

Sede MUNICIPIO V
E1165
VIA COSTANTINO RETA 3G

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA
FONDO KYOTO - SCUOLA 3



Luglio/2018

COMUNE DI GENOVA
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER



CASaA
architetti

Sede “MUNICIPIO V”

E1165

VIA COSTANTINO RETA 3G

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA

FONDO KYOTO - SCUOLA 3

Luglio/2018

COMUNE DI GENOVA

STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER

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

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

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

CASa Associati

Via Cetto Ciglia 54 – 65128 – Pescara

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

REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI

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

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

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

INDICE

PAGINA

INDICE.....	I
EXECUTIVE SUMMARY	I
1 INTRODUZIONE	1
1.1 PREMESSA	1
1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA	1
1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO.....	2
1.4 IDENTIFICAZIONE DELL’EDIFICIO.....	2
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO	3
1.6 STRUTTURA DEL REPORT	6
2 DATI DELL’EDIFICIO.....	7
2.1 INFORMAZIONI SUL SITO	7
2.2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE, SOCIO-ECONOMICO E DESTINAZIONE D’USO	7
2.3 VERIFICA DEI VINCOLI INTERFERENTI SULLE PARTI DELL’IMMOBILE INTERESSATE DAGLI ’INTERVENTI.....	9
2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO.....	9
3 DATI CLIMATICI	11
3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO.....	11
3.2 DATI CLIMATICI REALI.....	12
3.3 ANALISI DELL’ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO	12
4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI	14
4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL’INVOLUCRO EDILIZIO.....	14
4.1.1 <i>Involucro opaco</i>	14
4.1.2 <i>Involucro trasparente</i>	16
4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO	18
4.2.1 <i>Sottosistema di emissione</i>	18
4.2.2 <i>Sottosistema di regolazione</i>	20
4.2.3 <i>Sottosistema di distribuzione</i>	20
4.2.4 <i>Sottosistema di generazione</i>	22
4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA	23
4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE ESTIVA	24
4.5 PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE.....	25
4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE	25
5 CONSUMI RILEVATI	27
5.1 CONSUMI ENERGETICI STORICI PER CIASCUN VETTORE E CONNESSIONE ALLE RETI GAS NATURALE ED ELETTRICA.....	27
5.1.1 <i>Energia termica</i>	27
5.1.2 <i>Energia elettrica</i>	30
5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI	35
6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO.....	38
6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO	38
6.1.1 <i>Validazione del modello termico</i>	39
6.1.2 <i>Validazione del modello elettrico</i>	40
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI.....	41
6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI.....	42
7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO.....	44
7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI	44
7.1.1 <i>Vettore termico</i>	44
7.1.2 <i>Vettore elettrico</i>	47
7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL’ANALISI.....	52
7.3 COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI.....	52



7.4	BASLINE DEI COSTI.....	53
8	IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA	55
8.1	DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI	55
8.1.1	<i>Involucro edilizio</i>	55
8.1.2	<i>Impianto riscaldamento</i>	57
8.1.3	<i>Impianto produzione acqua calda sanitaria</i>	63
8.1.4	<i>Impianto di illuminazione ed impianto elettrico</i>	63
9	VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA.....	64
9.1	MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI	64
9.2	ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI	65
9.3	IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D’INTERVENTO E SCENARI D’INVESTIMENTO	71
9.3.1	<i>Scenario 1: IMPIANTO TERMICO</i>	74
9.3.2	<i>Scenario 2: INVOLUCRO E IMPIANTO TERMICO</i>	80
10	CONCLUSIONI	85
10.1	RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA	85
10.2	RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI	85
10.3	CONCLUSIONI E COMMENTI.....	86
	ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA.....	A
	ALLEGATO B – ELABORATI GRAFICI	A
	ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA	A
	ALLEGATO D – REPORT ENDOSCOPICO	A
	ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI	A
	ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE	A
	ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA	A
	ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI.....	B
	ALLEGATO I – DATI CLIMATICI.....	B
	ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT.....	B
	ALLEGATO K – SCHEDE ORE.....	B
	ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI	B
	ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK.....	B
	ALLEGATO N – CD-ROM	B

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		XVII secolo
Anno di ristrutturazione		2007-2009 restauro e risanamento conservativo tetto e facciata, adeguamento interno ad uffici, messa in sicurezza, antincendio e impianti
Zona climatica		[D]
Destinazione d'uso		E.2 Edifici adibiti a residenze collettive, a uffici e assimilabili;
Superficie utile riscaldata	[m ²]	1.411
Superficie disperdente (S)	[m ²]	3.369
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	8.880
Rapporto S/V	[1/m]	0,37
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	1.464
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	-
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	1.464
Tipologia generatore riscaldamento		Generatore tradizionale
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	240
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	-
Tipo di combustibile		Gas naturale
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler elettrici
Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	66,589
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{tit} /anno]	163.854
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	12.959
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{ei} /anno]	71.714
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	13.508

Nota (1): Valori di Baseline

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

- EEM 1: Isolamento sottotetto;
- EEM 2: Installazione generatore di calore a condensazione;
- EEM 3: Installazione di valvole termostatiche;
- EEM 4: Installazione circolatore inverter.

- SCN1: IMPIANTO TERMICO (EEM2+3+4);
- SCN2: COPERTURA E IMPIANTO (EEM1+2+3).

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

	CON INCENTIVI													
	%Δ _E	%Δ _{CO2}	ΔC _E	ΔC _{MO}	ΔC _{MS}	I ₀	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP	DSCR	LLCR
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]		
EEM 1	7	3,5	881,50	-	-	5.055	3,8	4,4	30	11.723	22,3	2,32	-	-
EEM 2	35,8	17,8	4.474,3	424,7	47,2	24.967	3,5	3,9	15	33.672	23,5	1,35	-	-
EEM 3	15,9	7,9	1.978,2	-	-	3.797	2	2,2	15	15.337	46,6	4,04	-	-
EEM 4	8,8	4,4	1.396,8	-	-	2.989	2,3	2,5	15	10.564	42,1	3,53	-	-
SCN 1	56,5	28,1	7.313,50	424,7	47,2	31.753	2,1	2,33	15	14.256	59,4	44,9	1,398	2,157
SCN 2	52,9	26,3	6.595,50	424,7	47,2	33.819	2,28	2,52	30	5.506	52,59	16,28	1,312	0,625

Figura 0.1 – Scenario 1: analisi finanziaria

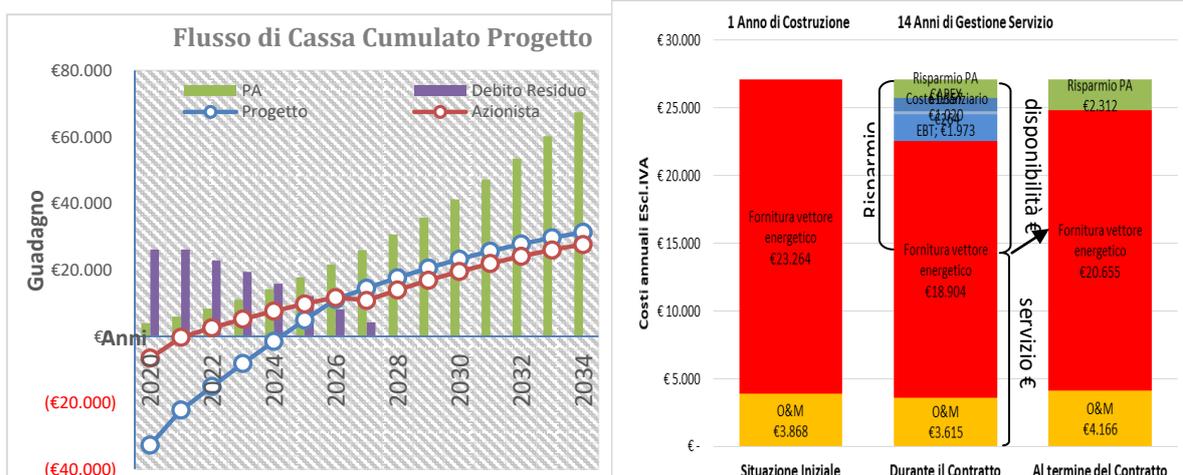
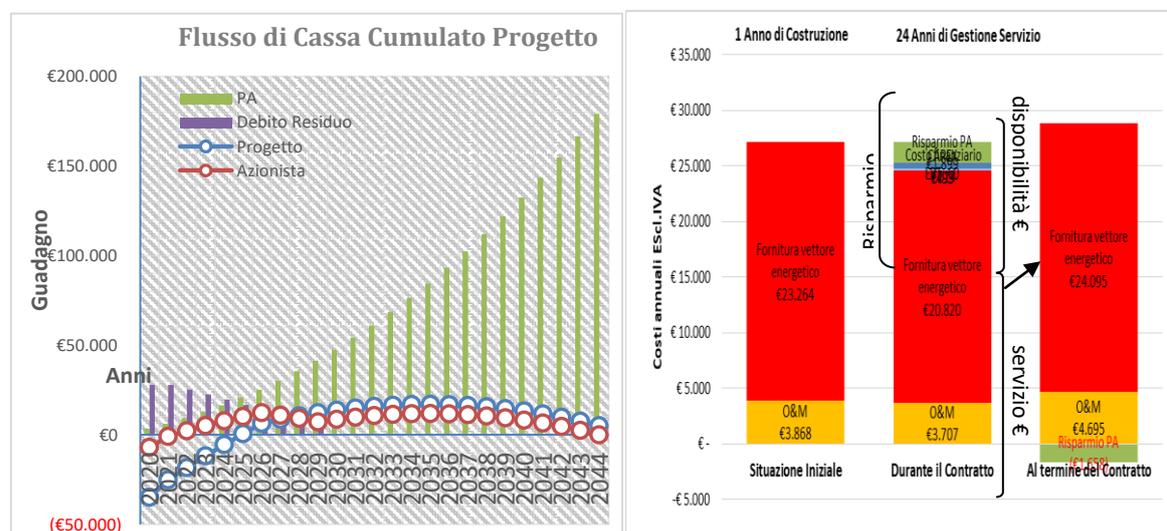


Figura 0.2 – Scenario 2: analisi finanziaria



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

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

Lo scenario più favorevole in termini economico-finanziari ma anche sul piano realizzativo, in relazione al fatto che si tratta di un edificio vincolato è lo scenario 1 che prevede l’efficientamento dell’impianto termico mediante la sostituzione del generatore, l’installazione di valvole termostatiche ai terminali di emissione e l’installazione di circolatori a giri variabili.

Per quanto concerne il risparmio di CO2 equivalente si stima, per lo scenario 1 che risulta essere quello più performante in termini di ambientali, **una riduzione complessiva di 18.734 kg CO2**.

In termini di energia primaria, nello scenario migliore dal punto di vista energetico, **sarebbe possibile risparmiare 97.753 kWh**.

1 INTRODUZIONE

1.1 PREMESSA

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

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

Figura 1.1 - Vista dell'ingresso a sud-ovest



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

1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA

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

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

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

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

1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO

La presente DE è stata eseguita CASa Associati, il cui responsabile per il processo di audit è l'arch. Carmela Palmieri, soggetto certificato Esperto in Gestione dell'Energia (EGE) ai sensi della norma UNI CEI 11339.

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

Tabella 1.1 – Soggetti coinvolti nella realizzazione del processo di Audit

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

1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO

L'immobile oggetto della DE, catastalmente individuato al NCEU sezione RIV, F. 23 Mapp. 39, sub 1 è sito nel Comune di Genova e più precisamente a Bolzaneto, un quartiere genovese della Val Polcevera (Municipio V), compreso tra i quartieri di Rivarolo a sud e Pontedecimo a nord e confinante con i comuni di Ceranesi a nord-ovest e Serra Riccò e Sant'Olcese a nord-est.

L'edificio è di proprietà del Comune di Genova ed è attualmente adibito a sede del Municipio V.

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		XVII sec
Anno di ristrutturazione		2007-2009 restauro e risanamento conservativo tetto e facciata, adeguamento interno ad uffici, messa in sicurezza,

antincendio e impianti		
Zona climatica		[D]
Destinazione d'uso	E.2 Edifici adibiti a residenze collettive, a uffici e assimilabili;	
Superficie utile riscaldata	[m ²]	1.411
Superficie disperdente (S)	[m ²]	3.369
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	8.880
Rapporto S/V	[1/m]	0,37
Superficie netta aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	1.464
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	-
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	1.464
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	Generatori tradizionali
Tipologia generatore riscaldamento		240
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	-
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	Gas naturale
Tipo di combustibile		Boiler elettrici
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		66,589
Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	163.854
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{th} /anno]	12.455
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	71.714
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	15.927
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	1.411

Nota (1): Valori di Baseline

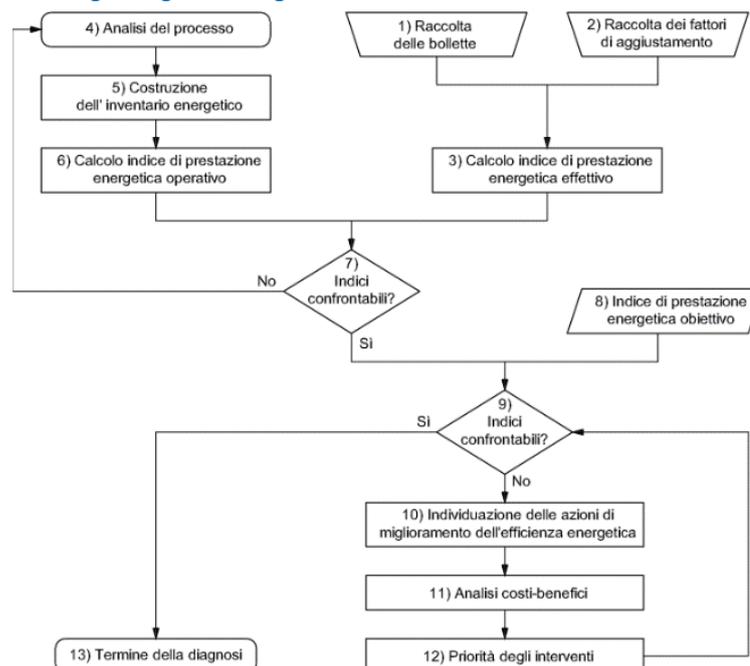
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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

- Acquisizione della documentazione utile, fornita dalla PA, come riportato all'Allegato B – Elaborati grafici.
- Analisi del quadro normativo di riferimento, incluso la verifica dei vincoli ambientali, storici, archeologici e paesaggistici interferenti sull'immobile interessato dall'intervento;
- Visita agli edifici, effettuata in data 06/12/2017 con verifica degli elaborati forniti e rilievo dei dati relativi alle caratteristiche degli elementi disperdenti ed impiantistici costituenti il sistema edificio-impianto;
- Visita alla centrale termica e/o frigorifera, con il supporto del personale incaricato della conduzione e manutenzione degli impianti e rilevamento dei dati utili;
- Preparazione e compilazione delle schede di Audit previste per la diagnosi di livello II di cui all'appendice A delle LGEE - Linee Guida per l'Efficienza Energetica negli Edifici - sett. 2013 - elaborato da AiCARR per Agesi, Assital, Assopetroli e Assoenergia, e riportate all'Allegato J – Schede di audit;
- Elaborazione del comportamento termico ed elettrico dell'edificio, realizzata utilizzando il software commerciale TERMUS dell'ACCA Software versione 42.h in possesso di certificato di conformità rilasciato dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI) n. 67 del 15/03/17 ai sensi del D.lgs. 192/05 e s.m.i. e riportato all'Allegato F – Certificato CTI Software;
- Analisi dei profili annuali di consumi e costi dei servizi energetici reali dell'edificio, comprensivi della fornitura dei vettori energetici sia elettrici che di gas e degli oneri di O&M, relativamente alle annualità 2014-2015-2016;

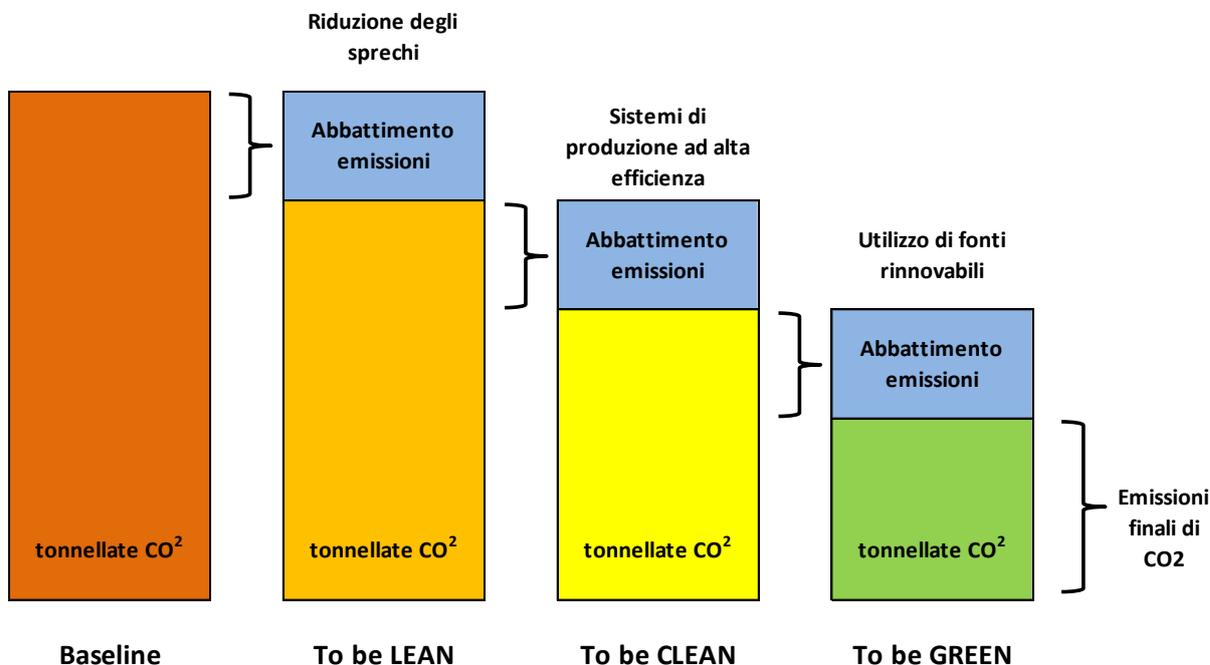
- h) Analisi dei dati climatici reali del sito ove è ubicato l’edificio con conseguente calcolo dei Gradi Giorno reali (GG_{real}), utilizzando le temperature esterne rilevate dalla stazione meteo dell’Università di Genova e riportati all’Allegato I – Dati Climatici;
- i) Individuazione della “baseline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

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



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

Figura 1.4 - Principio della Gerarchia Energetica



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

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

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

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

Una volta esaminate le possibili EEM si è realizzata una analisi economica delle stesse, ponendo particolare attenzione nella valutazione dei possibili sistemi incentivanti applicabili (Conto Termico,

Titoli di Efficienza Energetica, ecc) individuando i principali indicatori economici d’investimento di seguito elencati:

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

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

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

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

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

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

1.6 STRUTTURA DEL REPORT

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

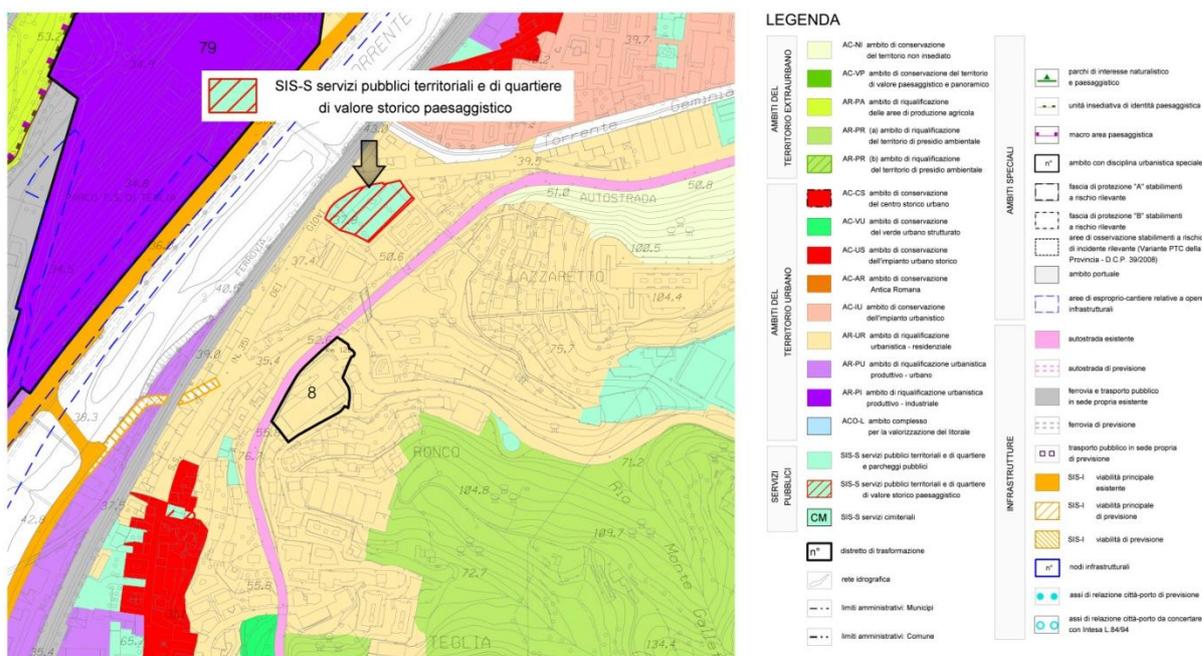
- Una prima parte nella quale sono descritti lo scopo ed i confini della DE e le metodologie di analisi adottate;
- Una seconda parte in cui sono riportate le informazioni dell’edificio rilevate in sede di sopralluogo e le valutazioni effettuate al fine di identificare le caratteristiche tecniche dei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

2 DATI DELL'EDIFICIO

2.1 INFORMAZIONI SUL SITO

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

Figura 2.1 - Particolare estratto dal Piano Urbanistico Comunale



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

Villa Gheresi Carrega è localizzata a Bolzaneto, lungo la “via Nazionale” proprio all'ingresso di Bolzaneto per chi proviene dal quartiere genovese di Rivarolo, nella bassa val Polcevera ed è una delle ville storiche più significative per ragioni storiche e architettoniche del comune di Genova. L'edificio “villa Gheresi Carrega”, in passato è stato sede dell'istituto comprensivo Bolzaneto ma dopo il restauro e risanamento conservativo conclusosi nel 2009 è diventato la sede principale del Municipio V.

E' un edificio costruito nel XVII secolo, originariamente formato solo da un corpo centrale e successivamente ampliato con le ali laterali. Il grande giardino che apparteneva alla villa è stato diviso in due parti ed attualmente è ad uso pubblico. L'intervento di restauro, avviato nel 2007, ha interessato prima le coperture e i prospetti e poi gli interni per la messa in sicurezza antincendio, l'impiantistica e l'adeguamento funzionale finalizzato alla realizzazione della sede del Municipio V. Ai sensi del DPR 412/93, attualmente ricade nella destinazione d'uso E.2 Edifici adibiti a residenze collettive, a uffici e assimilabili.

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

L'ipotesi di intervenire al fine di migliorare l'efficienza energetica dell'asilo è volta ad una diminuzione delle emissioni di CO₂, e rientra negli obiettivi prefissati dal Comune di Genova all'interno del SEAP (Sustainable Energy Action Plan), ma può anche essere considerata di interesse

socio-culturale, poiché trattandosi di una struttura ad uso pubblico, sarebbe utile alla sensibilizzazione degli utenti alle tematiche di interesse ambientale ed energetico.

L’edificio ospita gli uffici e i locali per le diverse funzioni amministrative del Municipio V, oltre ad essere la sede di alcune associazioni a scopo sociale. Ci lavorano circa 50 dipendenti ed è frequentata quotidianamente dai numerosi cittadini e tecnici che si recano presso la sede per i vari uffici e funzioni che ospita. Inoltre, è importante evidenziare come, oltre alla riduzione di emissioni climalteranti e alle finalità di sensibilizzazione sulle tematiche ambientali, l’efficientamento dell’edificio e una corretta gestione e manutenzione del sistema edificio – impianto, comporterebbe il miglioramento delle condizioni di benessere percepite dai dipendenti e dai cittadini, nonché la riduzione dei consumi specifici di energia termica ed elettrica.

L’edificio, oggetto della DE, è disposto su quattro livelli principali e due ammezzati: al piano terra ci sono l’atrio di ingresso, un locale di disimpegno/attesa, due magazzini, un archivio, due uffici e i servizi igienici; agli ammezzati ci sono uffici e servizi igienici; al primo e secondo ci sono uffici e servizi igienici; al terzo ci sono uffici, una sala riunioni e i servizi igienici.

L’edificio a sud-est affaccia su di un grande cortile nel quale è in fase di restauro e rimontaggio il sagrato della antica chiesa di Nostra Signora della Neve, nel vecchio borgo di Bolzaneto, demolita nel 1960 e che era rimasto sepolto sotto un vecchio parcheggio, a nord ovest un giardino con alberi secolari ed essenze pregiate, aperto al pubblico.

