

Scuola Elementare "PRATO"

E559

Via Struppa 214A

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA
FONDO KYOTO - SCUOLA 3



Aprile 2018

COMUNE DI GENOVA
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER



COMUNE DI GENOVA



Scuola Elementare“PRATO” E559

Via Struppa, n°214 A

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA

FONDO KYOTO - SCUOLA 3

Aprile 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 0105573560 – 5573855; energymanager@comune.genova.it; www.comune.genova.it

eFM SpA

Via Laurentina, 455 - 00142 Roma

Tel 06 5400064– efm@efmnet.com

REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI

Revisione	Data	Realizzazione	Revisione	Approvazione	Descrizione
00	16/03/2018	Carlotta Mordini Matteo Calvesi	Ing. Luca Grossi – Responsabile Involucro	Ing. Stefano Mazzetti	Prima Pubblicazione
			Ing. Luca Bonanno- Responsabile Impianti		
01	02/08/2018	Carlotta Mordini Matteo Calvesi	Ing. Luca Grossi – Responsabile Involucro	Ing. Stefano Mazzetti	Revisione
			Ing. Luca Bonanno- Responsabile Impianti		

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

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

INDICE

PAGINA

EXECUTIVE SUMMARY	I
1 INTRODUZIONE	1
1.1 PREMessa	1
1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA	1
1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO	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.....	8
2.3 VERIFICA DEI VINCOLI INTERFERENTI SULLE PARTI DELL'IMMOBILE INTERESSATE DAGLI 'INTERVENTI	9
2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO	9
3 DATI CLIMATICI	11
3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO	11
3.2 DATI CLIMATICI REALI.....	12
3.3 ANALISI DELL'ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO	12
4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI	14
4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO	14
4.1.1 <i>Involucro opaco</i>	14
4.1.2 <i>Involucro trasparente</i>	15
4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/CLIMATIZZAZIONE INVERNALE.....	17
4.2.1 <i>Sottosistema di emissione</i>	17
4.2.2 <i>Sottosistema di regolazione</i>	17
4.2.3 <i>Sottosistema di distribuzione</i>	18
4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA .20	
4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO/CLIMATIZZAZIONE ESTIVA.....	20
4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA.....	20
4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE	20
4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE.....	21
4.8 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DI IMPIANTI DI PRODUZIONE ENERGIA ELETTRICA O COGENERAZIONE.....	22
5 CONSUMI RILEVATI	23
5.1 CONSUMI ENERGETICI STORICI PER CIASCUN VETTORE E CONNESSIONE ALLE RETI GAS NATURALE ED ELETTRICA.....	23
5.1.1 <i>Energia termica</i>	23
5.1.2 <i>Energia elettrica</i>	25
5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI	28
6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO.....	31
6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO	31
6.1.1 <i>Validazione del modello termico</i>	32
6.1.2 <i>Validazione del modello elettrico</i>	33
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI.....	33
6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI.....	35
7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO.....	37
7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI	37
7.1.1 <i>Vettore termico</i>	37
7.1.2 <i>Vettore elettrico</i>	37
7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI	40
7.3 COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI	41

7.4	BASELINE DEI COSTI	42
8	IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA.....	44
8.1	DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI.....	44
8.1.1	Impianto riscaldamento.....	44
8.1.2	<i>Involucro trasparente.....</i>	<i>48</i>
8.1.3	Impianto di illuminazione ed impianto elettrico.....	50
9	VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA.....	52
9.1	ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI	52
9.2	ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	56
9.3	SINTESI	61
9.4	IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D'INTERVENTO E SCENARI D'INVESTIMENTO	62
9.4.1	<i>Scenario 1:Caldaia +Valvole+infissi.....</i>	<i>64</i>
9.4.2	<i>Scenario 2:SCN1(Caldaia+Valvole+infissi+)+Led.....</i>	<i>70</i>
10	CONCLUSIONI.....	76
10.1	RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA	76
10.2	RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI	76
	ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA.....	1
	ALLEGATO B – ELABORATI.....	1
	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.....	2
	ALLEGATO I – DATI CLIMATICI.....	2
	ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT.....	2
	ALLEGATO K – SCHEDE ORE.....	2
	ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI	2
	ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK.....	2
	ALLEGATO N – CD-ROM	2

EXECUTIVE SUMMARY

Caratteristiche dell'edificio oggetto della DE

Tabella 0.1 - Tabella riepilogativa dei dati dell'edificio

PARAMENTO	U.M.	VALORE
Anno di costruzione edificio		1956
Anno di ristrutturazione		Sostituzione di n.7 finestre anno 2002
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E.7 Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili
Superficie utile riscaldata	[m ²]	1.864
Superficie disperdente (S)	[m ²]	2.416
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	6.884
Rapporto S/V	[1/m]	0.35
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	2.570
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	2.529.35
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	2490.37
Tipologia generatore riscaldamento		N°2 Generatore di calore a combustione
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	449
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	nd
Tipo di combustibile		Gas metano
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler Elettrici
Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	52
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{th} /anno]	246.646
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	18.128
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	5.556
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	1.301

Nota (1): Valori di Baseline

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

- EEM 1: la sostituzione dell'attuale generatore di calore con altro a condensazione ad alta efficienza;
- EEM 2: l'installazione di valvole termostatiche;
- EEM3: La sostituzione degli infissi e vetrate;
- EEM4: l'installazione di un sistema di illuminazione a tecnologia LED.

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

	SENZA INCENTIVI											
	%ΔE	%ΔCO ₂	ΔC _E	ΔC _{MO}	ΔC _{MS}	I ₀	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]
EEM 1	2%	8%	€ 19,24	€ 276,34	€ 189,15	€ 28.845,46	18,5	20,9	15	-€ 8.385,51	-3,04%	-0,29
EEM 2	5%	4%	€ 62,49	€ -	€ 78,97	€ 3.242,72	5,3	5,6	15	€ 4.012,88	16,67%	1,24
EEM 3	2%	12%	€ 28,97	-€ 0,50	€ 0,44	€ 36.470,18	21,6	27,9	30	€ 1.171,99	2,25%	0,03
EEM 4	51%	5%	€ 643,70	€ 69,09	€ 91,82	€ 26.197,00	21,6	22,9	8	-€ 17.558,30	-24,18%	-0,67

Figura 0.1 – Scenario 1: analisi finanziaria

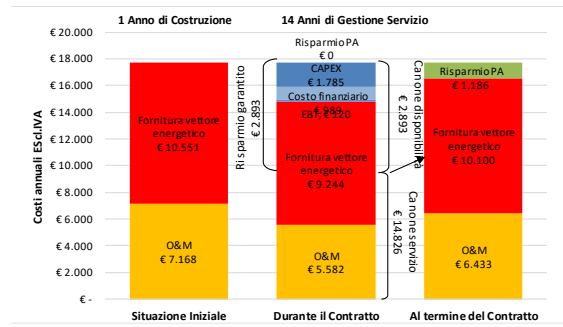
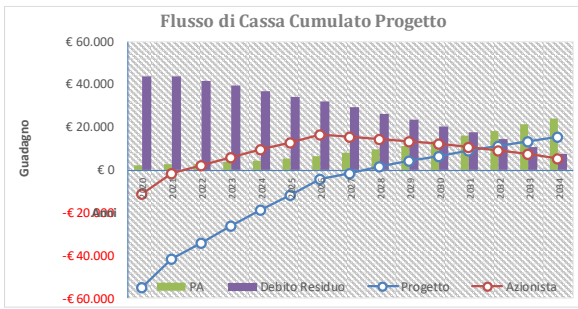
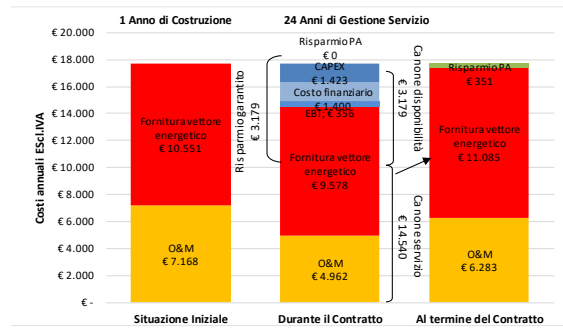
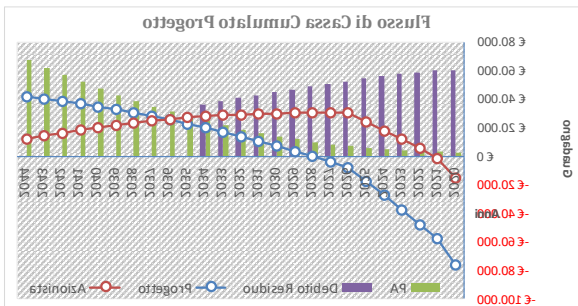


Figura 0.2 – Scenario 2: analisi finanziaria



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 dalla eFMSpA, il cui responsabile per il processo di audit è l'ing. Stefano Mazzetti, soggetto certificato Esperto in Gestione dell'Energia (EGE) ai sensi della norma UNI CEI 11339.

Figura 1.1 - Vista della facciata esposta ad Nord



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
Carlotta Mordini, Matteo Calvesi		Sopralluogo in sito
Carlotta Mordini		Elaborazione dei dati relativi ai consumi energetici
Carlotta Mordini		Elaborazione dei dati geometrici ed alla creazione del modello energetico
Ing. Luca Grossi	Responsabile involucro	Revisione report di diagnosi energetica
Ing. Luca Bonanni	Responsabile impianti	Revisione report di diagnosi energetica
Stefano Mazzetti	EGE	Approvazione report di diagnosi energetica
Carlotta Mordini, Matteo Calvesi		Sopralluogo in sito

1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO

L'immobile oggetto della DE, catastalmente individuato al NCEU F.35Mapp. 1026, sub.1 e 2 è sito nel Comune di Genova e più precisamente nell'area Media val Bisagno, in Molassana. L'edificio è di proprietà del Comune di Genova ed è attualmente adibito a scuola Elementare.

Figura 1.2 – Ubicazione dell'edificio



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

Tabella 1.2 - Tabella riepilogativa dei dati dell'edificio

PARAMENTO	U.M.	VALORE
Anno di costruzione edificio		1956
Anno di ristrutturazione		Sostituzione di n.7 finestre anno 2002
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E.7 Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili
Superficie utile riscaldata	[m ²]	1.864
Superficie disperdente (S)	[m ²]	2.416
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	6.884
Rapporto S/V	[1/m]	0.35
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	2.570
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	2.529.35
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	2490.37
Tipologia generatore riscaldamento		N°2 Generatore di calore a combustione
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	449
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	nd

Tipo di combustibile		Gas metano
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler Elettrici
Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	52
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{it} /anno]	246.646
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	18.128
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{ei} /anno]	5.556
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	1.301
Anno di costruzione edificio		1956

Nota (1): Valori di Baseline

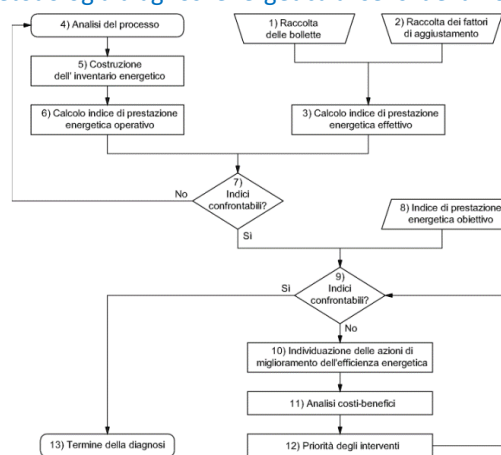
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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

- a) Acquisizione della documentazione utile, fornita dalla PA, come riportato all'Allegato B – Elaborati;
- 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 22/11/2017 con verifica degli elaborati forniti e rilievo dei dati relativi alle caratteristiche degli elementi disperdenti ed impiantistici costituenti il sistema edificio-impianto;
- d) Visita alla centrale termica e/o frigorifera, con il supporto del personale incaricato della conduzione e manutenzione degli impianti e rilevamento dei dati utili;
- e) Preparazione e compilazione delle schede di Audit previste per la diagnosi di livello II di cui all'appendice A delle LGEE - Linee Guida per l'Efficienza Energetica negli Edifici - sett. 2013 - elaborato da AiCARR per Agesi, Assistal, Assopetroli e Assoenergia, e riportate nell'Allegato J – Schede Audit;
- f) Elaborazione del comportamento termico ed elettrico dell'edificio, realizzata utilizzando il software commerciale Namirial Thermo Software versione 4.1.3 in possesso di certificato di conformità rilasciato dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI) Numero certificato CTI n°66 del 15/03/2017 ai sensi del D.lgs. 192/05 e s.m.i. e riportate 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 meteorologica "Quezzi" 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.

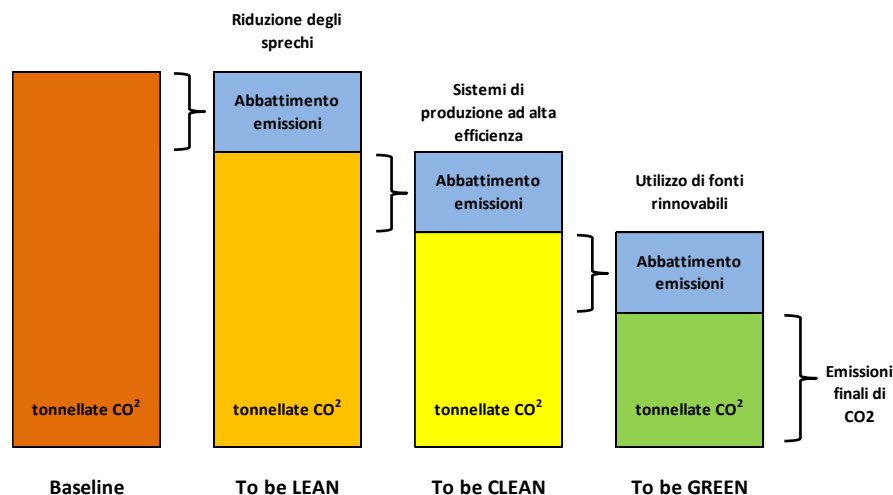
- m) Simulazione del comportamento energetico dell'edificio a seguito dell'attuazione delle varie EEM proposte singolarmente, ed individuazione della nuova classe energetica raggiungibile;
- n) Definizione di due scenari ottimali a partire dalla combinazione delle singole EEM proposte al fine di conseguire 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 riqualificazioni degli impianti di generazione per la climatizzazione e, dopo, dall'installazione di tecnologie di generazione da fonti rinnovabili.

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

- TRS (Tempo di rientro semplice);
- TRA (Tempo di rientro attualizzato);
- VAN (Valore attuale netto);
- TIR (Tasso interno di rendimento);
- IP (indice di profitto).

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

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

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

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

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

1.6 STRUTTURA DEL REPORT

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

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

2 DATI DELL'EDIFICIO

2.1 INFORMAZIONI SUL SITO

Lo strumento urbanistico vigente, il P.U.C approvato con DD n° 2015/118.0.0./18 con entrata in vigore il 3/12/2015, classifica l'edificio oggetto della DE in zona SIS -Servizi pubblici.

Figura 2.1 - Particolare estratto dal Piano Urbanistico Comunale

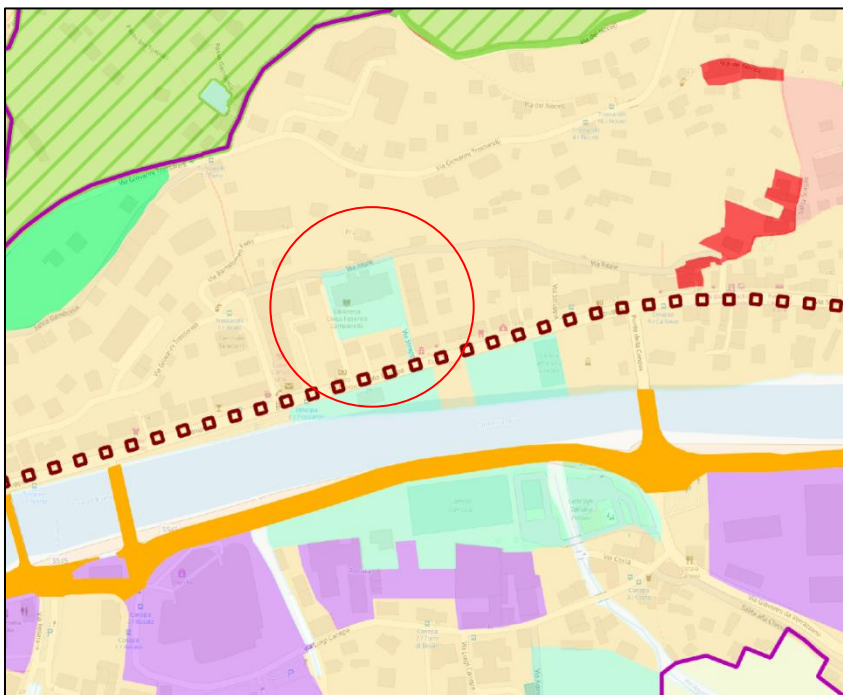




















Figura 2.2 - LEGENDA Piano Urbanistico Comunale

Ass. Urbanistico - AMBITI	
	AC-NI - ambito di conservazione del territorio non insediato
	AC-VP - ambito di conservazione del territorio di valore paesag. e panorami
	AR-PA - ambito di riqualificazione delle aree di produzione agricola
	AR-PR-A - (a) ambito di riqualificazione del territorio di presidio ambientale
	AR-PR-B - (b) ambito di riqualificazione del territorio di presidio ambientale
	AC-CS - ambito di conservazione del centro storico urbano
	AC-VU - ambito di conservazione del verde urbano strutturato
	AC-US - ambito di conservazione dell'impianto urbano storico
	AC-AR - ambito di conservazione Antica Romana
	AC-IU - ambito di conservazione dell'impianto urbanistico
	AR-UR - ambito di riqualificazione urbanistica - residenziale
	AR-PU - ambito di riqualificazione urbanistica produttivo-urbano
	AR-PI - ambito di riqualificazione urbanistica produttivo-industriale
	ACO-L - ambito complesso per la valorizzazione del litorale
	SIS-S servizi pubblici
	SIS-S Servizi cimiteriali
	SIS-S Valore storico paesaggistico dei Servizi Pubblici
	rete idrografica

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

L'edificio ove è ubicata la Scuola Elementare "Prato" in via Struppa, n°214/A è stato realizzato nel 1956. L'edificio è un fabbricato in cemento armato a costituito da 4 livelli di cui 3 fuori terra e 1 seminterrato. La destinazione d'uso ai sensi del DPR 412/93 associata all'edificio è E.7 _Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili. Dal punto di vista urbanistico ricade nell'ambito territoriale "SIS -S Servizi pubblici."

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

L'immobile è sede di una scuola elementare che attualmente ospita 188 allievi. La riqualificazione energetica dell'edificio permettere una riduzione dei consumi di energia e maggiore confort per i fruitori.

