, ubicata in viale delle Brigate Partigiane, 2 a Genova.

Si è deciso di utilizzare come riferimento tale centralina in quanto le misure sono più affidabili rispetto a quelle ottenute dalla stazione universitaria e in quanto tale centralina è la più vicina agli edifici del Lotto 8 tra le stazioni ARPAL di Genova e si trova a un’altitudine più coerente rispetto all’edificio considerato.

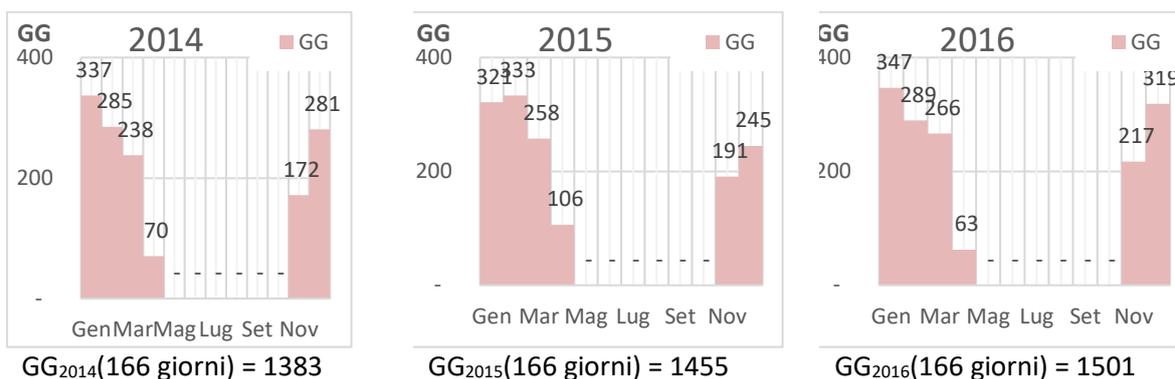
Figura 3.1 – Posizionamento della centralina meteo climatica rispetto all’edificio oggetto di DE



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

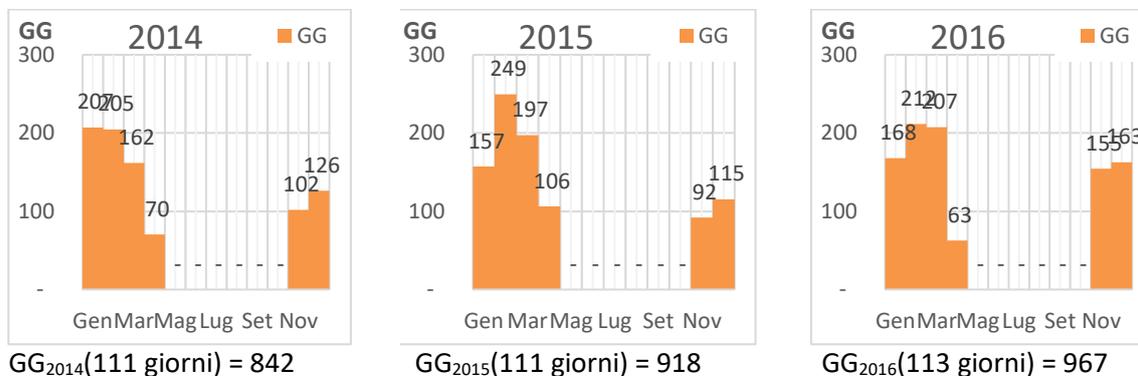


Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG reali sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 919 GG calcolati su 112 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'anno 2016 risulta l'anno più freddo mentre il 2014 risulta quello mediamente più caldo. I mesi più rigidi risultano essere Febbraio e Marzo.

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 realizzato in muratura portante con mattoni pieni.

La copertura è una copertura piana latero cementizia ristrutturata nei primi anni 2000 con isolamento e nuova impermeabilizzazione.

I pavimenti sono stati valutati in laterocemento.

Figura 4.1 - Particolare della porzione di involucro



La struttura, risalente ai primi anni del '900, presenta molte criticità dal punto di vista termico: le pareti perimetrali in particolare sono non isolate come anche le altre componenti strutturali ad eccezione della copertura recentemente ristrutturata.

Bisogna però sottolineare come le prestazioni energetiche dell'edificio siano in parte salvaguardate dallo spessore elevato dai muri perimetrali esterni, seppur questi non presentino caratteristiche termiche sufficienti.

Figura 4.2 - Particolare involucro con vista dall'esterno



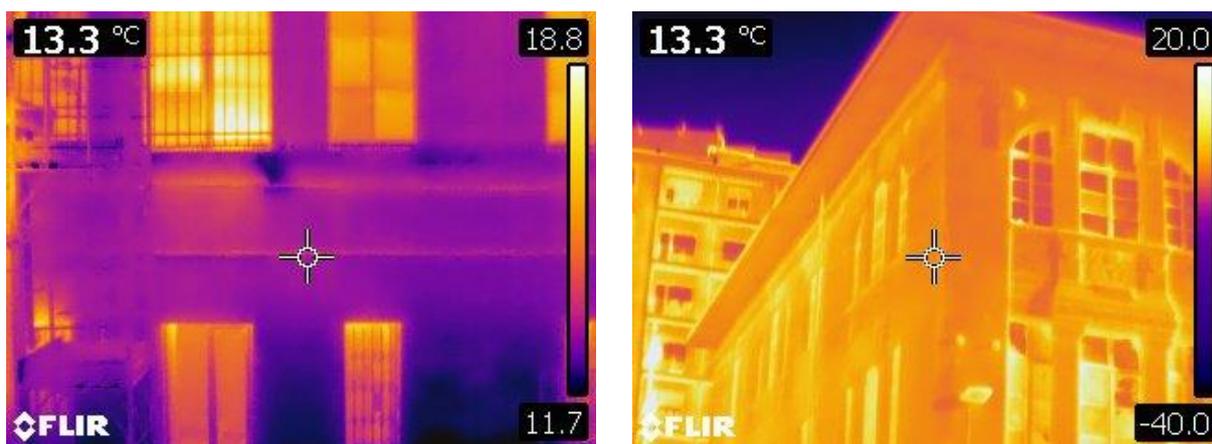
Ai fini di un'identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell'involucro opaco si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione delle seguenti indagini diagnostiche:

- Rilievo termografico eseguito tramite l'utilizzo di Termocamera FLIR 340 con lente 25' secondo le seguenti modalità: la prova è stata effettuata il 07/12/2017 alle ore 15. Il cielo era sereno e lo scostamento di temperatura tra interno ed esterno era molto basso: la temperatura esterna rilevata era 14,5°C, mentre all'interno dei locali scolastici la temperatura era 22°C

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- in corrispondenza dei serramenti sono presenti rassottigliamenti delle pareti per l'alloggiamento dei radiatori che comportando una maggiore dispersione del calore e rappresentano un evidente ponte termico sulla facciata dell'edificio stesso;
- la struttura dell'edificio è realizzata con telaio in c.a. e tamponamenti in muratura.

Figura 4.3 – Rilievo termografico delle pareti esterne



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

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

Tabella 4.1 – Trasmittanze termiche dei componenti dell’involucro opaco

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	SPESSORE	ISOLAMENTO	TRASMITTANZA TERMICA	STATO DI CONSERVAZIONE
		[cm]		[W/m ² K]	
Parete verticale	M1	55	Assente	1,031	Scarso
Parete verticale	M2	42	Assente	1,266	Scarso
Copertura	S1	36	Presente	0,474	Sufficiente
Pavimentazione su scantinato	P1	35	Assente	1,150	Insufficiente

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 principalmente da serramenti con telaio in legno e vetro singolo.

Lo stato di conservazione degli stessi è insufficiente. I serramenti risultano assai danneggiati e rovinati.

Figura 4.4 - Particolare dei serramenti

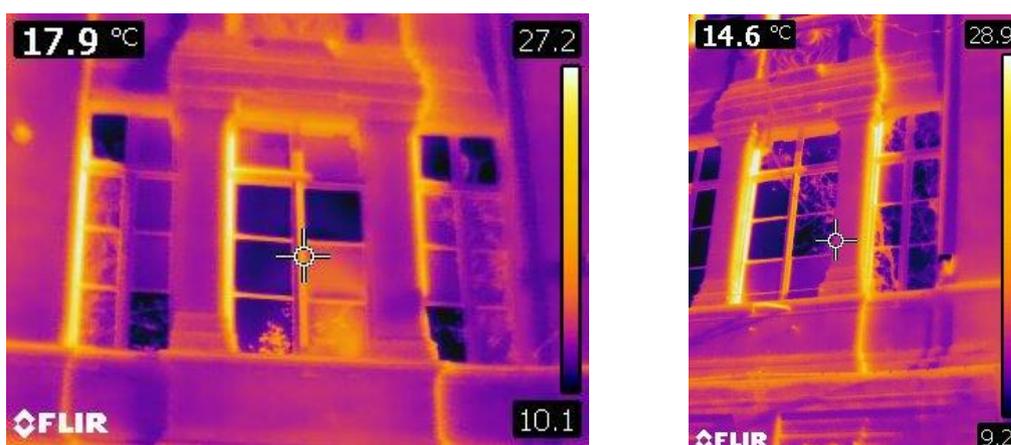


Ai fini di un’identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell’involucro opaco si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione delle seguenti indagini diagnostiche:

- Rilievo termografico eseguito tramite l'utilizzo di Termocamera FLIR 340 con lente 25' secondo le seguenti modalità: la prova è stata effettuata il 07/12/2017 alle ore 15. Il cielo era sereno e lo scostamento di temperatura tra interno ed esterno era molto basso: la temperatura esterna rilevata era 14,5°C, mentre all'interno dei locali scolastici la temperatura era 22°C

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alla conclusione che i serramenti hanno prestazioni termiche inferiori rispetto alle pareti verticali su cui insistono e rappresentano criticità termiche per tutta la struttura.

Figura 4.5 – Rilievo termografico dei serramenti



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
Legno vetro singolo	F1	320x120	Legno	Vetro singolo	3,45	Insufficiente
PVC vetrocamera	F2	380x100	PVC	Vetro doppio	2,42	Buono

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

4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/CLIMATIZZAZIONE INVERNALE

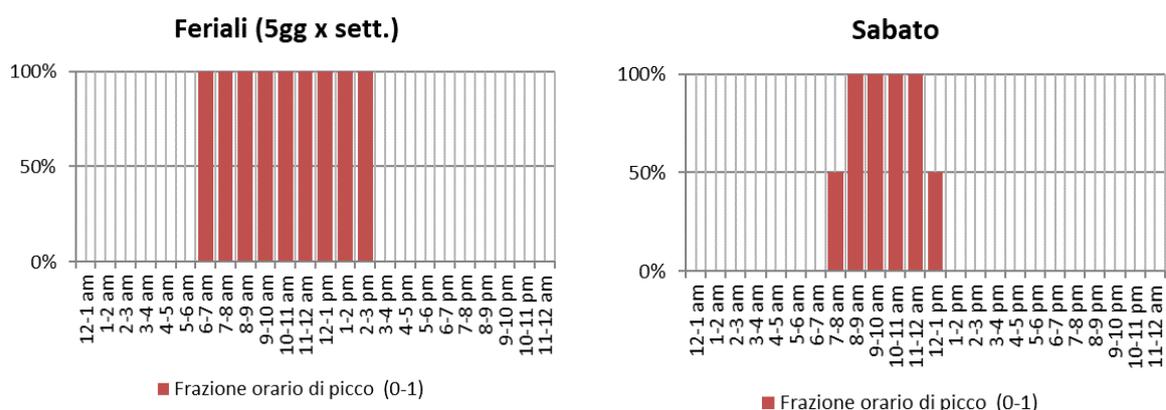
L'impianto di riscaldamento degli ambienti è costituito da una caldaia tradizionale alimentata a gas metano per il solo riscaldamento della scuola elementare e dell'edificio Istituto Foce, situato a fianco della scuola oggetto di diagnosi. L'acqua calda è infatti prodotta separatamente con boiler elettrici.

4.2.1 Sottosistema di regolazione

La regolazione del funzionamento dell'impianto avviene attraverso l'impostazione degli orari di funzionamento e delle temperature di set-point in centrale termica attraverso una sonda climatica esterna.

Di seguito sono riportati i profili orari di funzionamento degli impianti.

Figura 4.6 - Profilo di funzionamento invernale dell'impianto per la zona termica



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 (secondo UNI TS 11300) sono riportati nella Tabella 4.3:

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

ZONA TERMICA	TIPO DI REGOLAZIONE	RENDIMENTO
Scuola Elementare	Climatica	67,2%

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.

4.2.2 Sottosistema di distribuzione

A servizio del sottosistema di distribuzione è presente una pompa di circolazione gemellare installata in centrale termica per la mandata al circuito (unico) a servizio dell'intero edificio. La distribuzione è poi a colonne montanti. Le caratteristiche dei circolatori a servizio del circuito primario sono riportate nella Tabella 4.4.

Tabella 4.4 - Riepilogo caratteristiche pompe circuito primario

NOME	SERVIZIO	PORTATA ⁽⁵⁾ [m ³ /h]	PREVALENZA ⁽⁶⁾ [kPa]	POTENZA ASSORBITA ⁽⁷⁾ [kW]
Circuito unico	mandata acqua calda	20,05	ND	1,7

Nota (5): Valori ricavati dal modello energetico

Nota (6): Valori ricavati da progetto

Nota (7): Valori ricavati da dati di targa

Le temperature del fluido termovettore all'interno del circuito primario sono riportate nella Tabella 4.5.

Tabella 4.5 – Temperature di mandata e ritorno del circuito primario

CIRCUITO			TEMPERATURA RILEVATA ⁽⁸⁾ °C	TEMPERATURA CALCOLO °C
Circuito unico	Mandata	Caldo	50	60
	Ritorno	Caldo	40	50

Nota (5): Valori utilizzati nel modello di calcolo

Nota (6): Valori ricavati in sede di sopralluogo

Nota (8): Valori rilevati il giorno 07/12/2017 alle ore 15.00, in orario di apertura del museo, con una temperatura esterna di circa 14,5°C

Per quanto riguarda le temperature del fluido termovettore caldo si è potuta notare una leggera differenza tra i valori considerati nel modello di calcolo e quelli rilevati in sede di sopralluogo, legati probabilmente alla stagionalità (la giornata di sopralluogo non era particolarmente rigida).

Figura 4.7 - Particolare dello schema di impianto



Il rendimento complessivo del sottosistema di distribuzione è stato assunto nella DE pari al 90.7% calcolato secondo UNI TS 11300.

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.

4.2.3 Sottosistema di generazione

Il sottosistema di generazione è costituito da una caldaia tradizionale installata in locale tecnico nel 2002 alimentata a gas metano, di marca UNICAL modello P420.

Figura 4.8 - Particolare della caldaia



Figura 4.9 - Particolare mandata e ritorno



Le caratteristiche dei sistemi di generazione sono riportate nella Tabella 4.6.

Tabella 4.6 - Riepilogo caratteristiche sistemi di generazione

	Servizio	MARCA	MODELLO	ANNO DI COSTRUZIONE	POTENZA AL FOCOLARE [kW]	POTENZA TERMICA UTILE [kW]	RENDIMENTO	POTENZA ASSORBITA COMPLESSIVA [kW]
Gen 1	Riscaldamento	Unical	P420	2002	459,00	420,00	85,7%	1,62

Il rendimento complessivo del sottosistema di generazione finale, in regime di riscaldamento è stato assunto nella DE pari al 85,7% secondo i parametri della UNI TS 11300 che tiene in considerazione fattori di riduzione per la temperatura dei fumi, l’installazione in ambiente non riscaldato e temperatura di mandata e ritorno del fluido termovettore. Sulla base di queste considerazioni si è ottenuto un rendimento di calcolo differente rispetto a quelli valutati con la prova di combustione che si assestano intorno al 94,9%.

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

4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA

La produzione di acqua calda sanitaria è eseguita tramite n°3 bollitori elettrici ad accumulo installati localmente nei servizi igienici. A servizio della mensa della scuola d’Infanzia (piano primo) è poi presente una caldaia istantanea a gas metano, dotata di un proprio PDR (non oggetto di DE).

Figura 4.10 - Particolare di un boiler elettrico per la produzione di acqua calda sanitaria



I rendimenti caratteristici dei sottosistemi dell’impianto di produzione acqua calda sanitaria sono riportati nella **Errore. L'autoriferimento non è valido per un segnalibro..**

Tabella 4.7 – 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%	92,6%	-	-	75%	35,6%

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.

4.3.1 Sottosistema di emissione

Il sottosistema di emissione è costituito esclusivamente da radiatori.

Figura 4.11 – Particolare dei radiatori



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

Tabella 4.8 - Rendimenti del sottosistema di emissione per le varie zone termiche

ZONA TERMICA	TIPOLOGIA DI TERMINALE	RENDIMENTO
Scuola elementare	Radiatori	90.3%

Le caratteristiche dei terminali di emissione installati sono sintetizzate nella Tabella 4.9.

Tabella 4.9 - Riepilogo caratteristiche dei terminali di emissione installati

PIANO	TIPO DI INSTALLAZIONE	NUMERO	POTENZA	POTENZA	POTENZA	POTENZA
			TERMICA	TERMICA	FRIGORIFERA	FRIGORIFERA
			UNITARIA	COMPLESSIVA	UNITARIA	COMPLESSIVA
			[kW]	[kW]	[kW]	[kW]
Terra	In prevalenza su parete esterna sottofinestra	25	varia	varia	-	-
Primo	In prevalenza su parete esterna sottofinestra	21	varia	varia	-	-
Secondo	In prevalenza su parete esterna sottofinestra	26	varia	varia	-	-
TOTALE		72				

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.

4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO/CLIMATIZZAZIONE ESTIVA

La climatizzazione in regime estivo non è presente all'interno della struttura.

4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA

La ventilazione meccanica controllata non è presente all'interno della struttura.

4.6 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 ascensori, 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 **Errore. L'autoriferimento non è valido per un segnalibro..**

Tabella 4.10 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA	POTENZA	ORE ANNUE DI
			NOMINALE	COMPLESSIVA	UTILIZZO
			[kW]	[kW]	[ore]
Scuola elementare	Cappa (Dispensa)	1	2,2	2,2	200,0
Scuola elementare	PC (Aule)	24	0,2	4,8	200,0
Scuola elementare	Stampante (Aule)	10	0,4	4,0	200,0
Scuola elementare	Frigorifero (Dispensa)	1	1,0	1	1.000,0
Scuola elementare	LIM (Aule)	2	0,2	0,4	600,0
Scuola elementare	Forno (Cucina)	1	0,2	0,2	400,0
Scuola elementare	Lavastoviglie (Cucina)	1	1,9	2	200,0
Scuola elementare	Macchina del caffè,distributore (Ufficio)	2	0,3	1	200,0
Scuola elementare	Fotocopiatrice (Ufficio)	1	0,2	0	200,0
Scuola elementare	Forno Elettrico (Cucina)	1	1,5	1,5	200,0
Scuola elementare	TV (Aule)	11	0,2	2,2	200,0
Scuola elementare	Sterilizzatore (Cucina)	1	0,6	0,6	200,0
Scuola elementare	Forno 4 fuochi (Cucina)	1	1,0	1,0	400,0

Scuola elementare	Caldaia (Cucina)	1	0,4	0,40	1.000,0
-------------------	------------------	---	-----	------	---------

4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE

L'impianto di illuminazione è costituito da lampade di diverse tipologie, principalmente fluorescenti tubolari

Le principali tipologie di corpi illuminanti sono di seguito elencati:

- Lampade fluorescenti tubolari 2x36 W installate a soffitto;
- Lampade fluorescenti tubolari 4x18 W installate a soffitto
- Lampade fluorescenti tubolari 1x36 W installate a soffitto

Figura 4.12 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nelle sale espositive



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

Tabella 4.11 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA UNITARIA	POTENZA COMPLESSIVA
			[W]	[W]
Scuola elementare	Fluorescente 1x36W	17	36	612
Scuola elementare	Fluorescente 2x36W	160	72	11.520
Scuola elementare	Fluorescente 4x18W	46	72	3.312

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.

L'impianto di illuminazione in sede di sopralluogo risulta datato ed inoltre è emersa la necessita di sistema di regolazione più efficiente al fine di evitare illuminazione di ambienti non frequentati.

Figura 4.13 - Particolare dei corpi illuminanti



4.8 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DI IMPIANTI DI PRODUZIONE ENERGIA ELETTRICA O COGENERAZIONE

Non è presente un impianto di produzione fotovoltaico o di cogenerazione.

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. Per il gas metano si sono recuperati esclusivamente i consumi riferiti al biennio 2015-2016.

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

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

La fornitura di Gas metano avviene tramite la presenza di un contatore il quale risulta a servizio esclusivo della centrale termica per il riscaldamento.

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

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

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

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

PDR	Utilizzo	2014 [Sm ³]	2015 [Sm ³]	2016 [Sm ³]	2014 [kWh]	2015 [kWh]	2016 [kWh]
3270024025557	Riscaldamento	-	21.658	21.171	-	204.018	199.431

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

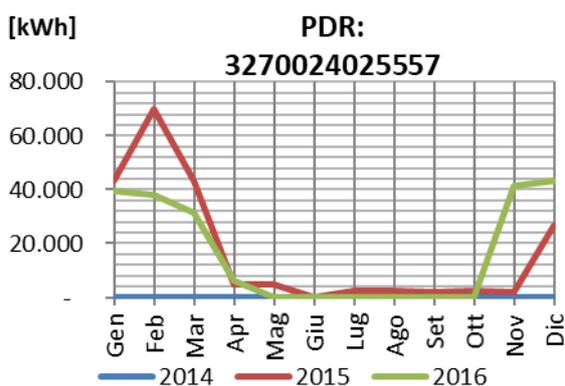
I consumi fatturati dalla società di fornitura sono riportati nella Tabella 5.3.

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

PDR: 3270024025557	2014	2015	2016	2014	2015	2016
	Mese	[Sm ³]	[Sm ³]	[Sm ³]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	-	4.593	4.186	-	43.266	39.432
Febbraio	-	7.444	4.020	-	70.122	37.868
Marzo	-	4.593	3.331	-	43.266	31.378
Aprile	-	510	682	-	4.804	6.424
Maggio	-	528	-	-	4.974	-
Giugno	-	-	-	-	-	-
Luglio	-	234	-	-	2.204	-
Agosto	-	234	-	-	2.204	-
Settembre	-	227	-	-	2.138	-
Ottobre	-	234	-	-	2.204	-
Novembre	-	226	4.369	-	2.129	41.156
Dicembre	-	2.835	4.583	-	26.706	43.172
Totale	-	21.658	21.171	-	204.018	199.431

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

Figura 5.1 – Andamento mensile dei consumi termici fatturati



Dall'analisi effettuata è emerso che il prelievo termico del biennio è caratterizzato da valori simili di prelievo. I consumi annui, infatti, non hanno subito una sostanziale variazione e risultano piuttosto costanti.

Confrontando l'andamento ei consumi con i GG_{real} del triennio di riferimento si può notare che effettivamente i consumi risultano maggiori nella stagione termica più fredda, caratterizzata da un numero superiore di gradi giorno.

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

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

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

Dove:

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

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

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

Tale consumo è stato valutato scorporando, dal consumo complessivo del contatore che alimenta la centrale termica, il contributo per la produzione di acqua calda sanitaria, prodotta con boiler elettrici.

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

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

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

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

\bar{Q}_{ALTRO} = Consumo termico reale per eventuali altri utilizzi dell’edificio, kWh/anno, valutato come la media dei consumi per altri usi, nel triennio di riferimento. Tale contributo non è stato valutato in quanto i suddetti utilizzi sono serviti da un contatore dedicato, pertanto con concorrono nel calcolo della baseline dei consumi energetici.