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

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



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

Tabella 2.1 - Suddivisione in piani dell’edificio

PIANO	UTILIZZO	U.M.	SUPERFICIE LORDA COMPLESSIVA ⁽²⁾	SUPERFICIE UTILE RISCALDATA ⁽³⁾	SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA ⁽³⁾
Terra	Atrio di ingresso, locale disimpegno/attesa, magazzini, archivio, uffici e servizi igienici	[m ²]	337	284	95
Ammezzato	Uffici e servizi igienici	[m ²]	163	163	-
Primo	Uffici e servizi igienici	[m ²]	353	353	-
Secondo	Uffici e servizi igienici	[m ²]	294	294	-
terzo	Uffici, sala riunioni e servizi igienici	[m ²]	317	317	89
TOTALE		[m ²]	1.464	1.411	184

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 “Gherzi Carrega” del XVII secolo, insieme al bellissimo parco adiacente, è una delle ville storiche più significative per ragioni storiche e architettoniche comprese nel territorio del comune di Genova. Nel corso del suo soggiorno a Genova, dal 1624 al 1627, vi fu ospite il pittore fiammingo Antoon van Dyck.

L'edificio è sottoposto a vincolo architettonico da parte della soprintendenza delle belle arti e paesaggio della Liguria dal 1942.

Essendo l'edificio vincolato e riconosciuto bene di interesse Storico ed Artistico, nell'analisi delle EEM è stato ritenuto utile l'identificazione delle possibili interferenze con le caratteristiche architettoniche e storico-artistiche dell'edificio.

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

MISURA DI EFFICIENZA ENERGETICA	VINCOLO INTERESSATO	VALUTAZIONE INTERFERENZA ⁽⁴⁾	MISURA DI TUTELA DA ADOTTARE
EEM 1: Isolamento sottotetto	[Storico – Artistico]		[Previo parere della Soprintendenza per i beni architettonici e paesaggistici]
EEM 2: Installazione generatore di calore a condensazione			
EEM 3: Valvole termostatiche	[Storico – Artistico]		[Mantenimento dei medesimi posizionamenti ed ingombri delle macchine]
EEM 4: Circolatori a giri variabili	[Storico – Artistico]		-

Nota (4): Legenda livelli di interferenza:

	Non perseguibile
	Perseguibile tramite adozione misure di tutela indicate
	Interferenza nulla

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

2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO

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

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

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

Tabella 2.3 – Orari di funzionamento dell'edificio e orari di funzionamento degli impianti termici.

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

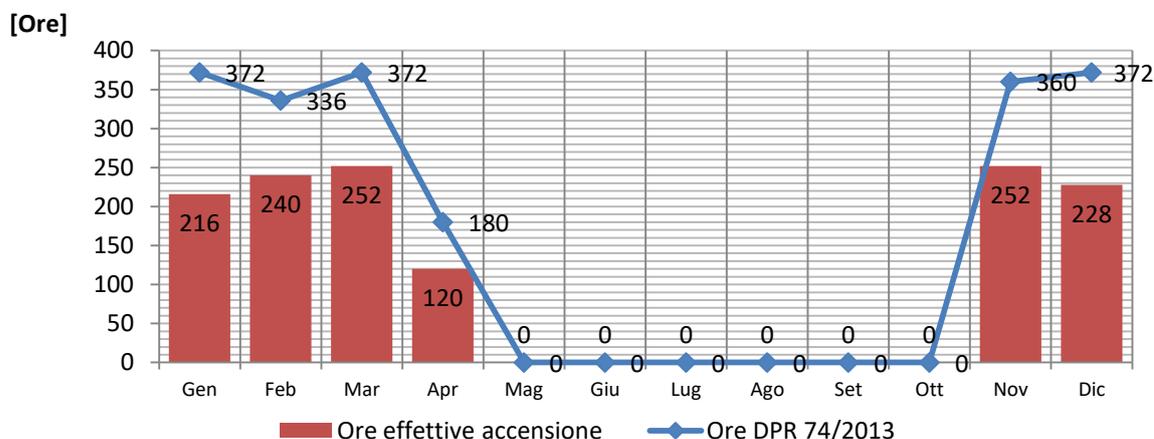
Dal 01 Luglio al 13 Settembre

tutti i giorni

chiuso

spento

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



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

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

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

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

3 DATI CLIMATICI

3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO

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

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

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

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

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

Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Nella Tabella 2.3 sono pertanto riportati gli orari di funzionamento dell'edificio e gli orari di funzionamento degli impianti termici.

Tabella 2.3, i GG sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 928 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.

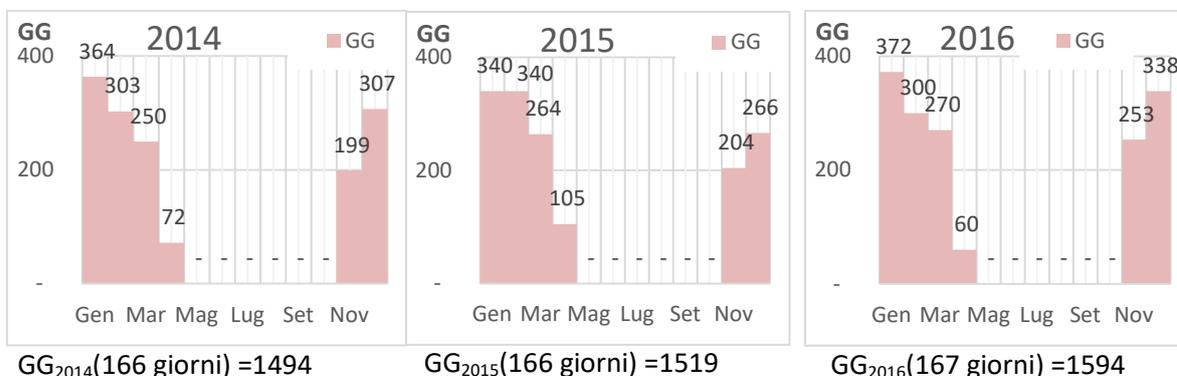
I GG così calcolati definiscono i GG_{rif} ai fini del processo di normalizzazione di cui al capitolo 5.1.1.

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	20	20	192	21,22%
Febbraio	28	10,5	28	266	20	20	190	21,00%
Marzo	31	11,1	31	276	21	21	187	20,66%
Aprile	30	15,3	15	71	20	15	52	5,72%
Maggio	31	18,7	-	-	21	-	-	-
Giugno	30	22,4	-	-	20	-	-	-
Luglio	31	24,6	-	-	20	-	-	-
Agosto	31	23,6	-	-	-	-	-	-
Settembre	30	22,2	-	-	14	-	-	-
Ottobre	31	18,2	-	-	21	-	-	-
Novembre	30	13,3	30	201	20	20	134	14,81%
Dicembre	31	10,0	31	310	15	15	150	16,58%

a tutti i giorni del periodo annuale di riscaldamento compreso tra il 1 Novembre e il 15 Aprile, delle sole differenze positive giornaliere tra la temperatura interna di 20°C e quella esterna giornaliera media mensile calcolata in funzione delle temperature orarie rilevate dalla centralina meteorologica.

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

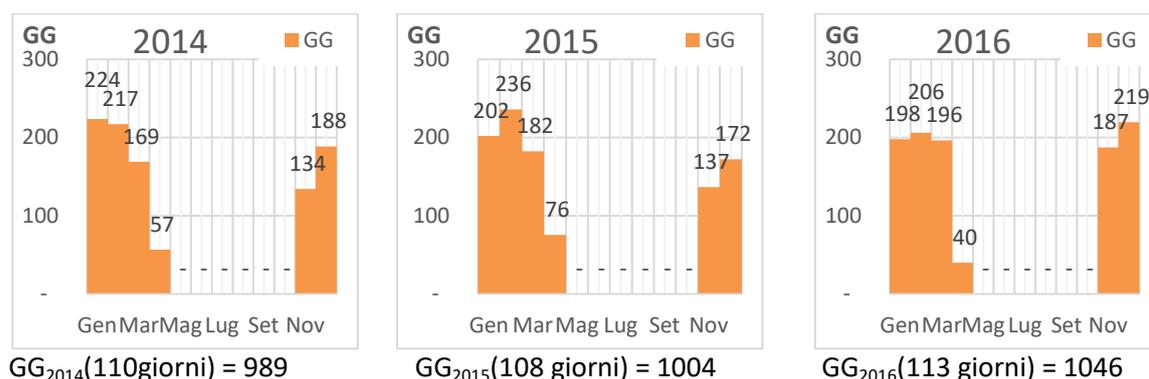


Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG reali sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore medio per le tre stagioni termiche analizzate di 1013 GG calcolati su 110 giorni effettivi di utilizzo dell'impianto di riscaldamento.

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

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

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



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

4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI

4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO

4.1.1 Involucro opaco

L'involucro edilizio opaco che costituisce l'edificio è sostanzialmente composto da una muratura portante in pietrame misto con spessori decrescenti dal basso verso l'alto, che vanno da 40 a 85 cm. La muratura è intonacata su entrambi i lati e, ad ogni piano è uguale su tutti i fronti dell'edificio. Sono presenti nicchie sottofinestra all'interno delle quali sono alloggiati i radiatori.

La copertura è realizzata con una struttura in legno, doppio tavolato di legno e manto di copertura in lastre di ardesia.

Ai diversi livelli sono presenti ambienti coperti con volte in mattoni e in incannucciato.

Solai in metallo sono stati inseriti in alcune zone delle ali laterali durante i lavori di restauro dell'edificio.

Figura 4.1 - Particolare della muratura esterna



Figura 4.2 - Particolare della muratura esterna nella zona basamentale



Questa soluzione realizzativa presenta problematiche legate all'eccessivo freddo e caldo dell'ultimo livello e problematiche diffuse in tutti gli ambienti nel periodo invernale per la scarsa tenuta degli infissi.

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

- Rilievo termografico eseguito tramite l'utilizzo di termocamera ai sensi della norma UNI EN 13187: 2000 "Prestazione termica degli edifici. Rilevazione qualitativa delle irregolarità termiche negli involucri edilizi. Metodo all'infrarosso".

L'Indagine endoscopica delle strutture non è stata necessaria grazie alla possibilità di eseguire dei saggi sulla muratura dei locali a piano terra.

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

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

Figura 4.3 – Rilievo termografico della parete del fronte nord est



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
Solaio interpiano con volta	SL01	[30,0]	[assente]	[1,57]	[discreto]
Solaio interpiano putrelle e voltine	SL03	[20,5]	[assente]	[2,38]	[discreto]
Solaio in lamiera metallica	SL05	[21,5]	[assente]	[2,57]	[buono]
Solaio interpiano con volta in incannucc.	SL07	[63,0]	[assente]	[1,13]	[mediocre]
Solaio controterra	SL13a	[34,5]	[assente]	[2,02]	[discreto]
Parete esterna verticale	[MR01]	[60]	[assente]	[2,008]	[mediocre]
Parete esterna verticale	[MR02]	[40]	[assente]	[2,25]	[mediocre]
Parete esterna verticale	[MR04]	[55]	[assente]	[2,11]	[mediocre]
Parete esterna verticale	[MR05]	[50]	[assente]	[2,15]	[mediocre]
Parete esterna verticale	[MR09]	[84]	[assente]	[2,01]	[mediocre]
Parete esterna verticale	[MR10]	[74]	[assente]	[2,01]	[mediocre]

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

4.1.2 Involucro trasparente

L’involucro trasparente che costituisce l’edificio è composto da serramenti in legno, di cui la maggior parte è costituita da quelli originari con vetro singolo. Infatti solo pochissimi infissi, all’interno dei servizi igienici, sono stati sostituiti in occasione degli ultimi lavori di restauro, con infissi in legno e vetrocamera. Sono presenti alcuni infissi in metallo a vetro singolo in corrispondenza delle aperture ovali e per l’uscita antincendio.

Tutti gli infissi presentano un sistema di schermatura esterno a persiana, ad eccezione di quelli presenti nella fascia basamentale della facciata principale. In alcuni casi sono presenti degli scuretti interni.

Gli infissi in legno originari hanno notevoli problematiche di tenuta all’aria e all’acqua, oltre che di elevatissime dispersioni termiche.

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

Il portone di ingresso principale è in legno.

Figura 4.4 - Particolare dei serramenti



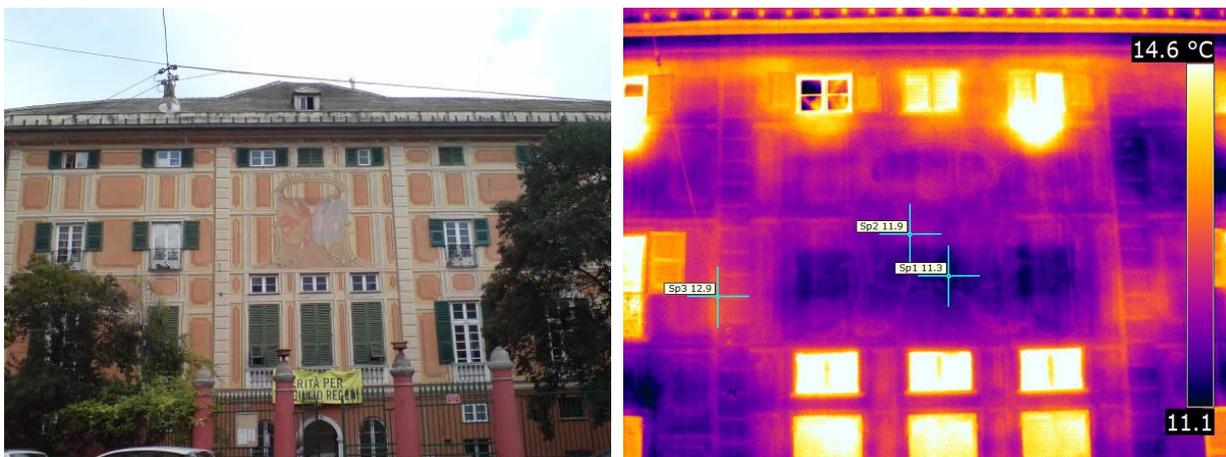
Ai fini di un’identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell’involucro trasparente si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione delle seguenti indagini diagnostiche:

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

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

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

Figura 4.5 – Rilievo termografico dei serramenti al piano secondo e terzo sul fronte principale



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

Tabella 4.2 – Trasmittanze termiche dei componenti dell’involucro trasparente

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	DIMENSIONI [HXL] [cm]	TIPO TELAIO	TIPO VETRO	TRASMITTANZA TERMICA [W/mqK]	STATO DI CONSERVAZIONE
Serramento a due ante	WN01	[1.18x1.78]	legno	Vetro singolo	4,35	mediocre
Serramento a due ante con sopra luce	WN03	[1.25x2.20]	legno	Vetro singolo	4,21	mediocre
Serramento a due ante con arco	WN04	[1.18x2.75]	legno	Vetro singolo	4,63	mediocre
Serramento a due ante D1	WN05	[1.18x1.10]	legno	Vetro singolo	4,57	mediocre
Serramento a due ante con sopra luce	WN08	[1.25x3.60]	legno	Vetro singolo	4,23	mediocre
Serramento a due ante	WN09	[1.25x1.00]	legno	Vetro singolo	3,98	mediocre
Serramento porta finestra	WN10	[1.25x2.30]	legno	Vetro singolo	4,06	mediocre
Serramento a due ante	WN11	[1.20x1.40]	legno	Vetro singolo	4,20	mediocre
Serramento ovale	WN12	[0.80x1.00]	metallo	Vetro singolo	4,73	mediocre
Serramento ad un’anta	WN13	[1.60x2.80]	alluminio	Vetro singolo	5,68	mediocre
Serramento a due ante con sopra luce	WN14	[1.25x2.80]	legno	Vetro singolo	4,30	mediocre

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

4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO

L'impianto di riscaldamento degli ambienti è costituito da un sistema con fluido termovettore acqua. E' presente un generatore di calore a basamento alimentato a gas metano, un gruppo di circolazione costituito da tre pompe gemellari installate in parallelo, un sistema di distribuzione a colonne montanti ed un sistema di emissione a radiatori.

4.2.1 Sottosistema di emissione

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

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

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

Figura 4.6 - Particolare dei radiatori installati



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

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

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

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

Tabella 4.4 - Riepilogo caratteristiche dei radiatori installati

PIANO	TIPO DI INSTALLAZIONE	NUMERO	POTENZA TERMICA UNITARIA	POTENZA TERMICA COMPLESSIVA	POTENZA FRIGORIFERA UNITARIA	POTENZA FRIGORIFERA COMPLESSIVA
			[kW]	[kW]	[kW]	[kW]
Piano Terra	Su parete esterna non isolata	3	1,88	5,64	-	-
	Su parete interna	1	0,63	0,63	-	-
	Su parete esterna non isolata	4	0,63	2,52	-	-
	Su parete esterna non isolata	2	1,3	2,60	-	-
	Su parete interna	2	0,79	1,58	-	-
	Su parete esterna non isolata	1	1,89	1,89	-	-
Piano Primo	Su parete esterna non isolata	1	0,38	0,38	-	-
	Su parete esterna non isolata	2	1,92	3,84	-	-
	Su parete interna	1	1,92	1,92	-	-
	Su parete esterna non isolata	1	1,51	1,51	-	-
	Su parete esterna non isolata	1	2,16	2,16	-	-

	Su parete esterna non isolata	4	0,63	2,52	-	-
	Su parete esterna non isolata	1	0,69	0,69	-	-
	Su parete esterna non isolata	1	1,37	1,37	-	-
	Su parete esterna non isolata	1	2,57	2,57	-	-
	Su parete esterna non isolata	3	0,56	1,68	-	-
	Su parete interna	3	0,95	2,85	-	-
	Su parete esterna non isolata	2	1,95	3,90	-	-
	Su parete esterna non isolata	1	1,62	1,62	-	-
	Su parete interna	1	1,62	1,62	-	-
	Su parete esterna non isolata	3	0,95	2,85	-	-
	Su parete esterna non isolata	1	2,3	2,30	-	-
	Su parete interna	1	2,97	2,97	-	-
Piano Secondo	Su parete esterna non isolata	1	0,81	0,81	-	-
	Su parete esterna non isolata	2	2,7	5,40	-	-
	Su parete esterna non isolata	1	0,76	0,76	-	-
	Su parete esterna non isolata	2	1,52	3,04	-	-
	Su parete esterna non isolata	2	1,22	2,44	-	-
	Su parete interna	1	2,16	2,16	-	-
	Su parete esterna non isolata	1	0,68	0,68	-	-
	Su parete esterna non isolata	4	1,62	6,48	-	-
	Su parete esterna non isolata	1	0,77	0,77	-	-
	Su parete esterna non isolata	1	2,03	2,03	-	-
Piano Terzo	Su parete esterna non isolata	2	2,43	4,86	-	-
	Su parete esterna non isolata	4	0,94	3,76	-	-
	Su parete esterna non isolata	1	2,57	2,57	-	-
	Su parete esterna non isolata	1	0,76	0,76	-	-
	Su parete esterna non isolata	5	1,76	8,8	-	-
	Su parete esterna non isolata	1	2,3	2,3	-	-
	Su parete esterna non isolata	3	2,16	6,48	-	-
	Su parete esterna non isolata	2	1,85	3,70	-	-
TOTALE		76	-	109.41	-	-

Nota1: La potenza dei terminali di emissione è stata calcolata sulla base di quanto fornito dalla P.A. e verificata in sede di sopralluogo.

Nota2: La differenza di temperatura tra i terminali di emissione e ambiente è assunta pari a 35,0°C, in base a quanto rilevato in sede di sopralluogo.

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

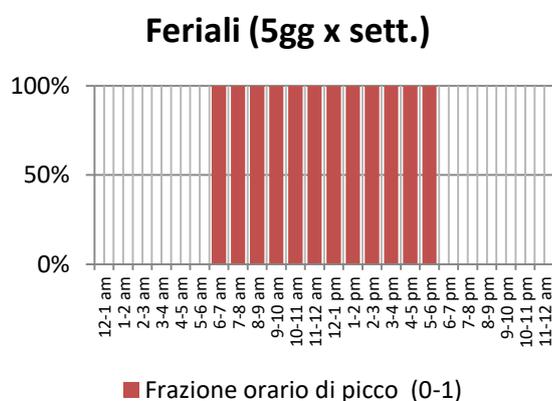
4.2.2 Sottosistema di regolazione

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

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

La regolazione dell'impianto avviene attraverso una centralina di regolazione climatica di marca Climatel che agisce su una valvola di regolazione di tipo Coster modello CVH218 a 3 vie (1).

Figura 4.7 - Profilo di funzionamento invernale dell'impianto per la Zona riscaldata



Nota(1) Dati desunti dal libretto di impianto sito in centrale termica.

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

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

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

ZONA TERMICA	TIPO DI REGOLAZIONE	RENDIMENTO
Zona riscaldata	Solo climatica centralizzata / on-off	83%

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

4.2.3 Sottosistema di distribuzione

Il sottosistema di distribuzione è costituito dai seguenti elementi:

1) Circuito di riscaldamento di collegamento tra il generatore di calore in centrale termica ed i terminali di emissione.

1) **Circuito di riscaldamento:** sono presenti tre pompe di circolazione gemellari, sulle tre linee di mandata, che collegano il generatore di calore ai terminali di emissione più una pompa di circolazione interna di collegamento tra le linee principali di mandata e di ritorno in centrale termica.

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

Tabella 4.6 - Riepilogo caratteristiche pompe circuito di riscaldamento

	NOME	SERVIZIO	PORTATA [m ³ /h]	PREVALENZA [kPa]	POTENZA ASSORBITA [kW]
Circuito di riscaldamento	P1	Circolazione interna	n.d.	n.d.	0,201 (1)
Circuito 1	P2	Distribuzione fluido termovettore a radiatori (Pompa gemellare a giri variabili)	n.d.	n.d.	0,073 (1)
Circuito 2	P3	Distribuzione fluido termovettore a radiatori (Pompa gemellare a giri fissi)	n.d.	n.d.	1,30 (1)
Circuito 3	P4	Distribuzione fluido termovettore a radiatori (Pompa gemellare a giri variabili)	n.d.	n.d.	0,244 (1)
TOTALE			n.d.	n.d.	1,818

Nota (1): Valori ricavati da dati di targa

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

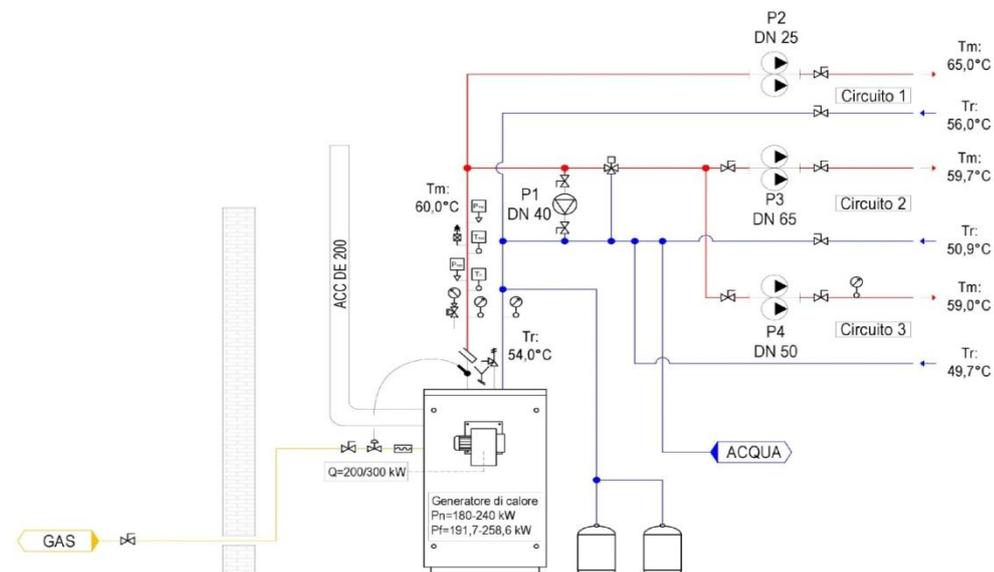
Tabella 4.7 – Temperature di mandata e ritorno del circuito di riscaldamento

CIRCUITO			TEMPERATURA RILEVATA °C	TEMPERATURA CALCOLO °C
Zona riscaldata Circuito di riscaldamento	Mandata	Caldo	60,0 (2)	80 (1)
	Ritorno	Caldo	54,0 (2)	60 (1)
Zona riscaldata Circuito 1	Mandata	Caldo	65,0 (2)	80 (1)
	Ritorno	Caldo	56,0 (2)	60 (1)
Zona riscaldata Circuito 2	Mandata	Caldo	59,7 (2)	80 (1)
	Ritorno	Caldo	50,9 (2)	60 (1)
Zona riscaldata Circuito 3	Mandata	Caldo	59,0 (2)	80 (1)
	Ritorno	Caldo	49,7 (2)	60 (1)

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

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

Figura 4.8 - Particolare dello schema di impianto



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

Il rendimento complessivo del sottosistema di distribuzione è stato assunto nella DE pari al 89%. Tale rendimento è stato calcolato mediante il metodo previsto dalle norme UNI/TS 11300-2 prospetti 21-23

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

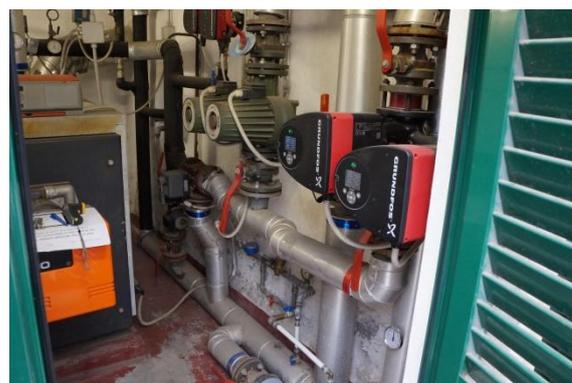
4.2.4 Sottosistema di generazione

Il sottosistema di generazione è costituito da un generatore a basamento alimentato a gas metano con potenza termica nominale min/Max pari a 180-240 kW, potenza termica al focolare min/Max pari a 191,7-258,6 kW di produzione UNICAL modello TRISECAL 3P 240, anno di costruzione 2004. Il bruciatore a servizio del generatore di calore è di marca CUENOD, modello C30 GX207-T1 con potenza nominale min/Max pari a 200/300 kW, anno di costruzione 2003.