L'edificio ospitante il complesso scolastico oggetto della DE è costituito complessivamente da n.3 piani fuori terra ed n.1 seminterrato, nei quali si sviluppano le diverse attività didattiche. 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 2.3 - Vista satellitare dell'edificio (Fonte: Google Earth)



Tabella 2.1 - Suddivisione in piani dell'edificio

PIANO	UTILIZZO	U.M.	SUPERFICIE LORDA COMPLESSIVA ⁽²⁾	SUPERFICIE UTILE RISCALDATA ⁽³⁾	SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA ⁽³⁾
Seminterrato	Deposito, Centrale Termica, laboratorio, Palestra, servizi igienici	[m ²]	702.95	535.20	nd
Terra	Ingresso, Aule, Biblioteca, cucina, Refettorio, servizi igienici	[m ²]	445.40	308.00	nd
Primo	Aule, Uffici, servizi igienici	[m ²]	690.50	522.00	nd
Secondo	Aule, servizi igienici	[m ²]	690.50	521.30	nd
TOTALE		[m ²]	2529.35	1.886,50	nd

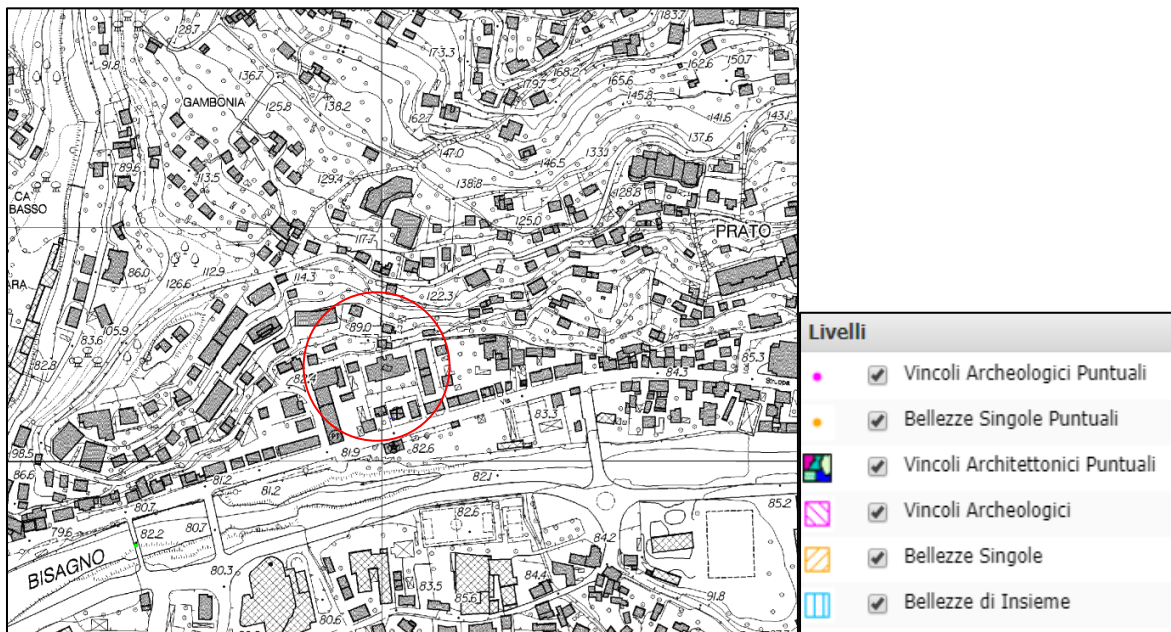
Nota (2): Superficie lorda comprensiva delle zone interne climatizzate e non climatizzate, valutate a partire dalle planimetrie progettuali, opportunamente verificate in fase di sopralluogo

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

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

L'edificio scolastico non ricade in nessuna area soggetta a vincoli architettonici, archeologici, paesaggistici.

Figura 2.4 - Particolare estratto dalla carta dei vincoli



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.

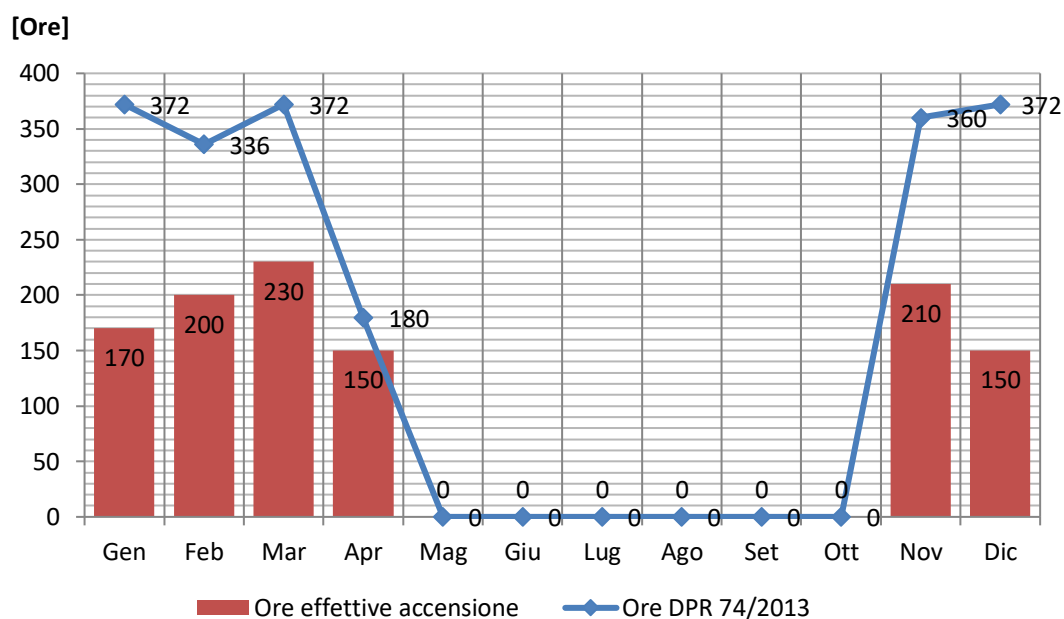
Gli orari di effettivo utilizzo dell'edificio e i periodi di attivazione e spegnimento degli impianti sono stati ricavati tramite intervista al personale.

Nella Tabella 2.2 sono pertanto riportati gli orari di funzionamento dell'edificio e gli orari di funzionamento degli impianti termici.

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

PERIODO	GIORNI SETTIMANALI	ORARIO FUNZIONAMENTO EDIFICIO	ORARIO FUNZIONAMENTO IMPIANTO
[16 aprile-31 ottobre]	[dal lunedì al venerdì]	[7.00 – 19.00]	Non attivo
[1 novembre -15 aprile]	[dal lunedì al venerdì]	[7.00 – 19.00]	[6.00 – 17.00]

Figura 2.5 – Andamento mensile delle ore effettive di utilizzo dell'impianto termico



Dall'analisi effettuata è emerso che gli orari di funzionamento degli impianti sono strettamente correlati agli orari di espletamento delle lezioni.

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.

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 1421Gradi **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 1421GG 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 2.2, i GG sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 921 GG calcolati su 111 giorni effettivi di utilizzo dell'impianto di riscaldamento.

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

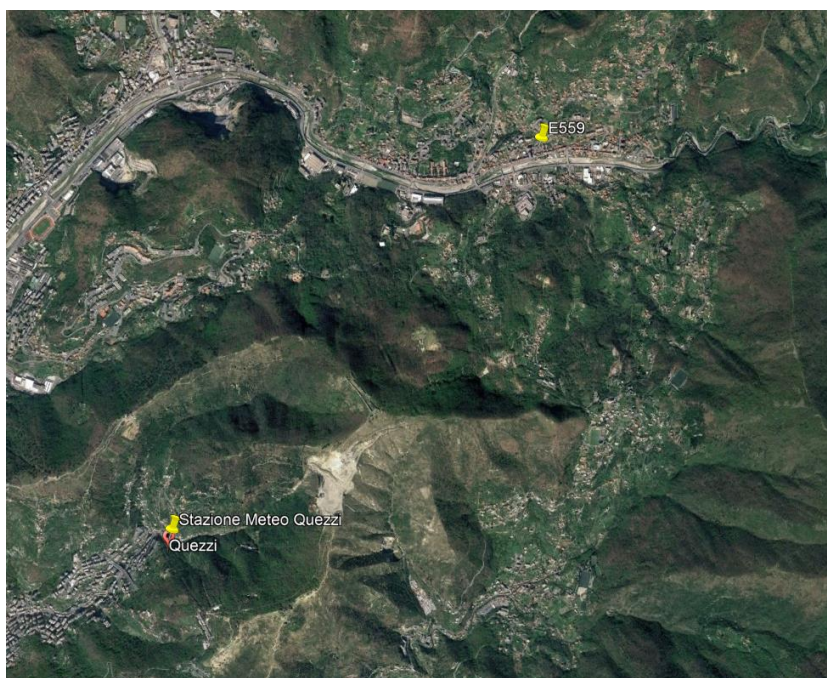
Mese	GIORNI MENSILI	TEMPERATURA ESTERNA UNI 10349:2016 [°C]	GIORNI RISCALDAMENTO [g/m]	GG	GIORNI DI UTILIZZO [g/m]	GIORNI RISCALDAMENTO EFFETTIVI [g/m]	GG _{rif}	PROFILO DI INCIDENZA
Gennaio	31	10,4	31	298	17	17	163	18%
Febbraio	28	10,5	28	266	20	20	190	21%
Marzo	31	11,1	31	276	23	23	205	22%
Aprile	30	15,3	15	71	19	15	73	8%
Maggio	31	18,7	-	-	22	-	-	0%
Giugno	30	22,4	-	-	21	-	-	0%
Luglio	31	24,6	-	-	10	-	-	0%
Agosto	31	23,6	-	-	-	-	-	0%
Settembre	30	22,2	-	-	15	-	-	0%
Ottobre	31	18,2	-	-	22	-	-	0%
Novembre	30	13,3	30	201	21	21	141	15%
Dicembre	31	10,0	31	310	15	15	150	16%
TOTALE	365	16,7	166	1421	205	111	921	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 di Genova – Quezzi.

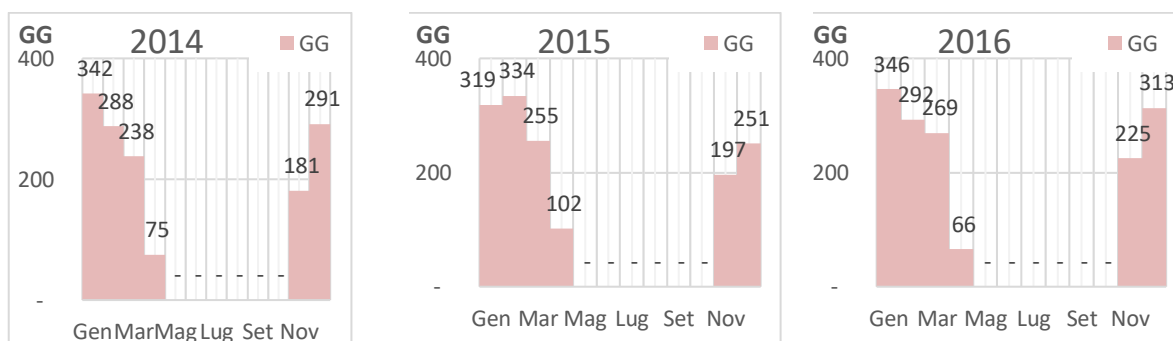
Figura 3.1 – Posizionamento della centralina meteo climatica rispetto all'edificio oggetto di DE



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



GG₂₀₁₄(166 giorni) = 1414

GG₂₀₁₅(166 giorni) = 1457

GG₂₀₁₆(166 giorni) = 1511

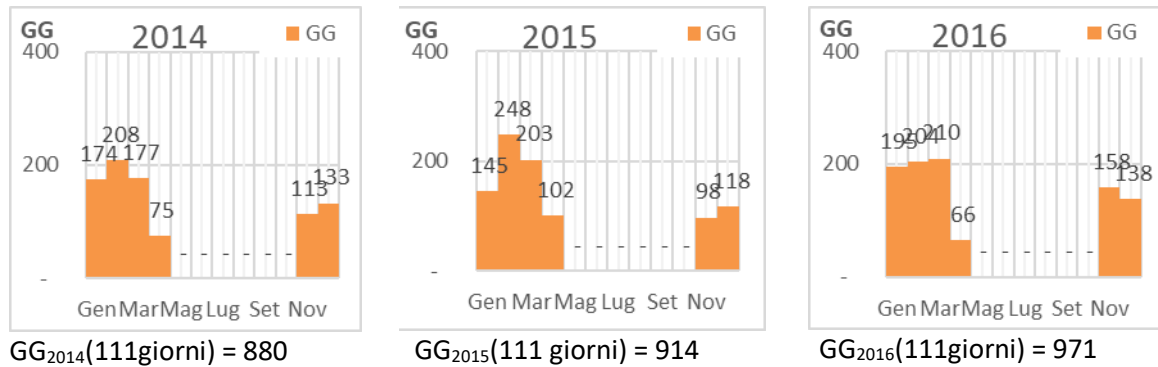
Figura 3.3 - Andamento mensile dei GGreali per i trienni di riferimento

Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.2, 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 922GGcalcolati su 111 giorni effettivi di utilizzo dell'impianto di riscaldamento.

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

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

Figura 3.6 - Andamento mensile dei GGreali, valutati in condizioni di effettivo utilizzo degli impianti, per il triennio di riferimento



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 costituito da una struttura in C.A. e muratura in laterizio forato con spessore di cm 40. I solai sono formati con putrelle e tavelle come anche la copertura rifinita con manto impermeabile di tipo piano.

Figura 4.1 - Particolare della porzione di involucro opaco



Questa soluzione realizzativa incide profondamente sulle dispersioni termiche dell'edificio e non assicura un buon comportamento ai fini dell'isolamento termico.

Figura 4.2 - Particolare della facciata est



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:

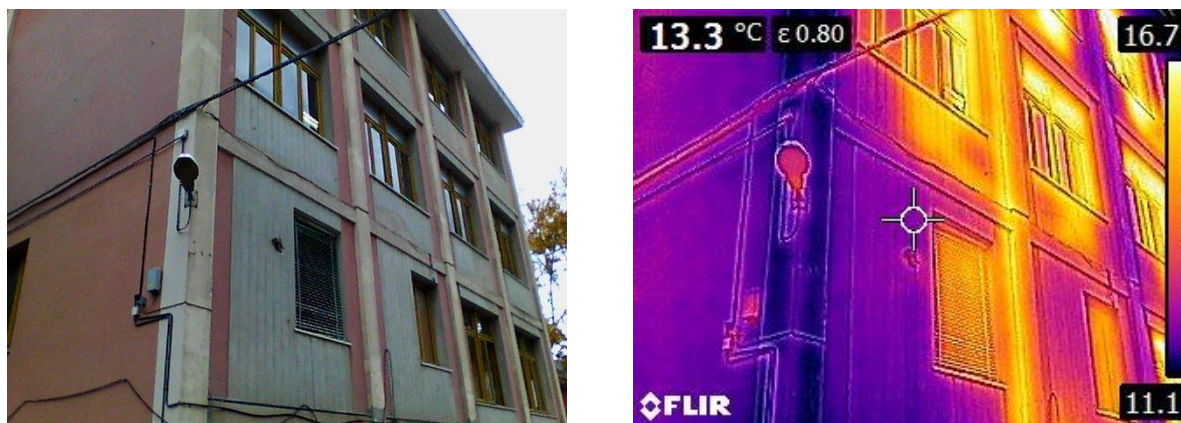
- Rilievo termografico

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni.

Le analisi termografiche effettuate hanno permesso di rilevare in maniera efficace le dispersioni termiche associate all'involucro edilizio. Le indagini sono state eseguite nel periodo invernale e durante le ore diurne in accordo con la norma UNI 13187. La differente tonalità cromatica delle immagini è legata molto spesso alla diversa emissività dei corpi analizzati, in particolare nel caso delle componenti vetrate.

Le immagini termografiche, relative al prospetto, non hanno messo in evidenza particolari ponti termici o disomogeneità della struttura. L'involucro edilizio è caratterizzato in generale, da un isolamento termico uniforme.

Figura 4.3 –Rilievo termografico delle pareti



I dettagli delle indagini diagnostiche effettuate sono riportate all'Allegato C – Report di Indagine termografica.

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

Tabella 4.1 – Trasmittanze termiche dei componenti dell'involucro opaco

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	SPESSORE [cm]	ISOLAMENTO	TRASMITTANZA TERMICA [W/m ² K]	STATO DI CONSERVAZIONE
Copertura	COP1	30	Assente	1,52	Buono
Parete verticale	M1	40	Assente	1.50	Buono
Solaio interno	SOL1	30	Assente	1,56	Buono

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

4.1.2 Involucro trasparente

L'involucro trasparente che costituisce l'edificio è composto principalmente da serramenti con telaio in legno con vetro singolo nelle aule, mentre nei vani scala e nei servizi vi sono serramenti in metallo con vetri singoli.

Lo stato di conservazione degli stessi è sufficiente.

Figura 4.4 - Particolare dei serramenti



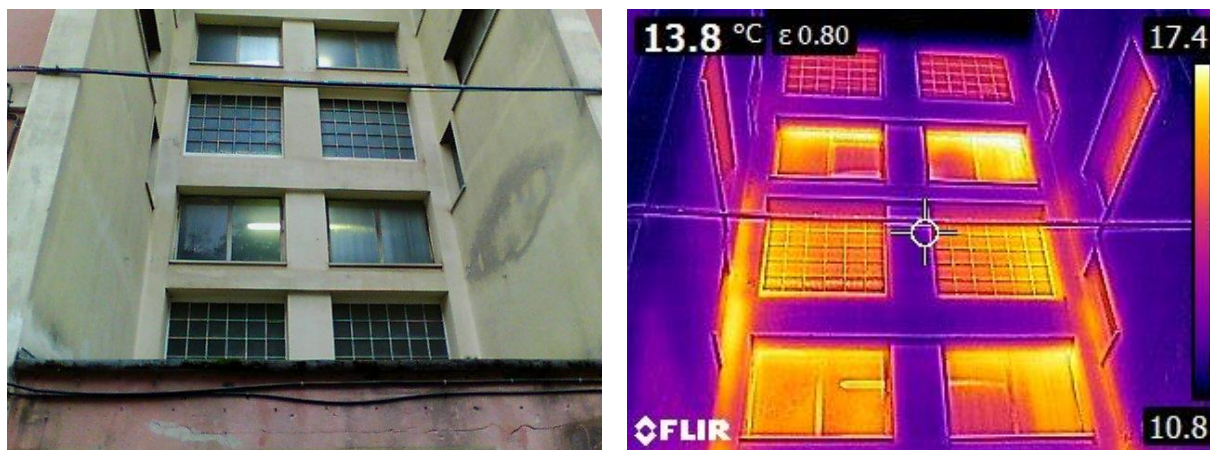
Ai fini di un'identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell'involucro trasparente si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione delle seguenti indagini diagnostiche:

- Rilievo termografico
- Misura tramite spessivetro dello spessore dei vetri e delle camere d'aria.

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- Il comportamento dell'infisso ai fini dello scambio termico è discreto, più critico è l'isolamento tra infisso e parete.

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		TIPO TELAIO	TIPO VETRO	TRASMITTANZA TERMICA	STATO DI CONSERVAZIONE
		[H] [cm]	[L] [cm]				
[Serramento verticale]	032-P00-003-SE01	0.60	1.00	METALLO	Vetro singolo	3.00	[Buono]
	032-P00-007-SE01	1.60	1.00	METALLO	Vetro singolo	3.00	[Buono]
	032-P00-008-SE02	0.60	1.25	METALLO	Vetro singolo	3.00	[Buono]
	032-P00-008-SE01	0.60	1.25	METALLO	Vetro singolo	3.00	[Buono]
	032-P00-009-SE03	0.60	1.25	METALLO	Vetro singolo	3.00	[Buono]
	032-P00-009-SE02	0.60	1.25	METALLO	Vetro singolo	3.00	[Buono]
	032-P00-009-SE01	1.60	1.50	METALLO	Vetro singolo	3.00	[Buono]
	032-P00-013-SE01	1.60	1.50	METALLO	Vetro singolo	3.00	[Buono]
	032-P00-015-SE01	3.00	1.00	METALLO	Vetro singolo	3.00	[Buono]
	032-P00-017-SE01	1.30	2.00	METALLO	Vetro singolo	3.00	[Buono]
	032-P00-018-SE07	2.50	2.10	LEGNO	Vetro singolo	3.00	[Buono]
	032-P00-018-SE05	2.50	2.10	LEGNO	Vetro singolo	3.00	[Buono]
	032-P00-018-SE06	2.50	2.50	METALLO	Vetro singolo	3.00	[Buono]
	032-P00-018-SE08	2.50	2.50	METALLO	Vetro singolo	3.00	[Buono]
	032-P00-018-SE02	2.50	2.50	METALLO	Vetro singolo	3.00	[Buono]
	032-P00-018-SE01	2.50	2.50	METALLO	Vetro singolo	3.00	[Buono]
	032-P00-018-SE04	2.50	2.50	METALLO	Vetro singolo	3.00	[Buono]
	032-P00-018-SE03	2.50	2.50	METALLO	Vetro singolo	3.00	[Buono]
	032-P00-019-SE02	1.22	0.67	METALLO	Vetro sinfola	3.00	[Buono]

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

4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/CLIMATIZZAZIONE INVERNALE

L'impianto di riscaldamento degli ambienti è costituito da un generatore di calore a combustione alimentato a gas metano, che distribuisce calore agli ambienti tramite una rete di radiatori nei quali viene introdotta acqua calda.

