

Elementare Materna "Burlando" Media "Bertani Ruffini"
E 758
Via Antonio Burlando 48

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA
FONDO KYOTO - SCUOLA 3



04/2018

COMUNE DI GENOVA
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER



COMUNE DI GENOVA



**Elementare Materna BURLANDO Media
BERTANI- RUFFINI
E758
Via Antonio Burlando 48**

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA

FONDO KYOTO - SCUOLA 3
03/2018

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

eFM SpA
Via Laurentina, 455 - 00142 Roma
Tel 06 5400064 – efm@efmnet.com

REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI

Revisione	Data	Realizzazione	Revisione	Approvazione	Descrizione
00	19/03/2018	Carlotta Mordini	Luca Grossi Luca Bonanno	Stefano Mazzetti	Prima Pubblicazione
01	02/08/2018	Carlotta Mordini	Luca Grossi Luca Bonanno	Stefano Mazzetti	Revisione

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

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

INDICE

PAGINA

EXECUTIVE SUMMARY	I
1 INTRODUZIONE	1
1.1 PREMessa	1
1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA	1
1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO	2
1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO	2
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO.....	3
1.6 STRUTTURA DEL REPORT	6
2 DATI DELL'EDIFICIO.....	7
2.1 INFORMAZIONI SUL SITO	7
2.2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE, SOCIO-ECONOMICO E DESTINAZIONE D'USO.....	7
2.3 VERIFICA DEI VINCOLI INTERFERENTI SULLE PARTI DELL'IMMOBILE INTERESSATE DAGLI 'INTERVENTI	8
2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO	10
3 DATI CLIMATICI	12
3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO	12
3.2 DATI CLIMATICI REALI.....	13
3.3 ANALISI DELL'ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO	14
4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI	15
4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO	15
4.1.1 <i>Involucro opaco</i>	15
4.1.2 <i>Involucro trasparente</i>	16
4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/ CLIMATIZZAZIONE INVERNALE.....	18
4.2.1 <i>Sottosistema di emissione</i>	18
4.2.2 <i>Sottosistema di regolazione</i>	19
4.2.3 <i>Sottosistema di distribuzione</i>	19
4.2.4 <i>Sottosistema di generazione</i>	20
4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA	21
4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO/CLIMATIZZAZIONE ESTIVA.....	21
4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA.....	21
4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE	22
4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE.....	22
4.8 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DI IMPIANTI DI PRODUZIONE ENERGIA ELETTRICA O COGENERAZIONE.....	23
5 CONSUMI RILEVATI	24
5.1 CONSUMI ENERGETICI STORICI PER CIASCUN VETTORE E CONNESSIONE ALLE RETI GAS NATURALE ED ELETTRICA.....	24
5.1.1 <i>Energia termica</i>	24
5.1.2 <i>Energia elettrica</i>	26
5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI	29
6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO.....	33
6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO	33
6.1.1 <i>Validazione del modello termico</i>	34
6.1.2 <i>Validazione del modello elettrico</i>	35
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI.....	35
6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI.....	37
7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO.....	39
7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI	39
7.1.1 <i>Vettore termico</i>	39
7.1.2 <i>Vettore elettrico</i>	42
7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI.....	46



7.3	COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI	47
7.4	BASELINE DEI COSTI	47
8	IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA.....	49
8.1.1	<i>Involucro</i>	49
EEM1:	COIBENTAZIONE A CAPPOTTO DELL'INVOLUCRO EDILIZIO	49
EEM2:	COMPARTIMENTAZIONE TERMICA – INSTALLAZIONE DI CONTROSOFFITTI.....	51
8.1.2	<i>Impianto riscaldamento</i>	52
EEM3:	SOSTITUZIONE DEL GENERATORE DI CALORE CON ALTRO AD ALTA EFFICIENZA.....	52
EEM4	INSTALLAZIONE DI VALVOLE TERMOSTATICHE E POMPE INVERTER	54
8.1.3	<i>Impianto di illuminazione ed impianto elettrico</i>	56
EEM5:	INSTALLAZIONE DI IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE LED	56
9	VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA	58
9.1	ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	58
EEM1:	COIBENTAZIONE A CAPPOTTO DELL'INVOLUCRO EDILIZIO	58
EEM2:	COMPARTIMENTAZIONE TERMICA – INSTALLAZIONE DI CONTROSOFFITTI.....	59
EEM3:	SOSTITUZIONE DEL GENERATORE DI CALORE CON ALTRO AD ALTA EFFICIENZA.....	59
EEM4:	INSTALLAZIONE DI VALVOLE TERMOSTATICHE E POMPE INVERTER	61
EEM5:	INSTALLAZIONE DI IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE A LED.....	62
9.2	ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	63
EEM1:	COIBENTAZIONE A CAPPOTTO DELL'INVOLUCRO EDILIZIO	64
EEM2:	COMPARTIMENTAZIONE TERMICA – INSTALLAZIONE DI CONTROSOFFITTI.....	65
EEM3:	SOSTITUZIONE DEL GENERATORE DI CALORE CON ALTRO AD ALTA EFFICIENZA.....	66
EEM4:	INSTALLAZIONE VALVOLE TERMOSTATICHE E POMPE INVERTER	67
EEM5:	INSTALLAZIONE DI IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE LED	68
SINTESI.....		69
9.3	IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D'INTERVENTO E SCENARI D'INVESTIMENTO	70
9.3.1	<i>Scenario 1: Generatore di calore + Valvole + LED</i>	72
9.3.2	<i>Scenario 2: Cappotto + Generatore di calore + Valvole + Led :</i>	77
10	CONCLUSIONI.....	84
10.1	RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA	84
10.2	RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI	84
ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA.....		1
ALLEGATO B – ELABORATI.....		1
ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA		1
ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI		1
ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI		1
ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE		1
ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA		1
ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI.....		2
ALLEGATO I – DATI CLIMATICI.....		2



ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT	2
ALLEGATO K – SCHEDE ORE.....	2
ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI	2
ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK.....	2
ALLEGATO N – CD-ROM	2

EXECUTIVE SUMMARY

Caratteristiche dell'edificio oggetto della DE

Tabella 0.1 - Tabella riepilogativa dei dati dell'edificio

PARAMENTO	U.M.	VALORE
Anno di costruzione edificio		1921
Anno di ristrutturazione		nd
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E.7 ATTIVITÀ SCOLASTICA
Superficie utile riscaldata	[m ²]	2.881
Superficie disperdente (S)	[m ²]	4.817
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	15.332
Rapporto S/V	[1/m]	0,314
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	3.109
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	434
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	3.543
Tipologia generatore riscaldamento		GENERATORE A COMBUSTIONE IN ACCIAIO A BASAMENTO
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	400
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	0
Tipo di combustibile		METANO
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler Elettrici
Emissioni CO2 di riferimento (*)	[t/anno]	56,8
Consumo di riferimento Gas Metano (*)	[kWh _{th} /anno]	207.755
Spesa annuale Gas Metano (*)	[€/anno]	16.748
Consumo di riferimento energia elettrica (*)	[kWh _{el} /anno]	31.856
Spesa annuale energia elettrica (*)	[€/anno]	6.650

(*): Valori di Baseline

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

- EEM 1: Coibentazione a cappotto dell'involucro
- EEM 2: Compartimentazione termica: installazione controsoffitti
- EEM 3: Sostituzione Generatore di Calore
- EEM 4: Installazione di Valvole Termostatiche e pompe inverter
- EEM 5: Installazione Impianto di Illuminazione a LED

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	DCSR	LLCR
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[%]		
EEM 1	38,3%	39,5%	8.955,30€	876,30€	127,60€	320.428,00€	16,5	20,8	30	55.243 €	3,9%	0,17	n/a	n/a
EEM 2	14,8%	15,3%	3.474,10€	723,90€	70,90€	177.620,00€	24,8	33,3	30	- 11.939,00€	1,10%	-0,10	n/a	n/a

E758 Elementare Materna Burlando - Media Bertani - Ruffini

EEM 3	11,2%	11,6%	2.631,90	1.158,30€	107,40€	28.831,00€	7,4	8,3	15	16.812,00€	9,7%	0,58	n/a	n/a
EEM 4	22,7%	23,4%	5.319,20€	944,90€	131,70€	7.772,00€	1,3	1,4	15	62.001,00€	71,4%	7,98	n/a	n/a
EEM 5	6,2%	5,7%	1.458,90€	762,00 €	253,20€	28.725,00€	11,9	12,7	8	-11.002,00 €	-10,1%	-0,38	n/a	n/a
SCN1	38,2%	38,7%	8.829,00€	1.028,80€	56,70€	65.328€	2,39	2,77	15	13.846,00 €	41,65%	21,19	1,308	1,397
SCN2	62,5%	36,7%	14.626,00€	1.257,00€	64,80€	385.756,00€	18,94	36,00	25	-13.157€	5,44%	-3,41	0,968	1,067

Figura 0.1 – Scenario 1: analisi finanziaria



Figura 0.2 – Scenario 2: analisi finanziaria



L'audit energetico ha messo in evidenza una ridotta efficienza energetica dell'immobile legata soprattutto ad un basso livello di isolamento da parte dell'involucro (sia opaco sia trasparente).

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

Gli interventi proposti considerati fattibili hanno riguardato:

1. L'isolamento a cappotto dell'involucro;
2. la compartimentazione termica dell'edificio mediante realizzazione di controsoffitti;
3. la sostituzione del generatore di calore per il riscaldamento;
4. l'installazione di valvole termostatiche in associazione all'installazione di pompe a inverter con regolazione della portata;
5. l'installazione di un sistema di illuminazione a tecnologia LED.

La fattibilità tecnico-economica ha messo in evidenza che gli interventi singolarmente più interessanti sono la coibentazione dell'involucro, la sostituzione del generatore e l'installazione di valvole termostatiche.



Alcuni interventi dovranno essere valutati in maniera coordinata con gli altri. Ad esempio la sostituzione degli infissi andrebbe affiancata sempre alla l'installazione di valvole termostatiche, per accedere all'incentivo del Conto Termico.

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

Dalle analisi effettuate risulta che degli investimenti previsti nei due scenari solo uno risulta remunerativo.

Si fa notare che i costi utilizzati, ricavati da listini ufficiali, prevedono solo una riduzione del 10%, per eliminare la quota di profitto dai prezzi unitari, ma non rispecchiano gli sconti reali ipotizzabili in sede di realizzazione.

1 INTRODUZIONE

1.1 PREMESSA

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

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

Figura 1.1 - Vista della facciata esposta a Est



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

1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA

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

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

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

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

Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	400
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	0
Tipo di combustibile		METANO
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler Elettrici
Emissioni CO ₂ di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	56,8
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{th} /anno]	207.755
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	16.748
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	31.856
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	6.650

Nota (1): Valori di Baseline

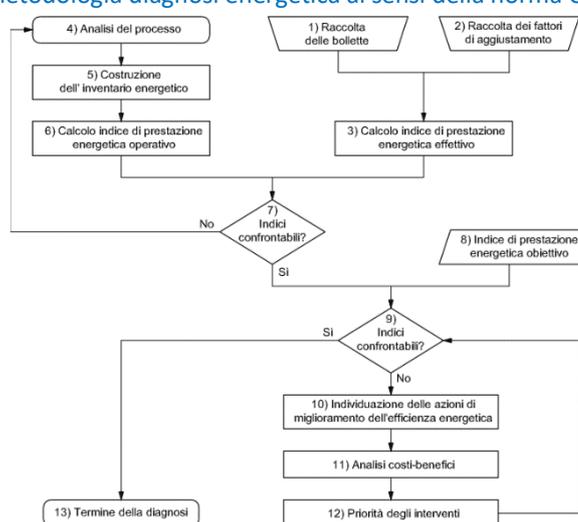
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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

- a) Acquisizione della documentazione utile, fornita dalla PA, come riportato all' Allegato B – Elaborati;**Error! Reference source not found.**
- b) Analisi del quadro normativo di riferimento, incluso la verifica dei vincoli ambientali, storici, archeologici e paesaggistici interferenti sull'immobile interessato dall'intervento;
- c) Visita agli edifici, effettuata in data 20/11/2017 con verifica degli elaborati forniti e rilievo dei dati relativi alle caratteristiche degli elementi disperdenti ed impiantistici costituenti il sistema edificio-impianto;
- d) Visita alla centrale termica e/o frigorifera, con il supporto del personale incaricato della conduzione e manutenzione degli impianti e rilevamento dei dati utili;
- e) Preparazione e compilazione delle schede di Audit previste per la diagnosi di livello II di cui all'appendice A delle LGEE - Linee Guida per l'Efficienza Energetica negli Edifici - sett. 2013 - elaborato da AiCARR per Agesi, Assistal, Assopetroli e Assoenergia, e riportate all'Allegato J – Schede di audit;
- f) Elaborazione del comportamento termico ed elettrico dell'edificio, realizzata utilizzando il software commerciale NAMIRIAL TERMO Versione 4.2 in possesso di certificato di conformità rilasciato dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI) N.66 del 15/03/2017 ai sensi del D.lgs. 192/05 e s.m.i. e riportato all'Allegato F – Certificato CTI Software;
- g) Analisi dei profili annuali di consumi e costi dei servizi energetici reali dell'edificio, comprensivi della fornitura dei vettori energetici sia elettrici che di gas e degli oneri di O&M, relativamente alle annualità 2014-2015-2016;
- h) Analisi dei dati climatici reali del sito ove è ubicato l'edificio con conseguente calcolo dei Gradi Giorno reali (GG_{real}), utilizzando le temperature esterne rilevate dalla stazione meteo di e riportati all'Allegato I – Dati climatici;
- i) Individuazione della "baseline termica" di riferimento (e relative emissioni di CO₂) tramite opportuna ripartizione del consumo di combustibile tra le varie utenze a servizio dell'edificio e destagionalizzazione dello stesso, utilizzando i relativi GG reali (GG_{real}), e conseguente normalizzazione secondo i GG di riferimento (GG_{rif});
- j) Individuazione della "baseline elettrica" di riferimento (e relative emissioni di CO₂) calcolata sulla media aritmetica dei valori relativi ai consumi elettrici reali per tre le annualità 2014, 2015, 2016;
- k) Validazione del modello elaborato mediante il confronto con le baseline energetiche, al fine di ottenere uno scostamento inferiore al 5%;
- l) Analisi delle possibili EEM necessarie per la riqualificazione energetica del sistema edificio-impianto analizzando gli aspetti tecnici, energetici, ed ambientali.
- m) Simulazione del comportamento energetico dell'edificio a seguito dell'attuazione delle varie EEM proposte singolarmente, ed individuazione della nuova classe energetica raggiungibile;