Figura 4.9 - Particolare del generatore di calore in CT



Figura 4.10 - Particolare del generatore di calore e del sistema di circolazione in CT



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

Tabella 4.8 - Riepilogo caratteristiche del sistema di generazione del calore

	Servizio	MARCA	MODELLO	ANNO DI COSTRUZIONE	POTENZA AL FOCOLARE [kW]	POTENZA TERMICA UTILE [kW]	RENDIMENTO	POTENZA ASSORBITA COMPLESSIVA [kW]
Gen 1	Riscaldamento	UNICAL	TRISECAL 3P 240	2004	258,6 (1)	240 (1)	93,5% (3)	0,150 (2)
Bru 1	Riscaldamento	CUENOD	C30 GX207-T1	2003	-	300 (1)	-	0,30 (1)

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

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

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

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

Il rendimento del generatore di calore è stato assunto pari a 93,5% in base a quanto rilevato in sede di sopralluogo sul libretto di impianto, nella sezione relativa alla prova fumi svolta il 27/11/2017, in

mancanza di informazioni più dettagliate non riportate sui dati di targa e non reperibili sulla scheda tecnica (fornita dal produttore).

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

4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA

La produzione di acqua calda sanitaria è eseguita tramite bollitori elettrici ad accumulo installati localmente nei servizi igienici. Il numero complessivo di boiler elettrici installati e rilevati in sede di sopralluogo è pari a 3.

Figura 4.11 - Particolare di un boiler elettrico per la produzione di acqua calda sanitaria



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

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

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

Nota (1): Valori ricavati dal modello di calcolo;

Nota (2): Sottosistema non presente.

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

4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE ESTIVA

La climatizzazione in regime estivo è effettuata grazie alla presenza di un sistema VRV con pompe di calore e unità interne per climatizzazione tipo split a parete.

Figura 4.12 - Particolare dell'unità esterna del sistema di climatizzazione estiva



Figura 4.13 - Particolare di unità interna del sistema di climatizzazione estiva



Figura 4.14 - Particolare di unità interna del sistema di climatizzazione estiva



Il numero complessivo di unità interne installate e rilevate in sede di sopralluogo è pari a 5. I rendimenti caratteristici dei sottosistemi dell'impianto di climatizzazione estiva sono riportati nella Tabella 4.10.

Tabella 4.10 – Rendimenti dell'impianto di climatizzazione estiva

Sottosistema di Emissione	Sottosistema di Regolazione	Sottosistema di Distribuzione	Sottosistema di Accumulo	Sottosistema di Generazione	Rendimento Globale medio stagionale
98 % (1)	98 % (1)	98 % (1)	- (3)	3.234 (2)	94% (1)

Nota (1): Valori ricavati dal modello di calcolo;

Nota (2): Valori desunti dai dati di targa (EER);

Nota (3): Sottosistema non presente.

L'elenco dei componenti dell'impianto di climatizzazione estiva rilevati in sede di sopralluogo e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 11 dell'Allegato J – Schede di Audit.

4.5 PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE

Le utenze sottese all’impianto elettrico, oltre a quelle precedentemente descritte, sono costituite essenzialmente da utenze locali quali ascensore, 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 4.11.

Tabella 4.11 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA NOMINALE [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]	ORE ANNUE DI UTILIZZO [ore]
Zona riscaldata	PC	32	220	7.040	2.400
	Schermo informativo	1	250	250	400
	Stufa elettrica	2	2.000	4.000	300
	Stampante multifunzione	5	220	1.100	500
	Rack dati	1	300	300	7.200
	Forno	1	900	900	100
	Frigorifero	2	150	300	7.200
	Stampante	1	80	80	400
	Distributore caffè	1	850	850	200
	Asciugamani elettrico	1	2.000	2.000	200
	Pompa bagno di servizio	1	245	245	400
	Ascensore	1	12.000	12.000	200

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

4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE

L’impianto di illuminazione è costituito da lampade di diverse tipologie, ovvero neon, LED ed a basso consumo, in funzione della tipologia di utilizzo dei locali:

Le principali tipologie di corpi illuminanti sono di seguito elencati:

- Lampade a neon installate a soffitto negli uffici e nelle zone di circolazione interna;
- Faretto LED installati nei servizi igienici;
- Lampade a basso consumo installate negli uffici;
- Fari alogeni installati all’esterno.

Figura 4.15 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati all’interno degli uffici



L’elenco e le caratteristiche dei corpi illuminanti sono riportate nella Tabella 4.12.

Tabella 4.12 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA UNITARIA [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]
Zona riscaldata	Incandescenza	37	40	1.480
	Tubolare emergenza	41	18 (1x18)	738
	Tubolare	7	36 (1x36)	252

Tubolare	5	58 (1x58)	290
Tubolare	5	36 (2x18)	180
Tubolare	64	116 (2x58)	7.424
Tubolare	53	72 (2x36)	3.816
Faretto LED ad incasso	3	10	30
Proiettore LED interno	1	20	20
Proiettore Alogeno	3	400	1.200

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

Figura 4.16 - Particolare di un proiettore LED installato all'interno



Figura 4.17 - Particolare di un proiettore alogeno installato all'esterno



5 CONSUMI RILEVATI

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

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

I vettori energetici analizzati sono i seguenti:

- Gas metano;
- Energia elettrica.

5.1.1 Energia termica

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

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

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

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

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

La fornitura di Gas metano avviene tramite la presenza di un contatore il quale risultato a servizio del seguente utilizzo:

- Centrale termica per il riscaldamento degli ambienti dell'edificio.

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

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

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

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

PDR	Utilizzo	2014 [Sm ³]	2015 [Sm ³]	2016 [Sm ³]	2014 [kWh]	2015 [kWh]	2016 [kWh]
3270027390541	Riscaldamento	18.910	24.419	15.084	178.132	230.029	142.091

Parallelamente all'analisi dei consumi storici forniti dalla società di distribuzione si è provveduto alla valutazione dei consumi fatturati nell'anno 2016 (si sottolinea che è stato possibile analizzare la fatturazione per la sola annualità a disposizione).

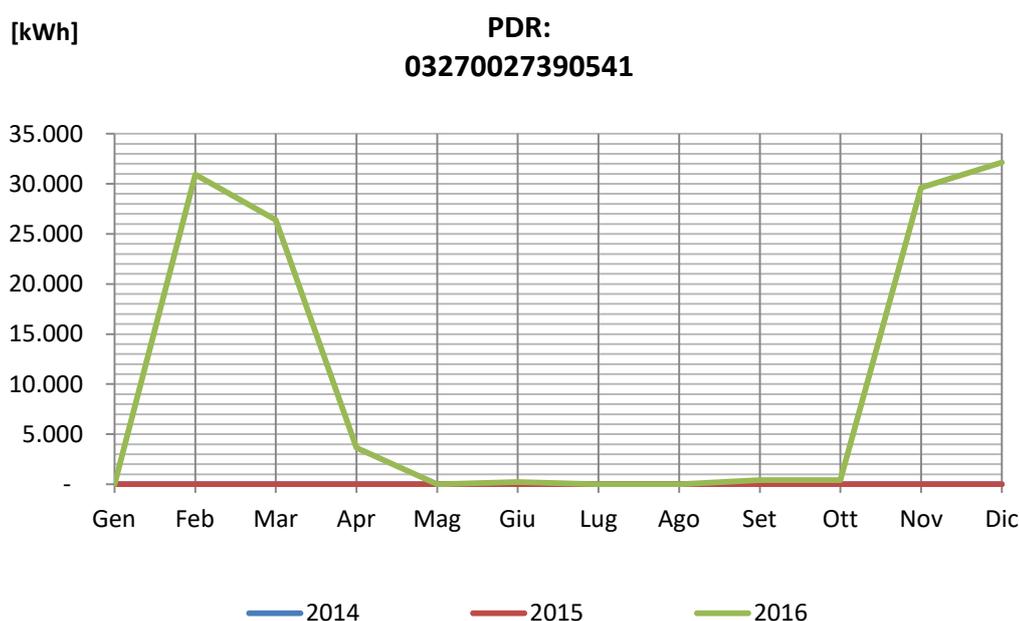
I consumi fatturati dalla società di fornitura sono riportati nella Tabella 5.3

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

PDR: 03270027390541	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Mese	[Sm ³]	[Sm ³]	[Sm ³]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	-	-	-	-	-	-
Febbraio	-	-	3.283	-	-	30.926
Marzo	-	-	2.804	-	-	26.414
Aprile	-	-	386	-	-	3.636
Maggio	-	-	-	-	-	-
Giugno	-	-	23	-	-	217
Luglio	-	-	-	-	-	-
Agosto	-	-	-	-	-	-
Settembre	-	-	43	-	-	405
Ottobre	-	-	44	-	-	414
Novembre	-	-	3.143	-	-	29.607
Dicembre	-	-	3.410	-	-	32.122
Totale	-	-	13.136	-	-	123.741

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

Figura 5.1 – Andamento mensile dei consumi termici fatturati



Dall'analisi effettuata è emerso che il prelievo termico del triennio è caratterizzato da un valore minimo pari a 23 m³ ed un valore di massimo di prelievo pari a 3.410 m³. I consumi annui risultano notevolmente diversi per una pluralità di fattori.

Innanzitutto è da rilevare che non sono disponibili i consumi relativi all'anno 2014 e 2015 per cui risulta impossibile definirne l'andamento mensile.

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

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

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

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

Dove:

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

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

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

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

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

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

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

Tabella 5.4 – Normalizzazione dei consumi annuali di energia termica

ANNO	GG _{REALI} SU 110 GIORNI	GG _{RIF} SU 110 GIORNI	CONSUMO REALE RISC. [Smc]	CONSUMO REALE RISC. [kWh]	α_{rif}	CONSUMO NORMALIZZATO A 926 GG [kWh]	CONSUMO ACS [kWh]	CONSUMO ALTRO [kWh]
2014	989	905	18 910	178 183	180,2	163 054	-	-
2015	1 004	905	24 419	230 093	229,2	207 348	-	-
2016	1 046	905	15 084	142 132	135,8	122 882	-	-
Media	1 013	905	19 471	183 469	181,1	163 854	-	-

Come si può notare dai dati riportati il comportamento energetico dell'edificio, negli anni considerati, è stato caratterizzato da una generica diminuzione dei consumi: tale riduzione non è dovuta alla realizzazione di interventi di efficientamento, quanto più alla diminuzione delle temperature esterne medie mensili rilevate nel triennio di riferimento.

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

Tabella 5.5 – Individuazione della Baseline termica

GRANDEZZA	VALORE
	[Kwh]
$\bar{a}_{rif} \times GG_{rif}$	163.854
$Q_{baseline}$	163.854

5.1.2 Energia elettrica

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

- Sede municipio-Vigili.

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

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

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

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

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

POD	ZONA SERVITA	2014	2015	2016	MEDIA
		[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
IT001E00122451	Municipio-Vigili	49.745	49.111	44.904	47.920
IT001E00096861	Municipio-Vigili	48.996	7.556	5.238	20.597
TOTALE		98.741	56.667	50.142	VALORE MEDIO FATTURATO 68.517

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

- Per il 2014 l'analisi delle fatture ha prodotto un dato inferiore del 6% circa per il POD IT001E00122451 e coincidente per il POD IT001E00096861. Complessivamente per l'anno 2014 l'analisi delle fatture ha fatto emergere un dato inferiore del 3% circa; (valore desunto come somma dei due POD dal file “kyotoBaseline-EXXXX”: 101.868 kWh)
- Per il 2015 l'analisi delle fatture ha prodotto un dato inferiore del 2% circa per il POD IT001E00122451 e del 3% circa per il POD IT001E00096861. Complessivamente per l'anno 2015 l'analisi delle fatture ha fatto emergere un dato inferiore del 2% circa; (valore desunto come somma dei due POD dal file “kyotoBaseline-EXXXX”: 57.960 kWh)
- Per il 2016 l'analisi delle fatture ha prodotto un dato inferiore del 7% circa per il POD IT001E00122451 e del 25% circa per il POD IT001E00096861. Complessivamente per l'anno 2016 l'analisi delle fatture ha fatto emergere un dato inferiore del 9% circa; (valore desunto come somma dei due POD dal file “kyotoBaseline-EXXXX”: 55.314 kWh)

Il dato medio desumibile dall'analisi delle fatture si discosta dunque dal dato di fornito dalla PA di circa il 4% in meno (valore desunto come somma dei due POD dal file “kyotoBaseline-EXXXX”: 71.714 kWh).

Considerando che lo scostamento fra il dato ottenuto a seguito dell'analisi della fatturazione e quello fornito dalla PA nel file “kyotoBaseline-EXXXX” è inferiore al 10%, si è deciso di utilizzare il dato fornito dalla PA per la validazione del modello energetico. Pertanto, si assume come valore di baseline 71.714 kWh.

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

POD: IT001E00122451	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 14	3.328	646	1.001	4.975
Feb - 14	3.239	596	757	4.592
Mar - 14	3.154	563	736	4.453
Apr - 14	3.029	474	756	4.259
Mag - 14	2.547	427	650	3.624
Giu - 14	1.743	361	636	2.740
Lug - 14	2.077	364	557	2.998
Ago - 14	1.514	381	628	2.523
Set - 14	2.127	536	776	3.439
Ott - 14	3.265	641	788	4.694
Nov - 14	3.349	1.056	1.807	6.212
Dic - 14	2.847	847	1.542	5.236
Totale	32.219	6.892	10.634	49.745
POD: IT001E00122451	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 15	3.043	849	1.460	5.352
Feb - 15	2.749	767	1.319	4.835
Mar - 15	2.930	763	1.379	5.072
Apr - 15	2.943	533	992	4.468
Mag - 15	2.236	432	767	3.435
Giu - 15	1.779	406	647	2.832
Lug - 15	2.313	455	642	3.410
Ago - 15	1.792	357	545	2.694
Set - 15	2.154	402	634	3.190
Ott - 15	3.547	537	723	4.807
Nov - 15	2.956	649	751	4.356
Dic - 15	3.167	532	961	4.660
Totale	31.609	6.682	10.820	49.111
POD: IT001E00122451	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 16	3.602	593	914	5.109
Feb - 16	2.955	607	806	4.368
Mar - 16	3.099	593	865	4.557
Apr - 16	2.381	492	852	3.725
Mag - 16	2.019	427	749	3.194
Giu - 16	2.019	427	749	3.194
Lug - 16	1.701	424	743	2.868
Ago - 16	1.541	405	770	2.716
Set - 16	1.799	429	738	2.966
Ott - 16	2.864	501	811	4.176
Nov - 16	2.557	558	901	4.016
Dic - 16	2.557	558	901	4.016
Totale	29.093	6.013	9.798	44.904

POD: IT001E00096861	F0	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 14	544	-	-	544
Feb - 14	491	-	-	491
Mar - 14	544	-	-	544
Apr - 14	526	-	-	526
Mag - 14	42.812	-	-	42.812
Giu - 14	507	-	-	507
Lug - 14	281	-	-	281
Ago - 14	376	-	-	376
Set - 14	566	-	-	566
Ott - 14	814	-	-	814
Nov - 14	827	-	-	827
Dic - 14	708	-	-	708
Totale	48.996	-	-	48.996
POD: IT001E00096861	F0/F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 15	769	-	-	769
Feb - 15	839	-	-	839
Mar - 15	929	-	-	929
Apr - 15	498	125	139	762
Mag - 15	488	121	113	722
Giu - 15	176	52	72	300
Lug - 15	101	48	80	229
Ago - 15	152	38	68	258
Set - 15	148	37	66	251
Ott - 15	621	102	59	782
Nov - 15	685	103	71	859
Dic - 15	708	96	52	856
Totale	6.114	722	720	7.556
POD: IT001E00096861	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 16	633	92	71	796
Feb - 16	1.163	137	51	1.351
Mar - 16	825	123	63	1.011
Apr - 16	29	21	38	88
Mag - 16	19	13	26	58
Giu - 16	18	14	25	57
Lug - 16	18	14	26	58
Ago - 16	22	2	3	27
Set - 16	52	12	13	77
Ott - 16	65	18	7	90
Nov - 16	672	101	70	843
Dic - 16	647	88	48	782
Totale	4.163	635	440	5.238

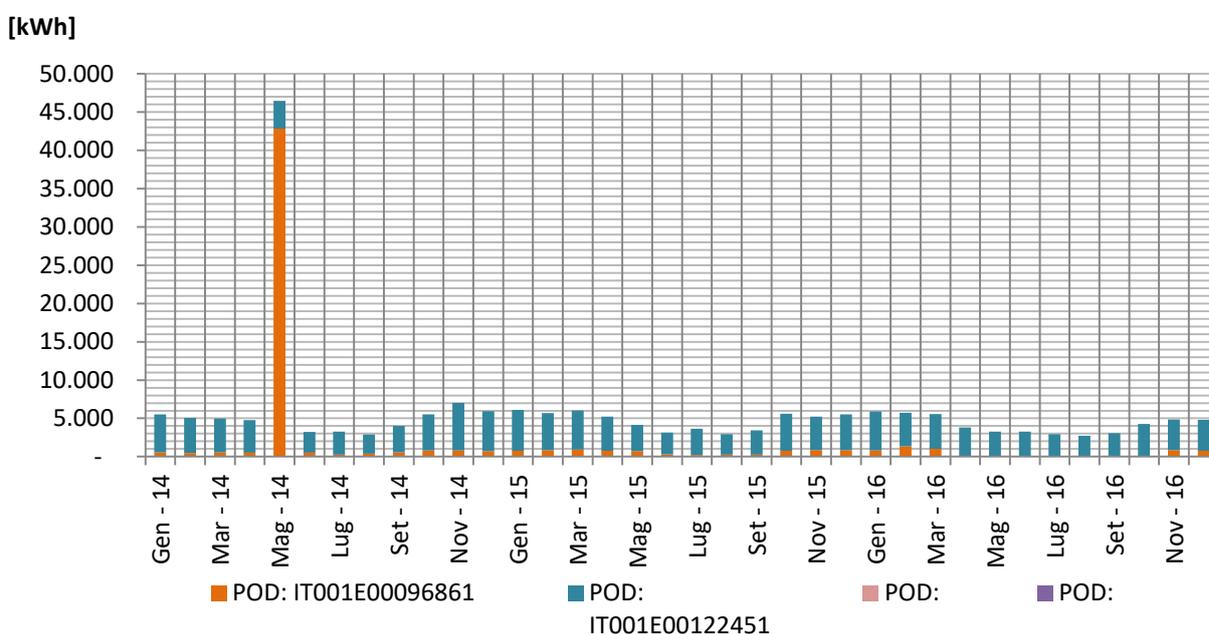
Per il POD IT001E00096861 nell’anno 2014 e per i primi mesi dell’anno 2015 compare la Fascia di fornitura F0 in quanto la fatturazione dell’edificio è stata basata su tariffa a fascia unica.

Inoltre si pone in evidenza il valore rilevato nel mese di maggio 2014 per il POD IT001E00096861. Tale valore risulta notevolmente più grande dei consumi medi mensili. Tale dato tuttavia risulta in linea con il dato fornito dalla PA nel file kyotoBaseline-EXXXX dove nel 2014 è rilevato un consumo energetico nettamente maggiore degli altri due anni.

Sempre in riferimento al POD IT001E00096861, si precisa che i valori inerenti le mensilità di novembre e dicembre per l’anno 2016 sono stati calcolati come media tra i valori per le medesime mensilità delle annualità 2014 e 2015 e ripartiti in modo proporzionale, in quanto i valori richiesti non sono presenti nella fatturazione.

Considerando la presenza di più POD a servizio dell’ edificio oggetto della DE si riporta nella Figura 5.2 si riporta un confronto grafico tra i profili elettrici reali relativi a ciascuna utenza elettrica per il triennio di riferimento.

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



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

Tali valori sono riportati nella Tabella 5.8 bis.

Tabella 5.8 – Consumi mensili fatturati

	F1	F2	F3	TOTALE
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	3.973	727	1.149	5.848
Febbraio	3.812	702	978	5.492
Marzo	3.827	681	1.014	5.522
Aprile	3.135	548	926	4.609
Maggio	16.707	473	768	17.948
Giugno	2.081	420	710	3.210
Luglio	2.164	435	683	3.281
Agosto	1.799	394	671	2.865
Settembre	2.282	472	742	3.496

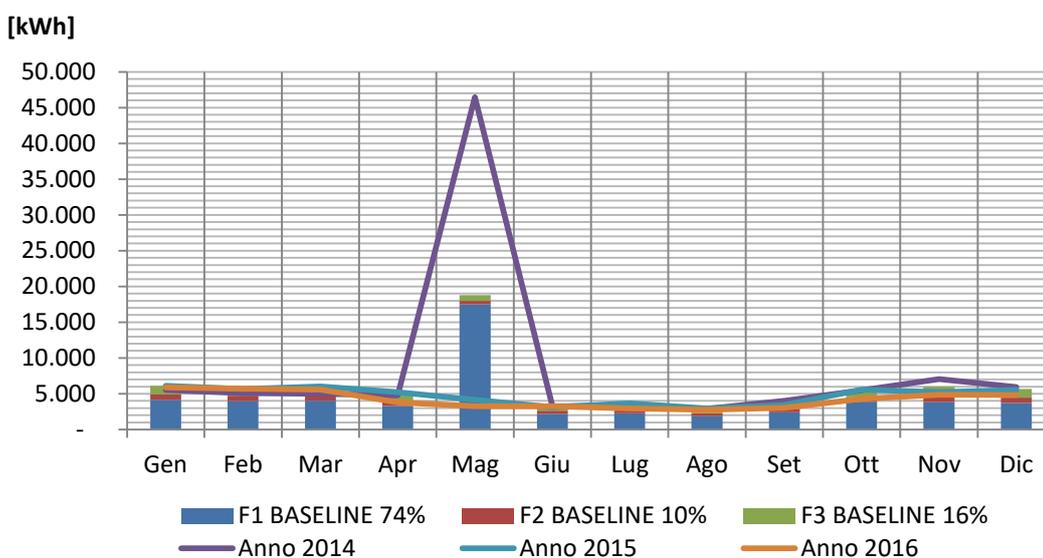
Ottobre	3.725	600	796	5.121
Novembre	3.682	822	1.200	5.704
Dicembre	3.545	707	1.168	5.419
Totale	50.731	6.981	10.804	68.517

Tabella 5.8 bis – Consumi mensili di baseline

BASELINE	F1	F2	F3	TOTALE
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	4.158	761	1.202	6.121
Febbraio	3.990	735	1.023	5.748
Marzo	4.006	712	1.062	5.780
Aprile	3.282	574	969	4.824
Maggio	17.486	495	804	18.786
Giugno	2.178	439	743	3.360
Luglio	2.265	455	715	3.434
Agosto	1.883	413	703	2.998
Settembre	2.388	494	777	3.659
Ottobre	3.899	628	833	5.360
Novembre	3.854	861	1.256	5.970
Dicembre	3.710	740	1.222	5.672
Totale	53.099	7.307	11.308	71.714

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

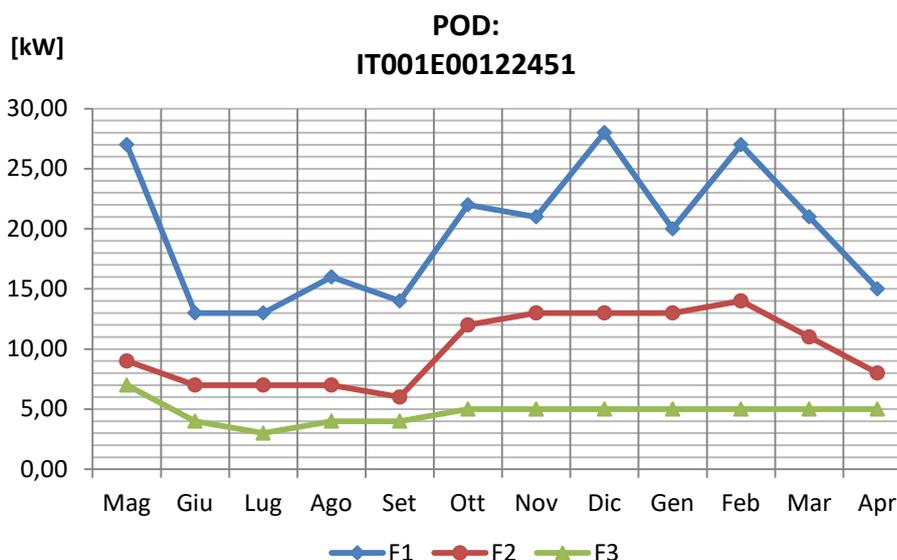
Figura 5.3 – Confronto tra i profili mensili elettrici reali e i valori di Baseline per il triennio di riferimento



I profili di prelievo mensili nel triennio di riferimento presentano andamenti coerenti con l'utilizzo del fabbricato.

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

Figura 5.4 – Profili di potenza giornalieri per il POD IT001E00122451



Il prelievo di potenza massima è pari a 28,00 kW e si verifica nel mese di Dicembre 2017. Tali profili risultano coerenti con l'effettivo utilizzo dell'edificio e delle utenze elettriche presenti.

5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI

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

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

Tabella 5.8 - Fattori di emissione di CO₂.