4.2.1 Sottosistema di emissione

Il sottosistema di emissione è costituito dalle seguenti tipologie di terminali: radiatori in metallo posti solitamente al di sotto delle finestre, sulle murature esterne.

Figura 4.6 - Vista d'insieme dell'aula con i radiatori sotto finestra



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

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

ZONA TERMICA	TIPOLOGIA DI TERMINALE	RENDIMENTO
Zona termica unica	Radiatori a parete	97%

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

Tabella 4.4 - Riepilogo caratteristiche dei radiatori installati

PIANO	TIPO DI INSTALLAZIONE	NUMERO	POTENZA TERMICA UNITARIA	POTENZA TERMICA COMPLESSIVA
			[kW]	[kW]
Seminterrato	Radiatore e a parete	10	3.61	36.10
Terra	Radiatore e a parete	14	1.28	17.92
Primo	Radiatore e a parete	28	1.41	39.48
Secondo	Radiatore e a parete	26	1.84	47.84

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 termico avviene attraverso l'impostazione di una centralina con sistema di regolazione con impostazione della curva climatica indipendente. Al momento del sopralluogo (periodo invernale) era impostata a 21°C.]

Si tratta del sistema di regolazione più semplice. La regolazione a punto fisso garantisce all'impianto una temperatura del fluido di mandata costante. Il valore viene impostato manualmente attraverso una valvola termostatica.

Il limite maggiore è la necessità, da parte dell'utilizzatore, di dover regolare l'impianto ogni volta che variano le condizioni esterne. Per ridurre questa esigenza si è diffusa la consuetudine di tarare la valvola termostatica sulla temperatura di progetto (uguale alla massima temperatura necessaria nel giorno più freddo dell'inverno) e di montare sui circuiti dell'impianto attuatori elettrotermici comandati da termostati di zona. Il termostato confronta la temperatura impostata dall'utilizzatore con quella presente e, se la temperatura in ambiente supera quella impostata, toglie corrente all'attuatore che chiude il/i circuito/i. Così facendo all'avvicinarsi alla temperatura di comfort viene progressivamente ridotto il calore fornito con l'effetto di ridurre l'oscillazione della temperatura ambiente

Figura 4.7 - Particolare orologio centrale



Figura 4.8 – Sonda Temperatura ritorno centrale



4.2.3 Sottosistema di distribuzione

Il sottosistema di distribuzione è costituito da un unico circuito primario di collegamento tra le unità polivalenti ed i due collettori caldo e freddo (fluido termovettore acqua).

Sono presenti pompe di circolazione per la linea mandata acqua calda del tipo:

- n.1 elettropompa gemellare 1.150 kW;
- n.2 elettropompe singole di potenza elettrica pari a 0.235 kW.

Le caratteristiche della pompa di circolazione a servizio del circuito primario sono riportate nella Tabella 4.5.

Tabella 4.5 - Riepilogo caratteristiche pompe circuito primario

	NOME	SERVIZIO	PORTATA ⁽⁵⁾ [m ³ /h]	PREVALENZA ⁽⁶⁾ [kPa]	POTENZA ASSORBITA ⁽⁷⁾ [kW]
ELETTROPOMPA GEMELLARE	EG01	mandata acqua calda a radiatori	30	12	1.150
ELETTROPOMPA SINGOLA	ES01	mandata acqua calda a radiatori	28	6	0.235
ELETTROPOMPA SINGOLA	ES02	mandata acqua calda a radiatori	28	6	0.235
TOTALE					1.62

Nota (5): Valori ricavati dal modello energetico

Nota (6): Valori ricavati da progetto

Nota (7): Valori ricavati da dati di targa

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

Tabella 4.6 – Temperature di mandata e ritorno del circuito primario

CIRCUITO			TEMPERATURA RILEVATA ⁽⁸⁾	TEMPERATURA CALCOLO
			°C	°C
Circuito principale 1	Mandata	Caldo	60	70
Circuito principale 1	Ritorno	Caldo	40	55

Nota (5): Valori utilizzati nel modello di calcolo

Nota (6): Valori ricavati in sede di sopralluogo

Nota (8): Valori rilevati

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 bollitori elettrici ad accumulo installati localmente nei servizi igienici a ad uso del personale e degli alunni dell'istituto scolastico. Nell'edificio risultano presenti n° 6 bollitori elettrici presenti nei servizi igienici.

Figura 4.9 - Particolare del 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 4.7.

Tabella 4.7 – Rendimenti dell'impianto di produzione acqua calda sanitaria

Sottosistema di Erogazione	Sottosistema di Distribuzione	Sottosistema di Ricircolo	Sottosistema di Accumulo	Sottosistema di Generazione	Rendimento Globale medio stagionale
100%	85.7	n.a.	98%	75%	7.5-%

Le caratteristiche tecniche sono riportate nella Sezione 7 dell'Allegato J – Schede di audit.

4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO/CLIMATIZZAZIONE ESTIVA

Non presente

4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA

Non presente

4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE

Le utenze sottese all'impianto elettrico, oltre a quelle precedentemente descritte, sono costituite essenzialmente da utenze locali 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 4.8.

Tabella 4.8 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA NOMINALE [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]	ORE ANNUE DI UTILIZZO [ore]
Zona termica unica	PC f	1	30	30	560
Zona termica unica	frigo	1	480	480	49728
Zona termica unica	stampante	2	35	70	60

4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE

L'impianto di illuminazione è costituito da neon, fluorescenti a medio consumo in plafoniere collegate direttamente al controsoffitto. Tutti gli ambienti presentano la stessa tipologia di impianto di illuminazione, ovvero:

- Lampade a neon in plafoniere installate a soffitto.

Figura 4.10 - Particolare dei corpi illuminanti



L'elenco e le caratteristiche dei corpi illuminanti sono riportate nella Tabella 4.9.

Tabella 4.9 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA UNITARIA [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]
[Zona 1]	Neon 2x36	[16]	[72]	[1152]
[Zona 1]	Neon 1x36	[4]	[36]	[144]
[Zona 2]	Neon 2x36	[87]	[72]	[6264]
[Zona 2]	Neon 1x36	[45]	[36]	[1620]
[Zona 2]	Neon 1x18	[4]	[18]	[72]
[Zona 2]	Neon 1x58	[8]	[58]	[467]
[Zona 2]	Neon 2x18	[6]	[36]	[216]

L'elenco completo dei corpi illuminanti rilevati in sede di sopralluogo e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 10 dell'Allegato J – Schede di audit.



Figura 4.11 - Particolare dei corpi illuminanti
corridoio/vano scala

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

Non esiste impianto di produzione elettrica.

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 (non disponibili consumi del gas), 2015 e 2016.

I vettori energetici analizzati sono i seguenti:

- Gas metano;
- Energia elettrica.

5.1.1 Energia termica

L'analisi dei consumi storici di Gas metano non è possibile effettuarla in quanto la P.A. ha stipulato un contratto di Servizio Integrato Energia 3 (SIE3) con un soggetto terzo, comprensivo sia della fornitura del vettore energetico che della conduzione e manutenzione degli impianti. Non è stato quindi possibile effettuare un'analisi dei consumi di fatturazione del vettore energetico in quanto le fatture non sono a disposizione della PA.

L'edificio è dotata di una centrale termica per il riscaldamento.

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

Il vettore termico utilizzato per il riscaldamento dell'edificio è il gas metano.

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

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

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

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

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

- Centrale termica per il riscaldamento degli ambienti della Zona 1;

L'effettiva ubicazione dei contatori è rappresentata nelle planimetrie riportate all' Allegato relativo.

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

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

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

PDR	Utilizzo	2014	2015	2016	2014	2015	2016
		[Sm²]	[Sm³]	[Sm³]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
3270049256962	Riscaldamento	14021	15349	17240	132081	144587	162401
3270001467401	Riscaldamento	119	133	155	1121	1248	1456

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 GGreali del triennio di riferimento ed i GG di riferimento come valutati al Capitolo 3, definendo il fattore di normalizzazione \bar{a}_{rif} come di seguito riportato:

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

Dove:

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

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

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

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

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

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

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

\bar{Q}_{ALTRO} = Consumo termico reale per eventuali altri utilizzi dell'edificio, kWh/anno, valutato come la media dei consumi per altri usi, nel triennio di riferimento.

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

Tabella 5.3 – Normalizzazione dei consumi annuali di energia termica

Anno	Ggreali su 100 giorni reali di occupazione e	GGRif	Consumo Reale [Smc]	Potere calorifico inferiore [kWh/Nmc]	Fattore di conversione [Smc/Nmc]	Potere calorifico inferiore [kWh/Smc]	Consumo Reale [kWh]	Fattore di normalizzazione α_{rif}	Consumo normalizzato a 1421 GG [kWh]
2014	880	921	14.017	9,94	1,0549	9,42	132.081	150,1	138.324
2015	914	921	15.345	9,94	1,0549	9,42	144.587	158,2	145.803
2016	971	921	17.235	9,94	1,0549	9,42	162.401	167,2	154.071
Media	922	921	15.532				146.356	158,8	146.327

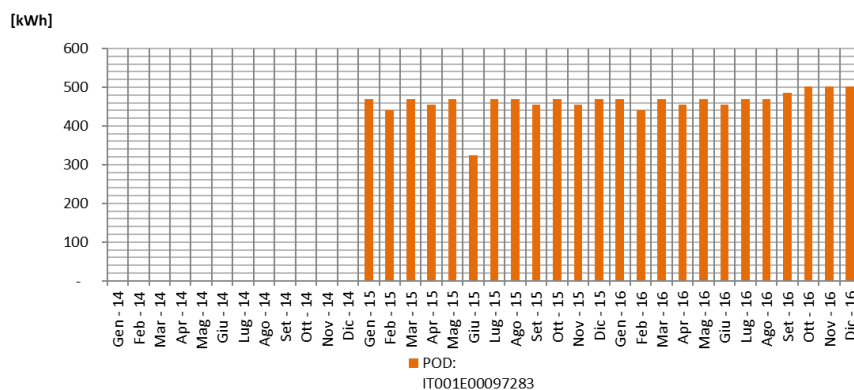
Totale	*nd	*nd	*nd	*nd
POD IT001E00097283	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 15	**	**	470	470
Feb - 15	**	**	440	440
Mar - 15	**	**	470	470
Apr - 15	**	**	455	455
Mag - 15	**	**	470	470
Giu - 15	**	**	324	324
Lug - 15	**	**	470	470
Ago - 15	**	**	470	470
Set - 15	**	**	455	455
Ott - 15	**	**	470	470
Nov - 15	**	**	455	455
Dic - 15	**	**	470	470
Totale	-	-	5.419	5.419
POD IT001E00097283	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 16	**	**	***470	470
Feb - 16	**	**	***440	440
Mar - 16	**	**	***470	470
Apr - 16	**	**	455	455
Mag - 16	**	**	470	470
Giu - 16	**	**	455	455
Lug - 16	**	**	470	470
Ago - 16	**	**	470	470
Set - 16	**	**	486	486
Ott - 16	**	**	502	502
Nov - 16	**	**	502	502
Dic - 16	**	**	502	502
Totale	-	-	5.692	5.692

* Fatture dell'anno 2014 non fornite

** Bollette con consumi non suddivisi per fasce

*** Consumi stimati perché le bollette non sono state fornite

Figura 5.1 – Confronto tra i profili elettrici reali relativi a ciascun POD per il triennio di riferimento



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

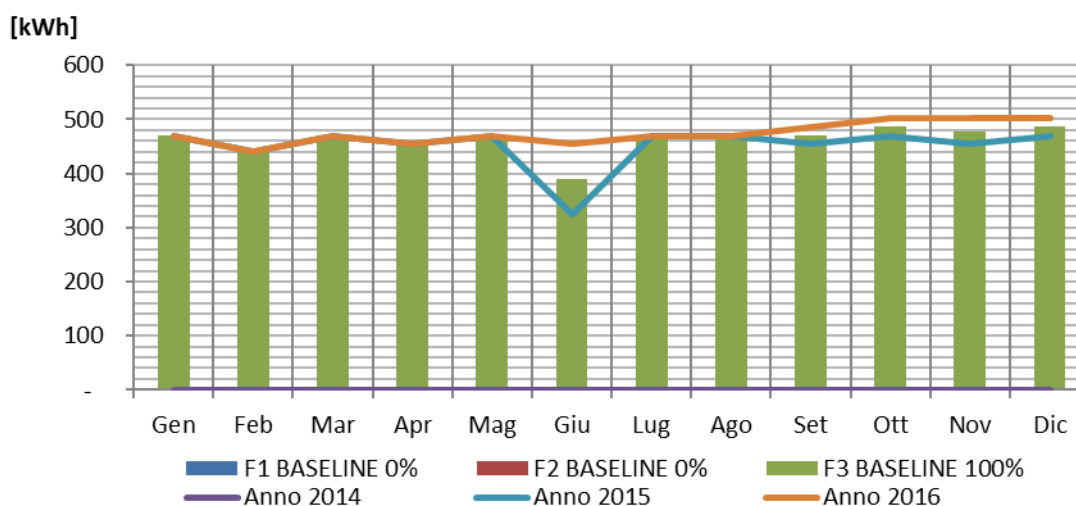
Tali valori sono riportati nella Tabella 5.7.

Tabella 5.7 – Consumi mensili di Baseline

BASELINE	F1	F2	F3	TOTALE
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	-	-	470	470
Febbraio	-	-	440	440
Marzo	-	-	470	470
Aprile	-	-	455	455
Maggio	-	-	470	470
Giugno	-	-	390	390
Luglio	-	-	470	470
Agosto	-	-	470	470
Settembre	-	-	471	471
Ottobre	-	-	486	486
Novembre	-	-	479	479
Dicembre	-	-	486	486
Totale	-	-	5.556	5.556

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

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



I profili di prelievo mensili nel triennio di riferimento presentano andamenti confrontabili nei tre anni di riferimento. Nella Figura 5.2 si può notare un consumo elettrico anche nei periodi di chiusura delle attività scolastiche, la presenza dei consumi elettrici in questi periodi estivi sono dovuti al fatto che la struttura viene utilizzata da altre attività extra scolastiche e dalla presenza del personale non docente.

5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI

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

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

Tabella 5.8 - Fattori di emissione di CO₂.

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

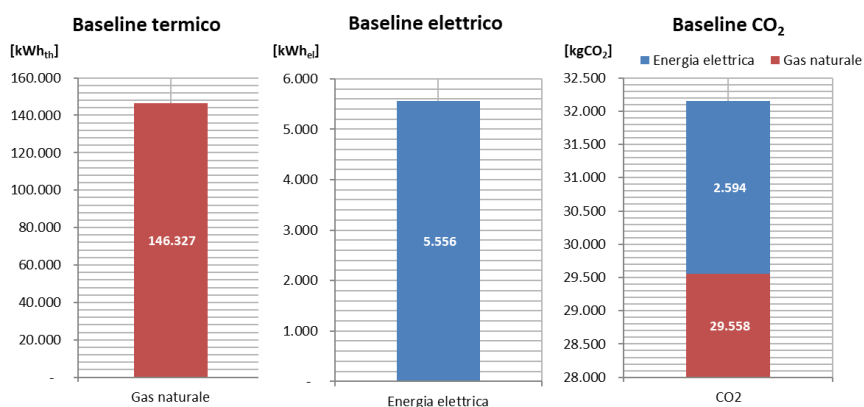
* da "Linee Guida Patto dei Sindaci" per anno 2010

Applicando tali fattori di conversione è stato possibile valutare la Baseline delle emissioni di CO₂, come riportato nella Tabella 5.9 e nella Figura 5.3.

Tabella 5.9 – Baseline delle emissioni di CO₂.

COMBUSTIBILE	CONSUMO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE	
	[kWh]	[tCO ₂ /MWh]	[tCO ₂]
Gas naturale	146.327	0,202	29.558
Energia elettrica	5.556	0,467	2.594

Figura 5.3 – Rappresentazione grafica della Baseline dei consumi e delle emissioni di CO₂.



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

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

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

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

Tabella 5.11 – Fattori di riparametrizzazione

PARAMETRO		VALORE	U.M.
FATTORE 1	Superficie netta riscaldata	1.864	m ²
FATTORE 1	Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	2.571	m ²
FATTORE 1	Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate)	6.884	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 non rinnovabile

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE	FATTOR E DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA A NON RINN.	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA NON RINN.	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3	FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3
	[kWh/anno]		[kWh/anno]	[kWh/m ²]	[kWh/m ²]	[kWh/m ³]	[Kg CO ₂ /m ²]	[Kg CO ₂ /m ²]	[Kg CO ₂ /m ³]
Gas naturale	146.327	1,05	153.644	82,4	59,8	22,3	15,86	11,50	4,29
Energia elettrica	5.556	1,95	10.833	5,8	4,2	1,6	1,39	1,01	0,38
TOTALE			164.477	88	64	24	17	13	5

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

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE	FATTOR E DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA TOTALE	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA TOTALE	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA TOTALE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3	FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3
	[kWh/anno]		[kWh/anno]	[kWh/m ²]	[kWh/m ²]	[kWh/m ³]	[Kg CO ₂ /m ²]	[Kg CO ₂ /m ²]	[Kg CO ₂ /m ³]
Gas naturale	146.327	1,05	153.644	82,4	59,8	22,3	15,86	11,50	4,29
Energia elettrica	5.556	2,42	13.444	7,2	5,2	2,0	1,39	1,01	0,38
TOTALE			167.088	90	65	24	17	13	5

Figura 5.4 – Indicatori di performance e relative emissioni di CO₂ valutati in funzione della superficie utile riscaldata

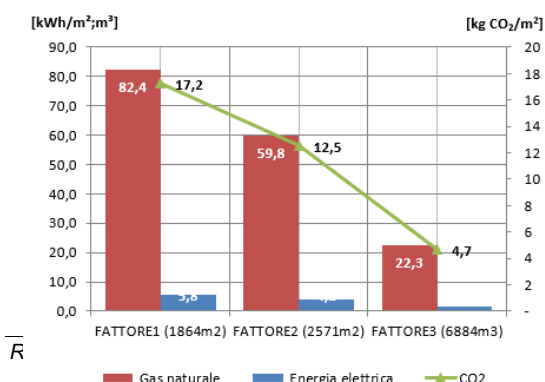
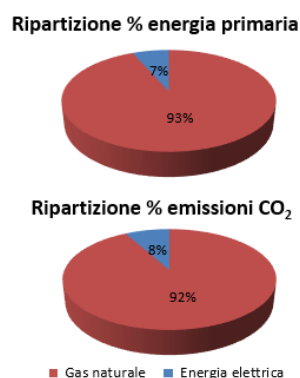


Figura 5.5 – Ripartizione % dei consumi di energia primaria e delle relative emissioni di CO₂



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 ² anno)		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Gas Naturale	11.76	12.88	14.47			
Energia elettrica				ND	2.32	2.44

E' stato quindi possibile effettuare un raffronto con le classi di merito riportate nelle suddette Linee Guida ENEA - FIRE, ottenendo una classe di merito per il riscaldamento SUFFICIENTE e per l'energia elettrica BUONO.

6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO

6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO

Al fine di valutare la prestazione energetica del sistema edificio-impianti è stato necessario predisporre un modello energetico (termico ed elettrico) redatto ai sensi della normativa regionale e nazionale vigente per il calcolo della prestazione energetica degli edifici.