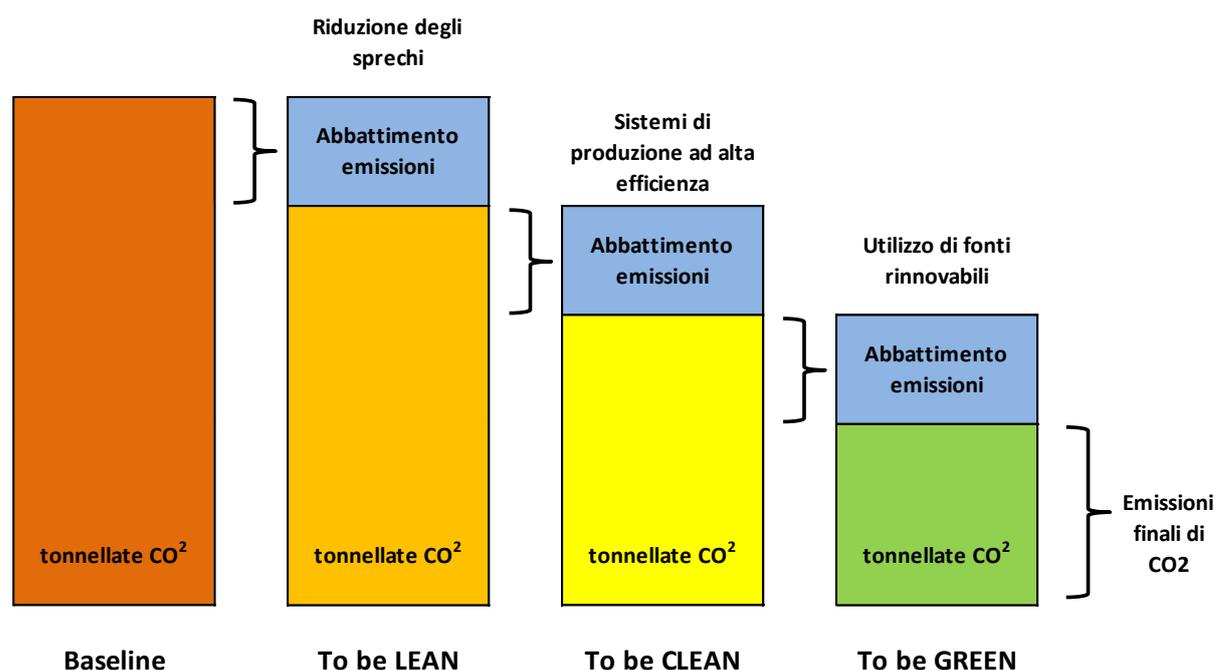
- n) Definizione di due scenari ottimali a partire dalla combinazione delle singole EEM proposte al fine di conseguire un miglioramento del parametro di efficienza energetica dell'edificio superiore a due classi energetiche e tempi di ritorno inferiori uguale rispettivamente a 25 e a 15 anni.
- o) Analisi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

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



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

Figura 1.4 - Principio della Gerarchia Energetica



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

1.6 STRUTTURA DEL REPORT

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

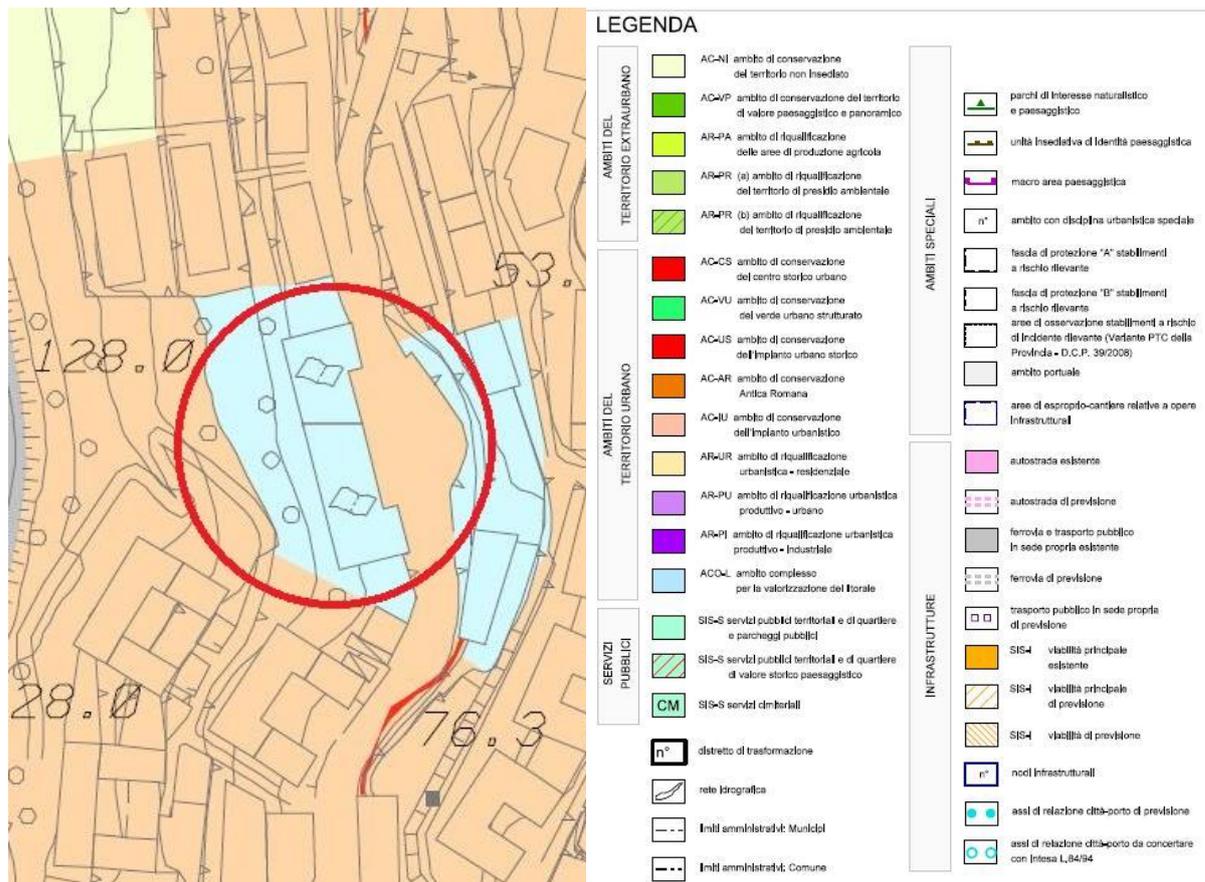
- Una prima parte nella quale sono descritti lo scopo ed i confini della DE e le metodologie di analisi adottate;
- Una seconda parte in cui sono riportate le informazioni dell'edificio rilevate in sede di sopralluogo e le valutazioni effettuate al fine di identificare le caratteristiche tecniche dei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

2 DATI DELL'EDIFICIO

2.1 INFORMAZIONI SUL SITO

Lo strumento urbanistico vigente, il P.U.C approvato con DD n° 2015/118.0.0./18 con entrata in vigore il 3/12/2015, classifica l'edificio oggetto della DE in zona Distretti di trasformazione. In particolare l'edificio in esame rientra nel distretto n. 24 "Gavette". Le caratteristiche di tale distretto vengono riportate nella scheda seguente.

Figura 2.1 - Particolare estratto dal Piano Urbanistico Comunale



L'edificio in esame ricade nell'ambito di piano "SIS-S servizi pubblici territoriali e di quartiere e parcheggi pubblici".

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

L'edificio risale all'incirca al 1921 ai sensi del DPR 412/93, attualmente ricade nella destinazione d'uso E.7 Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili.

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

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

L'edificio ospitante il complesso scolastico oggetto della DE è costituito complessivamente da cinque piani fuori terra, nei quali è locata la scuola. Al piano terra sono presenti le palestre con spogliatoi, al primo piano refettorio e laboratori. Secondo, terzo e quarto piano ospitano le aule didattiche, rispettivamente, della scuola materna, della scuola elementare e della scuola media.

Nella [Tabella 2.1](#) sono riassunte le destinazioni d'uso delle varie aree e le relative superfici.

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

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



Tabella 2.1 - Suddivisione in piani dell'edificio

PIANO	UTILIZZO	U.M.	SUPERFICIE LORDA COMPLESSIVA ⁽²⁾	SUPERFICIE UTILE RISCALDATA ⁽³⁾	SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA ⁽³⁾
Terra	Ingresso, palestre e spogliatoi, locale caldaia	[m ²]	770	370	0
Primo	Refettorio e aule laboratori	[m ²]	733	610	0
Secondo	Aule didattiche scuola materna	[m ²]	724	620	0
Terzo	Aule didattiche scuola elementare	[m ²]	725	641	0
Quarto	Aule didattiche scuola media	[m ²]	725	640	0
TOTALE		[m ²]	3677	2881	0

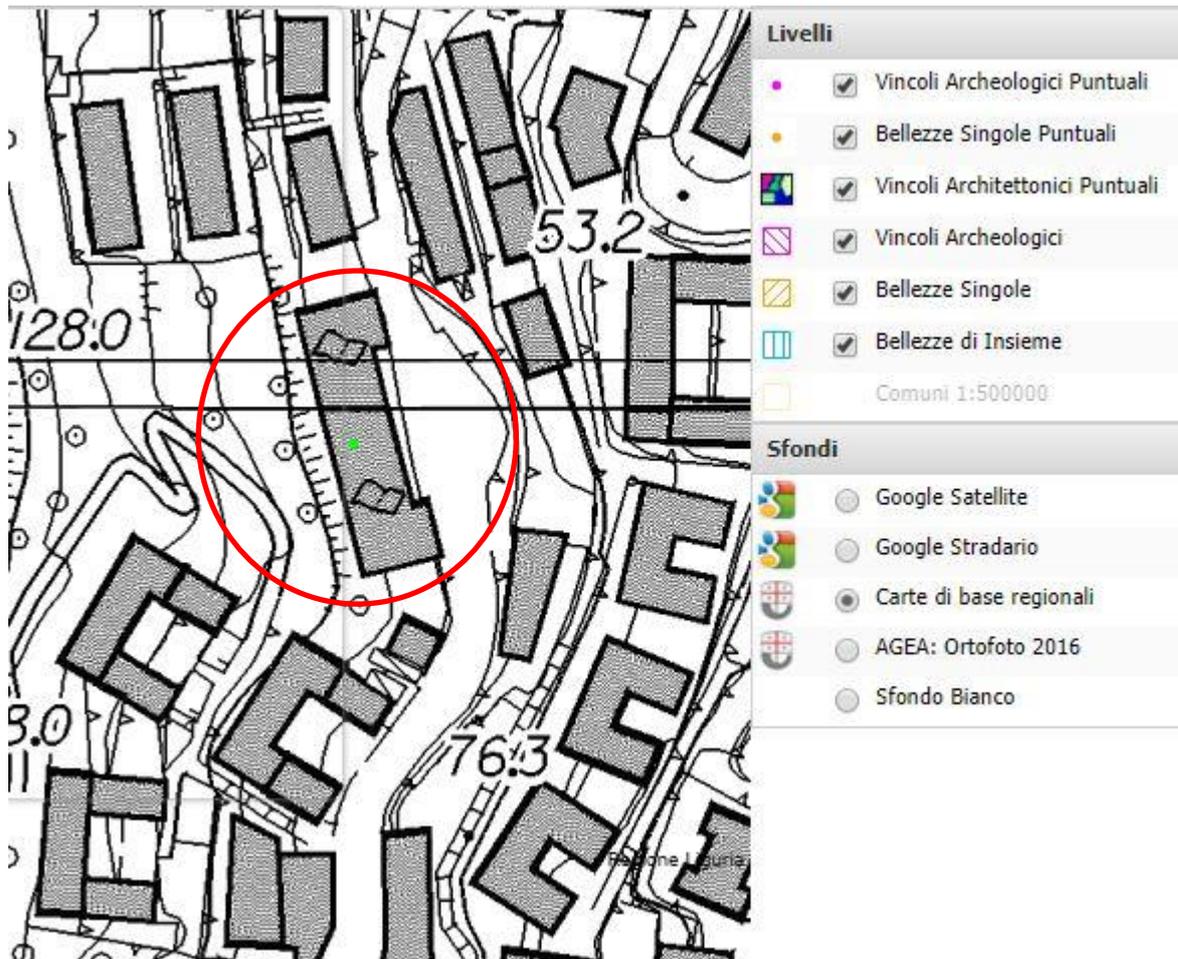
Nota (2): Superficie lorda comprensiva delle zone interne climatizzate e non climatizzate, valutate a partire dalle planimetrie progettuali, opportunamente verificate in fase di sopralluogo

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

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

Dall'analisi dei vicoli, rilevabili nel sito della regione Liguria, l'edificio pur non avendo specifico decreto d'interesse culturale, è sottoposto a tutela fino a quando non sarà stata effettuata la verifica dell'interesse culturale ex art.12 del D.Lgs. 42/2004 e s.m.i

Figura 2.3 - Particolare estratto dalla carta dei vincoli



Nell’analisi delle EEM si è quindi resa necessaria l’identificazione delle possibili interferenze con i vincoli presenti.

