

SCUOLA MATERNA STATALE "CAVALLOTTI" E SCUOLA ELEMENTARE "GOVI"

E127

Via Felice Cavallotti 10, Genova

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 MATERNA STATALE “CAVALLOTTI” E
SCUOLA ELEMENTARE “GOVI”
E127**

Via Felice Cavallotti 10, 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
00	11/06/2018	Emanuele Schiavone	Irene Paradisi Luigi Guerra	Saverio Magni	Prima Pubblicazione
B	26/07/2018	Emanuele Schiavone	Irene Paradisi Luigi Guerra	Saverio Magni	Seconda pubblicazione a seguito della Revisione PA del 12/07/2018

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

REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI	3
INDICE.....	I
EXECUTIVE SUMMARY	I
1 INTRODUZIONE	1
1.1 PREMessa	1
1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA	1
1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO.....	1
1.4 IDENTIFICAZIONE DELL’EDIFICIO.....	2
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO	3
1.6 STRUTTURA DEL REPORT	6
2 DATI DELL’EDIFICIO.....	7
2.1 INFORMAZIONI SUL SITO	7
2.2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE, SOCIO-ECONOMICO E DESTINAZIONE D’USO	7
2.3 VERIFICA DEI VINCOLI INTERFERENTI SULLE PARTI DELL’IMMOBILE INTERESSATE DAGLI ’INTERVENTI.....	8
2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO.....	9
3 DATI CLIMATICI	11
3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO.....	11
3.2 DATI CLIMATICI REALI.....	12
3.3 ANALISI DELL’ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO	12
4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI	14
4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL’INVOLUCRO EDILIZIO.....	14
4.1.1 <i>Involucro opaco</i>	14
4.1.2 <i>Involucro trasparente</i>	16
4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/ CLIMATIZZAZIONE INVERNALE.....	18
4.2.1 <i>Sottosistema di emissione</i>	18
4.2.2 <i>Sottosistema di regolazione</i>	19
4.2.3 <i>Sottosistema di distribuzione</i>	20
4.2.4 <i>Sottosistema di generazione</i>	21
4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA	23
4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE	23
4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE	24
5 CONSUMI RILEVATI	25
5.1 CONSUMI ENERGETICI STORICI PER CIASCUN VETTORE E CONNESSIONE ALLE RETI GAS NATURALE ED ELETTRICA.....	25
5.1.1 <i>Energia termica</i>	25
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.....	36
6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI.....	39
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>	40
7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL’ANALISI.....	44

7.3	COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI.....	44
7.4	BASELINE DEI COSTI.....	45
8	IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA	47
8.1	DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI	47
8.1.1	<i>Involucro edilizio</i>	47
8.1.2	<i>Impianto riscaldamento</i>	51
8.1.3	<i>Impianto di illuminazione ed impianto elettrico</i>	53
9	VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA.....	55
9.1	ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	55
9.2	ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	62
9.2.1	<i>Identificazione delle soluzioni integrate d'intervento e scenari d'investimento</i>	73
9.2.2	<i>Scenario 2: TRS < 25 anni</i>	82
10	CONCLUSIONI	90
10.1	RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA	90
10.2	RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI	90
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		1977
Anno di ristrutturazione		n/d
Zona climatica		D
Destinazione d'uso	E.7 Edifici adibito ad attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili	
Superficie utile riscaldata	[m ²]	4.022,25
Superficie disperdente (S)	[m ²]	6.891,40
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	16.408,10
Rapporto S/V	[1/m]	0,42
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	4.522,25
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	4.893,20
Tipologia generatore riscaldamento		Generatore tradizionale
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	630
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	-
Tipo di combustibile		Gas naturale
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler Elettrici
Emissioni CO ₂ di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	72,23
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{rt} /anno]	242.829,50
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	17.683,00
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	49.625,50
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	11.524,00

Nota (1): Valori di Baseline

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

- EEM 1: isolamento pareti verticali esterne
- EEM 2: isolamento coperture
- EEM 3: sostituzione infissi
- EEM 4: installazione valvole termostatiche
- EEM 5: sostituzione caldaia
- EEM 6: installazione lampade LED
- SCN 1: combinazione degli interventi EEM4 e EEM5
- SCN 2: combinazione degli interventi EEM1, EEM4, EEM5 e EEM6

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

	CON INCENTIVI													
	%Δ _E	%Δ _{CO₂}	ΔC _E	ΔC _{MO}	ΔC _{MS}	I ₀	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP	DSCR	LLCR
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]		
EEM 1	13,2%	10,8%	2.837			169.540	30,8	40,2	30	-44.400	-0,3%	-0,26		
EEM 2	11,4%	9,4%	2.457			141.339	26,8	37,1	30	-27.832	0,6%	-0,20		
EEM 3	35,7%	29,4%	7.697			332.180	36,7	57,0	30	-162.023	-1,5%	-0,49		
EEM 4	43,4%	35,8%	9.362	1.166		17.544	1,7	1,9	15	83.408	53,2%	4,75		
EEM 5	7,2%	5,7%	1.442	1.166		46.354	9,7	12,9	15	1.836	5,0%	0,04		

EEM 6	6,4%	12,1%	4.344		41.433	5,5	6,6	8	2.550	6,4%	0,06		
SCN 1 ⁽²⁾	51,5%	42,4%	11.097	1.166	41.986	4,5	5,0	15	43.125	21,6%	102,7%	1,830	2,39
SCN 2 ⁽²⁾	64,2%	59,7%	16.800	1.166	251.088	11,3	16,3	25	37.581	6,41%	14,94%	1,059	1,12

Nota⁽²⁾: valori degli indicatori di redditività TRS, TRA VAN TIR e IP del progetto pre-imposte e degli indicatori di redditività DSCR e LLCR della ESCO pre imposte

Figura 0.1 – Scenario 1: analisi finanziaria

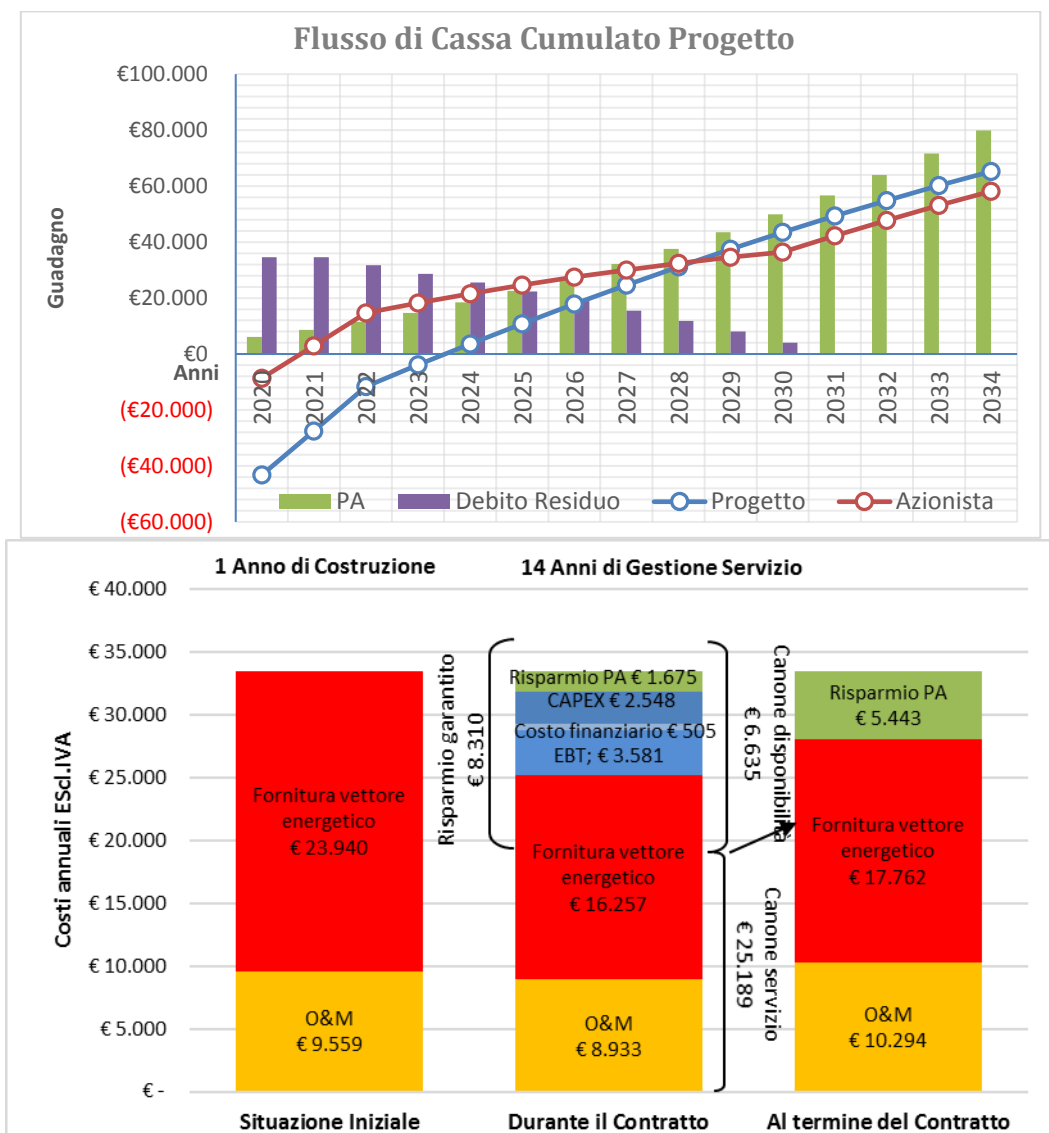
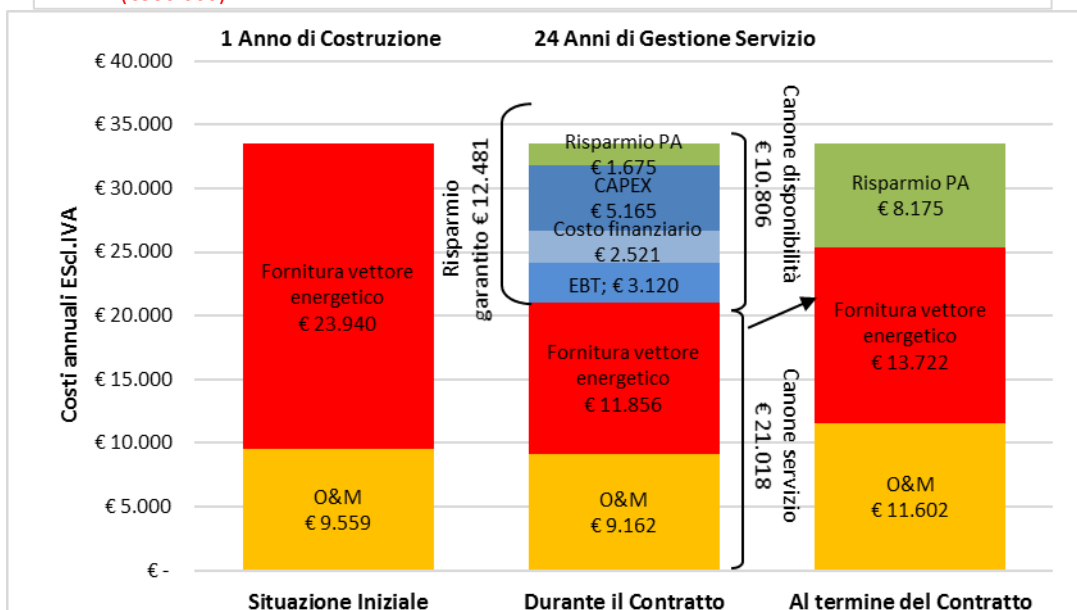
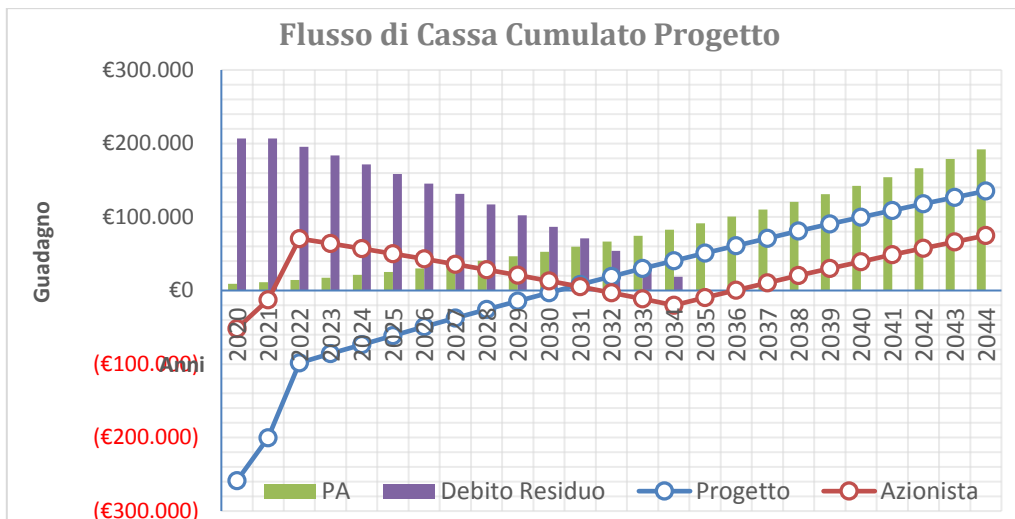


Figura 0.2 – Scenario 2: analisi finanziaria



1 INTRODUZIONE

1.1 PREMESSA

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

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

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

1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA

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

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

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

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

1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO

La presente DE è stata eseguita da Energynet 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.

Figura 1.1 - Vista della facciata di ingresso esposta a Nord-Est



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
Scarcelli Silvia Lara Nuara	Tecnico del rilievo	Sopralluogo in sito
Lara Nuara	Tecnico dell'analisi preliminare	Elaborazione dei dati relativi ai consumi energetici
Lara Nuara	Tecnico del calcolo energetico	Elaborazione dei dati geometrici ed alla creazione del modello energetico
Emanuele Schiavone	Tecnico del report di diagnosi	Redazione report di diagnosi energetica
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 Catasto terreni sezione A Foglio 93 Mapp. 1063 e 643 è sito nel Comune di Genova. Non è stato trovata alcuna corrispondenza nei dati catastali registrati nel portale Sister dell'Agenzia delle Entrate.

L'edificio è di proprietà del Comune di Genova ed è attualmente adibito a scuola materna ed 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		1977
Anno di ristrutturazione		n/d
Zona climatica		D
Destinazione d'uso	E.7 Edifici adibito ad attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili	
Superficie utile riscaldata	[m ²]	4.022,25
Superficie disperdente (S)	[m ²]	6.891,40
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	16.408,10
Rapporto S/V	[1/m]	0,42
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	4.522,25
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	4.893,20
Tipologia generatore riscaldamento		Generatore tradizionale
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	630

Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	-
Tipo di combustibile		Gas naturale
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler Elettrici
Emissioni CO2 di riferimento ⁽³⁾	[t/anno]	72,23
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽³⁾	[kWh _{th} /anno]	242.829,50
Spesa annuale Gas Metano ⁽³⁾	[€/anno]	17.683,00
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽³⁾	[kWh _{el} /anno]	49.625,50
Spesa annuale energia elettrica ⁽³⁾	[€/anno]	11.524,00

Nota (3): Valori di Baseline

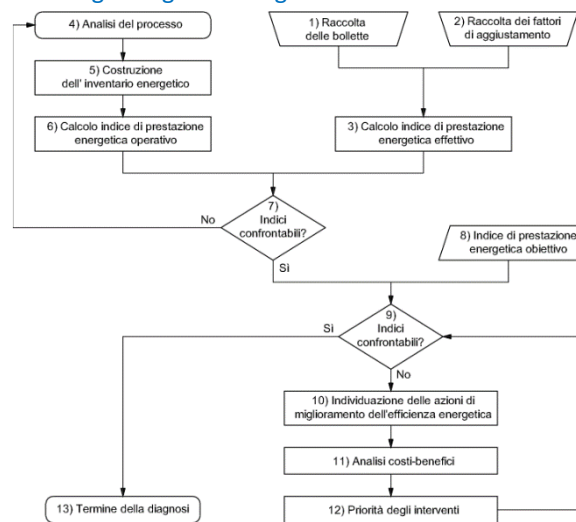
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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 04/12/2017 con verifica degli elaborati forniti e rilievo dei dati relativi alle caratteristiche degli elementi disperdenti ed impiantistici costituenti il sistema edificio-impianto;
- 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, Assista, 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 Genova – Centro Funzionale 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 destagionalizzazione dello stesso, utilizzando i relativi GG reali (GG_{real}), e conseguente normalizzazione secondo i GG di riferimento (GG_{rif});
- j) Individuazione della “baseline elettrica” di riferimento (e relative emissioni di 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;

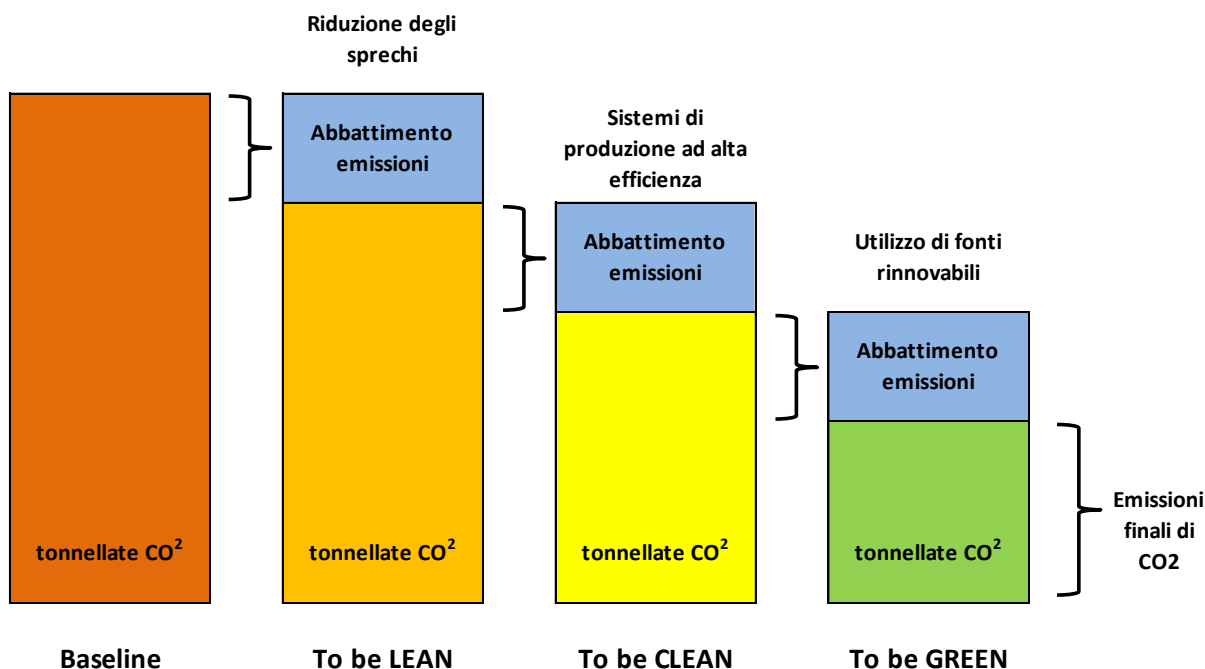
- n) Definizione di due scenari ottimali a partire dalla combinazione delle singole EEM proposte al fine di conseguire un miglioramento del parametro di efficienza energetica dell'edificio superiore a due classi energetiche e tempi di ritorno inferiori uguale rispettivamente a 25 e a 15 anni.
- o) Analisi costi-benefici e di redditività finanziaria derivanti dalla realizzazione delle EEM previste singolarmente, con riferimento ai principali indicatori finanziari ed ai possibili sistemi di incentivazione;
- p) Valutazione economico-finanziaria dei due scenari ottimali previsti, a partire dal “baseline di costi” e con riferimento ai principali indicatori finanziari e di sostenibilità finanziari ed ai possibili sistemi di incentivazione;
- q) Identificazione dell'eventuale canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale attraverso un Energy Performance Contract, con lo scopo di analizzare il possibile interesse nella realizzazione degli interventi studiati, tramite l'intervento di una ESCo;
- r) Realizzazione di una relazione tecnica descrittiva di dettaglio dell'analisi effettuata (Rapporto di DE);
- s) Realizzazione di un report dei Benchmark.

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



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

Figura 1.4 - Principio della Gerarchia Energetica



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

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

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

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

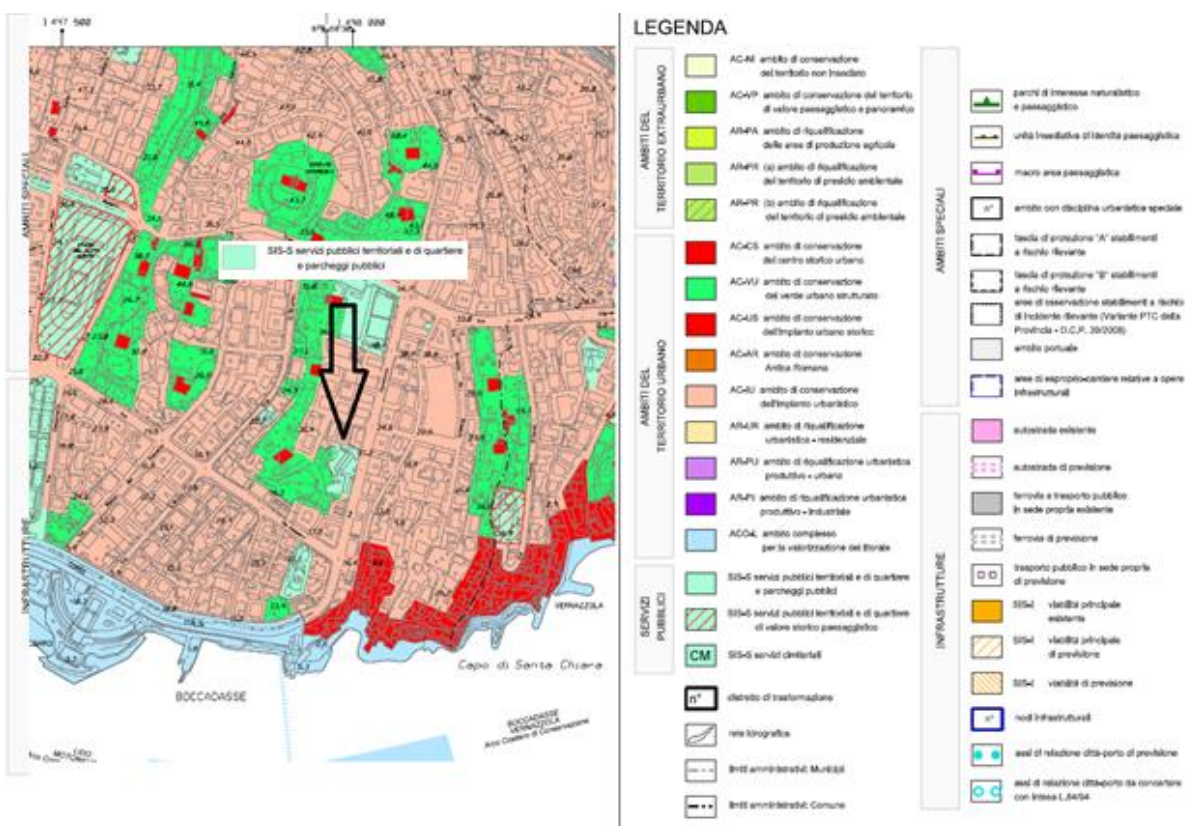
- Una prima parte nella quale sono descritti lo scopo ed i confini della DE e le metodologie di analisi adottate;
- Una seconda parte in cui sono riportate le informazioni dell'edificio rilevate in sede di sopralluogo e le valutazioni effettuate al fine di identificare le caratteristiche tecniche dei 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 SIS-S servizi pubblici territoriali e di quartiere e parcheggi pubblici.

Figura 2.1 - Particolare estratto dal Piano Urbanistico Comunale



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

L'edificio ove è ubicata la scuola materna statale Cavallotti e la scuola elementare Govi risale all'incirca al 1970, pertanto ai sensi del DPR 412/93, attualmente ricade nella destinazione d'uso E.7 Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili.

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.

Nella scuola materna Cavallotti sono presenti 5 classi da 22 bambini, 13 maestre e 3 operatori. La scuola primaria Govi conta 484 alunni, 38 insegnanti e 5 collaboratori. È rilevante sottolineare come la

corretta gestione e manutenzione del sistema edificio–impianto ne comporterebbe una sua migliore conservazione, nonché il miglioramento delle condizioni di benessere percepite dagli occupanti. Si può pertanto affermare che la riqualificazione energetica dell’edificio potrebbe portare ad una sua maggiore valorizzazione socio-economica e sviluppo dell’area ove la scuola è ubicata.

L’edificio ospitante il complesso scolastico oggetto della DE è costituito complessivamente da tre piani fuori terra, dove al loro interno sono presenti aule, palestra, biblioteca e servizi utili alle attività didattiche scolastiche.

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)

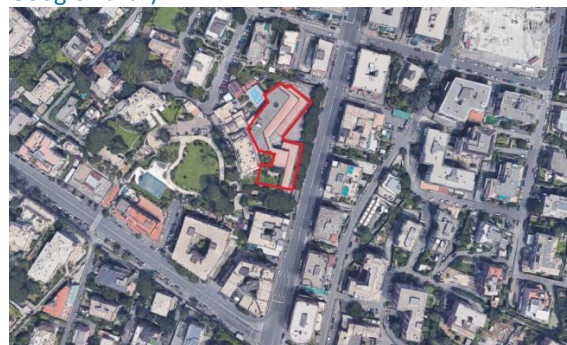


Tabella 2.1 - Suddivisione in piani dell’edificio

PIANO	UTILIZZO	U.M.	SUPERFICIE LORDA COMPLESSIVA ⁽⁴⁾	SUPERFICIE UTILE RISCALDATA ⁽⁵⁾	SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA ⁽⁵⁾
Seminterrato	Magazzini, palestra, disimpegno	[m ²]	724,83	604,73	-
Terra	Ingresso, atrio e corridoi, magazzini, ripostigli, spogliatoi, bagni, dispensa, refettorio	[m ²]	1.363,31	1.066,75	-
Primo	Atrio e corridoi, bagni, biblioteca, aule	[m ²]	1.283,39	1.166,12	-
Secondo	Atrio e corridoi, bagni, aule	[m ²]	1.005,09	874,79	-
Terzo	Atrio e corridoi, bagni, aule	[m ²]	516,58	461,49	-
TOTALE		[m ²]	4.893,2	4.022,02	-

Nota (4): Superficie lorda comprensiva delle zone interne climatizzate e non climatizzate, valutate a partire dalle planimetrie progettuali, opportunamente verificate in fase di sopralluogo

Nota (5): Superficie utile valutata ai fini della creazione del modello energetico

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

L’edificio oggetto della DE non presenta vincoli.




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 ⁽⁶⁾	MISURA DI TUTELA DA ADOTTARE
EEM 1: isolamento della copertura piana	-		-
EEM 2: isolamento delle pareti perimetrali	-		-
EEM 3: sostituzione serramenti	-		-
EEM 4: installazione valvole termostatiche	-		-
EEM 5: sostituzione caldaia	-		-
EEM 6: installazione LED	-		-

Nota (6): 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.

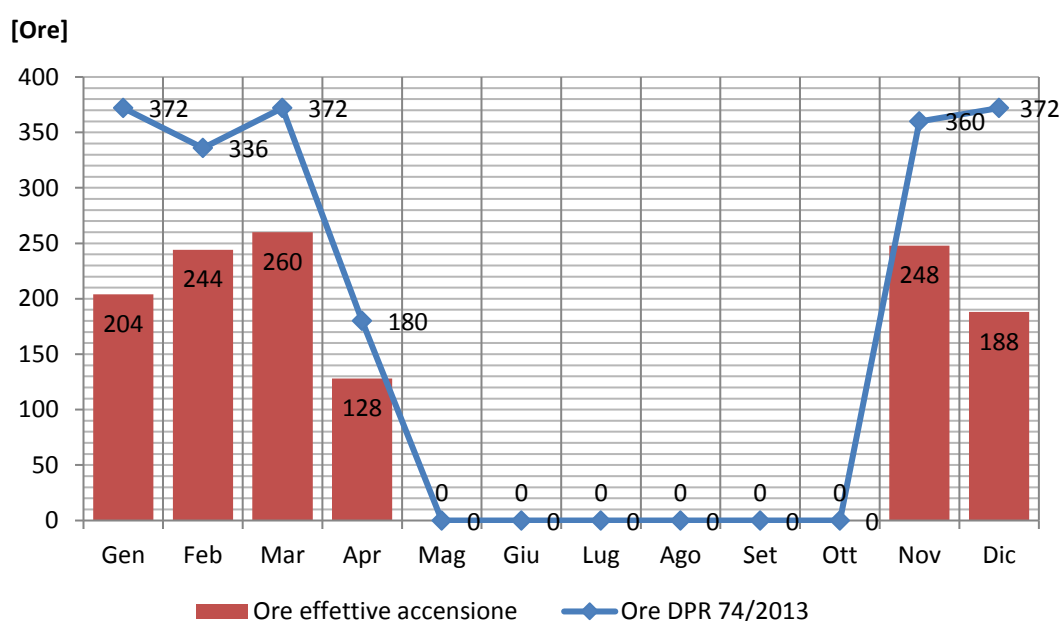
Gli orari di effettivo utilizzo dell'edificio sono stati ricavati tramite intervista al personale occupante la struttura (insegnanti e collaboratori), mentre i periodi di attivazione e spegnimento degli impianti sono stati forniti da dati reperiti in centrale termica.

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.