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

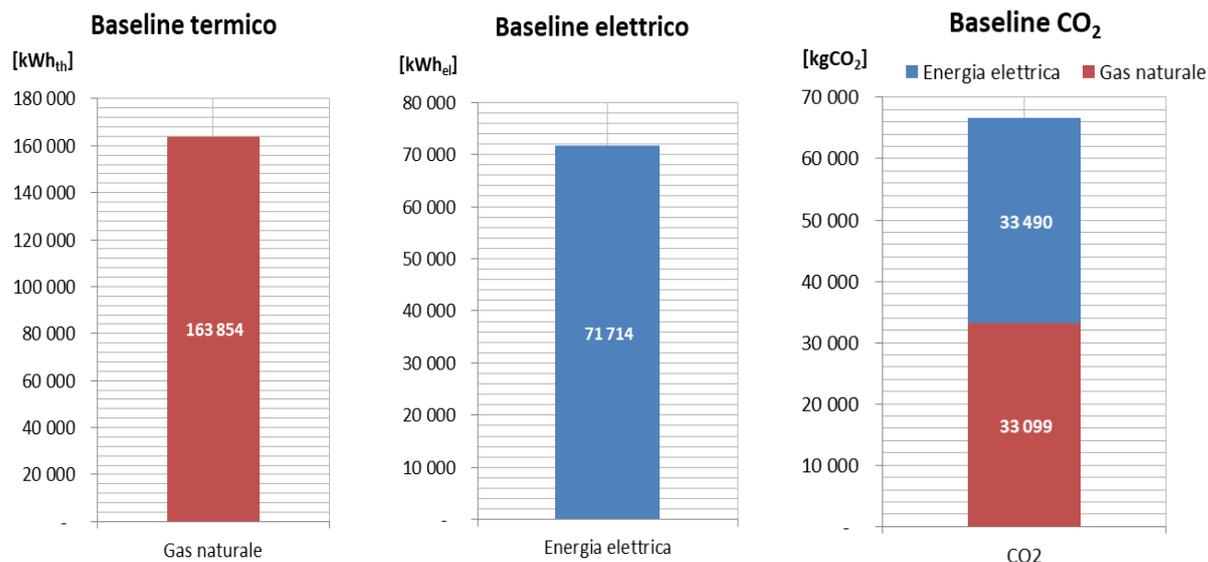
* da "Linee Guida Patto dei Sindaci" per anno 2010

Applicando tali fattori di conversione è stato possibile valutare la Baseline delle emissioni di CO₂, come riportato nella Tabella 5.9 – Baseline delle emissioni di CO₂. Tabella 5.9 e nella Figura 5.5

Tabella 5.9 – Baseline delle emissioni di CO₂.

COMBUSTIBILE	CONSUMO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE	
	[kWh]	[tCO ₂ /MWh]	[tCO ₂]
Energia elettrica	71.714	* 0,467	33,490
Gas naturale	163.854	* 0,202	33,099

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



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

Tabella 5.10 - 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	1.411	m ²
FATTORE 1	Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	1.464	m ²
FATTORE 1	Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate)	8.800	m ³

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

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

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE [kWh/anno]	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA TOTALE	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA TOTALE [kWh/anno]	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA TOTALE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1 [kWh/m ²]	FATTORE 2 [kWh/m ²]	FATTORE 3 [kWh/m ³]	FATTORE 1 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 2 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 3 [Kg CO ₂ /m ³]
Gas naturale	163 854	1,05	172 047	121,9	117,5	19,4	23,46	22,61	3,73
Energia elettrica	71 714	2,42	173 548	123,0	118,5	19,5	23,74	22,88	3,77
TOTALE			345 595	245	236	39	47	45	7

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

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE [kWh/anno]	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA NON RINN.	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA NON RINN. [kWh/anno]	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1 [kWh/m ²]	FATTORE 2 [kWh/m ²]	FATTORE 3 [kWh/m ³]	FATTORE 1 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 2 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 3 [Kg CO ₂ /m ³]
Gas naturale	163 854	1,05	172 047	121,9	117,5	19,4	23,46	22,61	3,73
Energia elettrica	71 714	1,95	139 842	99,1	95,5	15,7	23,74	22,88	3,77
TOTALE			311 889	221	213	35	47	45	7

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

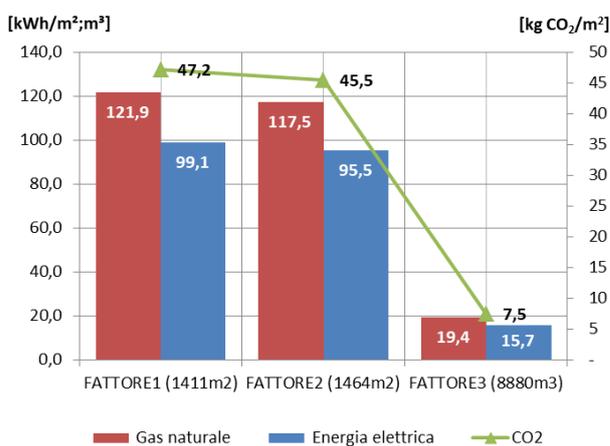
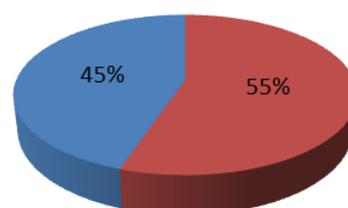
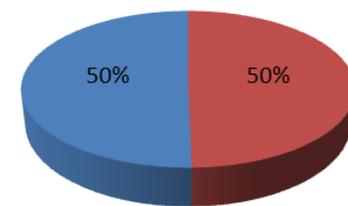


Figura 5.7 – Ripartizione % dei consumi di energia primaria e delle relative emissioni di CO₂

Ripartizione % energia primaria



Ripartizione % emissioni CO₂



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	309,186	288,765
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	216,351	213,96
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	6,890	5,552
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	3,846	3,099
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	78,787	63,485
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	3,311	2,668
Emissioni equivalenti di CO2	CO _{2eq}	Kg/mq anno	87,56	78,154

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

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
	[m ³ /anno; kWh/anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	29.117 [mc/anno]	287.996
Energia Elettrica	64.327 [kWh/anno] + 23.856 [kWh/anno]	171.957

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

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

Dove:

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

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

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

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

FABBISOGNO	Corrispondenza UNI TS 11300 [kWhel]
Energia ausiliaria complessiva assorbita dal sottosistema di generazione per la produzione di ACS	$E_{W, aux, gn}$
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)	$E_T + E_{altro}^{(*)}$

Nota (*) Tale contributo non è definito all’interno delle norme UNITS 11300 pertanto è stato valutato dall’Auditor sulla base delle ore di funzionamento dei singoli apparecchi e della loro potenza di targa come indicato nella tabella 4.13 - Elenco caratteristiche altre utenze elettriche.

6.1.1 Validazione del modello termico

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

Si è quindi provveduto alla simulazione dei parametri reali di utilizzo dell’edificio considerando che l’impianto ha una gestione del tipo intermittente e che non è in funzione tutti i giorni della settimana.

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale non rinnovabile	$EP_{gl,nren}$	kWh/mq anno	204,173	188,323
Climatizzazione invernale	EP_H	kWh/mq anno	134,369	132,076
Produzione di acqua calda sanitaria	EP_w	kWh/mq anno	6,890	5,552
Ventilazione	EP_v	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	EP_c	kWh/mq anno	3,846	3,099
Illuminazione artificiale	EP_L	kWh/mq anno	78,787	63,485
Trasporto di persone e cose	EP_T	kWh/mq anno	3,311	2,668
Emissioni equivalenti di CO2	CO_{2eq}	Kg/mq anno	70,496	61,613

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

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	CONSUMO
	[mc/anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	17.490 [mc/anno]	164.757
Energia Elettrica	47.560 [kWh/anno] + 23.856 [kWh/anno]	71.456

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]	[%]
164.756	163.854	0,6

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]	[%]
71.456	71.714	0,4

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

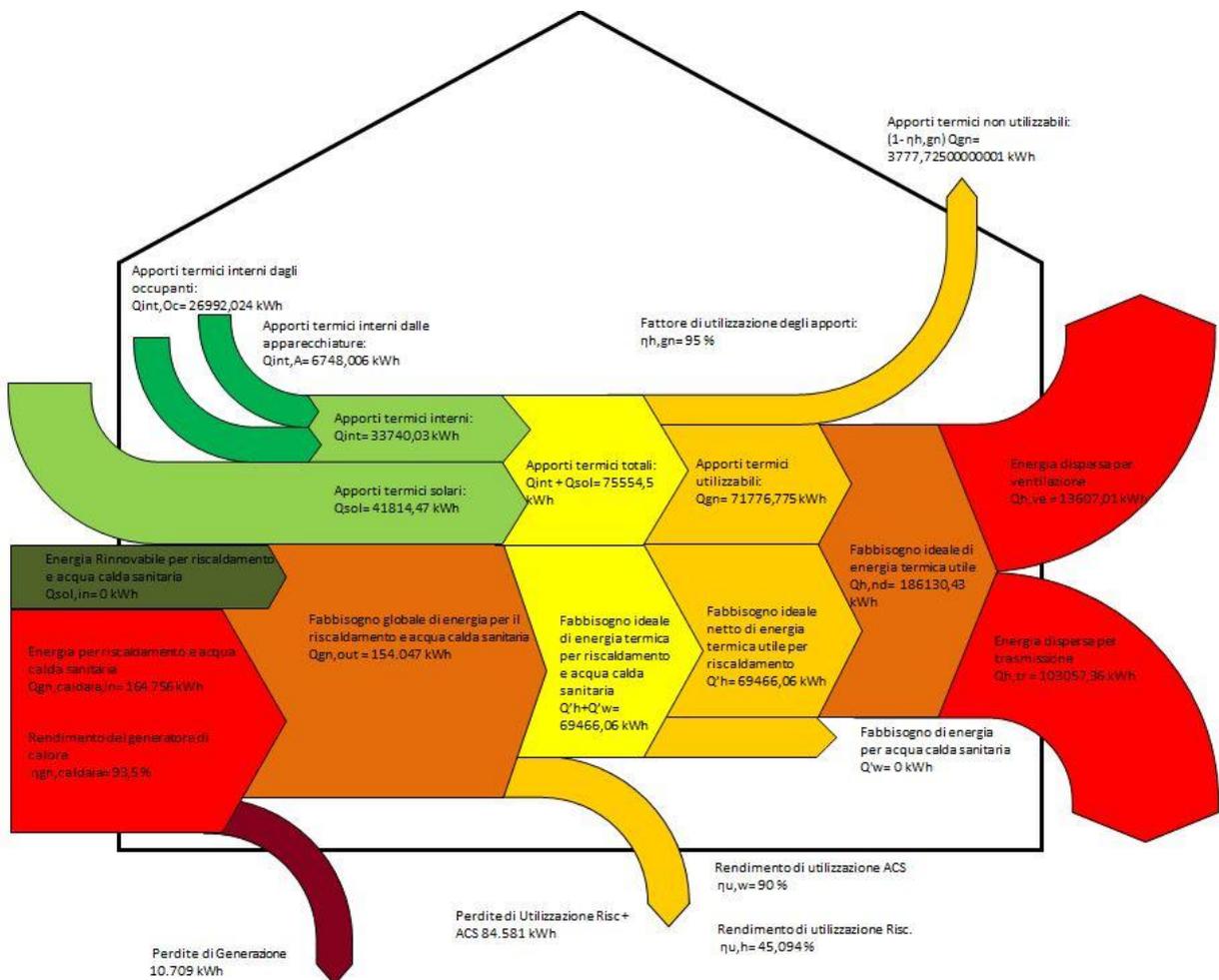
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

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

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

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

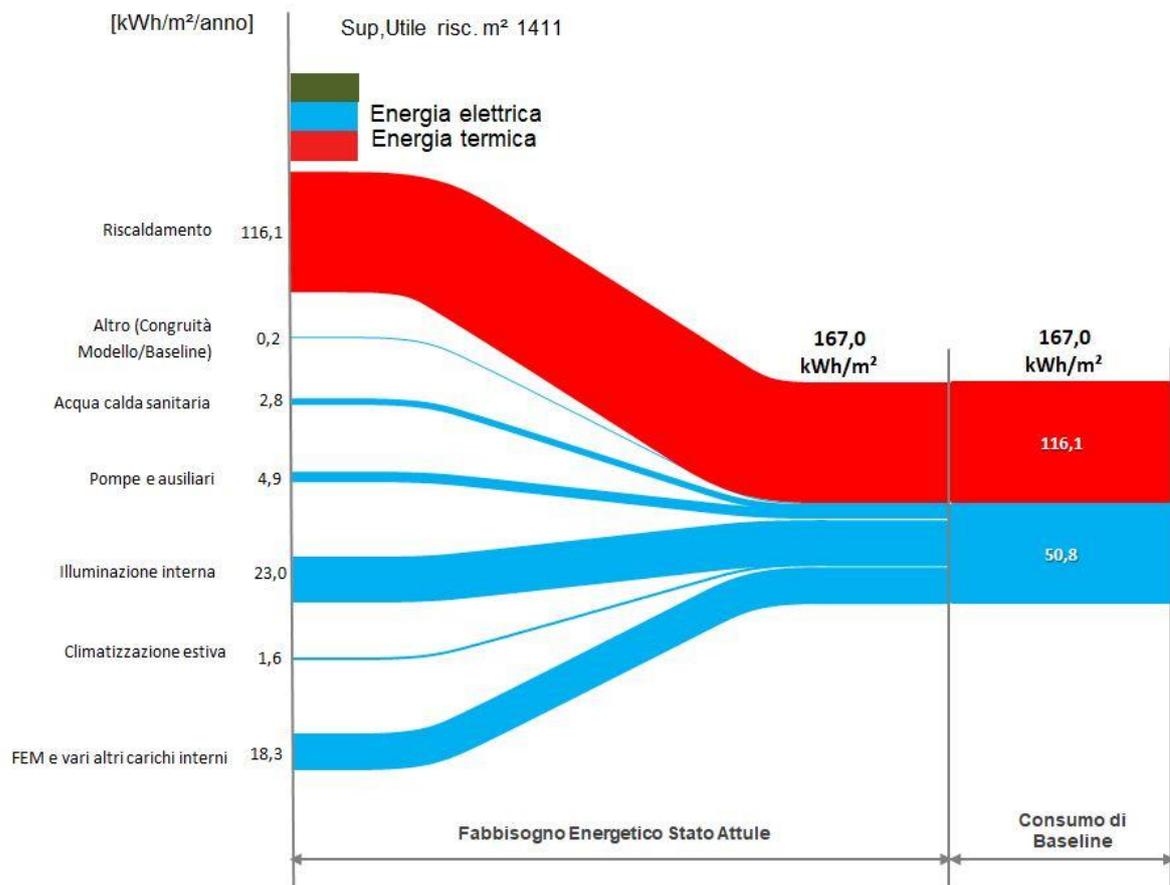
Figura 6.1 – Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio allo stato attuale



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

E' quindi possibile creare un bilancio energetico complessivo dell'edificio, riportato nella Figura 6.2.

Figura 6.2 – Bilancio energetico complessivo dell’edificio allo stato attuale



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

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

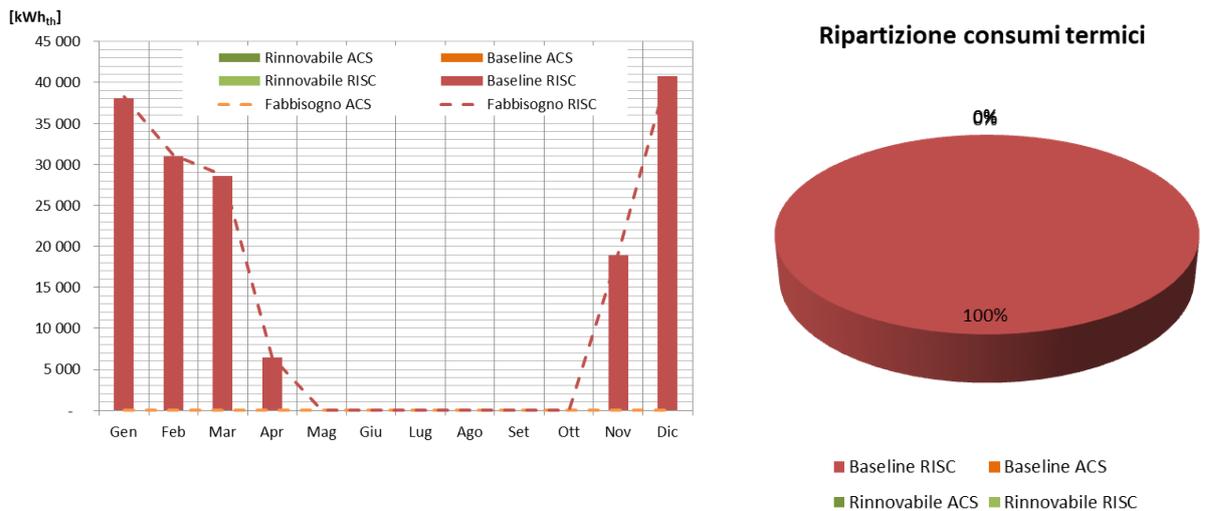
Nel caso in cui i consumi teorici ricavati dalla modellazione siano sovrastimati rispetto alla Baseline, i consumi specifici riportati nel diagramma vengono rappresentati come dei consumi normalizzati al baseline.

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

6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI

La creazione di un modello energetico consente di effettuare una più corretta ripartizione dei consumi energetici di Baseline in funzione dei diversi utilizzi presenti all’interno dell’edificio oggetto della DE. Tale profilo può essere confrontato con il profilo mensile del che si otterrebbe tramite la normalizzazione dei consumi di Baseline attraverso l’utilizzo dei GG di riferimento di cui al Capitolo 3.1. Il confronto tra i due profili è riportato in Figura 6.3.

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



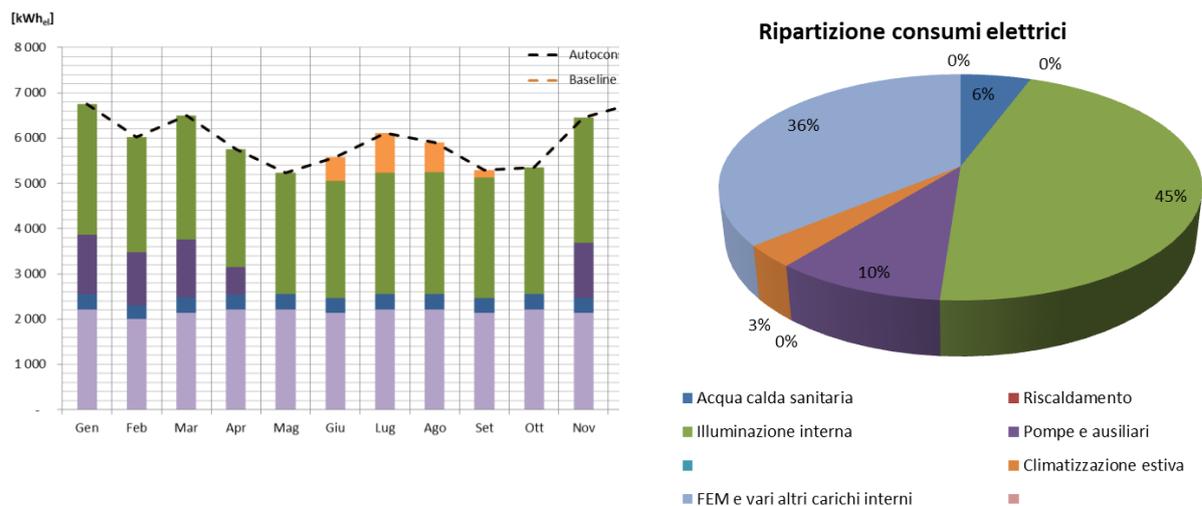
Si può notare come la totalità parte dei consumi termici sia da attribuirsi all'utilizzo per la climatizzazione dei locali, pertanto gli interventi migliorativi proposti, andranno ad interessare principalmente i componenti impiantistici e dell'involucro deputati a tale scopo.

Anche relativamente all'analisi dei fabbisogni di energia elettrica, la ripartizione tra i vari utilizzi è stata effettuata in funzione degli esiti della modellazione. Si precisa inoltre che alla categoria “FEM e vari altri carichi interni” è stato attribuito il valore di 23.856 kWh, valore derivato dall'utilizzo delle apparecchiature elettriche presenti all'interno della scuola per i tempi stimati e definiti in tabella 4.13 (Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche).

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

I risultati di tale valutazione sono riportati nella Figura 6.4.

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



Si può notare come la maggior parte dei consumi sia da attribuirsi all'utilizzo delle attrezzature ascrivibili alla destinazione d'uso tipica dell'edificio. I consumi elettrici sono imputabili per la maggior parte all'illuminazione interna, ma anche all'utilizzo di boiler elettrici per la produzione di 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 – 2015 – 2016.

7.1.1 Vettore termico

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

- PDR 1 – 3270027390541: contratto di fornitura del solo vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. E' stato quindi possibile effettuare un'analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura.

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

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

PDR: 3270027390541	2014	2015	2016	2016
Indirizzo di fornitura	VIA RETA 3 - 16154 GENOVA (GE)			
Dati di intestazione fattura	N.D.	N.D.	Comune di Genova (GE)	Comune di Genova (GE)
Società di fornitura	N.D.	N.D.	ENI SPA DIVISIONE GAS & POWER	Energetic S.p.A.
Inizio periodo fornitura	N.D.	N.D.	01/01/2016	01/09/2016
Fine periodo fornitura	N.D.	N.D.	31/08/2016	31/12/2016
Classe del contatore	N.D.	N.D.	G10	G 125
Tipologia di contratto	N.D.	N.D.	Utente con attività di servizio pubblico	Punto di riconsegna per usi diversi
Opzione tariffaria (*)	N.D.	N.D.	Costo indicizzato	Costo indicizzato
Valore del coefficiente correttivo dei consumi	N.D.	N.D.	1,000000	1,0000
Potere calorifico inferiore convenzionale del combustibile	N.D.	N.D.	39,312MJ/MC	39.043,000 kJ/Smc
Prezzi di fornitura del combustibile (*)	N.D.	N.D.	0,02701 €/kWh	0,01183 €/kWh

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

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

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

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

PDR: 3270027390541	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gennaio	-	-	-	-	-	-	-	-
Febbraio	-	-	-	-	-	-	-	-
Marzo	-	-	-	-	-	-	-	-
Aprile	-	-	-	-	-	-	-	-
Maggio	-	-	-	-	-	-	-	-
Giugno	-	-	-	-	-	-	-	-
Luglio	-	-	-	-	-	-	-	-
Agosto	-	-	-	-	-	-	-	-
Settembre	-	-	-	-	-	-	-	-
Ottobre	-	-	-	-	-	-	-	-
Novembre	-	-	-	-	-	-	-	-
Dicembre	-	-	-	-	-	-	-	-
Totale	-	-	-	-	-	-	-	-
PDR: 3270027390541	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gennaio	-	-	-	-	-	-	-	-
Febbraio	-	-	-	-	-	-	-	-
Marzo	-	-	-	-	-	-	-	-
Aprile	-	-	-	-	-	-	-	-
Maggio	-	-	-	-	-	-	-	-
Giugno	-	-	-	-	-	-	-	-
Luglio	-	-	-	-	-	-	-	-
Agosto	-	-	-	-	-	-	-	-
Settembre	-	-	-	-	-	-	-	-
Ottobre	-	-	-	-	-	-	-	-
Novembre	-	-	-	-	-	-	-	-
Dicembre	-	-	-	-	-	-	-	-
Totale	-	-	-	-	-	-	-	-
PDR: 3270027390541	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gennaio	-	24	-	-	5	29	-	-
Febbraio	847	24	468	575	421	2.335	30.926	0,075
Marzo	724	24	400	491	360	1.998	26.414	0,076
Aprile	77	27	48	82	51	285	3.636	0,078
Maggio	-	27	-	-	6	33	-	-
Giugno	5	27	3	5	9	47	217	0,218

Luglio	-	27	-	-	6	33	-	-
Agosto	-	27	-	-	6	33	-	-
Settembre	9	27	5	8	11	60	405	0,149
Ottobre	10	27	6	9	11	62	414	0,150
Novembre	721	27	393	615	386	2.143	29.607	0,072
Dicembre	-	-	-	-	-	-	32.122	-
Totale	2.392	286	1.322	1.784	1.273	7.058	123.741	0,057

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

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

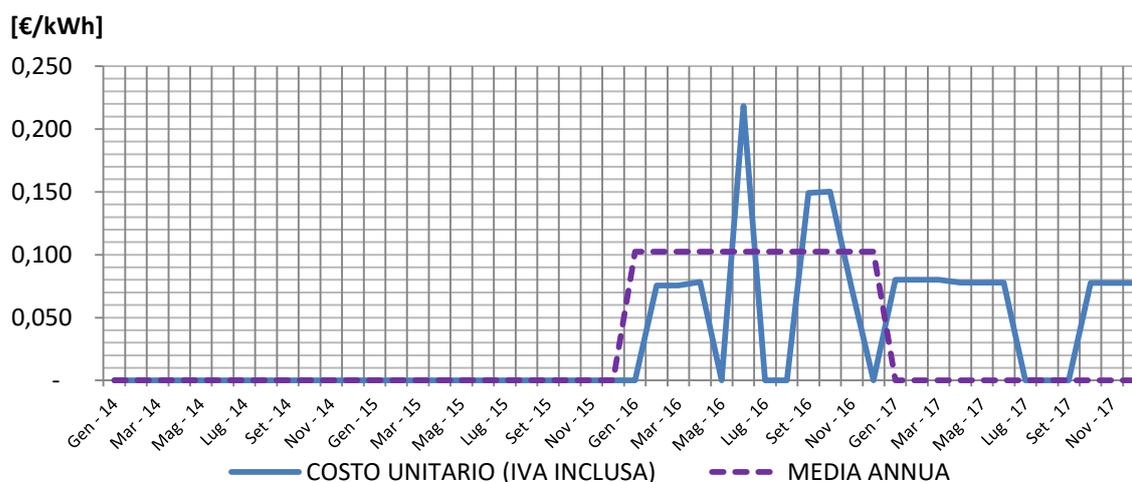
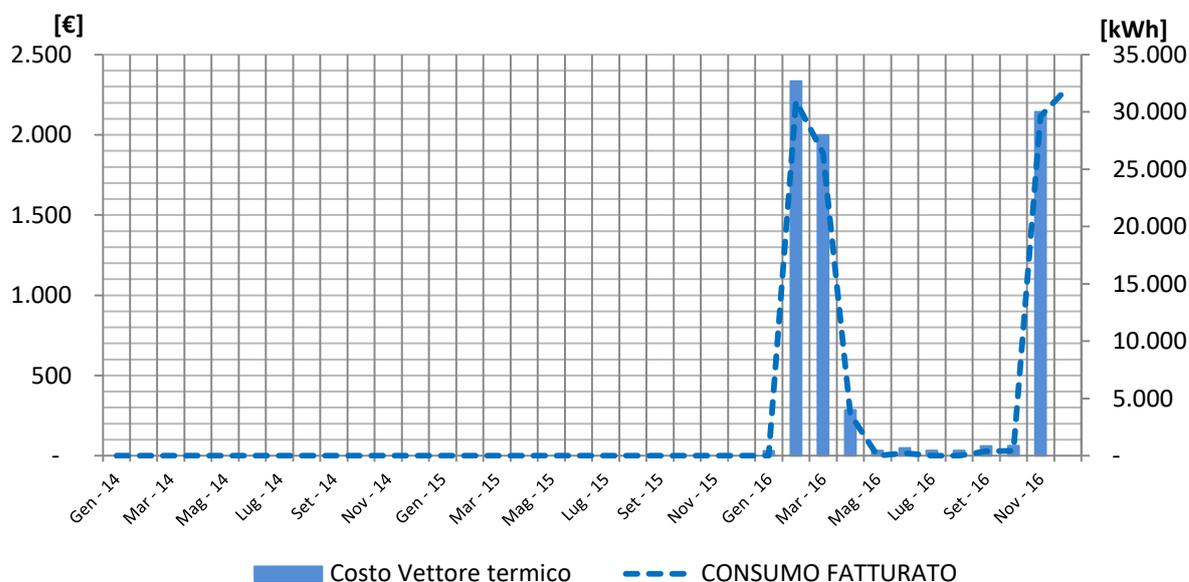


Figura 7.2 – Andamento dei consumi e dei costi dell'energia termica



Dall'analisi effettuata risulta evidente che l'andamento dei costi è influenzato dalla presenza di fatture con consumi stimati e non sempre conguagliate in modo da poter ripartire gli stessi in maniera coerente con l'utilizzo dell'edificio. Inoltre si fa presente che le fatture fornite dalla PA risultano estremamente lacunose e del tutto mancanti per i primi due anni del periodo di riferimento.