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: Coibentazione a Cappotto dell’Involucro Edilizio	Storico – Artistico		Previo parere della Soprintendenza per i beni architettonici e paesaggistici. La coibentazione è prevista internamente per non alterare l’aspetto esteriore dell’edificio sottoposto a vincolo.
EEM 2: Compartimentazione Termica – Installazione di Controsoffitto	Storico – Artistico		Previo parere della Soprintendenza per i beni architettonici e paesaggistici. La compartimentazione è prevista internamente per non alterare l’aspetto esteriore dell’edificio sottoposto a vincolo.
EEM 3: Sostituzione Generatore di Calore	-		-
EEM 4: Installazione di Valvole Termostatiche	-		-
EEM 5: Installazione Impianto di Illuminazione a LED	-		-

Nota (4): Legenda livelli di interferenza:

- Non perseguibile
- Perseguibile tramite adozione misure di tutela indicate

Interferenza nulla

Nessuna delle misure precedentemente indicate presenta interferenze con gli aspetti geologici, geotecnici, idraulici o idrogeologici della zona.

2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO

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

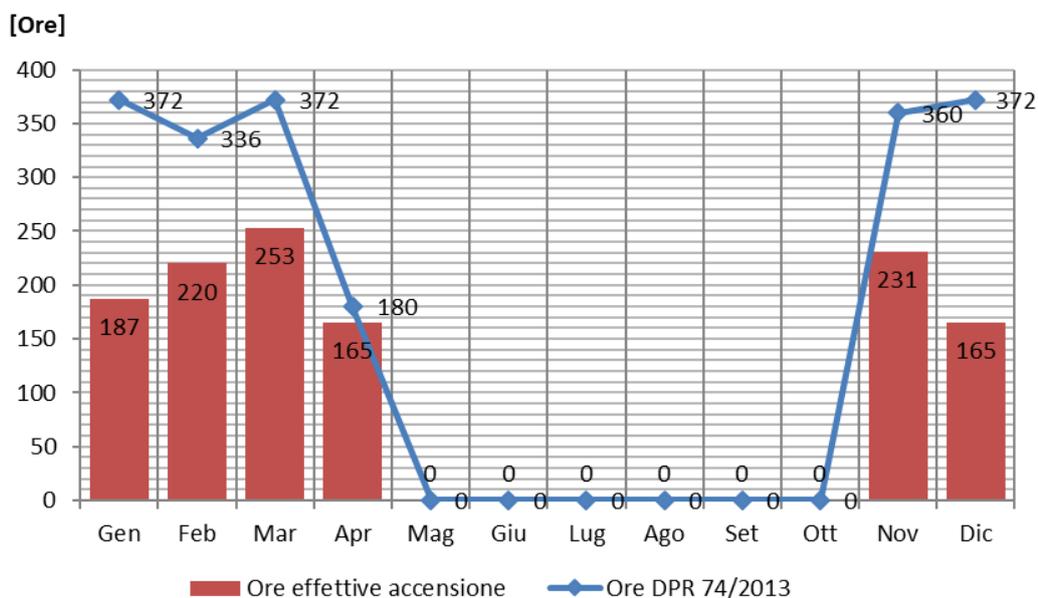
Gli orari di effettivo utilizzo dell'edificio ed i periodi di attivazione e spegnimento degli impianti sono stati rilevati durante il sopralluogo attraverso lettura di appositi cartelli affissi e richiesta al personale presente.

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

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

PERIODO	GIORNI SETTIMENALI	ORARIO FUNZIONAMENTO EDIFICIO	ORARIO FUNZIONAMENTO IMPIANTO
Dal 1 Novembre al 28 Febbraio	dal lunedì al venerdì	7.30 – 18.30	7.00 – 18.00
	sabato e domenica	CHIUSO	SPENTO
Dal 1 Marzo al 30 Ottobre	tutti i giorni	7.30 – 18.30	SPENTO

Figura 2.4 – Andamento mensile delle ore effettive di utilizzo dell'impianto termico



Dall'analisi effettuata è emerso che gli orari di funzionamento degli impianti non sono strettamente correlati agli orari di espletamento delle lezioni, ma dipendono anche dalla presenza di personale e/o utenti all'interno della struttura.

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



E758 Elementare Anna Frank - Materna Mary Poppins

Energia 3 che prevede l'affidamento ad un unico Gestore, del Servizio Energia, ovvero tutte le attività di gestione, conduzione e manutenzione degli impianti termici, compresa l'assunzione del ruolo di Terzo Responsabile, e di tutti gli impianti ad essi connessi.

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

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

3 DATI CLIMATICI

3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO

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

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

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

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

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

Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 921 GG calcolati su 108 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 2.

Tabella 3.2 – Profili mensili dei GG_{rif}

Mese	GIORNI MENSILI	TEMPERATURA ESTERNA UNI 10349:2016 [°C]	GIORNI RISCALDAMENTO [g/m]	GG	GIORNI DI UTILIZZO [g/m]	GIORNI RISCALDAMENTO EFFETTIVI [g/m]	GG _{rif}	PROFILO DI INCIDENZA
Gennaio	31	10,4	31	298	17	17	163	18%
Febbraio	28	10,5	28	266	20	20	190	21%
Marzo	31	11,1	31	276	23	23	205	22%
Aprile	30	15,3	15	71	19	12	73	8%
Maggio	31	18,7	-	-	22	-	-	0%
Giugno	30	22,4	-	-	21	-	-	0%
Luglio	31	24,6	-	-	10	-	-	0%
Agosto	31	23,6	-	-	-	-	-	0%
Settembre	30	22,2	-	-	15	-	-	0%
Ottobre	31	18,2	-	-	22	-	-	0%
Novembre	30	13,3	30	201	21	21	141	15%
Dicembre	31	10,0	31	310	15	15	150	16%
TOTALE	365	16,7	166	1421	208	108	921	100%

3.2 DATI CLIMATICI REALI

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

I dati climatici utilizzati sono stati rilevati dalla centralina meteo climatica Genova - Quezzi.

Si è deciso di utilizzare come riferimento tale centralina in quanto è ubicata in una zona limitrofa all'edificio oggetto della DE (circa 3 km in linea d'aria) e fornita di dati climatici completi (temperatura media dell'aria e umidità relativa).

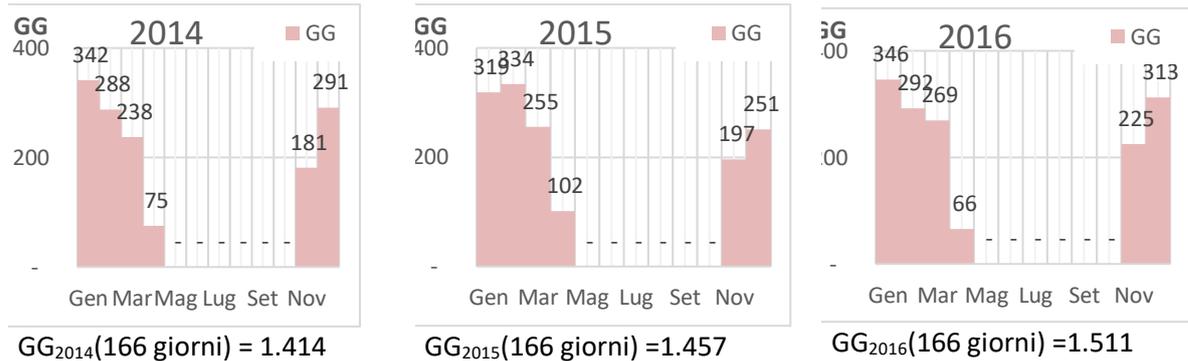
Figura 3.1 – Posizionamento della centralina meteo climatica rispetto all'edificio oggetto di DE



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

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

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

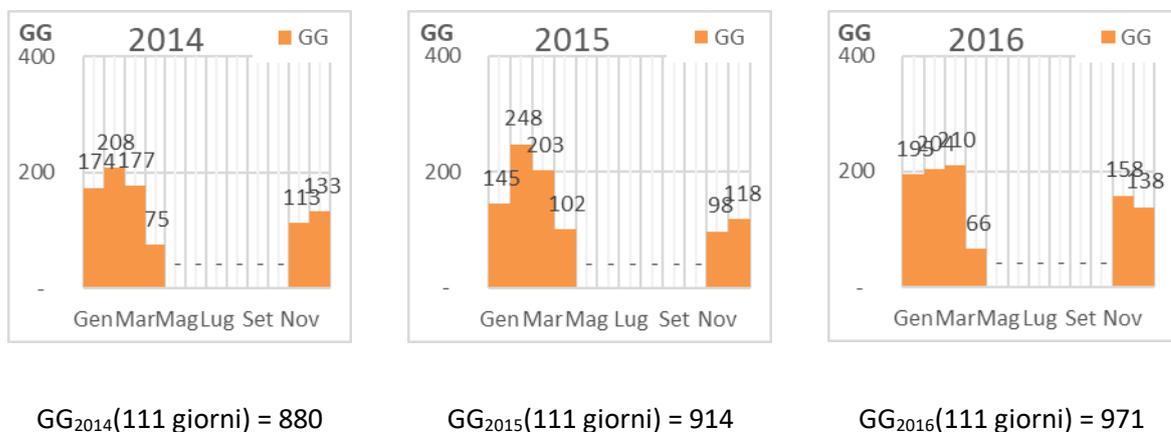


Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG reali sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 921 GG calcolati su 108 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 2.

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



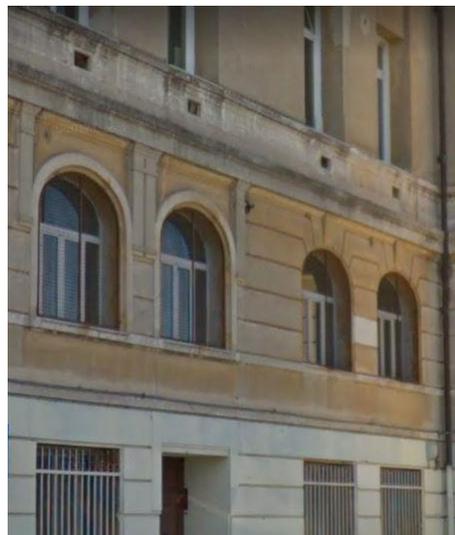
4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI

4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO

4.1.1 Involucro opaco

L'involucro edilizio opaco che costituisce l'edificio è sostanzialmente composto da un unico blocco strutturale. Si tratta di un edificio storico, realizzato con le tecniche dell'epoca e dunque caratterizzato da murature portanti, presumibilmente in mattoni e conglomerati debitamente intonacate.

Figura 4.1 – Particolare dell'involucro murario, vista esterna



Questa soluzione realizzativa incide profondamente sul comportamento termico dell'edificio con un involucro le cui componenti sono abbastanza omogenee. Tuttavia la mancanza di isolamento termico rende insufficienti le prestazioni dello stesso.

Figura 4.2 - Particolare della facciata



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

- Rilievo termografico eseguito tramite l'utilizzo di termo camera Flir modello E8, nel periodo invernale e in accordo con la norma UNI 13187.

Figura 4.3 – Rilievo termografico della parete del corridoio



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

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

Tabella 4.1 – Trasmittanze termiche dei componenti dell'involucro opaco

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	SPESSORE [cm]	ISOLAMENTO	TRASMITTANZA TERMICA [W/m ² K]	STATO DI CONSERVAZIONE
Copertura non praticabile	COP1	39	Assente	1,529	nr
Copertura praticabile	COP2	48	Assente	1,327	nr
Parete verticale	M1	79	Assente	0,786	Buono
Parete verticale	M2	50	Assente	1,181	Mediocre
Parete verticale	M3	60	Assente	1,013	Mediocre
Basamento contro terra	BAS1	44,5	Assente	1,731	nr

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 con telaio in PVC e vetri doppi.

Lo stato di conservazione degli stessi è molto buono.

Figura 4.4 - Particolare dei serramenti del secondo piano



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 tramite l'utilizzo di termo camera Flir modello E8, nel periodo invernale e in accordo con la norma UNI 13187.

Figura 4.5 – Rilievo termografico dei serramenti del primo piano



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

Tabella 4.2 – Trasmittanze termiche dei componenti dell'involucro trasparente

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	DIMENSIONI	TIPO TELAIO	TIPO VETRO	TRASMITTANZA	STATO DI CONSERVAZIONE
		[HXL] [cm]			TERMICA [W/mqK]	
Serramento verticale	F1	1,25x1,75	PVC	Vetro doppio	3,109	Buono
Serramento verticale	F2	1,05x2,30	PVC	Vetro doppio	3,173	Buono
Serramento verticale	F3	1,05x2,20	PVC	Vetro doppio	3,109	Buono
Serramento verticale	F4	1,35x2,70	PVC	Vetro doppio	3,109	Buono
Serramento verticale	F5	1,50x2,50	PVC	Vetro doppio	3,167	Buono
Serramento verticale	F6	1,50x2,78	PVC	Vetro doppio	3,167	Buono
Serramento verticale	F7	1,20x2,50	PVC	Vetro doppio	3,114	Buono
Serramento verticale	F8	2,00x2,38	PVC	Vetro doppio	3,132	Buono
Serramento verticale	F9	2,00x1,85	PVC	Vetro doppio	3,109	Buono
Serramento verticale	F10	1,25x2,10	PVC	Vetro doppio	3,113	Buono
Serramento verticale	F11	1,25x2,00	PVC	Vetro doppio	3,109	Buono
Serramento verticale	F12	1,80x1,90	PVC	Vetro doppio	3,129	Buono
Serramento verticale	F13	1,20x1,50	PVC	Vetro doppio	3,109	Buono

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

4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/CLIMATIZZAZIONE INVERNALE

L'impianto di riscaldamento degli ambienti è costituito da un generatore a combustione con singola caldaia a basamento.