PERIODO	GIORNI SETTIMENALI	ORARIO FUNZIONAMENTO EDIFICIO	ORARIO FUNZIONAMENTO IMPIANTO
Dal 1 Novembre al 15 Aprile	da lunedì a venerdì	7:00 – 18:30	6:00 – 18:00
Dal 16 Aprile al 30 Giugno	da lunedì a venerdì	7:00 – 18:30	-
Dal 1 Settembre al 31 Ottobre	da lunedì a venerdì	7:00 – 18:30	-
Dal 1 al 31 Luglio (solo operatori)	da lunedì a venerdì	8:00 – 13:00	-
Dal 1 Settembre al 31 Luglio (palestra extrascolastica)	da lunedì a venerdì	18:30 – 22:00	-

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 mentre gli orari di occupazione sono solitamente dalle 7:00 alle 18:30, l’accensione dell’impianto è prevista alle ore 6:00 con spegnimento alle ore 18:00.

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

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

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

3 DATI CLIMATICI

3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO

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

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

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

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

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

Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 810 GG calcolati su 106 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	17	17	163	18%
Febbraio	28	10,5	28	266	20	20	193	22%
Marzo	31	11,1	31	276	22	22	193	21%
Aprile	30	15,3	15	71	20	11	54	6%
Maggio	31	18,7	-	-	21	-	-	0%
Giugno	30	22,4	-	-	21	-	-	0%
Luglio	31	24,6	-	-	21	-	-	0%
Agosto	31	23,6	-	-	-	-	-	0%
Settembre	30	22,2	-	-	20	-	-	0%
Ottobre	31	18,2	-	-	31	-	-	0%
Novembre	30	13,3	30	201	21	21	138	15%
Dicembre	31	10,0	31	310	16	16	157	17%
TOTALE	365	16,7	166	1421	230	106	898	100%

3.2 DATI CLIMATICI REALI

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

I dati climatici utilizzati sono stati rilevati dalla centralina meteo climatica Genova-Centro Funzionale, sita in via Brigate Partigiane n°2, Genova.

Si è deciso di utilizzare come riferimento tale centraline in quanto è ubicata in una zona limitrofa all'edificio oggetto della DE.

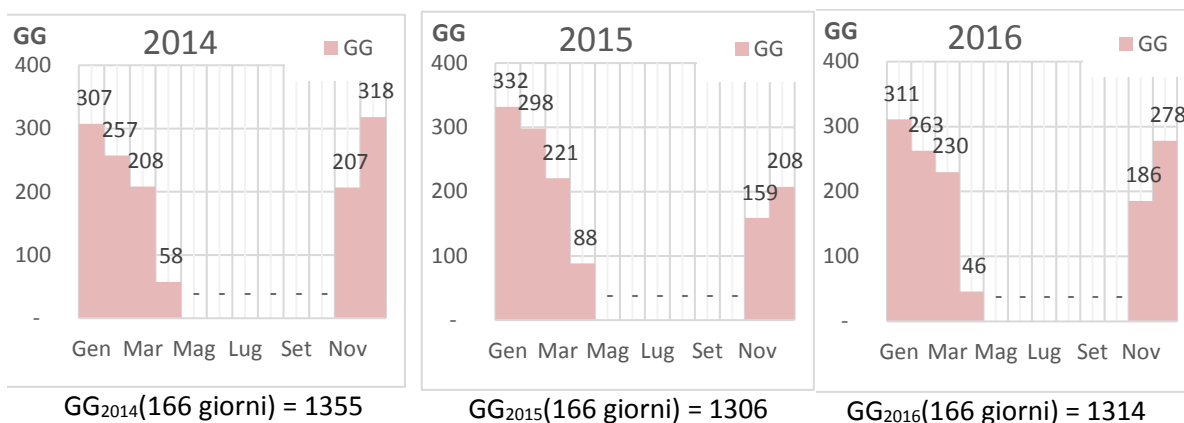
Figura 3.1 – Posizionamento della centralina meteo climatica rispetto all'edificio oggetto di DE



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

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

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

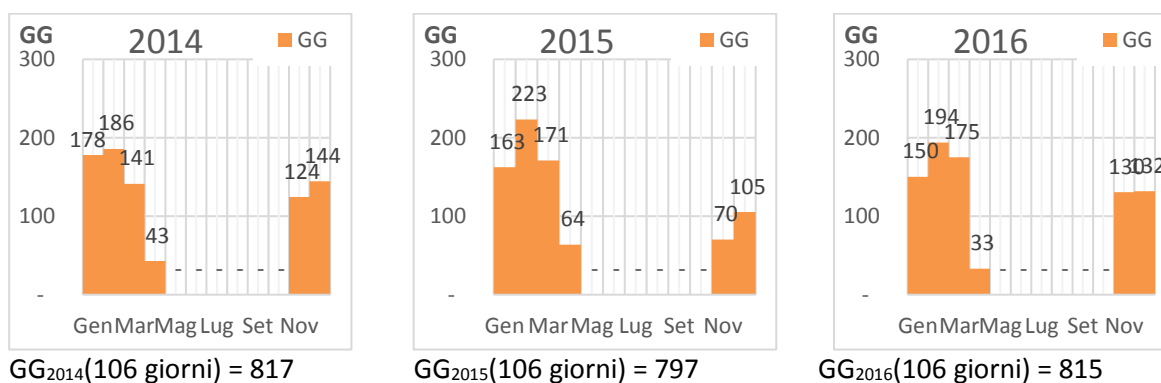


Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG reali sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 810 GG calcolati su 106 giorni effettivi di utilizzo dell'impianto di riscaldamento.

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

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

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



Come si può notare dai grafici sopra riportati, l'andamento dei GG reali risulta essere fortemente influenzato dall'effettivo svolgimento delle lezioni e, di conseguenza, dalle festività.

4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI

4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO

4.1.1 Involucro opaco

L'involucro edilizio opaco che costituisce l'edificio è composto da una struttura in calcestruzzo armato intelaiata, con muratura di tamponamento in blocchi in laterizio e mattoni forati, edificati secondo le tecniche dell'epoca (anni '70).

La copertura è piana in laterocemento.

Va inoltre sottolineato, sempre in riferimento all'involucro edilizio, che non trattandosi di un edificio di valenza storica è possibile procedere a sostanziali interventi di efficientamento dell'involucro stesso.

Figura 4.1 - Particolare della porzione di involucro



Figura 4.2 - Particolare della copertura



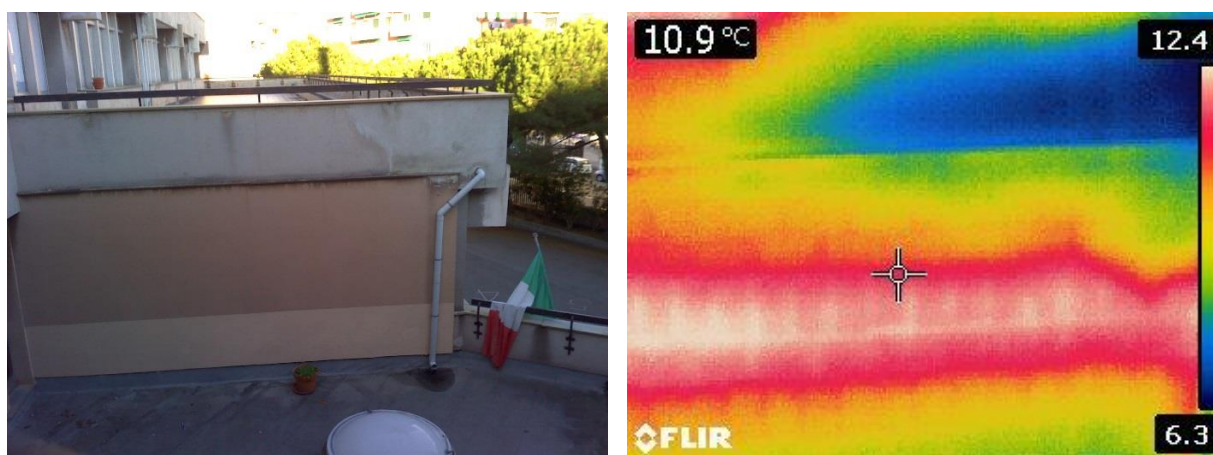
Ai fini di un'identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell'involucro opaco si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione delle seguenti indagini diagnostiche:

- Rilievo termografico eseguito tramite l'utilizzo di termo camera FLIR E50
- Analisi visiva e fotografica delle componenti strutturali

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- Muratura di tamponamento in laterizio
- Solai in laterocemento
- Particolare di copertura piana a giardino pensile

Figura 4.3 – Rilievo termografico della parete



I dettagli delle indagini diagnostiche effettuate sono riportati all’Allegato C – Report di indagine termografica. Dalle analisi effettuate sono stati identificati i valori di trasmittanza dei componenti dell’involucro opaco riportati nella Tabella 4.1.

Tabella 4.1 – Trasmittanze termiche dei componenti dell’involucro opaco

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	SPESSORE [cm]	ISOLAMENTO	TRASMITTANZA TERMICA [W/m ² K]	STATO DI CONSERVAZIONE
Parete verticale	M1	Vedere allegato E	Assente	Vedere allegato E	Sufficiente
Parete verticale	M2	Vedere allegato E	Assente	Vedere allegato E	Sufficiente
Parete verticale	M3	Vedere allegato E	Assente	Vedere allegato E	Sufficiente
Parete verticale	M4	Vedere allegato E	Assente	Vedere allegato E	Sufficiente
Parete verticale	M5	Vedere allegato E	Assente	Vedere allegato E	Sufficiente
Parete verticale	M6	Vedere allegato E	Assente	Vedere allegato E	Sufficiente
Parete verticale	M7	Vedere allegato E	Assente	Vedere allegato E	Sufficiente
Porta	M8	Vedere allegato E	Assente	Vedere allegato E	Sufficiente
Parete verticale	M9	Vedere allegato E	Assente	Vedere allegato E	Sufficiente
Muro con pietre	M10	Vedere allegato E	Assente	Vedere allegato E	Sufficiente
Pavimento	P1	Vedere allegato E	Assente	Vedere allegato E	Sufficiente
Pavimento	P2	Vedere allegato E	Assente	Vedere allegato E	Sufficiente
Pavimento	P3	Vedere allegato E	Assente	Vedere allegato E	Sufficiente
Copertura	S1	Vedere allegato E	Assente	Vedere allegato E	Sufficiente
Copertura	S2	Vedere allegato E	Assente	Vedere allegato E	Sufficiente
Soffitto	S3	Vedere allegato E	Assente	Vedere allegato E	Sufficiente
Tetto-giardino	S4	Vedere allegato E	Assente	Vedere allegato E	Sufficiente

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 esterni con telaio in metallo e vetri singoli.

Lo stato di conservazione degli stessi è scarso, pertanto si generano rilevanti infiltrazioni d'aria all'interno degli ambienti, causando dispersioni termiche e creando disagio per gli utenti presenti all'interno dell'edificio.

Figura 4.4 - Particolare dei serramenti



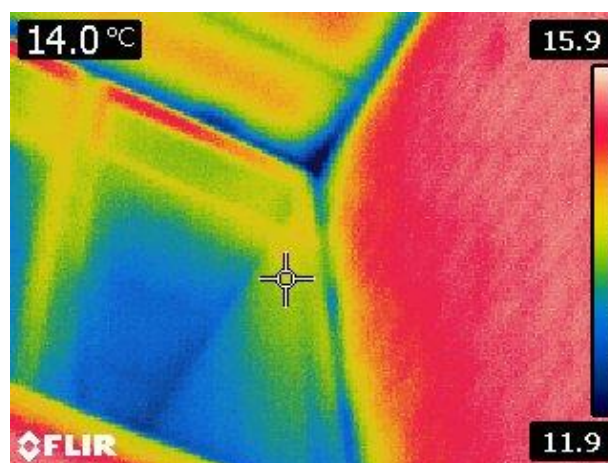
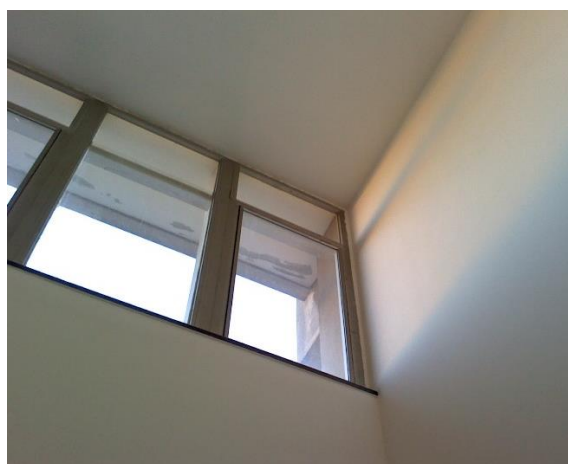
Ai fini di un'identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell'involucro trasparente si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione delle seguenti indagini diagnostiche:

- Rilievo termografico eseguito secondo le seguenti modalità;
- Analisi visiva e fotografica;
- Misurazioni con spessimetro e laser per l'individuazione di eventuali rivestimenti superficiali e trattamenti dei vetri.

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- Serramenti con telaio in metallo e vetro singolo.

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
Serramento verticale	W1	Vedere allegato E	Metallo	Vedere allegato E	Vedere allegato E	Sufficiente
Serramento verticale	W2	Vedere allegato E	Metallo	Vedere allegato E	Vedere allegato E	Sufficiente
Serramento verticale	W3	Vedere allegato E	Metallo	Vedere allegato E	Vedere allegato E	Sufficiente
Serramento verticale	W4	Vedere allegato E	Metallo	Vedere allegato E	Vedere allegato E	Sufficiente
Serramento verticale	W5	Vedere allegato E	Metallo	Vedere allegato E	Vedere allegato E	Sufficiente
Serramento verticale	W6	Vedere allegato E	Metallo	Vedere allegato E	Vedere allegato E	Sufficiente
Serramento verticale	W7	Vedere allegato E	Metallo	Vedere allegato E	Vedere allegato E	Sufficiente
Serramento verticale	W8	Vedere allegato E	Metallo	Vedere allegato E	Vedere allegato E	Sufficiente
Serramento verticale	W9	Vedere allegato E	Metallo	Vedere allegato E	Vedere allegato E	Sufficiente
Serramento verticale	W10	Vedere allegato E	Metallo	Vedere allegato E	Vedere allegato E	Sufficiente
Serramento verticale	W11	Vedere allegato E	Metallo	Vedere allegato E	Vedere allegato E	Sufficiente
Serramento verticale	W12	Vedere allegato E	Metallo	Vedere allegato E	Vedere allegato E	Sufficiente
Serramento verticale	W13	Vedere allegato E	Metallo	Vedere allegato E	Vedere allegato E	Sufficiente
Serramento verticale	W14	Vedere allegato E	Metallo	Vedere allegato E	Vedere allegato E	Sufficiente
Serramento verticale	W15	Vedere allegato E	Metallo	Vedere allegato E	Vedere allegato E	Sufficiente
Serramento verticale	W16	Vedere allegato E	Metallo	Vedere allegato E	Vedere allegato E	Sufficiente
Serramento verticale	W17	Vedere allegato E	Metallo	Vedere allegato E	Vedere allegato E	Sufficiente
Serramento verticale	W18	Vedere allegato E	Metallo	Vedere allegato E	Vedere allegato E	Sufficiente
Serramento verticale	W19	Vedere allegato E	Metallo	Vedere allegato E	Vedere allegato E	Sufficiente
Serramento verticale	W20	Vedere allegato E	Metallo	Vedere allegato E	Vedere allegato E	Sufficiente
Serramento verticale	W21	Vedere allegato E	Metallo	Vedere allegato E	Vedere allegato E	Sufficiente
Serramento verticale	W22	Vedere allegato E	Metallo	Vedere allegato E	Vedere allegato E	Sufficiente
Serramento verticale	W23	Vedere allegato E	Metallo	Vedere allegato E	Vedere allegato E	Sufficiente
Serramento verticale	W24	Vedere allegato E	Metallo	Vedere allegato E	Vedere allegato E	Sufficiente
Serramento verticale	W25	Vedere allegato E	Metallo	Vedere allegato E	Vedere allegato E	Sufficiente
Serramento verticale	W26	Vedere allegato E	Metallo	Vedere allegato E	Vedere allegato E	Sufficiente
Serramento verticale	W27	Vedere allegato E	Metallo	Vedere allegato E	Vedere allegato E	Sufficiente
Serramento verticale	W28	Vedere allegato E	Metallo	Vedere allegato E	Vedere allegato E	Sufficiente
Serramento verticale	W29	Vedere allegato E	Metallo	Vedere allegato E	Vedere allegato E	Sufficiente
Serramento verticale	W30	Vedere allegato E	Metallo	Vedere allegato E	Vedere allegato E	Sufficiente
Serramento verticale	W31	Vedere allegato E	Metallo	Vedere allegato E	Vedere allegato E	Sufficiente
Serramento verticale	W32	Vedere allegato E	Metallo	Vedere allegato E	Vedere allegato E	Sufficiente
Serramento verticale	W33	Vedere allegato E	Metallo	Vedere allegato E	Vedere allegato E	Sufficiente
Serramento verticale	W34	Vedere allegato E	Metallo	Vedere allegato E	Vedere allegato E	Sufficiente
Serramento verticale	W35	Vedere allegato E	Metallo	Vedere allegato E	Vedere allegato E	Sufficiente
Serramento verticale	W36	Vedere allegato E	Metallo	Vedere allegato E	Vedere allegato E	Sufficiente
Serramento verticale	W37	Vedere allegato E	Metallo	Vedere allegato E	Vedere allegato E	Sufficiente
Serramento verticale	W38	Vedere allegato E	Metallo	Vedere allegato E	Vedere allegato E	Sufficiente
Serramento verticale	W39	Vedere allegato E	Metallo	Vedere allegato E	Vedere allegato E	Sufficiente
Serramento verticale	W40	Vedere allegato E	Metallo	Vedere allegato E	Vedere allegato E	Sufficiente
Serramento verticale	W41	Vedere allegato E	Metallo	Vedere allegato E	Vedere allegato E	Sufficiente
Serramento verticale	W42	Vedere allegato E	Metallo	Vedere allegato E	Vedere allegato E	Sufficiente

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 radiatori a parete, con distribuzione a colonne montanti e generazione mediante caldaia tradizionale funzionante a gas naturale.

4.2.1 Sottosistema di emissione

Il sottosistema di emissione è costituito da radiatori in ghisa installati in prevalenza in nicchie su pareti esterne.

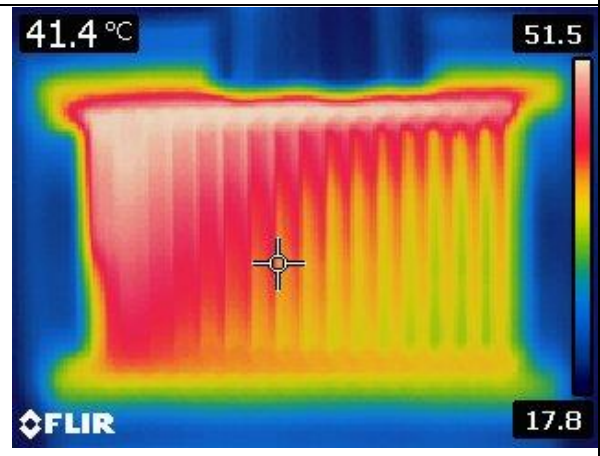
Figura 4.6 – Particolare radiatori



Figura 4.7 – Rilievo termografico dei radiatori



Figura 4.8 – Rilievo termografico dei radiatori



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

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

ZONA TERMICA	TIPOLOGIA DI TERMINALE	RENDIMENTO
Intero edificio	Radiatori su parete esterna	93%

Le caratteristiche dei terminali di emissione installati sono sintetizzate nella

Tabella 4.4.

Tabella 4.4 - Riepilogo caratteristiche dei terminali di emissione installati

PIANO	TIPO DI INSTALLAZIONE	NUMERO	POTENZA TERMICA MEDIA	POTENZA TERMICA COMPLESSIVA	POTENZA FRIGORIFERA UNITARIA	POTENZA FRIGORIFERA COMPLESSIVA
			[kW]	[kW]	[kW]	[kW]
Seminterrato	Su parete esterna non isolata	12	2,6	31,8	-	-
Terra	Su parete esterna non isolata	32	1,7	54,2	-	-
Primo	Su parete esterna non isolata	42	1,7	73,3	-	-
Secondo	Su parete esterna non isolata	41	1,8	75,5	-	-
Terzo	Su parete esterna non isolata	21	2,6	54,0	-	-
TOTALE		148		288,8	-	-

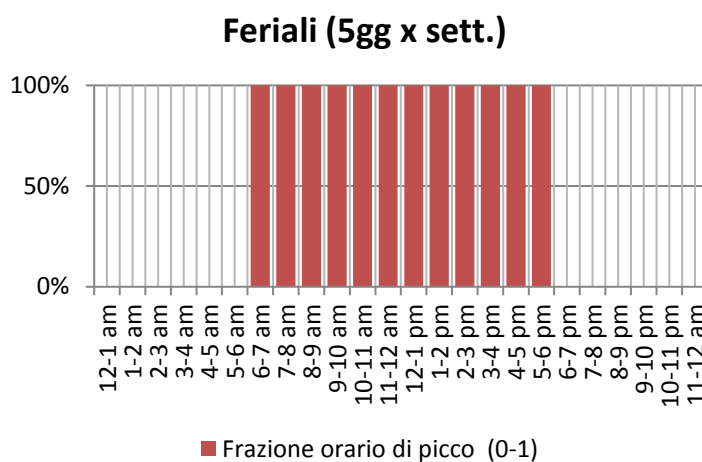
L'elenco dei componenti del sottosistema di emissione per il riscaldamento degli ambienti, rilevati in sede di sopralluogo, e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 6.5 dell'Allegato J – Schede di audit.

4.2.2 Sottosistema di regolazione

La regolazione del funzionamento dell'impianto avviene attraverso una sonda climatica collegata alla caldaia. Non sono presenti sistemi di controllo di zona o ambiente.

L'impianto opera dal lunedì a venerdì dalle ore 06:00 alle ore 18:00. Di seguito sono riportati i profili orari di funzionamento degli impianti.

Figura 4.9 - Profilo di funzionamento invernale dell'impianto per l'intero edificio



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

I rendimenti di regolazione desunti dal modello di calcolo delle DE sono riportati nella Tabella 4.5:

Tabella 4.5 - Rendimenti del sottosistema di regolazione per le varie zone termiche

ZONA TERMICA	TIPO DI REGOLAZIONE	RENDIMENTO
Intero edificio	Sonda climatica esterna	72.1%

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

4.2.3 Sottosistema di distribuzione

Il sottosistema di distribuzione è costituito da un circuito di collegamento dalla caldaia ai radiatori attraverso colonne montanti di distribuzione (fluido termovettore acqua).

È presente una pompa di circolazione gemellare marca GrundFos – UPSD 80-120F con mandata temperatura massima di mandata 70°C e ritorno 60°C e una pompa di anticondensa.

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

Tabella 4.6 - Riepilogo caratteristiche pompe circuito primario

	NOME	SERVIZIO	PORTATA	PREVALENZA	POTENZA ASSORBITA ⁽⁹⁾
			[m ³ /h]	[kPa]	[kW]
Pompa gemellare	GrundFos (Gemel) – UPSD 80-120F	mandata acqua calda a radiatori	63,6 ⁽⁹⁾	107,87 ⁽⁹⁾	1,5
Pompa anticondensa	GrundFos – UPSD 50/60/4F	anticondensa	28,2 ⁽⁷⁾	49,03 ⁽⁷⁾	0,4

Nota (7): Valori ricavati dal modello energetico

Nota (8): Valori ricavati da progetto

Nota (9): Valori ricavati da dati di targa

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

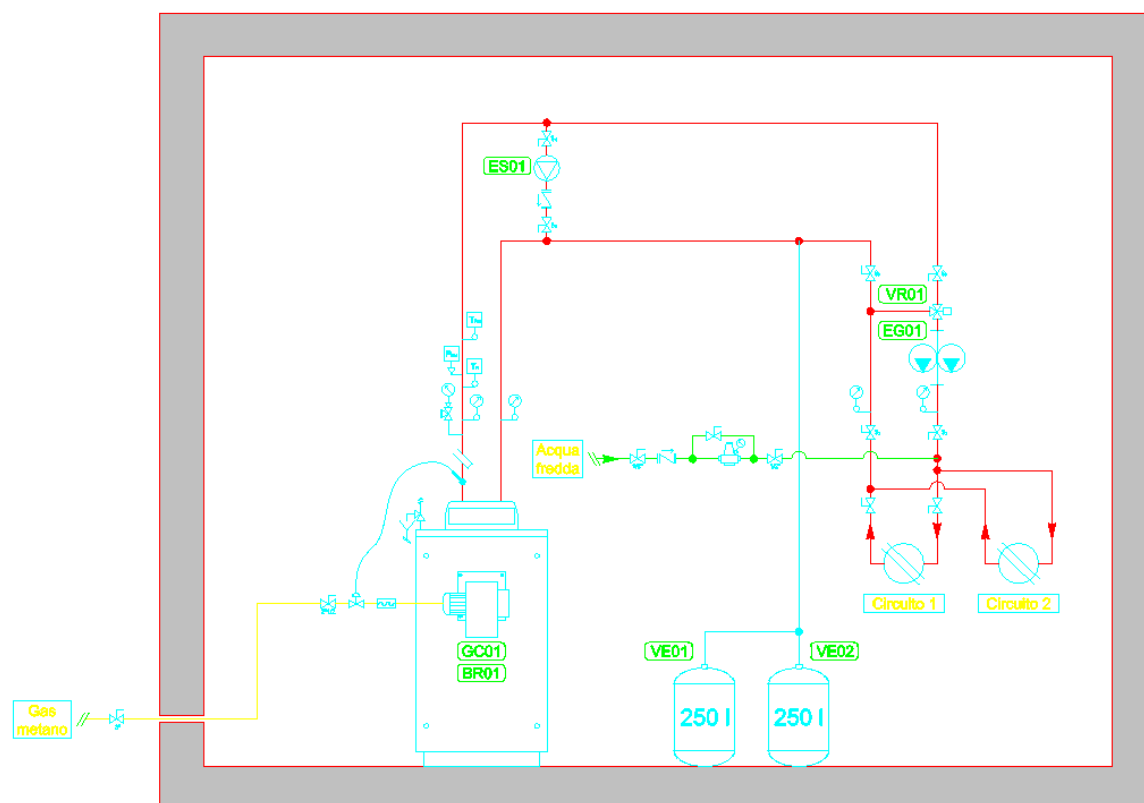
Tabella 4.7 – Temperature di mandata e ritorno del circuito primario

CIRCUITO		TEMPERATURA RILEVATA	TEMPERATURA CALCOLO ⁽¹⁰⁾
		°C	°C
Circuito	Mandata	53	70
	Ritorno	n.d. ⁽¹¹⁾	60

Nota (10): Valori utilizzati nel modello di calcolo

Nota (11): Valore non rilevato causa isolamento tubazioni

Figura 4.10 - Particolare dello schema di impianto



Il rendimento complessivo del sottosistema di distribuzione, in accordo con la normativa UNI/TS 11300-2 prospetto 15, è stato assunto nella DE pari al 93,8%.

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

4.2.4 Sottosistema di generazione

Il sottosistema di generazione è costituito da una caldaia tradizionale di produzione UNICAL modello ELL 630, funzionante a gas naturale ed installata nel 2003.

Figura 4.11 - Particolare della Caldaia



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

Tabella 4.8 - Riepilogo caratteristiche del 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	ELL 630	2003	688	630	91,7%	1,18

In accordo con la normativa UNI/TS 11300-2 prospetto 15, il rendimento complessivo del sottosistema di generazione in regime di riscaldamento è stato assunto nella DE pari al 88,5%. Tale valore, essendo dipendente dal carico e quindi dalle temperature esterne, risulta essere leggermente diverso da quello indicato nella scheda tecnica a potenza nominale. Si specifica inoltre che non è stato possibile fare confronti con il rendimento da prova fumi poiché non disponibile.

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

4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA

Il consumo di acqua calda sanitaria è relativamente ridotto data la destinazione d’uso dell’edificio. La produzione è eseguita tramite 4 bollitori elettrici ad accumulo installati localmente nei servizi igienici a ad uso del personale.

Figura 4.12 - Particolare di un boiler elettrico per la produzione di acqua calda sanitaria



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

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

SOTTOSISTEMA DI EROGAZIONE	SOTTOSISTEMA DI DISTRIBUZIONE	SOTTOSISTEMA DI RICIRCOLO	SOTTOSISTEMA DI ACCUMULO	SOTTOSISTEMA DI GENERAZIONE	RENDIMENTO GLOBALE MEDIO STAGIONALE
100%	92.6%	-	-	75%	28.7%

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

4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE

Le utenze sottese all’impianto elettrico, oltre a quelle precedentemente descritte, sono costituite essenzialmente da utenze locali quali 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 Tabella 4.10.