Relativamente all'involucro edilizio esso è stato determinato considerando le composizioni e gli spessori di ciascun elemento opaco e trasparente, i ponti termici e in generale tutti gli elementi che concorrono alla determinazione delle dispersioni e dunque del fabbisogno in accordo alle Norme UNI-TS 11300-1:2014 per il calcolo della prestazione energetica degli edifici.

Gli impianti termici ed elettrici sono stati simulati considerando le caratteristiche dei vari sottosistemi impiantistici presenti, secondo quanto previsto dalle norme UNI-TS 11300-2:2014, UNI-TS 11300-3:2010, UNI-TS 11300-4:2016, UNI-TS 11300-5:2016 e UNI-TS 11300-6:2016.

La creazione di un modello energetico dell'edificio oggetto della DE ha fornito come output un profilo di fabbisogno energetico valutato in condizioni standard di utilizzo dell'edificio come definite dal prospetto 2 della norma UNITS 11300 parte 1, considerando le temperature esterne come definite dalla norma UNI 10349:2016 e con una durata del periodo di riscaldamento come da DPR 74/2013

Nella Tabella 6.1 sono riportati gli indicatori di performance energetica ricavati dalla modellazione dell'edificio.

Tabella 6.1–Indicatori di performance energetica e ambientali ricavati dalla modellazione (valutazione in modalità standard di utilizzo)

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale non rinnovabile	EP _{gl,nren}	kWh/mq anno	135,96	131,68
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	114,74	114,58
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	0,54	0,43
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	0	0
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	0	0
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	20,68	16,67
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	0	0
Emissioni di CO2 equivalente	CO2e	t/mq anno	26,2	25,3

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

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	CONSUMO
	[m³/anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	16.163	152.258
Energia Elettrica		5.787

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

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

Dove:

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

- $E_{baseline}$ è il consumo energetico reale di baseline dell'edificio assunto rispettivamente pari a $Q_{baseline}$ 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

6.1.1 Validazione del modello termico

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

Si è quindi provveduto alla simulazione dei parametri reali di utilizzo dell'edificio considerando i profili reali di utilizzo.

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale non rinnovabile	$EP_{gl, ren}$	kWh/mq anno	135,96	131.7
Climatizzazione invernale	EP_H	kWh/mq anno	114,74	114.6
Produzione di acqua calda sanitaria	EP_w	kWh/mq anno	0,54	0.4
Ventilazione	EP_v	kWh/mq anno	0	0.0
Raffrescamento	EP_c	kWh/mq anno	0	0.0
Illuminazione artificiale	EP_L	kWh/mq anno	20,68	16.7
Trasporto di persone e cose	EP_T	kWh/mq anno	0	0

Emissioni di CO2 equivalente	CO2e	t/mq anno	26,2	25,3
------------------------------	------	-----------	------	------

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
	[mc/anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	15.533	146.327
Energia Elettrica		5.556

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]	[%]
152.258	146.327	4%

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]	[%]
5.787	5.556	4%

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

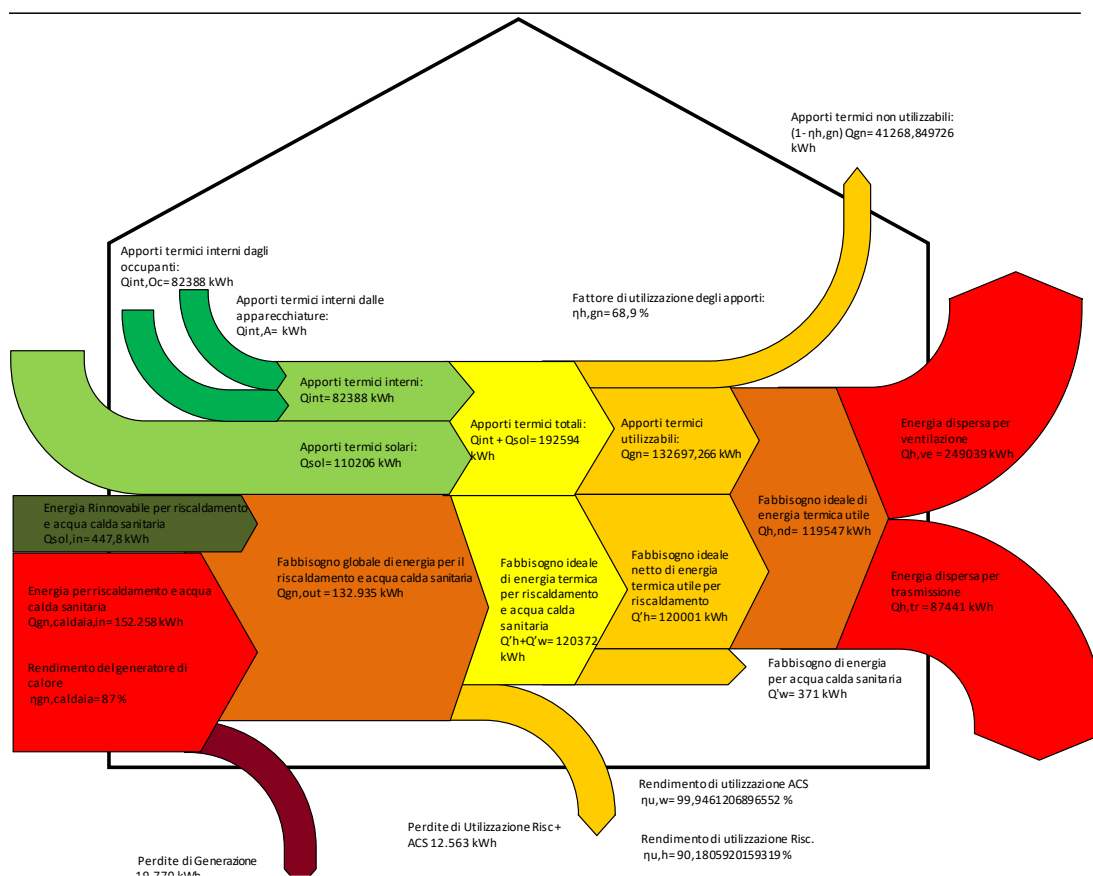
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

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

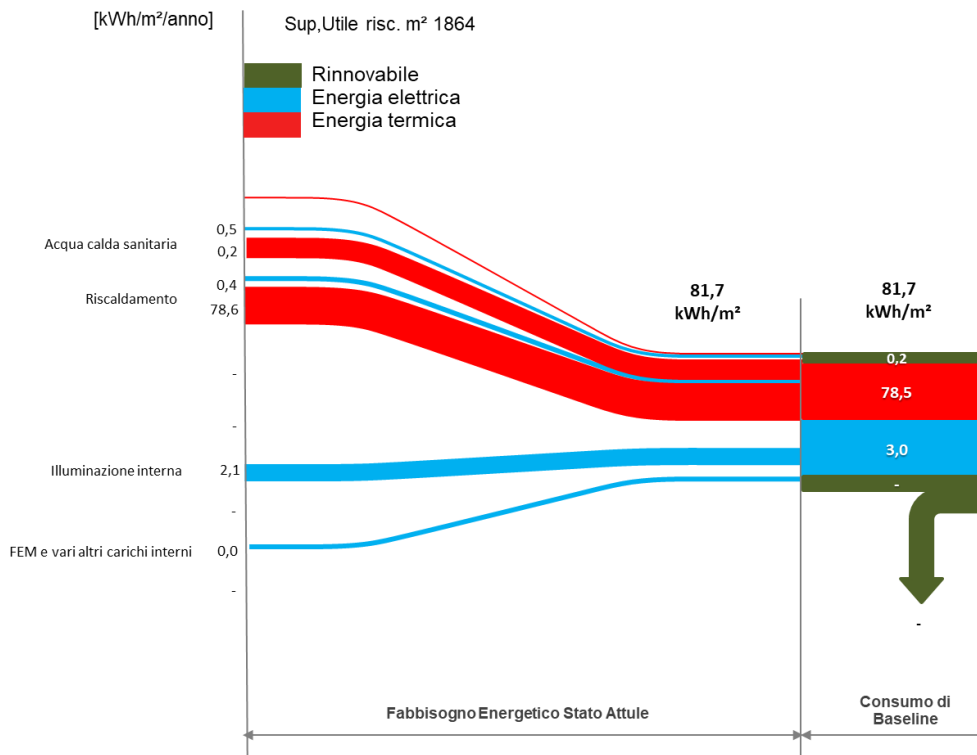
A conclusione della procedura di calcolo del fabbisogno di energia primaria, i risultati del bilancio energetico sono quindi stati rappresentati mediante diagrammi di Sankey.

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

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



E' quindi possibile creare un bilancio energetico complessivo dell'edificio, riportato nella figura 6.2:



I consumi specifici rappresentati a bilancio sono valori indicizzati in kWh/(m² anno), sulla base delle superfici utili delle zone riscaldate.

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

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

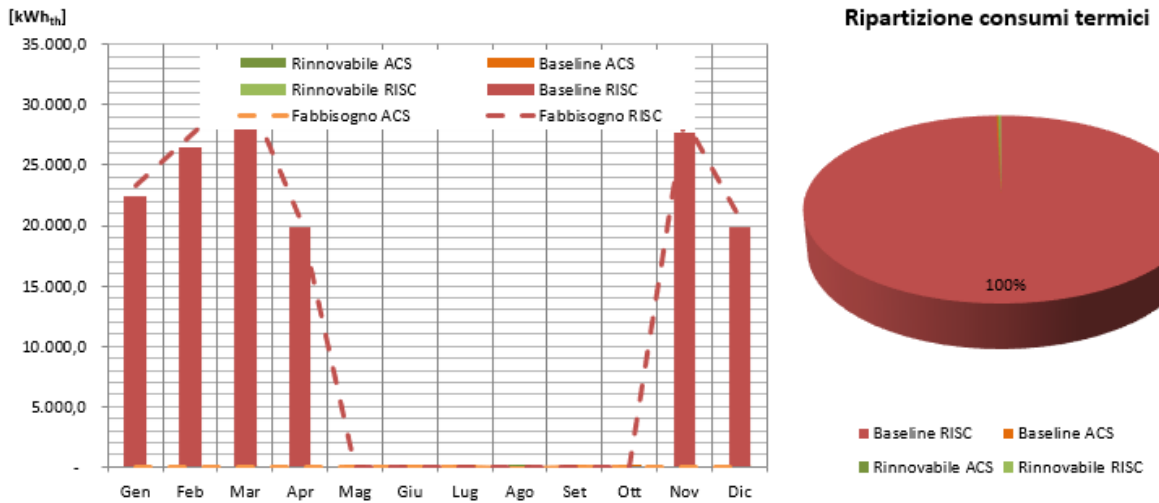
Nel caso in cui, invece i consumi teorici siano inferiori rispetto alla Baseline il termine “Altro – Congruità” rappresenta la differenza per eccesso tra i consumi specifici di Baseline ed i consumi teorici.

6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI

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

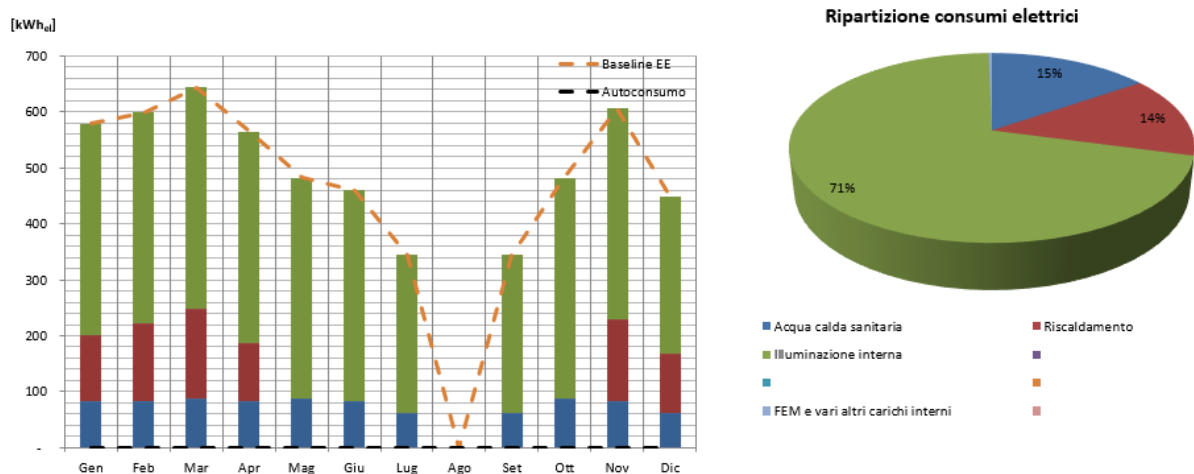
Il confronto tra i due profili è riportato in Figura 6.2.

Figura 6.2 – Confronto tra il profilo mensile del Baseline Termico e il profilo mensile dei GG rif



Si può notare come la totalità dei consumi termici sia da attribuirsi all'utilizzo per il riscaldamento dei locali nei periodi invernali di accensione dell'impianto. Anche relativamente all'analisi dei fabbisogni di energia elettrica, la ripartizione tra i vari utilizzi è stata effettuata in funzione degli esiti della modellazione. Si 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'utilizzo degli impianti di riscaldamento e alla utilizzazione dei boiler per la produzione dell'acqua calda sanitaria.

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 (solo consumo vettore elettrico)– 2015 – 2016.

7.1.1 Vettore termico

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

PDR –: contratto di Servizio Integrato Energia 3 (SIE3) stipulato dalla PA con un soggetto terzo, comprensivo sia la fornitura del vettore energetico che la conduzione e manutenzione degli impianti. Non è stato quindi possibile effettuare un'analisi dei costi di fatturazione del vettore energetico in quanto tali fatture non sono a disposizione della PA. Non sono disponibili i valori dei consumi.

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

PDR: 3270002026310	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura			
Dati di intestazione fattura	Comune di Genova	Comune di Genova	Comune di Genova
Società di fornitura	nd	Eni	Energetic
Inizio periodo fornitura	nd	01/04/2015	01/04/2016
Fine periodo fornitura	01/04/2015	01/04/2016	01/04/2017
Classe del contatore	nd	CLASSE CORRETTORE (G0004)	con correttore automatico
Tipologia di contratto	nd	Utenze con attività di servizio pubblico	Punto di riconsegna per usi diversi
Opzione tariffaria (*)	nd	oP1208	nd
Valore del coefficiente correttivo dei consumi	nd	1	1
Potere calorifico inferiore convenzionale del combustibile	nd	38,190 (superiore)	38,972(Sup)
Prezzi di fornitura del combustibile (*) (IVA INCLUSA)	nd	0,25 €/Smc	0,19 €/Smc

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

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

Dalle informazioni riportate nella tabella si può desumere che l'Amministrazione aderisce al mercato libero dell'energia.

7.1.2 Vettore elettrico

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

- POD 1 – IT001E00097283: contratto di fornitura del vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. E' stato quindi possibile effettuare un'analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura.

Nella Tabella 7.2 si riportano le principali caratteristiche del contratto di fornitura del vettore termico per gli anni di riferimento.

Tabella 7.2–Caratteristiche dei contratti di fornitura del vettore elettrico per il triennio di riferimento

POD:IT001E00097373	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	01/10/2013	01/04/2015	01/04/2016
Fine periodo fornitura	31/03/2015	31/03/2016	31/03/2017
Potenza elettrica impegnata	53 kW	53 kW	53 kW
Potenza elettrica disponibile	53 kW	53 kW	53 kW
Tipologia di contratto	Forniture in BT	CONSIP EE12 - Lotto 2	CONSIP13 VERDE - L0390
Opzione tariffaria ⁽¹⁾	Genova-2013-NEW	CONSIP EE12 - Lotto 2	[...]
Prezzi del forniture dell'energia elettrica ⁽²⁾	0,071	0,055	0,048

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.

Dalle informazioni riportate nella tabella si può desumere che l'Amministrazione aderisce al mercato libero dell'energia elettrica.

Nella Tabella 7.3 si riporta l'andamento del costo del vettore elettrico nel triennio di riferimento, suddiviso nelle varie componenti.

Tabella 7.3–Andamento del costo del vettore elettrico nel triennio di riferimento

POD: IT001E00097 373	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 14						0,00	n.d.	n.d
Feb - 14						0,00	n.d.	n.d
Mar - 14						0,00	n.d.	n.d
Apr - 14						0,00	n.d.	n.d
Mag - 14						0,00	n.d.	n.d
Giu - 14						0,00	n.d.	n.d
Lug - 14						0,00	n.d.	n.d
Ago - 14						0,00	n.d.	n.d
Set - 14						0,00	n.d.	n.d
Ott - 14						0,00	n.d.	n.d
Nov - 14						0,00	n.d.	n.d
Dic - 14						0,00	n.d.	n.d
Totale	-	-	-	-	-	-	-	n.d
POD: IT001E00012 345	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
	PARTE FISSA	PARTE VARIABILE						

ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 15						-	470	-
Feb - 15						-	440	-
Mar - 15						-	470	-
Apr - 15	19,43	5,65	69,70	5,69	22,55	123,02	455	0,27
Mag - 15	19,18	5,85	69,94	5,88	22,63	123,47	470	0,26
Giu - 15	12,71	4,03	38,77	4,05	13,40	72,96	324	0,23
Lug - 15	17,63	5,13	72,22	5,88	22,59	123,45	470	0,26
Ago - 15	16,92	5,15	72,22	5,88	22,43	122,60	470	0,26
Set - 15	15,59	4,97	60,95	5,69	19,54	106,74	455	0,23
Ott - 15	15,74	3,88	74,36	5,88	22,33	122,18	470	0,26
Nov - 15	15,24	3,71	73,03	5,69	21,83	119,50	455	0,26
Dic - 15	15,31	4,15	74,36	5,88	22,29	121,98	470	0,26
Totale	147,75	42,52	605,55	50,52	189,57	1.035,91	5.419	0,19
POD: IT001E00012 345	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	21,99	5,36	70,34	5,88	23,29	126,86	470	0,270
Feb - 16	16,40	4,99	67,85	5,50	21,22	115,96	440	0,264
Mar - 16	16,70	5,34	70,34	5,88	22,00	120,26	470	0,256
Apr - 16	14,70	7,07	22,45	5,69	11,32	61,22	455	0,135
Mag - 16	16,49	7,72	22,59	5,88	11,97	64,65	470	0,138
Giu - 16	16,88	7,47	22,45	5,69	11,94	64,43	455	0,142
Lug - 16	20,29	10,19	22,59	5,88	13,43	72,38	470	0,154
Ago - 16	17,57	10,19	22,59	5,88	12,77	69,01	470	0,147
Set - 16	21,00	10,53	22,74	6,08	13,76	74,10	486	0,152
Ott - 16	26,80	8,10	23,12	6,28	14,76	79,06	502	0,157
Nov - 16	29,44	7,99	23,12	6,28	15,37	82,20	502	0,164
Dic - 16	28,49	7,88	23,12	6,28	15,12	80,89	502	0,161
Totale	246,74	92,83	413,30	71,20	186,94	1.011,01	5.692	0,178