Partenza singola con pompa gemellare con funzionamento alternato e derivazione a valle della pompa su tre rami.

4.2.1 Sottosistema di emissione

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

- Radiatori in ghisa
- Radiatori in metallo

Figura 4.6 - Particolare di un radiatore in ghisa



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

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

ZONA TERMICA	TIPOLOGIA DI TERMINALE	RENDIMENTO
ZONA TERMICA PRINCIPALE	Radiatori	91%

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

Tabella 4.4 - Riepilogo caratteristiche dei terminali di emissione installati

PIANO	TIPO DI INSTALLAZIONE	NUMERO	POTENZA TERMICA UNITARIA	POTENZA TERMICA COMPLESSIVA	POTENZA FRIGORIFERA UNITARIA	POTENZA FRIGORIFERA COMPLESSIVA
			[kW]	[kW]	[kW]	[kW]
Terra	Parete	7	0,81 – 2,30	11,83	0	0
Primo	Parete	17	1,32 – 4,05	34,79	0	0
Secondo	Parete	15	2,03 – 2,79	31,74	0	0
Terzo	Parete	17	2,03 – 3,24	37,15	0	0
Quarto	Parete	18	2,16 – 3,11	45,66	0	0
TOTALE		74		161,17	0	0

Le potenze dei terminali di emissione sono state ricavate dai dati forniti dalla PA, confrontati in sede di sopralluogo in maniera visiva secondo stime sulla tipologia di radiatore, la dimensione e il numero di elementi.

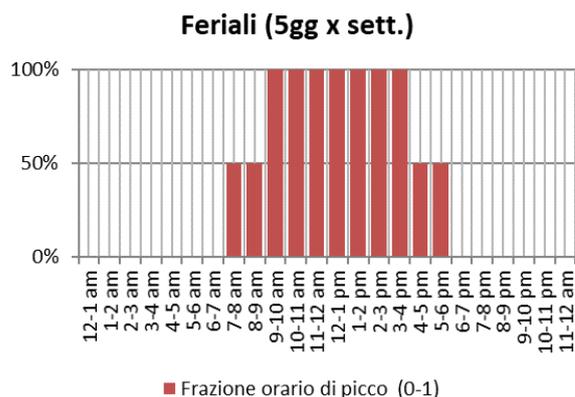
L'elenco dei componenti del sottosistema di emissione per il riscaldamento degli ambienti, rilevati in sede di sopralluogo, e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 6.5 dell'Allegato J – Schede di audit.

4.2.2 Sottosistema di regolazione

La regolazione del funzionamento dell'impianto avviene attraverso l'impostazione degli orari di funzionamento e delle temperature di set-point, che al momento del sopralluogo (periodo invernale) era impostata a 20°C.

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

Figura 4.7 - Profilo di funzionamento invernale dell'impianto per la zona termica generale



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

4.2.3 Sottosistema di distribuzione

Il sottosistema di distribuzione è costituito dai seguenti elementi:

1) Circuito primario di riscaldamento per il corpo principale a Partenza singola con pompa gemellare con funzionamento alternato e derivazione a valle della pompa su tre rami.

Le caratteristiche dei circolatori a servizio del circuito primario sono riportate nella Tabella 4.5.

Tabella 4.5 - Riepilogo caratteristiche pompe circuito primario

SERVIZIO	N.	MARCA / MODELLO	POTENZA ASSORBITA ⁽⁷⁾
			[kW]
Circuito primario riscaldamento	2	GRUNDFOS / UPS 65-60	0,490
Circuito anticondensa	1	GRUNDFOS / UPS 50-30	0,160
TOTALE			1,140

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

Tabella 4.6 – Temperature di mandata e ritorno del circuito primario

CIRCUITO			TEMPERATURA RILEVATA ⁽¹⁾	TEMPERATURA CALCOLO
			°C	°C
CIRCUITO PRINCIPALE RISCALDAMENTO	Mandata	Caldo	68 ⁽¹⁾	70 ⁽²⁾
	Ritorno	Caldo	60 ⁽¹⁾	55 ⁽²⁾

Nota (1): Valori utilizzati nel modello di calcolo

Nota (2): Valori ricavati in sede di sopralluogo

Il rendimento complessivo del sottosistema di distribuzione è stato assunto nella DE pari al 91%, calcolato con il software certificato Namirial TERMO, che applica quanto previsto dalla norma UNI/TS 11300-2.

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

4.2.4 Sottosistema di generazione

Il sottosistema di generazione è costituito da una centrale termica con una caldaia a basemento "ICI GREENOX e40" a servizio di tutta la scuola.

Figura 4.8 - Particolare di caldaia a basemento



Le caratteristiche dei sistemi di generazione sono riportate nella Tabella 4.7.

Tabella 4.7 - Riepilogo caratteristiche sistemi di generazione

	Servizio	MARCA	MODELLO	ANNO DI COSTRUZIONE	POTENZA AL FOCOLARE [kW]	POTENZA TERMICA UTILE [kW]	RENDIMENTO
Gen 1	Riscaldamento	ICI	GREENOX E40	nd	420	400	89,2%

Il rendimento complessivo del sottosistema di generazione, in regime di riscaldamento è stato assunto nella DE pari al 89,2%, calcolato con il software certificato Namirial TERMO, che applica quanto previsto dalla norma UNI/TS 11300-2.

Tale valore del rendimento è stato confrontato con i valori riportati sul Libretto di Impianto relativi ai risultati della prova fumi i cui valori risultano leggermente superiori (media 95,55%).

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

4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA

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

La produzione è eseguita tramite boiler elettrici ad accumulo installati localmente nei servizi igienici.

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

Tabella 4.8.

Figura 4.9 - Particolare di un boiler elettrico per la produzione di acqua calda sanitaria



Tabella 4.8 – 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%	99%	na	95%	75% (*)	-

(*) Rendimento calcolato come rapporto tra potenza termica erogata su potenza elettrica assorbita.

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 RAFFRESCAMENTO/CLIMATIZZAZIONE ESTIVA

La climatizzazione per il regime estivo non è presente.

4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA

Non esiste impianto per la ventilazione meccanica controllata.

4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE

Le utenze sottese all'impianto elettrico, oltre a quelle precedentemente descritte, sono costituite essenzialmente da utenze locali quali ascensori, PC, LIM ed altri dispositivi in uso del personale e degli studenti e delle attività specifiche della destinazione d'uso.

Tali tipologie di utenze sono state raggruppate insieme ed identificate e sono riportate nella Tabella 4.9

Tabella 4.9 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA NOMINALE [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]	ORE ANNUE DI UTILIZZO [ore]
Zona 1	PC	13	250	3250	23790
Zona 1	Frigorifero	1	1000	1000	8040
Zona 1	Distributore snack	1	500	500	8040
Zona 1	Microonde	1	1000	1000	335
Zona 1	Stampanti	2	500	1000	1830
Zona 1	Ascensore	1	4000	4000	335
Zona 1	Lim	8	100	800	2680
Zona 1	Distributore caffè	1	500	500	915
Zona 1	Fotocopiatrice	1	1500	1500	1675
Zona 1	Lavatrice	1	1500	1500	1675

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.

4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE

L'impianto di illuminazione è costituito da lampade neon di diverse tipologie e taglie.

Le principali tipologie di corpi illuminanti sono di seguito elencati:

- Lampade a neon installate a soffitto o a sospensione nei locali dove è assente il controsoffitto;

Figura 4.10 - Particolare dei corpi illuminanti installati nelle aule



L'elenco e le caratteristiche dei corpi illuminanti sono riportate nella Tabella 4.10.

Tabella 4.10 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA UNITARIA	POTENZA COMPLESSIVA
-------------	-------------	--------	------------------	---------------------

			[W]	[W]
Zona 1	Fluorescente	14	36	504
Zona 1	Fluorescente	143	72	10296

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

Figura 4.11 - Particolare dei corpi illuminanti installati nei corridoi



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

Non è presente un impianto fotovoltaico.

5 CONSUMI RILEVATI

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

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

I vettori energetici analizzati sono i seguenti:

- Gas metano;
- Energia elettrica;

5.1.1 Energia termica

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

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

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

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

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

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

- N. 1 – PDR 3270049681833: a servizio della Caldaia per il riscaldamento della Zona Termica principale.

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 di m³ di gas rilevati dalla società di distribuzione nel triennio di riferimento.

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

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

PDR	Utilizzo	2014 [Sm ³]	2015 [Sm ³]	2016 [Sm ³]	2014 [kWh]	2015 [kWh]	2016 [kWh]
3270049681833	Riscaldamento	23.009	22.753	20.396	216.745	214.335	192.130

Le fatture relative ai consumi termici non sono a disposizione della PA in quanto il contratto di fornitura del vettore energetico è in capo ad un soggetto terzo tramite appalto Servizio Integrato Energia. I consumi storici riportati sono desunti dal file *kyotoBaseline-EXXX_rev09.xlsx*.

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:

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

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

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

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

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

Tabella 5.3 – Normalizzazione dei consumi annuali di energia termica

Anno	Ggreali su 108 giorni reali di occupazione	GGRif	Consumo Reale [Smc]	Potere calorifico inferiore [kWh/Nmc]	Fattore di conversione [Smc/Nmc]	Potere calorifico inferiore [kWh/Smc]	Consumo Reale [kWh]	Fattore di normalizzazione α_{rif}	Consumo normalizzato a 921 GG [kWh]
2014	880	921	23.009	9,94	1,0549	9,42	216.807	246,4	227.054
2015	914	921	22.753	9,94	1,0549	9,42	214.395	234,6	216.198
2016	971	921	20.396	9,94	1,0549	9,42	192.185	197,9	182.328
Media	922	921	22.053				207.796	225,5	207.755

Come si può notare dai dati riportati il comportamento energetico dell'edificio, negli anni considerati, è rimasto pressoché invariato, con una diminuzione generica registrata per l'anno 2015: tale riduzione non va imputata alla realizzazione di interventi di efficientamento, quanto più alla diminuzione delle temperature esterne medie mensili rilevate per l'anno 2015.

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

Tabella 5.4 – Individuazione della Baseline termica

GRANDEZZA	VALORE
	[kWh]
\bar{Q}_{ACS}	0
\bar{Q}_{ALTRO}	0
$\bar{a}_{rif} \times GG_{rif}$	207.755
$Q_{baseline}$	207.755

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:

- Piano terra – Palestra e spogliatoi
- Primo piano – Refettorio e laboratori
- Secondo piano – Aule didattiche scuola materna
- Terzo piano – Aule didattiche scuola elementare
- Quarto piano – Aule didattiche scuola media

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

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

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

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

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

POD	ZONA SERVITA	2014	2015	2016	MEDIA
		[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
IT001E00097472	NR	32.069	33.577	29.923 (*)	31.856
TOTALE		32.069	33.577	29.923 (*)	EEbaseline 31.856

Nota (*) A causa della mancanza di diverse fatture, alcuni consumi mancanti dell'anno 2016 sono stati ricavati mediante riproporzionamento dei consumi del mese corrispondente nell'anno precedente.

Tali consumi sono stati confrontati con i consumi annui elaborati e forniti dalla PA ed (identificati per l'edificio oggetto della DE all'interno del file kyotoBaseline-EXXXX) ed è emerso un leggero scostamento dei consumi rilevati dalle fatture rispetto a quanto elaborato nel suddetto file

ANNI	2014	2015	2016	MEDIA
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
	30.986	31.384	32.638	31.669
VALORI TOTALI da kyotoBaseline-EXXXX	30.986	31.384	32.638	31.669

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

Si è pertanto definito un consumo $EE_{baseline}$ pari a 31.856 kWh.

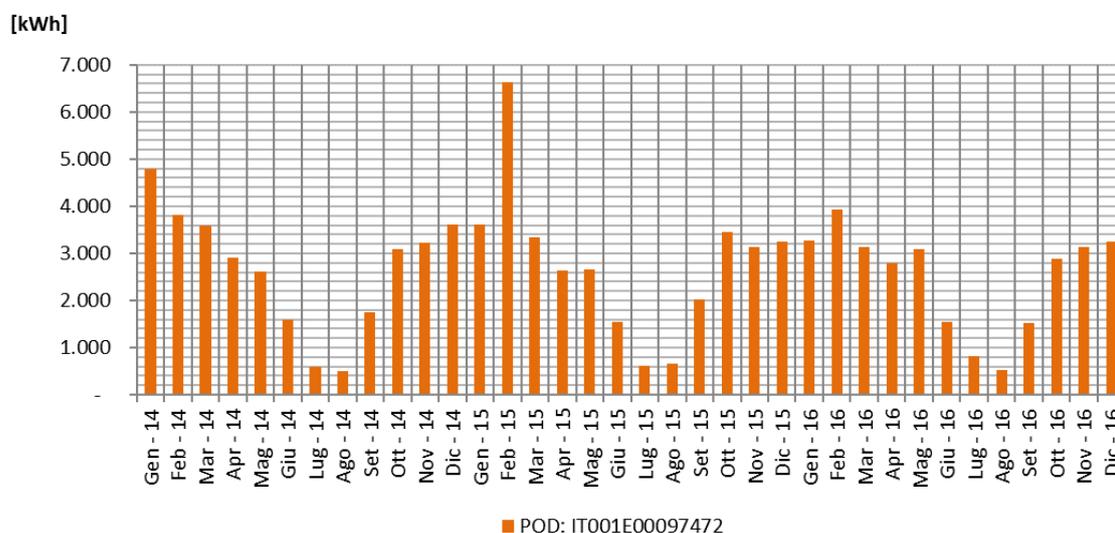
Tabella 5.6 – Consumi mensili di energia elettrica suddivisi per fasce, per il triennio di riferimento

POD: IT001E00097472	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]

Gen - 14	3.824	414	551	4.789
Feb - 14	3.083	371	359	3.813
Mar - 14	2.856	365	375	3.596
Apr - 14	2.248	302	350	2.900
Mag - 14	1.875	320	424	2.619
Giu - 14	1.063	217	317	1.597
Lug - 14	238	129	221	588
Ago - 14	147	121	234	502
Set - 14	1.250	233	268	1.751
Ott - 14	2.489	305	288	3.082
Nov - 14	2.527	297	391	3.215
Dic - 14	2.849	353	415	3.617
Totale				32.069
POD: IT001E00097472	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 15	2.849	353	415	3.617
Feb - 15	2.827	330	3.474	6.631
Mar - 15	2.650	308	388	3.346
Apr - 15	2.058	255	327	2.640
Mag - 15	1.899	334	435	2.668
Giu - 15	1.079	179	279	1.537
Lug - 15	271	124	210	605
Ago - 15	260	125	271	656
Set - 15	1.499	274	261	2.034
Ott - 15	2.691	404	357	3.452
Nov - 15	2.490	300	353	3.143
Dic - 15	2.572	311	365	3.248
Totale	23.145	3.297	7.135	33.577
POD: IT001E00097472	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 16	2.594	306	372	3.272
Feb - 16	3.005	445	477	3.927
Mar - 16	2.268	372	492	3.132
Apr - 16	1.933	386	473	2.792
Mag - 16	2.300	373	428	3.101
Giu - 16	1.020	220	315	1.555
Lug - 16	394	159	264	817
Ago - 16	174	120	228	522
Set - 16	1.078	209	232	1.519
Ott - 16	2.308	315	272	2.895
Nov - 16	2.490	300	353	3.143
Dic - 16	2.572	311	365	3.248
Totale	22.136	3.516	4.271	29.923

Considerando la presenza di più POD a servizio dell'edificio oggetto della DE si riporta nella Figura 5.1 si riporta un confronto grafico tra i profili elettrici reali relativi a ciascuna utenza elettrica per il triennio di riferimento.