Tabella 4.10 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA NOMINALE [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]	ORE ANNUE DI UTILIZZO [ore]
Zona 1	LIM	2	400	800	1.624
Zona 1	PC	20	200	4.000	1.624
Zona 1	Stereo	1	300	300	812
Zona 1	Tv	1	400	400	609
Zona 1	Stampante	2	300	600	406
Zona 1	Proiettore	2	300	600	406
Zona 1	Fax	2	300	600	203
Zona 1	Fotocopiatrice	2	600	1.200	609
Zona 1	Distributore caffè	1	1.500	1.500	988
Zona 1	Carrelli scaldavivande	1	2.000	2.000	609
Zona 1	Lavastoviglie	1	2.000	2.000	812

Zona 1	Ascensore	4000	4000	257
--------	-----------	------	------	-----

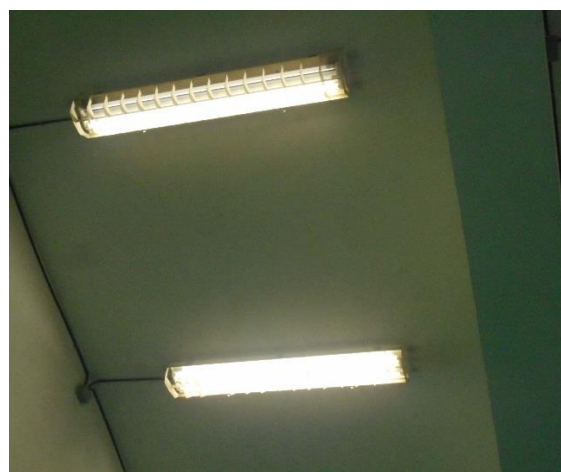
Ai fini di un'identificazione più precisa del funzionamento dei componenti impiantistici si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione di indagini diagnostiche attraverso rilievo di targhette e interviste al personale.

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

4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE

L'impianto di illuminazione è costituito da lampade a fluorescenza (Neon) di diverse tipologie

Figura 4.13 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati all'interno dell'edificio.



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 [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]
Zona 1	1X18W	24	18	432
Zona 1	1X36W	201	36	7236
Zona 1	1X58W	108	58	6264
Zona 1	2X36W	25	72	1800
Zona 1	2X58W	57	116	6612

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.

5 CONSUMI RILEVATI

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

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

I vettori energetici analizzati sono i seguenti:

- Gas metano;
- Energia elettrica.

5.1.1 Energia termica

Il vettore termico utilizzato per la climatizzazione invernale della struttura, è il Gas Metano. Nella Tabella 5.1 sono riportati i valori di Potere Calorifico Inferiore (PCI) forniti dalla norma UNI TS 11300-2:2014 ed utilizzati ai fini della conversione in kWh.

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

TIPO COMBUSTIBILE	PCI [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 1 contatore a servizio della centrale termica per il riscaldamento degli ambienti climatizzati.

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

L'analisi dei consumi storici di Gas Metano è sulla base dei m³ di gas rilevati dalla società di distribuzione nel triennio di riferimento.

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

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

PDR	Utilizzo	2014 [Sm ³]	2015 [Sm ³]	2016 [Sm ³]	2014 [kWh]	2015 [kWh]	2016 [kWh]
3270036799717	Riscaldamento	22.249,79	23.665,31	23.812,00	209.593,04	222.927,24	224.309,04

Dall'analisi effettuata è emerso che il prelievo termico del triennio è caratterizzato da un valore minimo pari a 209.593 kWh nel 2014, e un valore di massimo prelievo di 224.309 kWh del 2016.

Confrontando l'andamento dei consumi con i GG_{real} del triennio di riferimento si può notare che al valore di prelievo dell'anno 2016 corrisponde il valore massimo dei GG_{reali}.

Considerando che i consumi di gas metano a servizio degli impianti di riscaldamento degli ambienti sono soggetti a variazioni dovute all'andamento degli effettivi dati climatici che hanno caratterizzato il triennio di riferimento, si è reso necessario riportare tali consumi ad un comportamento normalizzato e non più strettamente dipendente dalle caratteristiche climatiche dell'anno a cui si

riferiscono, con lo scopo di ottenere un consumo destagionalizzato che possa poi essere utilizzato per effettuare la taratura del modello energetico di cui al capitolo 6.1.

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

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

Dove:

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

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

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

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;

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

Tabella 5.3 – Normalizzazione dei consumi annuali di energia termica

ANNO	GG ^{REALI} SU 106 GIORNI	GG ^{RIF} SU 106 GIORNI	CONSUMO REALE RISC. [Smc]	CONSUMO REALE RISC. [kWh]	α_{rif}	CONSUMO NORMALIZZATO A 898 GG [kWh]	CONSUMO ACS [kWh]	CONSUMO ALTRO [kWh]
2014	817	898	22.250	209.593	256,5	230.373	-	-
2015	797	898	23.665	222.927	279,7	251.178	-	-
2016	815	898	23.812	224.309	275,2	247.153	-	-
Media	810	898	23.242	218.943	270,4	242.829,4	-	-

Come si può notare dai dati riportati il comportamento energetico dell'edificio, negli anni considerati, è stato caratterizzato da un generico aumento dei consumi, che potrebbe essere dovuto ad un costante peggioramento dell'efficienza energetica dell'edificio.

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

Tabella 5.4 – Individuazione della Baseline termica

GRANDEZZA	VALORE
	[Kwh]
\bar{Q}_{ACS}	-
\bar{Q}_{ALTRO}	-
$\bar{a}_{rif} \times GG_{rif}$	242.829
$Q_{baseline}$	242.829

5.1.2 Energia elettrica

La fornitura di energia elettrica avviene tramite la presenza di un contatore a servizio dell'edificio.

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

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

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

Tali consumi annuali sono riportati nella Tabella 5.5 con indicazione dei POD di riferimento.

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

POD	ZONA SERVITA	2014	2015	2016	MEDIA
		[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
IT001E00098096	Intero edificio	44.059	52.574	51.449	49.626
EEbaseline=49.625,5					

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-E127, e sono emerse le seguenti differenze:

- Anno 2014: Scostamento di 2.916 kWh (46.975kWh/44.059kWh)
- Anno 2015: Scostamento di 1.963 kWh (54.537kWh/52.574kWh)
- Anno 2016: Scostamento di 4.345 kWh (55.794kWh/51.449kWh)

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 49.625,5 kWh.

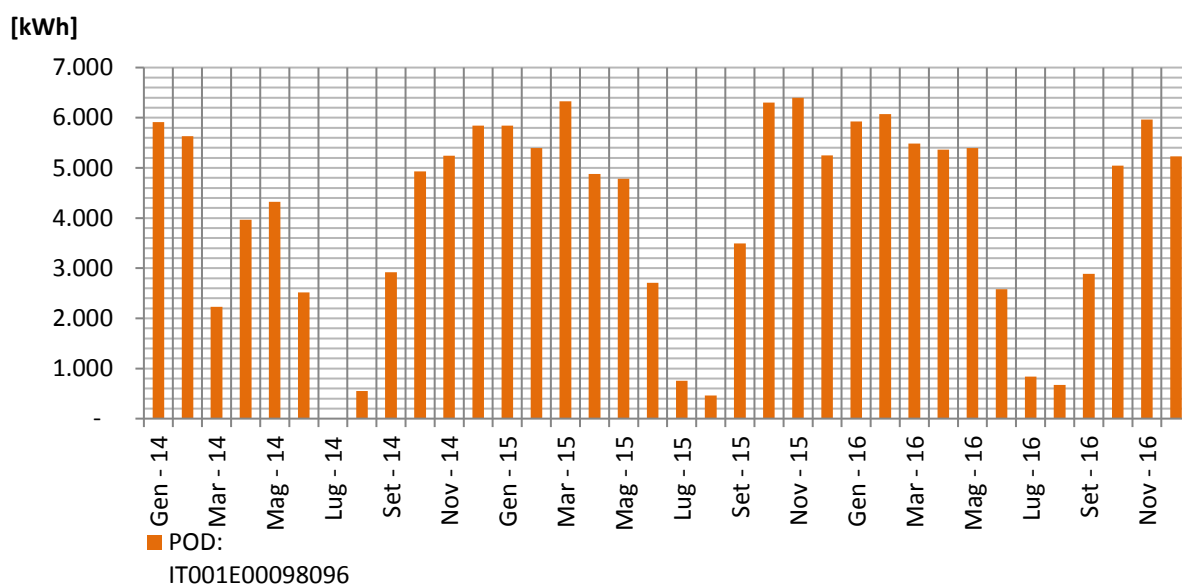
Tabella 5.6 – Consumi mensili di energia elettrica suddivisi per fasce, per il triennio di riferimento

POD: IT001E00098096	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 14	4.619	593	699	5.911
Feb - 14	4.560	616	457	5.633
Mar - 14	1.098	647	485	2.230
Apr - 14	3.114	437	413	3.964
Mag - 14	3.213	594	518	4.325
Giu - 14	1.812	314	392	2.518
Lug - 14				-
Ago - 14	159	132	260	551
Set - 14	2.226	380	312	2.918
Ott - 14	3.975	625	327	4.927
Nov - 14	4.133	643	465	5.241
Dic - 14	4.592	679	570	5.841
Totale	33.501	5.660	4.898	44.059
POD: IT001E00098096	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 15	4.592	679	570	5.841
Feb - 15	3.740	504	1.148	5.392
Mar - 15	4.548	693	1.086	6.327

Apr - 15	3.844	643	389	4.876
Mag - 15	3.584	628	568	4.780
Giu - 15	2.002	350	356	2.708
Lug - 15	354	164	236	754
Ago - 15	138	104	219	461
Set - 15	2.552	591	347	3.490
Ott - 15	4.948	955	397	6.300
Nov - 15	5.039	861	495	6.395
Dic - 15	4.016	709	525	5.250
Totale	39.357	6.881	6.336	52.574
POD: IT001E00098096	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 16	4.571	785	570	5.926
Feb - 16	4.668	852	552	6.072
Mar - 16	4.157	794	531	5.482
Apr - 16	3.959	780	624	5.363
Mag - 16	4.114	791	489	5.394
Giu - 16	1.736	428	417	2.581
Lug - 16	370	177	288	835
Ago - 16	235	151	287	673
Set - 16	2.095	490	299	2.884
Ott - 16	3.756	917	374	5.047
Nov - 16	4.497	1.001	463	5.961
Dic - 16	3.572	914	745	5.231
Totale	37.730	8.080	5.639	51.449

Si riporta nella Figura 5.1 il profilo elettrico reale relativo all’utenza elettrica per il triennio di riferimento.

Figura 5.1 – Confronto tra i profili elettrici reali relativi al POD considerato 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.

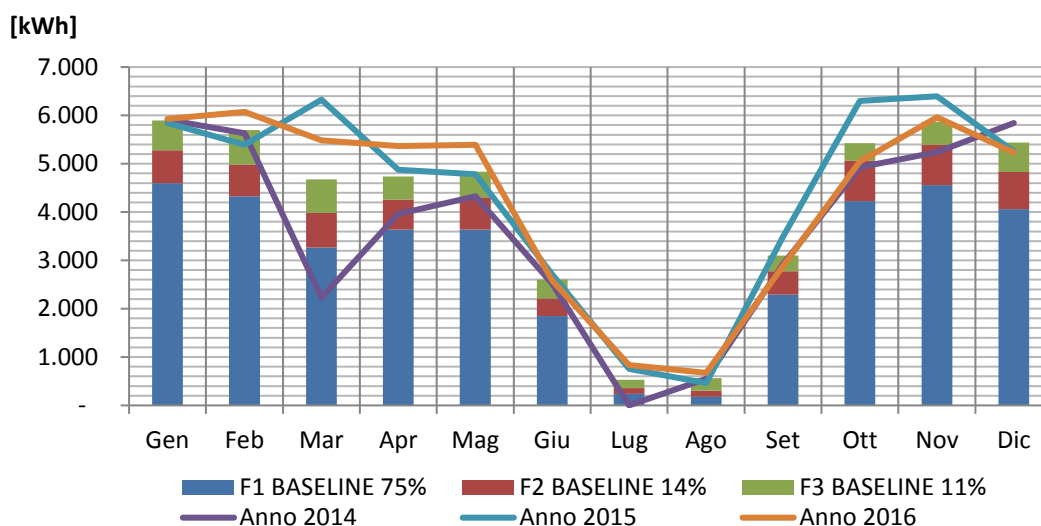
Tali valori sono riportati nella Tabella 5.7.

Tabella 5.7 – Consumi mensili di Baseline

BASELINE	F1	F2	F3	TOTALE
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	4.594	686	613	5.893
Febbraio	4.323	657	719	5.699
Marzo	3.268	711	701	4.680
Aprile	3.639	620	475	4.734
Maggio	3.637	671	525	4.833
Giugno	1.850	364	388	2.602
Luglio	241	114	175	530
Agosto	177	129	255	562
Settembre	2.291	487	319	3.097
Ottobre	4.226	832	366	5.425
Novembre	4.556	835	474	5.866
Dicembre	4.060	767	613	5.441
Totale	36.863	6.874	5.624	49.361

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

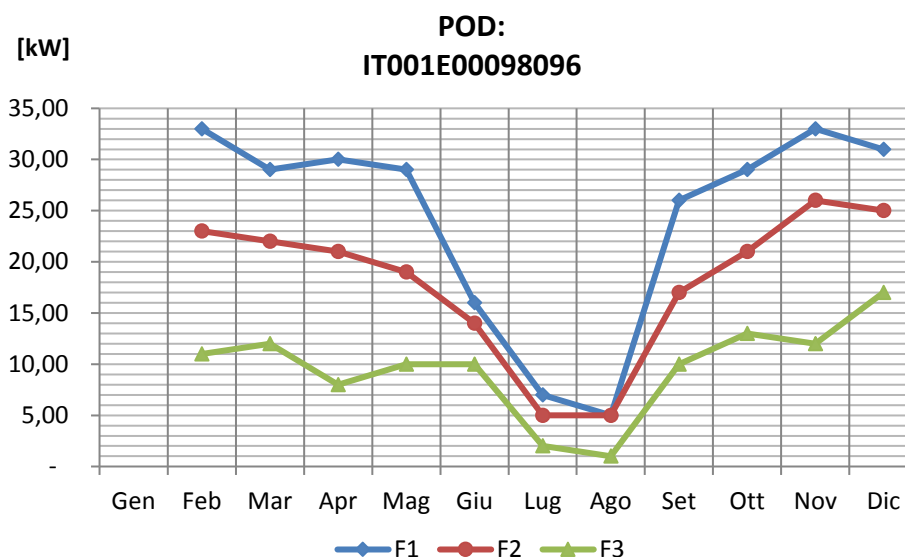
Figura 5.2 – Confronto tra i profili mensili elettrici reali e i valori di Baseline per il triennio di riferimento



I profili di prelievo mensili nel triennio di riferimento presentano una forte riduzione nei mesi estivi, in accordo con i profili di occupazione della struttura. Sono presenti consumi anche nei mesi estivi, probabilmente dovuti alla presenza dei collaboratori scolastici.

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 5.3 – Profili di potenza giornalieri per il POD IT001E00098096



Il prelievo di potenza massima è pari a 33 kW e si verifica a Novembre e a Febbraio. Tale potenza richiesta risulta coerente con la potenza massima erogata dal contatore installato di 48 kW.

5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI

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

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

Tabella 5.8 - 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

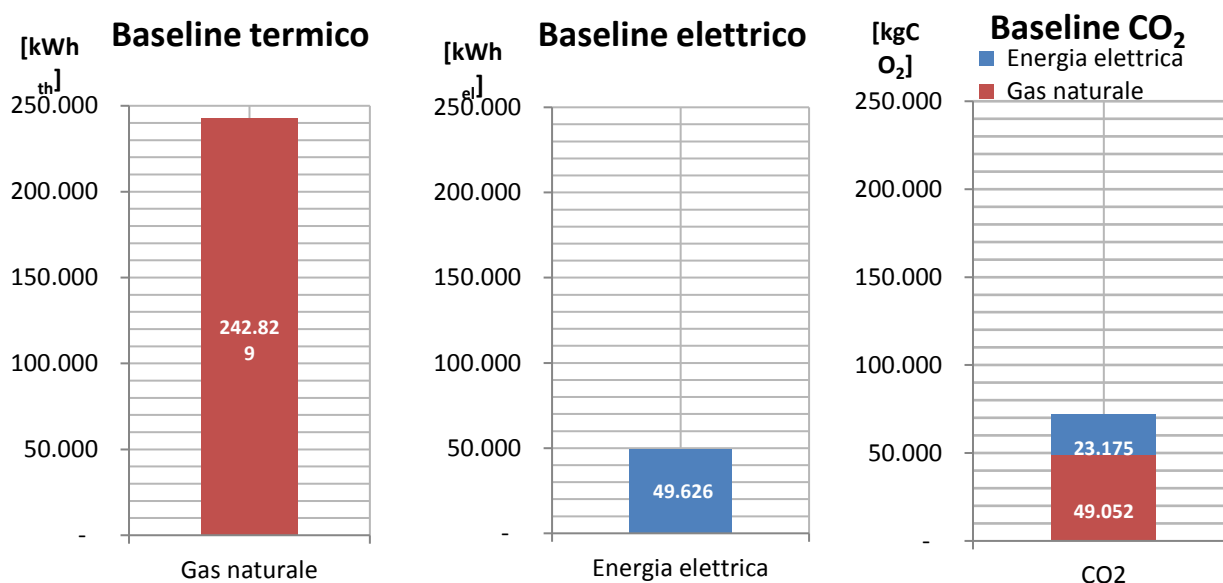
Applicando tali fattori di conversione è stato possibile valutare la Baseline delle emissioni di CO₂, come riportato nella

Tabella 5.9 – Baseline delle emissioni di CO₂.

Tabella 5.9 e nella Figura 5.4.

Tabella 5.9 – Baseline delle emissioni di CO₂.

COMBUSTIBILE	CONSUMO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE	
	[kWh]	[tCO ₂ /kWh]	[tCO ₂]
Energia elettrica	49.625,50	0,467	23,18
Gas naturale	242.829,45	0,202	49,05
TOTALE			72.23

Figura 5.4 – Rappresentazione grafica della Baseline dei consumi e delle emissioni di CO₂.

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

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

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

La valutazione degli indicatori di performance è stata effettuata parametrizzando i consumi reali di Baseline di cui al Capitolo 0, in funzione dei fattori riportati nella Tabella 5.11.

Tabella 5.11 – Fattori di riparametrizzazione

PARAMETRO		VALORE	U.M.
FATTORE 1	Superficie netta riscaldata	4.022	m ²
FATTORE 1	Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	4.094	m ²
FATTORE 1	Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate)	16.845	m ³

Nella

Tabella 5.12 e

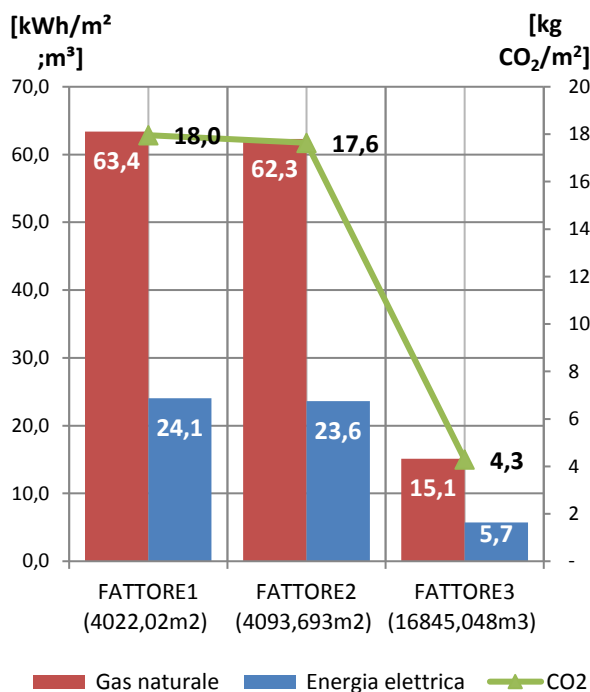
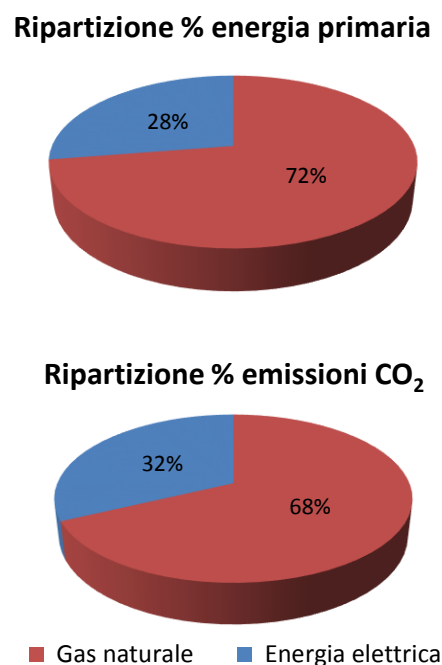
Tabella 5.13 sono riportati gli indicatori di performance valutati coerentemente con quanto riportato nella sezione 2.5 dell'Allegato J – Schede di audit.

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

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE [kWh/anno]	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA TOTALE	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA TOTALE [kWh/anno]	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA TOTALE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1 [kWh/m ²]	FATTORE 2 [kWh/m ²]	FATTORE 3 [kWh/m ³]	FATTORE 1 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 2 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 3 [Kg CO ₂ /m ³]
Gas naturale	242.829,45	1,05	254.970,92	63,39	62,28	15,14	12,19	11,98	2,92
Energia elettrica	49.625,5	2,42	120.093,71	29,86	29,34	7,13	5,76	5,66	1,37
TOTALE			375.064,63	93,25	91,62	22,26	17,96	17,64	4,29

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

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE [kWh/anno]	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA NON RINN.	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA NON RINN. [kWh/anno]	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1 [kWh/m ²]	FATTORE 2 [kWh/m ²]	FATTORE 3 [kWh/m ³]	FATTORE 1 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 2 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 3 [Kg CO ₂ /m ³]
Gas naturale	242.829	1,05	254.971	63,4	62,3	15,1	12,20	11,98	2,91
Energia elettrica	49.626	1,95	96.770	24,1	23,6	5,7	5,76	5,66	1,38
TOTALE			351.741	87	86	21	18	18	4

Figura 5.5 – Indicatori di performance e relative emissioni di CO₂ valutati in funzione della superficie utile riscaldataFigura 5.6 – 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 5.14 – Indicatori di performance energetici

COMBUSTIBILE	IEN _R			IEN _E		
	Wh/(m ³ GG anno)			Wh/(m ³ anno)		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Gas Naturale	6,4	6,8	6,9	-	-	-
Energia elettrica	-	-	-	7.934,72	9.300,50	9.101,49

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 quanto riguarda sia il riscaldamento che l'energia elettrica, coerentemente con quanto riportato nell'Allegato M - Report di Benchmark.

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	EP _{gl}	kWh/mq anno	142,19	137,63
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	120,04	119,78
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	0,56	0,45
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	14,40	11,61
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	0,62	0,50
Emissioni equivalenti di CO ₂	CO _{2eq}	Kg/mq anno	27,37	-

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)

FONTI ENERGETICHE UTILIZZATE	CONSUMO [kWh/anno]	CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE [kWh/anno]
Gas Naturale	454.599	477.329
Energia Elettrica	39.087	76.220

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 ($Q_{gn,in}$) così come definito dalla norma UNI TS 11300 parte 2;
 - Nel caso di consumo elettrico, $E_{teorico}$ è assunto pari al fabbisogno complessivo di energia elettrica prelevata dalla rete (EE_{in}) valutata come sommatoria dei contributi riportati nella Tabella 6.3;

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

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

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

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

Nota (*) Tale contributo non è definito all’interno delle norme UNITS 11300 pertanto è stato valutato dall’Auditor sulla base dei dati di targa

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 adattando tutti i parametri sulla base delle informazioni raccolte durante il sopralluogo.

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	EP_{gl}	kWh/mq anno	92,76	86,15
Climatizzazione invernale	EP_H	kWh/mq anno	63,62	63,48
Produzione di acqua calda sanitaria	EP_w	kWh/mq anno	0,61	0,49
Illuminazione artificiale	EP_L	kWh/mq anno	20,23	16,30
Trasporto di persone e cose	EP_T	kWh/mq anno	0,62	0,50
Emissioni equivalenti di CO2	CO_{2eq}	Kg/mq anno	17,67	-

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	CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
	[kWh/anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	240.786	252.825
Energia Elettrica	48.032	93.662

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

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

$Q_{teorico}$	$Q_{baseline}$	Congruità
[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
240.785,63	242.829,45	-0,85%

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

6.1.2 Validazione del modello elettrico

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

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

$EE_{teorico}$	$EE_{baseline}$	Congruità
[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
48.031,74427	49.625,5	-3,3%

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

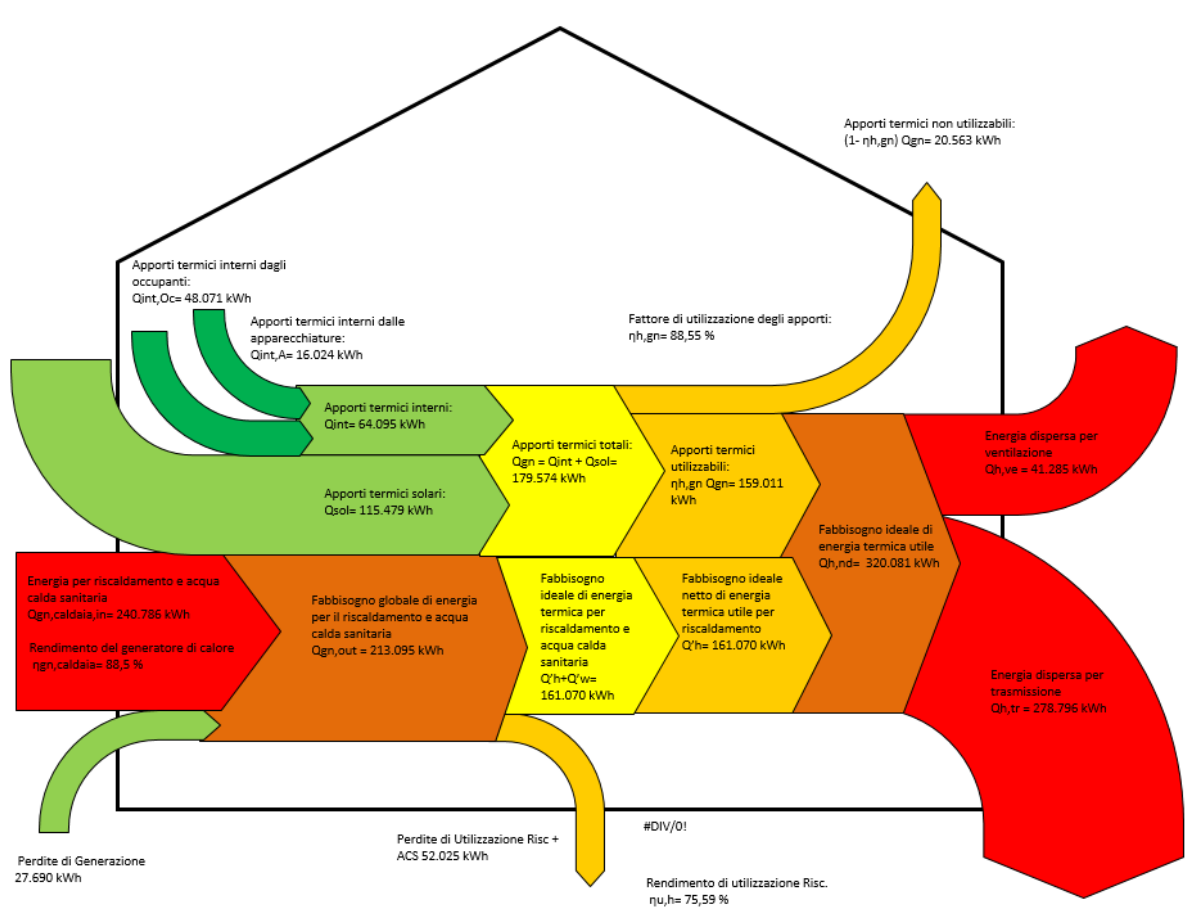
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

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

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

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

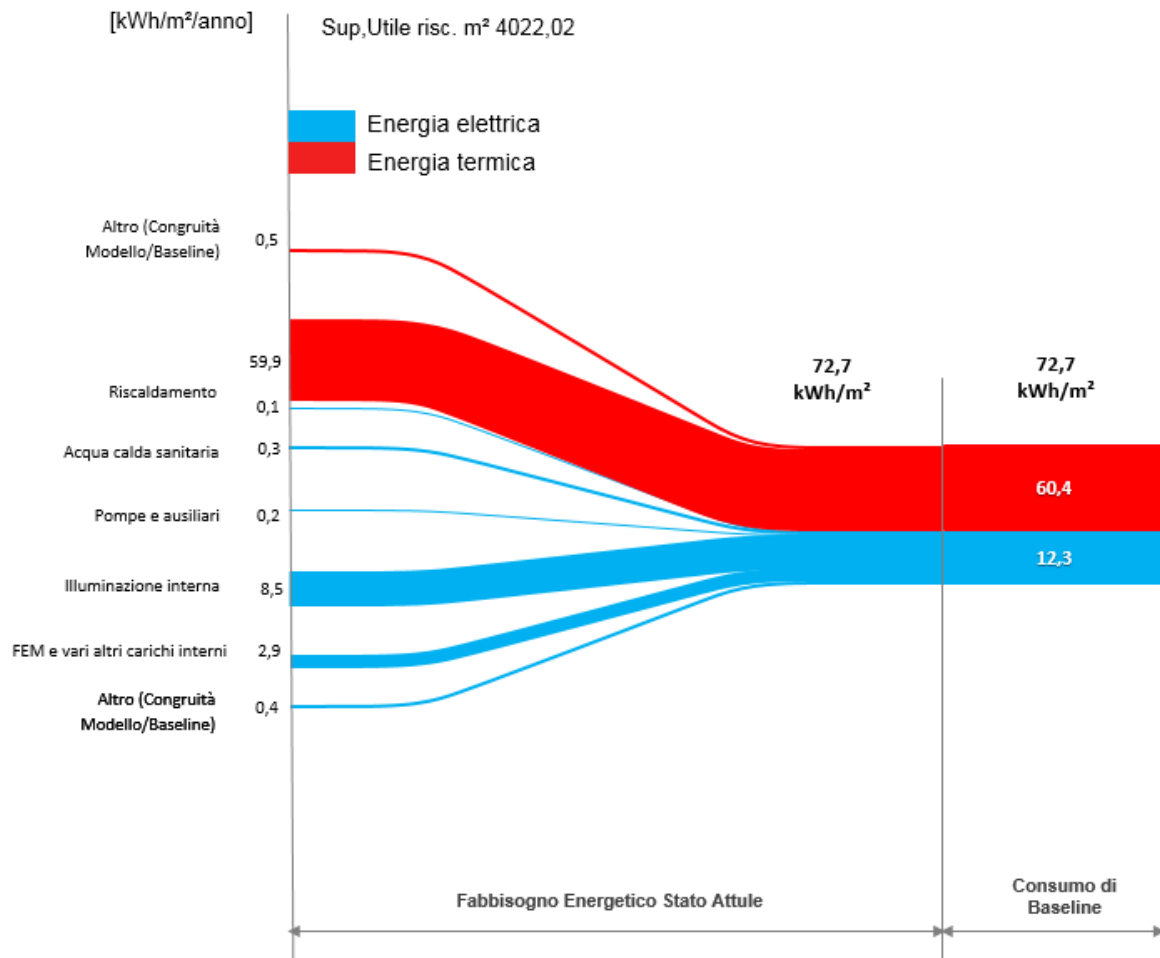
Figura 6.1 – Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell’edificio allo stato attuale



Dal diagramma si evince che il fabbisogno ideale di energia termica utile è dovuto principalmente alla dispersione per trasmissione.