7.1.2 Vettore elettrico

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

- POD 1 – IT001E00122451: 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.
- POD 2 – IT001E00096861: contratto di fornitura del vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. E' stato quindi possibile effettuare un'analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura.

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

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

POD: IT001E00122451	2014	2015	2015	2016	2016
Indirizzo di fornitura	VIA TEGLIA 2 GENOVA (GE)				
Dati di intestazione fattura	Comune di Genova (GE)	Comune di Genova (GE)	Comune di Genova (GE)	Comune di Genova (GE)	Comune di Genova (GE)
Società di fornitura	Edison	Edison	GALA	GALA	IREN Mercato S.p.a.
Inizio periodo fornitura	01/01/2014	01/01/2015	01/04/2015	01/01/2016	01/04/2016
Fine periodo fornitura	31/12/2014	31/03/2015	31/12/2015	31/03/2016	31/12/2016
Potenza elettrica impegnata	45,00 kW	45,00 kW	45,00 kW	45,00 kW	45,00 kW
Potenza elettrica disponibile	45,00 kW	45,00 kW	45,00 kW	45,00 kW	24,00 kW
Tipologia di contratto	Forniture in BT (escluso IP)	Forniture in BT (escluso IP)	BTA6	BTA6	CONSIP13 VERDE - L0390
Opzione tariffaria ⁽¹⁾	Tri-oraria	Tri-oraria	Tri-oraria	Tri-oraria	Tri-oraria
Prezzi del fornitura dell'energia elettrica ⁽²⁾	0,07374 €/kWh	0,07254 €/kWh	0,03066 €/kWh	0,02969 €/kWh	0,03241 €/kWh

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

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

POD: IT001E00096861	2014	2015	2015	2016	2016
Indirizzo di fornitura	VIA COSTANTINO RETA 16 GENOVA (GE)				
Dati di intestazione fattura	Comune di Genova (GE)	Comune di Genova (GE)	Comune di Genova (GE)	Comune di Genova (GE)	Comune di Genova (GE)
Società di fornitura	Edison	Edison	GALA	GALA	IREN Mercato S.p.a.
Inizio periodo fornitura	01/01/2014	01/01/2015	01/04/2015	01/01/2016	01/04/2016
Fine periodo fornitura	31/12/2014	31/03/2015	31/12/2015	31/03/2016	31/12/2016
Potenza elettrica impegnata	16,50 kW	16,50 kW	15,0 kW	15,0 kW	15,0 kW
Potenza elettrica disponibile	16,50 kW	16,50 kW	16,50 kW	16,50 kW	16,50 kW
Tipologia di contratto	Forniture in BT (escluso IP)	Forniture in BT (escluso IP)	BTA5	BTA5	CONSIP13 VERDE - L0390
Opzione tariffaria ⁽¹⁾	Mono-oraria	Mono-oraria	Tri-oraria	Tri-oraria	Tri-oraria
Prezzi del fornitura dell'energia elettrica ⁽²⁾	0,06765 €/kWh	0,06767 €/kWh	0,03446 €/kWh	0,02989 €/kWh	0,04641 €/kWh

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

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

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

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

POD: IT001E00122 451	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA		IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen – 14	369	53	460	62	208	1.152	4.975	0,232
Feb – 14	344	49	426	57	193	1.069	4.592	0,233
Mar – 14	333	48	421	56	189	1.046	4.453	0,235
Apr – 14	318	45	413	53	183	1.013	4.259	0,238
Mag – 14	270	39	364	45	158	877	3.624	0,242
Giu – 14	201	29	295	34	123	684	2.740	0,249
Lug – 14	223	32	315	37	134	742	2.998	0,248
Ago – 14	184	27	279	32	115	636	2.523	0,252
Set – 14	253	37	350	43	150	832	3.439	0,242
Ott – 14	351	50	447	59	200	1.106	4.694	0,236
Nov – 14	448	66	565	78	255	1.411	6.212	0,227
Dic – 14	373	77	486	65		1.001	5.236	0,191
Totale	3.668	552	4.822	622	1.906	11.569	49.745	0,233

POD: IT001E00122 451	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA		IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen – 15	388	63	461	67	98	1.077	5.352	0,201
Feb – 15	351	57	440	60	91	999	4.835	0,207
Mar – 15	368	60	458	63	95	1.045	5.072	0,206
Apr – 15	134	51	389	56	63	692	4.468	0,155
Mag – 15	109	39	309	43	50	550	3.435	0,160
Giu – 15	99	32	262	35	43	471	2.832	0,166
Lug – 15	111	34	314	43	50	552	3.410	0,162
Ago – 15	91	27	257	34	41	450	2.694	0,167
Set – 15	101	32	297	40	47	516	3.190	0,162
Ott – 15	140	48	442	60	69	759	4.807	0,158
Nov – 15	124	43	389	54	61	672	4.356	0,154
Dic – 15	129	46	413	58	65	711	4.660	0,153
Totale	2.145	531	4.432	614	772	8.494	49.111	0,173

POD: IT001E00122 451	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen – 16	152	53	435	64	70	774	5.109	0,152
Feb – 16	129	45	378	55	61	668	4.368	0,153
Mar – 16	136	47	393	57	63	696	4.557	0,153
Apr – 16	121	61	362	47	59	650	3.725	0,174
Mag – 16	103	52	321	40	52	569	3.194	0,178
Giu – 16	103	52	321	40	52	569	3.194	0,178
Lug – 16	93	47	296	36	47	519	2.868	0,181
Ago – 16	88	45	284	34	45	496	2.716	0,182
Set – 16	96	49	304	37	49	534	2.966	0,180
Ott – 16	136	69	397	52	65	719	4.176	0,172
Nov – 16	130	66	385	50	63	694	4.016	0,173
Dic – 16	130	66	385	50	63	694	4.016	0,173
Totale	1.417	652	4.261	561	689	7.581	44.904	0,169

POD: IT001E00096 861	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	37	6	101	7	33	183	544	0,337
Feb – 14	33	5	97	6	31	172	491	0,351
Mar – 14	37	6	101	7	33	184	544	0,338
Apr – 14	36	7	99	7	33	181	526	0,345
Mag – 14	2.897	667	3.284	535	1.624	9.008	42.812	0,210
Giu – 14	34	8	98	6	32	179	507	0,352
Lug – 14	19	3	81	4	23	130	281	0,462
Ago – 14	25	5	88	5	27	151	376	0,401
Set – 14	38	8	102	7	34	190	566	0,336
Ott – 14	55	11	121	10	43	240	814	0,295
Nov – 14	56	11	122	10	44	243	827	0,294
Dic – 14	-	-	-	-	-	-	-	-
Totale	3.268	738	4.294	604	1.959	10.862	48.288	0,225

POD: IT001E00096 861	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA		IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen – 15	52	10	118	10	19	208	769	0,271
Feb – 15	57	11	123	10	20	221	839	0,264
Mar – 15	63	12	130	12	22	238	929	0,256
Apr – 15	31	9	108	10	16	173	762	0,227
Mag – 15	28	9	113	9	16	175	722	0,243
Giu – 15	12	3	81	4	10	110	300	0,366
Lug – 15	9	2	75	3	9	98	229	0,427
Ago – 15	9	3	64	3	8	87	258	0,338
Set – 15	9	2	64	3	8	86	251	0,343
Ott – 15	24	8	128	10	17	186	782	0,238
Nov – 15	26	6	135	11	18	196	859	0,228
Dic – 15	25	6	134	11	18	194	856	0,227
Totale	345	83	1.271	94	179	1.973	7.556	0,261

POD: IT001E00096 861	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA		IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen – 16	22	8	121	10	16	178	796	0,224
Feb – 16	34	14	168	17	23	255	1.351	0,189
Mar – 16	38	10	139	13	20	220	1.011	0,218
Apr – 16	3	1	51	1	6	62	88	0,709
Mag – 16	2	1	69	1	7	80	58	1,381
Giu – 16	2	1	69	1	7	80	57	1,405
Lug – 16	3	1	69	1	7	81	58	1,396
Ago – 16	1	1	67	0	7	76	27	2,799
Set – 16	4	2	71	1	8	84	77	1,096
Ott – 16	5	1	72	1	8	87	90	0,972
Nov – 16	41	9	128	11	31	219	843	0,260
Dic – 16	36	8	124	10	18	196	782	0,250
Totale	191	58	1.148	65	158	1.620	5.238	0,309

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

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

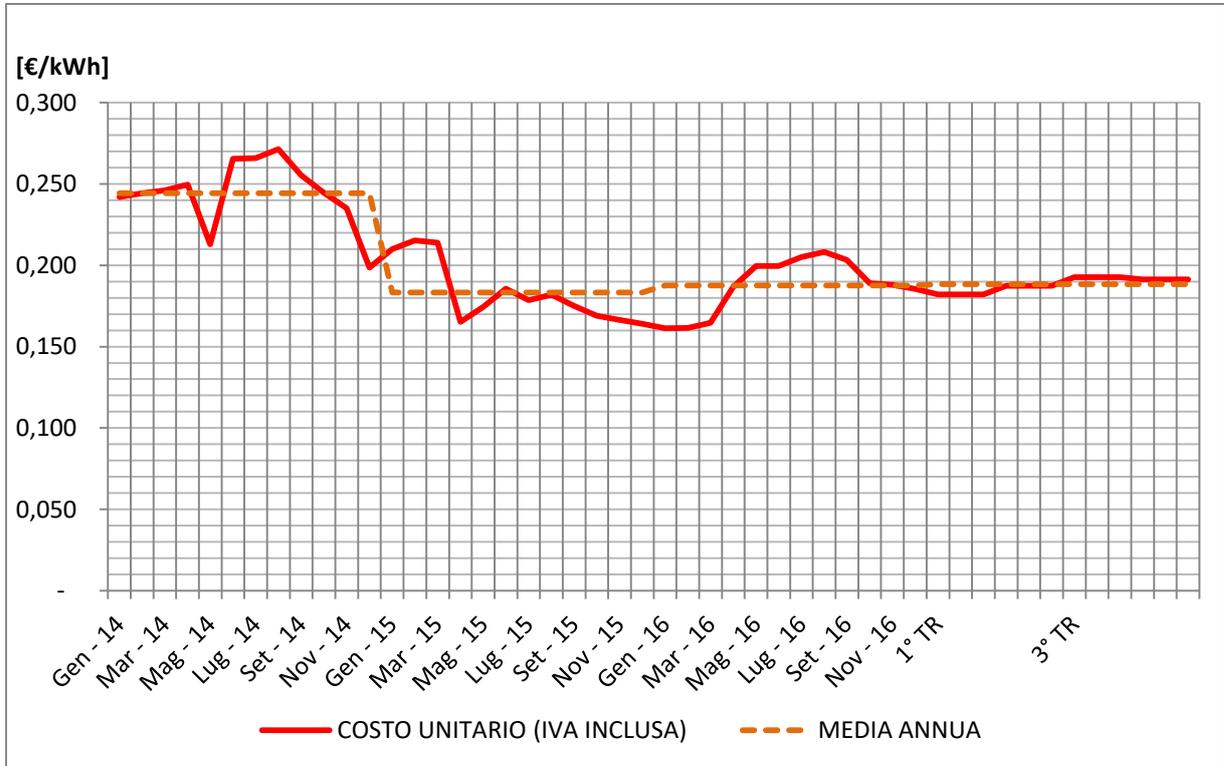
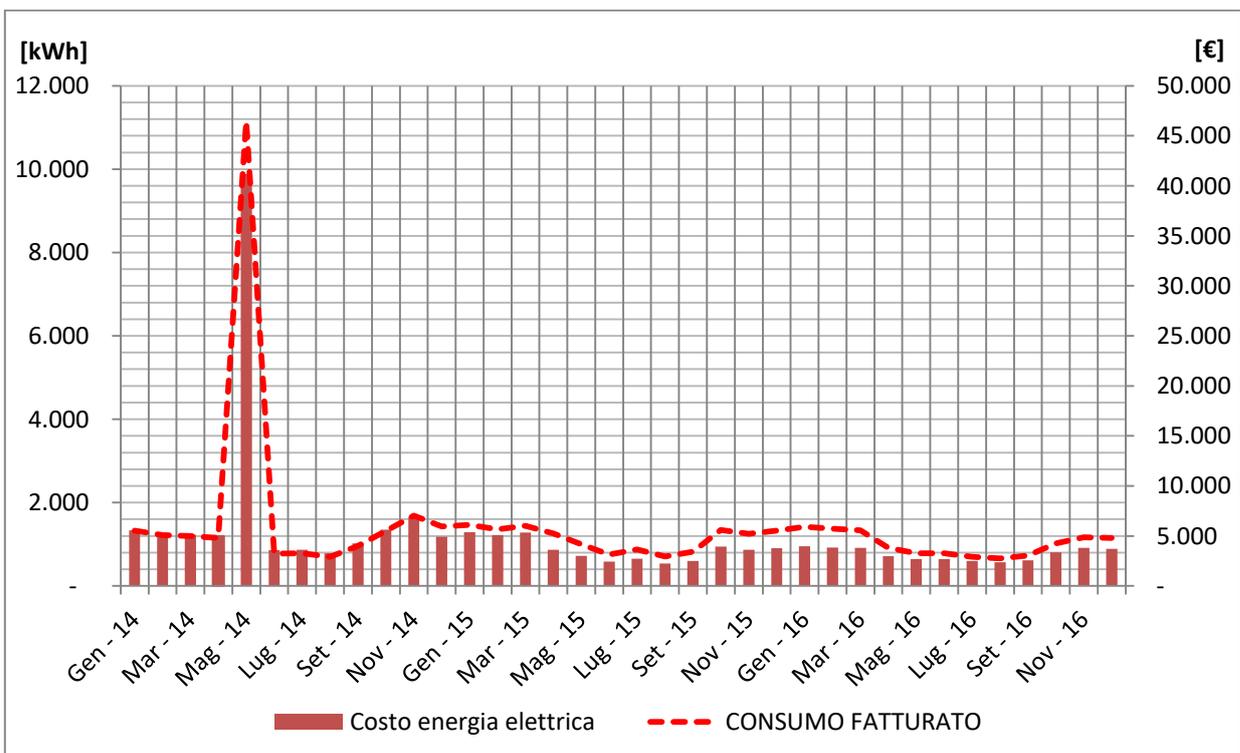


Figura 7.4 – Andamento dei consumi e dei costi dell’energia elettrica



7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI

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

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

Tabella 7.5 – Sintesi dei consumi nel triennio di riferimento

ANNO	VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			TOTALE
	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[€]
2014	n.d.	n.d.	n.d.	98.741	22.610	0,229	n.d.
2015	n.d.	n.d.	n.d.	56.667	10.467	0,185	n.d.
2016	123.741	7.058	0,057	50.142	9.201	0,183	8.130
2017	n.d.	n.d.	0,082	n.d.	n.d.	0,188	n.d.
Media	n.d.	n.d.	0,069	68.517	14.093	0,196	n.d.

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

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo unitario dell'energia termica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	C _{UQ}	0,079 [€/kWh]
Costo unitario dell'energia elettrica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	C _{UE}	0,188 [€/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 - 256: servizio SIE3

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

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

Tali servizi prevedono il pagamento di un canone annuale da parte della PA pari a 4.719,14 €.

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

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

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

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

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

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo per la gestione e manutenzione ordinaria	Corrispettivo annuale relativo al contratto O&M in essere	C_{MO}	4.247 [€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Media relativa a gli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici	C_{MS}	472 [€/anno]

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

7.4 BASELINE DEI COSTI

I costi unitari dei vettori energetici precedentemente individuati, devono essere moltiplicati per i consumi normalizzati di baseline al fine di definire la baseline dei costi energetici, che verrà utilizzata per la definizione dei risparmi economici conseguibili a seguito della realizzazione delle EEM proposte.

La Baseline dei Costi è quindi definita come la somma della componente di costo di riferimento per la fornitura dei vettori energetici pre-intervento e la componente di costo di riferimento per la gestione e manutenzione ordinaria e straordinaria pre-intervento.

Per la componente energetica vale la seguente formula:

$$C_E = Q_{baseline} \times Cu_Q + EE_{baseline} \times Cu_{EE}$$

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

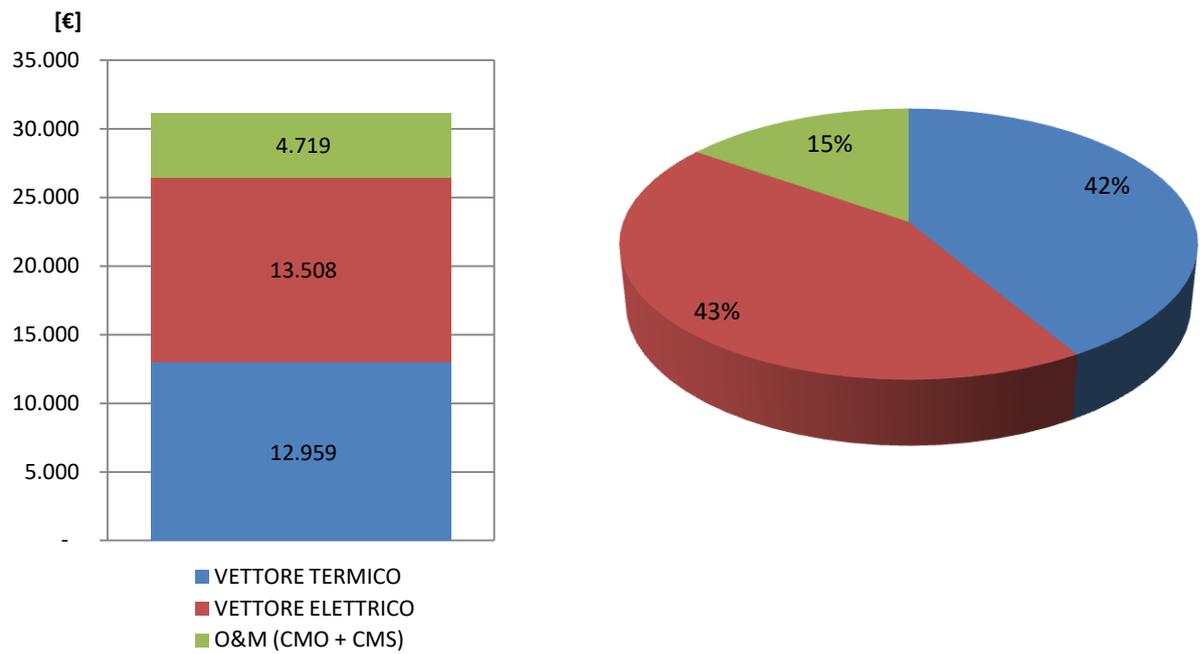
$$C_{baseline} = C_E + C_{MO} + C_{MS}$$

Ne risulta quindi un C_E pari a € 26.467 e un $C_{baseline}$ pari a € 31.186.

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

VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO				O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)		TOTALE
$Q_{baseline}$	Cu_Q	C_Q	$EE_{baseline}$	Cu_{EE}	C_{EE}	C_M	C_{MO}	C_{MS}	$CQ + CEE + CM$
[kWh]	[€/kWh]	[€]	[kWh]	[€/kWh]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
163 854	0,079	12 959	71 714	0,188	13 508	4 719	4 247	472	31 186

Figura 7.5 – Baseline dei costi e loro ripartizione



8 IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA

8.1 DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI

8.1.1 Involucro edilizio

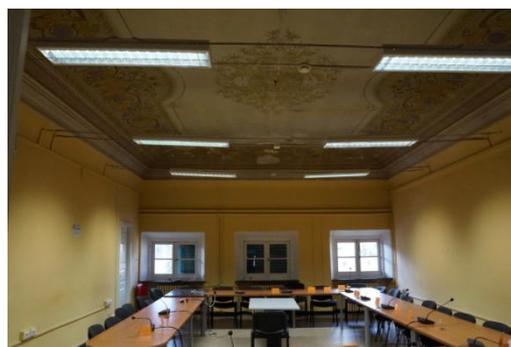
EEM1: Isolamento sottotetto

Generalità

La misura prevede l'applicazione in contro placcaggio di uno strato di lana di vetro in lastre dello spessore di 20 cm applicato su una struttura metallica di supporto ed uno strato di finitura consistente di una lastra di cartongesso fibrorinforzato.

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

Figura 8.1 – Particolare solaio



Caratteristiche funzionali e tecniche

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

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

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

Descrizione dei lavori

La posa deve essere effettuata da personale tecnico specializzato.

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

Prestazioni raggiungibili

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

Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM1 – ISOLAMENTO SOTTOTETTO

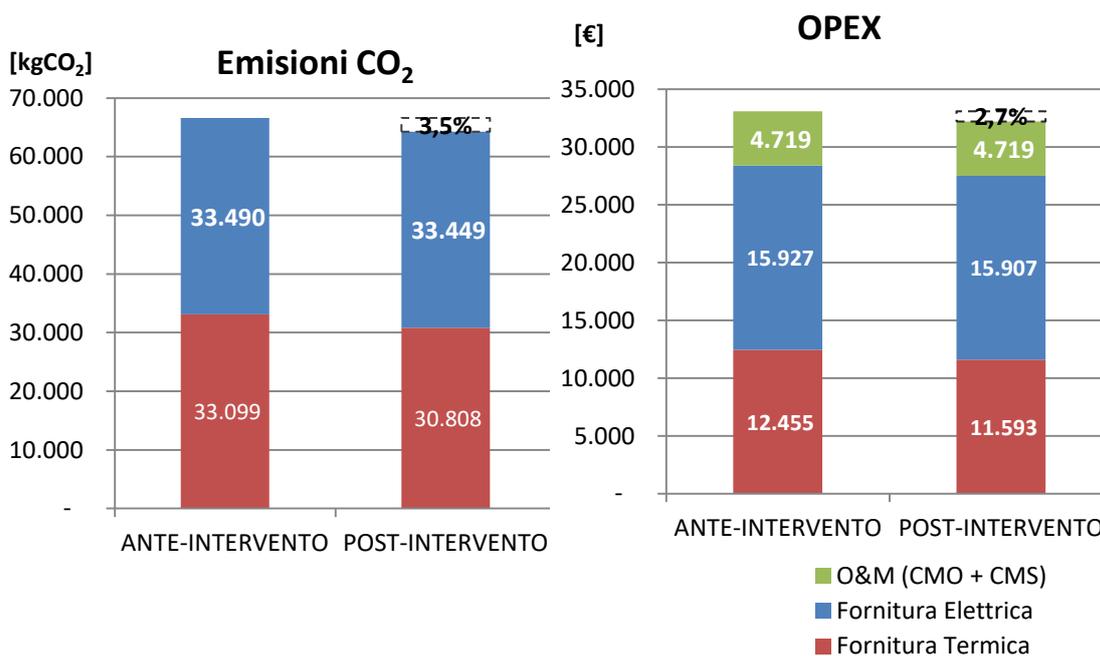
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM1 - Trasmittanza termica	[W/m ² K]	1,454	0,164	88,7%
Q _{teorico}	[kWh]	164 756	153 357	6,9%
EE _{teorico}	[kWh]	71 456	71 367	0,1%
Q _{baseline}	[kWh]	163 854	152 517	6,9%
EE _{Baseline}	[kWh]	71 714	71 625	0,1%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	33 099	30 808	6,9%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	33 490	33 449	0,1%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	66 589	64 257	3,5%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	12 959	12 062	6,9%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	13 508	13 492	0,1%
Fornitura Energia, C_E	[€]	26 467	25 554	3,5%

C _{MO}	[€]	4 247	4 247	0,0%
C _{MS}	[€]	472	472	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	4 719	4 719	0,0%
OPEX	[€]	31 186	30 273	2,9%
Classe energetica	[-]	F	F	-

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,079 [€/kWh] per il vettore termico e 0,188 [€/kWh] per il vettore elettrico.