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



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

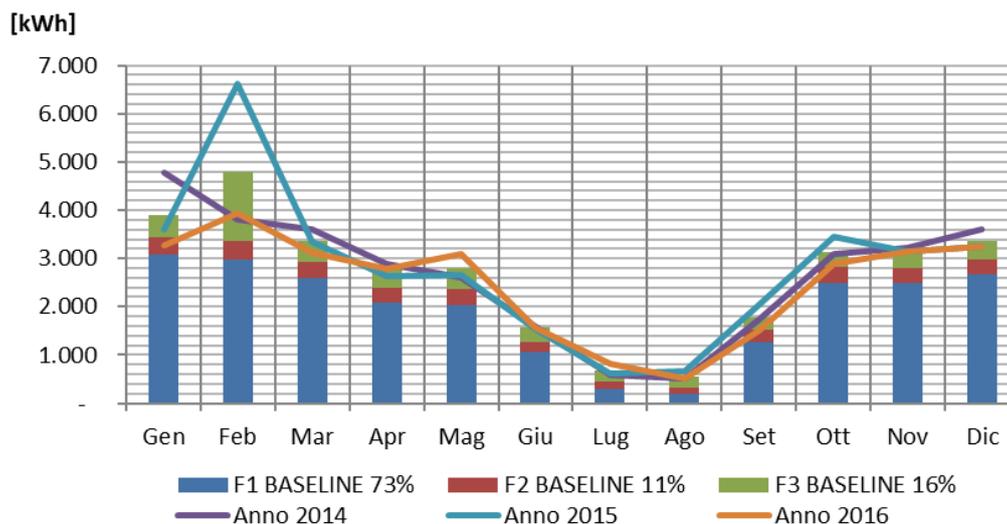
Tali valori sono riportati nella Tabella 5.7.

Tabella 5.7 – Consumi mensili di Baseline

BASELINE	F1	F2	F3	TOTALE
Mese	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen	3.089	358	446	3.893
Feb	2.972	382	1.437	4.790
Mar	2.591	348	418	3.358
Apr	2.080	314	383	2.777
Mag	2.025	342	429	2.796
Giu	1.054	205	304	1.563
Lug	301	137	232	670
Ago	194	122	244	560
Set	1.276	239	254	1.768
Ott	2.496	341	306	3.143
Nov	2.502	299	366	3.167
Dic	2.664	325	382	3.371
Totale	23.243	3.413	5.200	31.856

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

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



I profili di prelievo mensili nel triennio di riferimento presentano andamenti costanti per i tre anni (non si rilevano aumenti o diminuzioni significative), fatta eccezione per il primo trimestre dell'anno 2015. Si nota la presenza di un consumo di base anche nei mesi estivi, dovuto in parte agli oneri di consumo fissi in parte alla presenza di personale addetto all'amministrazione all'interno della scuola anche nei mesi estivi.

Non è stato possibile rappresentare i profili giornalieri dei consumi elettrici in quanto l'utenza non è monitorata dalla società di distribuzione.

5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI

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

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

Tabella 5.8 - Fattori di emissione di CO₂.

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

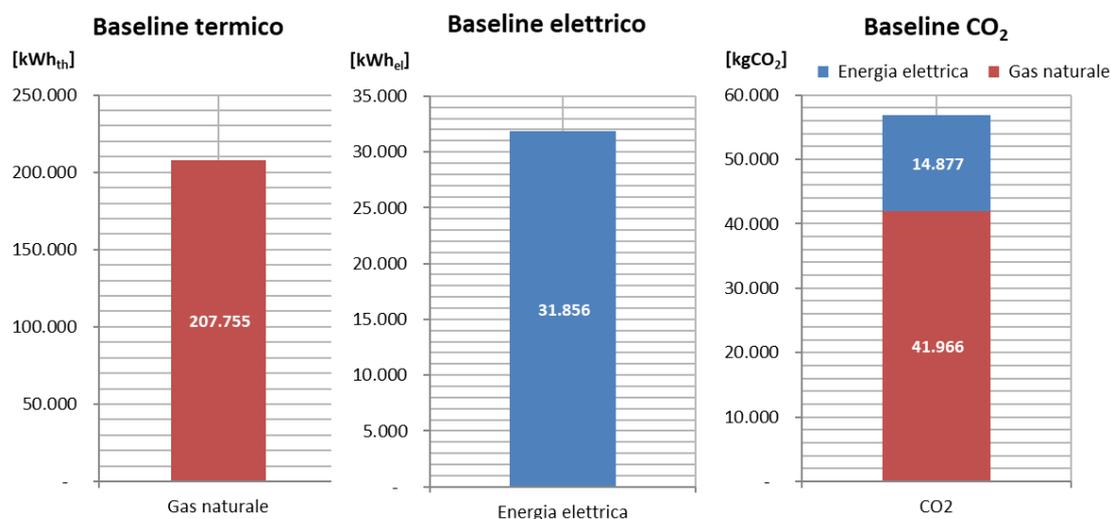
* da "Linee Guida Patto dei Sindaci" per anno 2010

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

Tabella 5.9 – Baseline delle emissioni di CO₂.

COMBUSTIBILE	CONSUMO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE	EMISSIONI DI CO ₂
	[kWh]	[kgCO ₂ /kWh]	[kgCO ₂]

Gas naturale	207.755	0,202	41.966
Energia elettrica	31.856	0,467	14.877
TOTALE			56.843

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

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

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

COMBUSTIBILE	$F_{p,ren}$	$F_{p,ren}$	$F_{p,tot}$
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	2.881	m ²
FATTORE 1	Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	3.109	m ²
FATTORE 1	Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate)	16.198	m ³

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

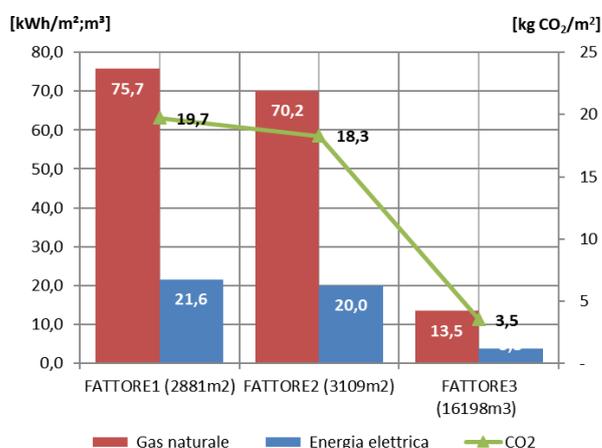
Tabella 5.12 – Indicatori di performance calcolati con riferimento all’energia primaria totale

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE	FATTOR E DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARI	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA TOTALE	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA TOTALE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3	FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3

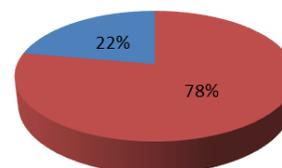
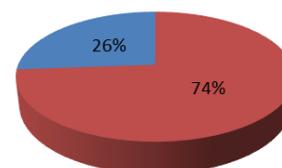
	A TOTALE						[Kg CO ₂ /m ³]	[Kg CO ₂ /m ³]	[Kg CO ₂ /m ³]
	[kWh/anno]		[kWh/anno]	[kWh/m ²]	[kWh/m ²]	[kWh/m ³]			
Gas naturale	207.755	1,05	218.142	75,7	70,2	13,5	14,57	13,50	2,59
Energia elettrica	31.856	2,42	77.092	26,8	24,8	4,8	5,16	4,79	0,92
TOTALE			295.235	102	95	18	20	18	3

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

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE	FATTOR E DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA A NON RINN.	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA NON RINN.	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3	FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3
	[kWh/anno]		[kWh/anno]	[kWh/m ²]	[kWh/m ²]	[kWh/m ³]	[Kg CO ₂ /m ²]	[Kg CO ₂ /m ²]	[Kg CO ₂ /m ³]
Gas naturale	207.755	1,05	218.142	75,7	70,2	13,5	14,57	13,50	2,59
Energia elettrica	31.856	1,95	62.120	21,6	20,0	3,8	5,16	4,79	0,92
TOTALE			280.262	97	90	17	20	18	4

Figura 5.4 – Indicatori di performance e relative emissioni di CO₂ valutati in funzione della superficie utile riscaldataFigura 5.5 – Ripartizione % dei consumi di energia primaria e delle relative emissioni di CO₂

Ripartizione % energia primaria

Ripartizione % emissioni CO₂

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

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

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

La formula definita è sotto riportata:

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

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

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

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

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

Tabella 5.14 – Indicatori di performance energetici

COMBUSTIBILE	IEN _R			IEN _E		
	Wh/(m ³ GG anno)			Wh/(m ³ anno)		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Gas Naturale	16,4	15,5	12,9	NA	NA	NA
Energia elettrica	NA	NA	NA	16,9	17,7	15,8

E' stato quindi possibile effettuare un raffronto con le classi di merito riportate nelle suddette Linee Guida ENEA - FIRE, ottenendo per gli indici relativi ai consumi termici della scuola materna una prestazione buona per tutti e tre gli anni, per quelli della scuola elementare e media una prestazione sufficiente, fatta eccezione per l'indice relativo alla scuola media dell'anno 2014. Per gli indici relativi ai consumi elettrici si è ottenuta sempre una prestazione insufficiente, fatta eccezione per l'indice relativo alla scuola materna per l'anno 2016, che è risultato sufficiente. Per i dettagli sulle valutazioni effettuate vedere **Error! Reference source not found..**

6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO

6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO

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

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

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

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

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale	EP _{gl,nren}	kWh/mq anno	157,51	148,66
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	114,63	114,10
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	0,22	0,18
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	0	0
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	0	0
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	41,77	33,65
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	0,90	0,73
Emissioni equivalenti di CO2	CO _{2eq}	Kg/mq anno		30,19

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
	[m ³ /anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	32.506	-
Energia Elettrica	-	58.455

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

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

Dove:

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

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

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

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

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

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

6.1.1 Validazione del modello termico

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

Si è quindi provveduto alla simulazione dei parametri reali di utilizzo dell'edificio considerando i reali orari e periodi di utilizzo di ambienti ed impianti.

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	122,37	115,50
Climatizzazione invernale	EP_H	kWh/mq anno	81,48	81,1
Produzione di acqua calda sanitaria	EP_w	kWh/mq anno	0,24	0,2
Ventilazione	EP_v	kWh/mq anno	0	0
Raffrescamento	EP_c	kWh/mq anno	0	0

Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	41,58	33,5
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	0,90	0,73
Emissioni equivalenti di CO ₂	CO _{2eq}	Kg/mq anno		20,50

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

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	
	[mc/anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	22.831	-
Energia Elettrica	-	32.000

La validazione del modello energetico termico è stata effettuata confrontando il consumo energetico di baseline ($Q_{baseline}$) così come definito al precedente capitolo 5 ed il fabbisogno teorico ($Q_{teorico}$) derivante dalla modellazione energetica.