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 al 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.

Dall’analisi del diagramma di Sankey relativo al bilancio energetico complessivo dell’edificio   possibile notare che il consumo specifico maggiore   quello dovuto al riscaldamento dei locali, mentre, relativamente all’energia elettrica, il consumo specifico maggiore   dovuto all’illuminazione.

6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI

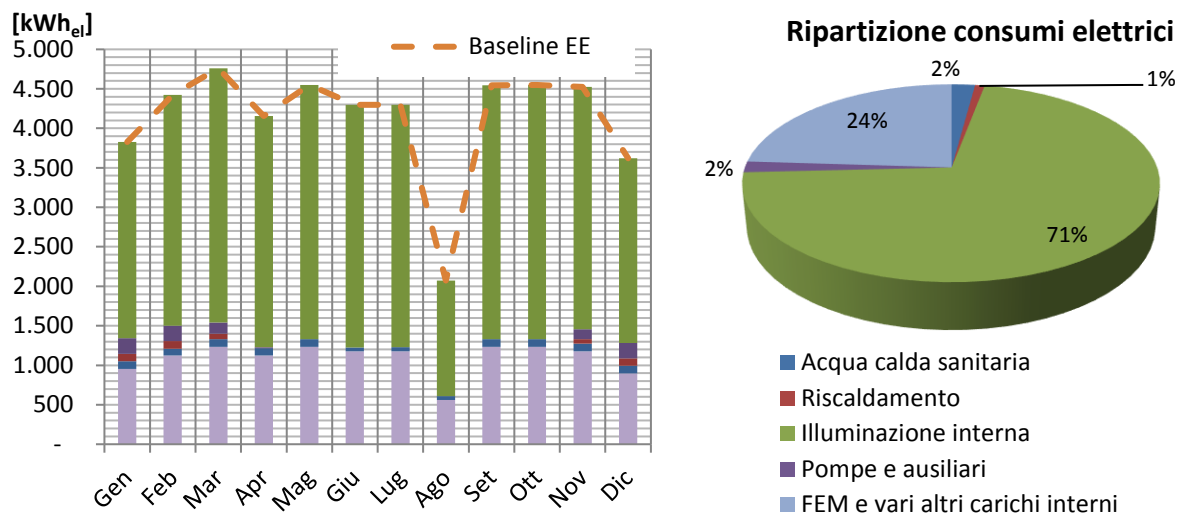
I consumi energetici termici di Baseline dell’edificio oggetto della DE sono interamente dovuti al riscaldamento degli ambienti.

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 6.3.

Figura 6.3 – 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, un quarto di essi è invece dedicato all’acqua calda sanitaria, pertanto tra gli interventi migliorativi proposti, si valuterà anche l’ipotesi di sostituzione delle lampade esistenti con lampade a LED.

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.

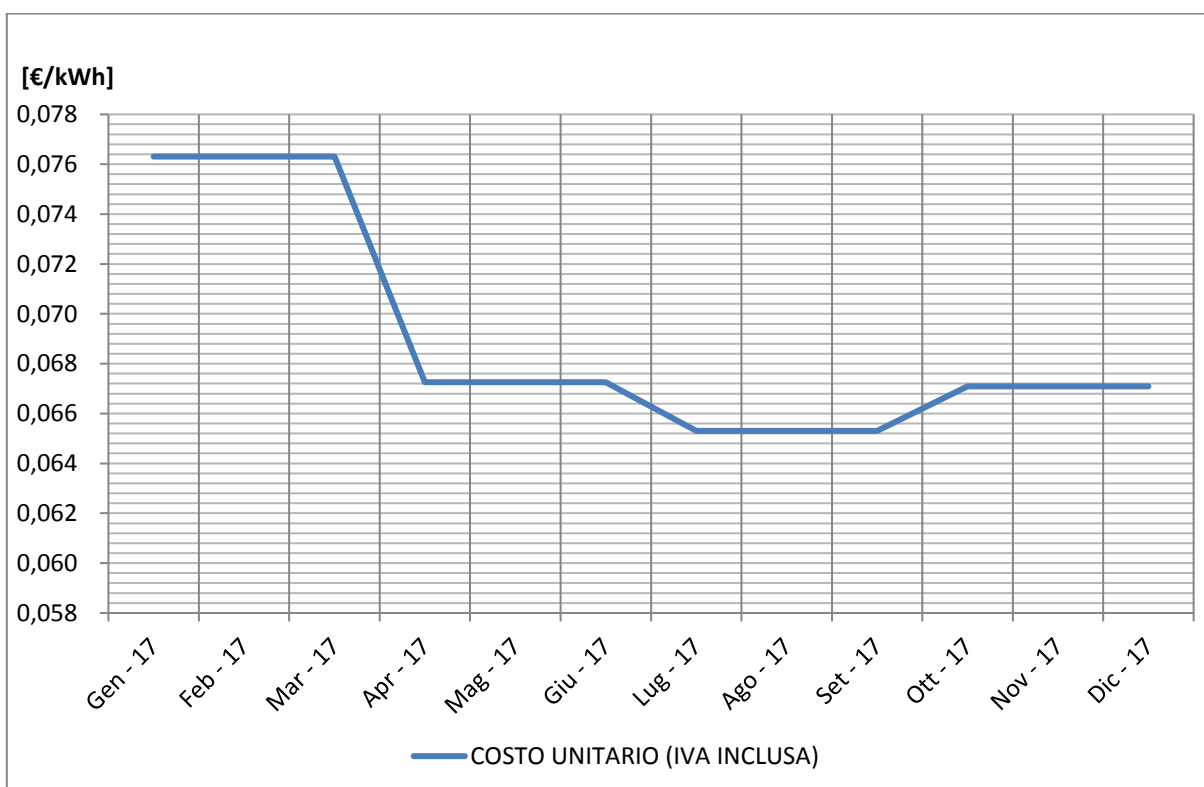
7.1.1 Vettore termico

La fornitura del vettore termico (PDR 3270036799717) avviene tramite contratto di Servizio Integrato Energia 3 (SIE3) stipulato dalla PA con un soggetto terzo, che comprende 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.

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 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 2017



7.1.2 Vettore elettrico

La fornitura del vettore elettrico avviene tramite un contratto per il POD IT001E00098096, 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 7.1 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 elettrico per il triennio di riferimento

POD: IT001E00098096	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura			
Dati di intestazione fattura	Comune di Genova	Comune di Genova	Comune di Genova
Società di fornitura	Edison	Gala	Iren
Inizio periodo fornitura	01/01/2014	01/04/2015	01/04/2016
Fine periodo fornitura	31/03/2015	31/03/2016	
Potenza elettrica impegnata	48 kW	48 kW	12 kW
Potenza elettrica disponibile	48 kW	48 kW	48 kW
Tipologia di contratto	Forniture in BT (escluso IP)	Utenza Altri Usi	Altri usi
Opzione tariffaria ⁽¹⁾	BTA6		
Prezzi della fornitura dell'energia elettrica ⁽²⁾	0,078810 €/kWh ⁽³⁾	0,039430 €/ kWh ⁽⁴⁾	0,032470€/ kWh ⁽⁴⁾

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.

Nota (3) Corrispettivo unitario relativo alla fascia F1 del mese di Gennaio

Nota (4) Corrispettivo unitario relativo alla fascia F1 del mese di Aprile

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

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

POD: IT001E00098 096	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA		IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)	
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE						
ANNO 2014		[€]		[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]	
	Gen – 14	509	14	634	74	123	1.354	5.911	0,229
	Feb – 14	451	13	623	70	116	1.273	5.633	0,226
	Mar – 14	417	12	580	65	107	1.182	2.230	0,530
	Apr – 14	315	10	468	50	84	927	3.964	0,234
	Mag – 14	341	11	507	54	91	1.004	4.325	0,232
	Giu – 14	196	7	336	31	57	627	2.518	0,249
	Lug – 14	-	-	-	-	-	-	-	-
	Ago – 14	39	1	67	7	11	126	551	0,228
	Set – 14	229	8	363	36	64	700	2.918	0,240
	Ott – 14	390	13	587	62	105	1.156	4.927	0,235
	Nov – 14	407	13	623	66	111	1.220	5.241	0,233
	Dic – 14	428	14	651	73	117	1.282	5.841	0,220
	Totale	3.722	116	5.438	588	986	10.850	44.059	0,246
POD: IT001E00098 096	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA		IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)	
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE						
ANNO 2015		[€]		[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]	
	Gen – 15	428	13	651	73	117	1.282	5.841	0,220

Feb – 15	363	14	606	67	105	1.155	5.392	0,214
Mar – 15	415	13	694	79	120	1.321	6.327	0,209
Apr – 15	213	14	547	61	84	919	4.876	0,188
Mag – 15	202	11	549	60	82	905	4.780	0,189
Giu – 15	111	11	333	34	49	538	2.708	0,199
Lug – 15	31	7	93	9	14	154	754	0,205
Ago – 15	20	2	40	6	7	74	461	0,160
Set – 15	120	1	426	44	59	650	3.490	0,186
Ott – 15	207	9	727	79	102	1.124	6.300	0,178
Nov – 15	213	15	716	80	102	1.127	6.395	0,176
Dic – 15	172	15	608	66	86	946	5.250	0,180
Totale	2.496	126	5.990	657	927	10.196	52.574	0,194
POD: IT001E00098 096	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2016		[€]		[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen – 16	184	14	632	74	90	995	5.926	0,168
Feb – 16	172	15	640	76	90	993	6.072	0,164
Mar – 16	141	15	585	69	81	891	5.482	0,162
Apr – 16	197	14	594	67	87	959	5.363	0,179
Mag – 16	219	14	599	67	90	989	5.394	0,183
Giu – 16	113	14	321	32	48	528	2.581	0,205
Lug – 16	41	8	120	10	18	197	835	0,236
Ago – 16	42	3	119	8	17	189	673	0,281
Set – 16	151	3	368	36	56	613	2.884	0,213
Ott – 16	335	8	564	63	97	1.067	5.047	0,211
Nov – 16	445	13	658	75	119	1.309	5.961	0,220
Dic – 16	365	15	585	65	103	1.133	5.231	0,217
Totale	2.404	135	5.785	643	897	9.864	51.449	0,192

Nel grafico in Figura 7.2 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 7.2 – Andamento del costo unitario del vettore elettrico per il triennio di riferimento e per il 2017

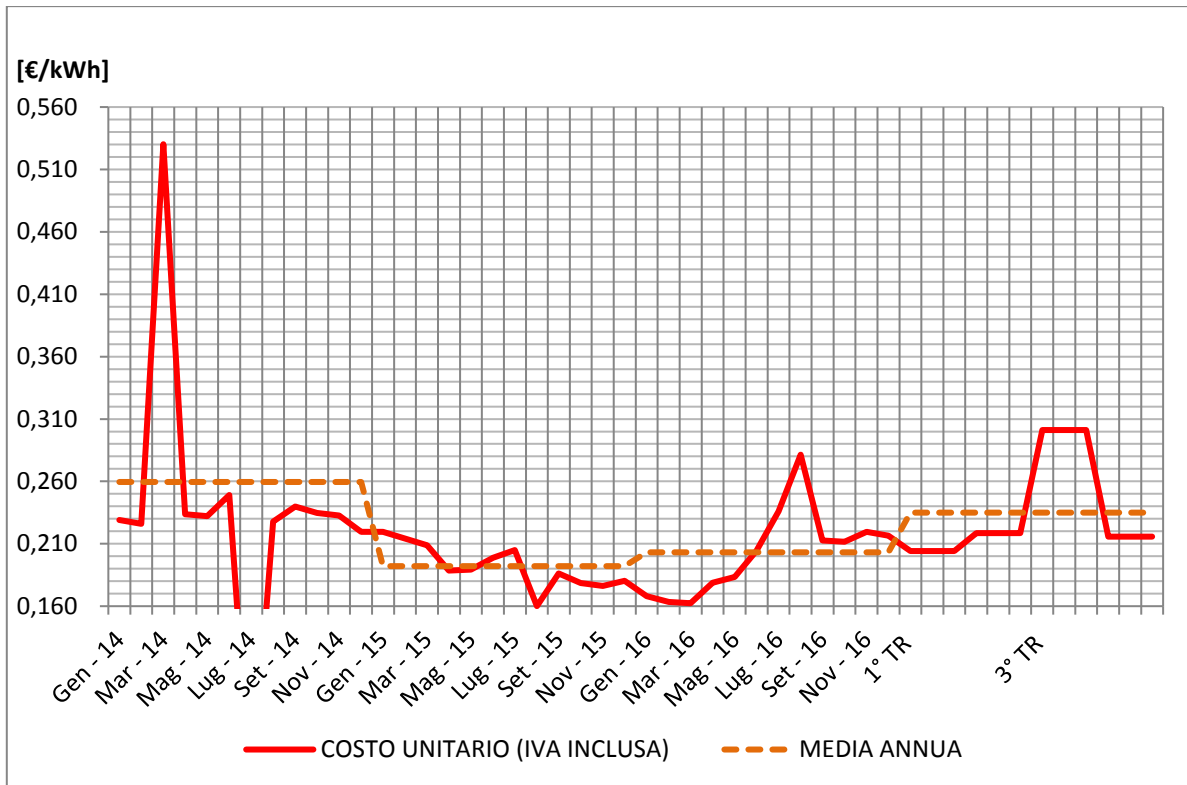
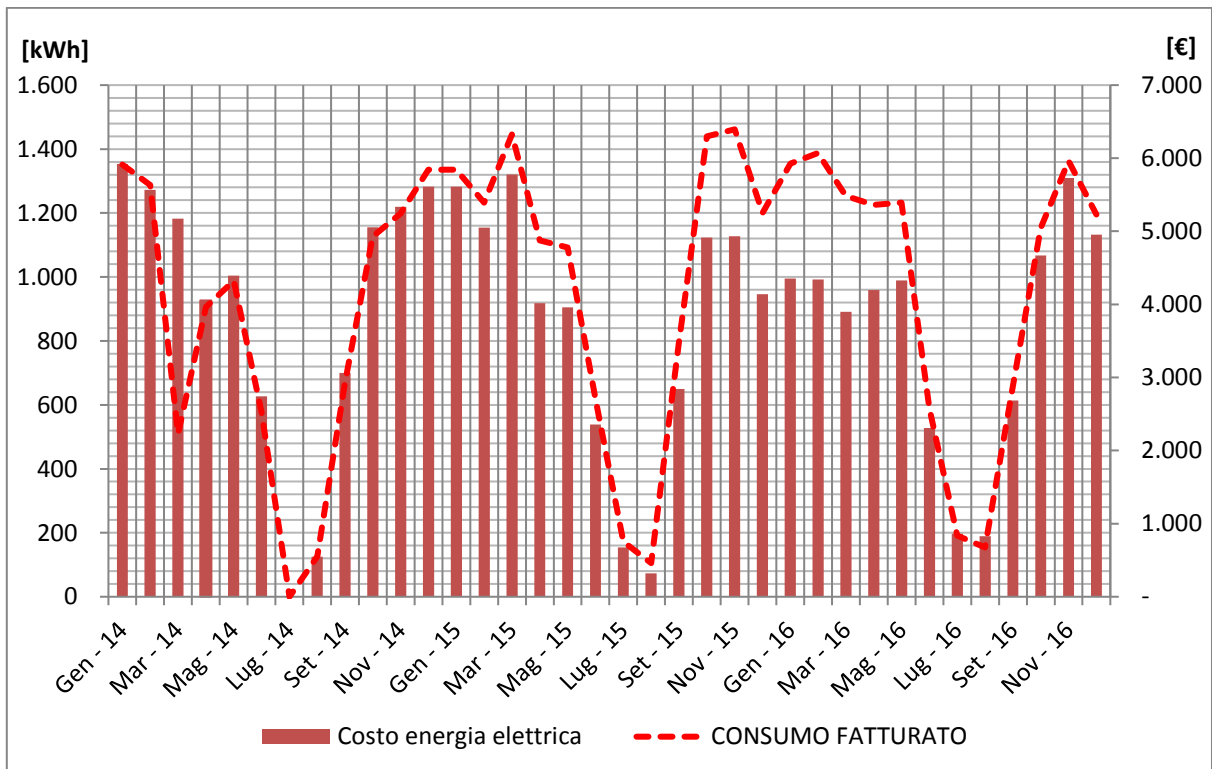


Figura 7.3 – Andamento dei consumi e dei costi dell’energia elettrica



Dall’analisi effettuata risulta evidente che l’andamento dei costi è minimo nei mesi estivi, quando la scuola resta chiusa per le vacanze, mentre è più alto nei periodi di attività scolastica.

7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI

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

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

Tabella 7.3 – Sintesi dei consumi nel triennio di riferimento

ANNO	VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			TOTALE
	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[€]
2014	209.593	n.d.	n.d.	44.059	10.850	0,246	n.d.
2015	222.927	n.d.	n.d.	52.574	10.196	0,194	n.d.
2016	224.309	n.d.	n.d.	51.449	9.864	0,192	n.d.
2017	n.d.	n.d.	0,073	n.d.	n.d.	0,232	n.d.

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

Tabella 7.4 – Valori di costo individuati per il calcolo della Baseline

Definizione		Valore	U.M.
Costo unitario dell'energia termica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	C _{UQ}	0.073 [€/kWh]
Costo unitario dell'energia elettrica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	C _{UEE}	0.232 [€/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 all'impianto:

- L1-042-119: 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 € 32.444,97.

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 7.5.

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo per la gestione e manutenzione ordinaria	Corrispettivo annuale relativo al contratto O&M in essere	C_{MO}	11.662 [€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Media relativa a gli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici	C_{MS}	3.100 [€/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:

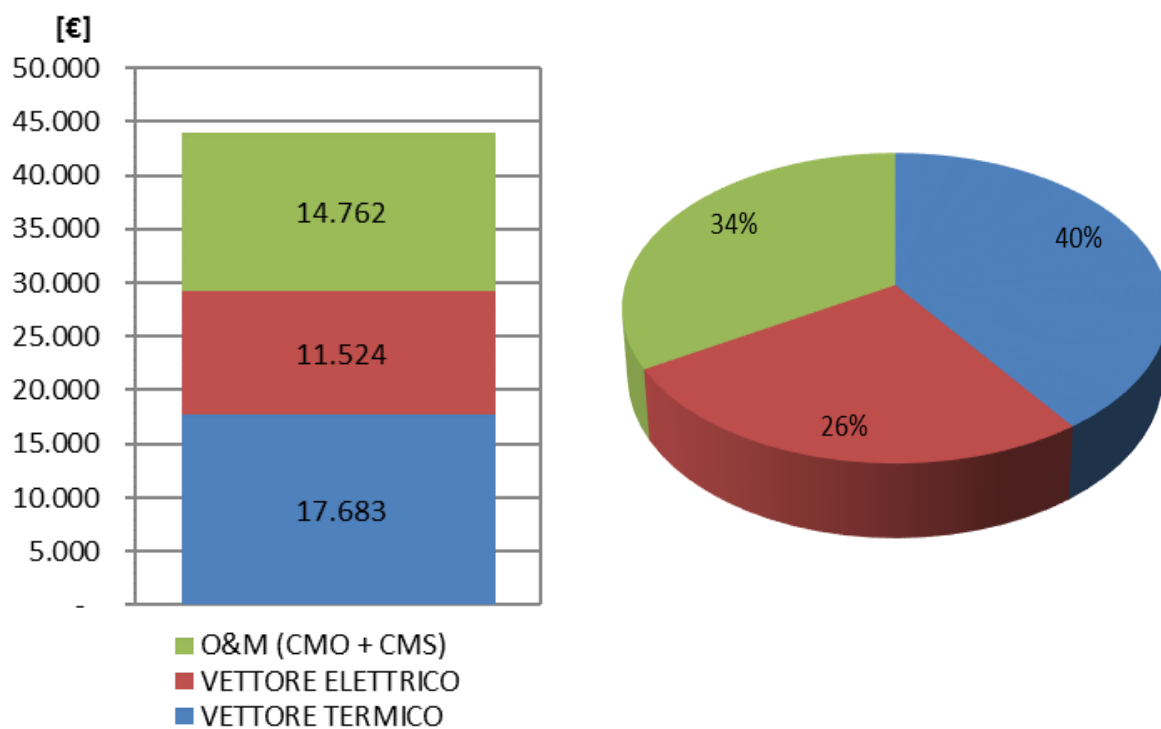
$$C_{baseline} = C_E + C_{MO} + C_{MS}$$

Ne risulta quindi un C_E pari a € 12.210 e un $C_{baseline}$ pari a € 26.972.

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

VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO				O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)		TOTALE
$Q_{baseline}$	Cu_Q	C_Q	$EE_{baseline}$	Cu_{EE}	C_{EE}	C_M	C_{MO}	C_{MS}	$CQ + CEE + CM$
[kWh]	[€/kWh]	[€]	[kWh]	[€/kWh]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
242.829	0,073	17.683	49.626	0,232	11.524	14.762	11.662	3.100	43.969

Figura 7.4 – 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 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.

La coibentazione consente di ottimizzare le prestazioni termiche dell'edificio, riducendo le dispersioni energetiche e conseguentemente i consumi, inoltre consente di ottenere importanti benefici dal punto di vista termoigrometrico andando ad abbattere il rischio di condense interstiziali e superficiali.

Caratteristiche funzionali e tecniche

Si è scelto di utilizzare un pannello isolante in Silicato di Calcio, permeabile al vapore, antincendio, traspirabile, incombustibile (classe 0) e con conducibilità pari a 0.045 W/m K. Gli spessori utilizzati permettono di raggiungere una trasmittanza tale da poter accedere agli incentivi del Conto termico.

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.

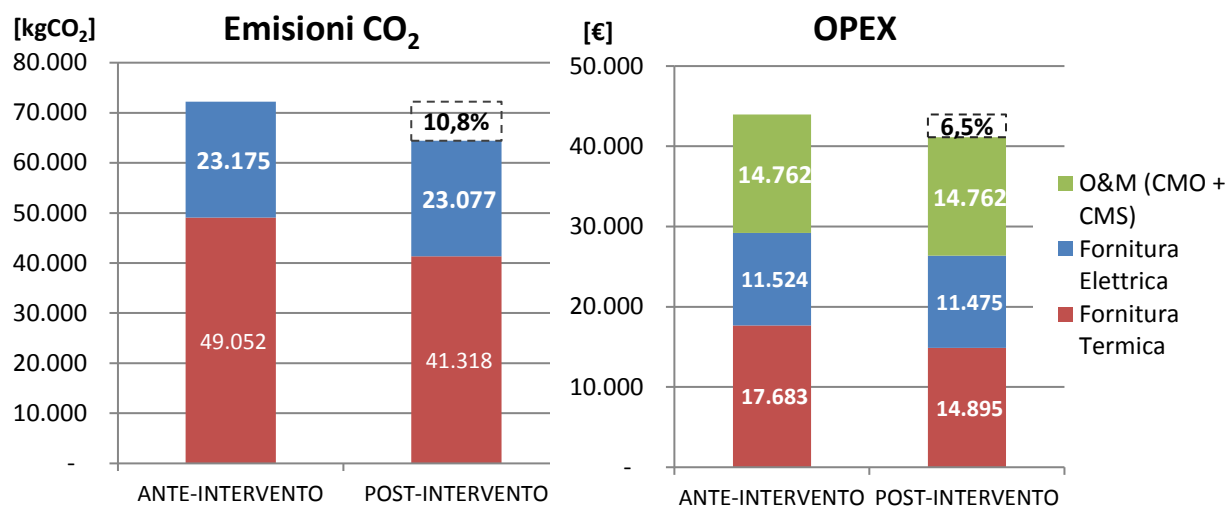
Prestazioni raggiungibili

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

Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM1 – Isolamento pareti verticali con cappotto esterno

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM1 Trasmittanza pareti verticali	[W/m ² K]	Vedi Allegato E	<0,26	-
Q _{teorico}	[kWh]	240.786	202.822	15,8%
EE _{teorico}	[kWh]	48.031	47.828	0,4%
Q _{baseline}	[kWh]	242.829	204.544	15,8%
EE _{Baseline}	[kWh]	49.626	49.416	0,4%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	49.052	41.318	15,8%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	23.175	23.077	0,4%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	72.227	64.395	10,8%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	17.683	14.895	15,8%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	11.524	11.475	0,4%
Fornitura Energia, C_E	[€]	29.207	26.370	9,7%
C _{MO}	[€]	11.662	11.662	0,0%

C _{MS}	[€]	3.100	3.100	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	14.762	14.762	0,0%
OPEX	[€]	43.969	41.132	6,5%
Classe energetica	[-]	F	F	+ 0 classi

Figura 8.1 – EEM1: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline

EEM2: Isolamento copertura

Generalità

La misura prevede la realizzazione di un tetto rovescio, con l'installazione di pannelli isolanti all'estradosso della copertura, nel caso analizzato polistirene estruso XPS, fissato e tassellato alla copertura esistente. Il sistema è completato con quadrotte in graniglia.

L'isolamento della copertura 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 in XPS con conducibilità pari a 0,038 W/mK per l'isolamento della copertura.

Gli spessori utilizzati permettono di raggiungere una trasmittanza tale da poter accedere agli incentivi del Conto termico.

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 applicato ai pannelli e questi vengono fissati all'interno della copertura, evitando la presenza di fessure tra i pannelli. Fissati i pannelli si procede stendendo l'intonaco di finitura.

Prestazioni raggiungibili

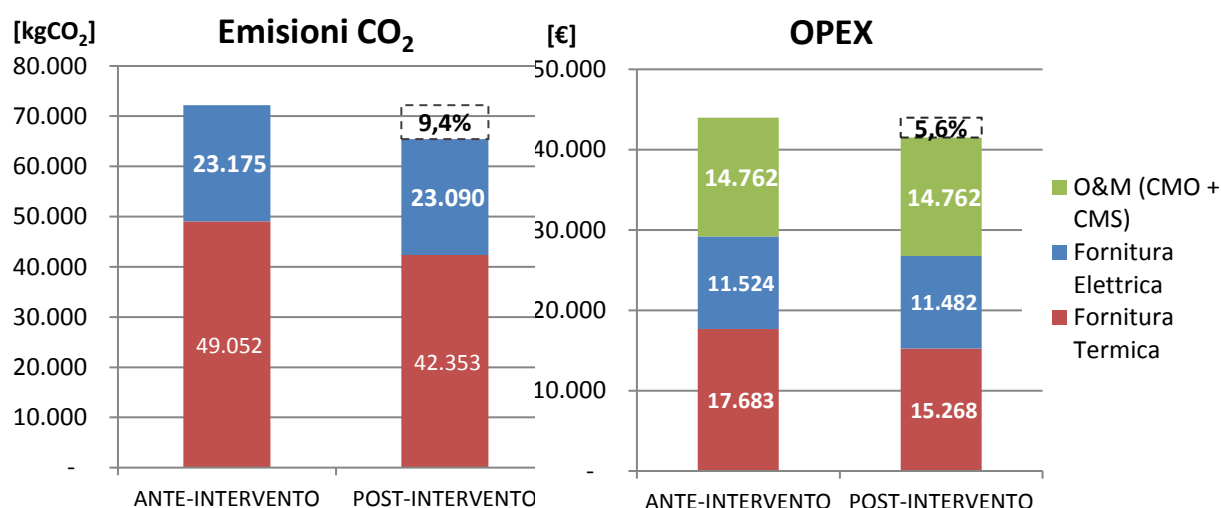
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM2 sono riportati nella **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** e nella **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**

Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM2 – Isolamento copertura

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM2 Trasmittanza copertura piana	[W/m ² K]	Vedi Allegato E	<0,22	-

$Q_{teorico}$	[kWh]	240.786	207.905	13,7%
$EE_{teorico}$	[kWh]	48.031	47.854	0,4%
$Q_{baseline}$	[kWh]	242.829	209.670	13,7%
$EE_{baseline}$	[kWh]	49.626	49.443	0,4%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	49.052	42.353	13,7%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	23.175	23.090	0,4%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	72.227	65.443	9,4%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	17.683	15.268	13,7%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	11.524	11.482	0,4%
Fornitura Energia, C_E	[€]	29.207	26.750	8,4%
C_{MO}	[€]	11.662	11.662	0,0%
C_{MS}	[€]	3.100	3.100	0,0%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	14.762	14.762	0,0%
OPEX	[€]	43.969	41.512	5,6%
Classe energetica	[-]	F	F	+ 0 classi

Figura 8.2 – EEM2: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO2 a partire dalla baseline



EEM3: Sostituzione degli infissi

Generalità

Nella fase di intervista al personale si è evidenziata una condizione di discomfort nelle zone vicine ai serramenti più vecchi. Si propone dunque di seguito lo smontaggio e successiva sostituzione completa di telaio e vetro di tali serramenti.