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

Tabella 5.4 – Normalizzazione dei consumi annuali di energia termica

ANNO	GG _{REALI} SU 112 GIORNI	GG _{RIF} SU 112 GIORNI	CONSUMO REALE RISC. [Smc]	CONSUMO REALE RISC. [kWh]	α_{rif}	CONSUMO NORMALIZZATO A 919 GG [kWh]	CONSUMO ACS [kWh]	CONSUMO ALTRO [kWh]
2014								
2015	918	929	21.658	204.018	222,2	206.463	-	-
2016	967	929	21.171	199.431	206,2	191.594	-	-
Media	919	929	21.415	201.725	214,03	198.835,2	-	-

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

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

Tabella 5.5 –Individuazione della Baseline termica

GRANDEZZA	VALORE
	[Kwh]
\bar{Q}_{ACS}	-
\bar{Q}_{ALTRO}	-
$\bar{a}_{rif} \times GG_{rif}$	198.835
$Q_{baseline}$	198.835

5.1.2 Energia elettrica

La fornitura di energia elettrica avviene tramite la presenza di un contatore il quale risultato a servizio della sola Scuola elementare.

L'effettiva ubicazione del contatore è rappresentata nelle planimetrie riportate all' Allegato B – Elaborati.

L'elenco delle fatture analizzate è riportato all' Allegato A – Elenco documentazione fornita dalla committenza.

L'analisi dei consumi storici di energia elettrica si basa sulla base dei kWh ottenuti dai dati di fatturazione rilevati nel triennio di riferimento.

Tali consumi annuali sono riportati nella Tabella 5.6 con indicazione dei POD di riferimento.

Tabella 5.6 – Elenco POD e relativi consumi annuali per il triennio di riferimento

POD	ZONA SERVITA	2014	2015	2016	MEDIA
		[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
IT001E00122606	Scuola elementare	40.602	45.520	43.367	43.163
TOTALE		40.602	45.520	43.367	43.163

Tali consumi sono stati confrontati con i consumi annui elaborati e forniti dalla PA ed identificati per l'edificio oggetto della DE all'interno del file kyotoBaseline-E194 e sono emerse le seguenti differenze:

POD1	POD1 2014 Consumi, [kWh]	POD1 2015 Consumi, [kWh]	POD1 2016 Consumi, [kWh]	POD1 Consumo Medio, [kWh]
IT001E00122606	43.753	48.820	46.996	46.523

indirizzo e-distribuzione	2014	(FATTURE-BASELINE)/BASELINE	2015	(FATTURE-BASELINE)/BASELINE	2016	(FATTURE-BASELINE)/BASELINE	MEDIA	(FATTURE-BASELINE)/BASELINE
piazza palermo 11	40.502	-7%	45.520	-7%	43.367	-8%	43.130	-7%

L'individuazione della baseline elettrica di riferimento è calcolata sulla media aritmetica dei valori relativi ai consumi elettrici reali per il triennio di riferimento.

Si è pertanto definito un consumo $EE_{baseline}$ pari a 43.163 kWh.

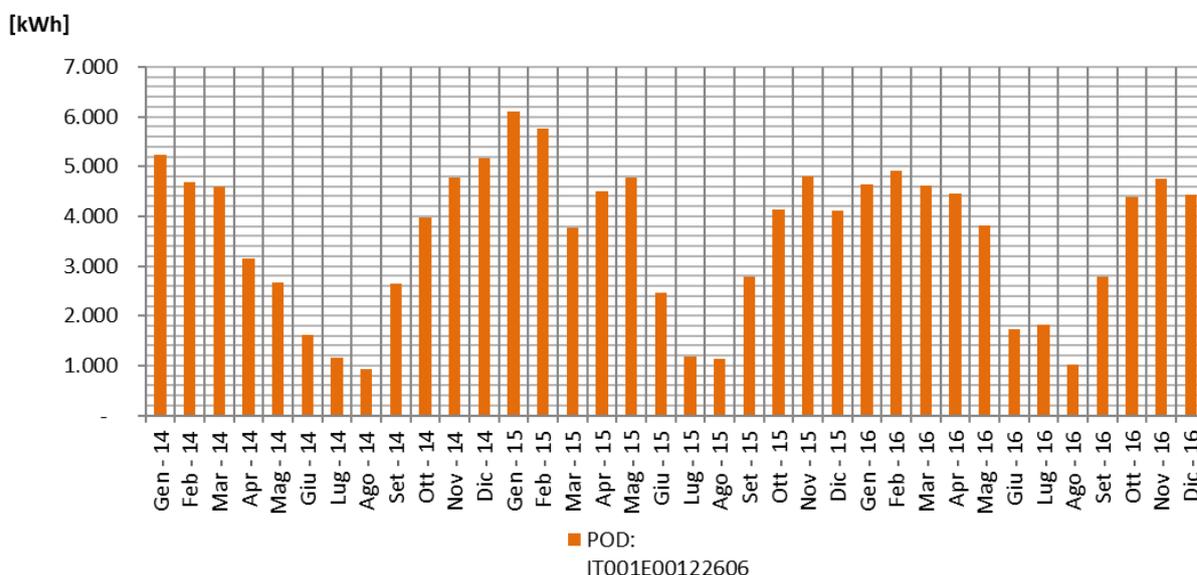
Tabella 5.7 – Consumi mensili di energia elettrica suddivisi per fasce, per il triennio di riferimento

POD: IT001E00012345	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 14	4.039	473	721	5.233
Feb - 14	3.721	461	499	4.681
Mar - 14	3.551	501	544	4.596
Apr - 14	2.308	377	463	3.148
Mag - 14	1.694	408	574	2.676
Giu - 14	906	311	407	1.624
Lug - 14	609	242	303	1.154
Ago - 14	401	195	343	939
Set - 14	1.883	366	387	2.636
Ott - 14	2.985	485	500	3.970
Nov - 14	3.233	629	924	4.786
Dic - 14	3.403	697	1.059	5.159
Totale	28.733	5.145	6.724	40.602

POD: IT001E00012345	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 15	3.909	901	1.301	6.111
Feb - 15	4.145	791	828	5.764
Mar - 15	2.734	487	547	3.768
Apr - 15	2.984	622	895	4.501
Mag - 15	2.916	789	1.076	4.781
Giu - 15	1.392	431	641	2.464
Lug - 15	528	293	355	1.176
Ago - 15	513	214	399	1.126
Set - 15	1.989	378	408	2.775
Ott - 15	3.179	479	482	4.140
Nov - 15	3.476	560	759	4.795
Dic - 15	2.765	477	877	4.119
Totale	30.530	6.422	8.568	45.520
POD: IT001E00012345	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 16	3.161	582	906	4.649
Feb - 16	3.594	590	725	4.909
Mar - 16	3.272	569	768	4.609
Apr - 16	2.840	685	939	4.464
Mag - 16	2.927	410	484	3.821
Giu - 16	994	283	450	1.727
Lug - 16	623	448	758	1.829
Ago - 16	359	228	434	1.021
Set - 16	1.806	409	559	2.774
Ott - 16	2.980	614	796	4.390
Nov - 16	3.403	574	769	4.746
Dic - 16	2.634	683	1.111	4.428
Totale	28.593	6.075	8.699	43.367

L'andamento dei consumi elettrici mensili nel triennio di riferimento e di Baseline è riportato nel grafico in Figura 5.3.

Figura 5.2 – Confronto tra i profili elettrici reali relativi a ciascun POD per il triennio di riferimento



Dall’analisi effettuata è stato possibile definire i profili mensili dei consumi elettrici di Baseline, valutati come la media dei valori mensili analizzati nel triennio di riferimento.

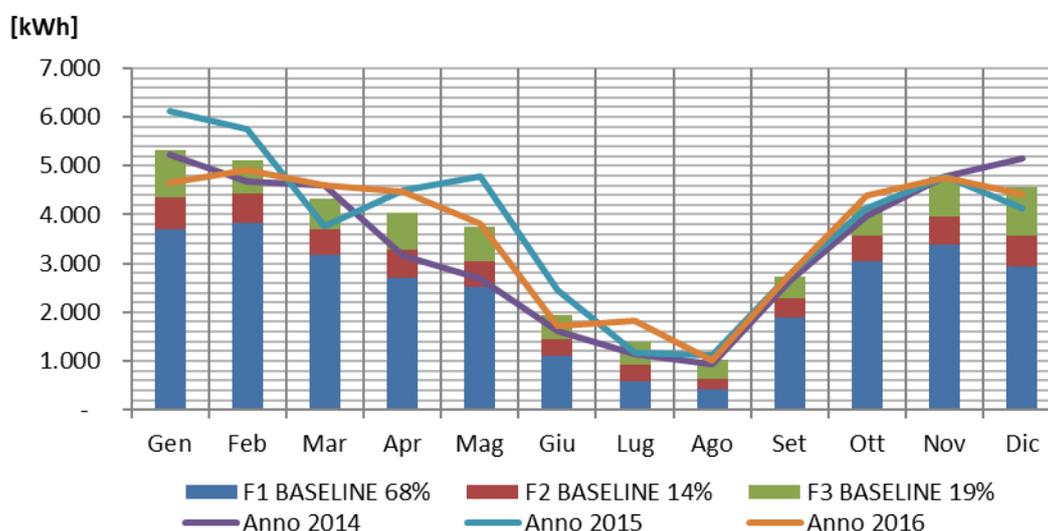
Tali valori sono riportati nella Tabella 5.8.

Tabella 5.8 – Consumi mensili di Baseline

BASELINE	F1	F2	F3	TOTALE
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	3.703	652	976	5.331
Febbraio	3.820	614	684	5.118
Marzo	3.186	519	620	4.324
Aprile	2.711	561	766	4.038
Maggio	2.512	536	711	3.759
Giugno	1.097	342	499	1.938
Luglio	587	328	472	1.386
Agosto	424	212	392	1.029
Settembre	1.893	384	451	2.728
Ottobre	3.048	526	593	4.167
Novembre	3.371	588	817	4.776
Dicembre	2.934	619	1.016	4.569
Totale	29.285	5.881	7.997	43.163

L’andamento dei consumi elettrici mensili nel triennio di riferimento e di Baseline è riportato nel grafico in Figura 5.3.

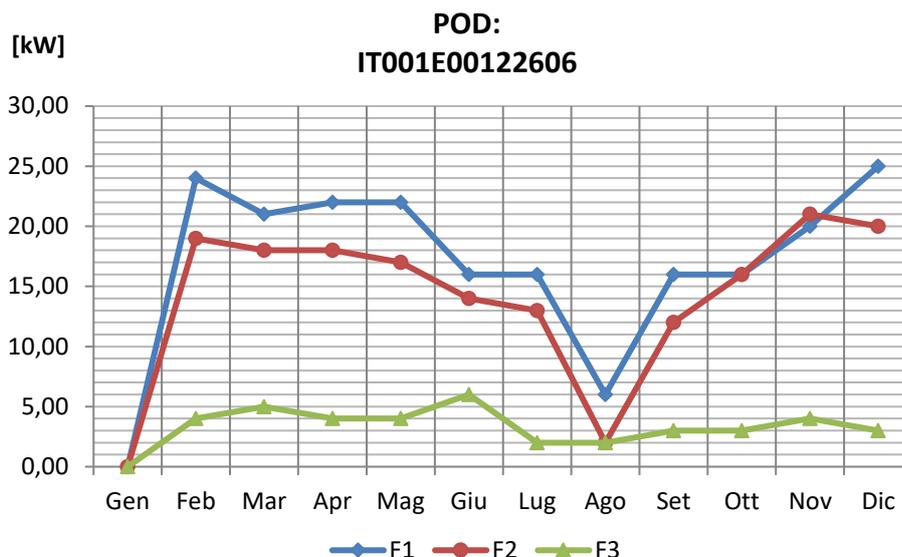
Figura 5.3 – Confronto tra i profili mensili elettrici reali e i valori di Baseline per il triennio di riferimento



I profili di prelievo mensili nel triennio di riferimento presentano andamenti simili: si assiste ad un massimo tra aprile e novembre e un forte calo nei periodi estivi di chiusura della scuola.

È stato inoltre possibile rappresentare i profili mensili di potenza (per il periodo Febbraio 2017 – Dicembre 2017) accedendo alle informazioni fornite dalla società di distribuzione dell’energia elettrica.

Figura 5.4 – Profili di potenza giornalieri per il POD IT001E00122606



Il prelievo di potenza massima è pari a 48 kW e si verifica a Dicembre.

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. Gli indici di prestazione energetica sono riportati nell'Allegato M – Benchmark.

I fattori di emissione di CO₂ utilizzati sono riportati nella Tabella 5.9 - Fattori di emissione di CO₂. Tabella 5.9.

Tabella 5.9 - Fattori di emissione di CO₂.

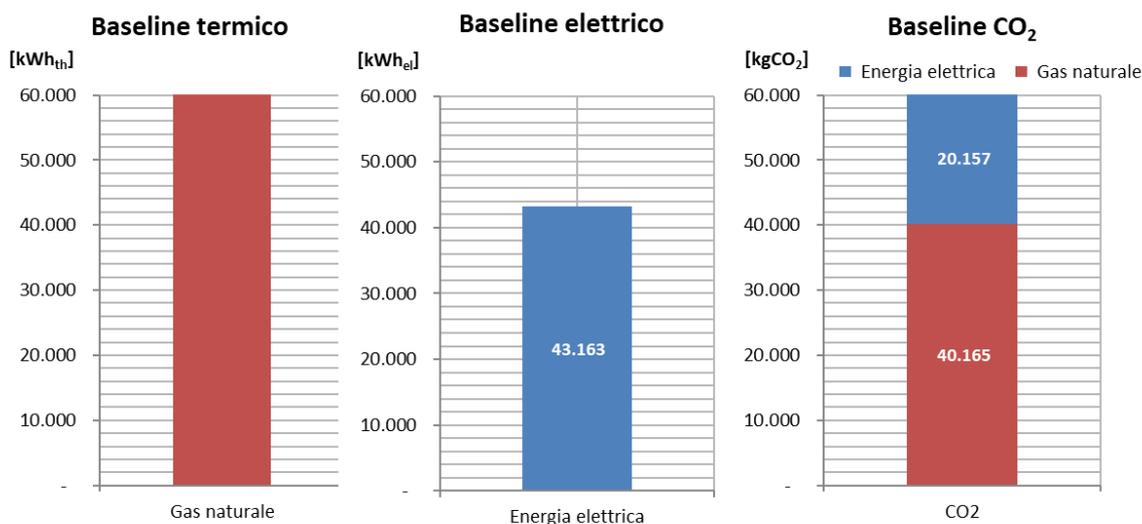
COMBUSTIBILE	FATTORE DI CONVERSIONE
	kgCO ₂ /kWh
Energia elettrica	* 0,467
Gas naturale	* 0,202
GPL	* 0,227
Olio combustibile	* 0,267
Gasolio	* 0,267
Benzina	* 0,249

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

Applicando tali fattori di conversione è stato possibile valutare la Baseline delle emissioni di CO₂, come riportato nella Tabella 5.10 – Baseline delle emissioni di CO₂. Tabella 5.10 e nella Figura 5.5

Tabella 5.10 – Baseline delle emissioni di CO₂.

COMBUSTIBILE	CONSUMO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE	
	[kWh]	[tCO ₂ /MWh]	[tCO ₂]
Energia elettrica	43.163,00	0,467	20,16
Gas naturale	198.835,17	0,202	40,16

Figura 5.5 – Rappresentazione grafica della Baseline dei consumi e delle emissioni di CO₂.

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

Tabella 5.11 - Fattori di conversione in energia primaria dei vettori energetici

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

La valutazione degli indicatori di performance è stata effettuata parametrizzando i consumi reali di Baseline di cui al Capitolo 5, in funzione dei fattori riportati nella Tabella 5.12.

Tabella 5.12 – Fattori di riparametrizzazione

PARAMETRO		VALORE	U.M.
FATTORE 1	Superficie netta riscaldata	1.949	m ²
FATTORE 2	Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	1.949	m ²
FATTORE 3	Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate)	12.605	m ³

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

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

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE [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	198.835,2	1,05	208.776,9	107,1	107,1	16,6	21	20,6	3,2
Energia elettrica	43.163	2,42	104.454,5	53,6	53,6	8,3	10,3	10,3	1,6
TOTALE			313.231,38	160,70	160,70	24,85	30,95	30,95	4,79

Tabella 5.14 – 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	198.835,2	1,1	208.776,9	107,1	107,1	16,6	20,6	20,6	3,2
Energia elettrica	43.163,0	2,0	84.167,9	43,2	43,2	6,7	10,3	10,3	1,6
TOTALE			292.944,8	150,3	150,3	23,2	30,9	30,9	4,8

Figura 5.6 – Indicatori di performance e relative emissioni di CO₂ valutati in funzione della superficie utile riscaldata

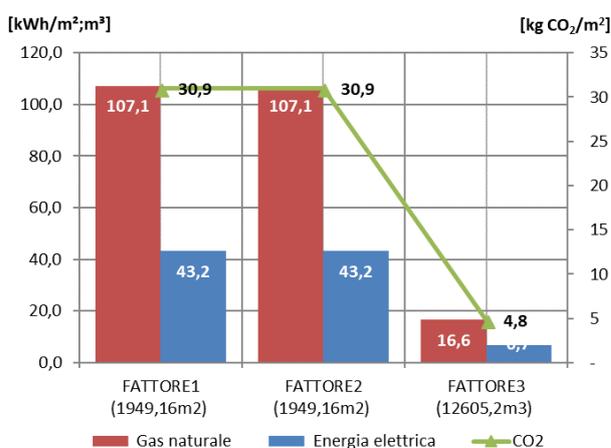
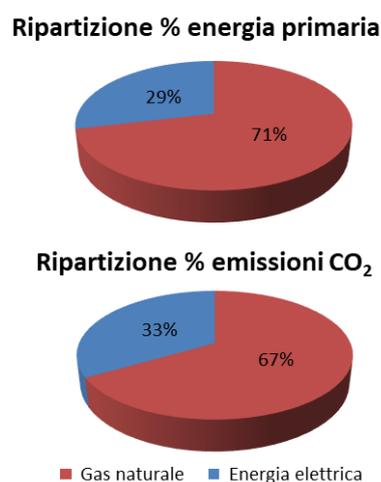


Figura 5.7 – Ripartizione % dei consumi di energia primaria e delle relative emissioni di CO₂



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 5.15 – Indicatori di performance energetici

COMBUSTIBILE	IEN _R			IEN _E		
	Wh/(m ³ GG anno)			Wh/(m ³ anno)		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Gas Naturale	-	12,4	12,1	-	-	-
Energia elettrica	-	-	-	17.329,14	19.428,17	18.509,26

È stato quindi possibile effettuare un raffronto con le classi di merito riportate nelle suddette Linee Guida ENEA - FIRE, ottenendo una classe di merito buona per il riscaldamento e una classe di merito buona per i consumi elettrici.

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	235,52	225,37
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	188,39	187,4
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	0,56	0,45
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	0	0
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	0	0
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	46,57	37,53
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	0	0
Emissioni equivalenti di CO2	CO _{2eq}	kg/mq anno	46,66	46,66

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

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
	[m ³ /anno] o [kWh/h]	[kWh/anno]
Gas Naturale	34.229	357.248,07
Energia Elettrica	42.073	82.042,35

Il modello di calcolo utilizzato deve essere validato attraverso il confronto dei fabbisogni 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 ($Q_{\text{gn,in}}$) 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	$E_{W, \text{aux, gn}}$
Energia ausiliaria complessiva assorbita dal sottosistema di generazione per il riscaldamento	$E_{H, \text{aux, gn}}$
Fabbisogno di energia elettrica dell’impianto di ventilazione meccanica e dei terminali di emissione	$E_{\text{ve,el}} + E_{\text{aux,e}}$
Fabbisogno di energia elettrica per gli ausiliari di distribuzione (Riscaldamento e ACS)	$E_{W, \text{aux, d}} + E_{W, \text{aux, d}}$
Fabbisogno di energia elettrica per l’illuminazione interna dell’edificio	$E_{L, \text{int}}$
Fabbisogno di energia elettrica per gli ausiliari degli impianti di climatizzazione	$Q_{\text{c,aux}}$
Fabbisogno di energia elettrica per i sistemi di trasporto (+ eventuali altri carichi interni)	$E_{\text{T}} + E_{\text{altro}}^{(*)}$
Perdite al trasformatore	$E_{\text{trasf}}^{(*)}$
Energia elettrica esportata dall’impianto a fonti rinnovabili	$E_{\text{exp,el}}$

Nota (*) Tale contributo non è definito all’interno delle norme UNITS 11300 pertanto è stato valutato dall’Auditor facendo riferimento alle norme UNI TS 11300

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.

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	207,75	198,07
Climatizzazione invernale	EP_H	kWh/mq anno	165,46	164,59
Produzione di acqua calda sanitaria	EP_w	kWh/mq anno	0,56	0,45
Ventilazione	EP_v	kWh/mq anno	0	0
Raffrescamento	EP_c	kWh/mq anno	0	0
Illuminazione artificiale	EP_L	kWh/mq anno	41,73	33,63
Trasporto di persone e cose	EP_T	kWh/mq anno		0
Emissioni equivalenti di CO2	CO_{2eq}	kg/mq anno	41,15	-

Gli indici di prestazione energetica sopra riportati corrispondono ad un quantitativo annuo di vettore energetico consumato, riportato nella Tabella 6.5.