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

$Q_{teorico}$	$Q_{baseline}$	Congruià
[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
215.068	207.755	3%

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)

$EE_{teorico}$	$EE_{baseline}$	Congruià
[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
32.000	31.856	0,4%

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

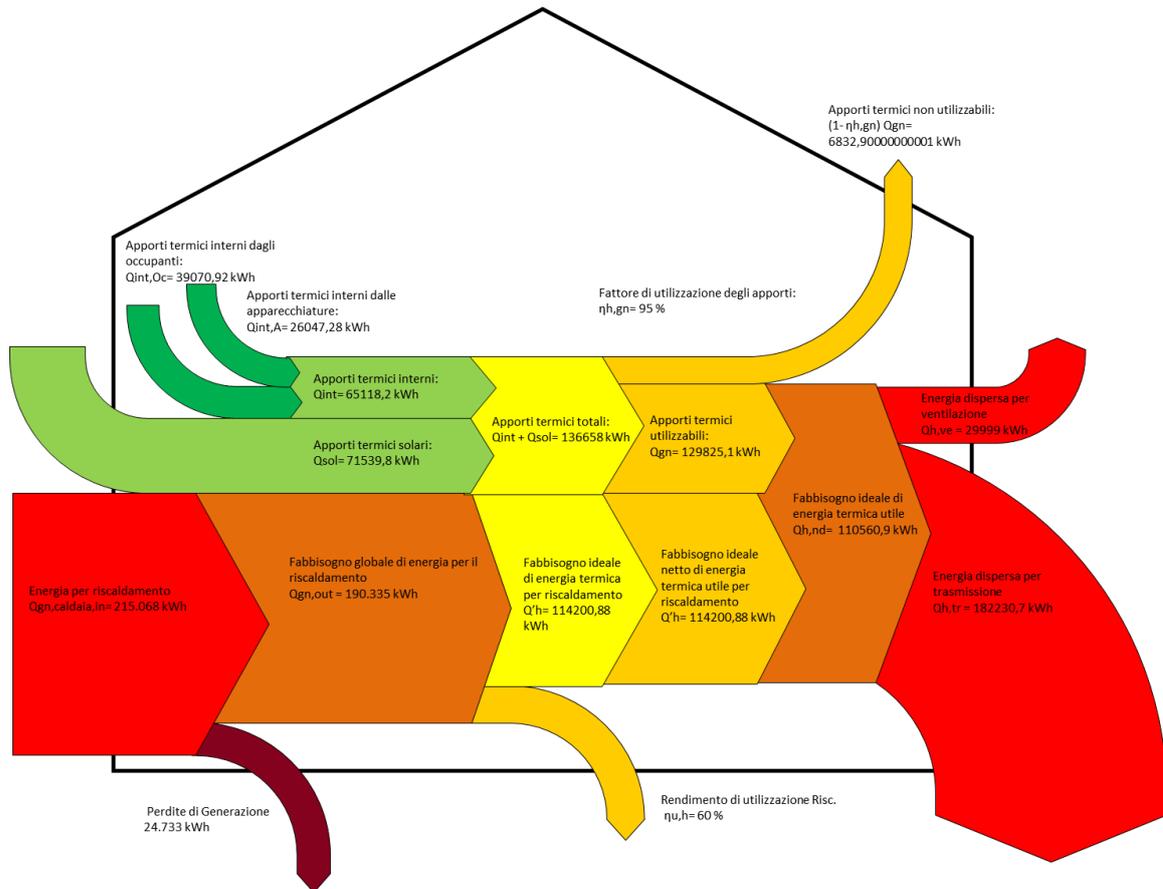
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

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

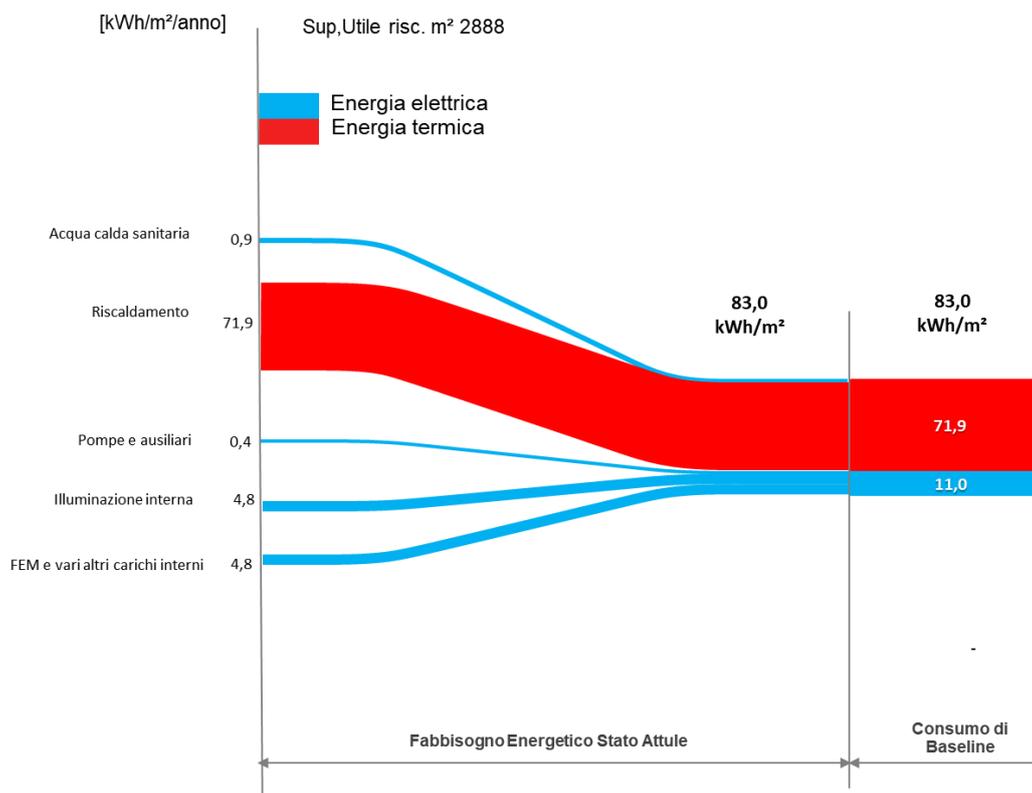
Figura 6.1 – Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio allo stato attuale



Dall'analisi del diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio è possibile notare che l'energia dispersa per trasmissione è decisamente superiore a quella dispersa per ventilazione, a causa del comportamento insoddisfacente dell'involucro.

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.

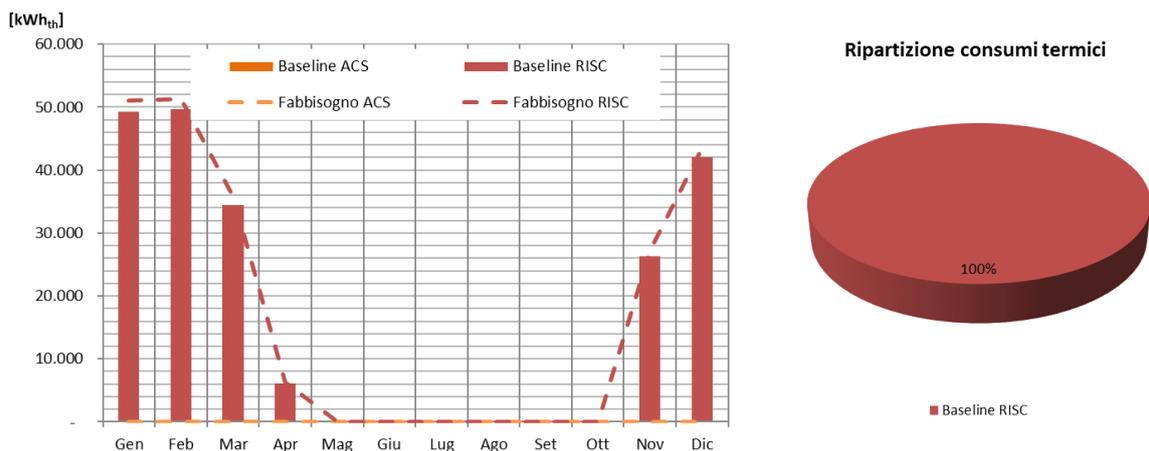
Nel caso in cui, invece i consumi teorici siano inferiori rispetto alla Baseline il termine “Altro – Congruità” rappresenta la differenza per eccesso tra i consumi specifici di Baseline ed i consumi teorici.

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



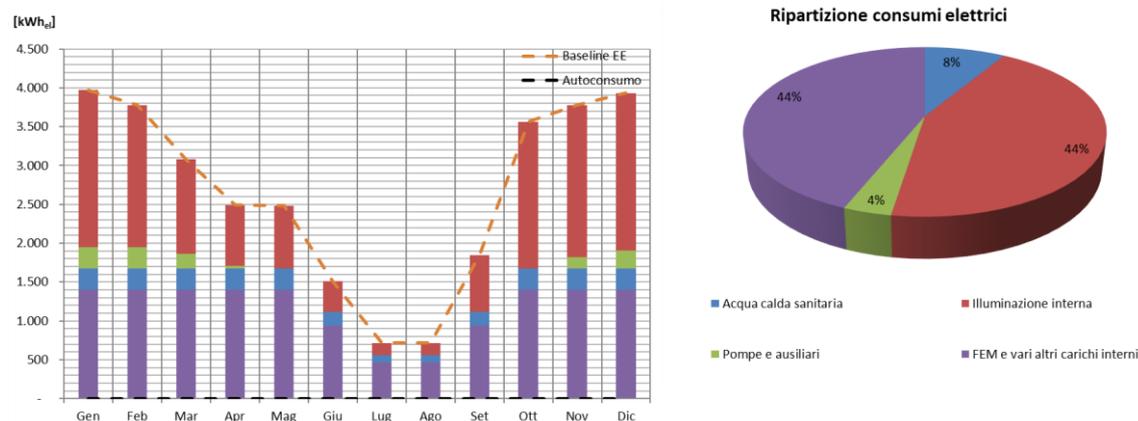
Si può notare come la totalità dei consumi termici sia da attribuirsi all'utilizzo per il riscaldamento dei locali, pertanto gli interventi migliorativi proposti, andranno ad interessare principalmente tali componenti.

Anche relativamente all'analisi dei fabbisogni di energia elettrica, la ripartizione tra i vari utilizzi è stata effettuata in funzione degli esiti della modellazione.

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

I risultati di tale valutazione sono riportati nella Figura 6.4.

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



Si può notare come la maggior parte dei consumi sia da attribuirsi all'illuminazione interna dei locali e all'assorbimento legato alle utenze elettriche presenti, pertanto gli interventi migliorativi proposti dal punto di vista elettrico, andranno ad interessare principalmente tali componenti.

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 il PDR 3270049681833, come di seguito elencato:

- PDR 1 – 3270049681833: contratto di Servizio Integrato Energia 3 (SIE3) stipulato dalla PA con un soggetto terzo, comprensivo sia la fornitura del vettore energetico che la conduzione e manutenzione degli impianti. Non è stato quindi possibile effettuare un'analisi dei costi di fatturazione del vettore energetico in quanto tali fatture non sono a disposizione della PA;

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

Nella Tabella 7.1 si riporta l'andamento del costo del vettore termico nel triennio di riferimento, suddiviso nelle varie componenti.

Tabella 7.1 – Andamento del costo del vettore termico nel triennio di riferimento

PDR: 3270049681833	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					(IVA INCLUSA)
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[kWh]	[€/kWh]
Gen - 14	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Feb - 14	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Mar - 14	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Apr - 14	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Mag - 14	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Giu - 14	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Lug - 14	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Ago - 14	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Set - 14	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Ott - 14	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Nov - 14	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Dic - 14	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Totale	-	-	-	-	-	-	-	-
PDR:	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)



E758 Elementare Anna Frank - Materna Mary Poppins

ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWh]	[€/kWh]
Gen - 15	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Feb - 15	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Mar - 15	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Apr - 15	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Mag - 15	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Giu - 15	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Lug - 15	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Ago - 15	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Set - 15	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Ott - 15	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Nov - 15	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Dic - 15	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Totale	-	-	-	-	-	-	-	-
PDR:	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWh]	[€/kWh]
Gen - 16	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Feb - 16	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Mar - 16	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Apr - 16	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Mag - 16	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Giu - 16	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Lug - 16	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Ago - 16	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Set - 16	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Ott - 16	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Nov - 16	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Dic - 16	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Totale	-	-	-	-	-	-	-	-