La misura prevede la sostituzione degli infissi esistenti con nuovi serramenti aventi telaio in PVC e vetri doppi.

La sostituzione delle finestre consente di ottimizzare enormemente le prestazioni termiche dell'edificio, riducendo le dispersioni energetiche e conseguentemente i consumi. Inoltre è in grado di apportare benefici durante il periodo invernale, migliorando il comfort abitativo.

Caratteristiche funzionali e tecniche

I vetri e i telai scelti permettono di raggiungere una trasmittanza tale da poter accedere agli incentivi del Conto termico nel caso di installazione congiunta di valvole termostatiche.

Descrizione dei lavori

La posa deve essere svolta da addetti specializzati.

La rimozione degli infissi esistenti avviene manualmente, mentre per la ferramenta c'è bisogno di attrezzature elettriche portatili. In un secondo momento viene inserita la nuova struttura fissa, dove vengono posti in opera i telai mobili. Si posiziona quindi il vetro che viene movimentato a mano ed infilato nell'apposito alloggiamento, parte integrante dell'infisso, bloccato tramite staffa fermavetro e sigillato internamente tramite silicone.

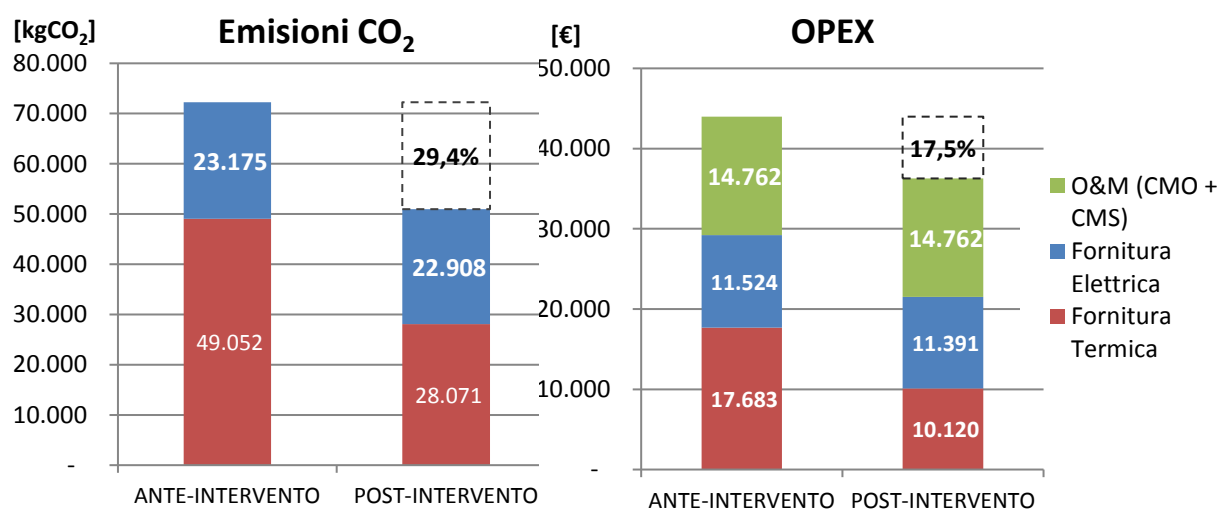
Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM3 sono riportati nella Tabella 8.3 e nella Figura 8.3.

Tabella 8.3 – Risultati analisi EEM3 – Sostituzione infissi

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM3 Trasmittanza	[W/m ² K]	Vedi Allegato E	<1,67	-
Q _{teorico}	[kWh]	240.786	137.794	42,8%
EE _{teorico}	[kWh]	48.031	47.477	1,2%
Q _{baseline}	[kWh]	242.829	138.964	42,8%
EE _{Baseline}	[kWh]	49.626	49.053	1,2%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	49.052	28.071	42,8%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	23.175	22.908	1,2%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	72.227	50.978	29,4%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	17.683	10.120	42,8%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	11.524	11.391	1,2%
Fornitura Energia, C_E	[€]	29.207	21.510	26,4%
C _{MO}	[€]	11.662	11.662	0,0%
C _{MS}	[€]	3.100	3.100	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	14.762	14.762	0,0%
OPEX	[€]	43.969	36.272	17,5%
Classe energetica	[-]	F	E	+ 1 classe

Figura 8.3 – EEM3: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO2 a partire dalla baseline



8.1.2 Impianto riscaldamento

EEM4: Installazione di valvole termostatiche complete di collegamenti sui radiatori

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.

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.

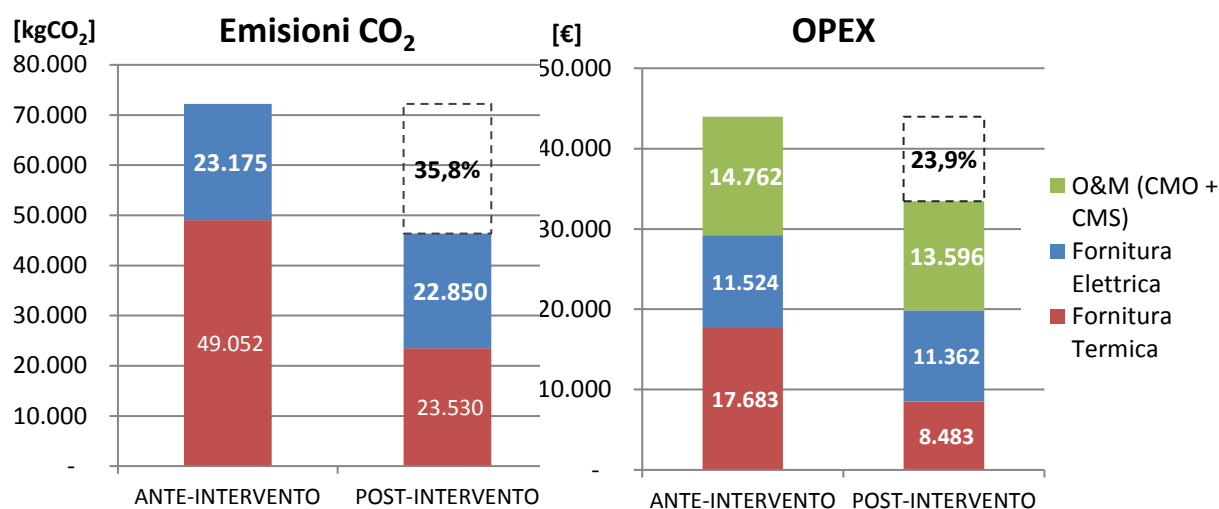
Con questa soluzione il rendimento di regolazione risulta pari al 98 % (regolazione ambiente con banda proporzionale ad 1°C).

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM4 sono riportati nella Tabella 8.4 e nella Figura 8.4.

Tabella 8.4 – Risultati analisi EEM4 – Installazione valvole termostatiche

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM4				-
Q _{teorico}	[kWh]	240.786	115.506	52,0%
EE _{teorico}	[kWh]	48.031	47.357	1,4%
Q _{baseline}	[kWh]	242.829	116.486	52,0%
EE _{baseline}	[kWh]	49.626	48.929	1,4%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	49.052	23.530	52,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	23.175	22.850	1,4%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	72.227	46.380	35,8%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	17.683	8.483	52,0%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	11.524	11.362	1,4%
Fornitura Energia, C_E	[€]	29.207	19.845	32,1%
C _{MO}	[€]	11.662	10.496	10,0%
C _{MS}	[€]	3.100	3.100	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	14.762	13.596	7,9%
OPEX	[€]	43.969	33.440	23,9%
Classe energetica	[-]	F	E	+1 classe

Figura 8.4 – EEM4: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline

EEM5: Installazione caldaia a condensazione

Generalità

L'intervento consiste nella sostituzione dell'attuale generatore di calore tradizionale con una caldaia a condensazione ad alto rendimento. La potenzialità è valutata preliminarmente senza considerare l'interazione con altre EEM. Si precisa pertanto che la combinazione con altri interventi può incrementare in maniera significativa i benefici sia in termini di risparmio energetico che economico. 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 a 107,7%.

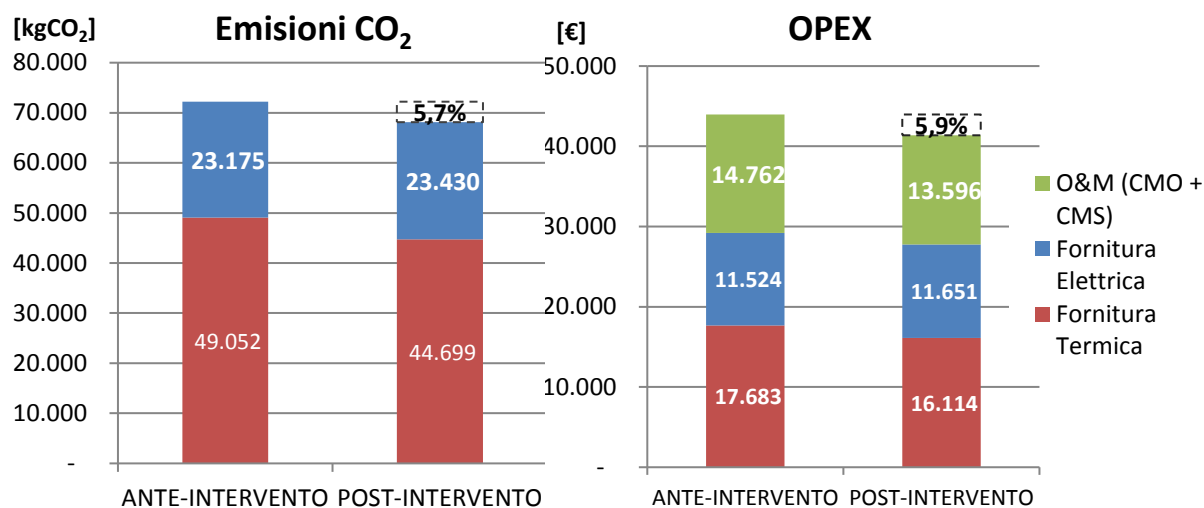
Prestazioni raggiungibili

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

Tabella 8.5 – Risultati analisi EEM5 – Installazione caldaia a condensazione

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM5 Rendimento generazione	[%]	91,7	103,3	-12,6%
Q _{teorico}	[kWh]	240.786	219.421	8,9%
EE _{teorico}	[kWh]	48.031	48.559	-1,1%
Q _{baseline}	[kWh]	242.829	221.283	8,9%
EE _{Baseline}	[kWh]	49.626	50.171	-1,1%
Emiss. CO ₂ Termico	[kgCO ₂]	49.052	44.699	8,9%
Emiss. CO ₂ Elettrico	[kgCO ₂]	23.175	23.430	-1,1%
Emiss. CO₂ TOT	[kgCO₂]	72.227	68.129	5,7%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	17.683	16.114	8,9%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	11.524	11.651	-1,1%
Fornitura Energia, C_e	[€]	29.207	27.765	4,9%
C _{MO}	[€]	11.662	10.496	10,0%

C_{MS}	[€]	3.100	3.100	0,0%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	14.762	13.596	7,9%
OPEX	[€]	43.969	41.360	5,9%
Classe energetica	[-]	F	F	0 classi

Figura 8.5 – EEM5: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline

8.1.3 Impianto di illuminazione ed impianto elettrico

EEM6: 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 4x18W con lampade LED da 1x36 W;
- Lampade fluorescenti 1x36W con lampade LED da 1x20 W;
- Lampade fluorescenti 2x36W con lampade LED da 1x36 W;
- Lampade fluorescenti 1x58W con lampade LED da 1x25 W;
- Lampade fluorescenti 2x58W con lampade LED da 1x48 W.

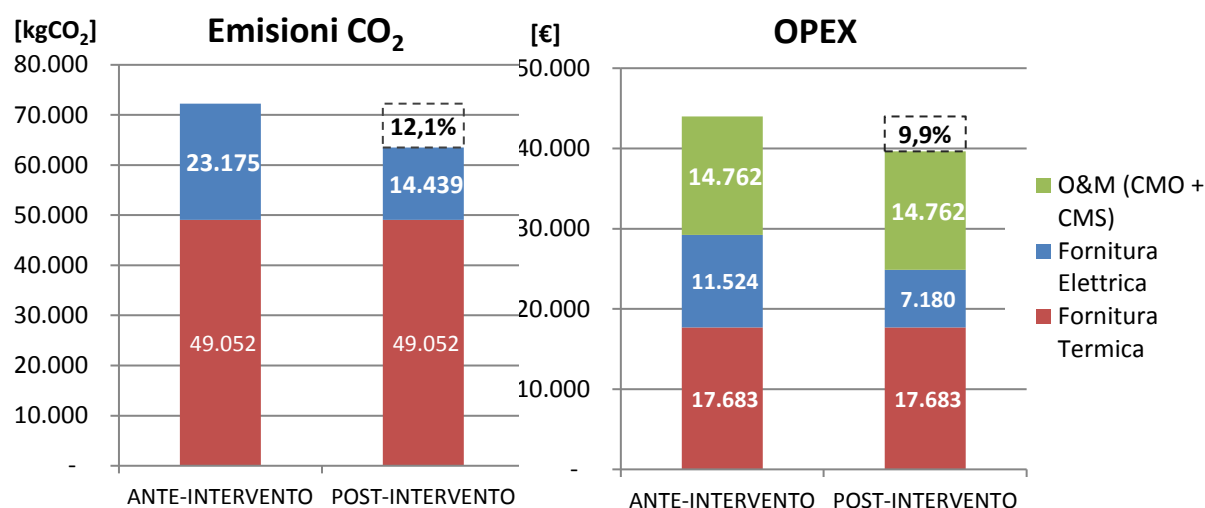
Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM6 sono riportati nella Tabella 8.6 e nella Figura 8.6.

Tabella 8.6 – Risultati analisi EEM6 – Installazione lampade a LED

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM6 Potenza lampade	[kW]	22.344	10.264	54,1%
$Q_{teorico}$	[kWh]	240.786	240.786	0,0%
$EE_{teorico}$	[kWh]	48.031	29.926	37,7%
$Q_{baseline}$	[kWh]	242.829	242.829	0,0%

EE _{Baseline}	[kWh]	49.626	30.920	37,7%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	49.052	49.052	0,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	23.175	14.439	37,7%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	72.227	63.491	12,1%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	17.683	17.683	0,0%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	11.524	7.180	37,7%
Fornitura Energia, C_E	[€]	29.207	24.863	14,9%
C _{MO}	[€]	11.662	11.662	0,0%
C _{MS}	[€]	3.100	3.100	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	14.762	14.762	0,0%
OPEX	[€]	43.969	39.625	9,9%
Classe energetica	[-]	F	F	0 classi

 Figura 8.6 – EEM6: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline


Acqua calda sanitaria

Non è stato previsto nessun intervento sulla sostituzione dei generatori di ACS in quanto il consumo di acqua calda sanitaria è relativamente ridotto data la destinazione d'uso dell'edificio.

9 VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA

9.1 ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

EEM1: Isolamento pareti verticali con cappotto esterno

Nella Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 1.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali sono stati quantificati come descritto dagli Allegati 1 e 2 del Decreto Mise del 16/05/2016.

In particolare, l'intervento di isolamento delle strutture opache verticali dall'esterno, di cui all'articolo 4, comma 1, lettera a), prevede una percentuale incentivata della spesa pari al 40%, un costo massimo ammissibile pari a 80 €/mq e un valore massimo dell'incentivo pari a 400.000 €.

La durata dell'incentivo è stata stimata pari ad un anno, come previsto dall'Art. 7, comma 5 del Decreto Mise del 16/05/2016.

Tabella 9.1 – Analisi dei costi della EEM1 – Cappotto esterno

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO	PREZZO	TOTALE	IVA	TOTALE
				UNITARIO PREZZARIO	UNITARIO SCONTATO	(IVA ESCLUSA)	[%]	(IVA INCLUSA)
				[€/m ² cm]	[€/m ² cm]	[€]	[%]	[€]
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	18.462	m2cm	€ 3,49	€ 3,17	€58.575,90	22%	€71.462,60
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	1.456	kg	€ 0,82	€ 0,75	€ 1.085,08	22%	€ 1.323,79
Collante cementizio per murature in cemento cellulare espanso.	Prezzario Regione Liguria	727,795	kg	€ 0,49	€ 0,45	€ 324,20	22%	€ 395,52
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	1.456	m2	€ 14,28	€ 12,98	€18.896,20	22%	€23.053,37
Scrostamento intonaco fino al vivo della muratura, esterno, su muratura di mattoni o calcestruzzo	Prezzario Regione Liguria	1455,59	m2	€ 7,26	€ 6,60	€ 9.606,89	22%	€11.720,41
Intonaco esterno in malta a base di calce idraulica strato aggrappante a base di calce idraulica naturale NHL 3,5 (EN459-1) e sabbie calcaree classificate, spessore 5 mm circa.	Prezzario Regione Liguria	1455,59	m2	€ 4,81	€ 4,37	€ 6.364,90	22%	€ 7.765,18
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 intonaco a cappotto con rete in fibra di vetro 4x4	Prezzario Regione Liguria	1455,59	m2	€ 23,79	€ 21,63	€31.480,44	22%	€38.406,14

da 150 gr/mq , spessore totale circa
mm 4.

Costi per la sicurezza	-	3%	%	€ 3.790,01	22%	€ 4.623,81
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%	€ 8.843,35	22%	€ 10.788,89
TOTALE (I₀ – EEM1)				€ 138.967	22%	€ 169.540
Incentivi	[Conto termico]					€58.223,60
Durata incentivi						1

EEM2: Isolamento esterno della copertura

Nella La realizzazione di tale intervento consentirebbe l’ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali sono stati quantificati come descritto dagli Allegati 1 e 2 del Decreto Mise del 16/05/2016.

In particolare, l’intervento di isolamento delle strutture opache orizzontali, di cui all’articolo 4, comma 1, lettera a), prevede una percentuale incentivata della spesa pari al 40%, un costo massimo ammissibile pari a 200 €/mq per l’isolamento dall’esterno della copertura e un valore massimo dell’incentivo pari a 400.000 €.

La durata dell’incentivo è stata stimata pari ad un anno, come previsto dall’Art. 7, comma 5 del Decreto Mise del 16/05/2016.

Tabella 9.2 e Tabella 9.3 è riportata l’analisi dei costi relativi alle EEM 2.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l’ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali sono stati quantificati come descritto dagli Allegati 1 e 2 del Decreto Mise del 16/05/2016.

In particolare, l’intervento di isolamento delle strutture opache orizzontali, di cui all’articolo 4, comma 1, lettera a), prevede una percentuale incentivata della spesa pari al 40%, un costo massimo ammissibile pari a 200 €/mq per l’isolamento dall’esterno della copertura e un valore massimo dell’incentivo pari a 400.000 €.

La durata dell’incentivo è stata stimata pari ad un anno, come previsto dall’Art. 7, comma 5 del Decreto Mise del 16/05/2016.

Tabella 9.2 – Analisi dei costi della EEM2 – Copertura S1

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	PREZZO UNITARIO	TOTALE	IVA	TOTALE
				PREZZARIO	SCONTATO	(IVA ESCLUSA)	A	(IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ²]	[€/n° o €/m ²]	[€]	[%]	[€]
Preparazione copertura	Prezziario Regione Liguria	514,05	m2	€ 6,88	€ 6,25	€3.215,15	22 %	€3.922,48
Fornitura materiale impermeabilizzante	Prezziario Regione Liguria	514,05	m2	€ 5,11	€ 4,65	€ 2.388,00	22 %	€ 2.913,36
Posa in opera materiale impermeabilizzante	Prezziario Regione Liguria	514,05	m2	€ 11,81	€ 10,74	€ 5.519,03	22 %	€ 6.733,21
Fornitura materiale isolante (XPS 0.038 W/mK - spessore 2-3-4-5-6)	Prezziario Regione Liguria	514,05	m2	€ 15,00	€ 13,64	€ 7.009,77	22 %	€ 8.551,92

Posa in opera materiale isolante	Prezziario Regione Liguria	514,05	m2	€ 6,68	€ 6,07	€ 3.121,69	22 %	€ 3.808,46
Fornitura tessuto non tessuto	Prezziario Regione Liguria	514,05	m2	€ 2,44	€ 2,22	€ 1.140,26	22 %	€ 1.391,11
Posa in opera tessuto non tessuto	Prezziario Regione Liguria	514,05	m2	€ 4,98	€ 4,53	€ 2.327,24	22 %	€ 2.839,24
Fornitura piastrelle cemento	Prezziario Regione Liguria	514,05	m2	€ 12,40	€ 11,27	€ 5.794,75	22 %	€ 7.069,59
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.	Prezziario Regione Liguria	201,6871	m2	€ 14,28	€ 12,98	€ 2.618,27	22 %	€ 3.194,28
Noleggio del ponteggio dopo il primo mese	Prezziario Regione Liguria	0	mes e m2	€ 1,32	€ 1,20	€ -	22 %	€ -
Costi per la sicurezza	-	3%	%			994,024276	22 %	€ 1.212,71
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			2319,389977	22 %	€ 2.829,66
TOTALE (I₀ – EEM2)						€ 36.448	22 %	€ 44.466
Incentivi	[Conto termico]							€ 17.786,41
Durata incentivi								1

Tabella 9.3 – Analisi dei costi della EEM2 – Copertura S2

DESCRIZIONE	FONTE 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]	[€]	[%]	[€]
Preparazione copertura	Prezziario Regione Liguria	993,99	m2	€ 6,88	€ 6,25	€ 6.216,96	22%	€ 7.584,69
Fornitura materiale impermeabilizzante	Prezziario Regione Liguria	993,99	m2	€ 5,11	€ 4,65	€ 4.617,54	22%	€ 5.633,39
Posa in opera materiale impermeabilizzante	Prezziario Regione Liguria	993,99	m2	€ 11,81	€ 10,74	€ 10.671,84	22%	€ 13.019,64
Fornitura materiale isolante (XPS 0.038 W/mK - spessore 2-3-4-5-6)	Prezziario Regione Liguria	993,99	m2	€ 15,00	€ 13,64	€ 13.554,41	22%	€ 16.536,38
Posa in opera materiale isolante	Prezziario Regione Liguria	993,99	m2	€ 6,68	€ 6,07	€ 6.036,23	22%	€ 7.364,20
Fornitura tessuto non tessuto	Prezziario Regione Liguria	993,99	m2	€ 2,44	€ 2,22	€ 2.204,85	22%	€ 2.689,92
Posa in opera tessuto non tessuto	Prezziario Regione Liguria	993,99	m2	€ 4,98	€ 4,53	€ 4.500,06	22%	€ 5.490,08
Fornitura piastrelle cemento	Prezziario Regione Liguria	993,99	m2	€ 12,40	€ 11,27	€ 11.204,98	22%	€ 13.670,07

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	1015,18 38	m2	€ 14,28	€ 12,98	€ 13.178,93	22%	€ 16.078,30
Noleggio del ponteggio dopo il primo mese	0	mes e m2	€ 1,32	€ 1,20	€ -	22%	€ -
Costi per la sicurezza	-	3%	%		€ 2.165,57	22%	€ 2.642,00
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%		€ 5.053,01	22%	€ 6.164,67
TOTALE (I₀ – EEM2)					€ 79.404	22%	€ 96.873
Incentivi							€ 38.749,33
Durata incentivi							1

La somma complessiva del costo dei due interventi sull'isolamento della copertura dell'edificio è di **€141.339** con incentivi di **€56.536**.

EEM3: Sostituzione degli infissi

Nella Tabella 9.4 **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 3.

La realizzazione di tale intervento singolo, non essendo l'impianto di riscaldamento dell'edificio dotato di valvole termostatiche, non consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0.

Tabella 9.4– Analisi dei costi della EEM3 – Sostituzione degli infissi

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	PREZZO UNITARIO	TOTALE	IVA	TOTALE
				PREZZARIO	SCONTATO	(IVA ESCLUSA)	IVA	(IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ²]	[€/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	733,12	m2	€ 39,61	€ 36,01	€ 26.398,98	22%	€ 32.206,76
Finestra o portafinestra in PVC completa di vetrocamera, qualità media, con valore massimo di trasmittanza U=2,8 W/m ² K, controtelaio escluso, misurazione minima per serramento m ² 1,0 apertura ad una o due ante o a vasistas	Prezzario Regione Liguria	733,12	m2	€ 328,90	€ 299,00	€ 219.202,88	22%	€ 267.427,51
Controtelaio per finestre, portefinestre e simili, in legno.	Prezzario Regione Liguria	108,3048	m	€ 7,59	€ 6,90	€ 747,30	22%	€ 911,71
Trasporto eseguito con autocarro, motocarro o simili, della portata fino a 1000 kg, di materiali di risulta da scavi e/o demolizioni, per ogni km del tratto entro i primi 5. Misurato in banco	Prezzario Regione Liguria	109,968	m3	€ 11,77	€ 10,70	€ 1.176,66	22%	€ 1.435,52
Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 7.425,77	22%	€ 9.059,45
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 17.326,81	22%	€ 21.138,71

TOTALE (I₀ – EEM3)

€ 272.278 22% € 332.180

EEM4: Installazione di valvole termostatiche complete di collegamenti sui radiatori

Nella Tabella 9.5 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 4.

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

Tabella 9.5– Analisi dei costi della EEM4 – Installazione valvole termostatiche

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]	[€]	[%]	[€]
Valvole micrometriche a squadra complete di testa termostatica con elemento sensibile a gas: Ø 15 mm	Prezzario Regione Liguria	208	cad	€ 35,42	€ 32,20	€ 6.697,60	22%	€ 8.171,07
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	1	cad	€ 4.587,21	€ 4.170,19	€ 4.170,19	22%	€ 5.087,63
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 80 mm fino a 100 mm	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 97,34	€ 88,49	€ 88,49	22%	€ 107,96
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	72	h	€ 31,88	€ 28,98	€ 2.096,35	22%	€ 2.557,55
Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 392,20	22%	€ 478,48
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 915,13	22%	€ 1.116,46
TOTALE (I₀ – EEM4)						€ 14.381	22%	€ 17.544

EEM5: Installazione caldaia a condensazione

Nella La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali sono stati quantificati come descritto dagli Allegati 1 e 2 del Decreto Mise del 16/05/2016.

In particolare, l'intervento di isolamento di sostituzione della caldaia con un generatore di calore a condensazione, di cui all'articolo 4, comma 1, lettera c), prevede una percentuale incentivata della spesa pari al 40%, un costo massimo ammissibile pari a 130 €/kWh e un valore massimo dell'incentivo pari a 40.000 €.

La durata dell'incentivo è stata stimata pari ad un anno, come previsto dall'Art. 7, comma 5 del Decreto Mise del 16/05/2016.

Tabella 9.6 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 5.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali sono stati quantificati come descritto dagli Allegati 1 e 2 del Decreto MISE del 16/05/2016.

In particolare, l'intervento di isolamento di sostituzione della caldaia con un generatore di calore a condensazione, di cui all'articolo 4, comma 1, lettera c), prevede una percentuale incentivata della spesa pari al 40%, un costo massimo ammissibile pari a 130 €/kWh e un valore massimo dell'incentivo pari a 40.000 €.

La durata dell'incentivo è stata stimata pari ad un anno, come previsto dall'Art. 7, comma 5 del Decreto MISE del 16/05/2016.

Tabella 9.6 – Analisi dei costi della EEM5 – Caldaia a condensazione

DESCRIZIONE	FONTE 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 europee, bruciatore modulante con testata metallica ad irraggiamento, compreso il pannello di comando montato sul mantello di rivestimento, della potenza termica nominale di: 590 Kw circa	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 31.024,13	€ 28.203,75	€ 28.203,75	22%	€ 34.408,58
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 80 mm	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 134,09	€ 121,90	€ 121,90	22%	€ 148,72
Accessori per caldaie a condensazione: Tubi Ø 80mm della lunghezza 1 m	Prezzario Regione Liguria	10	cad	€ 21,13	€ 19,21	€ 192,09	22%	€ 234,35
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 > 500 e Pn <= 700	Prezzario CCIAA RE	1	cad	€ 4.067,25	€ 3.697,50	€ 3.697,50	22%	€ 4.510,95
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 elettrico	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 29,71	€ 27,01	€ 27,01	22%	€ 32,95
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	16	h	€ 34,41	€ 31,28	€ 500,51	22%	€ 610,62

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	70	m ³ km	€ 4,72	€ 4,29	€ 300,36	22%	€ 366,44
Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 1.036,22	22%	€ 1.264,19
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 2.417,86	22%	€ 2.949,79
TOTALE (I₀ – EEM5)						€ 37.995	22%	€ 46.354
Incentivi	[Conto termico]							€ 18.542
Durata incentivi								1
Incentivo annuo								€ 18.542

EEM6: Lampade LED

Nella La realizzazione di tale intervento consentirebbe l’ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali sono stati quantificati come descritto dagli Allegati 1 e 2 del Decreto Mise del 16/05/2016.

In particolare, l’intervento di sostituzione di corpi illuminanti con lampade a LED, di cui all’articolo 4, comma 1, lettera f), prevede una percentuale incentivata della spesa pari al 40%, un costo massimo ammissibile pari a 35 €/mq e un valore massimo dell’incentivo pari a 70.000 €.

La durata dell’incentivo è stata stimata pari ad un anno, come previsto dall’Art. 7, comma 5 del Decreto Mise del 16/05/2016.