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

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

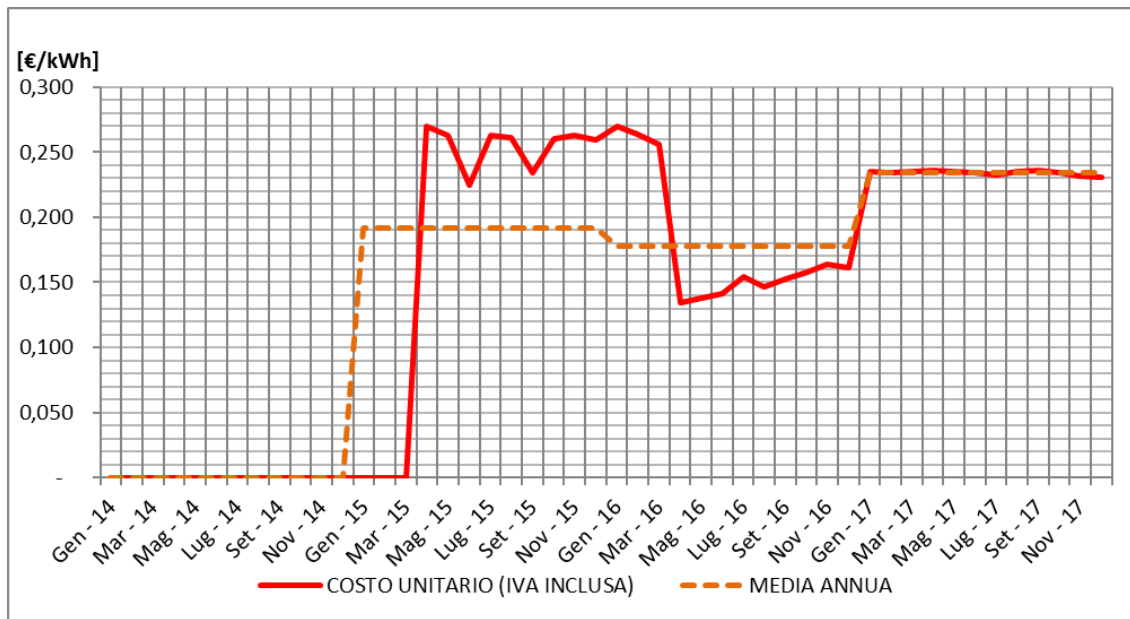
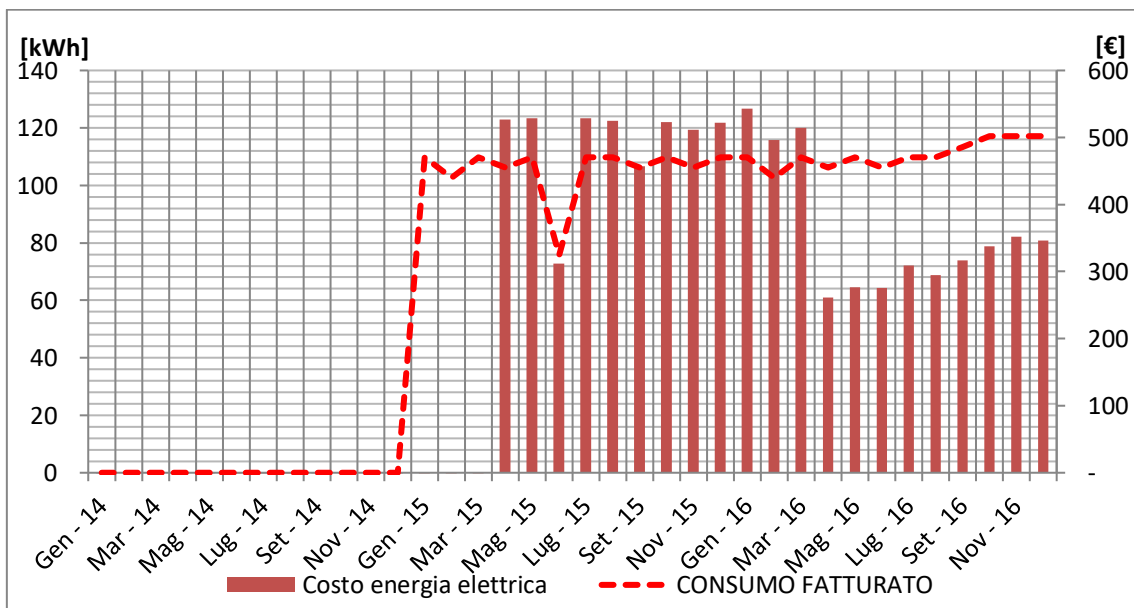


Figura 7.2 – Andamento dei consumi e dei costi dell'energia elettrica



Dall'analisi effettuata risulta evidente che l'andamento dei costi nei tre anni di riferimento non ha subito variazioni rilevanti.

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

Tabella 7.4–Sintesi dei consumi nel triennio di riferimento

ANNO	VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			TOTALE
	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[€]
2014	nd	nd	nd	ND	ND	ND	
2015				5.419	1.035	0.19	
2016				5.692	1.011	0.18	
Media				5.555	1.023	0.19	

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 individuati per il calcolo della Baseline

Definizione		Valore	U.M.
Costo unitario dell'energia termica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	Cu _Q	0,079 [€/kWh]
Costo unitario dell'energia elettrica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	Cu _{EE}	0,225 [€/kWh]

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

7.3 COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI

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

L1-042-199: servizio di conduzione e manutenzione caldaia con potenza > 35 kW

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

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

Tali servizi prevedono il pagamento di un canone annuale da parte della PA pari a 3.156 €.

Nel caso di impianti non oggetto di fornitura di energia, il costo della manutenzione C_M è pari al valore contrattuale della conduzione e manutenzione (C_{SIE3}) come fornito all'interno del file kyotoBaseline-E559. In questo caso i costi della manutenzione sono ripartiti in una quota ordinaria (C_{MO}) e in una quota straordinaria (C_{MS}) come segue:

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

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

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

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

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

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

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

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

Tabella 7.6 – 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}	6.909 [€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Media relativa a gli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici	C_{MS}	1.836 [€/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:

$$C_E = Q_{baseline} \times C_{uQ} + EE_{baseline} \times C_{uEE}$$

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

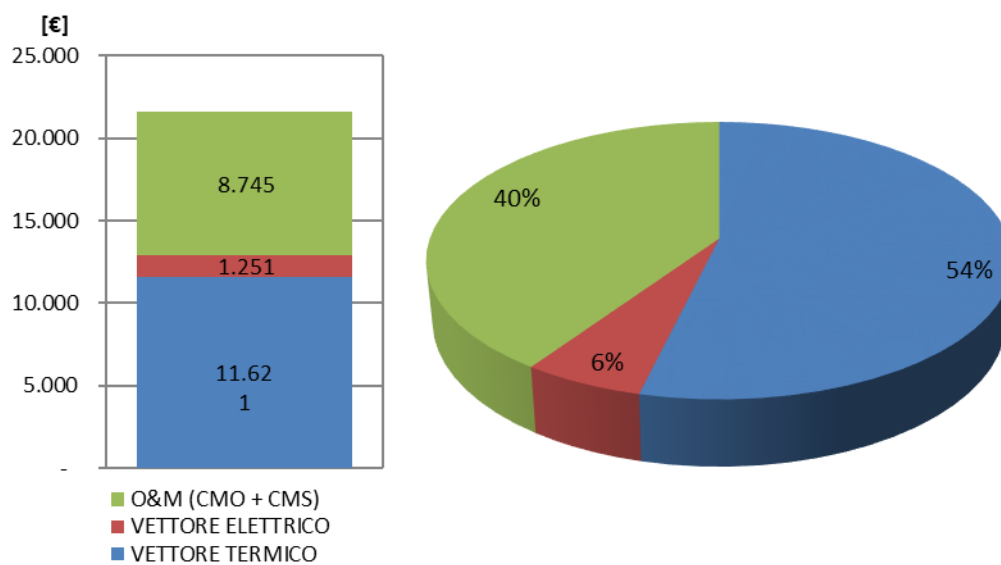
$$C_{baseline} = C_E + C_{MO} + C_{MS}$$

Ne risulta quindi un C_E pari a €10.476 e un $C_{baseline}$ pari a € 13.633

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

VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)		TOTALE	
$Q_{baseline}$	C_{uQ}	C_Q	$EE_{baseline}$	C_{uEE}	C_{EE}	C_M	C_{MO}	C_{MS}	$C_Q + C_{EE} + C_M$
[kWh]	[€/kWh]	[€]	[kWh]	[€/kWh]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
146.327	0,079	11.621	5.556	0,225	1.251	8.745	6.909	1.836	21.617

Figura 7.3 – Baseline dei costi e loro ripartizione



8 IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA

8.1 DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI

8.1.1 Impianto riscaldamento

EEM1: Sostituzione del generatore di calore con altro ad alta efficienza

Generalità

La misura prevede la sostituzione del generatore attualmente installato con un generatore di calore a condensazione ad alta efficienza al fine di migliorare il rendimento di generazione.

L'installazione di un generatore di calore a condensazione ad alta efficienza consente di aumentare il rendimento di generazione, inteso come rapporto tra l'energia termica fornita al sistema di distribuzione e l'energia termica in ingresso al generatore.



Caratteristiche funzionali e tecniche

L'intervento prevede la sostituzione del generatore a combustione attuale con uno a più alta efficienza di tipo a condensazione. In particolare l'intervento consiste nell'installazione di un nuovo sistema di produzione e distribuzione del calore di centrale.

Il generatore è completo di rampa a gas, organi di sicurezza e controllo, circolatore elettronico circuito primario, separatore idraulico, interfaccia sistema di controllo centrale.

Si prevede inoltre la sostituzione del bruciatore esistente con altro bruciatore di tipo modulante, con regolazione climatica direttamente su di esso.

Nei costi di intervento sono state considerate tutte le opere accessorie (smaltimento della centrale presente, rifacimento impianto elettrico di centrale, addolcitore, nuovo sistema di regolazione, nuovo sistema di distribuzione del fluido vettore, ecc.)

Descrizione dei lavori

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

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

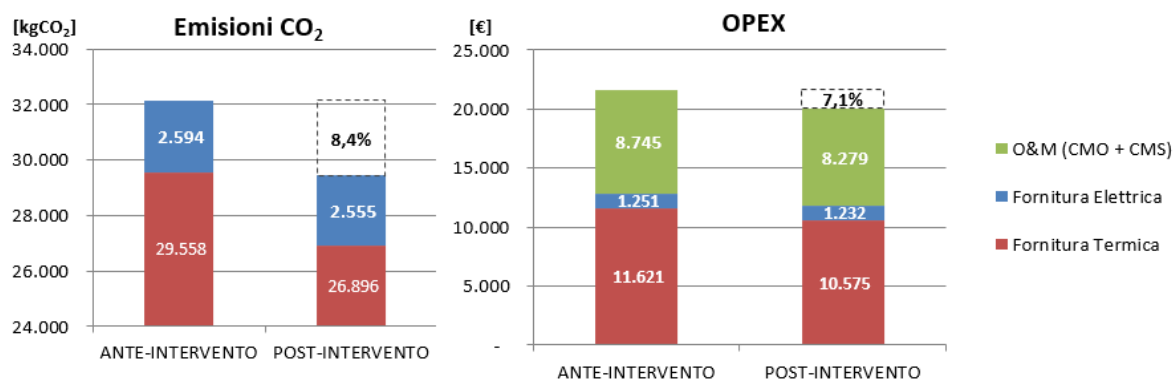
Prestazioni raggiungibili

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

Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM1 – Sostituzione caldaia con altra a maggiore efficienza

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Rendimento generatore di calore	[%]	89	103	-15,7%
Q _{teorico}	[kWh]	152.258	138.547	9,0%
EE _{teorico}	[kWh]	5.787	5.698	1,5%
Q _{baseline}	[kWh]	146.327	133.151	9,0%
EE _{Baseline}	[kWh]	5.556	5.470	1,5%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	29.558	26.896	9,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	2.594	2.555	1,5%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	32.153	29.451	8,4%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	11.621	10.575	9,0%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	1.251	1.232	1,5%
Fornitura Energia, C_E	[€]	12.872	11.807	8,3%
C _{MO}	[€]	6.909	6.632	4,0%
C _{MS}	[€]	1.836	1.647	10,3%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	8.745	8.279	5,3%
OPEX	[€]	21.617	20.086	7,1%
Classe energetica	[-]	E	C	+2 classi

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



EEM2: Installazione di valvole termostatiche

Generalità

Il controllo dell'energia termica erogata localmente dai terminali scaldanti rappresenta una delle più efficaci strategie per il contenimento dei consumi energetici. I motivi sono essenzialmente due: con questi dispositivi si riesce a controllare in modo puntuale la temperatura all'interno dei locali in cui vengono installati ma, soprattutto, si riescono a sfruttare meglio gli apporti di calore gratuiti. Attraverso questi dispositivi, l'impianto si autoregola in funzione delle esigenze locali e, negli impianti esistenti con una distribuzione non più efficiente, e in grado di ripristinare l'equilibrio necessario per garantire in ogni ambiente il corretto apporto di calore.

Caratteristiche funzionali e tecniche

La regolazione locale viene normalmente effettuata con valvole termostatiche. Su ogni radiatore, le valvole termostatiche sostituiscono la valvola manuale e regolano automaticamente l'afflusso di acqua calda in base alla temperatura scelta e impostate su una apposita manopola graduata. Il raggiungimento di valori di temperature ottimali è comunque vincolato alle caratteristiche dell'impianto di riscaldamento e al posizionamento della valvola.

I benefici in termini di risparmio energetico sono notevoli (risparmio anche superiore al 15-20%) se confrontati con il costo di installazione che è relativamente basso.

Descrizione dei lavori

L'intervento prevede l'installazione di una valvola per ogni radiatore presente, avente forma e caratteristiche compatibili alle tubazioni a cui sono connessi i terminali.

Figura 8.2 – Particolare radiatori attuali



Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM2 sono riportati nella [Tabella 8.2](#).

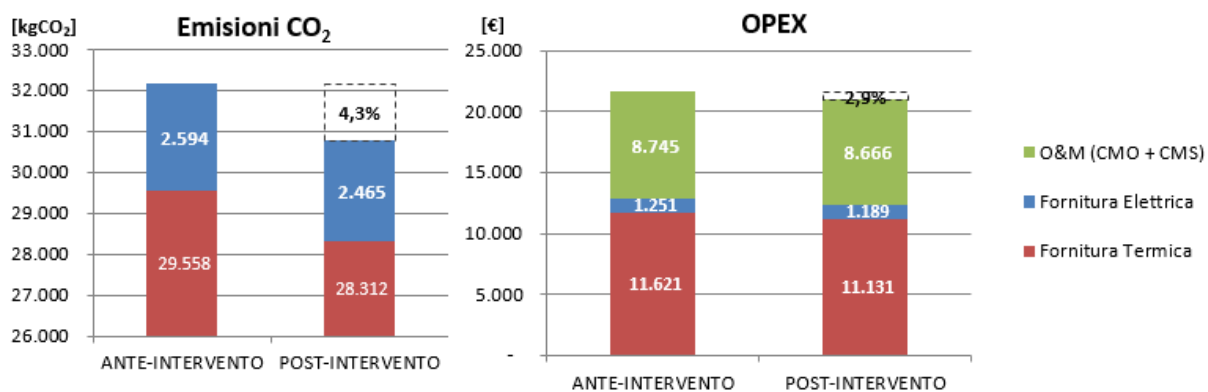
Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM2

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Rendimento regolazione	[%]	91	99	-8,8%
Q _{teorico}	[kWh]	152.258	145.841	4,2%
EE _{teorico}	[kWh]	5.787	5.498	5,0%
Q _{baseline}	[kWh]	146.327	140.160	4,2%
EE _{baseline}	[kWh]	5.556	5.278	5,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	29.558	28.312	4,2%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	2.594	2.465	5,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	32.153	30.777	4,3%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	11.621	11.131	4,2%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	1.251	1.189	5,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	12.872	12.320	4,3%
C _{MO}	[€]	6.909	6.909	0,0%
C _{MS}	[€]	1.836	1.757	4,3%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	8.745	8.666	0,9%
OPEX	[€]	21.617	20.986	2,9%
Classe energetica	[-]	E	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: 0,079[€/kWh] per il vettore termico e 0,225 [€/kWh] per il vettore elettrico.

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



8.1.2 Involucro trasparente

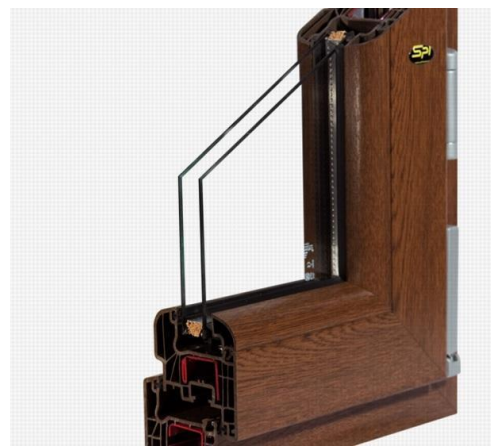
EEM3: Sostituzione chiusure trasparenti

Generalità

La misura prevede la sostituzione degli infissi esistenti e delle chiusure trasparenti, congiuntamente alla installazione di un sistema di termoregolazione sull'impianto di emissione del calore per riscaldamento.

I nuovi infissi avranno caratteristiche di trasmittanza inferiori al valore soglia fissati dal Conto Termico.

Figura 8.4 – Particolare di infisso in pvc con vetro doppio



Caratteristiche funzionali e tecniche

Iserramenti svolgono un ruolo fondamentale per quanto riguarda il comfort degli ambienti interni; essi infatti devono soddisfare una serie di requisiti legati a varie esigenze, quali: illuminazione; tenuta alle intemperie, resistenza meccanica, ventilazione, isolamento termico. Gli infissi in PVC con vetro doppio forniscono buone prestazioni energetiche al fine di garantire comfort termico all'interno dell'unità immobiliare, contenendo i costi per il riscaldamento.

Descrizione dei lavori

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

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM2 sono riportati nella Tabella 8.3 e nella Figura 8.5.

Tabella 8.3 – Risultati analisi EEM3 – Sostituzione chiusure trasparenti

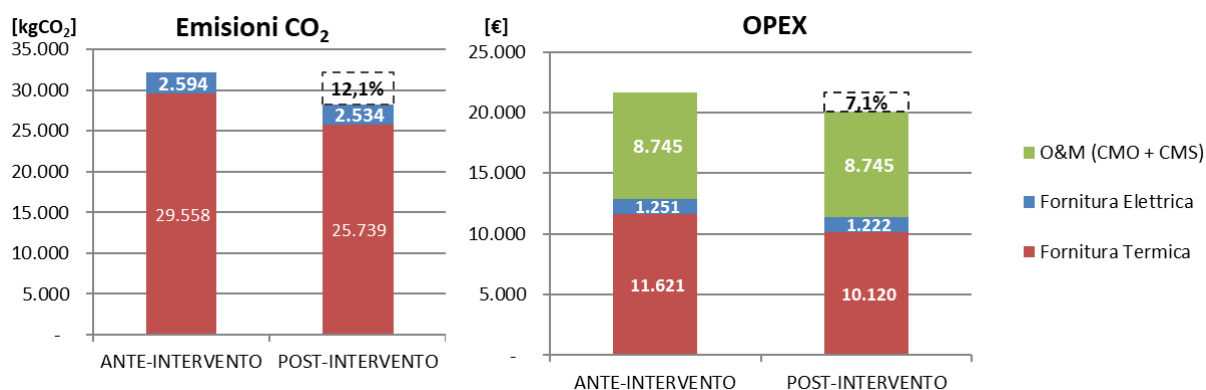
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Trasmittanza	[W/m ² K]	3,5	1,2	65,7%
Q _{teorico}	[kWh]	152.258	132.584	12,9%
EE _{teorico}	[kWh]	5.787	5.653	2,3%
Q _{baseline}	[kWh]	146.327	127.420	12,9%
EE _{Baseline}	[kWh]	5.556	5.427	2,3%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	29.558	25.739	12,9%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	2.594	2.534	2,3%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	32.153	28.273	12,1%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	11.621	10.120	12,9%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	1.251	1.222	2,3%
Fornitura Energia, C_E	[€]	12.872	11.342	11,9%
C _{MO}	[€]	6.909	6.909	0,0%
C _{MS}	[€]	1.836	1.836	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	8.745	8.745	0,0%

OPEX	[€]	21.617	20.087	7,1%
Classe energetica	[-]	E	C	+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: 0,079[€/kWh] per il vettore termico e 0,225[€/kWh]

Figura 8.5– EEM1: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



8.1.3 Impianto di illuminazione ed impianto elettrico

EEM4: Installazione di impianto di illuminazione LED

Generalità

La misura prevede la sostituzione delle lampade esistenti con lampade ad alta efficienza con lo scopo di ridurre il consumo di energia per l'illuminazione. Una maggiore efficienza implica, a parità di lumen, una minore potenza e una riduzione del calore emesso in ambiente. Nel periodo estivo tutto questo si traduce anche in un risparmio di energia dell'impianto di climatizzazione esistenti.