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

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



8.1.2 Impianto riscaldamento

EEM2: Installazione caldaia modulare a condensazione

Generalità

La misura prevede l'installazione in serie di quattro caldaie modulari a condensazione a servizio dell'impianto di riscaldamento al fine di garantire rendimenti del sistema di generazione maggiori ed in linea con il nuovo quadro normativo.

L'installazione di un gruppo di generazione modulare a gas, e soprattutto funzionanti con il principio della condensazione, consente di ridurre il consumo di combustibile per il riscaldamento grazie al principio della condensazione, associato alla modulazione di tali nuovi generatori.

Figura 8.3 – Particolare generatore di calore esistente



Caratteristiche funzionali e tecniche

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

Tale misura può ridurre il consumo di energia termica in modo significativo (50-70%).

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

Descrizione dei lavori

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

Inoltre saranno eseguiti tutti i lavori accessori per rendere il nuovo impianto del tutto conforme, ed in sicurezza, alla attuale normativa vigente in materia.

L'installazione del nuovo gruppo termico modulare necessita di una valutazione sullo stato di conservazione del condotto fumario esistente nel tratto verticale incassato nella muratura dell'edificio e non attualmente rilevabile. Qualora tale ispezione dovesse avere un esito negativo il condotto di evacuazione dovrà essere sostituito da uno idoneo e conforme.

Prestazioni raggiungibili

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

Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM2 – SOSTITUZIONE DEL GENERATORE DI CALORE

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM2 - Rendimento generatore	[-]	93,5	107	-14,4%
$Q_{teorico}$	[kWh]	164.756	106.860	35,1%
$EE_{teorico}$	[kWh]	71.456	71.018	0,6%
$Q_{baseline}$	[kWh]	163.854	106.275	35,1%
$EE_{baseline}$	[kWh]	71.714	71.274	0,6%

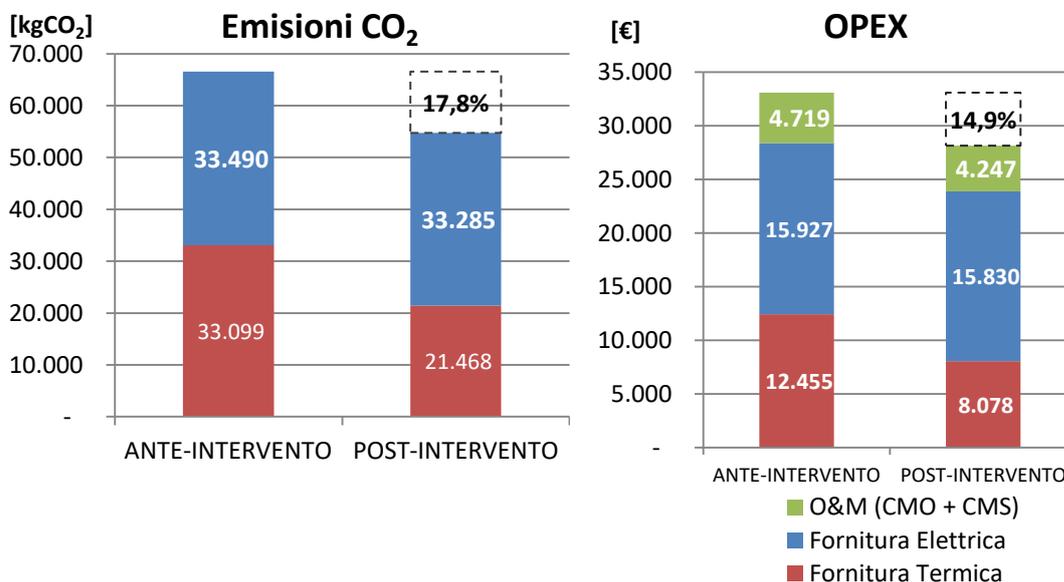
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	33.099	21.468	35,1%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	33.490	33.285	0,6%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	66.589	54.753	17,8%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	12.455	8.078	35,1%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	15.927	15.830	0,6%
Fornitura Energia, C_E	[€]	28.382	23.908	15,8%
C _{MO}	[€]	4.247	3.823	10,0%
C _{MS}	[€]	472	425	10,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	4.719	4.247	10,0%
OPEX	[€]	33.101	28.155	14,9%
Classe energetica	[-]	F	E	+1 classe

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,079 [€/kWh] per il vettore termico e 0,188 [€/kWh] per il vettore elettrico.

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

La riduzione dei costi di manutenzione O&M è dovuta al fatto che la potenza del gruppo termico installato a seguito dell'intervento proposto è inferiore a quella dell'attuale, sulla base del quale è stato stimato il canone di manutenzione secondo quanto appreso dal servizio calore del Comune di Genova. Inoltre, come indicato in una *Guida all'efficienza energetica negli edifici scolastici* (ENEA, M.A.T.T.M, M.I.U.R. e Presidenza del Consiglio dei Ministri), si evidenzia che i costi di O&M non sono inferiori al 20% della somma dei costi di approvvigionamento di combustibile ed energia elettrica.

Figura 8.4 – EEM2 - SOSTITUZIONE DEL GENERATORE DI CALORE : Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



EEM3: Valvole termostatiche

Generalità

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

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

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

Figura 8.5 – Particolare terminali di emissione



Caratteristiche funzionali e tecniche

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

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

tenuta in EPDM. Corpo in ottone. Cromato. Cappuccio bianco RAL 9010 in ABS. Tenuta verso l'esterno costituita da O-Ring in EPDM sull'asta di comando. Campo di temperatura d'esercizio $5 \pm 100^{\circ}\text{C}$. Pressione massima d'esercizio 10 bar.

- Detentore. Attacchi a squadra, per tubo ferro 3/8", 1/2", 3/4" o 1" F. Attacco al radiatore 3/8" o 1/2" M con codolo fornito di guarnizione di tenuta in EPDM, 3/4" e 1" M con codolo senza guarnizione di tenuta. Corpo in ottone. Cromato. Cappuccio bianco RAL 9010 in ABS. Tenuta verso l'esterno costituita da O-Ring in EPDM sull'asta di comando. Campo di temperatura d'esercizio $5 \pm 100^{\circ}\text{C}$. Pressione massima d'esercizio 10 bar

Tutte le valvole termostatiche sono dotate di coperchio antimanomissione e anti vandalismo. Tale misura può ridurre il consumo di energia termica (10-15%).

Descrizione dei lavori

La posa delle valvole deve essere effettuata da personale tecnico specializzato che rilasci una garanzia di conformità di installazione del prodotto rispetto alle specifiche tecniche ed una dichiarazione secondo quanto stabilito dalla normativa vigente in materia (DM 37/08). Inoltre si dovrà provvedere ad un lavaggio dell'intero impianto per evitare che le impurità depositatesi nel corso degli anni vadano a danneggiare le componenti delle nuove valvole.

Prestazioni raggiungibili

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

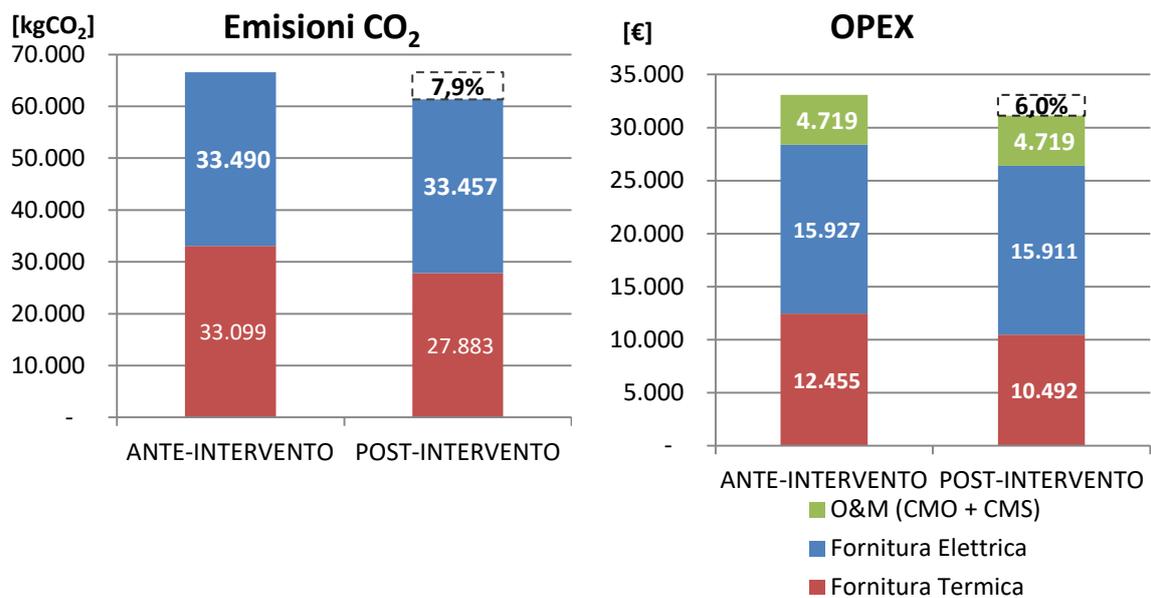
Tabella 8.3 – Risultati analisi EEM3 – Installazione valvole termostatiche

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM3 - Rendimento di regolazione	[-]	78	99	-26,9%
Q_{teorico}	[kWh]	164.756	138.797	15,8%
EE_{teorico}	[kWh]	71.456	71.385	0,1%
Q_{baseline}	[kWh]	163.854	138.036	15,8%
EE_{baseline}	[kWh]	71.714	71.643	0,1%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	33.099	27.883	15,8%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	33.490	33.457	0,1%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	66.589	61.341	7,9%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	12.455	10.492	15,8%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	15.927	15.911	0,1%
Fornitura Energia, C_E	[€]	28.382	26.404	7,0%
C_{MO}	[€]	4.247	4.247	0,0%
C_{MS}	[€]	472	472	0,0%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	4.719	4.719	0,0%
OPEX	[€]	33.101	31.123	6,0%
Classe energetica	[-]	F	F	-

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,079 [€/kWh] per il vettore termico e 0,188 [€/kWh] per il vettore elettrico.

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

Figura 8.6 – EEM3 – INSTALLAZIONE DI VALVOLE TERMOSTATICHE : Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO2 a partire dalla baseline



EEM4: Pompe a portata variabile

Generalità

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

Figura 8.7 – Particolare pompe di circolazione



La portata, la prevalenza ed il diametro di allaccio saranno verificate e confermate dalle condizioni idrostatiche di lavoro dell'attuale rete di distribuzione.

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

Caratteristiche funzionali e tecniche

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

Descrizione dei lavori

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

Prestazioni raggiungibili

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

Tabella 8.4 – Risultati analisi EEM4 – Installazione pompa inverter

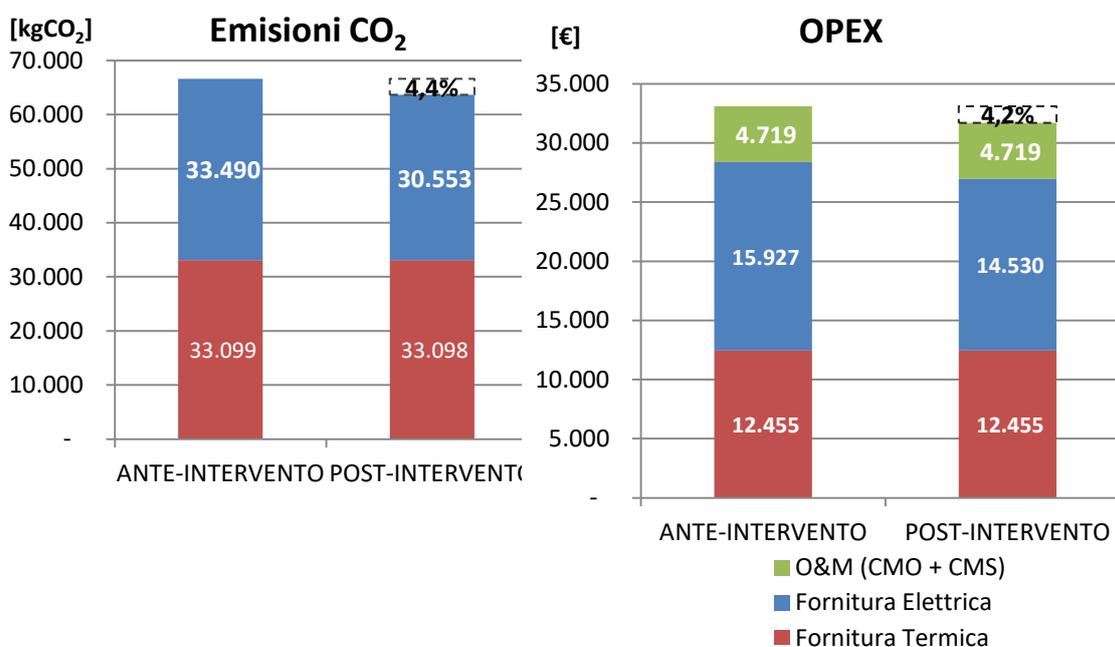
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM4 - Potenza installata	[W/m ² K]	1617	650	59,8%
Q _{teorico}	[kWh]	164.756	164.756	0,0%
EE _{teorico}	[kWh]	71.456	65.189	8,8%
Q _{baseline}	[kWh]	163.854	163.854	0,0%
EE _{baseline}	[kWh]	71.714	65.425	8,8%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	33.099	33.098	0,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	33.490	30.553	8,8%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	66.589	63.652	4,4%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	12.455	12.455	0,0%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	15.927	14.530	8,8%
Fornitura Energia, C_E	[€]	28.382	26.985	4,9%
C _{MO}	[€]	4.247	4.247	0,0%
C _{MS}	[€]	472	472	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	4.719	4.719	0,0%
OPEX	[€]	33.101	31.704	4,2%

Classe energetica	[-]	F	F	-
-------------------	-----	---	---	---

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,079 [€/kWh] per il vettore termico e 0,188 [€/kWh] per il vettore elettrico.

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

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



8.1.3 Impianto produzione acqua calda sanitaria

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

8.1.4 Impianto di illuminazione ed impianto elettrico

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

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

9 VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA

9.1 MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

EEM1: Isolamento sottotetto

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

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

Tabella 9.1 – Analisi dei costi della EEM1 – Isolamento sottotetto

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ²]	[€]	[€]	[€]
Materassino in lana di vetro 20cm	Liguria 2017	300	€/mq	8,334	2.500,20 €	550,04 €	3.050,24 €
Posa materassino isolante	Liguria 2017	300	€/mq	4,221	1.266,30 €	278,59 €	1.544,89 €
Sicurezza					113,00 €	24,86 €	137,85 €
Progettazione					263,66 €	58,00 €	321,66 €
TOTALE (I₀)					4.143,15 €	911,49 €	5.054,64 €
Incentivi	[Conto termico]						2.022 €
Durata incentivi							5
Incentivo annuo							404 €

EEM2: Generatore di calore a condensazione

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

Tabella 9.1 9.2 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 2, che consiste nell'installazione di un gruppo termico costituito da quattro generatori a condensazione in serie.

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

Tabella 9.2 – Analisi dei costi della EEM2 – GENERATORE A CONDENSAZIONE

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ²]	[€]	[€]	[€]
Rimozione vecchio generatore	CCIAA RE	1	cad	3660,525	3.660,53 €	805,32 €	4.465,84 €
Posa in opera di caldaia a condensazione	Liguria 2017	2	cad	299,196	598,39 €	131,65 €	730,04 €
Caldaia a condensazione da 150 kW	Liguria 2017	2	cad	7172,55	14.345,10 €	3.155,92 €	17.501,02 €
Costi per la sicurezza					558,12 €	122,79 €	680,91 €
Costi per la progettazione					1.302,28 €	286,50 €	1.588,78 €
TOTALE (I₀)					20.464,42 €	4.502,17 €	24.966,59 €
Incentivi	[Conto termico]						9.987 €
Durata incentivi							5
Incentivo annuo							1.997 €

EEM3: Installazione di valvole termostatiche

Nella Tabella 9.3 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 3, che consiste nell'installazione di valvole termostatiche su tutti i corpi scaldanti dell'edificio.

Tabella 9.3 – Analisi dei costi della EEM3 – VALVOLE TERMOSTATICHE

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ²]	[€]	[€]	[€]
Valvole termostatiche	Liguria 2017	76	cad	37,233	2.829,71 €	622,54 €	3.452,24 €
Costi per la sicurezza					84,89 €	18,68 €	103,57 €
Costi per la progettazione					198,08 €	43,58 €	241,66 €
TOTALE (I₀)					3.112,68 €	684,79 €	3.797,47 €

EEM4: Installazione di circolatore gemellare con inverter

Nella Tabella 9.4 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 4, che consiste nell'installazione di un circolatore elettronico gemellare a giri variabili.

Tabella 9.4 – Analisi dei costi della EEM4 – POMPA INVERTER

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ²]	[€]	[€]	[€]
Posa in opera di nuovo circolatore	Liguria 2017	1	cad	45,054	45,05 €	9,91 €	54,97 €
Fornitura di circolatore inverter DN40 gemellare	Liguria 2017	1	cad	2182,13	2.182,13 €	480,07 €	2.662,20 €
Costi per la sicurezza					66,82 €	14,70 €	81,51 €
Costi per la progettazione					155,90 €	34,30 €	190,20 €
TOTALE (I₀)					2.449,90 €	538,98 €	2.988,88 €

9.2 ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

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

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

Gli indicatori economici d'investimento utilizzati sono:

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

Essi sono così definiti:

- 1) Tempo di ritorno semplice (TRS):

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

Dove:

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

2) Tempo di ritorno attualizzato (TRA):

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

Dove:

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

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

Dove:

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

3) Valore Attuale Netto (VAN) del progetto:

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

Dove:

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

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

5) Indice di Profitto (IP):

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

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

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

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

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

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

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

EEM1: Isolamento sottotetto

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– Isolamento sottotetto

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€ 5.055
Oneri Finanziari % I_0	OF	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	3 anni
Vita utile	n	30 anni
Incentivo annuo	B	€/anno 404
Durata incentivo	n_B	5 anni
Tasso di attualizzazione	i	3,5%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO	VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	5,7
Tempo di rientro attualizzato	TRA	6,8
Valore attuale netto	VAN	9.923
Tasso interno di rendimento	TIR	17,1%
Indice di profitto	IP	1,96

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

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

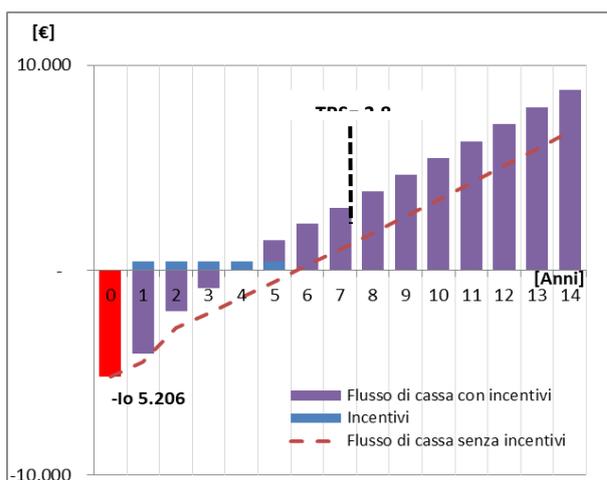
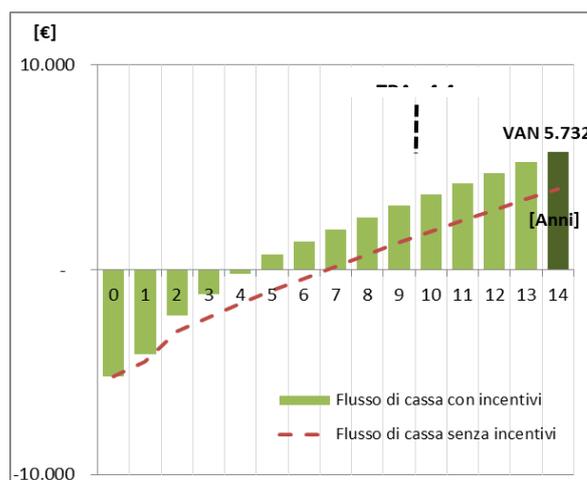


Figura 9.2 – EEM1: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



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

EEM2: Generatore a condensazione

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– GENERATORE A CONDENSAZIONE

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€ 24.967
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 1.997
Durata incentivo	n_B	anni 5
Tasso di attualizzazione	i	[%] 3,5%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO	VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	5,2 / 3,5
Tempo di rientro attualizzato	TRA	5,9 / 3,9
Valore attuale netto	VAN	24.780 / 33.672
Tasso interno di rendimento	TIR	17,1% / 23,5%
Indice di profitto	IP	0,99 / 1,35

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

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

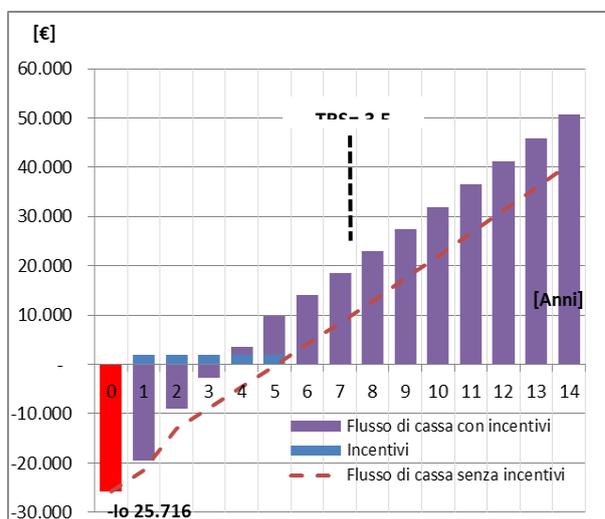
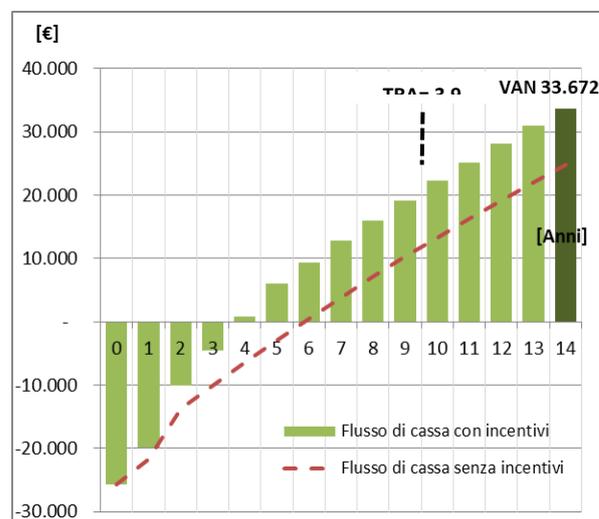


Figura 9.4 – EEM2: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



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

EEM3: VALVOLE TERMOSTATICHE

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

Tabella 9.7 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM3– VALVOLE TERMOSTATICHE

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€ 3.797
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 304
Durata incentivo	n_B	anni 5
Tasso di attualizzazione	i	[%] 3,5%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO	VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	2,0 -
Tempo di rientro attualizzato	TRA	2,2 -
Valore attuale netto	VAN	15.337 -
Tasso interno di rendimento	TIR	46,6% -
Indice di profitto	IP	4,04 -