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO [mc/anno]	CONSUMO [kWh/anno]
Gas Naturale	30.066	313.798,84
Energia Elettrica	37.657	73.431,15

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)

$Q_{teorico}$ [kWh/anno]	$Q_{baseline}$ [kWh/anno]	Congruità [%]
191.869,12	198.835,17	-3,63

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)

$EE_{teorico}$ [kWh/anno]	$EE_{baseline}$ [kWh/anno]	Congruità [%]
43.363	43.163	0,50

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

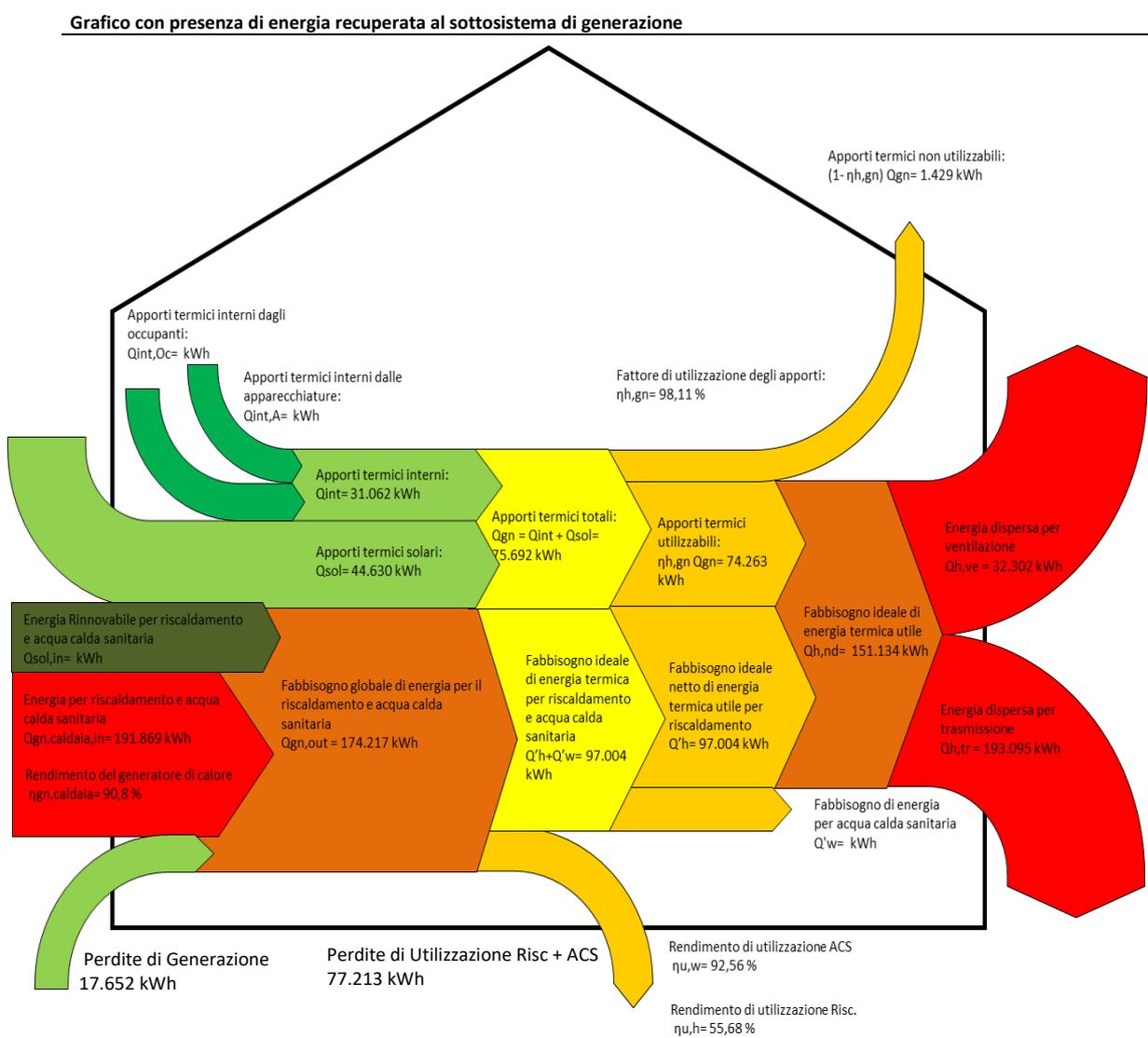
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

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

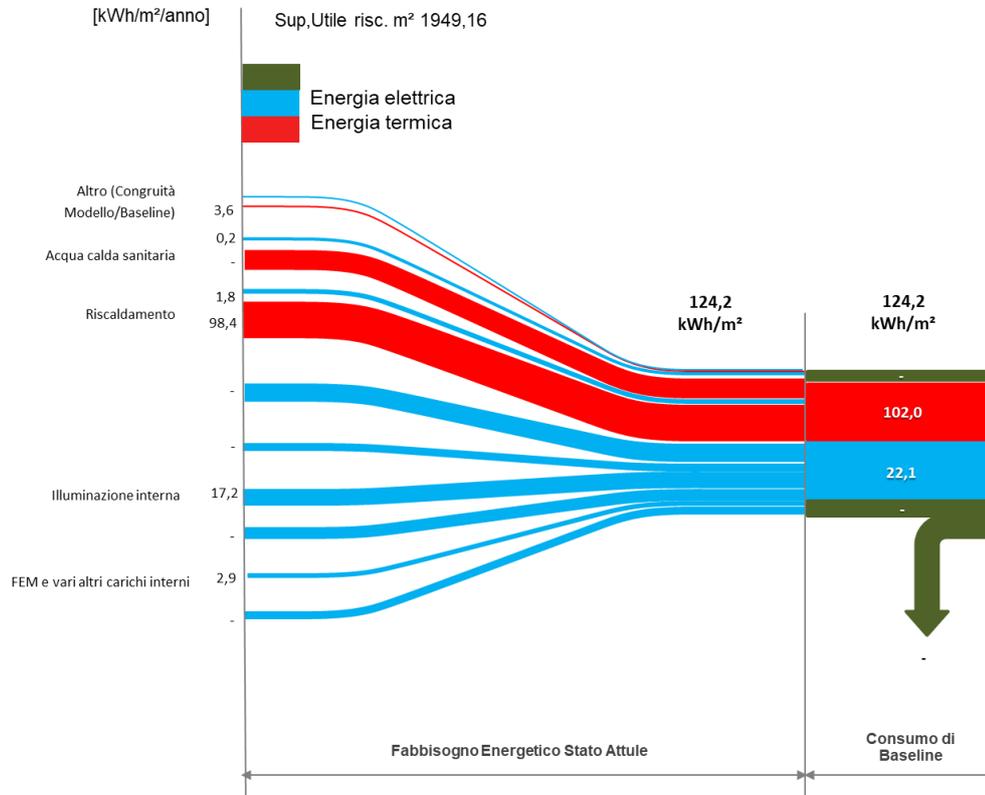


Dall'analisi del diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio è possibile notare come la maggiore parte dei consumi sia connessa al fabbisogno termico, dovuto in buona parte

all’energia termica dispersa per trasmissione e contemporaneamente agli scarsi rendimenti dei sistemi impiantistici adibiti al riscaldamento.

È 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 – Congruit ”   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 alla baseline.

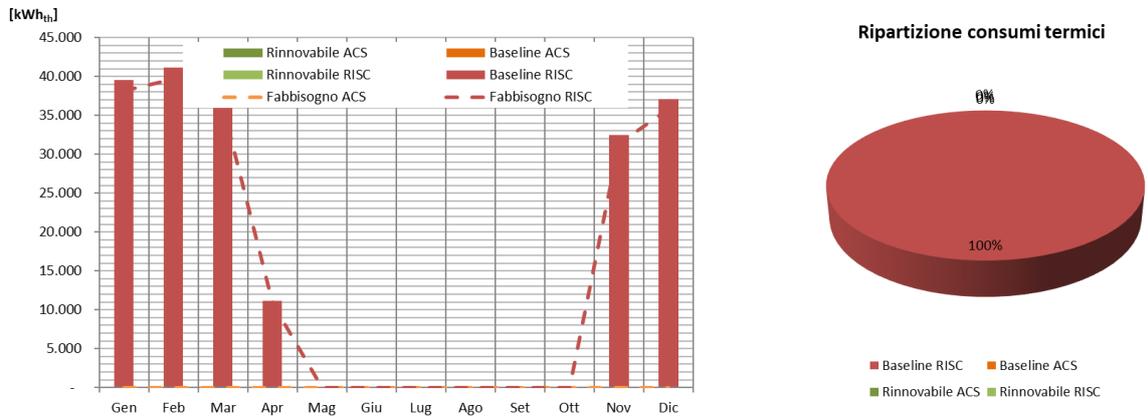
Nel caso in cui, invece i consumi teorici siano inferiori rispetto alla Baseline il termine “Altro – Congruit ” rappresenta la differenza per eccesso tra i consumi specifici di Baseline ed i consumi teorici.

6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI

La creazione di un modello energetico consente di effettuare una pi  corretta ripartizione dei consumi energetici di Baseline in funzione dei diversi utilizzi presenti all’interno dell’edificio oggetto della DE. Tale profilo pu  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   riportato in Figura 6.3.

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



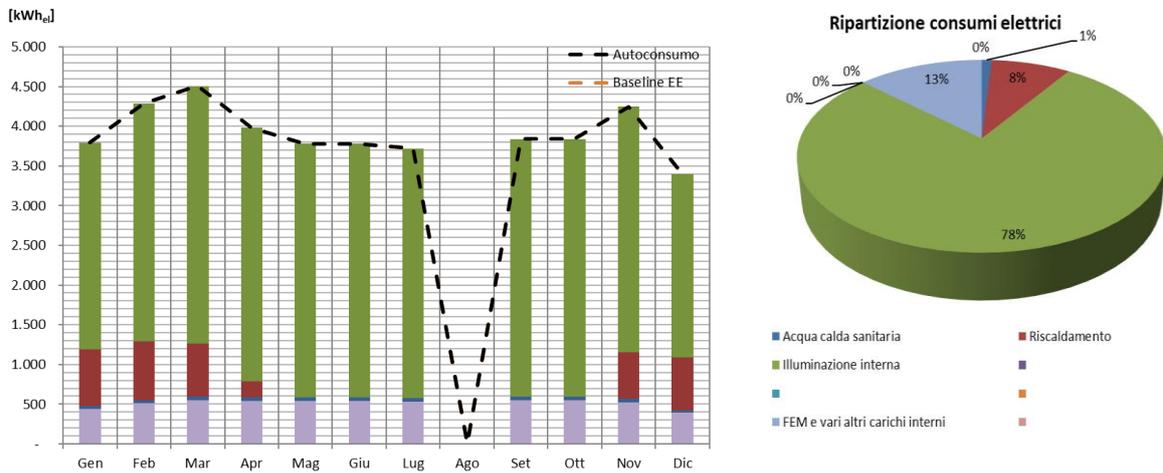
Si può notare come la totalità dei consumi termici sia da attribuirsi al fabbisogno per il riscaldamento invernale.

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 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’illuminazione interna, poiché non sono presenti altre utenze rilevanti dal punto di vista elettrico.

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 singolo con PDR 1 – 03270049123457, 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.

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

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

PDR: 03270049123457	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura			
Dati di intestazione fattura	Comune di Genova	Comune di Genova	Comune di Genova
Società di fornitura	n/d	n/d	n/d
Inizio periodo fornitura	n/d	n/d	n/d
Fine periodo fornitura	n/d	n/d	n/d
Classe del contatore	n/d	n/d	n/d
Tipologia di contratto	SIE-Gestione calore	SIE-Gestione calore	SIE-Gestione calore
Opzione tariffaria (*)	n/d	n/d	n/d
Valore del coefficiente correttivo dei consumi	n/d	n/d	n/d
Potere calorifico inferiore convenzionale del combustibile	n/d	n/d	n/d
Prezzi di fornitura del combustibile (*) (IVA INCLUSA)	n/d	n/d	n/d

Nota (*) per fatturazioni non mensili la spesa economica mensile andrà calcolata suddividendo percentualmente la spesa aggregata in base ai valori di consumo energetico mensile.

Nota (*): con prezzo di fornitura s'intende soltanto la quota variabile del servizio di acquisto e vendita, sono escluse le imposte, i corrispettivi per il dispacciamento e lo sbilanciamento, per l'uso della rete, e il servizio di misura e ogni altra voce.

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

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

PDR: 3270024025557	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gennaio	-	-	-	-	-	3.665	43.266	0,085
Febbraio	-	-	-	-	-	5.940	70.122	0,085
Marzo	-	-	-	-	-	3.665	43.266	0,085
Aprile	-	-	-	-	-	407	4.804	0,085
Maggio	-	-	-	-	-	421	4.974	0,085
Giugno	-	-	-	-	-	-	-	-
Luglio	-	-	-	-	-	187	2.204	0,085
Agosto	-	-	-	-	-	187	2.204	0,085
Settembre	-	-	-	-	-	181	2.138	0,085
Ottobre	-	-	-	-	-	187	2.204	0,085
Novembre	-	-	-	-	-	180	2.129	0,085
Dicembre	-	-	-	-	-	2.262	26.706	0,085
Totale	-	-	-	-	-	17.282	204.018	0,085
PDR: 3270024025557	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gennaio	-	-	-	-	-	3.340	39.432	0,085
Febbraio	-	-	-	-	-	3.208	37.868	0,085
Marzo	-	-	-	-	-	2.658	31.378	0,085
Aprile	-	-	-	-	-	544	6.424	0,085
Maggio	-	-	-	-	-	-	-	-
Giugno	-	-	-	-	-	-	-	-
Luglio	-	-	-	-	-	-	-	-
Agosto	-	-	-	-	-	-	-	-
Settembre	-	-	-	-	-	-	-	-
Ottobre	-	-	-	-	-	-	-	-
Novembre	-	-	-	-	-	3.486	41.156	0,085
Dicembre	-	-	-	-	-	3.657	43.172	0,085
Totale	-	-	-	-	-	16.893	199.431	0,085

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

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

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

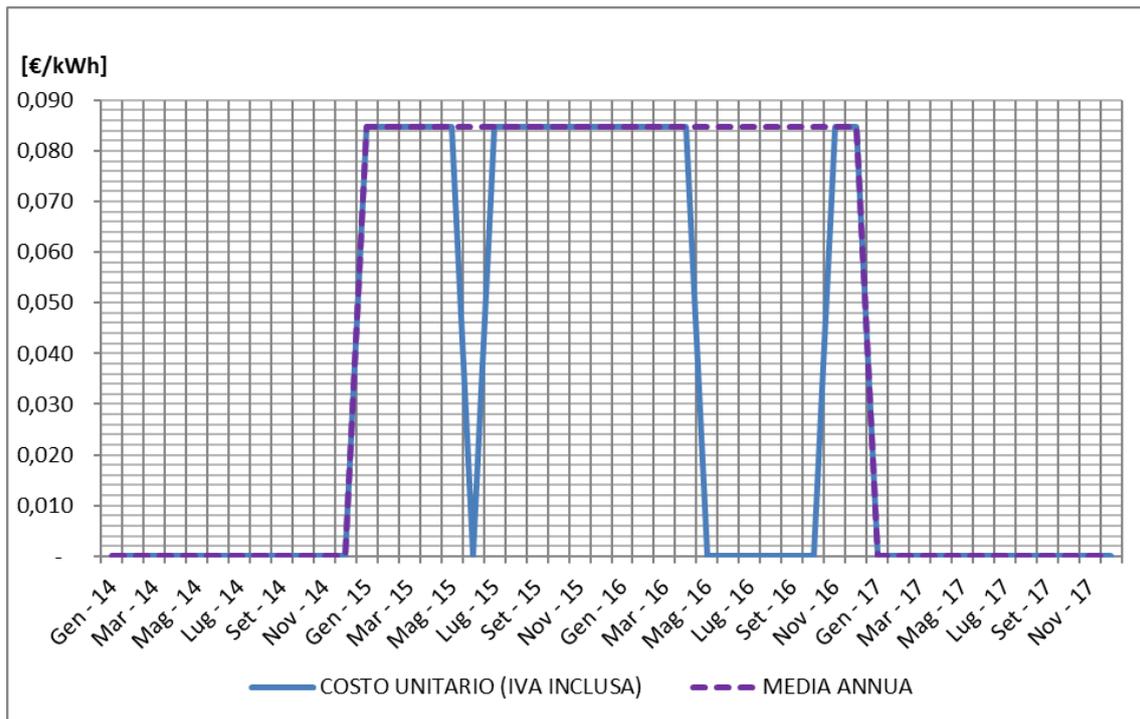
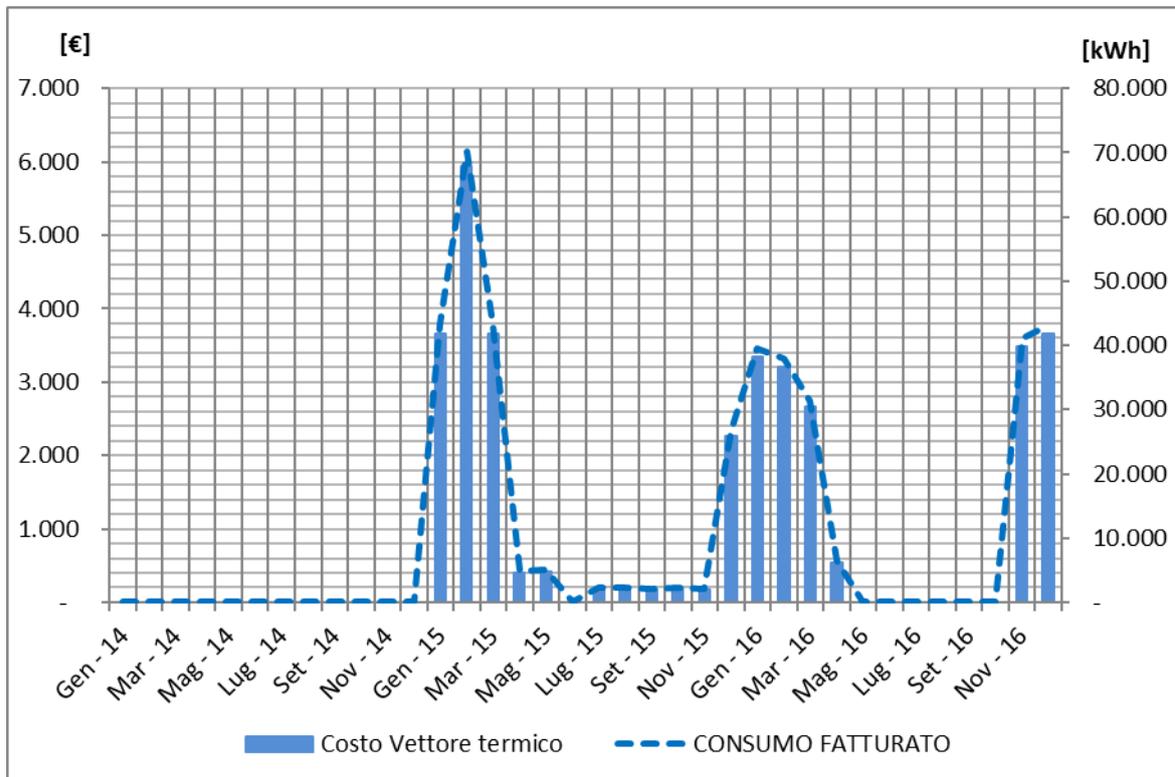


Figura 7.2 – Andamento dei consumi e dei costi dell’energia termica



7.1.2 Vettore elettrico

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

- **POD 1 – IT001E00122606:** contratto di fornitura del vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. È stato quindi possibile effettuare un’analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura.

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

Tabella 7.3 – Caratteristiche dei contratti di fornitura del vettore elettrico per il triennio di riferimento

POD: IT001E00122606	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura			
Dati di intestazione fattura	COMUNE DI GENOVA	COMUNE DI GENOVA	COMUNE DI GENOVA
Società di fornitura	EDISON ENERGIA SPA	GALA SPA	IREN MERCATO SPA
Inizio periodo fornitura	gen-14	apr-15	apr-16
Fine periodo fornitura	mar-15	mar-16	dic-16
Potenza elettrica impegnata	37 kW	37 kW	37 kW
Potenza elettrica disponibile	37 kW	37 kW	21 kW
Tipologia di contratto	Altri Usi	Altri Usi	Altri Usi
Opzione tariffaria ⁽¹⁾	BTA6	BTA6	BTA6
Prezzi fornitura dell’energia elettrica ⁽²⁾			

Nota (1) per fatturazioni non mensili la spesa economica mensile andrà calcolata suddividendo percentualmente la spesa aggregata in base ai valori di consumo energetico mensile.

Nota (2): con prezzo di fornitura s’intende soltanto la quota variabile del servizio di acquisto e vendita, sono escluse le imposte, i corrispettivi per il dispacciamento e lo sbilanciamento, per l’uso della rete, e il servizio di misura e ogni altra voce.

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

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

POD: IT001E00122 606	VENDITA	DISPACCIAM ENTO	RETE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
		[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[kWh]	[€/kWh]
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[kWh]	[€/kWh]
Gen – 14	217	35	208	31	49	540,33	5.233	0,103
Feb – 14	372	31	443	59	93	998,17	4.681	0,213
Mar – 14	364	59	437	57	92	1.009,67	4.596	0,220
Apr – 14	729	-	-	-	-	728,64	3.148	0,231
Mag – 14	205	46	261	33	55	600,08	2.676	0,224
Giu – 14	122	28	180	20	35	385,10	1.624	0,237
Lug – 14	86	18	118	14	24	260,88	1.154	0,226
Ago – 14	34	9	64	6	11	124,74	939	0,133
Set – 14	205	42	278	33	56	613,72	2.636	0,233
Ott – 14	309	58	393	50	81	890,27	3.970	0,224



E281 – Scuola Elementare “Barrili”

Nov – 14	360	70	472	60	96	1.058,04	4.786	0,221
Dic – 14	-	-	-	-	-	1.245,63	5.159	0,241
Totale						8.455,27		
POD: IT001E00122 606	VENDITA	DISPACCIAM ENTO	RETE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[kWh]	[€/kWh]
Gen – 15	431	80	562		76	1.149,36	6.111	0,188
Feb – 15	396	76	533	108	72	1.185,17	5.764	0,206
Mar – 15	-	-	-	-	-	-	3.768	-
Apr – 15	-	137	223	-	30	390,17	4.501	0,087
Mag – 15	-	177	282	39	-	497,98	4.781	0,104
Giu – 15	-	-	177	289	41	507,00	2.464	0,206
Lug – 15	-	-	97	227	24	348,46	1.176	0,296
Ago – 15	-	-	157	301	37	495,08	1.126	0,440
Set – 15	-	-	-	-	-	-	2.775	-
Ott – 15	-	-	138	282	37	456,83	4.140	0,110
Nov – 15	-	-	164	414	51	629,47	4.795	0,131
Dic – 15	-	-	209	482	60	751,11	4.119	0,182
Totale						6.410,63		
POD: IT001E00122 606	VENDITA	DISPACCIAM ENTO	RETE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[kWh]	[€/kWh]
Gen – 16	176	-	209	23	90	498,50	4.649	0,107
Feb – 16	-	140	281	-	40	460,85	4.909	0,094
Mar – 16	-	225	489	-	66	778,85	4.609	0,169
Apr – 16	-	-	-	-	-	-	4.464	-
Mag – 16	453	204	588	140	52	1.437,40	3.821	0,376
Giu – 16	-	-	-	-	-	-	1.727	-
Lug – 16	154	70	150	25	40	438,66	1.829	0,240
Ago – 16	-	-	-	-	-	-	1.021	-
Set – 16	-	-	-	-	-	-	2.774	-
Ott – 16	354	106	312	55	83	909,88	4.390	0,207
Nov – 16	-	-	-	-	-	-	4.746	-
Dic – 16	-	-	-	-	-	-	4.428	-
Totale						4.524,14		

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

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

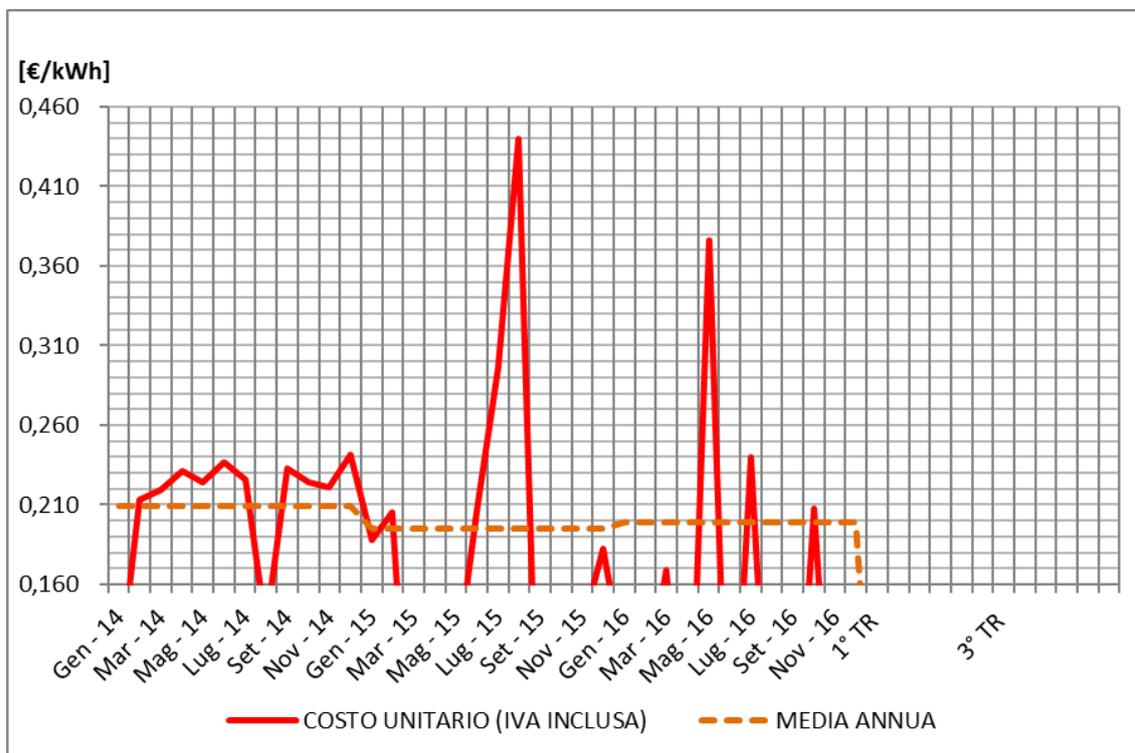
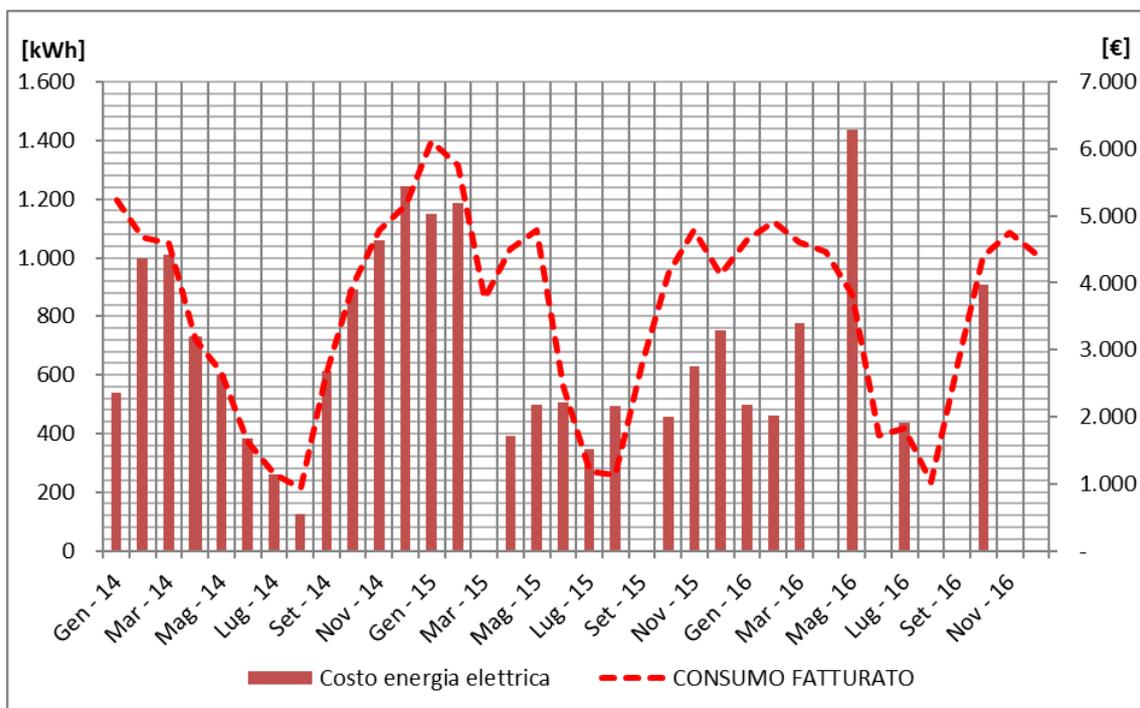


Figura 7.4 – Andamento dei consumi e dei costi dell'energia elettrica



Dall'analisi effettuata risulta evidente che l'andamento dei costi è rimasto tendenzialmente costante nel corso degli anni. Si segnala poi che alcune fatture risultano mancanti e altri dati sono relativi ad acconti e/o conguagli.