Tabella 9.7 è riportata l’analisi dei costi relativi alle EEM 6.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l’ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali sono stati quantificati come descritto dagli Allegati 1 e 2 del Decreto Mise del 16/05/2016.

In particolare, l’intervento di sostituzione di corpi illuminanti con lampade a LED, di cui all’articolo 4, comma 1, lettera f), prevede una percentuale incentivata della spesa pari al 40%, un costo massimo ammissibile pari a 35 €/mq e un valore massimo dell’incentivo pari a 70.000 €.

La durata dell’incentivo è stata stimata pari ad un anno, come previsto dall’Art. 7, comma 5 del Decreto Mise del 16/05/2016.

Tabella 9.7– Analisi dei costi della EEM6 – Lampade LED

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO	PREZZO	TOTALE	TOTALE	
				UNITARIO PREZZARIO	UNITARIO SCONTATO	(IVA ESCLUSA)	IVA (IVA INCLUSA)	
				[€/n° o €/m ²]	[€/n° o €/m ²]	[€]	[%]	
Plafoniera stagna rettangolare, corpo in policarbonato autoestinguente, schermo in policarbonato autoestinguente trasparente prismatico internamente, per installazione a parete, plafone o a sospensione, apparecchio con grado di protezione IP 66, lampade LED temperatura di colore 4000 K,	DEI Imp. Ele. 2017	21	cad	€ 156,66	€ 142,42	€ 2.990,78	22%	€ 3.648,75

alimentazione 230 V c.a.: bilampada:
lunghezza 1.300 mm, 36 W, 5.830 lm

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	182	cad	€ 98,61	€ 89,65	€ 16.315,47	22%	€ 19.904,88
Plafoniera stagna rettangolare, corpo in policarbonato autoestinguente, schermo in policarbonato autoestinguente trasparente prismatico 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 1.600 mm, 48 W, 7.780 lm	DEI Imp. Ele. 2017	57	cad	€ 185,06	€ 168,24	€ 9.589,47	22%	€ 11.699,16
Lampada a led, alimentazione 230 V c.a.: tubolari T8, attacco G13, fascio luminoso 270°: potenza 25 W, temperatura di colore 4000 K o 6500 K, 2.200 lm, lunghezza 1.500 mm		108	cad	€ 20,15	€ 18,32	€ 1.978,36	22%	€ 2.413,60
Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 926,22	22%	€ 1.129,99
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 2.161,19	22%	€ 2.636,65
TOTALE (I₀ – EEM6)						€ 33.962	22%	€ 41.433
Incentivi	[Conto termico]							€ 16.573,21
Durata incentivi								1

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 EEM 1 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

Tabella 9.8– Risultati dell’analisi di convenienza della EEM1– Isolamento pareti verticali con cappotto esterno

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€ 169.540
Oneri Finanziari % I_0	OF	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	3
Vita utile	n	30
Incentivo annuo	B	€/anno 58.224
Durata incentivo	n_B	1
Tasso di attualizzazione	i	3,5%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO	VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRs 46,9	30,8
Tempo di rientro attualizzato	TRa 70,6	40,2
Valore attuale netto	VAN - 100.384	44.400
Tasso interno di rendimento	TIR -3,2%	-0,3%
Indice di profitto	IP -0,59	-0,26

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

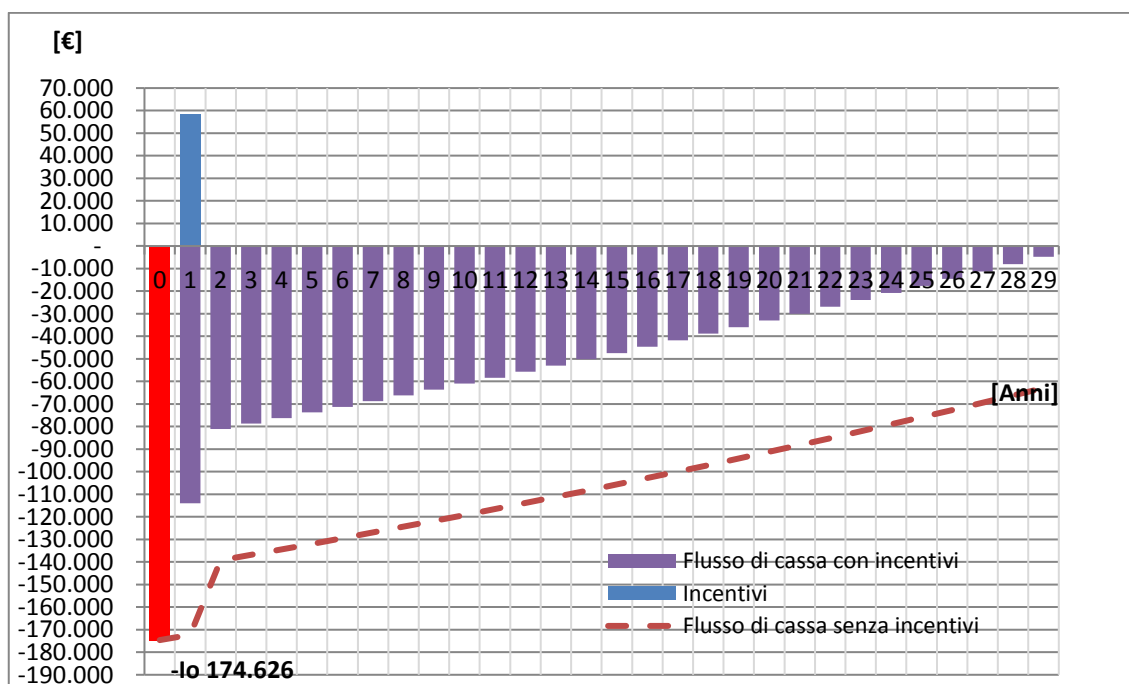
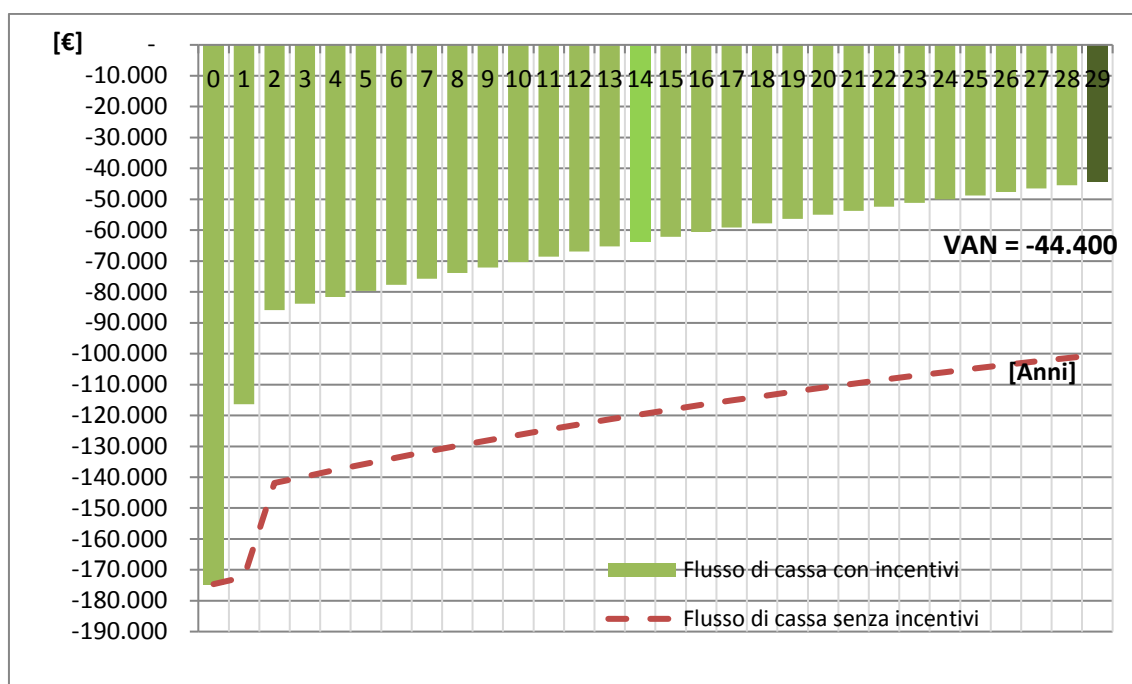


Figura 9.2 – EEM1: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento singolo non risulta essere economicamente conveniente. Tuttavia, tale intervento è stato comunque valutato nella successiva costruzione degli scenari poiché, in combinazione con altre EEM, potrebbe richiedere investimenti minori grazie alla minore potenzialità richiesta ed inoltre potrebbe far accedere ad una percentuale di incentivazione maggiore se combinato con altri interventi sull’involucro.

EEM2: Isolamento esterno della copertura

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

Tabella 9.9– Risultati dell’analisi di convenienza della EEM2– Isolamento esterno della copertura

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE	
Investimento Iniziale	I ₀	€ 141.339	
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 56.536	
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	45,6	26,8
Tempo di rientro attualizzato	TRA	68,9	37,1
Valore attuale netto	VAN	- 82.193	- 27.832
Tasso interno di rendimento	TIR	-3,0%	0,6%
Indice di profitto	IP	-0,58	-0,20

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

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

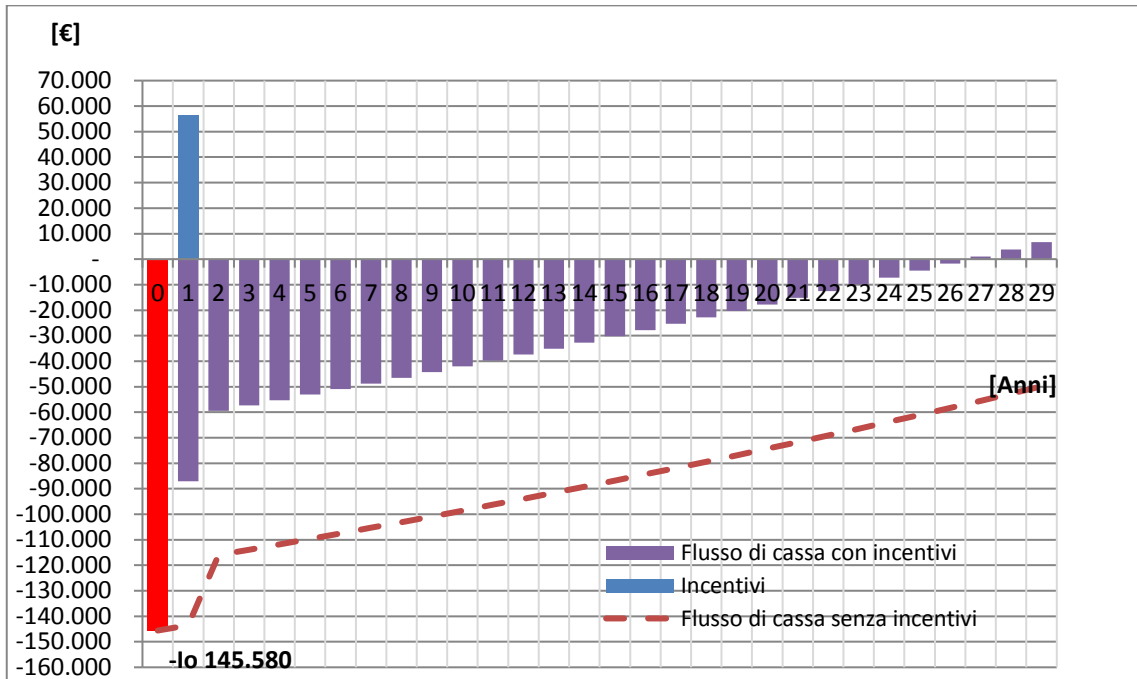
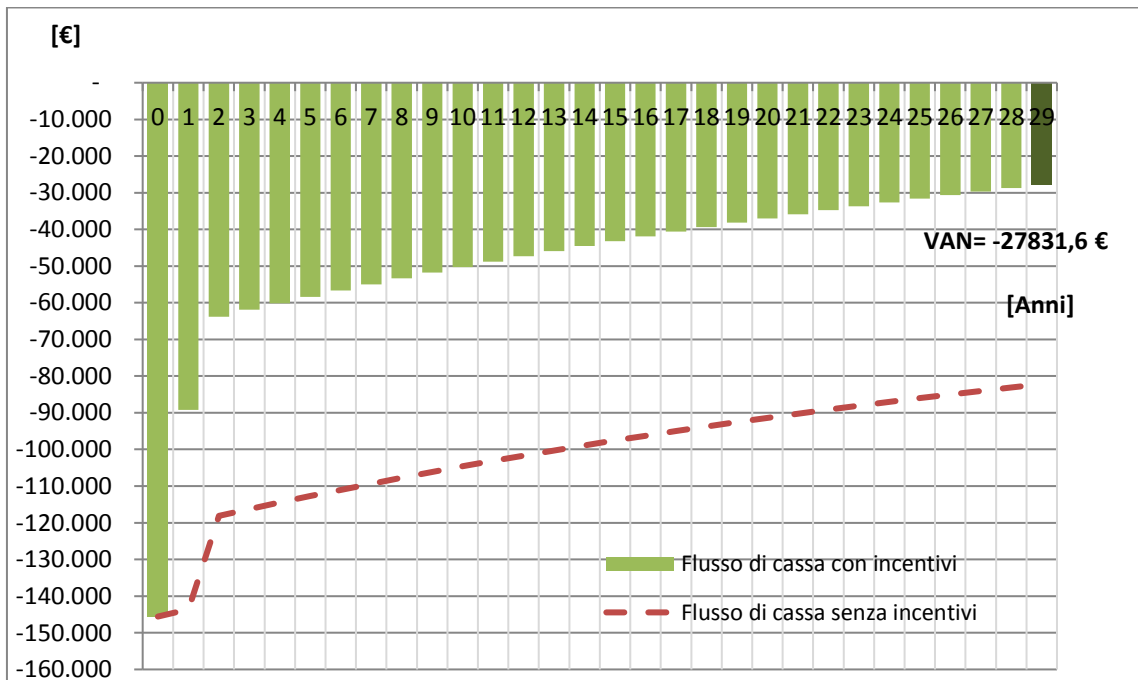


Figura 9.4 – EEM2: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



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

EEM3: Sostituzione degli infissi

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

Tabella 9.10 - Risultati dell'analisi di convenienza della EEM3– Sostituzione degli infissi

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€ 332.180
Oneri Finanziari % I_0	OF	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	3
Vita utile	n	30
Incentivo annuo	B	€/anno -
Durata incentivo	n_B	1
Tasso di attualizzazione	i	3,5%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO	VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRs 36,7	36,7
Tempo di rientro attualizzato	TRa 57,0	57,0
Valore attuale netto	VAN - 162.023	- 162.023
Tasso interno di rendimento	TIR -1,5%	-1,5%
Indice di profitto	IP -0,49	-0,49

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

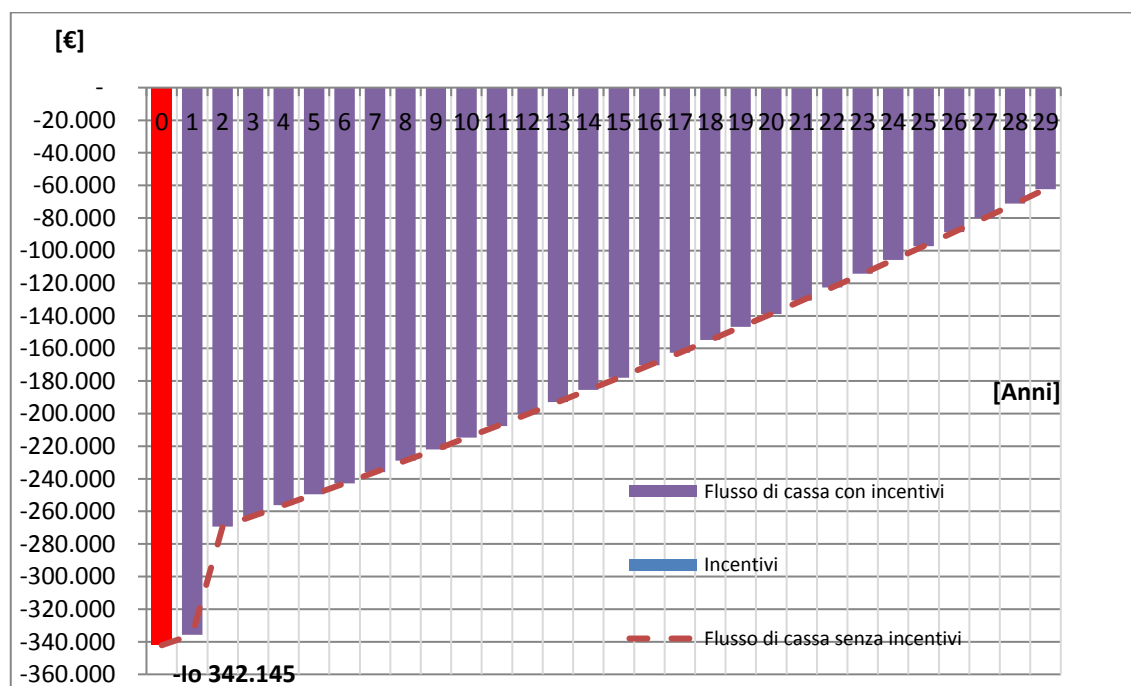
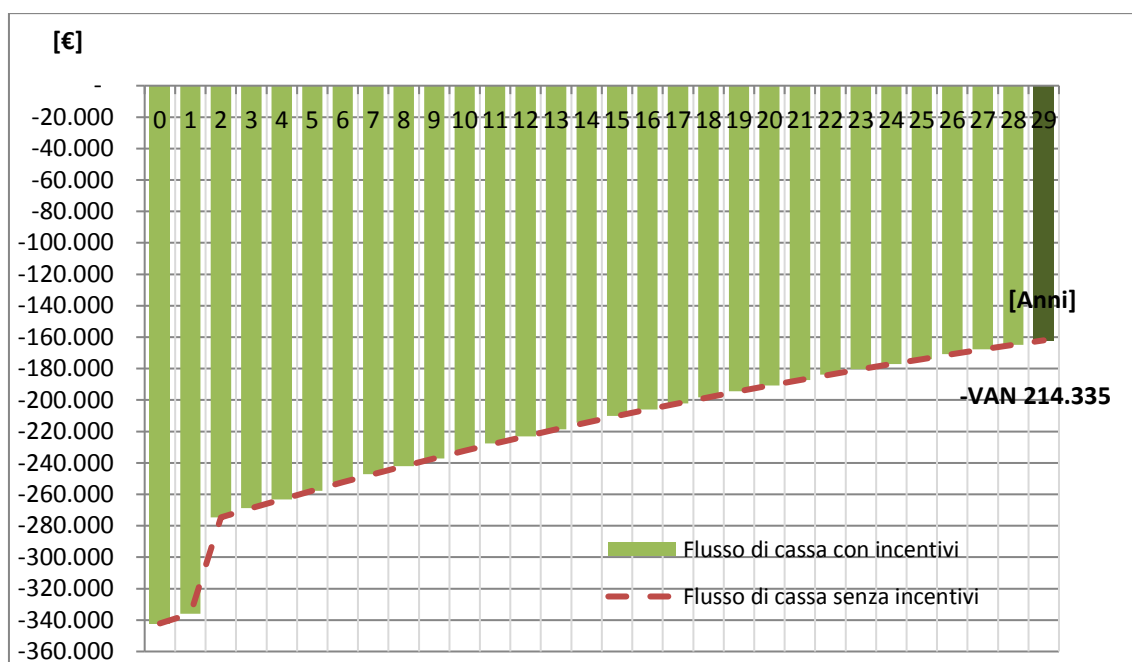


Figura 9.6 – EEM3: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



L'intervento singolo di sostituzioni serramenti non prevede incentivi da conto termico.

Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento singolo non risulta essere economicamente conveniente. Tale intervento è stato comunque valutato, sia perché la condizione dei serramenti nella fase di intervista al personale durante il sopralluogo è risultata essere causa di discomfort, sia perché la combinazione con altre EEM potrebbe dare ulteriori benefici.

EEM4: Installazione di valvole termostatiche complete di collegamenti sui radiatori

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

Tabella 9.11– Risultati dell'analisi di convenienza della EEM4– Isolamento pareti verticali con cappotto esterno

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE	
Investimento Iniziale	I_0	€	17.544
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	15
Incentivo annuo	B	€/anno	-
Durata incentivo	n_B	anni	1
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	1,7	1,7
Tempo di rientro attualizzato	TRA	1,9	1,9
Valore attuale netto	VAN	83.408	83.408
Tasso interno di rendimento	TIR	53,2%	53,2%
Indice di profitto	IP	4,75	4,75

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

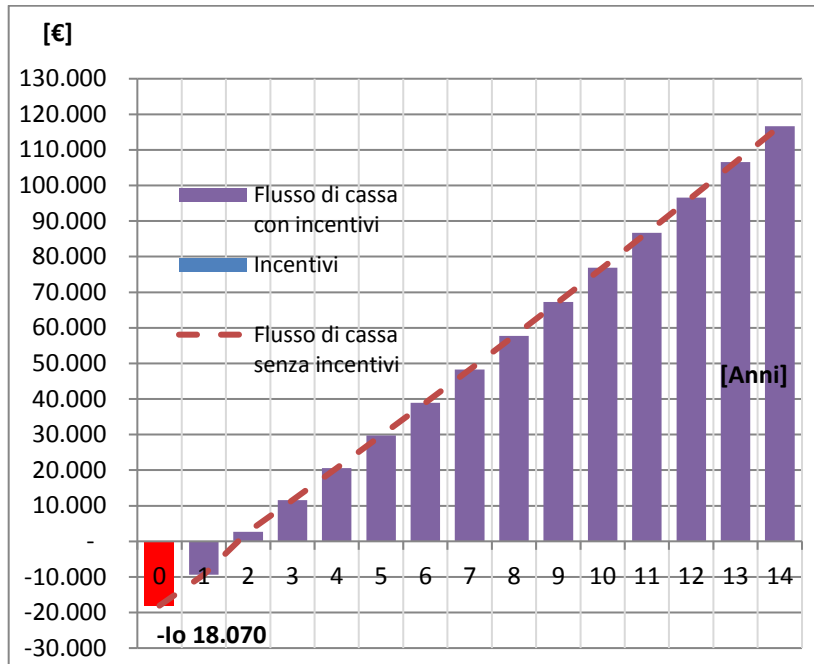
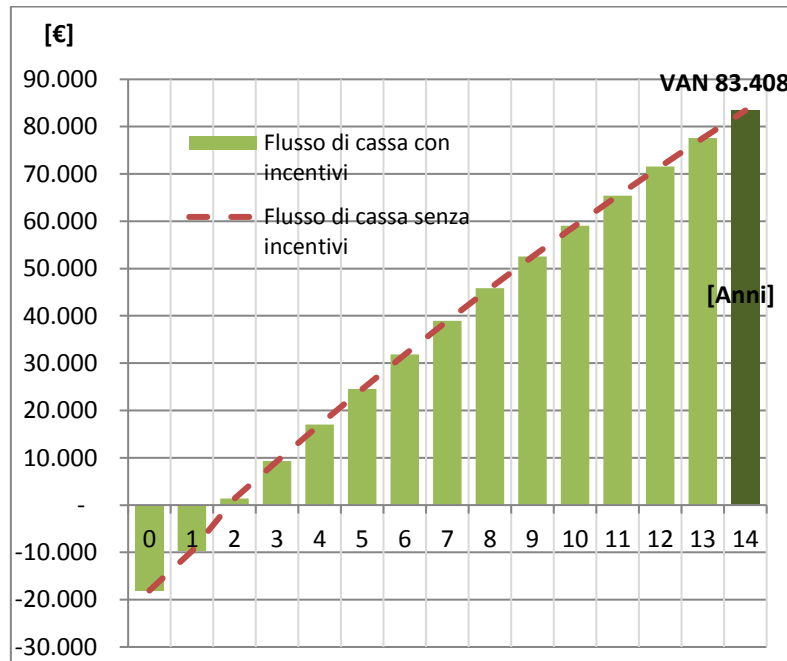


Figura 9.8 – EEM4: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento singolo risulta essere economicamente conveniente e con un tempo di ritorno semplice di soli due anni.

EEM5: Installazione caldaia a condensazione

L’analisi di convenienza effettuata per la EEM 5 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

Tabella 9.12– Risultati dell’analisi di convenienza della EEM5– Isolamento pareti verticali con cappotto esterno

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
-----------------------	------	--------

Investimento Iniziale	I_0	€	46.354
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	15
Incentivo annuo	B	€/anno	18.542
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	17,7	9,7
Tempo di rientro attualizzato	TRA	22,6	12,9
Valore attuale netto	VAN	- 15.993	1.836
Tasso interno di rendimento	TIR	-2,5%	5,0%
Indice di profitto	IP	-0,35	0,04

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

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

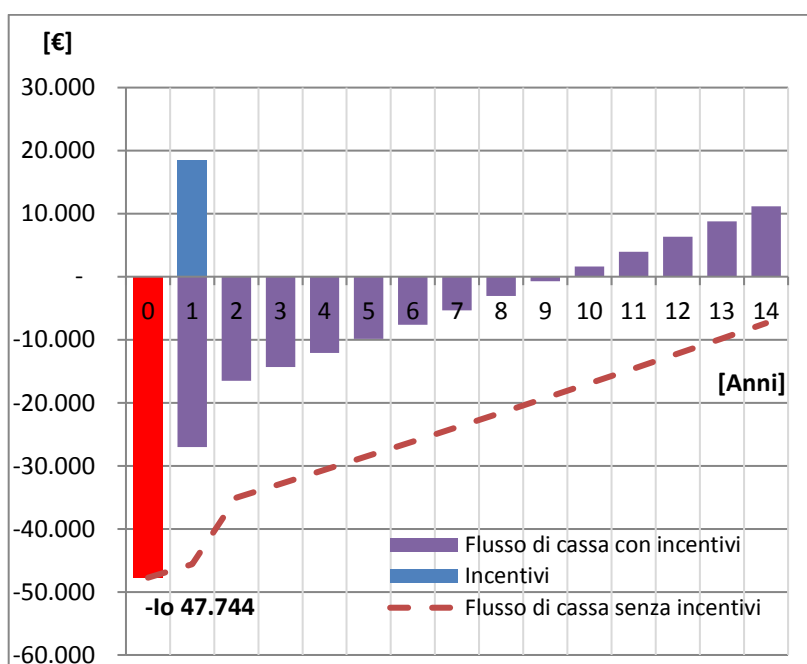
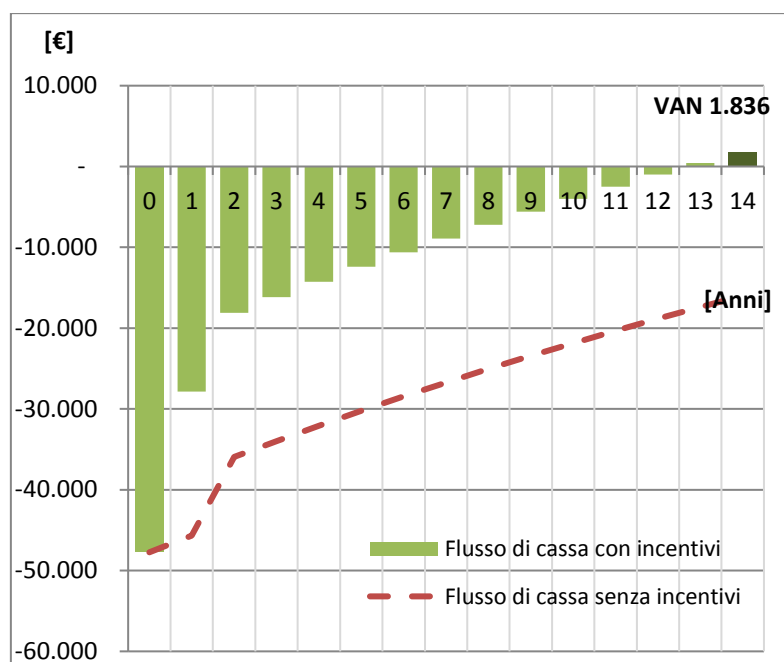


Figura 9.10 – EEM5: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento singolo risulta essere economicamente conveniente. Inoltre, tale intervento è stato comunque valutato nella successiva costruzione degli scenari poiché, in combinazione con altre EEM, potrebbe richiedere investimenti minori grazie alla minore potenzialità richiesta ed inoltre potrebbe far accedere ad una percentuale di incentivazione maggiore se combinato con altri interventi sull’involucro.