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

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

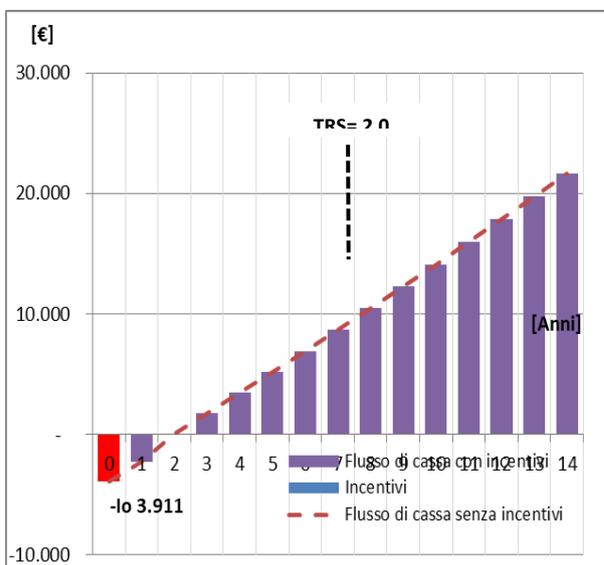
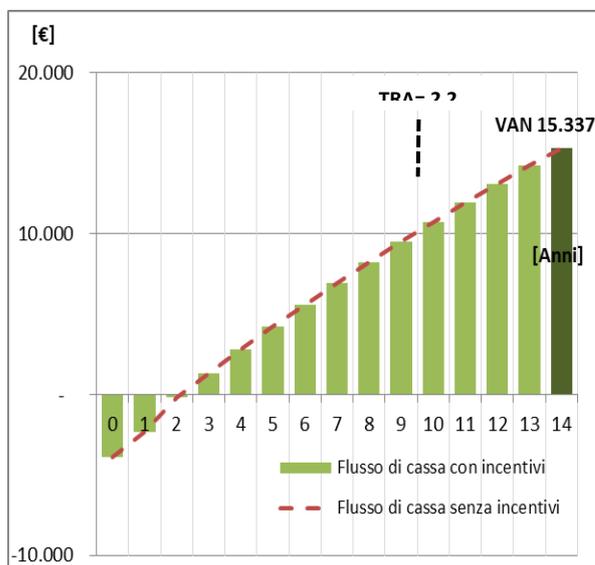


Figura 9.6 – EEM3: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



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

EEM4: POMPA INVERTER

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 – POMPA INVERTER

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€ 2.989
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%] 3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%] 22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni 3
Vita utile	n	anni 15
Incentivo annuo	B	€/anno -
Durata incentivo	n_B	anni 5
Tasso di attualizzazione	i	[%] 3,5%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO	VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	2,3 -
Tempo di rientro attualizzato	TRA	2,5 -
Valore attuale netto	VAN	10.564 -
Tasso interno di rendimento	TIR	42,1% -
Indice di profitto	IP	3,53 -

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

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

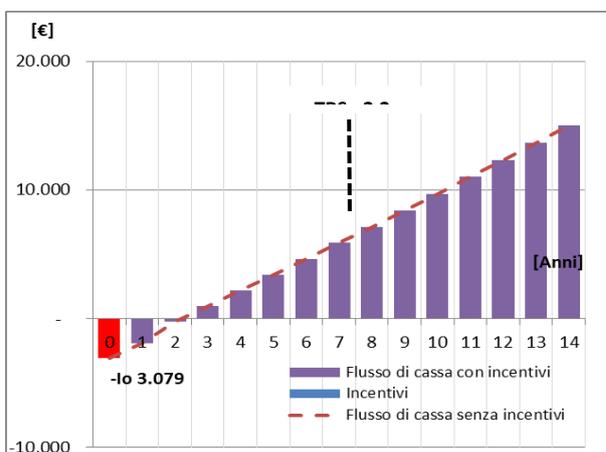
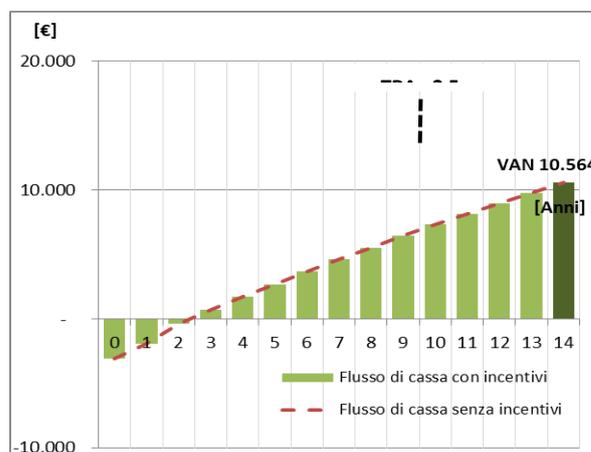


Figura 9.8 – EEM4: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



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

Sintesi

La sintesi della valutazione economico – finanziaria delle EEM proposte è riportata nelle Tabella 9.10 Tabella 9. e Tabella 9.11.

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

	SENZA INCENTIVI											
	% Δ_E [%]	% Δ_{CO_2} [%]	ΔC_E [€/anno]	ΔC_{MO} [€/anno]	ΔC_{MS} [€/anno]	I_0 [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]
EEM 1	7	3,5	881,50	-	-	5.055	5,7	6,8	30	9.923	17,1	1,96
EEM 2	35,8	17,8	4.474,3	424,7	47,2	24.967	5,2	5,9	15	24.780	17,1	0,99
EEM 3	15,9	7,9	1.978,2	-	-	3.797	2	2,2	15	15.337	46,6	4,04
EEM 4	8,8	4,4	1.396,8	-	-	2.989	2,3	2,5	15	10.564	42,1	3,53

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

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

Dall'analisi dei risultati emerge che tutti gli interventi proposti sono economicamente convenienti ed in particolare che l'indice di profitto maggiore è presentato dall'installazione delle valvole termostatiche.

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

	CON INCENTIVI											
	% Δ_E [%]	% Δ_{CO_2} [%]	ΔC_E [€/anno]	ΔC_{MO} [€/anno]	ΔC_{MS} [€/anno]	I_0 [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]
EEM 1	7	3,5	881,50	-	-	5.055	3,8	4,4	30	11.723	22,3	2,32
EEM 2	35,8	17,8	4.474,3	424,7	47,2	24.967	3,5	3,9	15	33.672	23,5	1,35
EEM 3	15,9	7,9	1.978,2	-	-	3.797	2	2,2	15	15.337	46,6	4,04
EEM 4	8,8	4,4	1.396,8	-	-	2.989	2,3	2,5	15	10.564	42,1	3,53

Dall'analisi dei risultati emerge che tutti gli interventi proposti sono economicamente convenienti e che gli unici interventi che presentano una differenza rilevante dovuta alla presenza dell'incentivo sono l'EEM1 e l'EEM2.

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

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

La scelta degli scenari ottimale è quindi stata effettuata a partire dai risultati riportati nella tabella di cui sopra, tramite la comparazione di VAN ed IP dei diversi casi delle singole EEM, valutati per ciascun

scenario considerando una vita utile in termini di TRS accettabile e la sostenibilità finanziaria degli investimenti in termini di DSCR e LLCR.

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

- Scenario ottimale 1, (SCN1), per il quale è verificato un tempo di ritorno semplice, TRS ≤ 15 anni;
- Scenario ottimale 2, (SCN2), per il quale è verificato un tempo di ritorno semplice, TRS ≤ 25 anni.

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

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

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

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

Dove:

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

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

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

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

Essi sono così definiti:

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

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

Dove:

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

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

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

Dove:

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

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

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

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

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

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

- **Scenario 1: IMPIANTO TERMICO:** Tale scenario consiste nella realizzazione degli interventi EEM2 Installazione di generatore di calore a condensazione, EEM3 Installazione di valvole termostatiche ai terminali di emissione e EEM4 Installazione di circolatori a giri variabili.
- **Scenario 2: INVOLUCRO E IMPIANTO:** lo scenario consiste nella realizzazione degli interventi EEM1 Isolamento della soletta sottotetto, interventi EEM2 Installazione di generatore di calore a condensazione e EEM3 Installazione di valvole termostatiche ai terminali di emissione.

9.3.1 Scenario 1: IMPIANTO TERMICO

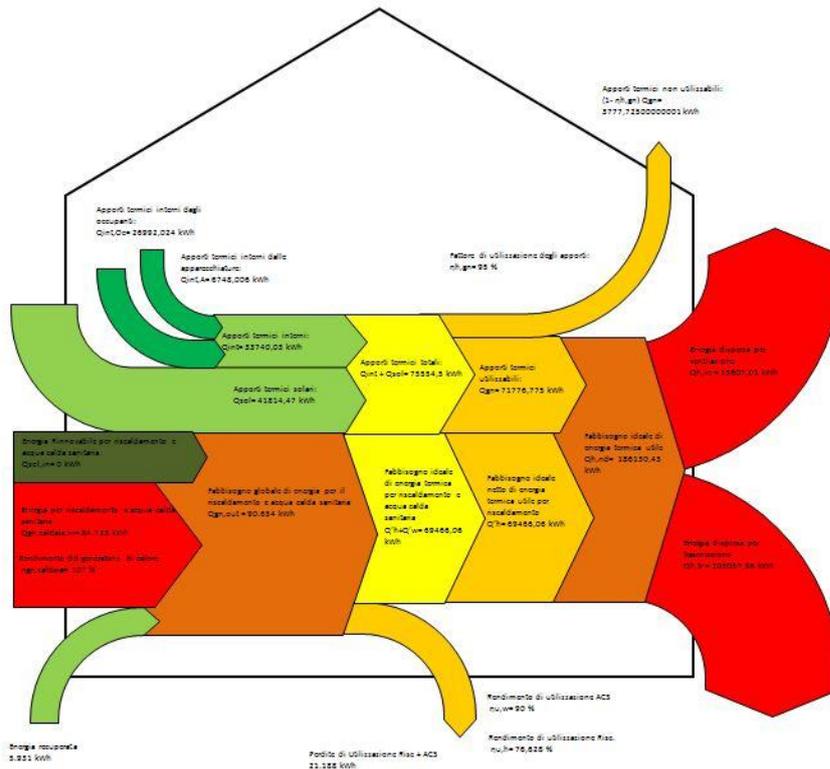
La realizzazione dello scenario 1 consiste nella combinazione delle EEM di seguito elencate:

Tabella 9.12 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 1

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA Al 22% [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
EEM2 Fornitura & Posa	18.604,02 €	4.092,88 €	22.696,90 €
EEM3 Fornitura & Posa	2.829,71 €	622,54 €	3.452,24 €
EEM4 Fornitura & Posa	2.227,18 €	489,98 €	2.717,16 €
Costi per la sicurezza	709,83 €	156,16 €	865,99 €
Costi per la progettazione	1.656,26 €	364,38 €	2.020,64 €
TOTALE (I₀)	26.027,00 €	5.725,94 €	31.752,94 €
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO} (IVA INCLUSA) [€]	C _{MS} (IVA INCLUSA) [€]	C _M (IVA INCLUSA) [€]
EEM2 O&M	3.822,50 €	424,72 €	4.247,23 €
EEM3 O&M	4.247,23 €	471,91 €	4.719,14 €
EEM4 O&M	4.247,23 €	471,91 €	4.719,14 €
TOTALE (C_M)	3.822,50 €	424,72 €	4.247,23 €
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]	
Incentivi	Conto termico	12.701,18 €	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		2.540,24 €	

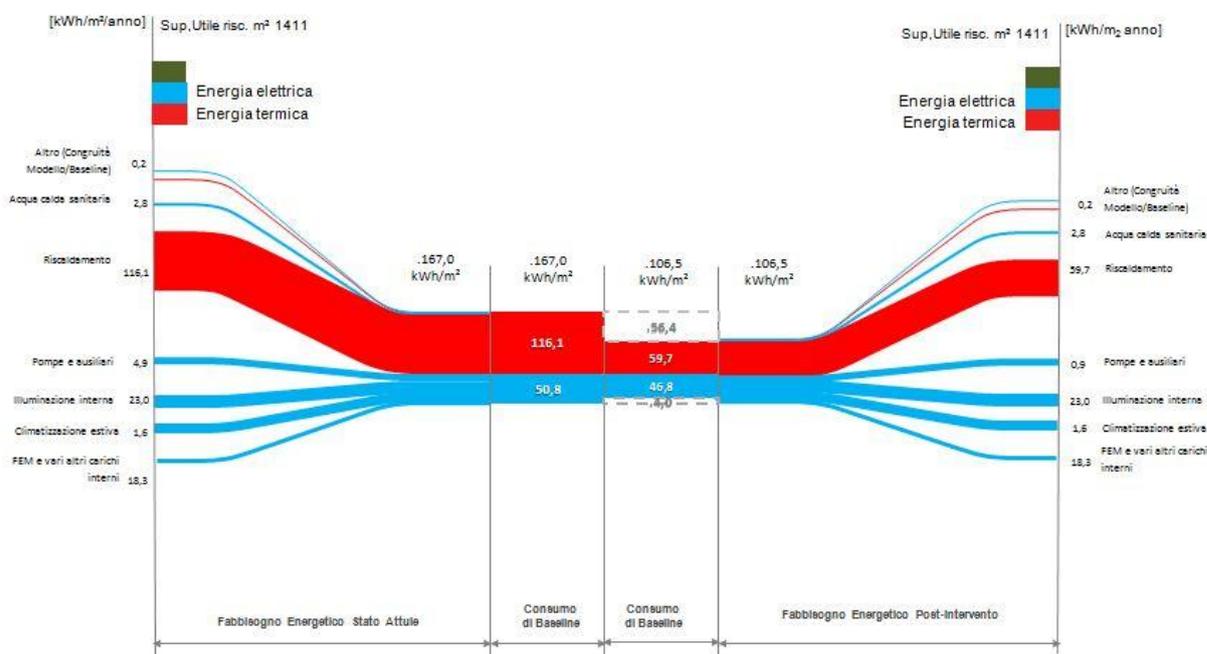
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di Sankey relativo alle situazioni post-intervento.

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



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

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



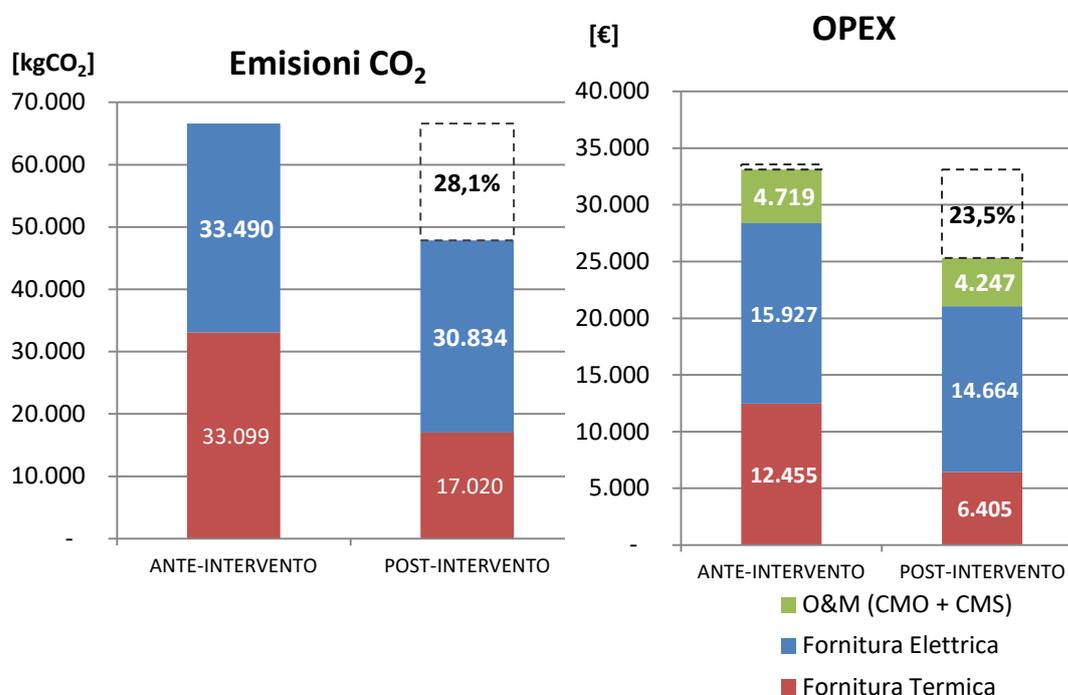
I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella Tabella 9.13 e nella Figura 9.11.

Tabella 9.13 – Risultati analisi SCN1 – IMPIANTO TERMICO

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM2 Rendimento di generazione	-	93,5	107	-14,4%
EEM3 Rendimento di emissione	-	78	99	-26,9%
EEM4 Potenza pompa	[W]	1617	650	59,8%
$Q_{teorico}$	[kWh]	164.756	84.723	48,6%
$EE_{teorico}$	[kWh]	71.456	65.787	7,9%
$Q_{baseline}$	[kWh]	163.854	84.259	48,6%
$EE_{baseline}$	[kWh]	71.714	66.025	7,9%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	33.099	17.020	48,6%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	33.490	30.834	7,9%
Emiss. CO2 Totale	[kgCO₂]	66.589	47.854	28,1%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	12.455	6.405	48,6%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	15.927	14.664	7,9%
Fornitura Energia, C_E	[€]	28.382	21.068	25,8%
Costo Manutenzione Ordinaria, C_{MO}	[€]	4.247	3.823	10,0%
Costo Manutenzione Straordinaria, C_{MS}	[€]	472	425	10,0%
Costo per O&M ($C_M = C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	4.719	4.247	10,0%
OPEX	[€]	33.101	25.315	23,5%

Classe energetica [-] G E +2 classi

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,079 [€/kWh] per il vettore termico e 0,188 [€/kWh] per il vettore elettrico.

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


E' stato quindi possibile presentare un modello semplificato di Piano Economico Finanziario (PEF) indicativo, i cui calcoli di dettaglio sono riportati all'Allegato L – Piano Economico Finanziario scenari. I risultati dell'analisi sono riportati nella Tabella 9.14, Tabella 9.15 e Tabella 9.16 e nelle successive figure.

Tabella 9.14 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN1– IMPIANTO TERMICO

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	n_i	1
Anni Gestione Servizio	n_s	14
Anni Concessione	n	15
Anno inizio Concessione	n_0	2020
Anni dell'ammortamento	n_A	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	k_{CdP}	2,00%
Costo Capitale Azienda	WACC	4,00%
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CdP})$	$k_{progetto}$	4,00%
Inflazione ISTAT	f	0,50%
deriva dell'inflazione	f'	0,70%
%, interessi debito	k_D	3,82%
%, interessi equity	k_E	9,00%
Aliquota IRES	IRES	24,0%
Aliquota IRAP	IRAP	3,9%
Aliquota fiscale	τ	27,90%
Anni debito (finanziamento)	n_D	7

Anni Equity	n_E		14
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_0	€	31.753
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of		3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€	953
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€	32.706
%CAPEX a Debito	D		80,0%
%CAPEX a Equity	E		20,00%
Debito	I_D	€	26.164
Equity	I_E	€	6.541
Fattore di annualità Debito	FA_D		6,13
Rata annua debito	q_D	€	4.265
Costo finanziamento,(D+INT _D)	$q_D * n_D$	€	29.857
Costi per interessi debito, INT _D	$INT_D = q_D * n_D - D$	€	3.693

Tabella 9.15 – Parametri Economici dell’analisi di redditività dello SCN1

PARAMETRI ECONOMICI			
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€	23.264
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€	3.868
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{baseline}$	€	27.132
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€	-
Riduzione% costi fornitura Energia	% ΔC_E		25,8%
Riduzione% costi O&M	% ΔC_M		10,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	% $C_{baseline}$		5,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€	4.613
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€	1.357
Risparmio PA durante la concessione	14%	€	67.406
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€	7.645
N° di Canoni annuali	anni		14
Utile lordo della ESCO	%CAPEX		84,45%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	€	1.973
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€	264
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€	1.020
Canone O&M €/anno	CnM	€	3.615
Canone Energia €/anno	CnE	€	18.904
Canone Servizi €/anno IVA escl.	CnS	€	22.519
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	CnD	€	3.257
Canone Totale €/anno IVA escl.	Cn	€	25.776
Aliquota IVA %	IVA		22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€	5.726
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€	12.701
Durata Incentivi, anni	n_B		5
Inizio erogazione Incentivi, anno			2022

Tabella 9.16 – Risultati dell’analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN1

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, $Spb = I_0 / FC$, Anni	T.R.S.	5,23
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	5,79

Valore Attuale Netto, VAN = VA - lo	VAN > 0	€ 19.706
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC	16,19%
Indice di Profitto	IP	62,06%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = lo / FC, Anni	T.R.S.	2,10
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	2,33
Valore Attuale Netto, VAN = VA - lo	VAN > 0	€ 14.256
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke	59,40%
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3	1,398
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1	2,157
Indice di Profitto Azionista	IP	44,90%

Figura 9.12 –SCN1: Flussi di cassa del progetto

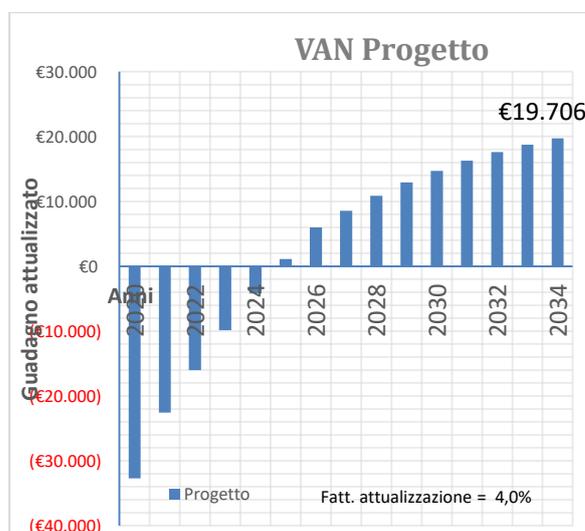
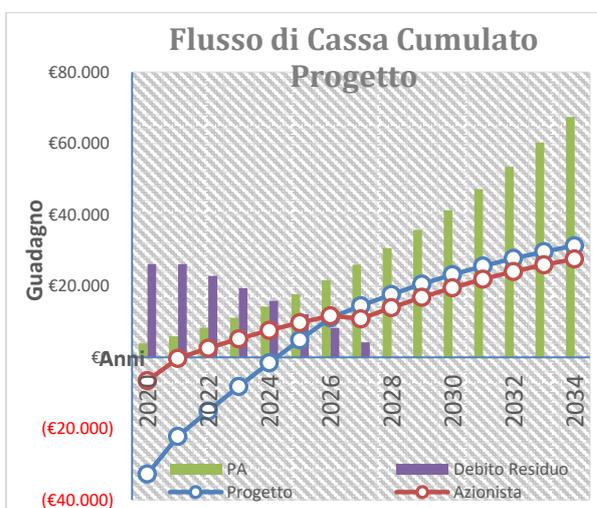
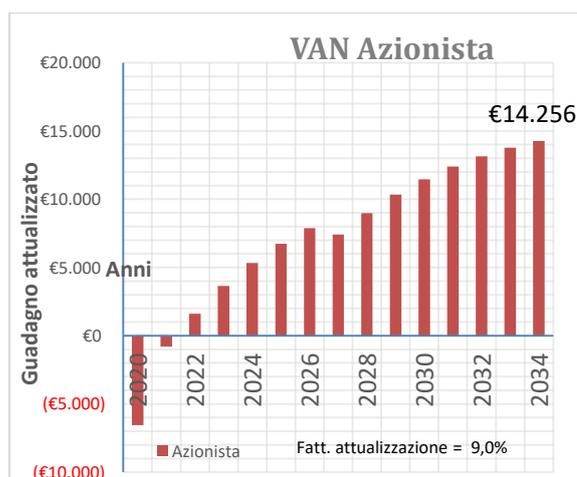
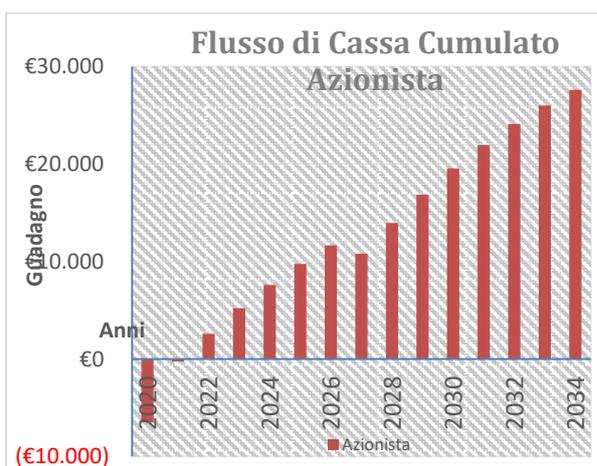
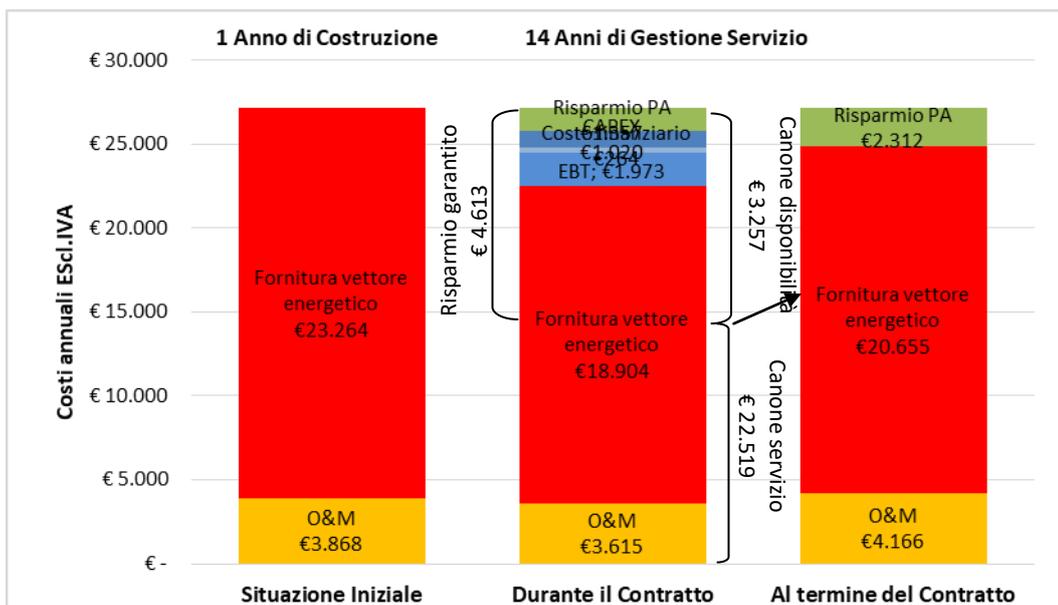