7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI

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

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

Tabella 7.5 – Sintesi dei consumi nel triennio di riferimento

ANNO	VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			TOTALE
	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[€]
2014	n/d	n/d	n/d	40.602	10.962,54	0,27	10.962,54
2015	215.281	18.236,04	0,085	45.520	7.283,20	0,16	25.519,24
2016	210.440	17.825,98	0,085	43.367	7.806,06	0,18	25.632,04
Media	212.860		0,08	43.163	8.683,93	0,20	20.704,61

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

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo unitario dell'energia termica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	C _{Uq}	0,08 [€/kWh]
Costo unitario dell'energia elettrica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	C _{UEE}	0,20 [€/kWh]

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

7.3 COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI

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

- L042-224: 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 3781,14€.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo per la gestione e manutenzione ordinaria	Corrispettivo annuale relativo al contratto O&M in essere	CM_o 2.987,10	€/anno
Costo per la manutenzione straordinaria	Media relativa a gli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici	CM_s 794,04	€/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:

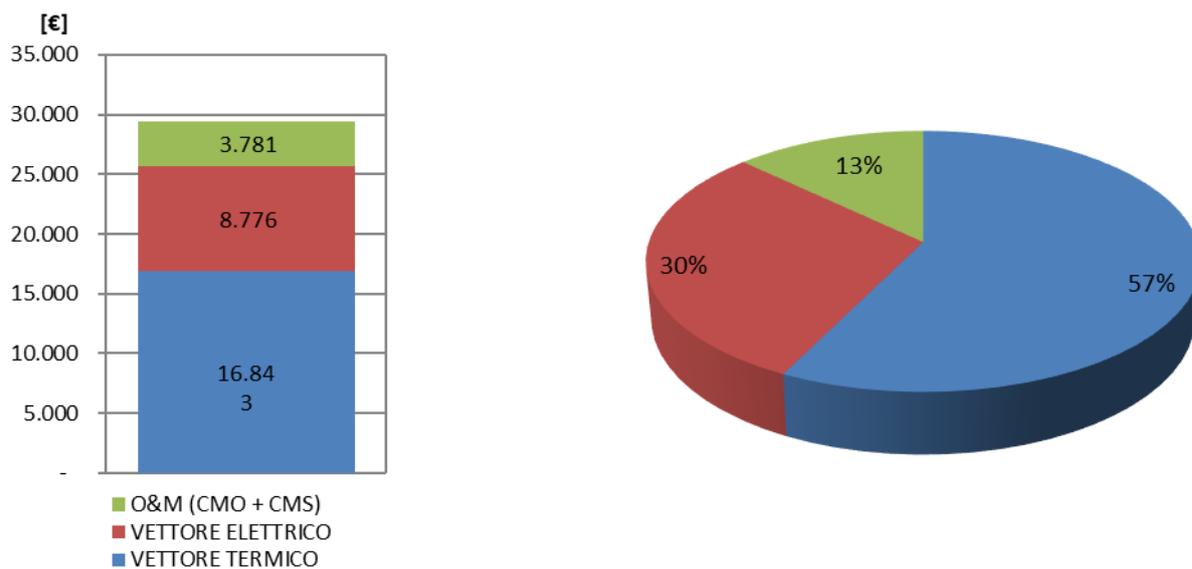
$$C_{baseline} = C_E + C_{MO} + C_{MS}$$

Ne risulta quindi un C_E pari a € 25.619 e un $C_{baseline}$ pari a € 29.401.

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

VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO				O&M (C _{MO} + C _{MS})		TOTALE
Q _{baseline}	C _{UQ}	C _Q	EE _{baseline}	C _{UEE}	C _{EE}	C _M	C _{MO}	C _{MS}	C _Q +C _{EE} +C _M
[kWh]	[€/kWh]	[€]	[kWh]	[€/kWh]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
198.835	0,085	16.843	43.163	0,203	8.776	3.781	2.987	794	29.401

Figura 7.5 – Baseline dei costi e loro ripartizione



8 IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA

8.1 DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI

8.1.1 Involucro edilizio

EEM1: Isolamento pareti verticali con cappotto esterno

Generalità

La misura prevede l'installazione di un cappotto esterno costituito da materiale isolante, nel caso analizzato pannelli in silicato di calcio, fissato ai profili della parete esistenti. Il sistema è completato con intonaco di finitura, costituito da due strati applicati direttamente ai pannelli isolanti.

Il cappotto esterno consente di ottimizzare le prestazioni termiche dell'edificio, riducendo le dispersioni energetiche e conseguentemente i consumi.

Il cappotto, inoltre, consente di ottenere importanti benefici dal punto di vista termoigrometrico andando ad abbattere il rischio di condense interstiziali e superficiali.

Figura 8.1 – Particolare della facciata esposta a sud-est



Caratteristiche funzionali e tecniche

I pannelli isolanti devono avere superficie massima di 1m². Lo spessore minimo è di 4,0 cm. Nel caso studio si sono scelti di installare 12 cm di isolante di silicato di calcio con conducibilità pari a 0,045W/m2k.

La posa deve essere fatta sfalsando a circa metà larghezza i pannelli o almeno a ¼ del pannello.

L'intonaco armato deve avere uno spessore minimo di 3,0 mm.

L'intonaco di finitura deve avere uno spessore minimo di 1,5 mm.

Descrizione dei lavori

La posa deve essere svolta da addetti specializzati.

I lavori prevedono l'installazione di un ponteggio attorno all'area di interesse.

Un collante viene poi applicato ai pannelli e questi vengono fissati alla parete esterna dell'edificio, dal basso verso l'alto, a giunti sfalsati, evitando la presenza di fessure tra i pannelli. In corrispondenza degli spigoli i pannelli devono essere alternati in modo da garantire un assorbimento delle tensioni.

Si procede successivamente con la rasatura sui pannelli mediante spatole metalliche, applicando in seguito la rete di armatura.

Infine, si procede stendendo lo strato di finitura.

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

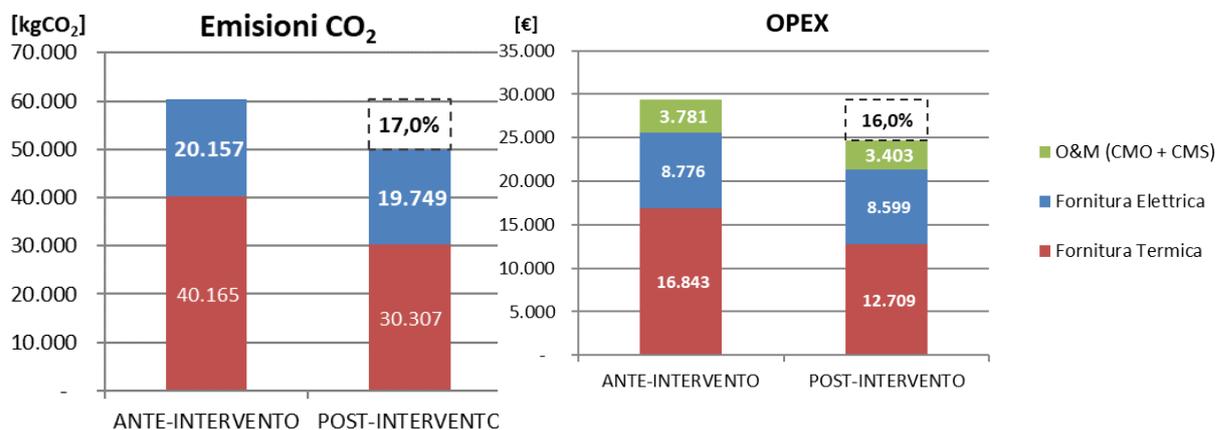
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM1 [Parametro caratteristico dell'intervento]	[W/m ² K]	1,031	0,274	73,4%
Q _{teorico}	[kWh]	191.869	144.777	24,5%
EE _{teorico}	[kWh]	43.363	42.486	2,0%

Q_{baseline}	[kWh]	198.835	150.033	24,5%
EE_{Baseline}	[kWh]	43.163	42.290	2,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	40.165	30.307	24,5%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	20.157	19.749	2,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	60.322	50.056	17,0%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	16.843	12.709	24,5%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	8.776	8.599	2,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	25.619	21.308	16,8%
C_{MO}	[€]	2.987	2.688	10,0%
C_{MS}	[€]	794	715	10,0%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	3.781	3.403	10,0%
OPEX	[€]	29.401	24.711	16,0%
Classe energetica	[-]	E	E	+0 classi

Nota (x) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 kgCO₂/kWh per il vettore termico e 0,467 kgCO₂/kWh per il vettore elettrico

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,083 €/kWh per il vettore termico e 0,23 €/kWh per il vettore elettrico.

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



EEM2: Isolamento pavimentazione verso locali non riscaldati

Generalità

La misura prevede l'installazione di un cappotto costituito da pannelli isolanti, nel caso analizzato pannelli in silicato di calcio, fissato e tassellato alla pavimentazione esistente. Il sistema è completato con intonaco di finitura.

L'isolamento della pavimentazione consente di ottimizzare le prestazioni termiche dell'edificio, riducendo le dispersioni energetiche e conseguentemente i consumi. Inoltre, è in grado di apportare benefici sia durante il periodo invernale che durante quello estivo, migliorando il comfort abitativo.

Caratteristiche funzionali e tecniche

Sono stati considerati pannelli con spessore di 12 cm in silicato di calcio con conducibilità pari a 0,045 W/m²K. È importante collocare anche una barriera a vapore per assicurare l'assenza del rischio di condensazione interstiziale.

Descrizione dei lavori

La posa deve essere svolta da addetti specializzati.

Un collante viene applicato ai pannelli e questi vengono fissati al solaio esistente, evitando la presenza di fessure tra i pannelli. Fissati i pannelli si procede stendendo l'intonaco di finitura.

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione della EEM2 sono riportati nella Tabella 8.3 e nella Figura 8.3.

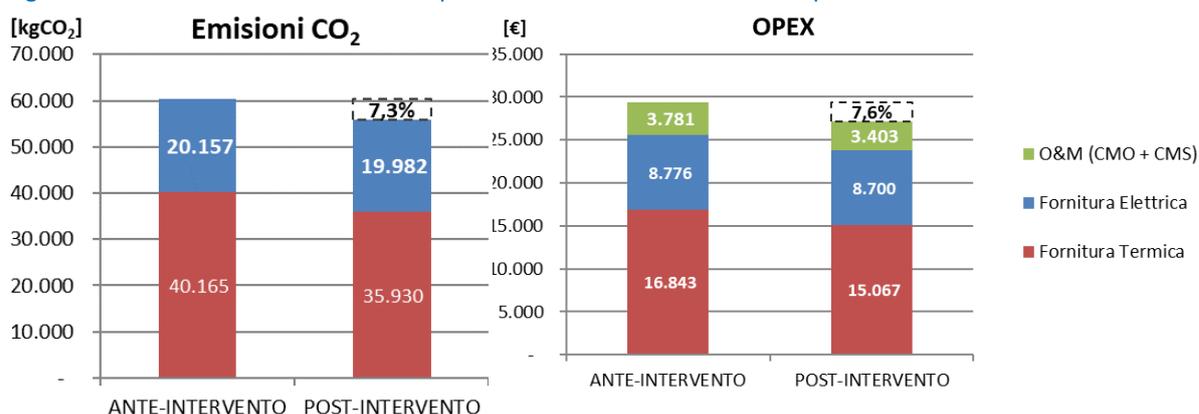
Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM2

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM2 [Parametro caratteristico dell’intervento]	[W/m ² K]	1,15	0,282	75,5%
Q _{teorico}	[kWh]	191.869	171.638	10,5%
EE _{teorico}	[kWh]	43.363	42.987	0,9%
Q _{baseline}	[kWh]	198.835	177.870	10,5%
EE _{Baseline}	[kWh]	43.163	42.789	0,9%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	40.165	35.930	10,5%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	20.157	19.982	0,9%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	60.322	55.912	7,3%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	16.843	15.067	10,5%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	8.776	8.700	0,9%
Fornitura Energia, C_E	[€]	25.619	23.767	7,2%
C _{MO}	[€]	2.987	2.688	10,0%
C _{MS}	[€]	794	715	10,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	3.781	3.403	10,0%
OPEX	[€]	29.401	27.170	7,6%
Classe energetica	[-]	E	E	+0 classi

Nota (x) 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: 0,08 €/kWh per il vettore termico e 0,204 €/kWh per il vettore elettrico.

Figura 8.3 – EEM2: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



EEM7: Sostituzione del serramento comprensiva del telaio e del vetro

Generalità

La misura prevede l’installazione di nuovi serramenti con telaio in PVC e triplo vetro.

La sostituzione dei serramenti consente di ottimizzare le prestazioni termiche dell’edificio, riducendo le dispersioni energetiche e conseguentemente i consumi.

Caratteristiche funzionali e tecniche

Si è considerato un serramento realizzato con profili estrusi di pvc prodotti secondo la norma DIN 7748, esenti da cadmio, autoestinguenti, classe 1 di reazione al fuoco, a 5 camere rinforzati con

profili in acciaio zincato spessore 15/10, guarnizioni in TPE coestruse e saldate negli angoli, completo di controtelaio, esclusa la posa dello stesso, compresi maniglie, cerniere, meccanismi di manovra, dispositivi di sicurezza contro le false manovre e quant'altro necessario per il funzionamento e vetrocamera con canalina a bordo caldo, permeabilità all'aria classe 4 secondo la norma UNI EN 12207, tenuta all'acqua classe E 750 secondo la norma UNI 12208, resistenza al vento C3/B3 secondo la norma UNI 12210: vetrocamera 33.1-16-33.1 bassoemissivo con gas argon, $U_w = 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$, $U_g = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$, $U_f = 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$, $R_w = 35 \text{ dB}$: portafinestra a 2 ante, a telaio fisso, 120 x 240 cm (2,88 m²)

Descrizione dei lavori

L'intervento deve essere svolto da addetti specializzati. Si procede con la rimozione dei vecchi serramenti esistenti. Successivamente si installano i nuovi serramenti in modo tale da garantire una corretta posa in opera al fine di assicurare la tenuta all'aria e all'acqua, ottimizzando le prestazioni termiche.

Prestazioni raggiungibili

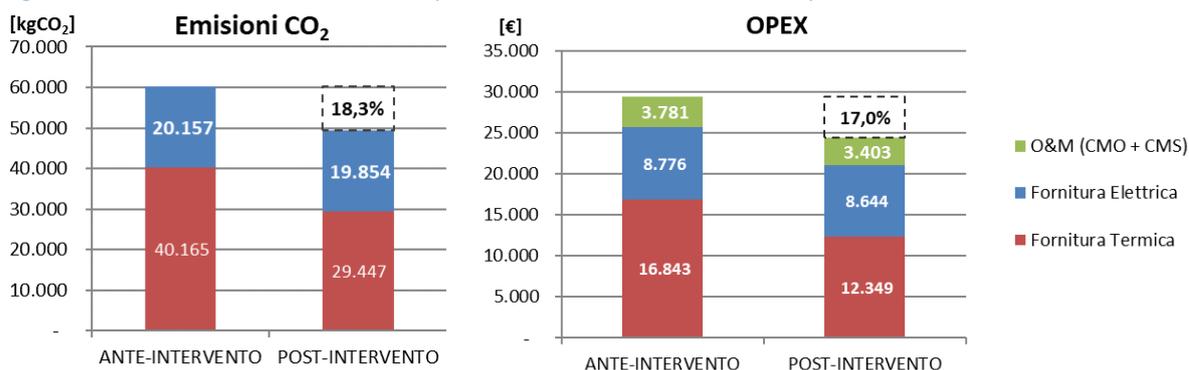
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM7 sono riportati nella Tabella 8.3 e nella Figura 8.4.

Tabella 8.3 – Risultati analisi EEM7 – Sostituzione serramenti

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Serramenti	[W/m ² K]	3,1	1,1	64,5%
Q _{teorico}	[kWh]	191.869	140.672	26,7%
EE _{teorico}	[kWh]	43.363	42.710	1,5%
Q _{baseline}	[kWh]	198.835	145.779	26,7%
EE _{baseline}	[kWh]	43.163	42.513	1,5%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	40.165	29.447	26,7%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	20.157	19.854	1,5%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	60.322	49.301	18,3%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	16.843	12.349	26,7%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	8.776	8.644	1,5%
Fornitura Energia, C_E	[€]	25.619	20.993	18,1%
C _{MO}	[€]	2.987	2.688	10,0%
C _{MS}	[€]	794	715	10,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	3.781	3.403	10,0%
OPEX	[€]	29.401	24.396	17,0%
Classe energetica	[-]	E	D	+1 classi

Nota (x) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 kgCO₂/kWh per il vettore termico e 0,467 kgCO₂/kWh per il vettore elettrico

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,083 €/kWh per il vettore termico e 0,23 €/kWh per il vettore elettrico.

Figura 8.4 – EEM7: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline

8.1.2 Impianto riscaldamento

EEM3: Installazione di valvole termostatiche complete di collegamenti su radiatori e termo-arredi

Generalità

L'intervento consiste nell'installazione su tutti i radiatori dell'edificio di valvole termostatiche e relativi comandi.

Questo intervento permette di ottenere un risparmio energetico legato all'effettiva richiesta di carico termico differenziabile per ciascun ambiente di ogni zona climatizzata con un sensibile aumento. Al fine di un corretto funzionamento è prevista l'installazione di una pompa modulante in sostituzione a quella esistente.

Caratteristiche funzionali e tecniche

L'installazione delle valvole termostatiche consente di incrementare notevolmente il rendimento di generazione, andando ad intervenire sulla temperatura di set point locale per locale.

Con questa soluzione il rendimento di regolazione risulta pari al 98 % (regolazione ambiente con banda proporzionale ad 1°C).

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM3 sono riportati nella Tabella 8.4 e nella Figura 8.5.

Tabella 8.4 – Risultati analisi EEM3 – Installazione delle valvole termostatiche

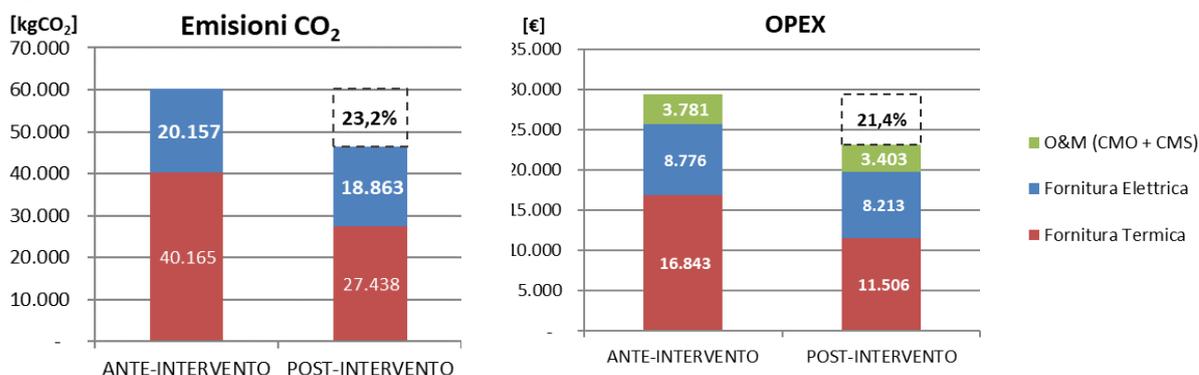
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Rendimento regolazione	%	67,2	98	-45,8%
Q _{teorico}	[kWh]	191.869	131.074	31,7%
EE _{teorico}	[kWh]	43.363	40.580	6,4%
Q _{baseline}	[kWh]	198.835	135.833	31,7%
EE _{Baseline}	[kWh]	43.163	40.393	6,4%
Emiss. CO ₂ Termico	[kgCO ₂]	40.165	27.438	31,7%
Emiss. CO ₂ Elettrico	[kgCO ₂]	20.157	18.863	6,4%
Emiss. CO₂ TOT	[kgCO₂]	60.322	46.302	23,2%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	16.843	11.506	31,7%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	8.776	8.213	6,4%
Fornitura Energia, C_E	[€]	25.619	19.719	23,0%
C _{MO}	[€]	2.987	2.688	10,0%
C _{MS}	[€]	794	715	10,0%

O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	3.781	3.403	10,0%
OPEX	[€]	29.401	23.122	21,4%
Classe energetica	[-]	E	D	+1 classi

Nota (x) 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: 0,08 €/kWh per il vettore termico e 0,204 €/kWh per il vettore elettrico.

Figura 8.5 – EEM3: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



EEM4: Installazione di caldaia a condensazione

Generalità

L'intervento consiste nella sostituzione dell'attuale generatore di calore con una caldaia a condensazione ad alto rendimento. La potenzialità è valutata in base alla combinazione o meno di questo intervento con interventi sull'involucro.

Per la sola sostituzione della caldaia si è valutata una potenzialità pari a 235 kW.

L'installazione di un nuovo generatore ad alta efficienza comporta un risparmio energetico, maggiore sicurezza ed affidabilità, minori emissioni inquinanti in ambiente ed una migliore efficienza ai carichi parziali in funzione del fattore di carico dell'edificio.

Caratteristiche funzionali e tecniche

L'installazione di un generatore a condensazione consente di ottenere un rendimento di generazione pari al 98%.

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM4 sono riportati nella Tabella 8.5 e nella Figura 8.6.