Caratteristiche funzionali e tecniche

I costi di intervento possono essere limitati qualora sia possibile prevedere la sostituzione della sola lampada con modelli compatibili a maggiore efficienza, mantenendo il porta lampada esistente. È consigliabile prevedere un progetto illuminotecnico degli spazi, in modo da comprendere come possa essere gestita l'illuminazione in termini di comfort: l'analisi dello stato di fatto potrebbe suggerire non solo la sostituzione delle lampade, ma anche la ricollocazione o l'integrazione dei corpi

Figura 8.6 - Particolare dei corpi illuminanti attualmente installati



Descrizione dei lavori

Si prevede la sostituzione dei corpi illuminanti secondo il criterio della sostituzione puntuale. Ci si assicura inoltre che la potenza delle lampade LED installate sia inferiore al 50% della potenza delle lampade sostituite.

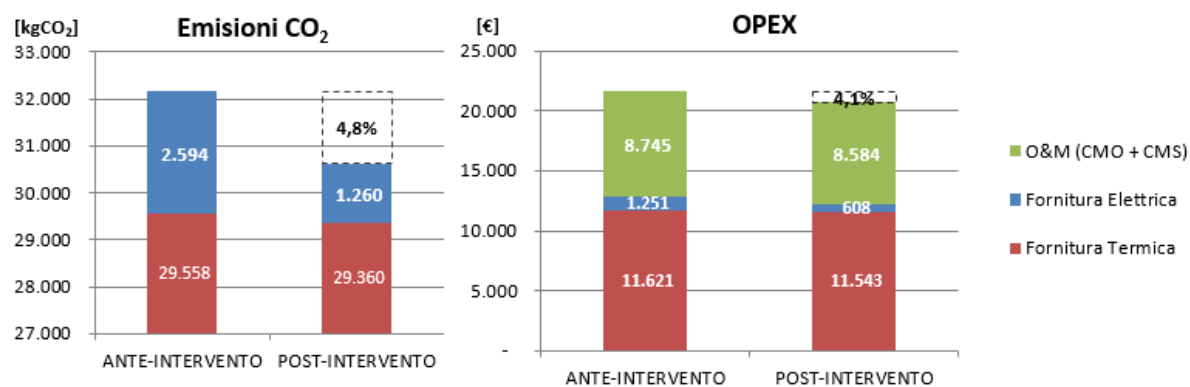
Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM1 sono riportati nella Tabella 8.4.

Tabella 8.4 – Risultati analisi EEM4 – Impianto di illuminazione ed impianto elettrico

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Potenza installata	[W]	2800	1400	50,0%
Q _{teorico}	[kWh]	152.258	151.236	0,7%
EE _{teorico}	[kWh]	5.787	2.810	51,4%
Q _{baseline}	[kWh]	146.327	145.345	0,7%
EE _{Baseline}	[kWh]	5.556	2.698	51,4%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	29.558	29.360	0,7%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	2.594	1.260	51,4%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	32.153	30.620	4,8%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	11.621	11.543	0,7%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	1.251	608	51,4%
Fornitura Energia, C_E	[€]	12.872	12.151	5,6%
C _{MO}	[€]	6.909	6.839	1,0%
C _{MS}	[€]	1.836	1.745	5,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	8.745	8.584	1,8%
OPEX	[€]	21.617	20.735	4,1%
Classe energetica	[-]	E	D	+1 classi

Figura 8.7– EEM2: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO2 a partire dalla baseline



9 VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA

9.1 ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

EEM1:Sostituzione del generatore di calore con altro ad alta efficienza

Nella Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 1, che consiste nella sostituzione dei generatori di calore attualmente presenti con uno a condensazione ad alta efficienza.

Tabella 9.1 – Analisi dei costi della EEM1 – Sostituzione del generatore di calore con altro ad alta efficienza

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO [€/m²cm]	TOTALE		TOTALE	
					(IVA ESCLUSA) [€]	IVA [€]	(IVA INCLUSA) [€]	
PR.C76.B10.035 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: 396 Kw circa	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 19.578,75	€ 19.578,75	22%	€ 23.886,08	
PR.C84.C05.505 Sistema fumario prefabbricato a sezione circolare, con giunti maschio-femmina con profilo conico a elementi modulari a doppia parete acciaio inox (parete interna AISI316L e parete esterna AISI304), coibentazione 25mm in lana di roccia pressata, senza guarnizioni di tenuta Coppa di scarico condensa Ø 180 mm	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 163,30	€ 163,30	22%	€ 199,23	
40.C10.B10.120 Sola posa in opera di bruciatore per caldaie, compresi la lavorazione della piastra di collegamento alla caldaia, la sola posa della rampa gas e del dispositivo di controllo tenuta valvola, i collegamenti elettrici, i collegamenti alla tubazione del combustibile a metano o gasolio: per generatori di calore da 101 Kw a 350 Kw	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 357,07	€ 357,07	22%	€ 435,63	
PR.C76.A30.020 Accessori per caldaie a condensazione: Tubi Ø 80mm della lunghezza 1 m	Prezzario Regione Liguria	5	cad	€ 19,21	€ 96,05	22%	€ 117,18	
PR.C76.A30.015 Accessori per caldaie a condensazione: Kit scarichi separati per tubi Ø 80mm	Prezzario Regione Liguria	4	cad	€ 25,87	€ 103,49	22%	€ 126,26	
40.F10.H10.030 Sola posa in opera di accessori per impianti di termoregolazione compresi collegamenti elettrici: sonde	Prezzario Regione Liguria	4	cad	€ 109,64	€ 438,55	22%	€ 535,03	

in genere

40.F10.H10.040	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	€ 27,01	€ 27,01	22%	€ 32,95
PR.C74.C10.010	Interruttore orario digitale modulare per la programmazione settimanale a due canali	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 133,40	€ 133,40	22%	€ 162,75
PR.C74.E05.030	Sonde di temperatura e umidità: sola temperatura, per impianti civili e industriali per esterno	Prezzario Regione Liguria	2	cad	€ 69,52	€ 139,04	22%	€ 169,62
RU.M01.A01.030	Opere edili Operaio Qualificato	Prezzario Regione Liguria	10	h	€ 31,28	€ 312,82	22%	€ 381,64
RU.M01.E01.020	Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezzario Regione Liguria	5	h	€ 28,98	€ 144,91	22%	€ 176,79
	Costi per la sicurezza	-	3%	%		€ 644,83	22%	€ 786,69
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%		€ 1.504,61	22%	€ 1.835,62
TOTALE (I₀ – EEM1)						€ 23.644	22%	€ 28.845
Incentivi		[Conto termico]						
Durata incentivi								
Incentivo annuo								

EEM2: Installazione di valvole termostatiche

Nella Figura 9.2 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 2, che consiste nell'installazione di valvole termostatiche.

Tabella 9.2 – Analisi dei costi della EEM2 – Installazione di valvole termostatiche

CODICE	DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	TOTALE	IVA	TOTALE
					[€/m ² cm]	(IVA ESCLUSA)	[€]	(IVA INCLUSA)
PR.C17.A15.010	Valvole micrometriche a squadra complete di testa termostatica con elemento sensibile a gas: Ø 15 mm	Prezzario Regione Liguria	60	cad	€ 32,20	€ 1.932,00	22%	€ 2.357,04
PR.E40.B05.210	Interruttore automatico magnetotermico con potere di interruzione 4,5KA bipolare fino a 32 A - 230 V	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 20,63	€ 20,63	22%	€ 25,17
RU.M01.E01.020	Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezzario Regione Liguria	16	h	€ 28,98	€ 463,71	22%	€ 565,73
	Costi per la sicurezza	-	3%	%		€ 72,49	22%	€ 88,44
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%		€ 169,14	22%	€ 206,36
TOTALE (I₀ – EEM1)						€ 2.658	22%	€ 3.243

Incentivi	[Conto termico]	0
Durata incentivi		0
Incentivo annuo		0

abella 9.2 – Analisi dei costi della EEM2 – Installazione di valvole termostatiche

EEM3: Sostituzione chiusure trasparenti

Nella Tabella 9.3 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 3, che consiste nella rimozione degli infissi completi di vetri e sostituzione con infissi e vetri di caratteristiche termiche superiori

Tabella 9.3 – Analisi dei costi della EEM3 – Sostituzione chiusure trasparenti

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/m ² cm]	[€]	[€]	[€]
25.A05.H01.100	Prezziario Regione Liguria	80	m2	€ 36,01	€ 2.880,73	22%	€ 3.514,49
PR.A23.A30.010	Prezziario Regione Liguria	80	m2	€ 299,00	€ 23.920,00	22%	€ 29.182,40
PR.A23.B10.020	Prezziario Regione Liguria	35,78	m	€ 6,90	€ 246,86	22%	€ 301,17
25.A15.C10.020	Prezziario Regione Liguria	12	m3	€ 10,70	€ 128,40	22%	€ 156,65
Costi per la sicurezza	-	3%	%		€ 815,28	22%	€ 994,64
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%		€ 1.902,32	22%	€ 2.320,83
TOTALE (I₀ – EEM1)					€ 29.894	22%	€ 36.470
Incentivi	[Conto termico]						€ 14.588,07
Durata incentivi							5
Incentivo annuo							€ 2.917,61

EEM4: Installazione di Impianto di illuminazione a LED

Nella Tabella 9.4 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 4, che consiste nella sostituzione dei corpi illuminanti attualmente presenti con altri utilizzando la tecnologia LED.

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

Tabella 9.4 – Analisi dei costi della EEM4 – Installazione di impianto di illuminazione LED

Codice	DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO [€/m²cm]	TOTALE		TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
						(IVA ESCLUSA) [€]	IVA [€]	
045161b	Plafoniera stagna rettangolare, corpo in policarbonato autoestinguento, schermo in policarbonato autoestinguento trasparente prismaticizzato internamente, per installazione a parete, plafone o a sospensione, apparecchio con grado di protezione IP 66, lampade LED temperatura di colore 4000 K, alimentazione 230 V c.a.: bilampada: lunghezza 1.300 mm, 36 W, 5.830 lm	DEI Imp. Ele. 2017	103	cad	€ 142,42	€ 14.669,07	22%	€ 17.896,27
045129b	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	49	cad	€ 89,65	€ 4.392,63	22%	€ 5.359,01
045161c	Plafoniera stagna rettangolare, corpo in policarbonato autoestinguento, schermo in policarbonato autoestinguento trasparente prismaticizzato internamente, per installazione a parete, plafone o a sospensione, apparecchio con grado di protezione IP 66, lampade LED temperatura di colore 4000 K, alimentazione 230 V c.a.: bilampada: lunghezza 1.600 mm, 48 W, 7.780 lm	DEI Imp. Ele. 2017	3	cad	€ 168,24	€ 504,71	22%	€ 615,75
	Costi per la sicurezza	-	3%	%		€ 571,85	22%	€ 697,66
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%		€ 1.334,32	22%	€ 1.627,87
TOTALE (I₀ – EEM1)						€ 21.473	22%	€ 26.197
Incentivi		[Conto termico]						€ 10.478,62
Durata incentivi								5
Incentivo annuo								€ 2.095,72

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 latecnologia 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: Sostituzione del generatore di calore con altro ad alta efficienza

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

Tabella 9.5 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM1– Sostituzione del generatore di calore con altro ad alta efficienza

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE	
Investimento Iniziale	I_0	€	€	28.845
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%]		3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]		22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni		3
Vita utile	n	anni		15
Incentivo annuo	B	€/anno		-
Durata incentivo	n_B	anni		5
Tasso di attualizzazione	i	[%]		1,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO			VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS		18,5	18,5
Tempo di rientro attualizzato	TRA		20,9	20,9
Valore attuale netto	VAN		- 8.386	- 8.386
Tasso interno di rendimento	TIR		-3,0%	-3,0%
Indice di profitto	IP		-0,29	-0,29

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

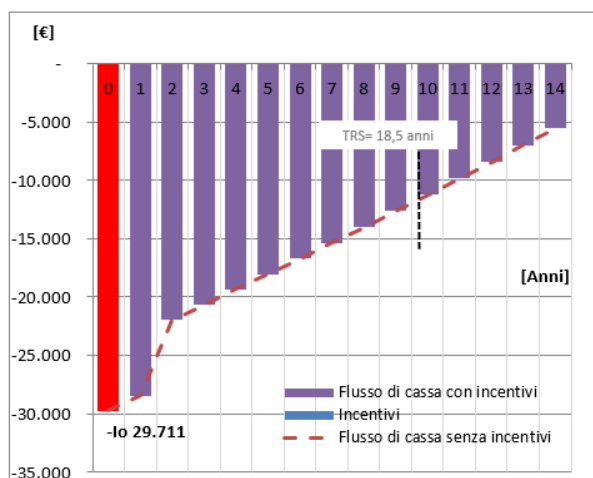
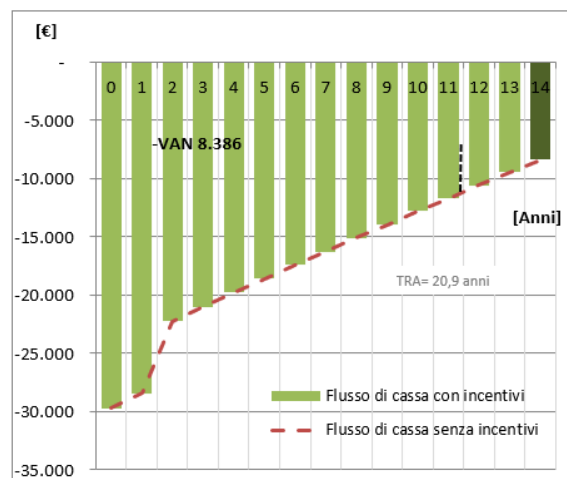


Figura 9.2 –EEM1: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'investimento non è remunerativo, con un VAN negativo e tempi di ritorno superiori alla vita utile tecnologica del componente installato.

EEM2: Installazione di valvole termostatiche

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

Tabella 9.6 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM2– Installazione di valvole termostatiche

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE	
Investimento Iniziale	I_0	€	€	3.243
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%]		3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]		22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni		3
Vita utile	n	anni		15
Incentivo annuo	B	€/anno		-
Durata incentivo	n_B	anni		5
Tasso di attualizzazione	i	[%]		1,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO			VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS		5,3	5,3
Tempo di rientro attualizzato	TRA		5,6	5,6
Valore attuale netto	VAN		4.013	4.013
Tasso interno di rendimento	TIR		16,7%	16,7%
Indice di profitto	IP		1,24	1,24

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

Figura 9.3 –EEM1: Flussi di Cassa, con e senza incentivi

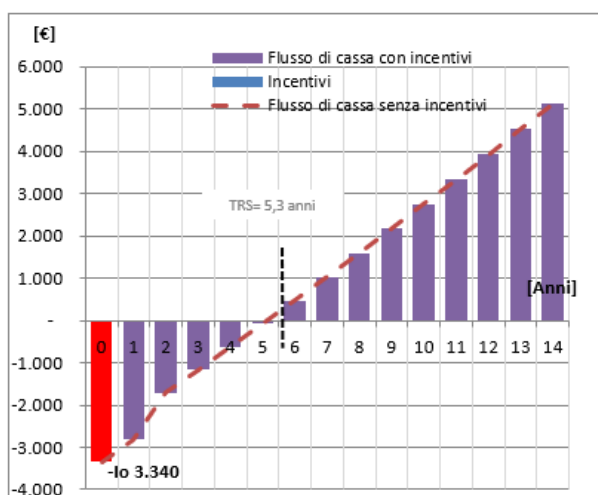
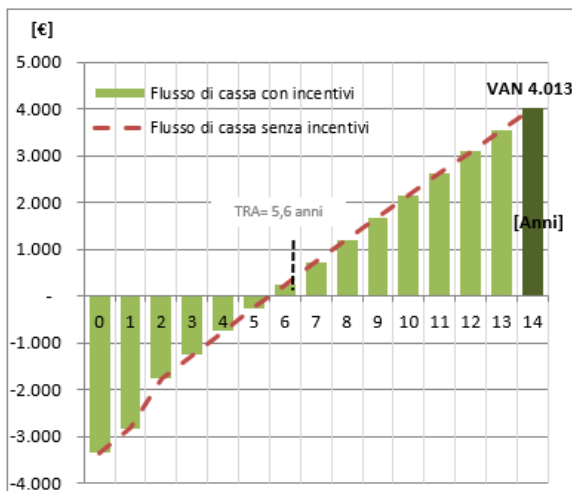


Figura 9.4 –EEM1: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'investimento è remunerativo, avendo VAN positivo e tempi di ritorno semplice e attualizzato rispettivamente inferiori a 15 anni.

EEM3: Sostituzione chiusure trasparenti

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

Tabella 9.7 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM3– Sostituzione chiusure trasparenti

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	€ 36.470
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	2.918
Durata incentivo	n_B	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	1,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	21,6	12,5
Tempo di rientro attualizzato	TRA	27,9	14,9
Valore attuale netto	VAN	1.172	14.924
Tasso interno di rendimento	TIR	2,3%	6,1%
Indice di profitto	IP	0,03	0,41

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

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

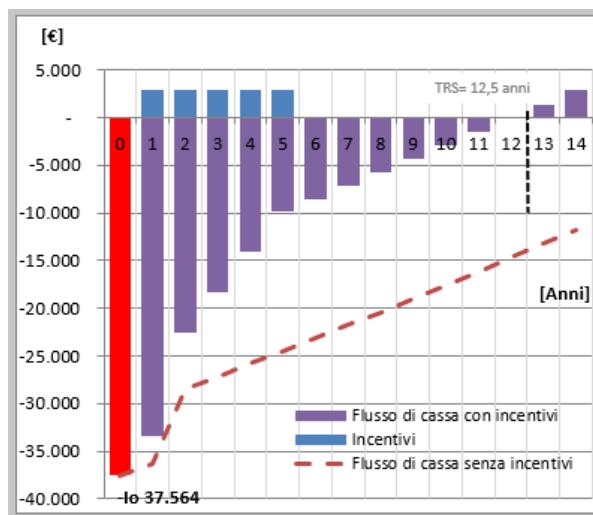
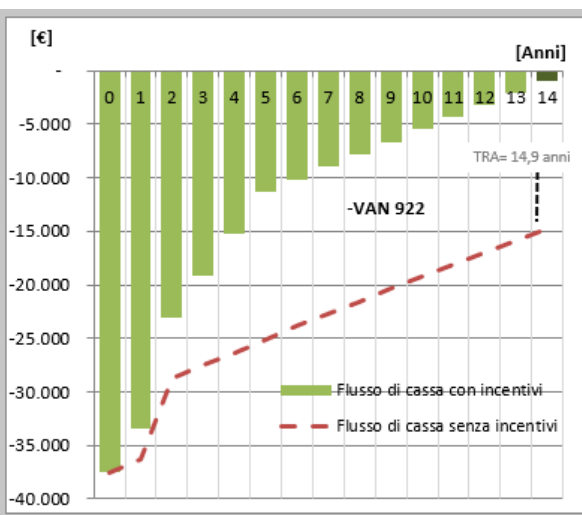


Figura 9.6 –EEM3: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'investimento è non remunerativo, avendo VAN positivo ed i tempi di ritorno semplice e attualizzato sono inferiori alla vita utile dell'intervento.