Figura 9.13 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



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

Figura 9.14 – Scenario 1: Schema di Energy Performance Contract



9.3.2 Scenario 2: INVOLUCRO E IMPIANTO TERMICO

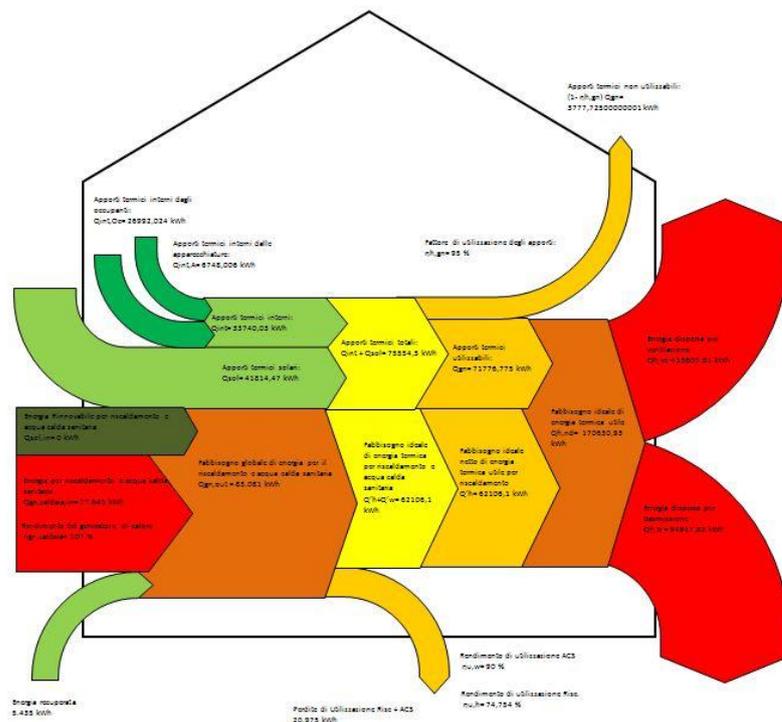
La realizzazione dello scenario 1 consiste nella combinazione delle EEM di seguito elencate:

Tabella 9.17 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 2

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA Al 22% [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
EEM1 Fornitura & Posa	3.766,50 €	828,63 €	4.595,13 €
EEM2 Fornitura & Posa	18.604,02 €	4.092,88 €	22.696,90 €
EEM3 Fornitura & Posa	2.829,71 €	622,54 €	3.452,24 €
Costi per la sicurezza	756,01 €	166,32 €	922,33 €
Costi per la progettazione	1.764,02 €	388,08 €	2.152,10 €
TOTALE (I₀)	27.720,25 €	6.098,45 €	33.818,70 €
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO} (IVA INCLUSA) [€]	C _{MS} (IVA INCLUSA) [€]	C _M (IVA INCLUSA) [€]
EEM1 O&M	4.247,23 €	471,91 €	4.719,14 €
EEM2 O&M	3.822,50 €	424,72 €	4.247,23 €
EEM3 O&M	4.247,23 €	471,91 €	4.719,14 €
TOTALE (C_M)	3.822,50 €	424,72 €	4.247,23 €
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]	
Incentivi	Conto termico	16.909,35 €	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		3.381,87 €	

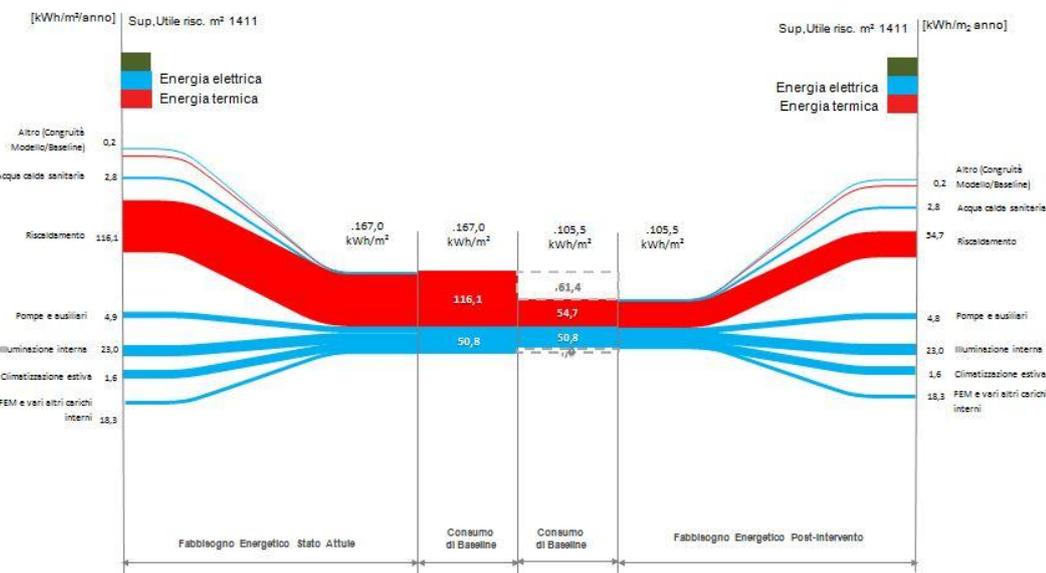
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di Sankey relativo alle situazioni post-intervento.

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



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

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

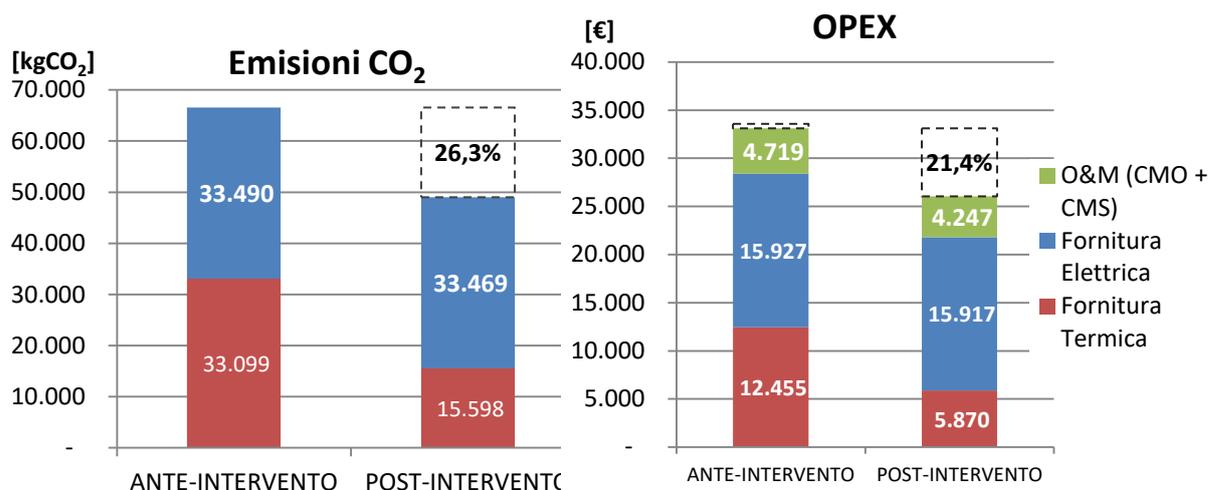


I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella Tabella 9.18 e nella Figura 9.17.

Tabella 9.18 – Risultati analisi SCN2 – INVOLUCRO E IMPIANTO TERMICO

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM1 Trasmittanza	[W/m ² K]	1,454	0,164	88,7%
EEM2 Rendimento di generazione	-	93,5	107	-14,4%
EEM3 Rendimento di emissione	-	78	99	-26,9%
Q _{teorico}	[kWh]	164.756	77.645	52,9%
EE _{teorico}	[kWh]	71.456	71.409	0,1%
Q _{baseline}	[kWh]	163.854	77.220	52,9%
EE _{baseline}	[kWh]	71.714	71.667	0,1%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	33.099	15.598	52,9%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	33.490	33.469	0,1%
Emiss. CO2 Totale	[kgCO₂]	66.589	49.067	26,3%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	12.455	5.870	52,9%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	15.927	15.917	0,1%
Fornitura Energia, C_E	[€]	28.382	21.786	23,2%
Costo Manutenzione Ordinaria, C _{MO}	[€]	4.247	3.823	10,0%
Costo Manutenzione Straordinaria, C _{MS}	[€]	472	425	10,0%
Costo per O&M (C _M = C _{MO} + C _{MS})	[€]	4.719	4.247	10,0%
OPEX	[€]	33.101	26.034	21,4%
Classe energetica	[-]	G	E	+2 classi

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,079 [€/kWh] per il vettore termico e 0,188 [€/kWh] per il vettore elettrico.

Figura 9.17 – SCN2: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline

E' stato quindi possibile presentare un modello semplificato di Piano Economico Finanziario (PEF) indicativo, i cui calcoli di dettaglio sono riportati all'Allegato L – Piano Economico Finanziario scenari. I risultati dell'analisi sono riportati nella Tabella 9.19, Tabella 9.20 e Tabella 9.21 e nelle successive figure.

Tabella 9.19 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN2– INVOLUCRO E IMPIANTO TERMICO

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	n_i	1
Anni Gestione Servizio	n_s	24
Anni Concessione	n	25
Anno inizio Concessione	n_o	2020
Anni dell'ammortamento	n_A	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	k_{CdP}	2,00%
Costo Capitale Azienda	WACC	4,00%
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CdP})$	$k_{progetto}$	4,00%
Inflazione ISTAT	f	0,50%
deriva dell'inflazione	f'	0,70%
%, interessi debito	k_D	3,82%
%, interessi equity	k_E	9,00%
Aliquota IRES	IRES	24,0%
Aliquota IRAP	IRAP	3,9%
Aliquota fiscale	τ	27,90%
Anni debito (finanziamento)	n_D	9
Anni Equity	n_E	24
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_o	€ 33.819
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 1.015
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 34.833
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€ 27.867
Equity	I_E	€ 6.967
Fattore di annualità Debito	FA_D	7,61
Rata annua debito	q_D	€ 3.663
Costo finanziamento,(D+INT _D)	$q_D * n_D$	€ 32.971

Costi per interessi debito, INT_D	$INT_D = q_D * n_D - D$	€	5.104
-------------------------------------	-------------------------	---	-------

Tabella 9.20 – Parametri Economici dell’analisi di redditività dello SCN2

PARAMETRI ECONOMICI			
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€	23.264
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€	3.868
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€	27.132
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€	-
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$		23,2%
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$		10,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$		7,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€	2.605
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€	1.899
Risparmio PA durante la concessione	14%	€	179.083
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€	7.800
N° di Canoni annuali	anni		24
Utile lordo della ESCO	%CAPEX		0,01%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	€	0
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€	213
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€	493
Canone O&M €/anno	CnM	€	3.707
Canone Energia €/anno	CnE	€	20.820
Canone Servizi €/anno IVA escl.	CnS	€	24.527
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	CnD	€	706
Canone Totale €/anno IVA escl.	Cn	€	25.233
Aliquota IVA %	IVA		22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€	6.098
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€	16.909
Durata Incentivi, anni	n_B		5
Inizio erogazione Incentivi, anno			2022

Tabella 9.21 – Risultati dell’analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN2

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, $Spb = Io / FC$, Anni	T.R.S.		5,89
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		6,64
Valore Attuale Netto, $VAN = VA - Io$	VAN > 0	€	3.778
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC		8,55%
Indice di Profitto	IP		11,17%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, $Spb = Io / FC$, Anni	T.R.S.		2,28
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		2,52
Valore Attuale Netto, $VAN = VA - Io$	VAN > 0	€	5.506
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke		52,59%
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3		1,312
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1		0,625
Indice di Profitto Azionista	IP		16,28%

Figura 9.18 –SCN2: Flussi di cassa del progetto

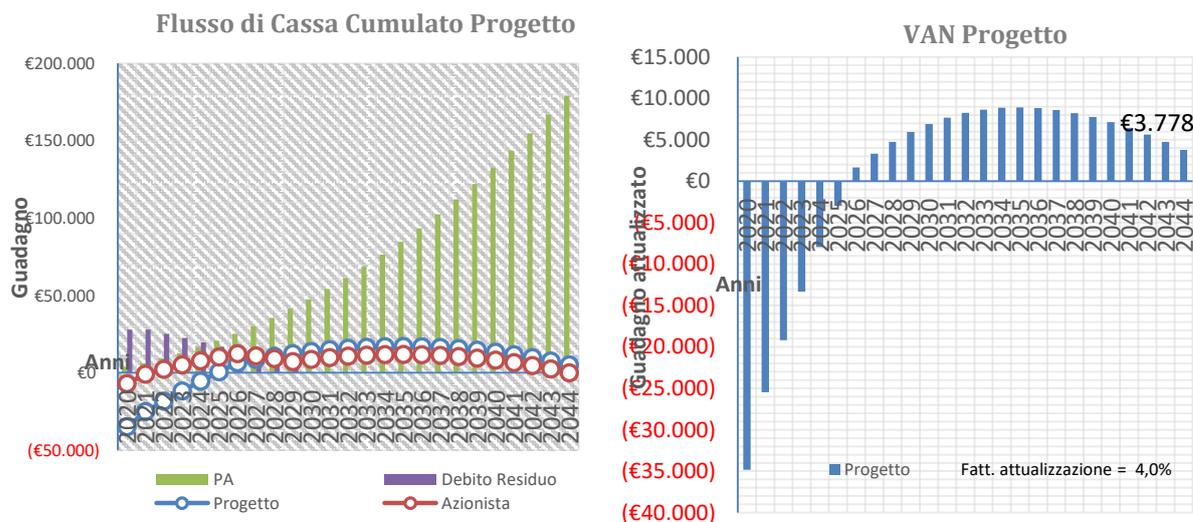
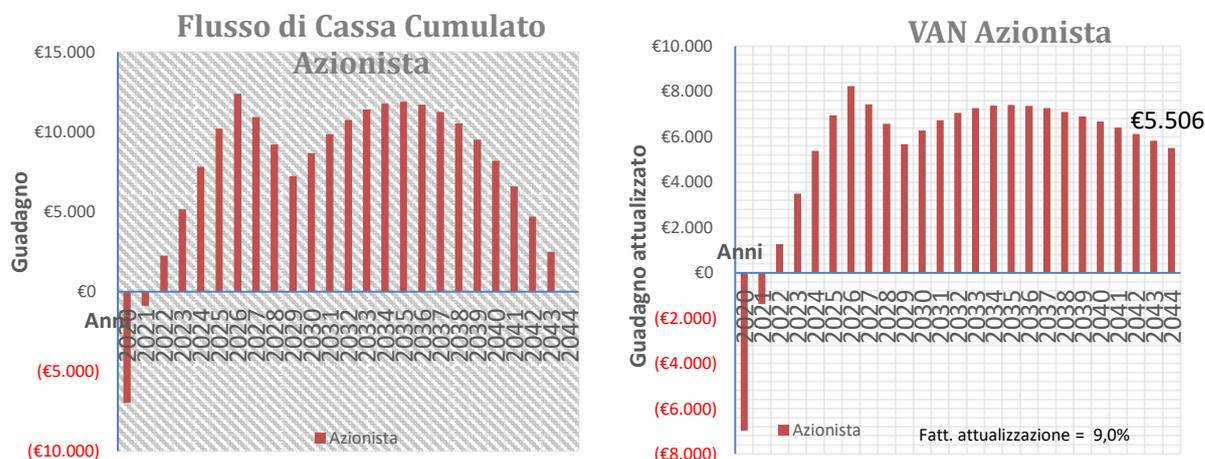
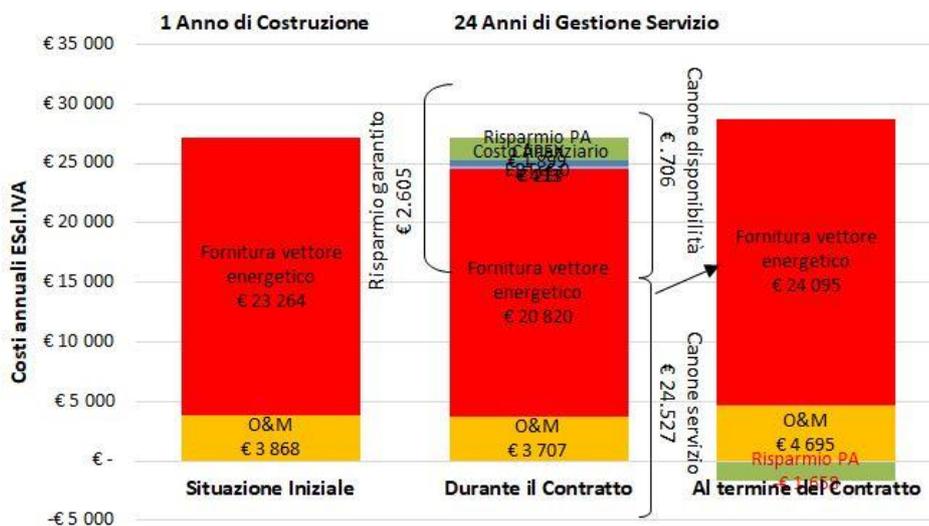


Figura 9.19 – SCN2: Flussi di cassa dell'azionista



Infine si è provveduto all’identificazione del possibile canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale con incentivi attraverso la partecipazione di ESCO secondo lo schema di EPC descritto in Figura 9.4.

Figura 9.20 – Scenario 2: Schema di Energy Performance Contract



10 CONCLUSIONI

10.1 RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA

Si veda l'allegato report di benchmark.

10.2 RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI

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

- **Scenario 1: IMPIANTO TERMICO:** Tale scenario consiste nella realizzazione degli interventi EEM2 Installazione di generatore di calore a condensazione, EEM3 Installazione di valvole termostatiche ai terminali di emissione e EEM4 Installazione di circolatori a giri variabili.
- **Scenario 2: INVOLUCRO E IMPIANTO:** le scenario consiste nella realizzazione degli interventi EEM1 Isolamento della solaio sottotetto, interventi EEM2 Installazione di generatore di calore a condensazione e EEM3 Installazione di valvole termostatiche ai terminali di emissione.

Risultati analisi SCN1 – IMPIANTO TERMICO

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM2 Rendimento di generazione	-	93,5	107	-14,4%
EEM3 Rendimento di emissione	-	78	99	-26,9%
EEM4 Potenza pompa	[W]	1617	650	59,8%
$Q_{teorico}$	[kWh]	164.756	84.723	48,6%
$EE_{teorico}$	[kWh]	71.456	65.787	7,9%
$Q_{baseline}$	[kWh]	163.854	84.259	48,6%
$EE_{baseline}$	[kWh]	71.714	66.025	7,9%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	33.099	17.020	48,6%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	33.490	30.834	7,9%
Emiss. CO2 Totale	[kgCO₂]	66.589	47.854	28,1%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	12.455	6.405	48,6%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	15.927	14.664	7,9%
Fornitura Energia, C_E	[€]	28.382	21.068	25,8%
Costo Manutenzione Ordinaria, C_{MO}	[€]	4.247	3.823	10,0%
Costo Manutenzione Straordinaria, C_{MS}	[€]	472	425	10,0%
Costo per O&M ($C_M = C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	4.719	4.247	10,0%
OPEX	[€]	33.101	25.315	23,5%
Classe energetica	[-]	G	E	+2 classi

Risultati analisi SCN2 – INVOLUCRO E IMPIANTO TERMICO

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM1 Trasmittanza	[W/m ² K]	1,454	0,164	88,7%
EEM2 Rendimento di generazione	-	93,5	107	-14,4%
EEM3 Rendimento di emissione	-	78	99	-26,9%
Q _{teorico}	[kWh]	164.756	77.645	52,9%
EE _{teorico}	[kWh]	71.456	71.409	0,1%
Q _{baseline}	[kWh]	163.854	77.220	52,9%
EE _{Baseline}	[kWh]	71.714	71.667	0,1%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	33.099	15.598	52,9%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	33.490	33.469	0,1%
Emiss. CO2 Totale	[kgCO₂]	66.589	49.067	26,3%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	12.455	5.870	52,9%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	15.927	15.917	0,1%
Fornitura Energia, C_E	[€]	28.382	21.786	23,2%
Costo Manutenzione Ordinaria, C _{MO}	[€]	4.247	3.823	10,0%
Costo Manutenzione Straordinaria, C _{MS}	[€]	472	425	10,0%
Costo per O&M (C _M = C _{MO} + C _{MS})	[€]	4.719	4.247	10,0%
OPEX	[€]	33.101	26.034	21,4%
Classe energetica	[-]	G	E	+2 classi

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

	CON INCENTIVI													
	%Δ _E	%Δ _{CO2}	ΔC _E	ΔC _{MO}	ΔC _{MS}	I ₀	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP	DSCR	LLCR
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]		
SCN 1	56,5	28,1	7.313,50	424,7	47,2	31.753	2,1	2,33	15	14.256	59,4	44,9	1,398	2,157
SCN 2	52,9	26,3	6.595,50	424,7	47,2	33.819	2,28	2,52	30	5.506	52,59	16,28	1,312	0,625

10.3 CONCLUSIONI E COMMENTI

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

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

Lo scenario più favorevole in termini economico-finanziari ma anche sul piano realizzativo, in relazione al fatto che si tratta di un edificio vincolato è lo scenario 1 che prevede l'efficientamento dell'impianto termico mediante la sostituzione del generatore, l'installazione di valvole termostatiche ai terminali di emissione e l'installazione di circolatori a giri variabili.

Per quanto concerne il risparmio di CO2 equivalente si stima **una riduzione complessiva di 18.734 kg CO2**.

In termini di energia primaria, nello scenario migliore dal punto di vista energetico sarebbe possibile risparmiare 97.753 kWh.

ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA

Titolo	Data	Nome file
Documentazione fornita dalla committenza	27/07/18	DE_Lotto .n5- E1165_rev D-ALLEGATO A_Documentazione fornita dalla committenza

ALLEGATO B – ELABORATI GRAFICI

Titolo	Data	Nome file
Elaborati grafici	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1165_rev D-ALLEGATO B_ Elaborati grafici DE_Lotto. n5 – E1165_rev D-ALLEGATO B_ Elaborati grafici diagramma a blocchi impianto elettrico DE_Lotto. n5 – E1165_rev D- ALLEGATO B_ Elaborati grafici posizione impianti e contatori DE_Lotto. n5 – E1165_rev D_ ALLEGATO B_ Elaborati grafici schema CT DE_Lotto. n5-E1165_rev D_ ALLEGATO B_ Analisi fatture energia elettrica.xls DE_Lotto. n5-E1165_rev D_ ALLEGATO B_ Analisi fatture energia termica.xls DE_Lotto n.5-E1165_rev D-ALLEGATO B_Grafici_template.xls Kyotobaseline-E1165_rev10.xls

ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

Titolo	Data	Nome file
Report di indagine termografica	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1165_rev D-ALLEGATO C_ Report termografico

ALLEGATO D – REPORT ENDOSCOPICO

Titolo	Data	Nome file
Report di indagine endoscopica	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1165_rev D-ALLEGATO D_ Report endoscopico

ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI

Titolo	Data	Nome file
Relazione di dettaglio dei calcoli	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1165_rev D-ALLEGATO E_ Relazione dettaglio calcoli

ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

Titolo	Data	Nome file
Certificato CTI	14/03/18	DE_Lotto. n5 – E1165_rev A-ALLEGATO F_ Certificato-CTI-termus-40

ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

Titolo	Data	Nome file
APE stato di fatto	15/05/18	DE_Lotto. n5 – E1165_rev B-ALLEGATO G_ APE stato di fatto
APE stato di fatto (con firma digitale)	15/05/18	DE_Lotto. n5 – E1165_rev B-ALLEGATO G_ APE stato di fatto.P7M
Ricevuta invio APE	15/05/18	DE_Lotto. n5 – E1165_rev B-ALLEGATO G_ RICEVUTA_invio APE
APE stato di fatto (XML)	15/05/18	DE_Lotto. n5 – E1165_rev B-ALLEGATO G_ APE stato di fatto.XML
APE stato di fatto (XML) con firma digitale	15/05/18	DE_Lotto. n5 – E1165_rev B-ALLEGATO G_ APE stato di fatto.XML.P7M

ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

Titolo	Data	Nome file
APE scenario 1	19/04/18	DE_Lotto. n5 – E1165_rev D-ALLEGATO H_ APE scenario 1
APE scenario 2	19/04/18	DE_Lotto. n5 – E1165_rev D-ALLEGATO H_ APE scenario 2

ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

Titolo	Data	Nome file
Dati climatici	19/04/18	DE_Lotto. n5 – E1165_rev D-ALLEGATO I_ Dati climatici

ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

Titolo	Data	Nome file
Schede di audit	19/04/18	DE_Lotto. n5 – E1165_rev D-ALLEGATO J_ schede di audit

ALLEGATO K – SCHEDE ORE

Titolo	Data	Nome file
Schede ORE	19/04/18	DE_Lotto. n5 – E1165_rev D-ALLEGATO K_ schede ORE

ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI

Titolo	Data	Nome file
PEF scenari di intervento	19/04/18	DE_Lotto. n5 – E1165_rev D-ALLEGATO L_ PEF

ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

Titolo	Data	Nome file
Report di Benchmark	19/04/18	DE_Lotto. n5 – E1165_rev D-ALLEGATO M_ Report di Benchmark

ALLEGATO N – CD-ROM