Tabella 8.5 – Risultati analisi EEM4 – Installazione caldaia a condensazione

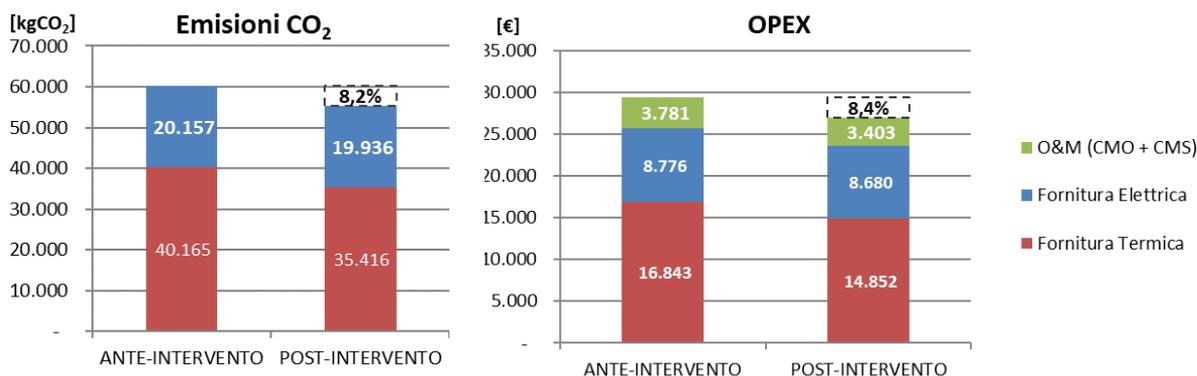
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Rendimento generazione	%	85,9	98	-14,1%
Q _{teorico}	[kWh]	191.869	169.183	11,8%
EE _{teorico}	[kWh]	43.363	42.888	1,1%
Q _{baseline}	[kWh]	198.835	175.325	11,8%
EE _{Baseline}	[kWh]	43.163	42.690	1,1%
Emiss. CO ₂ Termico	[kgCO ₂]	40.165	35.416	11,8%
Emiss. CO ₂ Elettrico	[kgCO ₂]	20.157	19.936	1,1%
Emiss. CO₂ TOT	[kgCO₂]	60.322	55.352	8,2%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	16.843	14.852	11,8%

Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	8.776	8.680	1,1%
Fornitura Energia, C_E	[€]	25.619	23.532	8,1%
C _{MO}	[€]	2.987	2.688	10,0%
C _{MS}	[€]	794	715	10,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	3.781	3.403	10,0%
OPEX	[€]	29.401	26.935	8,4%
Classe energetica	[-]	E	E	+0 classi

Nota (x) 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: 0,08 €/kWh per il vettore termico e 0,204 €/kWh per il vettore elettrico.

Figura 8.6 – EEM4: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



8.1.3 Impianto di illuminazione ed impianto elettrico

EEM5: Installazione lampade a LED a basso consumo

Generalità

Si prevede la sostituzione delle pre-esistenti sorgenti luminose con sorgenti luminose a LED più efficienti nel rispetto dei livelli di illuminamento preesistenti.

Una maggiore efficienza luminosa consente di ridurre i consumi di energia elettrica e di aumentare la vita utile dei singoli corpi illuminanti.

Caratteristiche funzionali e tecniche

Si sostituiscono le sorgenti luminose seguenti:

- Lampade fluorescenti 1x36W con lampade LED da 20 W;
- Lampade fluorescenti 2x36W con lampade LED da 36 W;
- Lampade fluorescenti 4x18W con lampade LED da 36 W;

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM5 sono riportati nella Tabella 8.6 e nella Figura 8.7.

Tabella 8.6 – Risultati analisi EEM5 – Installazione lampade a LED a basso consumo

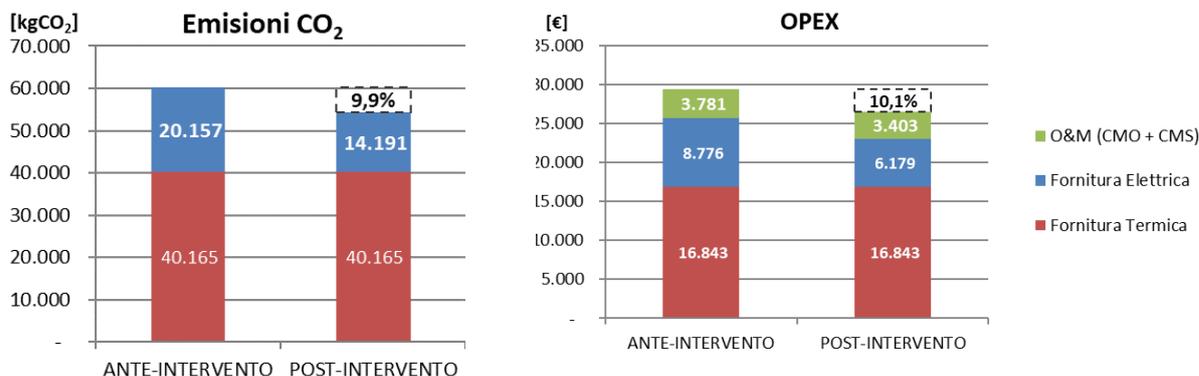
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Potenza Lampada	W	72	36	50,0%
Q _{teorico}	[kWh]	191.869	191.869	0,0%
EE _{teorico}	[kWh]	43.363	30.528	29,6%

Q_{baseline}	[kWh]	198.835	198.835	0,0%
EE_{Baseline}	[kWh]	43.163	30.387	29,6%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	40.165	40.165	0,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	20.157	14.191	29,6%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	60.322	54.356	9,9%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	16.843	16.843	0,0%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	8.776	6.179	29,6%
Fornitura Energia, C_E	[€]	25.619	23.022	10,1%
C_{MO}	[€]	2.987	2.688	10,0%
C_{MS}	[€]	794	715	10,0%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	3.781	3.403	10,0%
OPEX	[€]	29.401	26.425	10,1%
Classe energetica	[-]	E	E	+0 classi

Nota (x) 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: 0,08 €/kWh per il vettore termico e 0,204 €/kWh per il vettore elettrico.

Figura 8.7 – EEM5: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



8.1.4 Impianto di generazione da fonti rinnovabili

EEM6: Installazione pannelli fotovoltaici

Generalità

Si prevede l'installazione di un impianto fotovoltaico di potenzialità pari a 20 kW.

Caratteristiche funzionali e tecniche

Esposizione pannelli: Sud Est (-10°)

Inclinazione pannelli: 15°

Potenza singolo pannello: 250W

Numero pannelli: 80

Efficienza singolo pannello: 0,13

Fattore di efficienza: 0,75

Prestazioni raggiungibili

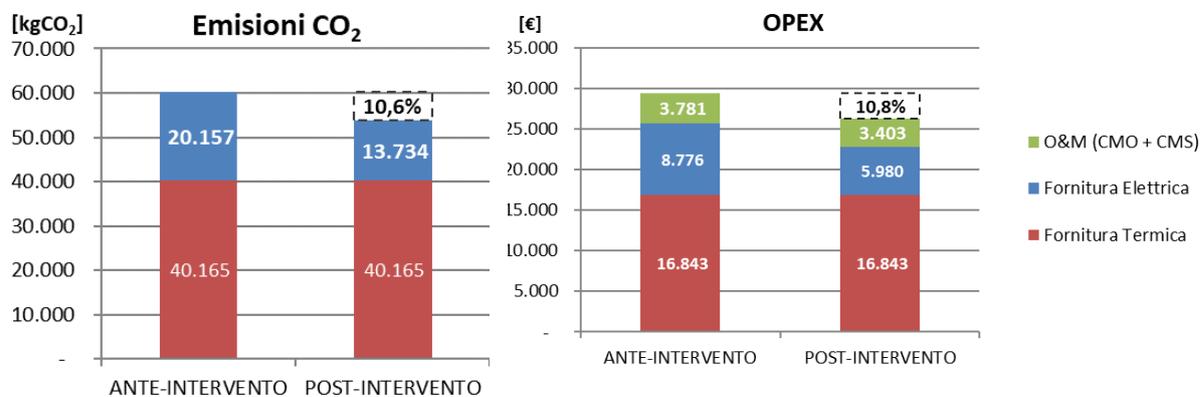
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM5 sono riportati nella Tabella 8.7 e nella Figura 8.8.

Tabella 8.7 – Risultati analisi EEM6 – Installazione pannelli fotovoltaici

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Potenza Fotovoltaico	kW	0	20	-
Q _{teorico}	[kWh]	191.869	191.869	0,0%
EE _{teorico}	[kWh]	43.363	29.546	31,9%
Q _{baseline}	[kWh]	198.835	198.835	0,0%
EE _{baseline}	[kWh]	43.163	29.410	31,9%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	40.165	40.165	0,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	20.157	13.734	31,9%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	60.322	53.899	10,6%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	16.843	16.843	0,0%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	8.776	5.980	31,9%
Fornitura Energia, C_E	[€]	25.619	22.823	10,9%
C _{MO}	[€]	2.987	2.688	10,0%
C _{MS}	[€]	794	715	10,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	3.781	3.403	10,0%
OPEX	[€]	29.401	26.226	10,8%
Classe energetica	[-]	E	E	+0 classi

Nota (x) 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: 0,08 €/kWh per il vettore termico e 0,204 €/kWh per il vettore elettrico.

Figura 8.8 – EEM6: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline

9 VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA

9.1 ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

EEM1: Isolamento pareti verticali con cappotto esterno

Nella realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati in 39.674 € e verranno concessi in un'unica annualità vista la proprietà in capo alla pubblica amministrazione.

Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 1, che consiste nell'isolamento delle pareti verticali con cappotto esterno.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati in 39.674 € e verranno concessi in un'unica annualità vista la proprietà in capo alla pubblica amministrazione.

Tabella 9.1 – Analisi dei costi della EEM1 – Isolamento pareti verticali

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO [€/n° o €/m ²]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
Isolanti di origine minerale. Pannelli in silicato di calcio, per l'isolamento termoacustico a cappotto di facciate e soffitti; permeabili al vapore, antincendio, traspirabili, incombustibili (classe 0). Lambda = 0,045 W/mK spessore da 6 a 20 cm per ogni cm	Prezzario Regione Liguria	6672,4	m2cm	€ 3,17	€ 21.169,71	22%	€ 25.827,04
Malta premiscelata Rivestimento minerale per rasature armate /cappotto termico idr/m ² orepellente, impermeabile e traspirante in sacchi . Resa per mano 1,8 kg.	Prezzario Regione Liguria	477	kg	€ 0,75	€ 355,28	22%	€ 433,45
Collante cementizio per murature in cemento cellulare espanso.	Prezzario Regione Liguria	238,3	kg	€ 0,45	€ 106,15	22%	€ 129,51
Ponteggiature "di facciata", in elementi metallici prefabbricati e/o "giunto-tubo", compreso il montaggio e lo smontaggio finale, i piani di lavoro, idonea segnaletica, impianto di messa a terra, compresi gli eventuali oneri di progettazione, escluso: mantovane, illuminazione notturna e reti di protezione - Montaggio, smontaggio e noleggio per il primo mese di utilizzo.	Prezzario Regione Liguria	477	m2	€ 12,98	€ 6.187,13	22%	€ 7.548,30
Scrostamento intonaco fino al vivo della muratura, esterno, su muratura di mattoni o calcestruzzo	Prezzario Regione Liguria	477	m2	€ 6,60	€ 3.145,56	22%	€ 3.837,58
Intonaco esterno in malta a base di calce idraulica	Prezzario Regione Liguria	477	m2	€ 4,37	€ 2.084,04	22%	€ 2.542,53

strato aggrappante a base di calce idraulica naturale NHL 3,5 (EN459-1) e sabbie calcaree classificate, spessore 5 mm circa.

Rasatura armata con malta preconfezionata a base minerale eseguita a due riprese fresco su fresco rifinita a frattazzo, con interposta rete in fibra di vetro o in poliestere compresa pulizia e preparazione del supporto con una mano di apposito primer. per rivestimento di intere campiture con rete in fibra di vetro 4x4 da 150 gr/mq , spessore totale circa mm 4.

Prezzario Regione Liguria	477	m2	€	21,63	€	10.307,56	22%	€	12.575,22
Costi per la sicurezza	-	3%	%		€	1.300,66	22%	€	1.586,81
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%		€	3.034,88	22%	€	3.702,55
TOTALE (I₀– EEM1)					€	47.691	22%	€	58.183
Incentivi	Conto Termico								
									39.674
Durata incentivi									1
Incentivo annuo									39.674

EEM2: Isolamento pavimentazione verso locali non riscaldati

NellaLa realizzazione di tale intervento consentirebbe l’ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati in 39.674 € e verranno concessi in un’unica annualità vista la proprietà in capo alla pubblica amministrazione.

Tabella 9.1 è riportata l’analisi dei costi relativi alle EEM2, che consiste nell’isolamento della pavimentazione verso gli ambienti non riscaldati del piano terra.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l’ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati in 26197 € e verranno concessi in un’unica annualità vista la proprietà in capo alla pubblica amministrazione.

Tabella 9.2 – Analisi dei costi della EEM2 – Isolamento pavimentazione

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE		TOTALE
				[€/n° o €/m ²]	[€/m ² cm]	(IVA ESCLUSA)	IVA	(IVA INCLUSA)
						[€]	[€]	[€]
Isolanti di origine minerale. Pannelli in silicato di calcio, per l’isolamento termoacustico a cappotto di facciate e soffitti; permeabili al vapore, antincendio, traspirabili, incombustibili (classe 0). Lambda = 0,045 W/mK spessore da 6 a 20 cm per ogni cm	Prezzario Regione Liguria	9.195	m2cm	€ 3,49	€ 3,17	€ 29.172,85	22%	€ 35.590,87

Malta premiscelata Rivestimento minerale per rasature armate /cappotto termico idr/m2orepellente, impermeabile e traspirante in sacchi . Resa per mano 1,8 kg.	Prezzario Regione Liguria	766	kg	€	0,82	€	0,75	€	571,20	22%	€	696,86
Collante cementizio per murature in cemento cellulare espanso.	Prezzario Regione Liguria	383,12	kg	€	0,49	€	0,45	€	170,66	22%	€	208,21
Impalcature per interni, realizzate con cavalletti, trabattelli, strutture tubolari, misurate in proiezione orizzontale, piani di lavoro per altezza da 2,00 a 4,00 metri.	Prezzario Regione Liguria	766,24	m2	€	21,17	€	19,25	€	14.746,64	22%	€	17.990,90
Intonaco interno in malta cementizia strato aggrappante a base di cemento portland, sabbie classificate ed additivi specifici spessore 5 mm circa.	Prezzario Regione Liguria	948,88	m2	€	4,80	€	4,36	€	4.140,57	22%	€	5.051,49
Costi per la sicurezza	-	3%	%					€	1.464,06	22%	€	1.786,15
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%					€	3.416,13	22%	€	4.167,68
TOTALE (I₀ – EEM2)								€	53.682	22%	€	65.492
Incentivi	[Conto termico]											26.197
Durata incentivi												1
Incentivo annuo												26.197

EEM3: Installazione di valvole termostatiche complete di collegamenti su radiatori e termo-arredi

Nella La realizzazione di tale intervento consentirebbe l’ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati in 39.674 € e verranno concessi in un’unica annualità vista la proprietà in capo alla pubblica amministrazione.

Tabella 9.1 è riportata l’analisi dei costi relativi alle EEM3, che consiste nell’installazione delle valvole termostatiche sui corpi scaldanti.

La realizzazione di tale intervento non consente da solo l’ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0.

Tabella 9.3 – Analisi dei costi della EEM3 – Installazione delle valvole termostatiche

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ₂]	[€/m ² cm]	[€]	[€]	[€]
Valvole micrometriche a squadra complete di testa termostatica con elemento sensibile a gas: Ø 15 mm	Prezzario Regione Liguria	72	cad	€ 35,42	€ 32,20	€ 2.318,40	22%	€ 2.828,45

Circolatori per impianti di riscaldamento e condizionamento a velocità variabile, regolate elettronicamente, classe di protezione IP44, classe energetica A, 230V, del tipo: versione gemellare con attacchi flangiati, Ø 80, PN6, prevalenza da 1 a 12 m, portata da 1 a 58 m ³ /h	Prezzario Regione Liguria	2	cad	€ 4.587,21	€ 4.170,19	€ 8.340,38	22%	€ 10.175,27
Sola posa in opera di pompe e/o circolatori singoli o gemellari per fluidi caldi o freddi, compreso bulloni, guarnizioni e il collegamento alla linea elettrica, escluse le flange. Per attacchi del diametro nominale di: maggiore di 65 mm fino a 80 mm	Prezzario Regione Liguria	2	cad	€ 63,62	€ 57,84	€ 115,67	22%	€ 141,12
Interruttore automatico magnetotermico con potere di interruzione 4,5KA bipolare fino a 32 A - 230 V	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 22,69	€ 20,63	€ 20,63	22%	€ 25,17
Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezzario Regione Liguria	68	h	€ 31,88	€ 28,98	€ 1.970,76	22%	€ 2.404,33
Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 382,98	22%	€ 467,23
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 893,61	22%	€ 1.090,20
TOTALE (I₀ – EEM3)						€ 14.042	22%	€ 17.132

EEM4: Installazione di caldaia a condensazione

Nella Tabella 9.4 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM4, che consiste nell'installazione di una caldaia a condensazione.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati in 9211 € e verranno concessi in un'unica annualità vista la proprietà in capo alla pubblica amministrazione.

Tabella 9.4 – Analisi dei costi della EEM4 – Installazione di caldaia a condensazione

DESCRIZIONE	FORTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO [€/n° o €/m ²]	PREZZO UNITARIO SCONTATO [€/n° o €/m ²]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA [%]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
Caldaie a condensazione a basamento, corpo in lega di alluminio-silicio-magnesio con scambiatore primario a basso contenuto d'acqua, classe 5 NOx, rendimento energetico a 4 stelle in base alle direttive	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 11.498,85	€ 10.453,50	€ 10.453,50	22%	€ 12.753,27



europee, bruciatore modulante con testata metallica ad irraggiamento, compreso il pannello di comando montato sul mantello di rivestimento, della potenza termica nominale di: 235 Kw circa

Sistema fumario prefabbricato a sezione circolare, con giunti maschio-femmina con profilo conico a elementi modulari a doppia parete acciaio inox (parete interna AISI316L e parete esterna AISI304), coibentazione 25mm in lana di roccia pressata, senza guarnizioni di tenuta Coppa di scarico condensa Ø 180 mm

Prezzario
Regione
Liguria

1

cad

€
179,63

€

163,30

€
163,30

22%

€
199,23

Sola posa in opera di bruciatore per caldaie, compresi la lavorazione della piastra di collegamento alla caldaia, la sola posa della rampa gas e del dispositivo di controllo tenuta valvola, i collegamenti elettrici, i collegamenti alla tubazione del combustibile a metano o gasolio: per generatori di calore da 101 Kw a 350 Kw

Prezzario
Regione
Liguria

1

cad

€
392,78

€

357,07

€
357,07

22%

€
435,63

Accessori per caldaie a condensazione: Tubi Ø 80mm della lunghezza 1 m

Prezzario
Regione
Liguria

8

cad

€
21,13

€

19,21

€
153,67

22%

€
187,48

Accessori per caldaie a condensazione: Kit scarichi separati per tubi Ø 80mm

Prezzario
Regione
Liguria

1

cad

€
28,46

€

25,87

€
25,87

22%

€
31,56

Pn > 116 e Pn <= 250

Prezzario
CCIAA RE

1

cad

€ 1.426,90

€

1.297,18

€
1.297,18

22%

€ 1.582,56

Regolazione Climatica

Prezzario
CCIAA RE

1

cad

€
546,00

€

496,36

€
496,36

22%

€
605,56

Sola posa in opera di accessori per impianti di termoregolazione compresi collegamenti elettrici: sonde in genere

Prezzario
Regione
Liguria

1

cad

€
120,60

€

109,64

€
109,64

22%

€
133,76

Sola posa in opera di accessori per impianti di termoregolazione compresi collegamenti elettrici: interruttore orologio da inserire in quadro

Prezzario
Regione
Liguria

1

cad

€
29,71

€

27,01

€
27,01

22%

€
32,95

elettrico

Interruttore orario digitale modulare per la programmazione settimanale a due canali	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 146,74	€	133,40	€ 133,40	22%	€ 162,75
Sonde di temperatura e umidità: sola temperatura, per impianti civili e industriali per esterno	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 76,47	€	69,52	€ 69,52	22%	€ 84,81
Opere edili Operaio Qualificato	Prezzario Regione Liguria	73	h	€ 34,41	€	31,28	€ 2.283,57	22%	€ 2.785,96
Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezzario Regione Liguria	40	h	€ 31,88	€	28,98	€ 1.159,27	22%	€ 1.414,31
Trasporto a discarica o a centro di riciclaggio di materiali di risulta provenienti da scavi e/o demolizioni, misurato su autocarro in partenza, esclusi gli eventuali oneri di discarica o smaltimento, eseguito con piccolo mezzo di trasporto con capacità di carico fino a 3 t. per ogni chilometro del tratto oltre i primi 5 km e fino al decimo km.	Prezzario Regione Liguria	100	m³km	€ 4,72	€	4,29	€ 429,09	22%	€ 523,49
Costi per la sicurezza	-	3%	%				€ 514,75	22%	€ 628,00
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%				€ 1.201,09	22%	€ 1.465,33
TOTALE (I₀ – EEM4)							€ 18.874	22%	€ 23.027
Incentivi	[Conto termico]								€ 9.211
Durata incentivi									1
Incentivo annuo									€ 9.211

EEM5: Installazione lampade a LED a basso consumo

Nella Tabella 9.5 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM5, che consiste nell'installazione di lampade a LED a basso consumo.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati in 16247 € e verranno concessi in un'unica annualità vista la proprietà in capo alla pubblica amministrazione.

Tabella 9.5– Analisi dei costi della EEM5– Installazione lampade a LED

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



Plafoniera stagna rettangolare, corpo in policarbonato autoestinguente, schermo in policarbonato autoestinguente trasparente prismaticizzato internamente, per installazione a parete, plafone o a sospensione, apparecchio con grado di protezione IP 66, lampade LED temperatura di colore 4000 K, alimentazione 230 V c.a.: bilampada: lunghezza 1.300 mm, 36 W, 5.830 lm	DEI Imp. Ele. 2017	160	cad	€ 156,66	€ 142,42	€ 22.786,91	22%	€ 27.800,03
Apparecchio ad incasso con corpo in alluminio, lampada led temperatura di colore 3000 K, alimentatore incorporato, riflettore in alluminio cromato, classe di isolamento 1, grado di protezione IP 23, alimentazione 230 V 50 Hz, classe energetica A, apertura del fascio 95°: potenza 20 W, equivalente a 36 W fluorescente, Ø 190 mm	DEI Imp. Ele. 2017	17	cad	€ 98,61	€ 89,65	€ 1.523,97	22%	€ 1.859,25
Plafoniera stagna rettangolare, corpo in policarbonato autoestinguente, schermo in policarbonato autoestinguente trasparente prismaticizzato internamente, per installazione a parete, plafone o a sospensione, apparecchio con grado di protezione IP 66, lampade LED temperatura di colore 4000 K, alimentazione 230 V c.a.: bilampada: lunghezza 1.300 mm, 36 W, 5.830 lm	DEI Imp. Ele. 2017	46	cad	€ 156,66	€ 142,42	€ 6.551,24	22%	€ 7.992,51
Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 729,33	22%	€ 889,78
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 1.701,76	22%	€ 2.076,15
TOTALE (I₀– EEM5)						€ 33.293	22%	€ 40.618

Incentivi	[Conto termico]	€ 16.247,08
Durata incentivi		1
Incentivo annuo		€ 16.247,08

EEM6: Installazione pannelli fotovoltaici

Nella Tabella 9.6 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM6, che consiste nell'installazione di pannelli fotovoltaici.

La realizzazione di tale intervento non prevede l'accesso al Conto Termico 2.0.

Tabella 9.6– Analisi dei costi della EEM6– Installazione fotovoltaico

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/kW]	[€/kW]	[€]	[%]	[€]
da 7 a 20 kWp	Prezzario Milano	20	kW	€ 2.713,48	€ 2.466,80	€ 49.336,00	22%	€ 60.189,92
Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 1.480,08	22%	€ 1.805,70
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 3.453,52	22%	€ 4.213,29
TOTALE (I₀– EEM6)						€ 54.270	22%	€ 66.209

EEM7: Sostituzione del serramento comprensiva del telaio e del vetro

Nella Tabella 9.7 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM7, che consiste nella sostituzione degli attuali serramenti.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati in 100000 € e verranno concessi in un'unica annualità vista la proprietà in capo alla pubblica amministrazione.