EEM4: Installazione di impianto di illuminazione LED

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

Tabella 9.8 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM4 Installazione di impianto di illuminazione LED

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE	
Investimento Iniziale	I_0	€	€	26.197
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		2.096
Durata incentivo	n_B	anni		5
Tasso di attualizzazione	i	[%]		1,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO			VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS		21,6	10,5
Tempo di rientro attualizzato	TRA		22,9	11,2
Valore attuale netto	VAN		- 17.558	- 7.680
Tasso interno di rendimento	TIR		-24,2%	-8,4%
Indice di profitto	IP		-0,67	-0,29

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

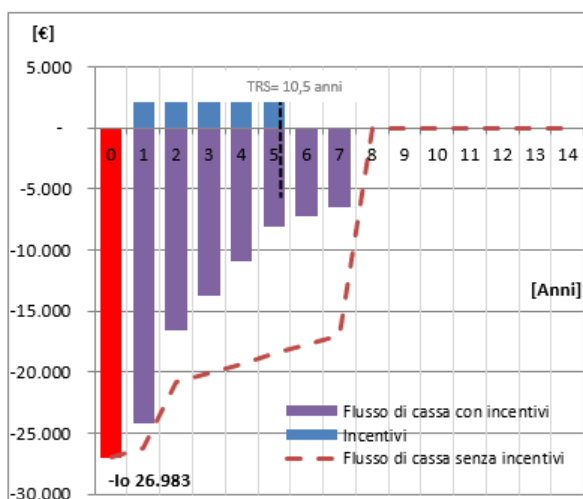
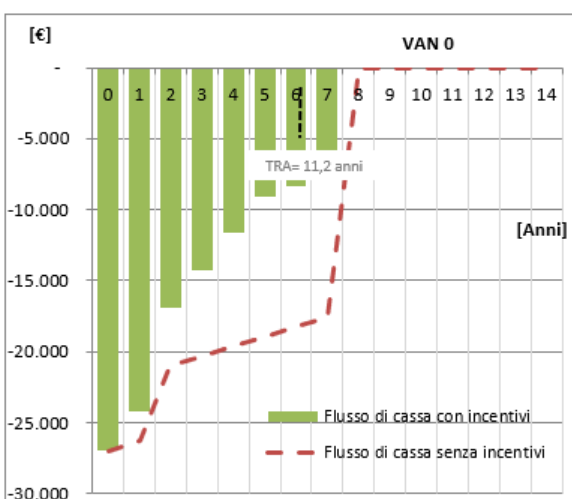


Figura 9.8 –EEM4: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'investimento non è remunerativo, avendo VAN negativo. I tempi di ritorno semplice e attualizzati sono pari rispettivamente a 10.5 e 11.2 anni.

9.3 SINTESI

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

Tabella 9.9 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso senza incentivi

SENZA INCENTIVI												
	% Δ_E	% Δ_{CO_2}	ΔC_E	ΔC_{MO}	ΔC_{MS}	I_0	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]
EEM 1	2%	8%	€ 19,24	€ 276,34	€ 189,15	€ 28.845,46	18,5	20,9	15	-€ 8.385,51	-3,04%	-0,29
EEM 2	5%	4%	€ 62,49	€ -	€ 78,97	€ 3.242,72	5,3	5,6	15	€ 4.012,88	16,67%	1,24
EEM 3	2%	12%	€ 28,97	-€ 0,50	€ 0,44	€ 36.470,18	21,6	27,9	30	€ 1.171,99	2,25%	0,03
EEM 4	51%	5%	€ 643,70	€ 69,09	€ 91,82	€ 26.197,00	21,6	22,9	8	-€ 17.558,30	-24,18%	-0,67

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

- % Δ_E è il valore percentuale di riduzione dei consumi energetici rispetto 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;

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

Dall'analisi dei risultati emerge che in assenza di incentivi le EEM 3 e 4 non sono remunerative, e presentano un P.I. negativo e VAN negativo.

Tabella 9.10 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso con incentivi

CON INCENTIVI												
	% ΔE	% Δ_{CO2}	ΔC_e	ΔC_{MO}	ΔC_{MS}	I_0	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]
EEM 1	2%	8%	€ 19,24	€ 276,34	€ 189,15	€ 28.845,46	18,5	20,9	15	-€ 8.385,51	-3,04%	-0,29
EEM 2	5%	4%	€ 62,49	€ -	€ 78,97	€ 3.242,72	5,3	5,6	15	€ 4.012,88	16,67%	1,24
EEM 3	2%	12%	€ 28,97	-€ 0,50	€ 0,44	€ 36.470,18	12,5	14,9	30	€ 14.924,05	6,05%	0,41
EEM 4	51%	5%	€ 643,70	€ 69,09	€ 91,82	€ 26.197,00	10,5	11,2	8	-€ 7.679,83	-8,36%	-0,29

9.4 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 25 anni;
- Scenario ottimale 2, (SCN2), per il quale è sarà verificato un tempo di ritorno semplice, TRS \leq 15 anni.

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

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

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

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

Dove:

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

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

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

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

Essi sono così definiti:

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

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

Dove:

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

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

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

Dove:

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

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

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

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

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

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

- **Scenario 1: infissi+Valvole+Led:** Tale scenario consiste nella realizzazione di tre delle EEM precedentemente descritte. In particolare si prevede, l'installazione di valvole di termoregolazione sui radiatori (EEM2) e la sostituzione delle chiusure trasparenti (EEM3) e la sostituzione dei corpi illuminanti presenti con altri a tecnologia LED.
- **Scenario 2: SC1 (infissi+Valvole+Led) + caldaia** Tale scenario consiste nella realizzazione del primo scenario con l'aggiunta della sostituzione del generatore di calore con altro ad alta efficienza. L'integrazione delle due EEM (generatore di calore a condensazione + valvole termostatiche) permette di accedere agli incentivi del conto termico, in misura del 40% del costo sostenuto per l'intervento.

9.4.1 Scenario 1: Caldaia +Valvole+infissi

La realizzazione dello scenario 1 consiste nella combinazione delle EEM di seguito elencate: EEM1 Sostituzione caldaia, EEM2 installazione valvole termoregolatrici, EEM3 sostituzione delle chiusure trasparenti

Tabella 9.11 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 1

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA Al 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 Fornitura & Posa	€ 23.644	€ 5.202	€ 28.845
EEM2 Fornitura & Posa	€ 2.658	€ 585	€ 3.243
EEM3 Fornitura & Posa	€ 29.894	€ 6.577	€ 36.470
Costi per la sicurezza	3%		
Costi per la progettazione	7%		
TOTALE (I₀)	56.196	12.364	68.560
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO} (IVA INCLUSA)	C _{MS} (IVA INCLUSA)	C _M (IVA INCLUSA)

	[€]	[€]	[€]
EEM1 O&M	6.632	1.647	8.279
EEM2 O&M	6.909	1.757	8.666
EEM3 O&M	6.909	1.836	8.745
MEDIA (C_M)	6.816	1.746	8.563
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	
		[€]	
Incentivi	[Conto termico]	€ 26.126,00	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		5.225	

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

Figura 9.9 – SCN1: Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico post intervento

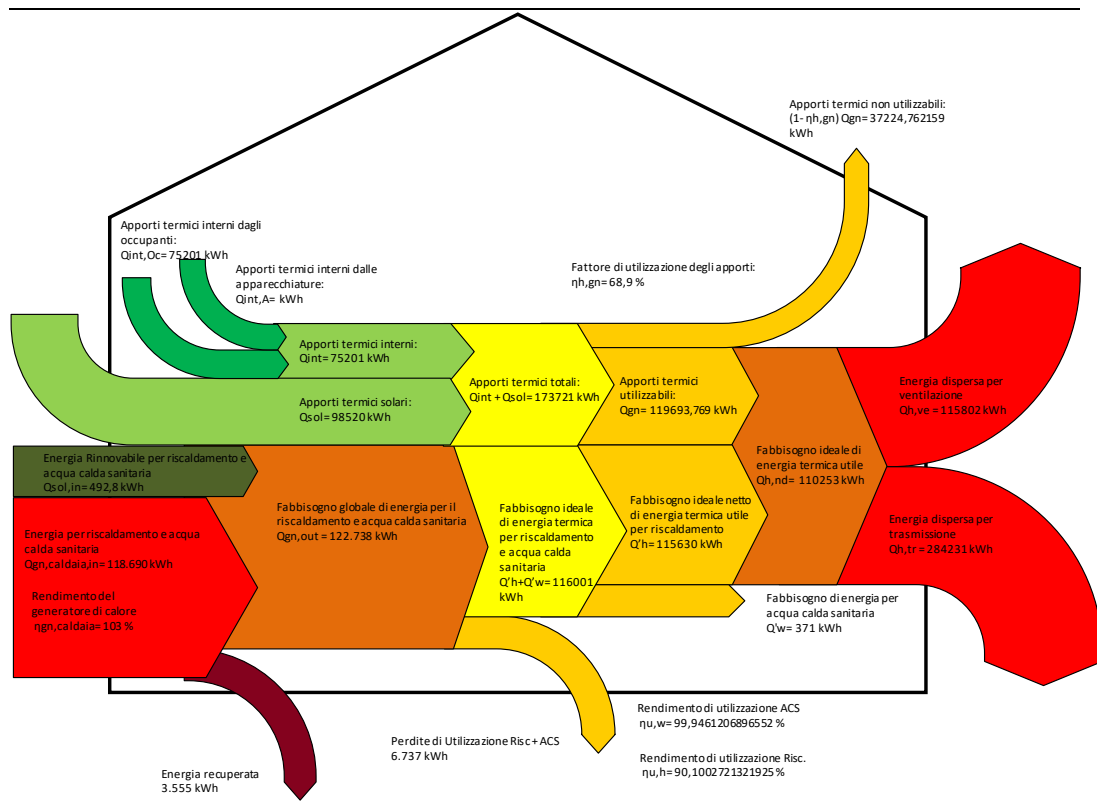
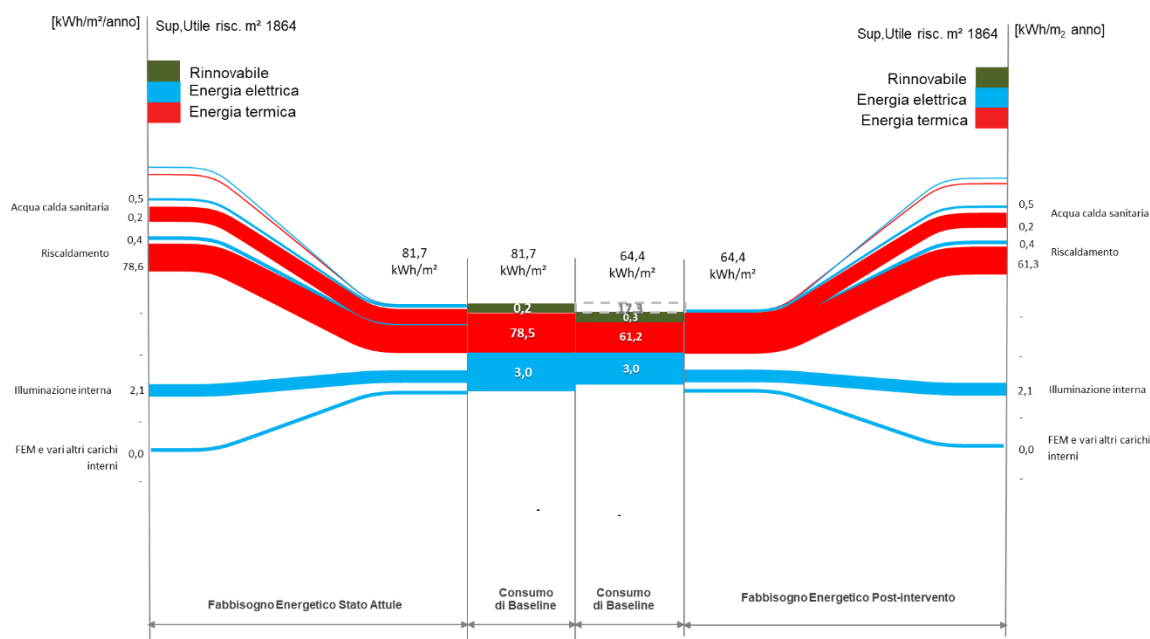


Figura 9.10 – SCN1: Bilancio energetico complessivo dell'edificio post intervento

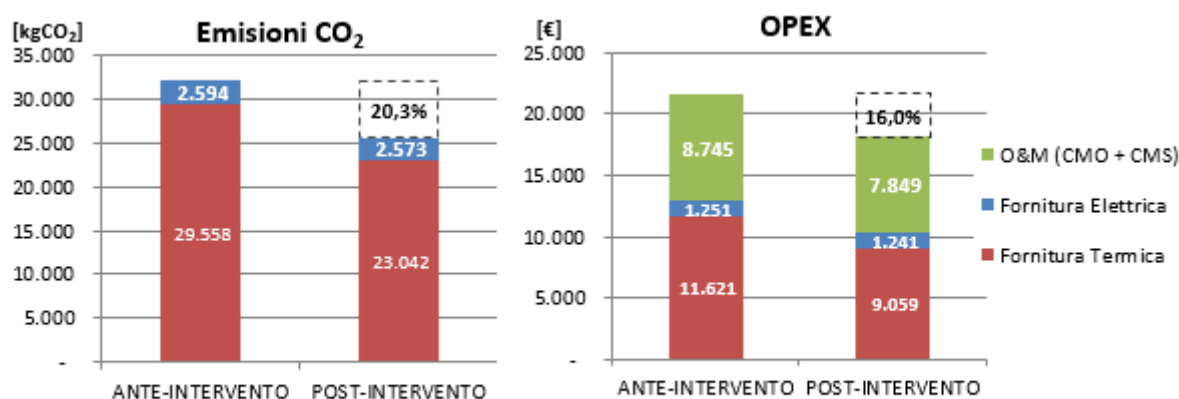


I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella Tabella 9.12e nella Figura 9.11

Tabella 9.12 – Risultati analisi SCN1

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Rendimento generatore di calore	[%]	90	105	-16,7%
Rendimento regolazione	[%]	92	99	-7,6%
Trasmittanza	[W/m2 K]	3,5	1,2	65,7%
$Q_{teorico}$	[kWh]	152.258	118.690	22,0%
$EE_{teorico}$	[kWh]	5.787	5.740	0,8%
$Q_{baseline}$	[kWh]	146.327	114.067	22,0%
$EE_{baseline}$	[kWh]	5.556	5.510	0,8%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	29.558	23.042	22,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	2.594	2.573	0,8%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	32.153	25.615	20,3%
Fornitura Termica, C_q	[€]	11.621	9.059	22,0%

Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	1.251	1.241	0,8%
Fornitura Energia, C_E	[€]	12.872	10.300	20,0%
C _{MO}	[€]	6.909	6.563	5,0%
C _{MS}	[€]	1.836	1.286	30,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	8.745	7.849	10,3%
OPEX	[€]	21.617	18.149	16,0%
Classe energetica	[-]	E	C	+2 classi

 Figura 9.11 - SCN1: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline


E' stato quindi possibile presentare un modello semplificato di Piano Economico Finanziario (PEF) indicativo, i cui calcoli di dettaglio sono riportati all'Allegato L – Piano Economico Finanziario scenari. I risultati dell'analisi sono riportati nella Tabella 9.13, Tabella 9.14 e Tabella 9.15 e nelle successive figure.

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

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	n _I	1
Anni Gestione Servizio	n _S	14
Anni Concessione	n	15
Anno inizio Concessione	n ₀	2020
Anni dell'ammortamento	n _A	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	k _{CdP}	2,00%
Costo Capitale Azienda	WACC	4,00%
k _{progetto} = Max(WACC; k _{CdP})	k _{pogetto}	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	€ 53.323
Oneri Finanziari (costi indiretti)	$\%Of$	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 1.600
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	CAPEX
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€ 56.493
Equity	I_E	€ 14.123
Fattore di annualità Debito	FA_D	8,30
Rata annua debito	q_D	€ 6.805
Costo finanziamento,(D+INT _D)	$q_D * n_D$	€ 57.780
Costi per interessi debito, INT _D	$INT_D = q_D * n_D - D$	€ 13.842

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

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{EO}	€ 10.551
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{MO}	€ 7.168
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€ 17.719
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$	20,0%
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$	25,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$	0,0%
Risparmio annuo PA garantito	16,3%	€ 2.893
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€ -
Risparmio PA durante la concessione	7%	€ 24.219
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€ 4.669
N° di Canoni annuali	anni	14
Utile lordo della ESCO	%CAPEX	3,05%
Costo Contrattuale ESCO (EBT) €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	€ 120
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€ 989
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€ 1.785
Canone O&M €/anno	CnM	€ 5.582
Canone Energia €/anno	CnE	€ 9.244
Canone Servizi €/anno IVA escl.	CnS	€ 14.826
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	CnD	€ 2.893
Canone Totale €/anno IVA escl.	Cn	€ 17.719
Aliquota IVA %	IVA	22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€ 9.616
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€ 20.320
Durata Incentivi, anni	n_B	5
Inizio erogazione Incentivi, anno		2022

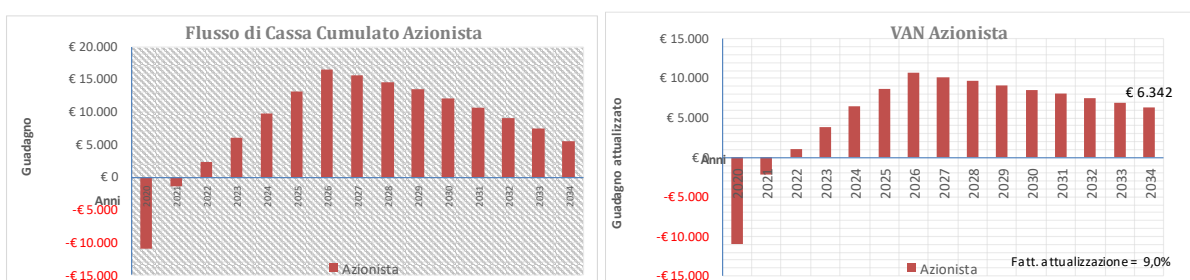
Tabella 9.15 – Risultati dell'analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN1

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		Convieni
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	8,47
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	12,44
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€ 3.205
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC	5,30%
Indice di Profitto	IP	6,01%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		Convieni
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	2,38
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	2,69
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€ 6.342
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke	45,76%
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3	1,293
Loan Life Cover Ratio	LLLCR < 1	0,578
Indice di Profitto Azionista	IP	11,89%

Figura 9.12 –SCN1: Flussi di cassa del progetto



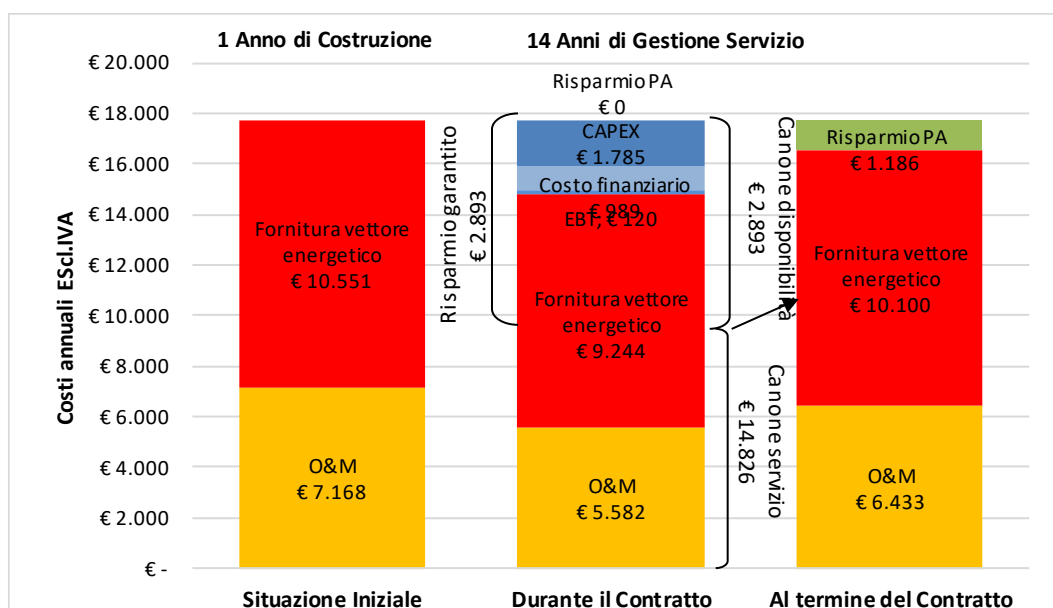
Figura 9.13 –SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



Dall'analisi effettuata è emerso che l'investimento risulta remunerativo al quindicesimo anno. Si è provveduto all'identificazione del possibile canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale con incentivi attraverso la partecipazione di ESCO secondo lo schema di EPC descritto in Figura 9.14.