EEM6: Lampade LED

L’analisi di convenienza effettuata per la EEM 6 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

Tabella 9.13– Risultati dell’analisi di convenienza della EEM6– Isolamento pareti verticali con cappotto esterno

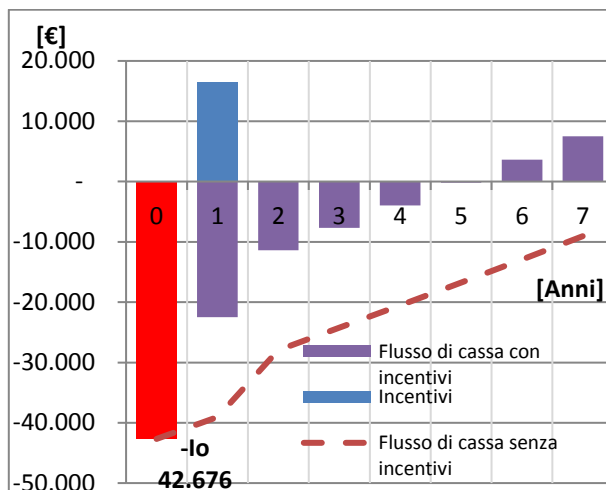
PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE	
Investimento Iniziale	I_0	€	41.433
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	8
Incentivo annuo	B	€/anno	16.573
Durata incentivo	n_B	anni	1
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	10,2	5,5
Tempo di rientro attualizzato	TRA	11,7	6,6
Valore attuale netto	VAN	- 13.386	2.550
Tasso interno di rendimento	TIR	-6,2%	6,4%
Indice di profitto	IP	-0,32	0,06

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

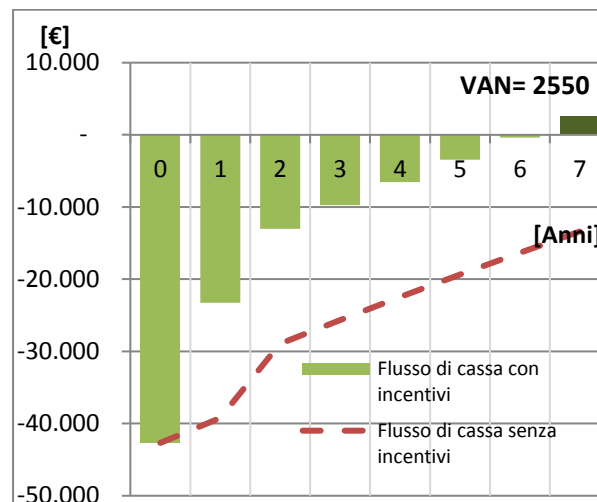
Figura 9.11 –EEM6: Flussi di Cassa, con e senza

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

incentivi



senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento singolo risulta essere economicamente conveniente solo nel caso in cui vi siano incentivi da Conto termico.

Sintesi

La sintesi della valutazione economico – finanziaria delle EEM proposte è riportata nelle Tabella 9.14 e Tabella 9.15.

Tabella 9.14– Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso senza incentivi

	SENZA INCENTIVI											
	% Δ_E	% Δ_{CO_2}	ΔC_E	ΔC_{MO}	ΔC_{MS}	I_0	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]
EEM 1	13,2%	10,8%	2.837			169.540	46,9	70,6	30	-100.384	-3,2%	-0,59
EEM 2	11,4%	9,4%	2.457			141.339	45,6	68,9	30	-82.193	-3,0%	-0,58
EEM 3	35,7%	29,4%	7.697			332.180	36,7	57,0	30	-162.023	-1,5%	-0,49
EEM 4	43,4%	35,8%	9.362	1.166		17.544	1,7	1,9	15	83.408	53,2%	4,75
EEM 5	7,2%	5,7%	1.442	1.166		46.354	17,7	22,6	15	-15.993	-2,5%	-0,35
EEM 6	6,4%	12,1%	4.344			41.433	10,2	11,7	8	-13.386	-6,2%	-0,32

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

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

Dall'analisi dei risultati emerge che gli unici interventi singoli economicamente convenienti senza incentivi sono quello di isolamento delle coperture e quello di installazione delle valvole termostatiche. In particolare, quest'ultimo, grazie ai grandi risparmi energetici conseguiti ed ai più bassi costi di investimento presenta tempi di ritorno dell'investimento brevi e un VAN pari a 86.186€.

Tabella 9.15 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso con incentivi

	CON INCENTIVI											
	% ΔE [%]	% ΔCO_2 [%]	ΔC_E [€/anno]	ΔC_{MO} [€/anno]	ΔC_{MS} [€/anno]	I_0 [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]
EEM 1	13,2%	10,8%	2.837			169.540	30,8	40,2	30	-44.400	-0,3%	-0,26
EEM 2	11,4%	9,4%	2.457			141.339	26,8	37,1	30	-27.832	0,6%	-0,20
EEM 3 (*)	35,7%	29,4%	7.697			332.180	36,7	57,0	30	-162.023	-1,5%	-0,49
EEM 4 (*)	43,4%	35,8%	9.362	1.166		17.544	1,7	1,9	15	83.408	53,2%	4,75
EEM 5	7,2%	5,7%	1.442	1.166		46.354	9,7	12,9	15	1.836	5,0%	0,04
EEM 6	6,4%	12,1%	4.344			41.433	5,5	6,6	8	2.550	6,4%	0,06

Nota(*): questi interventi non prevedono incentivi da Conto termico

Dall'analisi dei risultati emerge che l'intervento con indici economici migliori è quello di installazione delle valvole termostatiche pur non prevedendo incentivi.

9.2.1 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 sarà verificato un tempo di ritorno semplice, TRS \leq 15 anni;
- Scenario ottimale 2, (SCN2), per il quale è sarà verificato un tempo di ritorno semplice, TRS \leq 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 (TRS < 15 anni) SCN1:** Tale scenario consiste nella realizzazione in combinazione di alcuni singoli interventi sopradescritti: EEM4 e EEM5.
- **Scenario 2 (TRS < 25 anni) SCN2:** Tale scenario consiste nella realizzazione in combinazione di alcuni singoli interventi sopradescritti: EEM1, EEM4, EEM5 e EEM6.

9.2.2 Scenario 1: TRS < 15 anni

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

EEM4: Installazione di valvole termostatiche complete di collegamenti sui radiatori

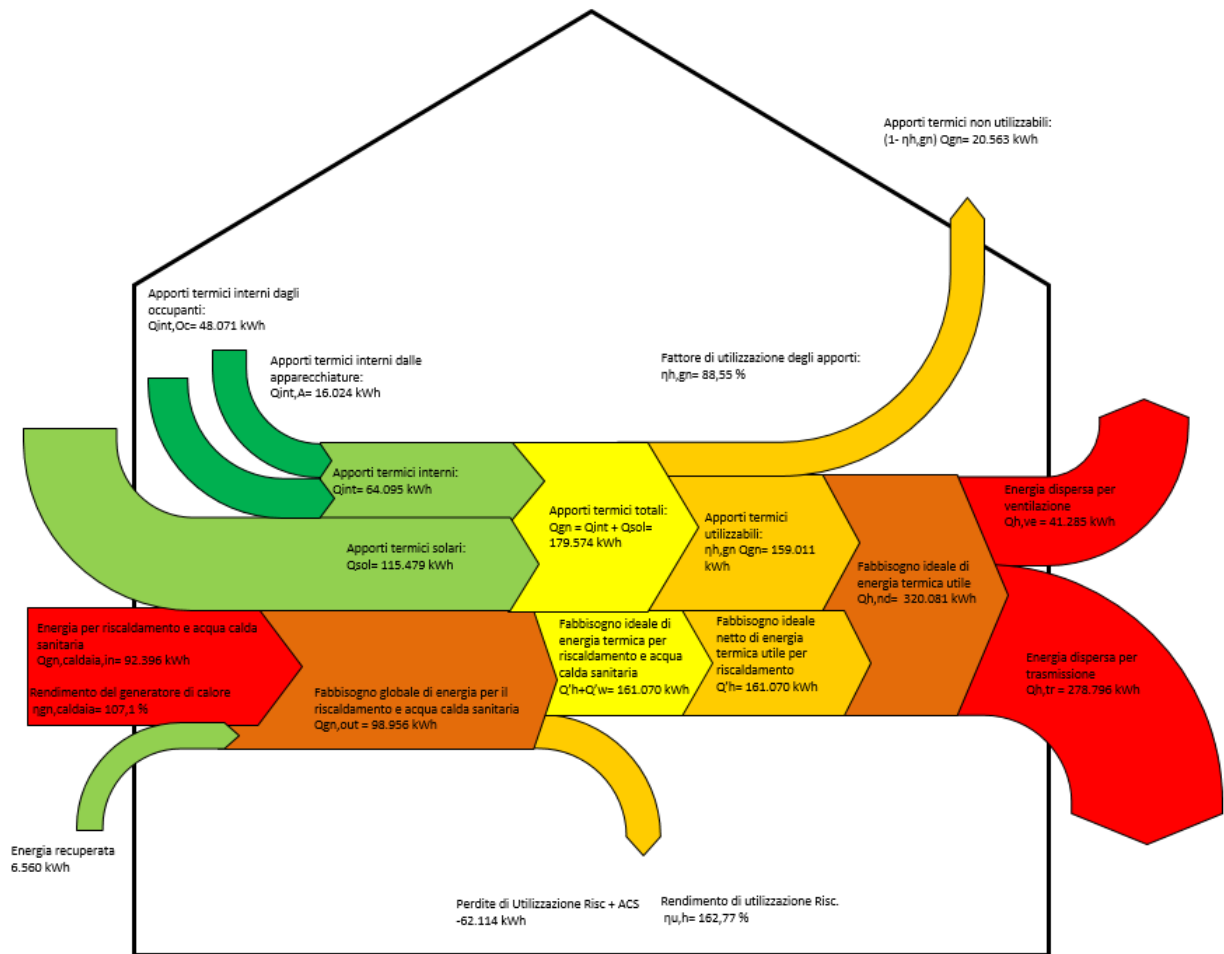
EEM5: Installazione caldaia a condensazione

Tabella 9.16 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 1

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA AL 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM4 Fornitura & Posa	13.073	2.876	15.949
EEM5 Fornitura & Posa	18.213	4.007	22.220
Costi per la sicurezza	939	206	1.145
Costi per la progettazione	2.190	482	2.672
TOTALE (I₀)	34.415	7.571	41.986
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	
		[€]	
Incentivi	[Conto termico]	9.777	
Durata incentivi		1 anno	
Incentivo annuo		9.777	

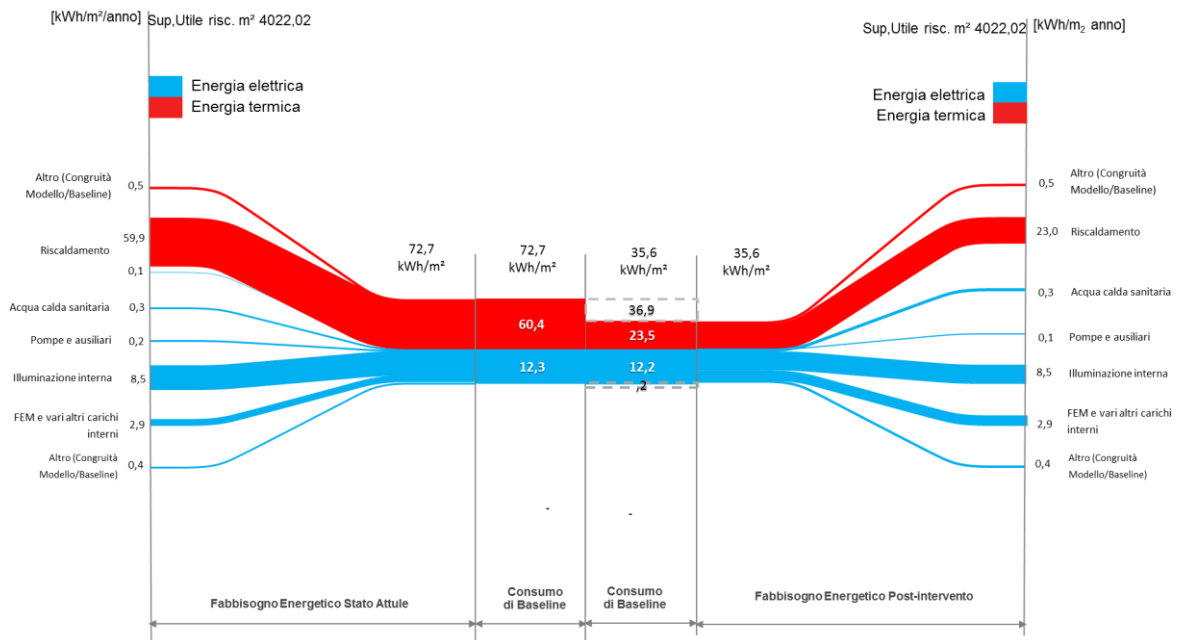
A seguito della modellazione dello scenario ottimale è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di sankey relativo alle situazioni post-intervento.

Figura 9.13 – SCN1: Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico post intervento



Dall'analisi dei diagrammi di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio post intervento è possibile notare che le quote parti di energia dispersa per trasmissione e ventilazione rappresentano, in egual misura, le componenti energetiche maggiormente disperdenti.

Figura 9.14 – SCN1: Bilancio energetico complessivo dell'edificio post intervento



I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella Tabella 9.123 e nella **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**

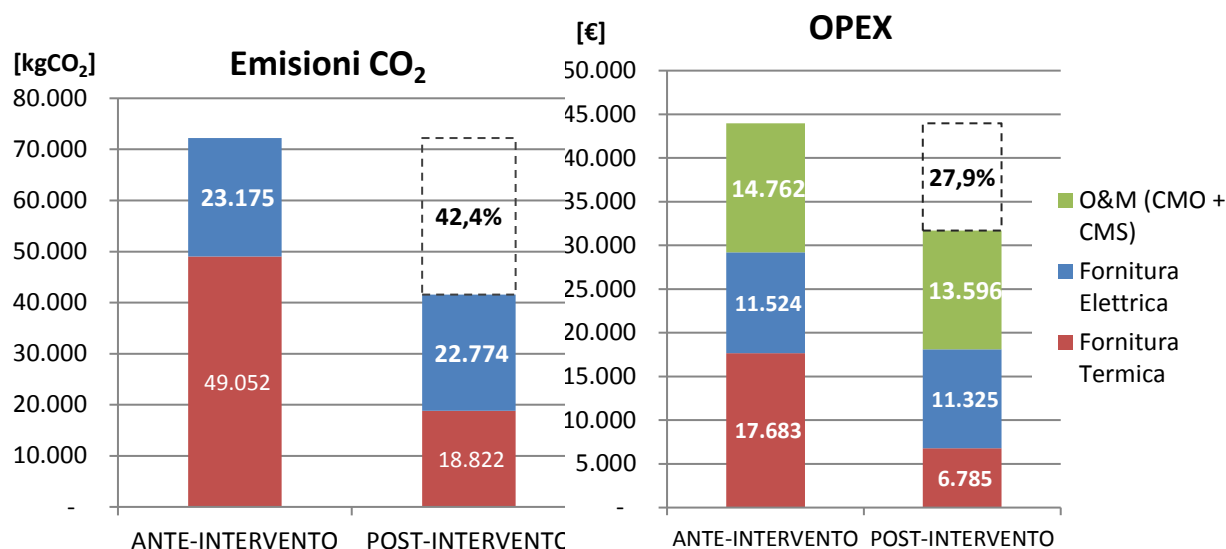
Tabella 9.17 – Risultati analisi SCN1

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EM4 Installazione valvole				
EM5 Sostituzione Caldaia	Rendimento generazione [%]	91,7	107,1	-16,8%
$Q_{teorico}$	[kWh]	240.786	92.396	61,6%
$EE_{teorico}$	[kWh]	48.031	47.201	1,7%
$Q_{baseline}$	[kWh]	242.829	93.180	61,6%
$EE_{baseline}$	[kWh]	49.626	48.768	1,7%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	49.052	18.822	61,6%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	23.175	22.774	1,7%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	72.227	41.597	42,4%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	17.683	6.785	61,6%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	11.524	11.325	1,7%
Fornitura Energia, C_E	[€]	29.207	18.110	38,0%
C_{MO}	[€]	11.662	10.496	10,0%
C_{MS}	[€]	3.100	3.100	0,0%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	14.762	13.596	7,9%
OPEX	[€]	43.969	31.706	27,9%
Classe energetica	[-]	F	D	+2 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: 0,073 [€/kWh] per il vettore termico e 0,232 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 9.15 – 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 9.18, Tabella 9.19, Tabella 9.20 e nelle successive figure.

Tabella 9.18 – 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	€	41.986
Oneri Finanziari (costi indiretti)	$\%Of$		3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€	1.260
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€	43.245
%CAPEX a Debito	D		80,0%
%CAPEX a Equity	E		20,00%
Debito	I_D	€	34.596
Equity	I_E	€	8.649
Fattore di annualità Debito	FA_D		8,30

Rata annua debito	q_D	€	4.167
Costo finanziamento, (D+INT _D)	$q_D * n_D$	€	41.673
Costi per interessi debito, INT _D	$INT_D = q_D * n_D - D$	€	7.077

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

PARAMETRI ECONOMICI			
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€	23.940
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€	9.559
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€	33.499
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€	-
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$		38,0%
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$		10,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$		5,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€	8.310
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€	1.675
Risparmio PA durante la concessione	14%	€	79.901
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€	12.027
N° di Canoni annuali	anni		14
Utile lordo della ESCO	%CAPEX		134,46%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	€	4.153
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€	505
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€	1.976
Canone O&M €/anno	C_{nM}	€	8.933
Canone Energia €/anno	C_{nE}	€	16.257
Canone Servizi €/anno IVA escl.	C_{nS}	€	25.189
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	C_{nD}	€	6.635
Canone Totale €/anno IVA escl.	C_n	€	31.824
Aliquota IVA %	IVA		22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€	7.571
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€	8.014
Durata Incentivi, anni	n_B		1
Inizio erogazione Incentivi, anno			2022

Tabella 9.20 – Risultati dell’analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN1

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE			Conviene
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.		4,52
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		5,02
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€	43.125
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC		21,64%
Indice di Profitto	IP		102,71%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE			Conviene
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.		1,7
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		1,7
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€	32.492
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke		113,42%
Debit Service Cover Ratio	DSCR > 1,3		1,830
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1		2,388

Figura 9.16 –SCN1: Flussi di cassa del progetto

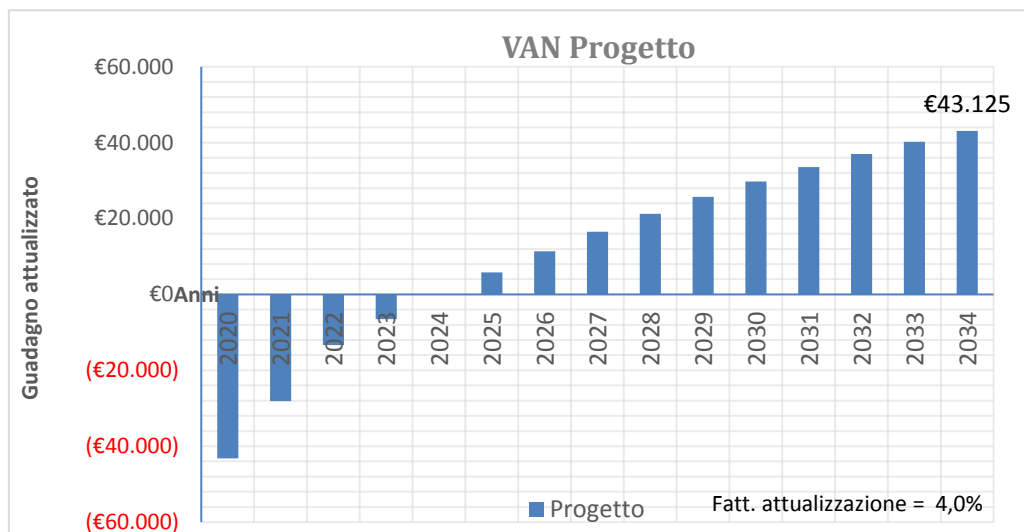
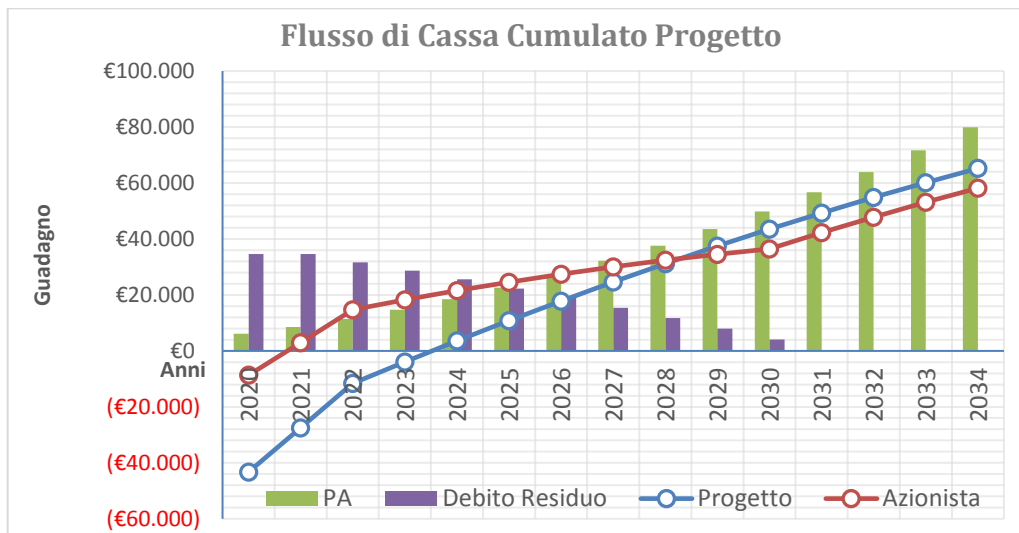
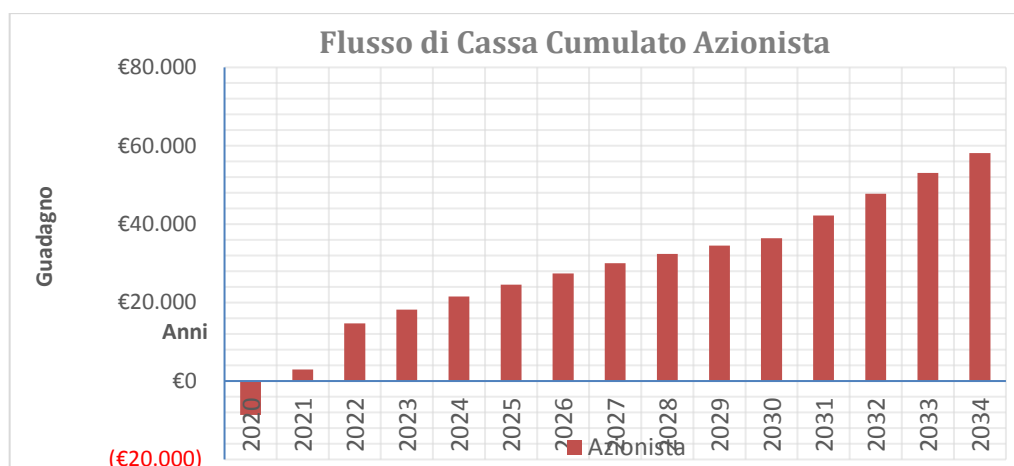


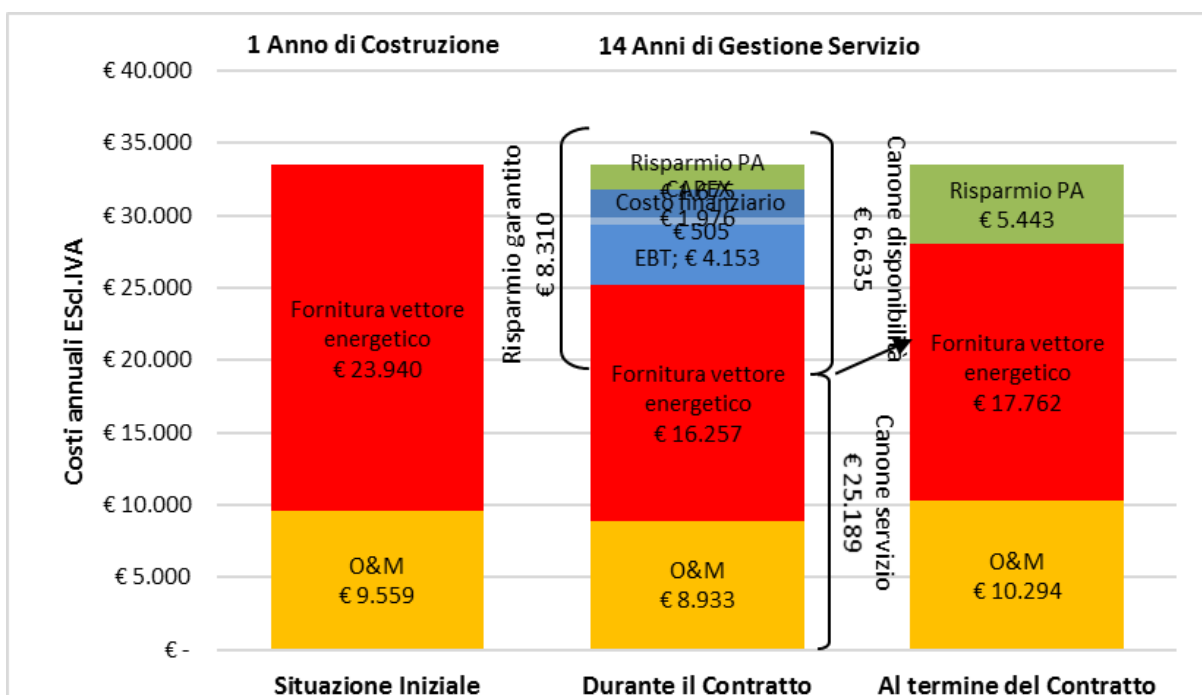
Figura 9.17 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



Dall’analisi effettuata è emerso che lo scenario risulta finanziariamente sostenibile in quanto l’indice DSCR presenta un valore maggiore di 1 e vicino a 1,3 e l’indice LLCR presenta un valore maggiore di 1.

Infine si è provveduto all’identificazione del possibile canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale con incentivi attraverso la partecipazione di ESCO secondo lo schema di EPC descritto in **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**

Figura 9.18 – Scenario 2: Schema di Energy Performance Contract



9.2.3 Scenario 2: TRS < 25 anni

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

EEM1: Isolamento pareti esterne

EEM4: Installazione di valvole termostatiche complete di collegamenti sui radiatori

EEM5: Installazione caldaia a condensazione

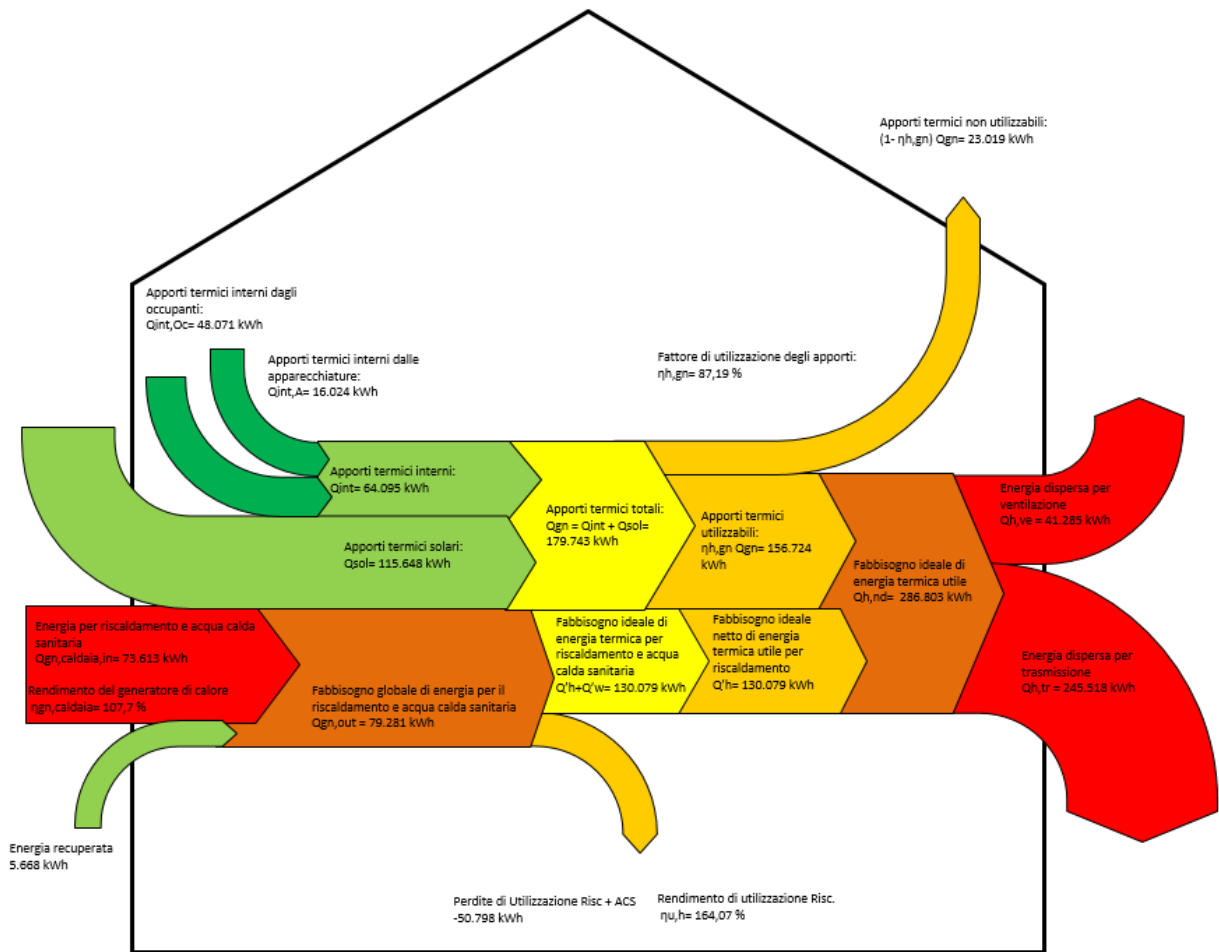
EEM6: Installazione lampade a LED

Tabella 9.21 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 2

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA AI 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 Fornitura & Posa	126.334	27.793	154.127
EEM4 Fornitura & Posa	13.073	2.876	15.949
EEM5 Fornitura & Posa	16.820	3.700	20.520
EEM6 Fornitura & Posa	30.874	6.792	37.666
Costi per la sicurezza	5.613	1.234	6.848
Costi per la progettazione	13.097	2.881	15.978
TOTALE (I₀)	€136.371	€30.002	€ 251.088
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	
		[€]	
Incentivi	[Conto termico]	109.045	
Durata incentivi		1 anno	
Incentivo annuo		109.045	

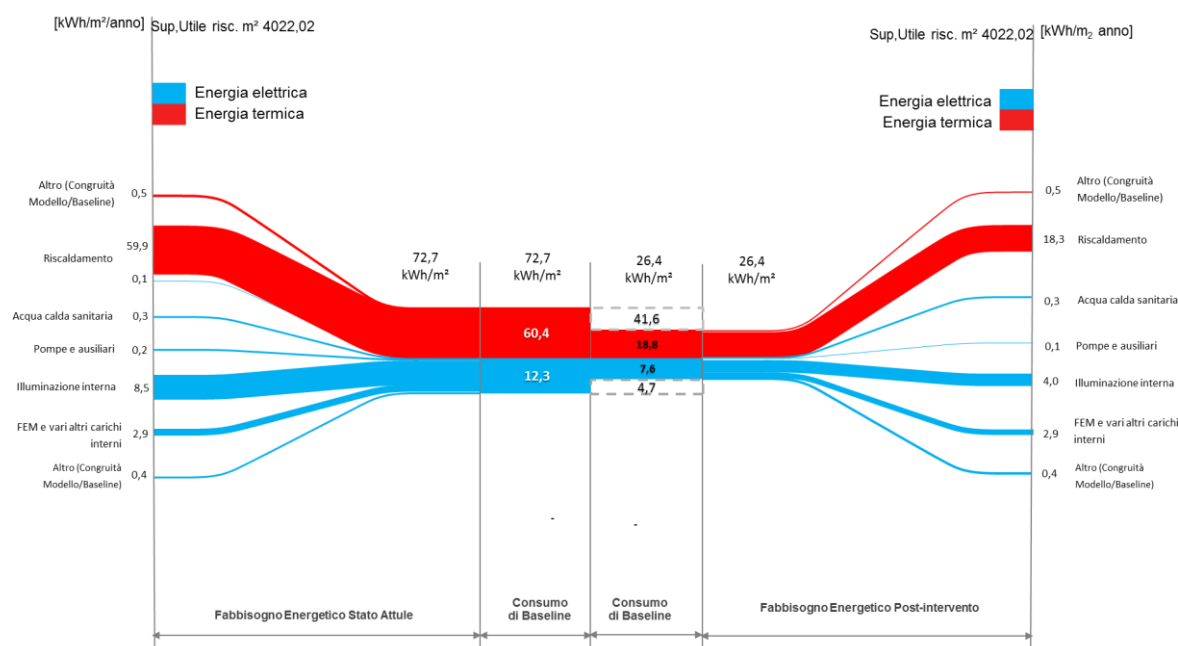
A seguito della modellazione dello scenario ottimale è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di sankey relativo alle situazioni post-intervento.