Tabella 9.7 – Analisi dei costi della EEM7 – Sostituzione serramenti

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ²]	[€]	[€]	[€]
Smontaggio e recupero delle parti riutilizzabili, incluso accantonamento nell'ambito del cantiere, di: serramenti in acciaio, PVC, alluminio, compreso telaio (misura minima 2,00 m ²)	Prezzario Regione Liguria	607,32	m2	€ 36,01	€ 21.869,04	22%	€ 26.680,23
Serramento realizzato con profili estrusi di pvc prodotti secondo la norma DIN 7748, esenti da cadmio, autoestinguenti, classe 1 di reazione al fuoco, a 5		607,32	m2	€ 472,73	€ 287.096,73	22%	€ 350.258,01

camere rinforzati con profili in acciaio zincato spessore 15/10, guarnizioni in TPE coestruse e saldate negli angoli, completo di controtelaio, esclusa la posa dello stesso, compresi maniglie, cerniere, meccanismi di manovra, dispositivi di sicurezza contro le false manovre e quant'altro necessario per il funzionamento e vetrocamera con canalina a bordo caldo, permeabilità all'aria classe 4 secondo la norma UNI EN 12207, tenuta all'acqua classe E 750 secondo la norma UNI 12208, resistenza al vento C3/B3 secondo la norma UNI 12210: vetrocamera 33.1-16-33.1 bassoemissivo con gas argon, Uw = 1,2 W/mqK, Ug = 1,1 W/mqK, Uf = 1,2 W/mqK, Rw = 35 dB: portafinestra a 2 ante, a telaio fisso, 120 x 240 cm (2,88 mq)	Prezziario Regione Liguria	98,57545	m	€	6,90	€	680,17	22%	€	829,81
Controtelaio per finestre, portefinestre e simili, in legno.	Prezziario Regione Liguria	91,098	m3	€	10,70	€	974,75	22%	€	1.189,19
Trasporto eseguito con autocarro, motocarro o simili, della portata fino a 1000 kg, di materiali di risultata da scavi e/o demolizioni, per ogni km del tratto entro i primi 5. Misurato in banco	-	3%	%	€	9.318,62	22%	€	11.368,72		
Costi per la sicurezza	-	7%	%	€	21.743,45	22%	€	26.527,01		
Costi progettazione (in % su importo lavori)	TOTALE (I₀ – EEM7)			€	341.683	22%	€	416.853		
Incentivi	Conto Termico									100.000
Durata incentivi										1
Incentivo annuo										100.000

9.2 ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

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

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

Gli indicatori economici d’investimento utilizzati sono:

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

Essi sono così definiti:

1) Tempo di ritorno semplice (TRS):

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

Dove:

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

2) Tempo di ritorno attualizzato (TRA):

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

Dove:

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

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

Dove:

- FC_n è il flusso di cassa all’anno n-esimo;
- f è il tasso di inflazione;

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

3) Valore Attuale Netto (VAN) del progetto:

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

Dove:

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

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

5) Indice di Profitto (IP):

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

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

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

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

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

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

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

EEM1: Isolamento pareti verticali con cappotto esterno

L'analisi di convenienza effettuata per la EEM1 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

Tabella 9.8 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM1

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€ 99.184
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%] 3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%] 22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni 3
Vita utile	n	anni 30
Incentivo annuo	B	€/anno 39.674
Durata incentivo	n_B	anni 1
Tasso di attualizzazione	i	[%] 3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO	VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	10,9
Tempo di rientro attualizzato	TRA	15,8

Valore attuale netto	VAN	- 10.145	28.002
Tasso interno di rendimento	TIR	3,1%	7,7%
Indice di profitto	IP	-0,10	0,28

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

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

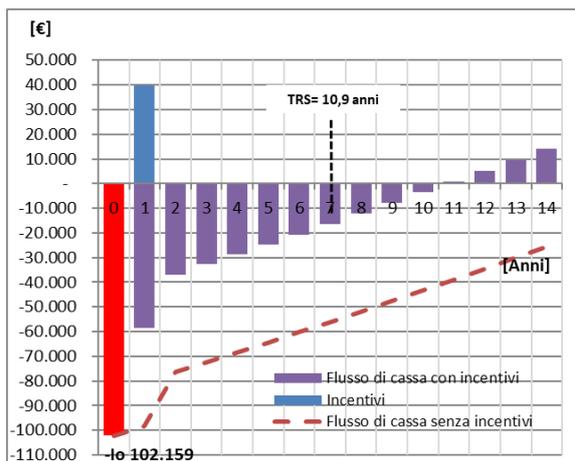
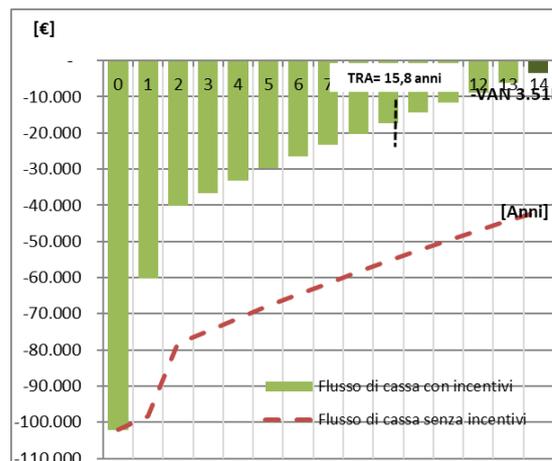


Figura 9.2 – EEM1: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento risulta conveniente, in modo particolare se si sfrutta l’incentivazione del conto termico.

EEM2: Isolamento pavimentazione verso locali non riscaldati

L’analisi di convenienza effettuata per la EEM2 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

Tabella 9.9 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM2

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I₀	€ 65.492
Oneri Finanziari % ₀	OF	[%] 3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%] 22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni 3
Vita utile	n	anni 30
Incentivo annuo	B	€/anno 26.197
Durata incentivo	n_B	anni 1
Tasso di attualizzazione	i	[%] 3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO	VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS 26,2	14,9
Tempo di rientro attualizzato	TRA 43,5	24,0
Valore attuale netto	VAN - 20.920	4.269
Tasso interno di rendimento	TIR 0,7%	4,9%
Indice di profitto	IP -0,32	0,07

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

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

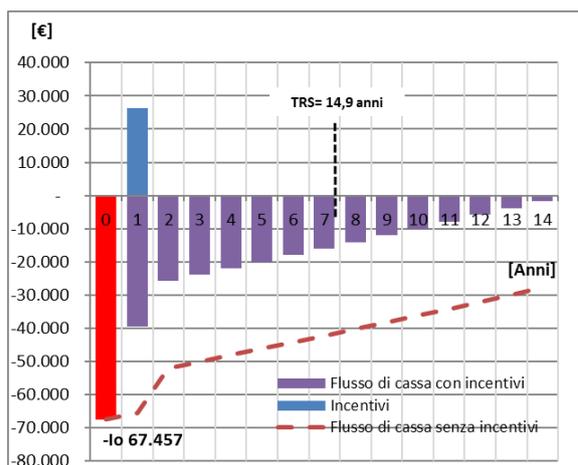
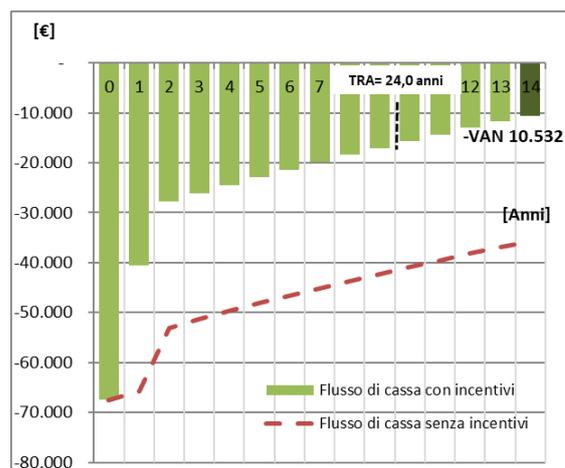


Figura 9.4 – EEM2: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento non risulta particolarmente conveniente. Senza l'accesso alle incentivazioni i tempi di ritorno superano la vita utile stimata dell'intervento stesso.

EEM3: Installazione di valvole termostatiche complete di collegamenti su radiatori e termo-arredi

L'analisi di convenienza effettuata per la EEM3 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

Tabella 9.10 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM3

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE	
Investimento Iniziale	I_0	€ 17.132	
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%] 3,0%	
Aliquota IVA	%IVA	[%] 22,0%	
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni 3	
Vita utile	n	anni 20	
Incentivo annuo	B	€/anno -	
Durata incentivo	n_B	anni 1	
Tasso di attualizzazione	i	[%] 3,5%	
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO	VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI	
Tempo di rientro semplice	TRS	2,8	2,8
Tempo di rientro attualizzato	TRA	3,2	3,2
Valore attuale netto	VAN	60.212	60.212
Tasso interno di rendimento	TIR	33,7%	33,7%
Indice di profitto	IP	3,51	3,51

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

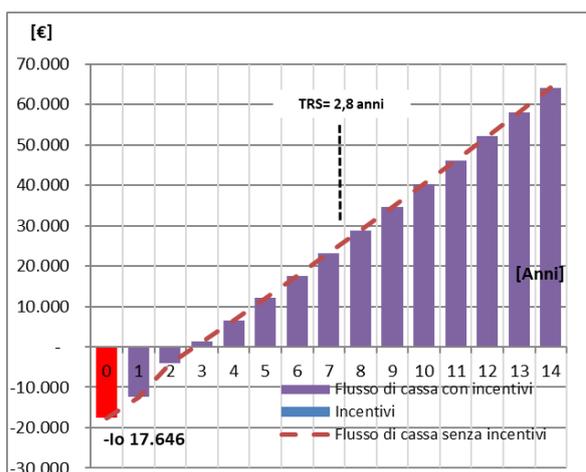
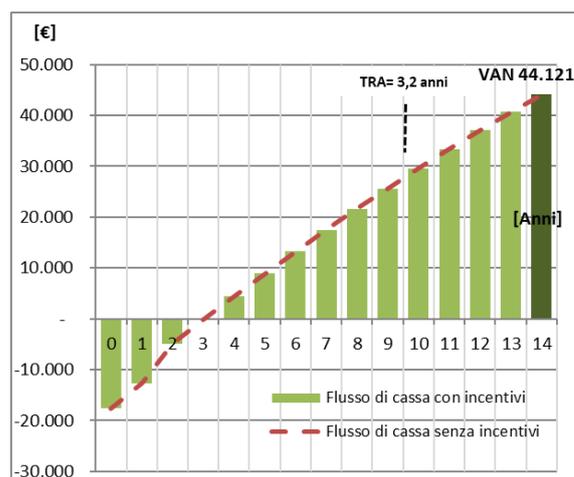


Figura 9.6 – EEM3: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento risulta particolarmente conveniente. Come previsto il miglioramento delle regolazioni è risultato essere un aspetto critico sui cui intervenire.

EEM4: Installazione di caldaia a condensazione

L’analisi di convenienza effettuata per la EEM4 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

Tabella 9.11 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM4

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE	
Investimento Iniziale	I_0	€ 23.027	
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%] 3,0%	
Aliquota IVA	%IVA	[%] 22,0%	
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni 3	
Vita utile	n	anni 20	
Incentivo annuo	B	€/anno 9.211	
Durata incentivo	n_B	anni 1	
Tasso di attualizzazione	i	[%] 3,5%	
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO			
		VALORE SENZA INCENTIVI	
		VALORE CON INCENTIVI	
Tempo di rientro semplice	TRS	9,3	5,0
Tempo di rientro attualizzato	TRA	11,8	6,5
Valore attuale netto	VAN	9.409	18.265
Tasso interno di rendimento	TIR	8,6%	16,0%
Indice di profitto	IP	0,41	0,79

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

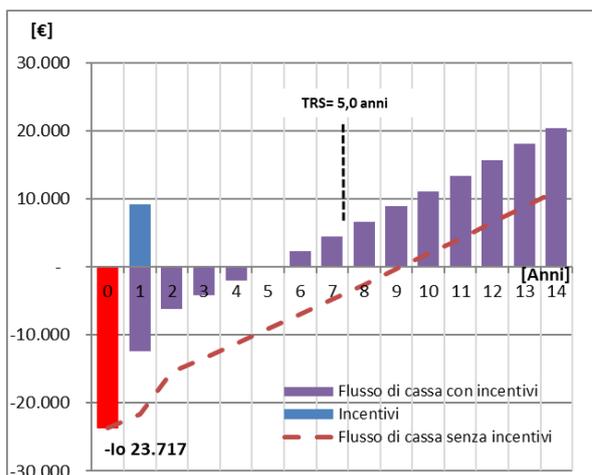
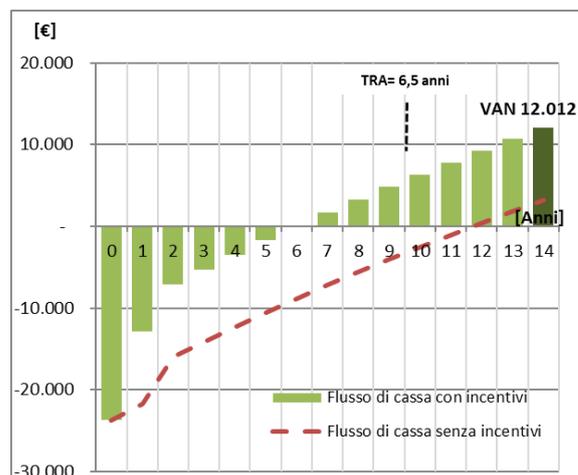


Figura 9.8 – EEM4: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento risulta particolarmente conveniente. Come previsto il miglioramento dei rendimenti di generazione è risultato essere un aspetto critico sui cui intervenire.

EEM5: Installazione lampade a LED a basso consumo

L’analisi di convenienza effettuata per la EEM5 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

Tabella 9.12 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM5

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€ 40.618
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%] 3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%] 22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni 3
Vita utile	n	anni 30
Incentivo annuo	B	€/anno 16.247
Durata incentivo	n_B	anni 1
Tasso di attualizzazione	i	[%] 3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO	VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	13,2 / 7,6
Tempo di rientro attualizzato	TRA	18,8 / 9,6
Valore attuale netto	VAN	12.639 / 28.262
Tasso interno di rendimento	TIR	6,6% / 12,0%
Indice di profitto	IP	0,31 / 0,70

I flussi di cassa rappresentativi dell’analisi sono riportati nelle Figura 9.9 e Figura 9.10Figura 9.2.

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

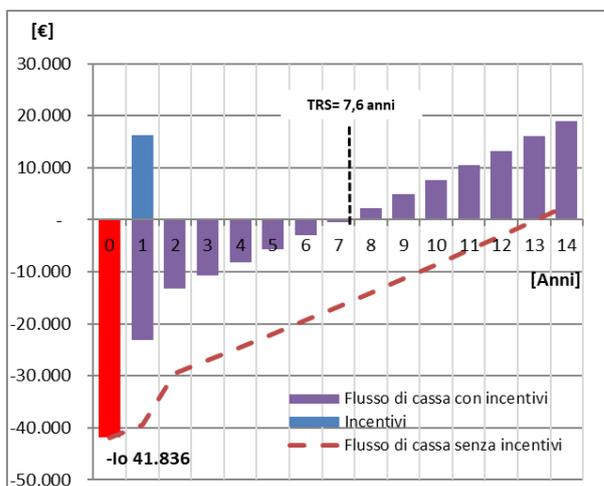
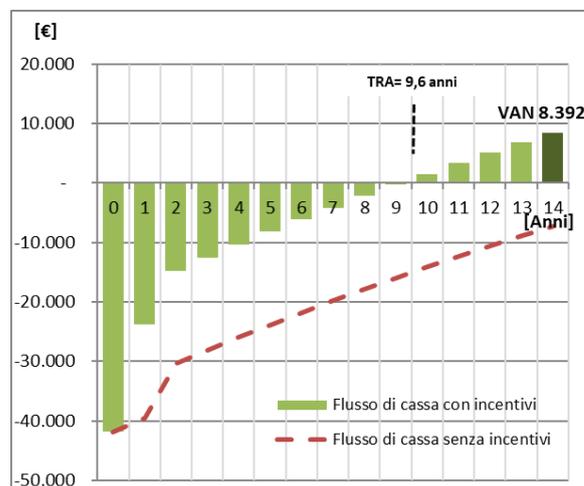


Figura 9.10 – EEM5: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento risulta conveniente. La riduzione dei consumi elettrici ed un incremento del controllo del funzionamento dei corpi illuminanti consente una riduzione considerevole delle spese con bassi tempi di ritorno.

EEM6: Installazione pannelli fotovoltaici

L’analisi di convenienza effettuata per la EEM6 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

Tabella 9.13 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM6

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE	
Investimento Iniziale	Io	€ 66.209	
Oneri Finanziari %Io	OF	[%] 3,0%	
Aliquota IVA	%IVA	[%] 22,0%	
Anno recupero erariale IVA	n _{IVA}	anni 3	
Vita utile	n	anni 30	
Incentivo annuo	B	€/anno -	
Durata incentivo	n _B	anni 1	
Tasso di attualizzazione	i	[%] 3,5%	
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO	VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI	
Tempo di rientro semplice	TRS	19,3	19,3
Tempo di rientro attualizzato	TRA	33,0	33,0
Valore attuale netto	VAN	- 6.232	- 6.232
Tasso interno di rendimento	TIR	3,1%	3,1%
Indice di profitto	IP	-0,09	-0,09

I flussi di cassa rappresentativi dell’analisi sono riportati nelle Figura 9.11 e Figura 9.12.

Figura 9.11 –EEM6: Flussi di Cassa, con e senza incentivi

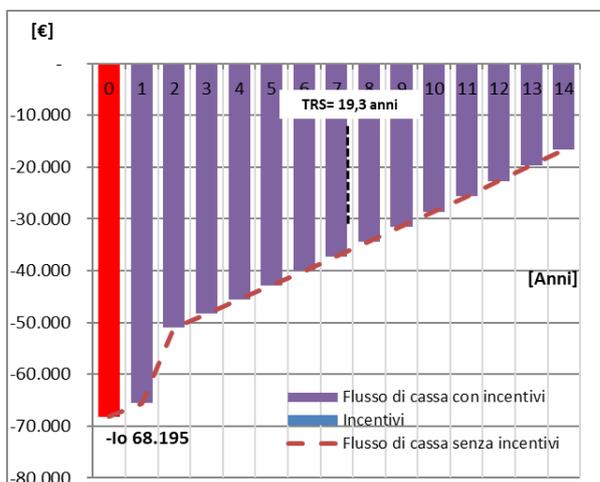
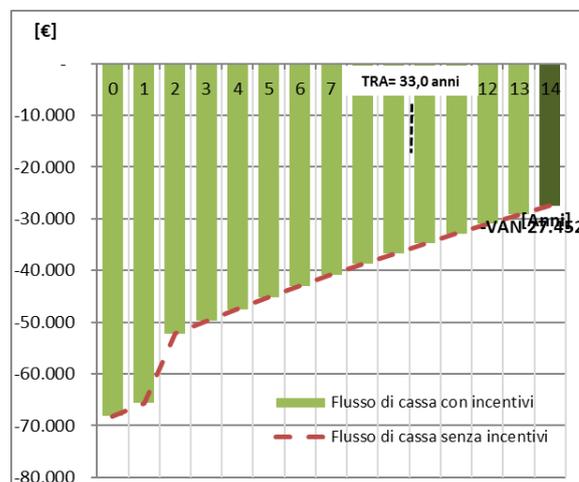


Figura 9.12 – EEM6: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento non risulta conveniente. Nonostante una riduzione dei consumi elettrici il solare fotovoltaico non è risultato essere una soluzione adeguata. Nei periodi di massima producibilità dell’impianto la struttura, infatti, non è operativa essendo chiusa nel durante i mesi estivi. Questo incide negativamente sulla possibilità di sfruttare la produzione elettrica del fotovoltaico.

EEM7: Sostituzione del serramento comprensiva del telaio e del vetro

L’analisi di convenienza effettuata per la EEM7 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

Tabella 9.14 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM7

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE	
Investimento Iniziale	I_0	€ 416.853	
Oneri Finanziari % i_0	OF	[%] 3,0%	
Aliquota IVA	%IVA	[%] 22,0%	
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni 3	
Vita utile	n	anni 30	
Incentivo annuo	B	€/anno 100.000	
Durata incentivo	n_B	anni 1	
Tasso di attualizzazione	i	[%] 3,5%	
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO	VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI	
Tempo di rientro semplice	TRS	59,3	40,6
Tempo di rientro attualizzato	TRA	85,8	52,3
Valore attuale netto	VAN	- 279.276	- 183.123
Tasso interno di rendimento	TIR	-5,0%	-3,2%
Indice di profitto	IP	-0,67	-0,44

I flussi di cassa rappresentativi dell'analisi sono riportati nelle Figura 9.13 e Figura 9.14.

Figura 9.13 –EEM7: Flussi di Cassa, con e senza incentivi

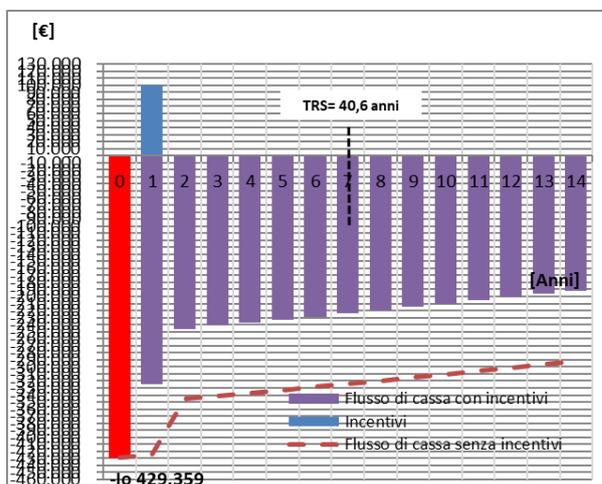
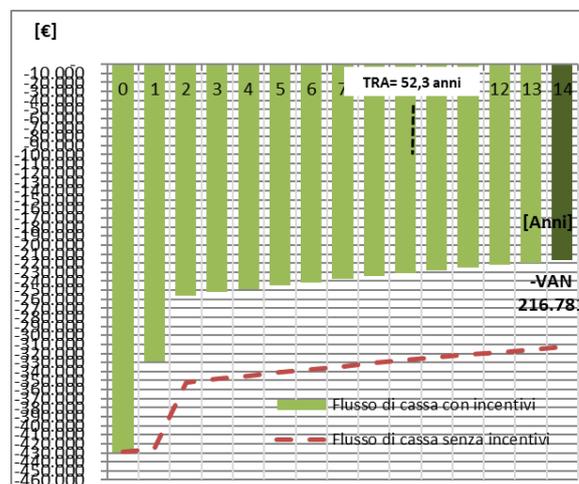


Figura 9.14 – EEM7: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento non risulta conveniente. Il rapporto costi-benefici non è assolutamente favorevole a causa degli elevati costi per la sostituzione dei serramenti, nonostante quest'ultimi rappresentino una criticità della struttura.

Sintesi

La sintesi della valutazione economico – finanziaria delle EEM proposte è riportata nelle Tabella 9.15 e Tabella 9.16.

Tabella 9.15 – 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]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]
EEM 1	20,53%	17%	4.311,4	298,7	79,4	€ 99.183,78	19,51	33,31	-10.145,2	3,05%	-0,10
EEM 2	8,82%	7%	1.852,0	298,7	79,4	€ 65.492,16	26,22	43,49	-20.919,9	0,75%	-0,32
EEM 3	27,18%	23%	5.900,1	298,7	79,4	€ 17.131,76	2,80	3,20	60.212,3	33,70%	3,51
EEM 4	9,91%	8%	2.087,6	298,7	79,4	€ 23.026,66	9,26	11,80	9.409,1	8,63%	0,41
EEM 5	5,28%	10%	2.597,7	298,7	79,4	€ 40.617,71	13,17	18,85	12.639,4	6,57%	0,31
EEM 6	5,68%	11%	2.796,5	298,7	79,4	€ 66.208,91	19,32	33,02	-6.231,7	3,13%	-0,09
EEM 7	22%	18%	4626,4	298,7	79,4	€ 416.852,96	59,33	85,82	- 279.276,5	-4,96%	-0,67

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 alla baseline energetico complessivo (termico + elettrico);
- % Δ_{CO_2} è il valore percentuale di riduzione delle emissioni di CO2 rispetto alla 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;

- Δ_{CMS} è la variazione di costo annuo attribuibile al nuovo costo previsto per la manutenzione straordinaria; assume valori positivi per un decremento e valori negativi per un incremento;
- I_0 è il valore dell'investimento iniziale per la realizzazione dell'intervento; assume valori negativi;

Dall'analisi dei risultati emerge che in assenza di incentivi gli interventi sull'involucro risultano non convenienti con tempi di ritorno maggiori rispetto alla vita utile dell'intervento stesso.