Infine si è provveduto all'identificazione del possibile canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale con incentivi attraverso la partecipazione di ESCO secondo lo schema di EPC descritto in Figura 9.14.

Figura 9.14 – Scenario 1: Schema di Energy Performance Contract



9.4.2 Scenario 2: SCN1(Caldaia+Valvole+infissi+)+Led

La realizzazione dello scenario 2 consiste nella combinazione delle EEM di seguito elencate: EEM1 sostituzione caldaia, EEM2 installazione valvole termoregolatrici, EEM3 sostituzione delle chiusure trasparenti, che costituiscono lo scenario 1 con l'aggiunta della EEM4 sostituzione dell'illuminazione con tecnologia a led.

Tabella 9.16 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 2

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA AI 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 Fornitura & Posa	€ 23.644	€ 5.202	€ 28.845
EEM2 Fornitura & Posa	€ 2.658	€ 585	€ 3.243
EEM3 Fornitura & Posa	€ 29.894	€ 6.577	€ 36.470
EEM4 Fornitura & Posa	€ 21.473	€ 4.724	€ 26.197
Costi per la sicurezza	3%		
Costi per la progettazione	7%		
TOTALE (I₀)	77.669	17.088	94.755
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO} (IVA INCLUSA)	C _{MS} (IVA INCLUSA)	C _M (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 O&M	6.632	1.647	8.279
EEM2 O&M	6.909	1.757	8.666
EEM3 O&M	6.909	1.836	8.745
EEM4 O&M	6.839	1.745	8.584
MEDIA (C_M)	6.818	1.746	8.568
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	
		[€]	
Incentivi	[Conto termico]	€ 36.604,80	
Durata incentivi		5	

Incentivo annuo

€ 7.320,96

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

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

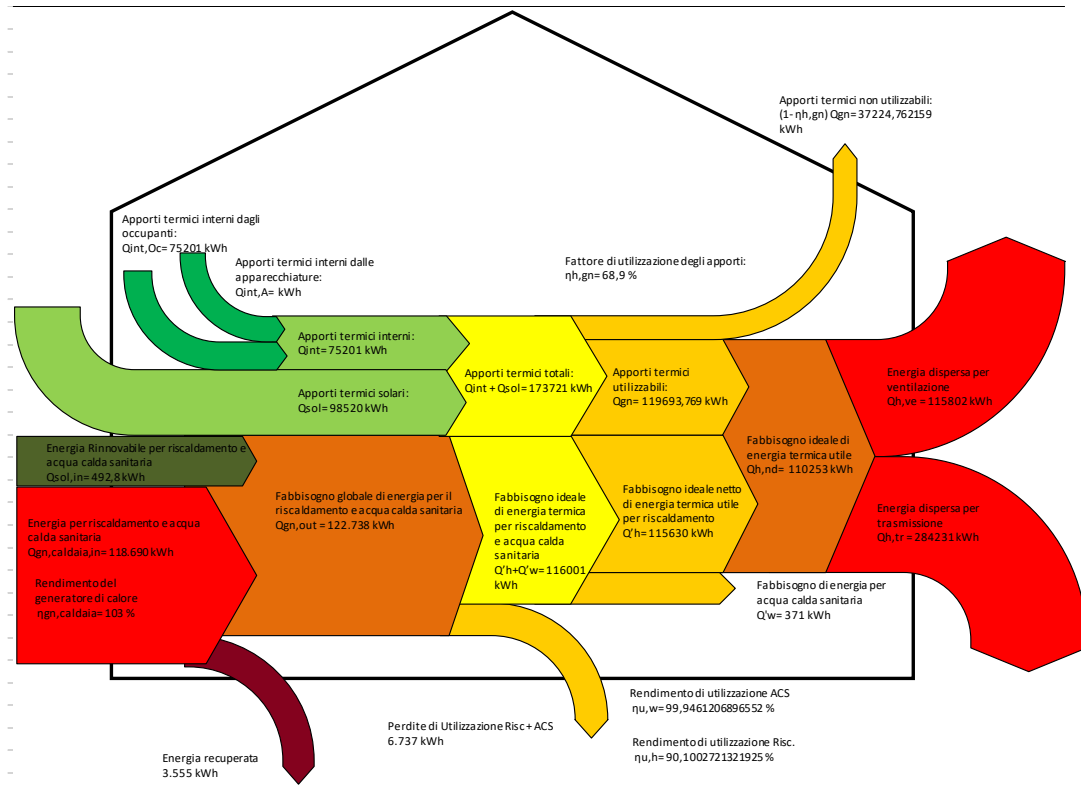
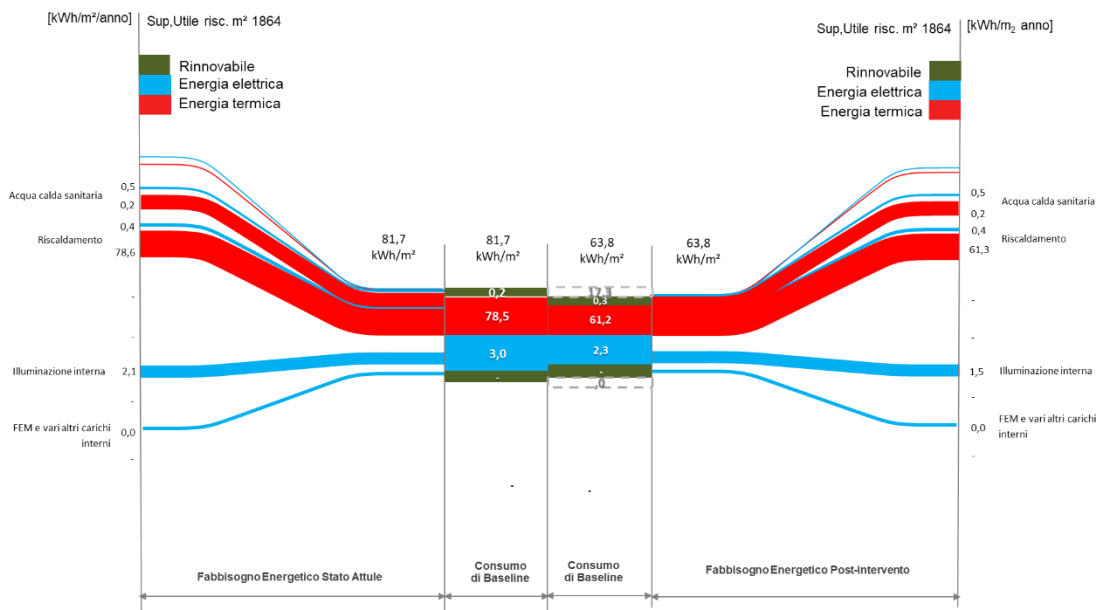


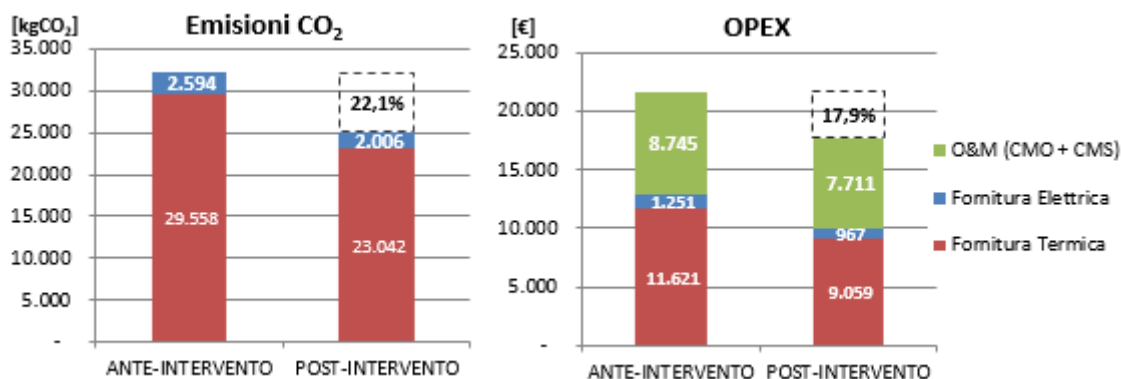
Figura 9.16 – SCN1: Bilancio energetico complessivo dell'edificio post intervento



I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella Tabella 9.17e nella Figura 9.11.

Tabella 9.17 – Risultati analisi SCN2

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Rendimento generatore di calore	[%]	90	105	-16,7%
Rendimento regolazione	[%]	92	99	-7,6%
Trasmittanza	[W/m ² K]	3,5	1,2	65,7%
Potenza installata	[W]	2800	1400	50,0%
Qteorico	[kWh]	152.258	118.690	22,0%
Eteorico	[kWh]	5.787	4.474	22,7%
Qbaseline	[kWh]	146.327	114.067	22,0%
EEBaseline	[kWh]	5.556	4.295	22,7%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	29.558	23.042	22,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	2.594	2.006	22,7%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	32.153	25.047	22,1%
Fornitura Termica, CQ	[€]	11.621	9.059	22,0%
Fornitura Elettrica, CEE	[€]	1.251	967	22,7%
Fornitura Energia, CE	[€]	12.872	10.026	22,1%
CMO	[€]	6.909	6.473	6,3%
CMS	[€]	1.836	1.238	32,6%
O&M (CMO + CMS)	[€]	8.745	7.711	11,8%
OPEX	[€]	21.617	17.737	17,9%
Classe energetica	[-]	E	C	+2 classi

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

E' stato quindi possibile presentare un modello semplificato di Piano Economico Finanziario (PEF) indicativo, i cui calcoli di dettaglio sono riportati all'Allegato L – Piano Economico Finanziario scenari. I risultati dell'analisi sono riportati nella Tabella 9.18, Tabella 9.19 e Tabella 9.20 e nelle successive figure.

Tabella 9.18 – 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%
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CdP})$	$k_{pogetto}$	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	25
Anni Equity	n_E	24
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	Io	€ 73.698
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 2.211
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 75.909
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€ 60.727
Equity	I_E	€ 15.182
Fattore di annualità Debito	FA_D	16,09
Rata annua debito	q_D	€ 3.773
Costo finanziamento,(D+INT _D)	$q_D * n_D$	€ 94.336
Costi per interessi debito, INT _D	$INT_D = q_D * n_D - D$	€ 33.608

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

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{EO}	€ 10.551
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{MO}	€ 7.168
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€ 17.719
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$	22,1%
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$	35,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$	0,0%
Risparmio annuo PA garantito	17,9%	€ 3.179
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€ -
Risparmio PA durante la concessione	12%	€ 67.649
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€ 6.528
N° di Canoni annuali	anni	24
Utile lordo della ESCO	$\% CAPEX$	11,26%
Costo Contrattuale (EBIT) ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	€ 356
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€ 1.400
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€ 1.423
Canone O&M €/anno	CnM	€ 4.962
Canone Energia €/anno	CnE	€ 9.578
Canone Servizi €/anno IVA escl.	CnS	€ 14.540
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	CnD	€ 3.179
Canone Totale €/anno IVA escl.	Cn	€ 17.719
Aliquota IVA %	IVA	22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€ 13.290
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€ 28.470
Durata Incentivi, anni	n_B	5
Inizio erogazione Incentivi, anno		2022

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

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		Convieni
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	8,98
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	13,27
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€ 13.634
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC	6,93%
Indice di Profitto	IP	18,50%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		Convieni
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	2,15
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	2,39
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€ 16.736
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke	58,37%
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3	1,230
Loan Life Cover Ratio	LLLCR < 1	0,495
Indice di Profitto Azionista	IP	22,71%

Figura 9.18 –SCN2: Flussi di cassa del progetto

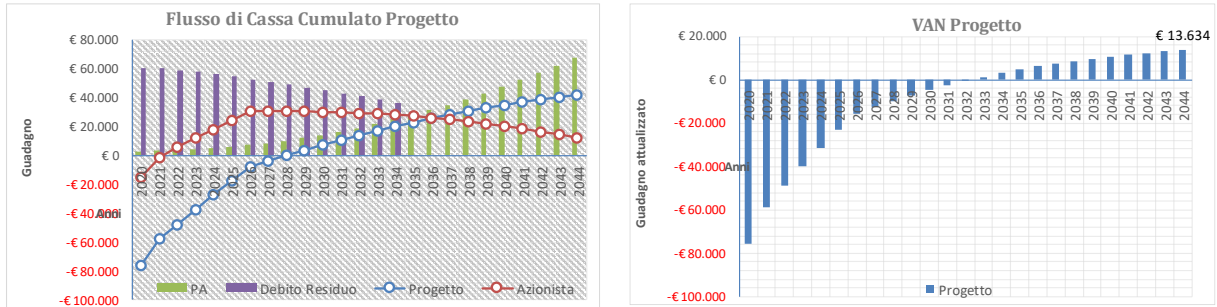
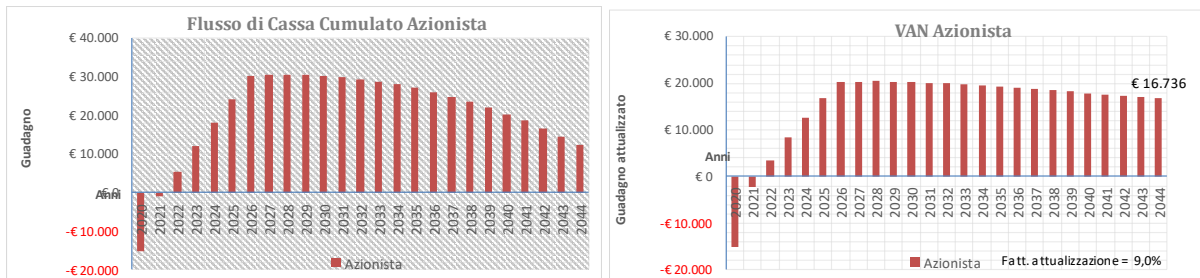


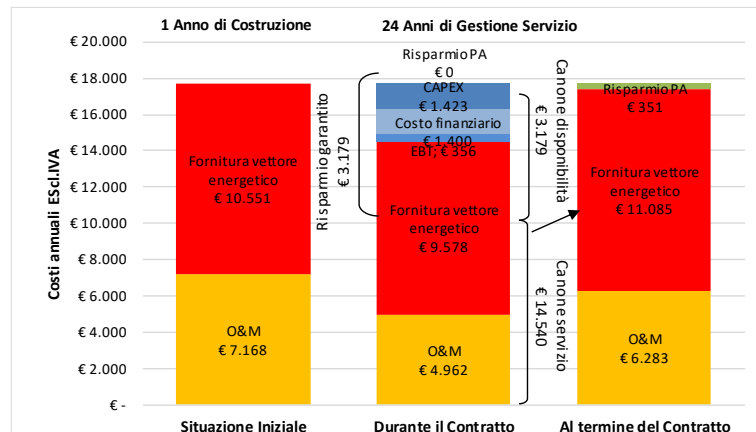
Figura 9.19 –SCN2: Flussi di cassa dell'azionista



Dall’analisi effettuata è emerso che l’investimento risulta molto remunerativo.. Si è provveduto all’identificazione del possibile canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale con incentivi attraverso la partecipazione di ESCO secondo lo schema di EPC descritto in Figura 9.14. Infine si è provveduto all’identificazione del possibile canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale con incentivi attraverso la partecipazione di ESCO secondo lo schema di EPC descritto in Figura 9.20.

Con l’obiettivo di rendere più realistici e interessanti i piani economici finanziari dei due scenari sono stati considerati, solo per quest’ultimi, degli sconti sugli importi lavori pari al 30% rispetto ai prezzi di listino presentati per i singoli interventi.

Figura 9.20 – Scenario 1:Schema di Energy Performance Contract



10 CONCLUSIONI

L'audit energetico ha messo in evidenza una ridotta efficienza energetica dell'immobile legata ad un basso livello di isolamento da parte dell'involucro e da impianti dotati di livelli prestazionali ridotti. Gli indicatori energetici di performance hanno confermato che i consumi risultano elevati confrontati coi valori di benchmark di riferimento.

La maggior parte dei consumi energetici è da attribuire al riscaldamento degli ambienti e all'illuminazione degli stessi, motivo per cui gli interventi proposti sono stati indirizzati alla riduzione del fabbisogno ad essi associato.

Gli interventi proposti considerati fattibili hanno riguardato:

1. la sostituzione dell'attuale generatore di calore con altro a condensazione ad alta efficienza;
2. l'installazione di valvole termostatiche;
3. La sostituzione degli infissi e vetrate;
4. l'installazione di un sistema di illuminazione a tecnologia LED.

La fattibilità tecnico-economica ha messo in evidenza che gli interventi più interessanti sono la sostituzione dell'attuale sistema di illuminazione con un sistema utilizzando la tecnologia LED e l'installazione di valvole termostatiche.

Alcuni interventi dovranno essere valutati in maniera coordinata con gli altri. Ad esempio la sostituzione del generatore potrebbe prevedere una caldaia di potenzialità inferiore laddove il carico termico di riscaldamento venga preventivamente diminuito, migliorando l'isolamento dell'involucro, ecc...

Per la valutazione e la verifica dei risparmi energetici ottenibili dagli interventi di efficientamento proposti si consiglia di installare un sistema di monitoraggio (es: contatori termici e analizzatore dei consumi sul quadro elettrico principale) per quantificare l'effettivo risparmio conseguente.

10.1 RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA

Gli indici di performance sono riassunti e riportati nell'allegato M – Report di Benchmark.

10.2 RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI

Dalle analisi effettuate risulta che entrambi gli investimenti previsti nei due scenari risultano essere remunerativi e interessanti.

ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA

Titolo	Data	Nome file
Elenco documentazione fornita	19/04/2018	ALLEGATO A_DE_Lotto.4 - E559.pdf

ALLEGATO B – ELABORATI

Titolo	Data	Nome file
Elenco elaborati prodotti e consegnati alla PA	19/04/2018	ALLEGATO B_DE_Lotto.4 - E559.pdf

ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

Titolo	Data	Nome file
Report di indagine termografica effettuato in sede di sopralluogo	19/04/2018	ALLEGATO C_DE_Lotto.4 - E559.pdf

ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI

Titolo	Data	Nome file
Report relativi ad altre prove diagnostiche strumentali	19/04/2018	ALLEGATO D_DE_Lotto.4 - E559.pdf

ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI

Titolo	Data	Nome file
Relazione di calcolo per il modello standard rilasciata dal software Termo	19/04/2018	ALLEGATO E_DE_Lotto.4 - E559.pdf

ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

Titolo	Data	Nome file
Certificato software Termo	19/04/2018	ALLEGATO F_DE_Lotto.4 - E559.pdf

ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

Titolo	Data	Nome file
Attestato di prestazione energetica dell'edificio	19/04/2018	ALLEGATO G_DE_Lotto.4 - E559.pdf

ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

Titolo	Data	Nome file
Bozza di APE scenario 1	19/04/2018	ALLEGATO H_DE_Lotto.4 - E559_SCN1
Bozza di APE scenario 2	19/04/2018	ALLEGATO H_DE_Lotto.4 - E559_SCN2

ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

Titolo	Data	Nome file
File di calcolo dei dati climatici utilizzati nella diagnosi	19/04/2018	GG_Lotto.4-E559.Rev01.xlsx

ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

Titolo	Data	Nome file
Schede di audit in formato excel	19/04/2018	E559_Scheda Audit_Template_rev.1.xlsx

ALLEGATO K – SCHEDE ORE

Titolo	Data	Nome file
Schede ORE relative agli interventi proposti	19/04/2018	ALLEGATO K_DE_Lotto.4 - E559.pdf

ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI

Titolo	Data	Nome file
Foglio di calcolo relativo agli scenari proposti	19/04/2018	AnalisiPEF_rev05_E559.xlsx

ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

Titolo	Data	Nome file
Report di Benchmark	19/04/2018	ALLEGATO M_DE_Lotto.4 - E559.pdf

ALLEGATO N – CD-ROM