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

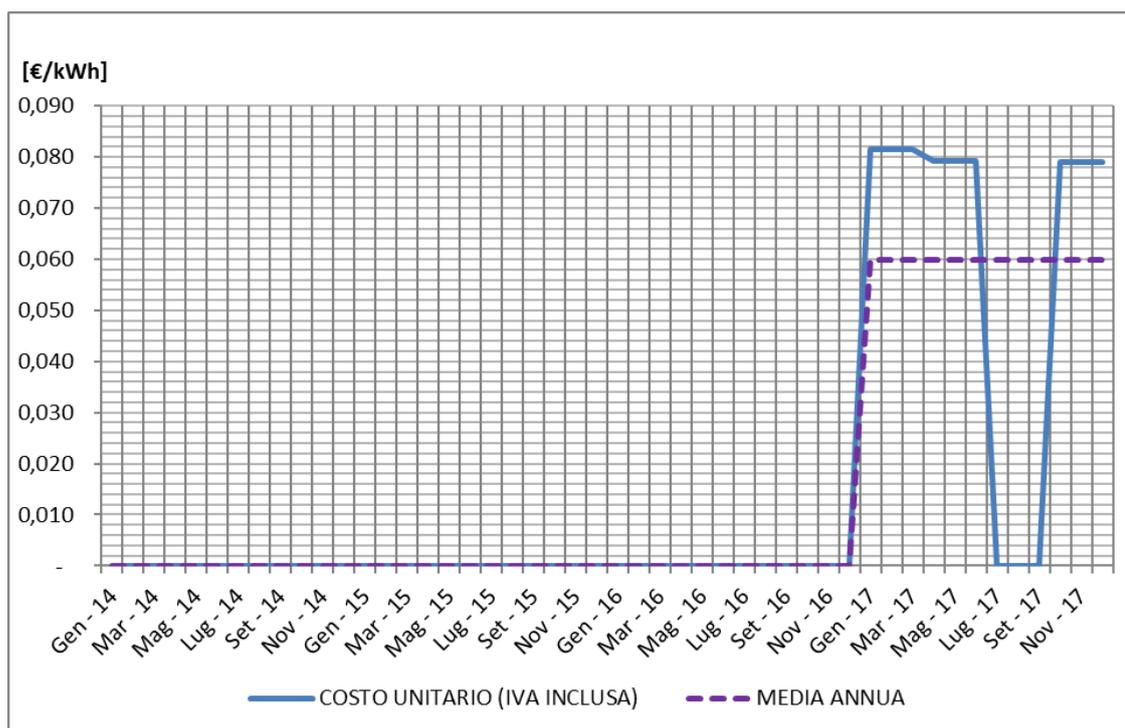
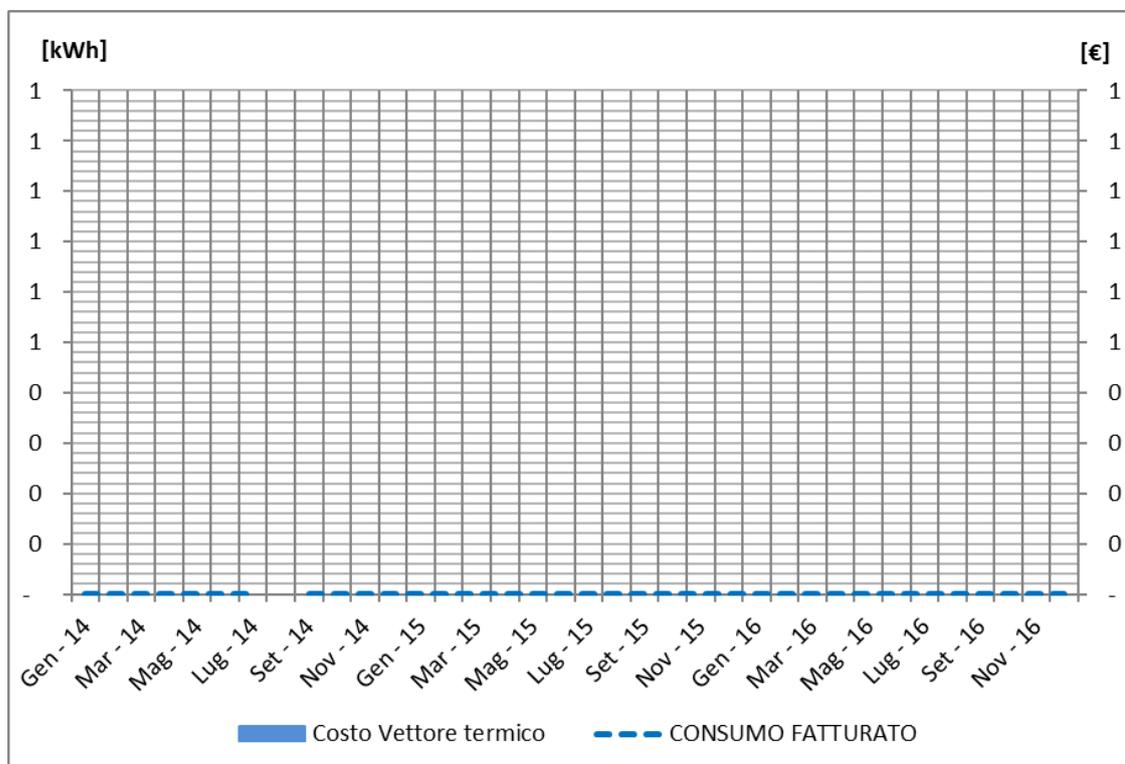


Figura 7.2 – Andamento dei consumi e dei costi dell’energia termica



7.1.2 Vettore elettrico

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

- POD IT001E00097472: contratto di fornitura del vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. E' stato quindi possibile effettuare un'analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura.

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

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

PDR: 3270049681833	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					(IVA INCLUSA)
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[kWh]	[€/kWh]
Gen - 14	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Feb - 14	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Mar - 14	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Apr - 14	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Mag - 14	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Giu - 14	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Lug - 14	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Ago - 14	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Set - 14	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Ott - 14	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Nov - 14	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Dic - 14	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Totale	-	-	-	-	-	-	-	#DIV/0!
PDR: 3270049681833	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO
ANNO 2015	[€]	PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					[€]
Gen - 15	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Feb - 15	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Mar - 15	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Apr - 15	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Mag - 15	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Giu - 15	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Lug - 15	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-

E758 Elementare Anna Frank - Materna Mary Poppins

Ago - 15	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Set - 15	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Ott - 15	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Nov - 15	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Dic - 15	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Totale	-	-	-	-	-	-	-	#DIV/0!
PDR: 3270049681833	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWh]	[€/kWh]
Gen - 16	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Feb - 16	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Mar - 16	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Apr - 16	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Mag - 16	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Giu - 16	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Lug - 16	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Ago - 16	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Set - 16	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Ott - 16	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Nov - 16	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Dic - 16	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Totale	-	-	-	-	-	-	-	#DIV/0!

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

POD: IT001E00097472	2014	2015	2015	2016	2016
Indirizzo di fornitura					
Dati di intestazione fattura	Comune di Genova	Comune di Genova	Comune di Genova	Comune di Genova	Comune di Genova
Società di fornitura	Edison	Edison	Gala	Gala	Iren
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	22,00 kW	22,00 kW	20,00 kW	20,00 kW	20,00 kW
Potenza elettrica disponibile	22,00 kW	22,00 kW	22,00 kW	22,00 kW	22,00 kW
Tipologia di contratto	Forniture in BT (escluso IP)	Forniture in BT (escluso IP)	Utenza altri usi	Utenza altri usi	Altri usi
Opzione tariffaria ⁽¹⁾	Genova-2013-NEW	Genova-2013-NEW	CONSIP EE12 - Lotto 2	CONSIP EE12 - Lotto 2	CONSIP13 VERDE - L0390
Prezzi del fornitura dell'energia elettrica ⁽²⁾	0,221	0,180	0,180	0,157	0,157

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.

E758 Elementare Anna Frank - Materna Mary Poppins

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

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

Nella Tabella 7.4 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: IT001E00097472	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]
Gen - 14	336	14	423	53	83	909	4.789
Feb - 14	304	14	540	48	91	996	3.813
Mar - 14	286	14	372	45	72	788	3.596
Apr - 14	230	14	329	36	61	669	2.900
Mag - 14	204	14	304	33	56	610	2.619
Giu - 14	123	14	205	20	36	397	1.597
Lug - 14	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	588
Ago - 14	35	14	102	6	16	172	502
Set - 14	136	14	218	22	39	428	1.751
Ott - 14	242	14	345	39	64	704	3.082
Nov - 14	248	14	358	40	66	726	3.215
Dic - 14	232	14	344	38	63	691	3.617
Totale	2.376	152	3.539	380	645	7.091	32.069
POD: IT001E00097472	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]
Gen - 15	264	13	379	45	70	771	3.617
Feb - 15	244	13	366	43	67	733	6.631
Mar - 15	224	13	354	42	63	697	3.346
Apr - 15	101	14	185	22	32	354	2.640
Mag - 15	102	14	192	23	33	363	2.668
Giu - 15	83	14	172	39	31	339	1.537
Lug - 15	78	14	172	18	28	311	605
Ago - 15	35	14	108	8	30	194	656
Set - 15	81	14	183	21	30	329	2.034
Ott - 15	146	14	340	43	54	598	3.452
Nov - 15	151	14	344	44	55	609	3.143
Dic - 15	307	14	326	51	58	757	3.248
Totale	1.815	166	3.122	400	552	6.056	33.577
POD: IT001E00097472	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]
Gen - 16	141	14	317	41	51	565	3.272

E758 Elementare Anna Frank - Materna Mary Poppins

Feb - 16	160	14	362	49	59	644	3.927
Mar - 16	316	14	293	39	66	728	3.132
Apr - 16	147	14	266	35	46	509	2.792
Mag - 16	176	14	290	39	52	571	3.101
Giu - 16	93	14	170	19	30	327	1.555
Lug - 16	58	14	114	10	20	216	817
Ago - 16	33	14	91	7	15	160	522
Set - 16	111	14	182	19	33	360	1.519
Ott - 16	238	14	277	36	57	623	2.895
Nov - 16	Fattura mancante	-	3.143				
Dic - 16	Fattura mancante	-	3.248				
Totale	1.473	144	2.362	294	427	4.701	29.923

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

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

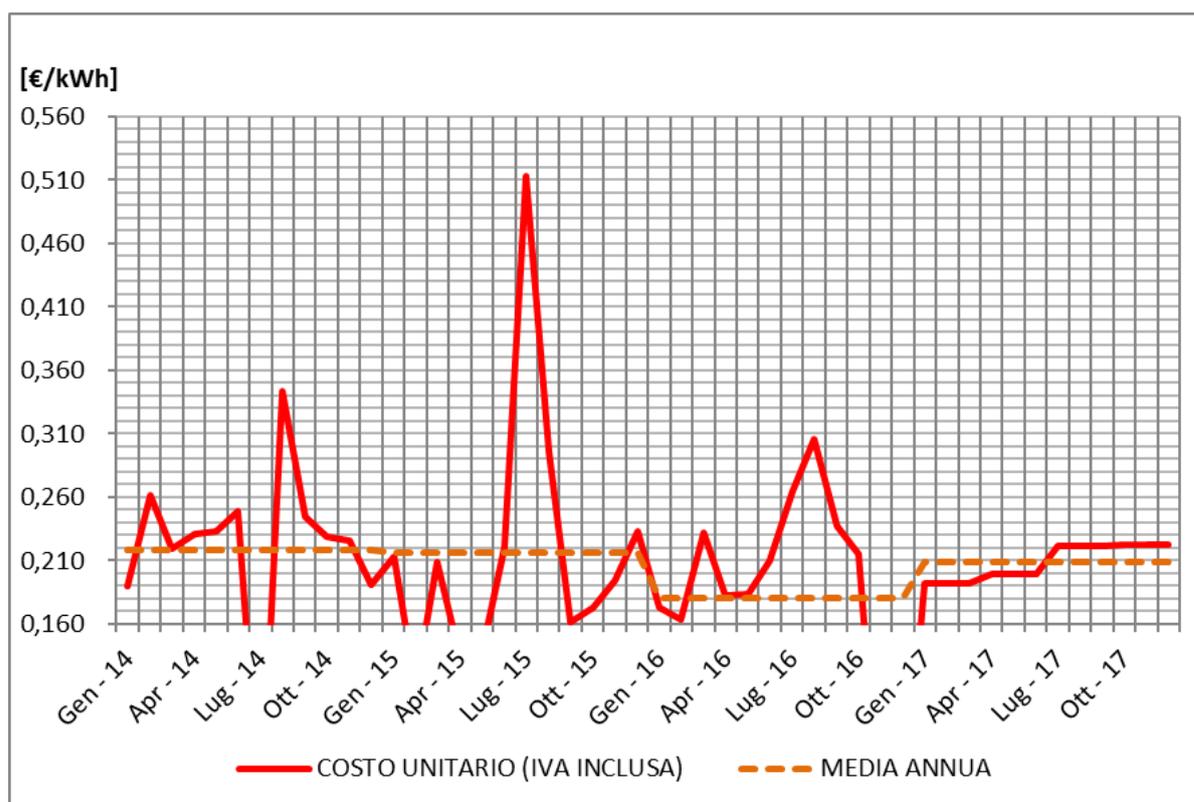
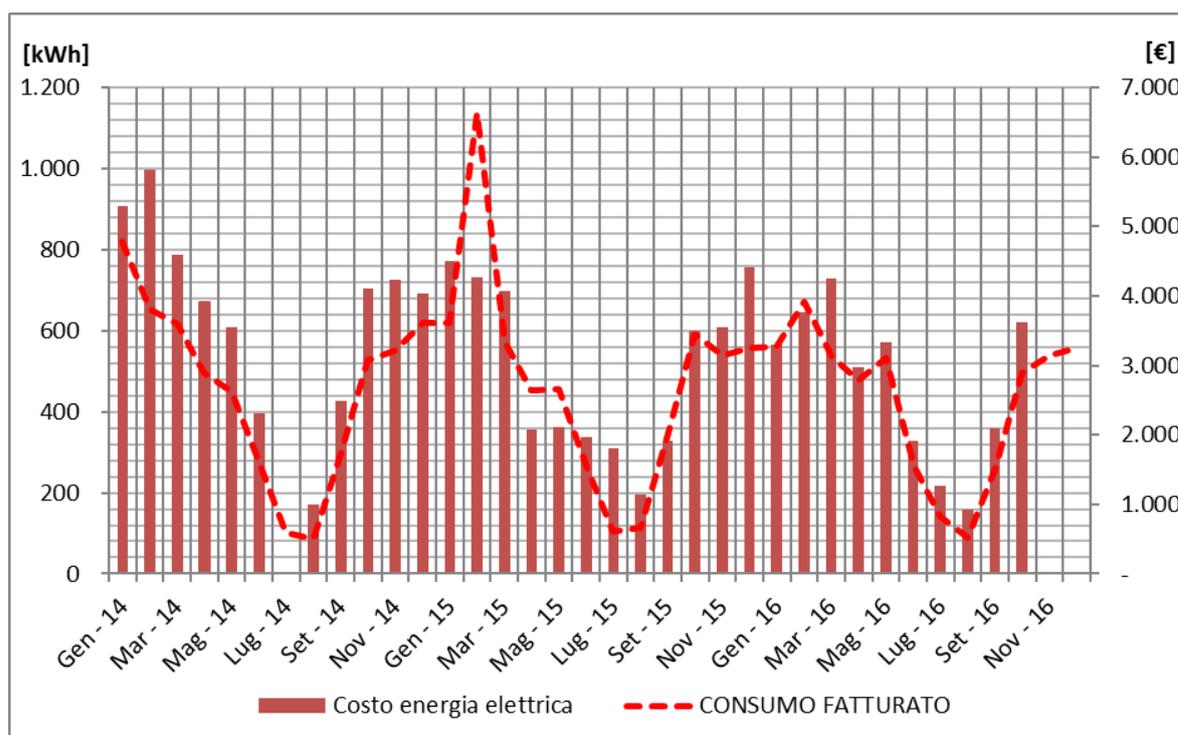


Figura 7.4 – Andamento dei consumi e dei costi dell'energia elettrica



Dall'analisi effettuata risulta evidente che l'andamento dei costi è stato molto variabile.