La convenienza, invece, aumenta considerevolmente quando si coinvolgono le componenti impiantistiche, vero punto nevralgico dell'intera struttura. In particolar modo risulta assai conveniente intervenire sul sistema di regolazione, installando valvole termostatiche, in modo da ridurre gli spechi ed ottimizzare i consumi.

Tabella 9.16 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso con incentivi

CON INCENTIVI											
	% Δ_{ϵ}	% Δ_{CO_2}	ΔC_{ϵ}	ΔC_{MO}	ΔC_{MS}	I_0	TRS	TRA	VAN	TIR	IP
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]
EEM 1	20,53%	17,02%	4311,44	€ 298,71	€ 79,40	€ 99.183,78	10,92	15,77	28.002,4	7,67%	0,28
EEM 2	8,82%	7,31%	1852,04	€ 298,71	€ 79,40	€ 65.492,16	14,89	23,99	4.269,4	4,94%	0,07
EEM 3	27,18%	23,24%	5900,09	€ 298,71	€ 79,40	€ 17.131,76	2,80	3,20	60.212,3	33,70%	3,51
EEM 4	9,91%	8,24%	2087,61	€ 298,71	€ 79,40	€ 23.026,66	4,98	6,55	18.265,5	16,02%	0,79
EEM 5	5,28%	9,89%	2597,75	€ 298,71	€ 79,40	€ 40.617,71	7,59	9,65	28.261,6	12,00%	0,70
EEM 6	5,68%	10,65%	2796,50	€ 298,71	€ 79,40	€ 66.208,91	19,32	33,02	-6.231,7	3,13%	-0,09
EEM 7	22,11%	18,27%	4626,44	€ 298,71	€ 79,40	€ 416.852,96	40,62	52,31	-183.122,6	-3,20%	-0,44

Dall'analisi dei risultati emerge che sfruttando gli incentivi risultano convenienti anche gli interventi sull'involucro edilizio, che offrono la possibilità di un risparmio energetico considerevole.

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

Il primo scenario ottimale, con tempi di ritorno del capitale investito maggiore, permetterà la formulazione di soluzione integrate che includono interventi sull'involucro degli edifici, o più in generale, interventi tipicamente caratterizzati da tempi di ritorno lunghi, laddove, nel caso del

secondo scenario ci si aspetta che gli interventi proposti interessino maggiormente investimenti per gli impianti.

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

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

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

Dove:

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

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

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

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

Essi sono così definiti:

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

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

Dove:

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

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

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

Dove:

- s è il periodo di valutazione dell'indicatore;

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

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

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

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

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

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

- **Scenario 1: EEM3+EEM4:** Tale scenario consiste nell'installazione di caldaia a condensazione di potenza 235kW e contemporanea installazione di valvole termostatiche su tutti i corpi scaldanti
- **Scenario 2: EEM3+EEM4+EEM1+EEM2:** Tale scenario consiste nella sostituzione dell'attuale generatore con un generatore a condensazione (175kW) con contemporanea installazione di valvole termostatiche su tutti i corpi scaldanti. Inoltre, si prevede l'isolamento dell'involucro con cappotto esterno e isolamento del pavimento a piano terra verso i locali non riscaldati.

9.3.1 Scenario 1: EEM3+EEM4

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

Tabella 9.17 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 1

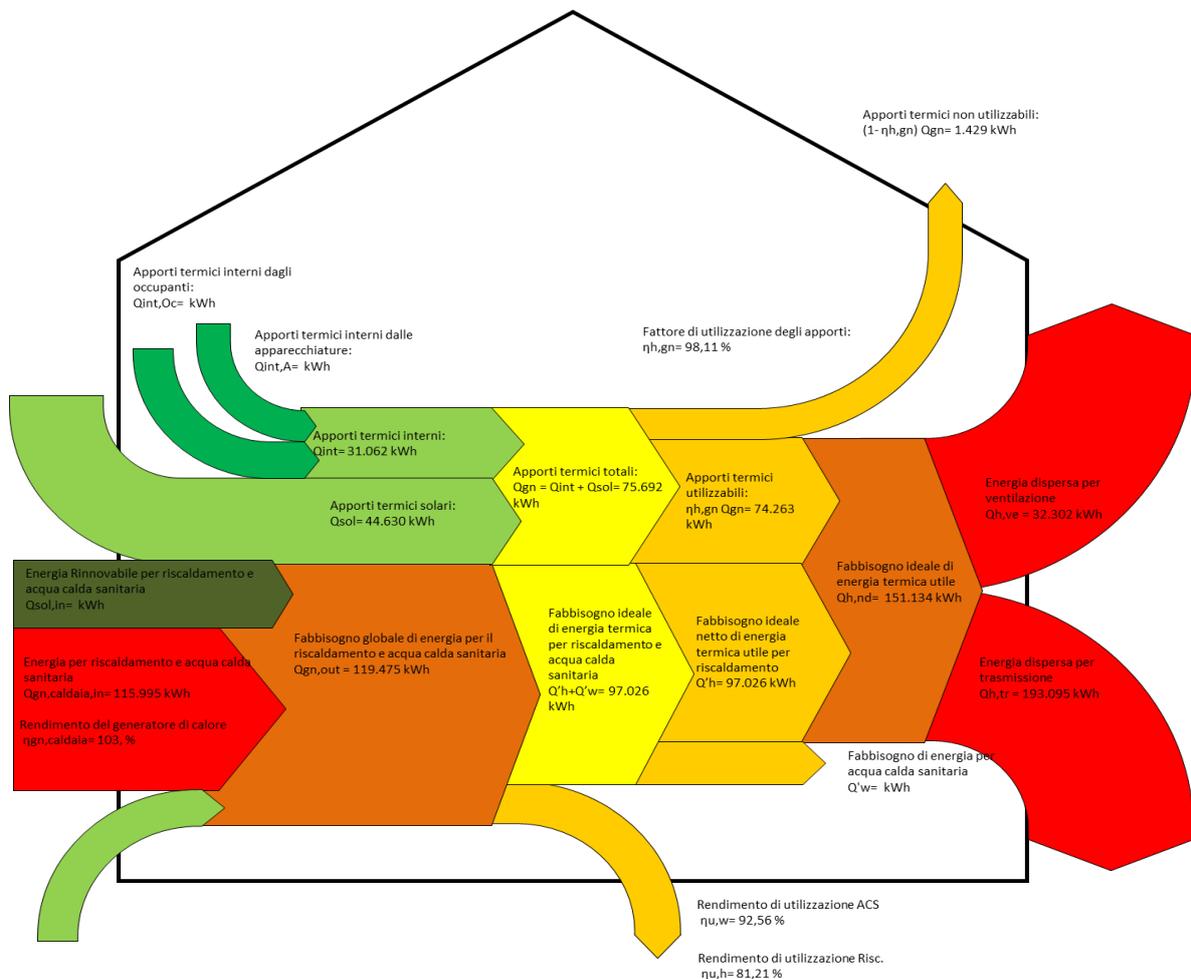
VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA AL 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM3 Fornitura & Posa	14043	3089	17132
EEM4 Fornitura & Posa	18875	4152	23027
TOTALE (I₀)	32918	7241	40159
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	

		[€]
Incentivi	[Conto termico]	€ 12.220
Durata incentivi		1
Incentivo annuo		€ 12.220

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.

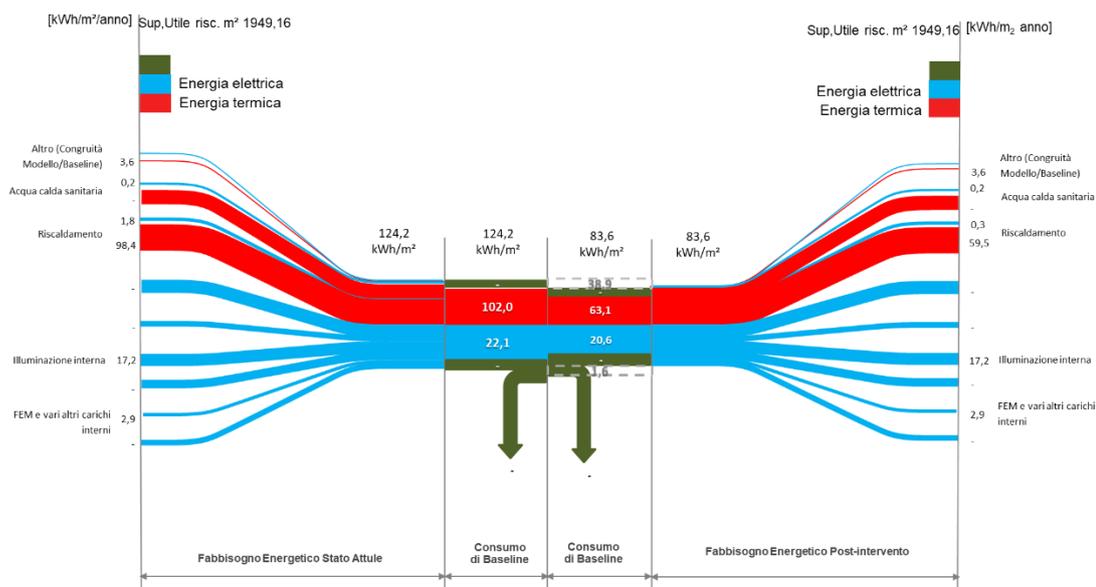
Figura 9.15 – SCN1: Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico post intervento

Grafico con presenza di energia recuperata al sottosistema di generazione



Dall’analisi dei diagrammi di Sankey relativo al fabbisogno termico dell’edificio post intervento è possibile notare che il risparmio energetico è molto elevato.

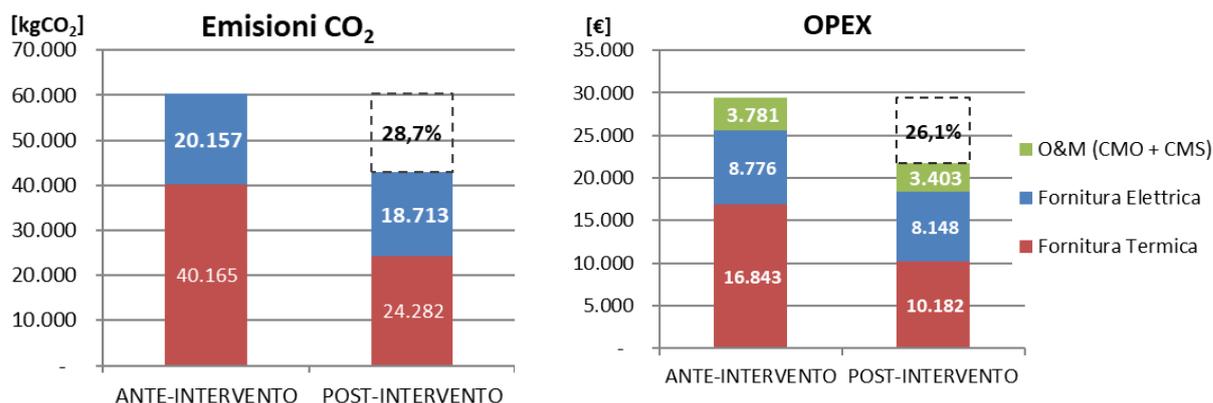
Figura 9.16 – SCN1: Bilancio energetico complessivo dell’edificio post intervento



I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella Tabella 9.18 e nella Figura 9.17.

Tabella 9.18 – Risultati analisi SCN1

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM3 (Valvole termostatiche)	%	67,2	98	-45,8%
EEM4 (Caldaia a condensatione)	%	85,9	98	-14,1%
$Q_{teorico}$	[kWh]	191.869	115.995	39,5%
$EE_{teorico}$	[kWh]	43.363	40.257	7,2%
$Q_{baseline}$	[kWh]	198.835	120.206	39,5%
$EE_{baseline}$	[kWh]	43.163	40.071	7,2%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	40.165	24.282	39,5%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	20.157	18.713	7,2%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	60.322	42.995	28,7%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	16.843	10.182	39,5%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	8.776	8.148	7,2%
Fornitura Energia, C_E	[€]	25.619	18.330	28,5%
C_{MO}	[€]	2.987	2.688	10,0%
C_{MS}	[€]	794	715	10,0%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	3.781	3.403	10,0%
OPEX	[€]	29.401	21.733	26,1%
Classe energetica	[-]	E	C	+2 classi

Figura 9.17 - SCN1: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline

È 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 9.19, Tabella 9.20 e Tabella 9.21 e nelle successive figure.

Tabella 9.19 – Parametri finanziari dell’analisi di redditività dello SCN1

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	n_i	1
Anni Gestione Servizio	n_s	14
Anni Concessione	n	15
Anno inizio Concessione	n_o	2020
Anni dell'ammortamento	n_A	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	k_{CdP}	2,00%
Costo Capitale Azienda	WACC	4,00%
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CdP})$	$k_{progetto}$	4,00%
Inflazione ISTAT	f	0,50%
deriva dell'inflazione	f'	0,70%
%, interessi debito	k_D	3,82%
%, interessi equity	k_E	9,00%
Aliquota IRES	IRES	24,0%
Aliquota IRAP	IRAP	3,9%
Aliquota fiscale	τ	27,90%
Anni debito (finanziamento)	n_D	10
Anni Equity	n_E	14
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_o	€ 40.159
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 1.205
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 41.364
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€ 33.091
Equity	I_E	€ 8.273
Fattore di annualità Debito	FA _D	8,30
Rata annua debito	q_D	€ 3.986
Costo finanziamento,(D+INT _D)	$q_D * n_D$	€ 39.860
Costi per interessi debito, INT _D	INT _D = $q_D * n_D - D$	€ 6.769

Tabella 9.20 – Parametri Economici dell’analisi di redditività dello SCN1

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€ 25.619
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€ 3.781
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€ 29.401
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$	28,5%
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$	10,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$	5,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€ 5.793
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€ 1.470
Risparmio PA durante la concessione	14%	€ 73.894
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€ 9.174
N° di Canoni annuali	anni	14
Utile lordo della ESCO	%CAPEX	77,00%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	€ 2.275
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€ 483
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€ 1.564
Canone O&M €/anno	C_{nM}	€ 3.533
Canone Energia €/anno	C_{nE}	€ 20.074
Canone Servizi €/anno IVA escl.	C_{nS}	€ 23.608
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	C_{nD}	€ 4.323
Canone Totale €/anno IVA escl.	C_n	€ 27.931
Aliquota IVA %	IVA	22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€ 7.242
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€ 12.220
Durata Incentivi, anni	n_B	1
Inizio erogazione Incentivi, anno		2022

Tabella 9.21 – Risultati dell’analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN1

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	4,91
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	5,67
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€ 24.283
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC	16,61%
Indice di Profitto	IP	60,47%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	#N/D
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	#N/D
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€ 19.468
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke	102,19%
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3	1,557
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1	1,578
Indice di Profitto Azionista	IP	48,48%

Figura 9.18 –SCN1: Flussi di cassa del progetto

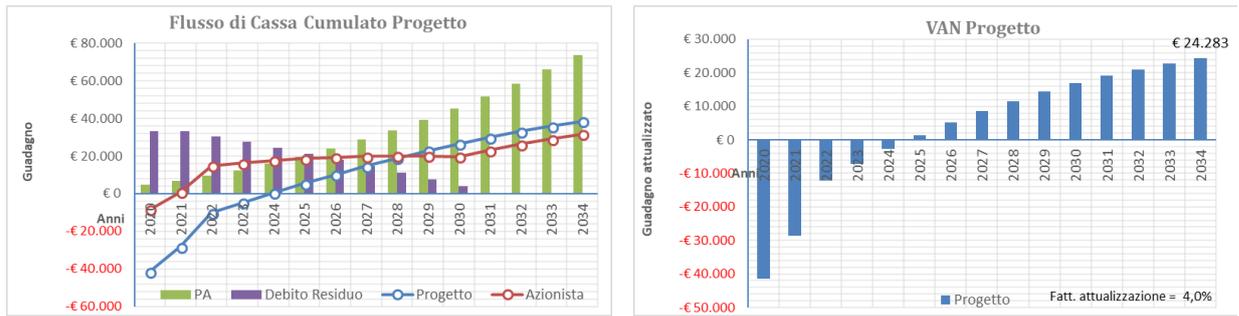


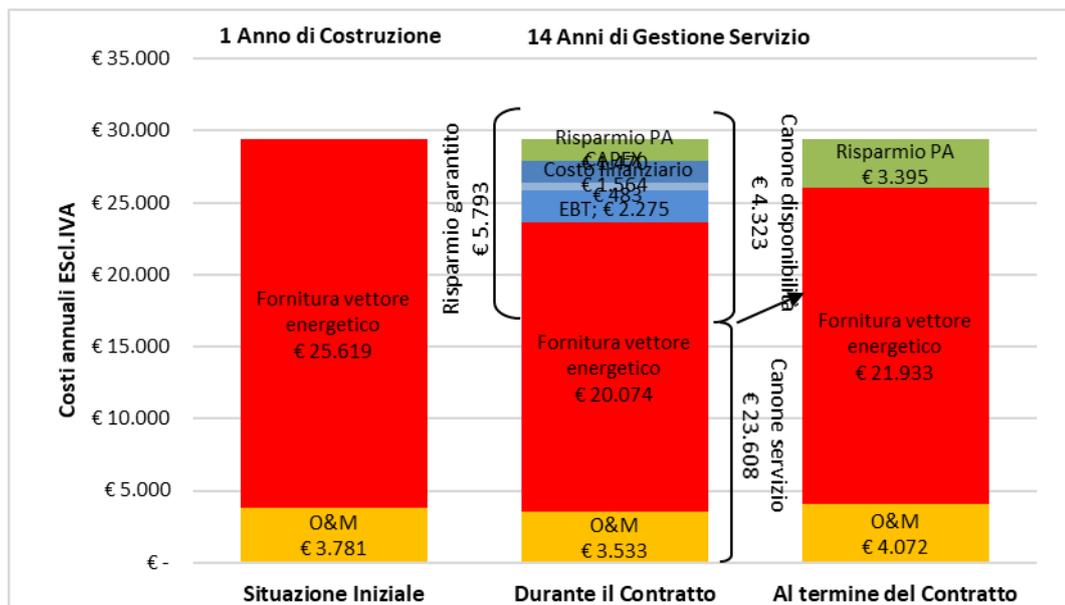
Figura 9.19 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento risulta conveniente nell’arco dei 15 anni con tempi di ritorno inferiori ai 10 anni. Contemporaneamente l’intervento consente un miglioramento di due classi energetiche.

Infine, si è provveduto all’identificazione del possibile canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale con incentivi (se applicabili) attraverso la partecipazione di ESCO secondo lo schema di EPC descritto in Figura 9.20.

Figura 9.20 – Scenario 1: Schema di Energy Performance Contract



9.3.2 Scenario 2: EEM3+EEM4+EEM1+EEM2

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

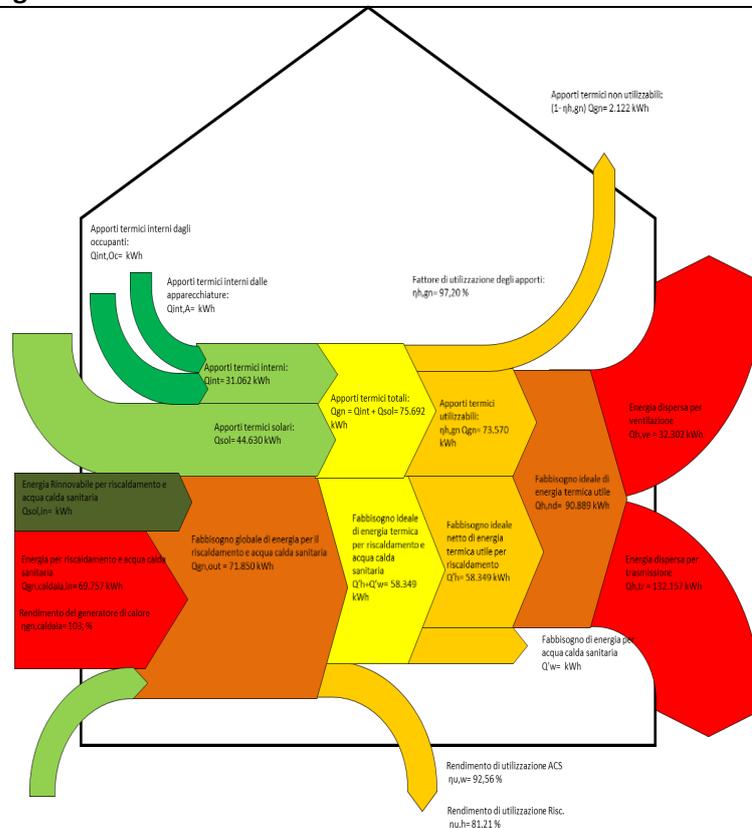
Tabella 9.22 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 2

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA Al 22% [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
EEM1 Fornitura & Posa	81298	17886	99184
EEM2 Fornitura & Posa	53682	11810	65492
EEM3 Fornitura & Posa	14043	3089	17132
EEM4 Fornitura & Posa	14357	3158	17515
TOTALE (I₀)	163380	35943	199323
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]	
Incentivi	[Conto termico]	€ 103.084	
Durata incentivi		1	
Incentivo annuo		€ 103.084	

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.

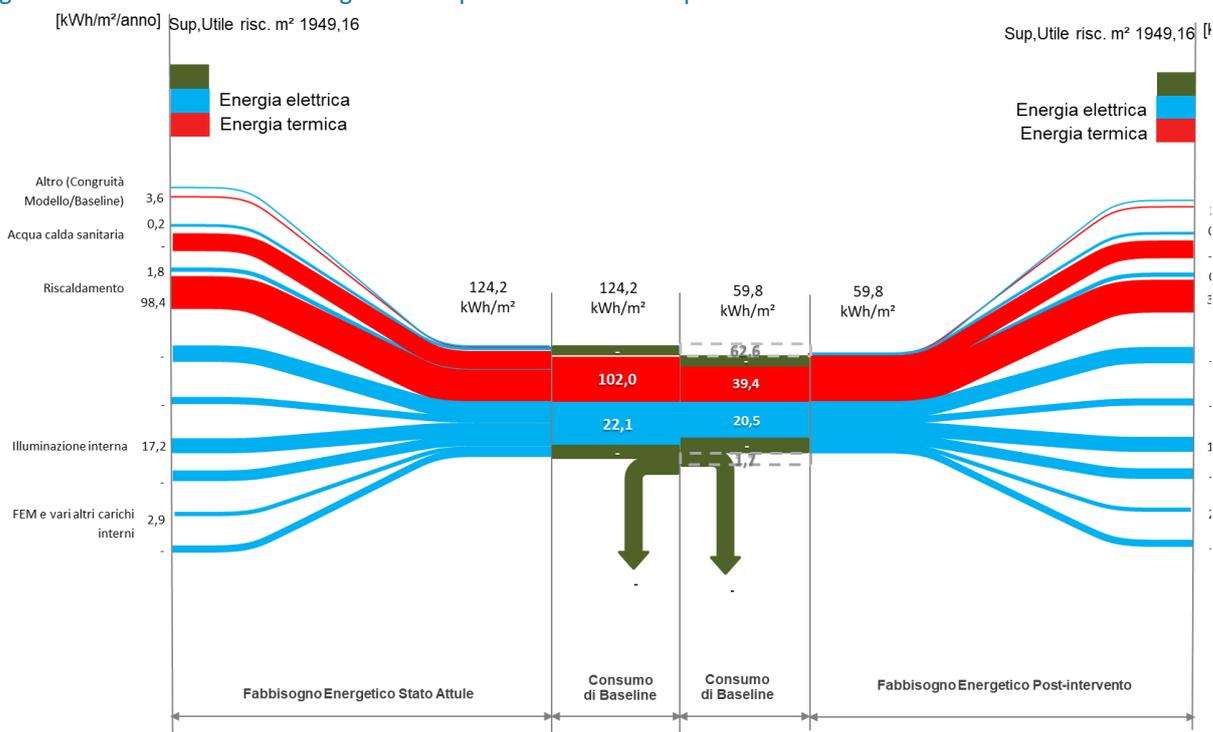
Figura 9.21 – SCN2: Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico post intervento

Grafico con presenza di energia recuperata al sottosistema di generazione



Dall’analisi dei diagrammi di Sankey relativo al fabbisogno termico dell’edificio post intervento è possibile notare che il risparmio energetico è molto elevato.