Figura 9.19 – SCN2: Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico post intervento



Dall'analisi dei diagrammi di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio post intervento è possibile notare che le quote parti di energia dispersa per trasmissione e ventilazione rappresentano, in egual misura, le componenti energetiche maggiormente disperdenti.

Figura 9.20 – SCN2: Bilancio energetico complessivo dell’edificio post intervento



I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione dello Scenario 2 sono riportati nella T e nella Figura 9.15. **Errore. L’origine riferimento non   stata trovata.**

Tabella 9.22 – Risultati analisi SCN2

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EM1 Cappotto pareti verticali	Trasmittanza [W/m²K]	Vedi Allegato E	<0,26	
EM4 Installazione valvole				
EM5 Sostituzione Caldaia	Rendimento generazione [%]	91,7	107,7	-17,4%
EM6 Installazione lampade a LED	Potenza installata [kW]	22.344	10.264	54,1%
Q _{teorico}	[kWh]	240.786	73.978	69,3%
EE _{teorico}	[kWh]	48.031	29.069	39,5%
Q _{baseline}	[kWh]	242.829	74.606	69,3%
EE _{baseline}	[kWh]	49.626	30.034	39,5%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	49.052	15.070	69,3%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	23.175	14.026	39,5%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	72.227	29.096	59,7%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	17.683	5.433	69,3%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	11.524	6.974	39,5%
Fornitura Energia, C_E	[€]	29.207	12.407	57,5%
C _{MO}	[€]	11.662	10.496	10,0%
C _{MS}	[€]	3.100	3.100	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	14.762	13.596	7,9%
OPEX	[€]	43.969	26.003	40,9%

Classe energetica

[-]

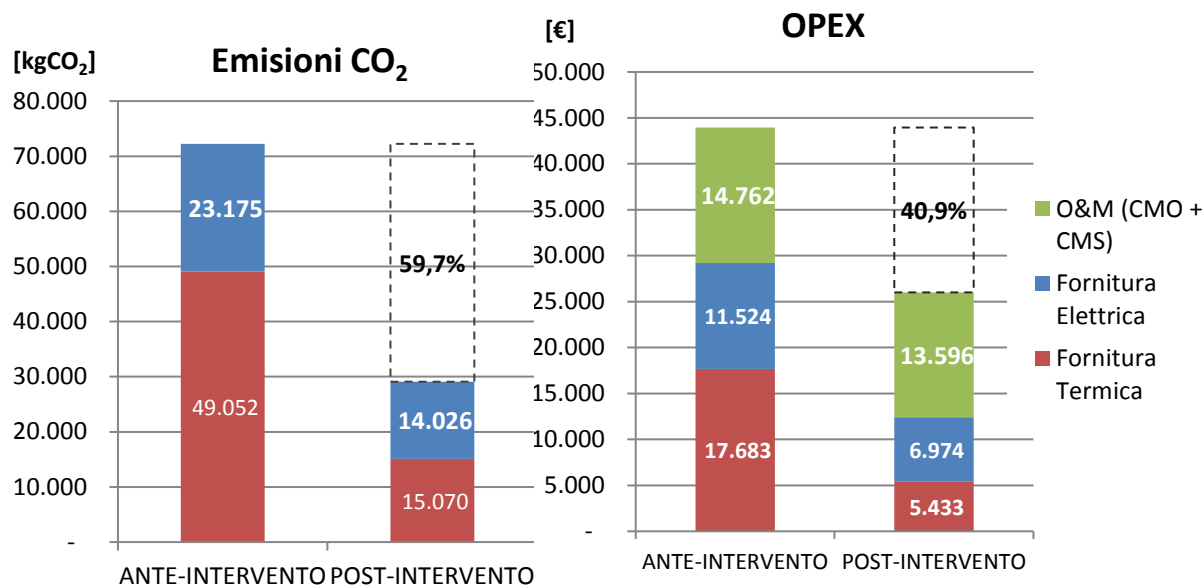
F

D

+2 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: 0,073 [€/kWh] per il vettore termico e 0,232 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 9.21 – 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 **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata., Errore. L'origine riferimento non è stata trovata. e Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** e nelle successive figure.

Tabella 9.123 – 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_0	2020
Anni dell'ammortamento	n_A	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	k_{CdP}	2,00%
Costo Capitale Azienda	WACC	4,00%
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CdP})$	$k_{progetto}$	4,00%
Inflazione ISTAT	f	0,50%
deriva dell'inflazione	f'	0,70%
%, interessi debito	k_D	3,82%
%, interessi equity	k_E	9,00%
Aliquota IRES	IRES	24,0%
Aliquota IRAP	IRAP	3,9%
Aliquota fiscale	τ	27,90%
Anni debito (finanziamento)	n_D	14
Anni Equity	n_E	24
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_0	€ 251.088

Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 7.533
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 258.621
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I _D	€ 206.897
Equity	I _E	€ 51.724
Fattore di annualità Debito	FA _D	10,83
Rata annua debito	q _D	€ 19.100
Costo finanziamento,(D+INT _D)	q _D *n _D	€ 267.406
Costi per interessi debito, INT _D	INT _D =q _D *n _D -D	€ 60.509

Tabella 9.124 – Parametri Economici dell’analisi di redditività dello SCN2

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C _{EO}	€ 23.940
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C _{MO}	€ 9.559
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	C _{Baseline}	€ 33.499
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C _{Altro}	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	%ΔC _E	57,5%
Riduzione% costi O&M	%ΔC _M	10,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	%C _{Baseline}	5,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€ 12.481
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€ 1.675
Risparmio PA durante la concessione	14%	€ 192.064
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€ 19.854
N° di Canoni annuali	anni	24
Utile lordo della ESCO	%CAPEX	28,95%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C _{ESCO}	€ 3.120
Costi FTT €/anno IVA escl.	C _{FTT}	€ 2.521
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C _{CAPEX}	€ 5.165
Canone O&M €/anno	C _{nM}	€ 9.162
Canone Energia €/anno	C _{nE}	€ 11.856
Canone Servizi €/anno IVA escl.	C _{nS}	€ 21.018
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	C _{nD}	€ 10.806
Canone Totale €/anno IVA escl.	C _n	€ 31.824
Aliquota IVA %	IVA	22%
Rimborso erariale IVA	R _{IVA}	€ 45.278
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R _B	€ 89.381
Durata Incentivi, anni	n _B	1
Inizio erogazione Incentivi, anno		2022

Tabella 9.125 – Risultati dell’analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN2

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		Conviene
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = I _o / FC, Anni	T.R.S.	11,26
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	16,26
Valore Attuale Netto, VAN = VA - I _o	VAN > 0	€ 37.581
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC	6,41%

Indice di Profitto	IP	14,97%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		Conviene
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	13,09
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	2,23
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€ 28.180
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke	61,63%
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3	1,059
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1	1,118
Indice di Profitto Azionista	IP	11,22%

Figura 9.22 –SCN2: Flussi di cassa del progetto

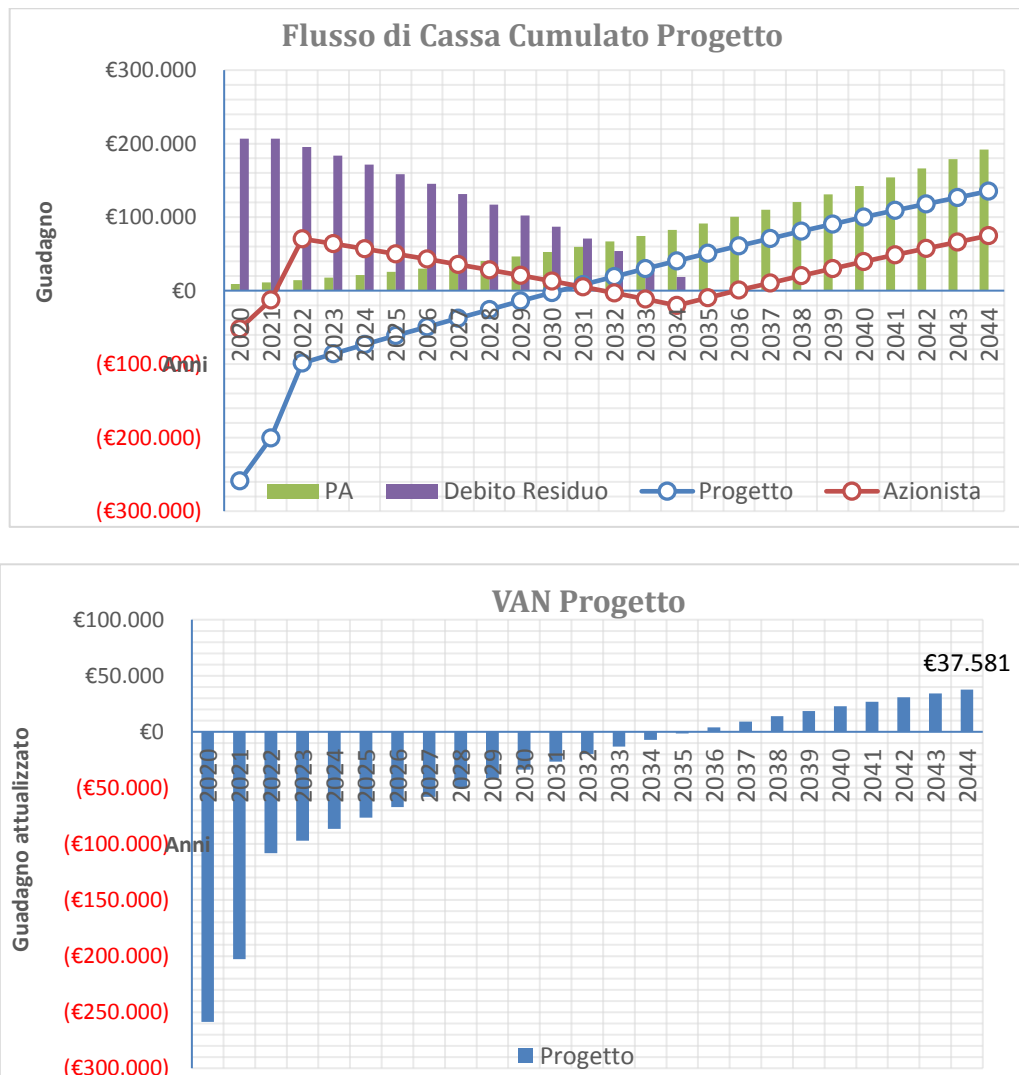
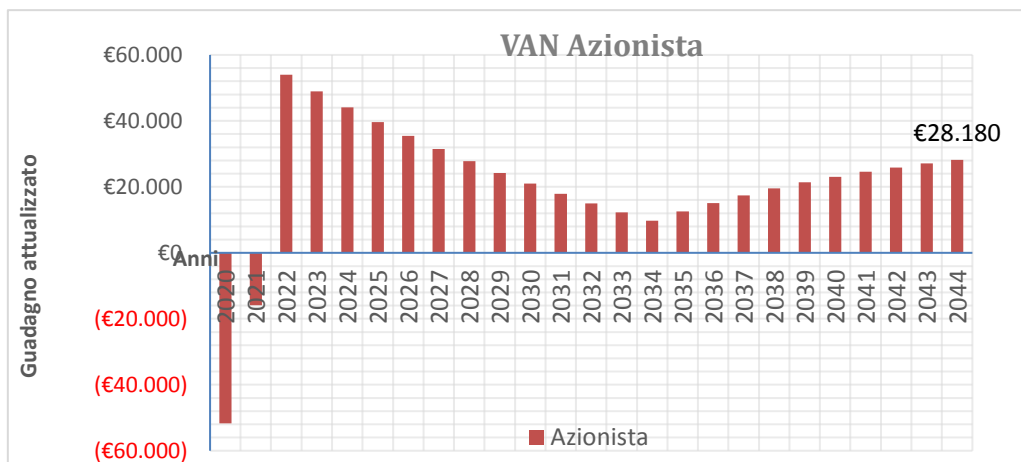
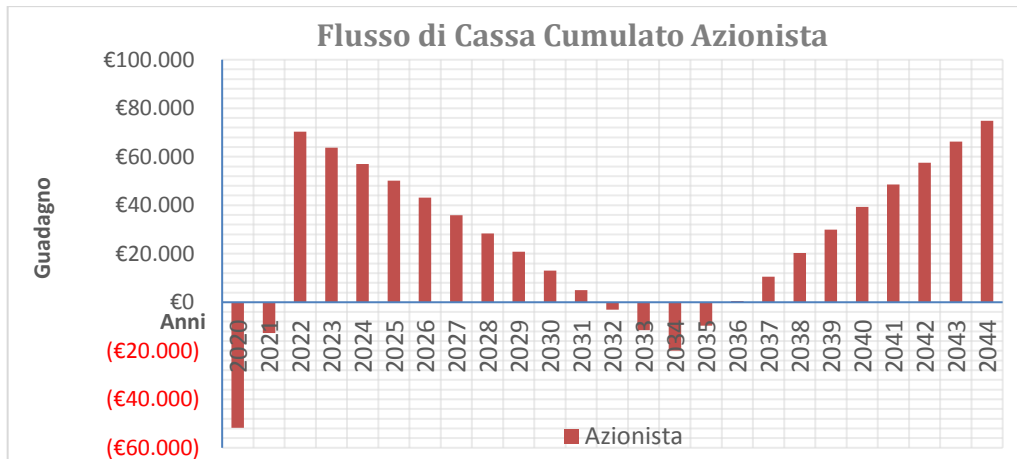


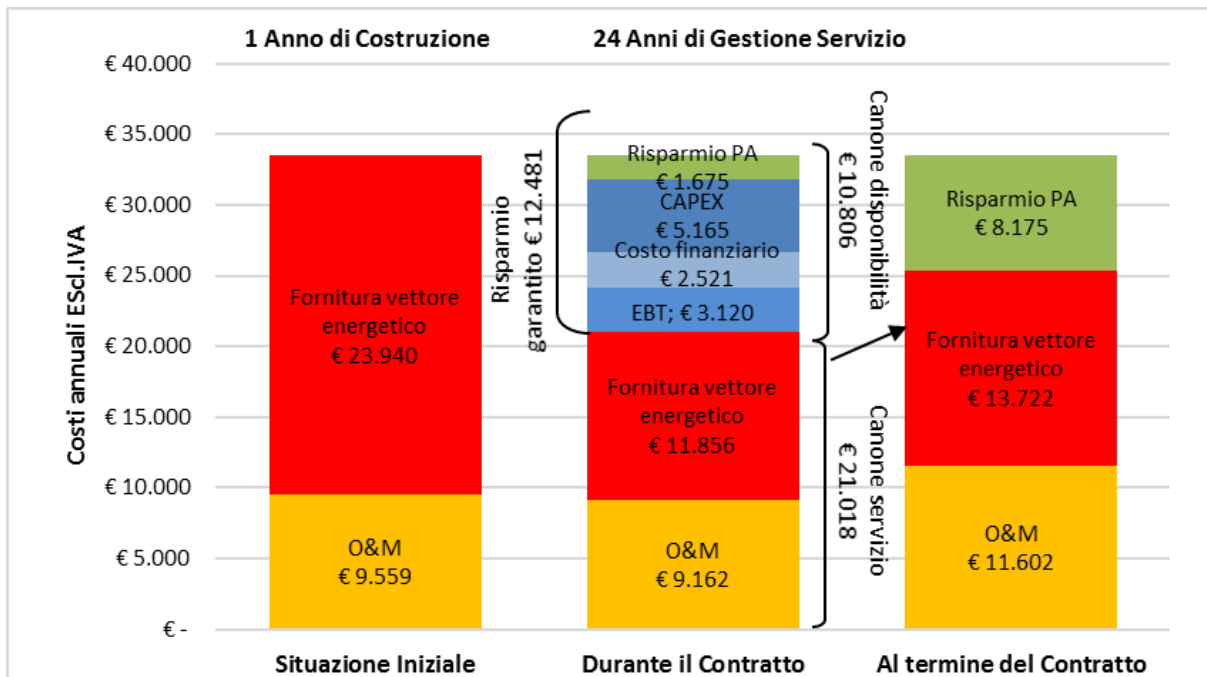
Figura 9.23 – SCN2: Flussi di cassa dell'azionista



Dall’analisi effettuata è emerso che lo scenario risulta finanziariamente sostenibile in quanto l’indice DSCR presenta un valore maggiore di 1 e vicino a 1,3 e l’indice LLCR presenta un valore maggiore di 1.

Infine si è provveduto all’identificazione del possibile canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale con incentivi attraverso la partecipazione di ESCO secondo lo schema di EPC descritto in **Errore. L’origine riferimento non è stata trovata.** 9.24.

Figura 9.24 – Scenario 2: Schema di Energy Performance Contract



10 CONCLUSIONI

10.1 RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA

	EPgl,nren	EPH	EPw	EPL	CLASSE
	[kWh/m ² anno]	[kWh/m ² anno]	[kWh/m ² anno]	[kWh/m ² anno]	[kWh/m ² anno]
STATO DI FATTO	86,15	63,62	0,61	20,23	F
EEM 1	76,14	53,59	0,61	20,23	F
EEM 2	77,48	54,93	0,61	20,23	F
EEM 3	58,99	36,40	0,61	20,23	E
EEM 4	53,12	30,53	0,61	20,23	E
EEM 5	80,83	58,59	0,61	20,23	F
EEM 6	77,37	63,62	0,61	9,52	F
SCN 1	47,41	24,39	0,61	20,23	D
SCN 2	33,37	19,51	0,61	9,52	D

10.2 RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI

	CON INCENTIVI													
	%Δ _E	%Δ _{CO2}	ΔC _E	ΔC _{MO}	ΔC _{MS}	I ₀	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP	DSCR	LLCR
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]		
EEM 1	13,2%	10,8%	2.837			169.540	30,8	40,2	30	-44.400	-0,3%	-0,26		
EEM 2	11,4%	9,4%	2.457			141.339	26,8	37,1	30	-27.832	0,6%	-0,20		
EEM 3	35,7%	29,4%	7.697			332.180	36,7	57,0	30	-162.023	-1,5%	-0,49		
EEM 4	43,4%	35,8%	9.362	1.166		17.544	1,7	1,9	15	83.408	53,2%	4,75		
EEM 5	7,2%	5,7%	1.442	1.166		46.354	9,7	12,9	15	1.836	5,0%	0,04		
EEM 6	6,4%	12,1%	4.344			41.433	5,5	6,6	8	2.550	6,4%	0,06		
SCN 1 ⁽²⁾	51,5%	42,4%	11.097	1.166		41.986	4,5	5,0	15	43.125	21,6%	102,7%	1,830	2,39
SCN 2 ⁽²⁾	64,2%	59,7%	16.800	1.166		251.088	11,3	16,3	25	37.581	6,41%	14,94%	1,059	1,12

Nota⁽²⁾: valori degli indicatori di redditività TRS, TRA VAN TIR e IP del progetto pre-imposte e degli indicatori di redditività DSCR e LLCR della ESCO pre imposte

10.3 CONCLUSIONI E COMMENTI

Si sono valutate diverse possibilità di intervento in base alla loro fattibilità tecnica ed economica, in rispetto delle norme attualmente vigenti e di eventuali vincoli presenti sull'edificio oggetto di studio. Sono state così individuate due soluzioni ottimali.

Il primo scenario consente di ottenere una soluzione ottimale a 15 anni.

Essa consiste nella combinazione di due interventi quali installazione di valvole termostatiche e sostituzione del generatore di calore con una caldaia a condensazione.

Dal punto di vista tecnico-economica la spesa è risultata essere di a € 41.986 con un TRS pari a 5,6 anni e VAN pari a 35.716€ al fine di una gestione diretta da parte della PA o un TRS di 1,7 anni e un VAN di € 25.748 al fine di una gestione indiretta da parte di una ESCO.

Il secondo scenario consente di ottenere una soluzione ottimale a 25 anni.

Essa consiste nella combinazione di diversi interventi quali isolamento esterno a cappotto delle pareti verticali, installazione di valvole termostatiche, sostituzione del generatore di calore con una caldaia a condensazione e sostituzione delle lampade esistenti con lampade a LED.

Dal punto di vista tecnico-economica la spesa è risultata essere di a € 251.088 con un TRS pari a 11 anni e VAN pari a 37.581€ al fine di una gestione diretta da parte della PA o un TRS di 17 anni e un VAN di € 28.180 al fine di una gestione indiretta da parte di una ESCO.

ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA

Titolo	Data	Nome file
TAVOLA PIANO 1SS	15/12/1993	DE_Lotto.8-E127_revA-AllegatoA-PIAN1SS.DWG
TAVOLA PIANO TERRA	15/12/1993	DE_Lotto.8-E127_revA-AllegatoA-PIANT.DWG
TAVOLA PIANO PRIMO	15/12/1993	DE_Lotto.8-E127_revA-AllegatoA-PIAN1.DWG
TAVOLA PIANO SECONDO	15/12/1993	DE_Lotto.8-E127_revA-AllegatoA-PIAN2.DWG
TAVOLA PIANO TERZO	15/12/1993	DE_Lotto.8-E127_revA-AllegatoA-PIAN3.DWG
TAVOLA COPERTURA	15/12/1993	DE_Lotto.8-E127_revA-AllegatoA-PIANC.DWG
TAVOLA INQUADRAMENTO COMPLESSO/EDIFICIO	15/12/1993	DE_Lotto.8-E127_revA-AllegatoA-E00127.DWG
CENSIMENTO PIANO S01	31/07/2017	DE_Lotto.8-E127_revA-AllegatoA-L1-042-119-S01.dwg
CENSIMENTO PIANO TERRA	31/07/2017	DE_Lotto.8-E127_revA-AllegatoA-L1-042-119-P00.dwg
CENSIMENTO PIANO PRIMO	31/07/2017	DE_Lotto.8-E127_revA-AllegatoA-L1-042-119-P01.dwg
CENSIMENTO PIANO SECONDO	31/07/2017	DE_Lotto.8-E127_revA-AllegatoA-L1-042-119-P02.dwg
CENSIMENTO PIANO TERZO	31/07/2017	DE_Lotto.8-E127_revA-AllegatoA-L1-042-119-P03.dwg
SCHEMA CENTRALE TERMICA	31/07/2017	DE_Lotto.8-E127_revA-AllegatoA-119-P02-029-CENTRALE TERMICA.dwg
ELENCO RADIATORI PIANO S01	31/07/2017	DE_Lotto.8-E127_revA-AllegatoA-L1-042-119-S01-Checklist.xlsx
ELENCO RADIATORI PIANO TERRA	31/07/2017	DE_Lotto.8-E127_revA-AllegatoA-L1-042-119-P00-Checklist.xlsx
ELENCO RADIATORI PIANO PRIMO	31/07/2017	DE_Lotto.8-E127_revA-AllegatoA-L1-042-119-P01-Checklist.xlsx
ELENCO RADIATORI PIANO SECONDO	31/07/2017	DE_Lotto.8-E127_revA-AllegatoA-L1-042-119-P02-Checklist.xlsx
ELENCO RADIATORI PIANO TERZO	31/07/2017	DE_Lotto.8-E127_revA-AllegatoA-L1-042-119-P03-Checklist.xlsx
Consumi Elettrici	2014	5700098218.pdf
Consumi Elettrici	2014	5700134957.pdf
Consumi Elettrici	2014	5700176145.pdf
Consumi Elettrici	2014	5700214975.pdf
Consumi Elettrici	2014	5700248944.pdf
Consumi Elettrici	2014	5700291206.pdf
Consumi Elettrici	2014	5700345541.pdf
Consumi Elettrici	2014	5700373449.pdf
Consumi Elettrici	2014	5700411327.pdf
Consumi Elettrici	2015	5700493139.pdf
Consumi Elettrici	2015	5700544142.pdf
Consumi Elettrici	2015	5750081967.pdf
Consumi Elettrici	2016	E000084136.pdf
Consumi Elettrici	2016	E000150590.pdf
Consumi Elettrici	2016	E000163929.pdf
Consumi Elettrici	2016	E000218120.pdf
Consumi Elettrici	2016	E000334604.pdf
Consumi Elettrici	2016	11640126638.pdf
Consumi Elettrici	2016	11740001581.pdf
TABULATO CONSUMI EE	11/06/2018	DE_Lotto.8-E127_revA-AllegatoA-Tabulato consumi EE.xlsx





ALLEGATO B – ELABORATI

Titolo	Descrizione	Data	Nome file
Grafici Template		11/06/2018	DE_Lotto.8-E127_revA-AllegatoA-Grafici_Template.xlsx
Modello	Modello edificio E127	04/05/2018	DE_Lotto.8-E127_revA-AllegatoA-E127.E0001
Grafici Template		26/07/2018	DE_Lotto.8-E127_revB-AllegatoB-Grafici_Template

ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

Titolo	Data	Nome file
Allegato C_report termografico_E127	04/12/2017	DE_Lotto.8-E127_revA-AllegatoC-Report termografico.docx



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	12/06/2018	DE_Lotto.8-E127_revA-AllegatoE-Relazione calcolo Edilclima.pdf

ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

Titolo	Data	Nome file
Certificato di garanzia di conformità n.73	15/03/2017	DE_Lotto.8-E127_revA-AllegatoF-CertCTI.pdf

ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

Titolo	Data	Nome file
APE stato di fatto		

ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

Titolo	Data	Nome file
APE Scenario 15 anni	26/07/2018	DE_Lotto.8-E127_revB-AllegatoH-APE - SCN 15 anni.pdf
APE Scenario 15 anni	26/07/2018	DE_Lotto.8-E127_revB-AllegatoH-APE - SCN 15 anni.xml
APE Scenario 25 anni	26/07/2018	DE_Lotto.8-E127_revB-AllegatoH-APE - SCN 25 anni.pdf
APE Scenario 25 anni	26/07/2018	DE_Lotto.8-E127_revB-AllegatoH-APE - SCN 25 anni.xml

ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

	Titolo	Data	Nome file
	GG_Lotto.8-E127.Rev01	12/06/2018	DE_Lotto.8-E127_revA-AllegatoI-GG.xlsx

ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

	Titolo	Data	Nome file
	Schede Audit E127	12/06/2018	DE_Lotto.8-E127_revA-AllegatoJ-Scheda Audit.xlsx

ALLEGATO K – SCHEDE ORE

Titolo	Data	Nome file
Schede ORE	11/06/2018	DE_Lotto.8-E127_revA-AllegatoK-Schede ORE.pdf

ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI

Titolo	Data	Nome file
Analisi PEF E127_SCENARIO 2	11/06/2018	DE_Lotto.8-E127_revA-AllegatoL-AnalisiPEF_SCN2.xlsx
Analisi PEF E127_SCENARIO 1	26/07/2018	DE_Lotto.8-E127_revB-AllegatoL-AnalisiPEF_SCN1.xlsx
Analisi PEF E127_SCENARIO 2	26/07/2018	DE_Lotto.8-E127_revB-AllegatoL-AnalisiPEF_SCN2.xlsx



ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

Titolo	Data	Nome file
Report di Benchmark Lotto 8	11/06/2018	DE_Lotto.8-E127_revA-AllegatoM-Benchmark.xlsx
Report di Benchmark Lotto 8	26/07/2018	DE_Lotto.8-E127_revB-AllegatoM-Benchmark.xlsx



ALLEGATO N – CD-ROM