Figura 9.22 – SCN2: Bilancio energetico complessivo dell’edificio post intervento

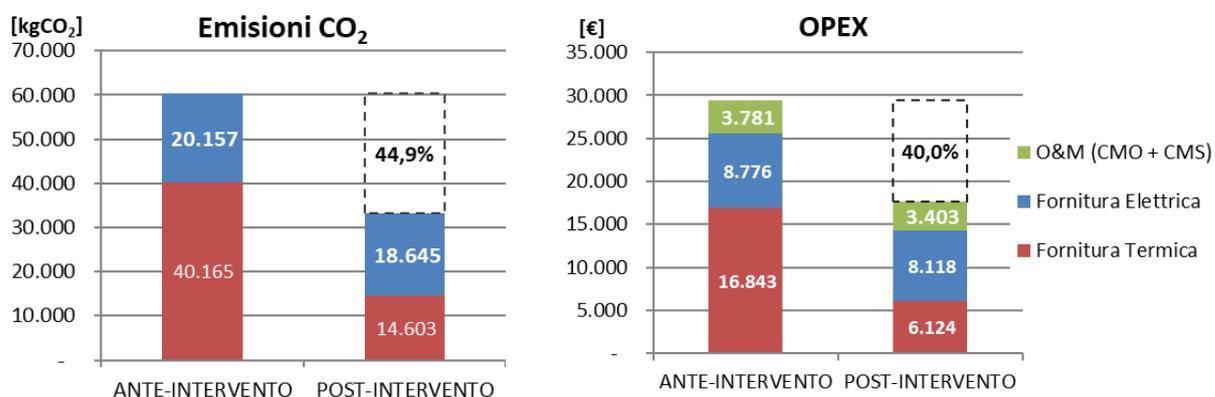


I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella Tabella 9.23 e nella Figura 9.23.

Tabella 9.23 – Risultati analisi SCN2

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM1 (Cappotto Esterno)	[W/m²K]	1,031	0,274	73,4%
EEM2(Pavimentazione)	[W/m²K]	1,15	0,282	75,5%
EEM3 (Valvole termostatiche)	%	67,2	98	-45,8%
EEM4 (Caldaia a condensatione)	%	85,9	98	-14,1%
Q _{teorico}	[kWh]	191.869	69.757	63,6%
EE _{teorico}	[kWh]	43.363	40.110	7,5%
Q _{baseline}	[kWh]	198.835	72.290	63,6%
EE _{Baseline}	[kWh]	43.163	39.925	7,5%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	40.165	14.603	63,6%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	20.157	18.645	7,5%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	60.322	33.247	44,9%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	16.843	6.124	63,6%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	8.776	8.118	7,5%
Fornitura Energia, C_E	[€]	25.619	14.242	44,4%
C _{MO}	[€]	2.987	2.688	10,0%
C _{MS}	[€]	794	715	10,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	3.781	3.403	10,0%

OPEX	[€]	29.401	17.645	40,0%
Classe energetica	[-]	E	B	+3 classi

 Figura 9.23 – SCN2: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline


È 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 9.24, Tabella 9.25 e Tabella 9.26 e nelle successive figure.

Tabella 9.24 – Parametri finanziari dell’analisi di redditività dello SCN2

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	n_i	1
Anni Gestione Servizio	n_s	24
Anni Concessione	n	25
Anno inizio Concessione	n_o	2020
Anni dell’ammortamento	n_A	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	k_{cdp}	2,00%
Costo Capitale Azienda	WACC	4,00%
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{cdp})$	$k_{progetto}$	4,00%
Inflazione ISTAT	f	0,50%
deriva dell’inflazione	f'	0,70%
%, interessi debito	k_D	3,82%
%, interessi equity	k_E	9,00%
Aliquota IRES	IRES	24,0%
Aliquota IRAP	IRAP	3,9%
Aliquota fiscale	τ	27,90%
Anni debito (finanziamento)	n_D	10
Anni Equity	n_E	24
Costi d’Investimento diretti, IVA incl.	I_o	€ 199.323
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d’Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 5.980
Costi d’Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 205.303
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€ 164.242
Equity	I_E	€ 41.061
Fattore di annualità Debito	FA_D	8,30

Rata annua debito	q_D	€ 19.784
Costo finanziamento, (D+INT _D)	$q_D * n_D$	€ 197.839
Costi per interessi debito, INT _D	$INT_D = q_D * n_D - D$	€ 33.597

Tabella 9.25 – Parametri Economici dell’analisi di redditività dello SCN1

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€ 25.619
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€ 3.781
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€ 29.401
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$	44,4%
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$	10,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$	5,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€ 9.181
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€ 1.470
Risparmio PA durante la concessione	14%	€ 181.393
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€ 15.854
N° di Canoni annuali	anni	24
Utile lordo della ESCO	$\% CAPEX$	41,50%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	€ 3.550
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€ 1.400
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€ 2.761
Canone O&M €/anno	C_{nM}	€ 3.624
Canone Energia €/anno	C_{nE}	€ 16.596
Canone Servizi €/anno IVA escl.	C_{nS}	€ 20.220
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	C_{nD}	€ 7.711
Canone Totale €/anno IVA escl.	C_n	€ 27.931
Aliquota IVA %	IVA	22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€ 35.943
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€ 103.084
Durata Incentivi, anni	n_B	5
Inizio erogazione Incentivi, anno		2022

Tabella 9.26 – Risultati dell’analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN1

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	7,96
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	11,04
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	$VAN > 0$	€ 48.217
Tasso interno di rendimento del progetto	$TIR > WACC$	8,66%
Indice di Profitto	IP	24,19%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	10,79
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	2,22
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	$VAN > 0$	€ 34.595
Tasso interno di rendimento dell'azionista	$TIR > k_e$	74,93%
Debit Service Cover Ratio	$DSCR < 1,3$	1,053
Loan Life Cover Ratio	$LLCR > 1$	1,277

Figura 9.24 –SCN2: Flussi di cassa del progetto

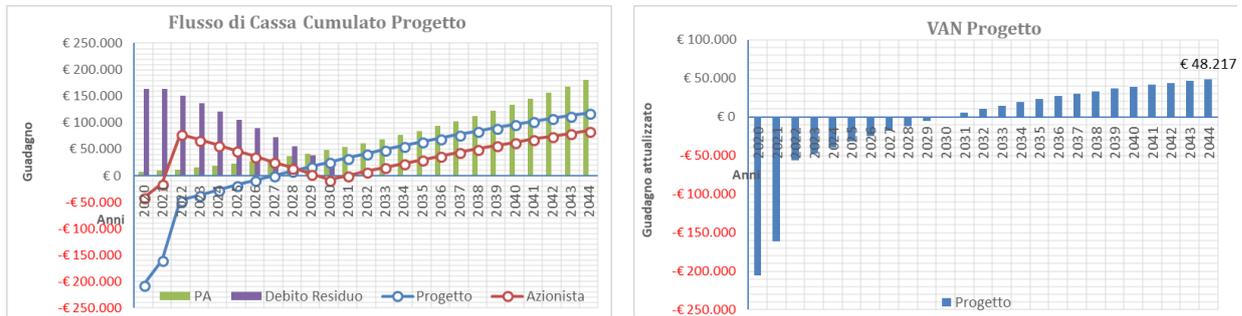
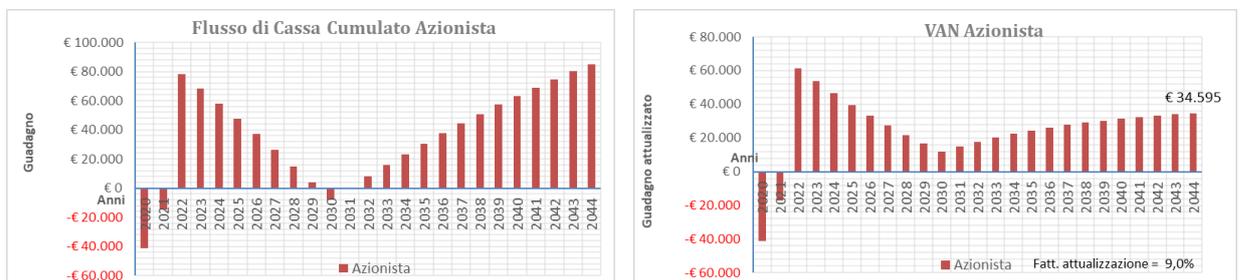


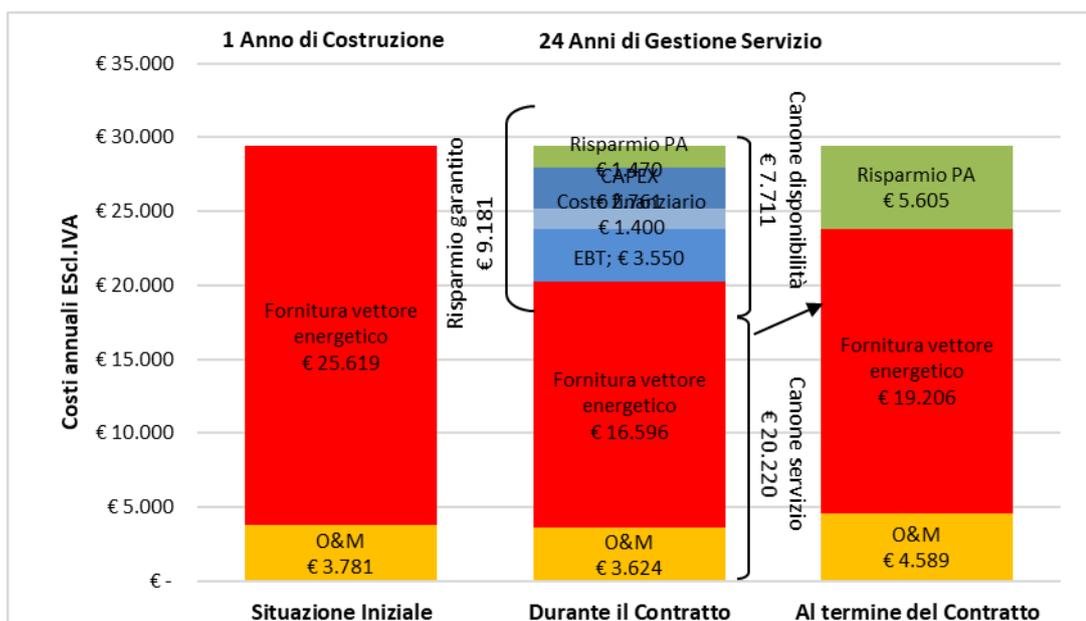
Figura 9.25 – SCN2: Flussi di cassa dell'azionista



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento risulta conveniente nell’arco dei 25 anni con tempi di ritorno inferiori ai 13 anni. Contemporaneamente l’intervento consente un miglioramento di tre classi energetiche.

Infine, si è provveduto all’identificazione del possibile canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale con incentivi (se applicabili) attraverso la partecipazione di ESCO secondo lo schema di EPC descritto in Figura 9.26.

Figura 9.26 – Scenario 2: Schema di Energy Performance Contract



10 CONCLUSIONI

10.1 RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI

La maggior parte dei consumi energetici del complesso scolastico è legata al termico, nonostante la componente elettrica rappresenti una quota importante a livello energetico. Bisogna sottolineare come anche i costi legati alle manutenzioni rappresentino all'incirca un 10% delle spese sostenute. L'involucro dell'edificio è insufficientemente performante e quindi si sono valutati interventi sulle porzioni di involucro particolarmente critiche.

Si sono considerati anche interventi sull'impianto termico. In modo particolare si è valutata la possibilità di interventi sulla regolazione dei singoli ambienti che è risultata assente in sede di sopralluogo.

Anche l'impianto di generazione installato risulta datato e quindi si è ipotizzata la sostituzione di questo con una caldaia a condensazione di nuova generazione con rendimenti elevati.

Per il risparmio di energia elettrica si è deciso di valutare la sostituzione delle attuali lampade tubolari a fluorescenza con lampade a LED a basso consumo. Si è valutata anche un'integrazione con solare fotovoltaico (20kW) in grado di ricoprire circa il 50% del fabbisogno elettrico.

	EPgl	EPH	EPw	EPv	EPc	EPL	EPT	CLASSE
	[kWh/m ² anno]							
STATO DI FATTO	198,67	164,59	0,45	0	0	33,63	0	F
EEM 1	158,28	124,20	0,45	0	0	33,63	0	F
EEM 2	181,32	147,24	0,45	0	0	33,63	0	E
EEM 3	144,87	110,79	0,45	0	0	33,63	0	E
EEM 4	179,16	145,08	0,45	0	0	33,63	0	F
EEM 5	185,83	164,59	0,45	0	0	20,79	0	F
EEM 6	184,84	163,83	0,27	0	0	20,74	0	F
EEM 7	155,35	120,68	0,45	0	0	34,23	0	E
SCN 1	131,90	97,82	0,45	0	0	33,63	0	D
SCN 2	92,95	55,88	0,45	0	0	33,63	0	C

10.2 RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI

Si sono valutate le seguenti possibilità di intervento:

EEM1: Isolamento pareti verticali a cappotto

EEM2: Isolamento pavimentazione

EEM3: Installazione di valvole termostatiche sui corpi scaldanti

EEM4: Installazione di caldaia a condensazione

EEM5: Installazione di lampade a LED a basso consumo

EEM6: Installazione di solare fotovoltaico

EEM7: Sostituzione serramenti

Gli interventi sull'involucro, seppur energeticamente convenienti, non risultano economicamente molto vantaggiosi, in modo particolare la sostituzione dei serramenti, nonostante buoni benefici energetici, comporta una spesa economica eccessiva.

Gli interventi che coinvolgono l'impianto, invece, sono risultati convenienti sia dal punto di vista economico che dal quello energetico.

L'installazione di solare fotovoltaico, invece, non presenta una notevole convenienza causata in parte dall'impossibilità di sfruttare gli apporti energetici durante i periodi di chiusura della scuola.

Al fine di ottenere migliori risultati, si è provato a creare due scenari che combinassero tra loro interventi e permettessero di ottenere un salto di classe energetica di almeno due classi.

Per lo scenario con tempo di ritorno minore di 15 anni si è valutato una combinazione della soluzione 3 con la soluzione 4.

Per lo scenario con tempo di ritorno minore di 25 anni si è valutato una combinazione delle prime quattro soluzioni.

Lo SCN1 risulta maggiormente conveniente ma comporta risparmi energetici inferiori rispetto allo SCN2.

Il secondo scenario consente notevoli risparmi energetici ed un incremento di addirittura 3 classi energetiche.

CON INCENTIVI											
	% ΔE	% ΔCO_2	ΔC_e	ΔC_{MO}	ΔC_{MS}	I_0	TRS	TRA	VAN	TIR	IP
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]
EEM 1	20,53%	17,02%	4.311,44	€ 340,30	€ 37,81	€ 99.183,78	10,92	15,77	28.002,4	7,67%	0,28
EEM 2	8,82%	7,31%	1.852,04	€ 340,30	€ 37,81	€ 65.492,16	14,89	23,99	4.269,4	4,94%	0,07
EEM 3	27,18%	23,24%	5.900,09	€ 340,30	€ 37,81	€ 17.131,76	2,80	3,20	60.212,3	33,70%	3,51
EEM 4	9,91%	8,24%	2.087,61	€ 340,30	€ 37,81	€ 23.026,66	4,98	6,55	18.265,5	16,02%	0,79
EEM 5	5,28%	9,89%	2.597,75	€ 340,30	€ 37,81	€ 40.617,71	7,59	9,65	28.261,6	12,00%	0,70
EEM 6	5,68%	10,65%	2.796,50	€ 340,30	€ 37,81	€ 66.208,91	19,32	33,02	-6.231,7	3,13%	-0,09
EEM 7	22,11%	18,27%	4.626,44	€ 340,30	€ 37,81	€ 416.852,96	40,62	52,31	-183.122,6	-3,20%	-0,44
SCN1	28,5%	28,7%	5.793,00	€ 340,30	€ 37,81	€ 40.159,00	4,91	5,67	24.283,0	16,61%	0,60
SCN2	44,4%	44,9%	9.181,00	€ 340,30	€ 37,81	€ 199.323,00	7,96	11,04	48.217,0	8,66%	0,24

10.3 CONCLUSIONI E COMMENTI

Dall'analisi effettuata è emerso che l'insieme di interventi risulta conveniente dal punto di vista economico. Entrambi gli scenari consentono di ottenere un considerevole incremento delle prestazioni energetiche. Interventi sull'impianto termico e sull'involucro risultano particolarmente efficaci in quanto sono risultati essere aspetti critici della struttura in esame.

Gli Interventi sull'involucro comportano miglioramenti assai positivi in termini di risparmio energetico ed abbattimento delle emissioni di agenti atmosferici inquinanti come la CO₂.

ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA

Titolo	Data	Nome file
Schema centrale termica	17/06/2017	DE_Lotto.8 - E281_revA-Allegato A-224-P00-001-CENTRALE TERMICA.dwg
Dettaglio Lettura	09/02/2018	DE_Lotto.8 - E281_revA-Allegato A-DettaglioLecture_20170209_20170731.csv
Dettaglio lettura	09/02/2018	DE_Lotto.8 - E281_revA-Allegato A-DettaglioLecture_20170801_20180209.csv
Inquadramento E281	18/09/1997	DE_Lotto.8 - E281_revA-Allegato A-E00281.dwg
Profili e-distribuzione	07/02/2018	DE_Lotto.8 - E281_revA-Allegato A-grafico_profili_e-distribuzione.xlsx
Planimetria Piano terra	26/09/2017	DE_Lotto.8 - E281_revA-Allegato A-L1-042-224-P00.dwg
Checklist Piano terra	17/06/2017	DE_Lotto.8 - E281_revA-Allegato A-L1-042-224-P00-Checklist.xlsx
Pianta Piano Primo	26/09/2017	DE_Lotto.8 - E281_revA-Allegato A-L1-042-224-P01.dwg
Checklist Piano Primo	17/06/2017	DE_Lotto.8 - E281_revA-Allegato A-L1-042-224-P01-Checklist.xlsx
Pianta Piano Secondo	26/09/2017	DE_Lotto.8 - E281_revA-Allegato A-L1-042-224-P02.dwg
Checklist Piano Secondo	17/06/2017	DE_Lotto.8 - E281_revA-Allegato A-L1-042-224-P02-Checklist.xlsx
Planimetria P1	18/09/1997	DE_Lotto.8 - E281_revA-Allegato A-PIAN1.dwg
Planimetria S1	18/09/1997	DE_Lotto.8 - E281_revA-Allegato A-PIAN1SS.dwg
Planimetria P2	18/09/1997	DE_Lotto.8 - E281_revA-Allegato A-PIAN2.dwg
Planimetria P3	18/09/1997	DE_Lotto.8 - E281_revA-Allegato A-PIAN3.dwg
Planimetria P3A	18/09/1997	DE_Lotto.8 - E281_revA-Allegato A-PIAN3A.dwg
Planimetria Copertura	18/09/1997	DE_Lotto.8 - E281_revA-Allegato A-PIANC.dwg
Planimetria PT	18/09/1997	DE_Lotto.8 - E281_revA-Allegato A-PIANT.dwg

ALLEGATO B – ELABORATI

Titolo	Data	Nome file
Contesto Urbano	24/07/2018	DE_Lotto.8 - E281_revA-Allegato B-Contesto urbano.pdf
Impianto elettrico	24/07/2018	DE_Lotto.8 - E281_revA-Allegato B-IE.pdf
Impianto termico	24/07/2018	DE_Lotto.8 - E281_revA-Allegato B-IM.pdf
Planimetria P1	24/07/2018	DE_Lotto.8 - E281_revA-Allegato B-Planimetria P1.pdf
Planimetria P2-P3	24/07/2018	DE_Lotto.8 - E281_revA-Allegato B-Planimetria P2-P3.pdf
Planimetria PC	24/07/2018	DE_Lotto.8 - E281_revA-Allegato B-Planimetria PC.pdf
Planimetria PT	24/07/2018	DE_Lotto.8 - E281_revA-Allegato B-Planimetria PT.pdf
Prospetti e sezioni	24/07/2018	DE_Lotto.8 - E281_revA-Allegato B-Prospetti e sezione.pdf
Schema elettrico a blocchi	24/07/2018	DE_Lotto.8 - E281_revA-Allegato B-SCHEMA A BLOCCHI_REV00.pdf
Zone termiche	24/07/2018	DE_Lotto.8 - E281_revA-Allegato B-ZT.pdf

ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

Titolo	Data	Nome file
Report Termografico	20/07/2018	DE_Lotto.8 - E281_revA-Allegato C-report termografico.pdf

ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI

Titolo	Data	Nome file

ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI

Titolo	Data	Nome file
Relazione di calcolo Edilclima	23/07/2018	DE_Lotto.8 - E281_revA-Allegato E-Calcoli.pdf

ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

Titolo	Data	Nome file
Certificazione Software Ediclina	01/02/2018	DE_Lotto.8 - E281_revA-Allegato F-CertCTI.pdf

ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

Titolo	Data	Nome file
Attestato di prestazione energetica E281	23/07/2018	DE_Lotto.8 - E281_revA-Allegato G-27906_2018_8025.pdf
Attestato di prestazione energetica E281	23/07/2018	DE_Lotto.8 - E281_revA-Allegato G-27906_2018_8025.pdf.p7m
Attestato di prestazione energetica E281	23/07/2018	DE_Lotto.8 - E281_revA-Allegato G-27906_2018_8025.RTF
Attestato di prestazione energetica E281	23/07/2018	DE_Lotto.8 - E281_revA-Allegato G-27906_2018_8025.xml.p7m
Attestato di prestazione energetica E281	23/07/2018	DE_Lotto.8 - E281_revA-Allegato G-27906_2018_8025.xml

ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

Titolo	Data	Nome file
Bozza Scenario 1	23/07/2018	DE_Lotto.8 - E281_revA-Allegato H-27906_2018_8025_SCN1.pdf
Bozza Scenario 1	23/07/2018	DE_Lotto.8 - E281_revA-Allegato H-27906_2018_8025_SCN1.xml
Bozza Scenario 1	23/07/2018	DE_Lotto.8 - E281_revA-Allegato H-27906_2018_8025_SCN2.pdf
Bozza Scenario 1	23/07/2018	DE_Lotto.8 - E281_revA-Allegato H-27906_2018_8025_SCN2.xml

ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

	Titolo	Data	Nome file
	Dati climatici	18/05/2018	DE_Lotto.8 - E281_revA-Allegato I-GG.xlsx

ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

Titolo	Data	Nome file
Scheda Audit	23/07/2018	DE_Lotto.8 - E281_revA-Allegato J-Scheda Audit.pdf

ALLEGATO K – SCHEDE ORE

Titolo	Data	Nome file
Sostituzione serramenti	12/06/2018	DE_Lotto.8 - E281_revA-Allegato K-A1.2_INVOLUCRO_TO BE LEAN.pdf
Cappotto esterno	12/06/2018	DE_Lotto.8 - E281_revA-Allegato K-ORE_A2.1_INVOLUCRO_TO BE LEAN.pdf
Installazione valvole termostatiche	12/06/2018	DE_Lotto.8 - E281_revA-Allegato K-ORE_H2_IMPIANTO_TO BE CLEAN.pdf
Sostituzione generatore	12/06/2018	DE_Lotto.8 - E281_revA-Allegato K-ORE_H16_IMPIANTO_TO BE LEAN.pdf
Installazione lampade a basso consumo	12/06/2018	DE_Lotto.8 - E281_revA-Allegato K-ORE_L1_IMPIANTO_TO BE LEAN.pdf
Installazione fotovoltaico	12/06/2018	DE_Lotto.8 - E281_revA-Allegato K-R1_IMPIANTO_TO BE GREEN.pdf

ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI

	Titolo	Data	Nome file
Scenario 1		23/07/2018	DE_Lotto.8 - E281_revA-Allegato L-AnalisiPEF-SCN1.xlsx
Scenario 2		23/07/2018	DE_Lotto.8 - E281_revA-Allegato L-AnalisiPEF-SCN2.xlsx

ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

Titolo	Data	Nome file
Indici di Benchmark	23/07/2017	DE_Lotto.8 - E281_revA-Allegato M-Benchmark.xlsx

ALLEGATO N – CD-ROM