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	-	-	-	32.069	7.091	0,221	7.091
2015	-	-	-	33.577	6.056	0,180	6.056
2016 (*)	-	-	-	29.923	4.701	0,157	4.701
2017	-	-	0,081	-	-	0,209	-
Media	-	-	0,081	31.856	5.949	0,192	5.949

(*) Dati incompleti per mancanza di fatture

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	0,081	[€/kWh]
Costo unitario dell'energia elettrica	0,209	[€/kWh]

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

7.3 COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI

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

- L1-042-044: 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 26.394 €.

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

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

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

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

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

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

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo per la gestione e manutenzione ordinaria	Corrispettivo annuale relativo al contratto O&M in essere	C_{MO} 7.620	[€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Media relativa a gli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici	C_{MS} 2.026	[€/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:

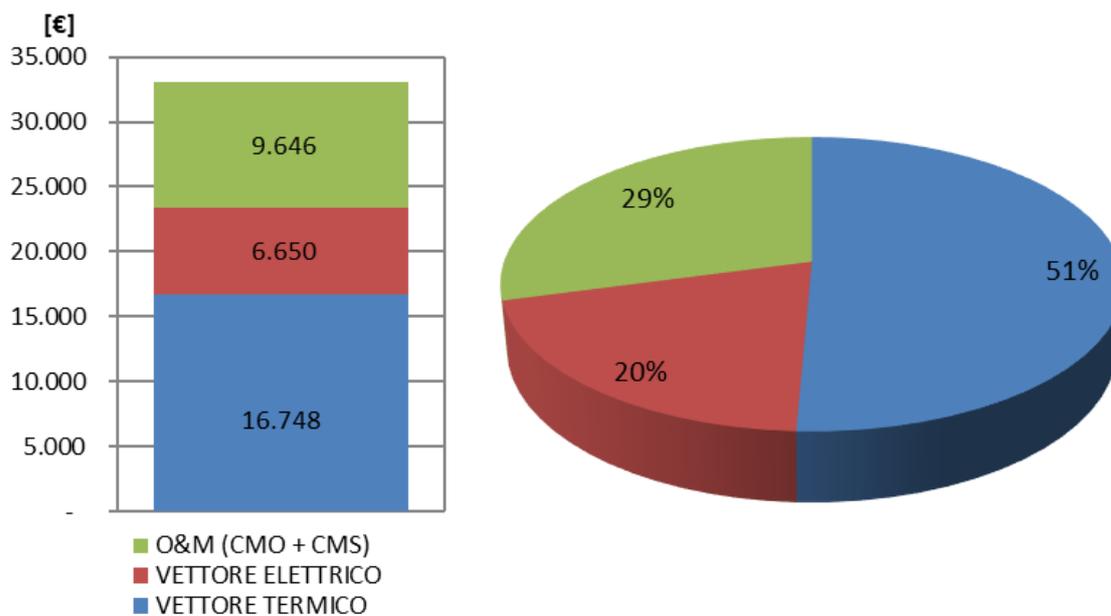
$$C_{baseline} = C_E + C_{MO} + C_{MS}$$

Ne risulta quindi un C_E pari a € 23.398 e un $C_{baseline}$ pari a € 33.044

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}	$C_Q + C_{EE} + C_M$
[kWh]	[€/kWh]	[€]	[kWh]	[€/kWh]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
207.755	0,081	16.748	31.856	0,209	6.650	9.646	7.620	2.026	33.044

Figura 7.5 – Baseline dei costi e loro ripartizione



8 IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA

8.1.1 Involucro

EEM1: Coibentazione a cappotto dell'involucro edilizio

Generalità

La misura prevede l'isolamento delle superfici disperdenti delimitanti il volume riscaldato al fine di aumentarne le prestazioni di scambio termico verso l'esterno e diminuire di conseguenza il fabbisogno energetico necessario per il riscaldamento.

Figura 8.1 – Esempio tipo di coibentazione a cappotto



Figura 8.2– Esempio di isolamento del solaio di copertura



Caratteristiche funzionali e tecniche

L'operazione consiste nell'applicare uno strato di materiale isolante direttamente in corrispondenza dell'involucro esterno, sia esso verticale o orizzontale. Per la sua realizzazione è necessario valutare che il sovraccarico causato dalla posa dei pannelli sia compatibile con la struttura e che il piano di posa sia impermeabilizzato.

L'isolamento costituisce una tecnica di retrofit per ridurre le dispersioni per trasmissione dell'involucro edilizio e per migliorare il comfort termico ed acustico degli utenti; si ottiene il miglioramento del comfort abitativo in quanto la presenza di un isolamento fa sì che la temperatura superficiale sia più vicina a quella ambiente, evitando la formazione di condensa e muffe sulla superficie interna. Lo strato isolante verrà posizionato quando possibile oltre lo strato resistente, in modo tale da proteggerlo dagli sbalzi termici, da sfruttarne l'inerzia termica e da diminuire il rischio di condensa interstiziale.

Poiché l'immobile ha un vincolo architettonico, si è ipotizzato che l'isolamento delle murature venga realizzato all'interno per non alterare l'aspetto esterno.

La copertura risulta essere in buono stato manutentivo, con guaina isolante che non presenta infiltrazioni e deterioramenti. Per questo motivo il solaio di copertura verrà isolato dall'interno, soluzione ritenuta fattibile dall'elevata altezza interpiano, e conveniente dal punto di vista economico.

Descrizione dei lavori

Sarà necessario scegliere tipologie di pannelli isolanti caratterizzati da ridotta conducibilità termica, elevata densità e buona permeabilità alla diffusione del vapore acqueo, al fine di ottenere una trasmittanza termica contenuta ed una buona permeabilità al vapore. L'intervento permette di ottenere riduzioni nei valori di trasmittanza termica fino all'80% - 90%, in relazione al tipo di isolamento realizzato.

Andrà inoltre verificata l'assenza di formazione di condensa.

Prestazioni raggiungibili

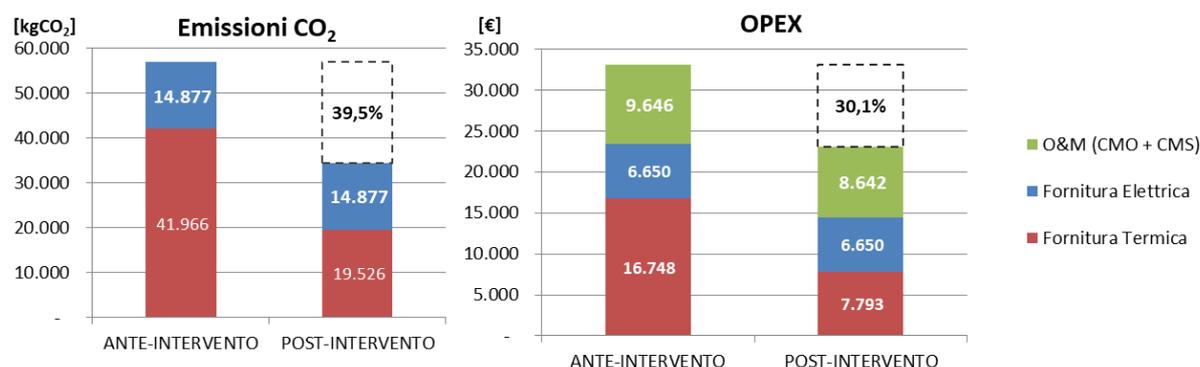
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM1 sono riportati nella Tabella 8.1

Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM1 – Coibentazione a Cappotto dell'involucro edilizio

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM1 -Trasmittanza media parete	[W/m ² K]	1,05	0,30	71,5%
Q _{teorico}	[kWh]	215.068	100.068	53,5%
EE _{teorico}	[kWh]	32.000	32.000	0,0%
Q _{baseline}	[kWh]	207.755	96.666	53,5%
EE _{Baseline}	[kWh]	31.856	31.856	0,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	41.966	19.526	53,5%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	14.877	14.877	0,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	56.843	34.403	39,5%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	16.748	7.793	53,5%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	6.650	6.650	0,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	23.398	14.443	38,3%
C _{MO}	[€]	7.620	6.744	11,5%
C _{MS}	[€]	2.026	1.898	6,3%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	9.646	8.642	10,4%
OPEX	[€]	33.044	23.085	30,1%
Classe energetica	[-]	G	E	+2 classi

Il risparmio sulla manutenzione deriverà da una ridotta accensione dell'impianto di riscaldamento, quindi da una minore probabilità di guasti e da una ridotta necessità di manutenzione sullo stesso. Inoltre il cappotto garantirà minor presenza di umidità e condensa.

Figura 8.3– EEM1: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO2 a partire dalla baseline



EEM2: Compartimentazione termica – Installazione di controsoffitti

Generalità

Il fabbisogno energetico necessario alla climatizzazione è fortemente dipendente dal volume che necessita di essere riscaldato e/o raffreddato.

L'installazione sull'involucro di soluzioni architettoniche che consentano la diminuzione della cubatura che necessita di climatizzazione possono contribuire notevolmente alla diminuzione del fabbisogno di energia necessaria in proposito.

Tali soluzioni dovranno sempre tener conto del comfort e del benessere degli utenti dell'edificio, rispettando i limiti architettonici imposti dalle vigenti normative in campo di salute e sicurezza.

Caratteristiche funzionali e tecniche

L'operazione consiste nell'installare un sistema di controsoffittatura ove consentito dall'altezza dei locali.

La controsoffittatura consente di diminuire il volume riscaldato e/o raffrescato senza compromettere il comfort interno dei locali, permettendo dunque una diminuzione del fabbisogno energetico necessario per la climatizzazione.

L'intervento prevede quindi l'installazione di un controsoffitto nelle aule, nei corridoi e nei bagni. Saranno interessati all'intervento i piani dal secondo in su, che hanno un'altezza dei soffitti maggiore di 4 m, per un'area totale di circa 1900 mq, e i pannelli verranno installati a quote tali da rendere l'altezza utile dei locali pari a 3m sia nelle aule sia nei corridoi e bagni. La conseguente diminuzione del volume riscaldato sarà del 21% circa.

Descrizione dei lavori

È prevista l'installazione di una struttura composta da profilati in acciaio su cui verrà applicato il controsoffitto in cartongesso.

Figura 8.4- Particolare installazione controsoffitti



Prestazioni raggiungibili

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

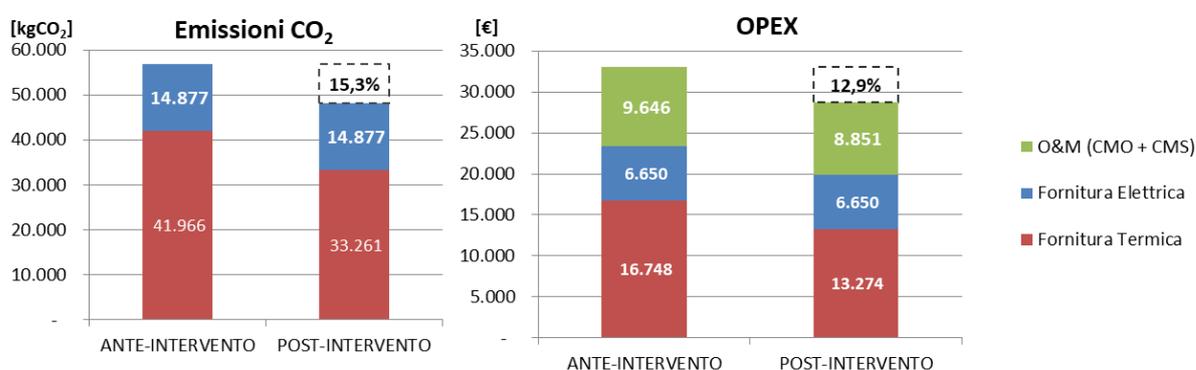
Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM2

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM2 –Volume netto riscaldato	[m ³]	11.716,00	9.201,00	21,5%
Q _{teorico}	[kWh]	215.068	170.455	20,7%
EE _{teorico}	[kWh]	32.000	32.000	0,0%
Q _{baseline}	[kWh]	207.755	164.659	20,7%
EE _{Baseline}	[kWh]	31.856	31.856	0,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	41.966	33.261	20,7%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	14.877	14.877	0,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	56.843	48.138	15,3%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	16.748	13.274	20,7%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	6.650	6.650	0,0%

Fornitura Energia, C _e	[€]	23.398	19.924	14,8%
C _{MO}	[€]	7.620	6.896	9,5%
C _{MS}	[€]	2.026	1.955	3,5%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	9.646	8.851	8,2%
OPEX	[€]	33.044	28.775	12,9%
Classe energetica	[-]	G	F	+1 classe

Il risparmio sulla manutenzione deriverà da una ridotta accensione dell'impianto di riscaldamento, quindi da una minore probabilità di guasti e da una ridotta necessità di manutenzione sullo stesso. Inoltre la Compartimentazione Termica garantirà minor dispersione di calore prodotto dai radiatori e quindi temperature costanti all'interno delle aule.

Figura 8.5– EEM2: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



8.1.2 Impianto riscaldamento

EEM3: Sostituzione del generatore di calore con altro ad alta efficienza

Generalità

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

L'installazione di un generatore di calore a condensazione ad alta efficienza consente di aumentare il rendimento di generazione, inteso come rapporto tra l'energia termica fornita al sistema di distribuzione e l'energia termica in ingresso al generatore (attualmente pari a circa l'87%). Inoltre, essendo l'attuale generatore piuttosto vetusto, con il tempo cresce il rischio di possibili rotture e quindi la sostituzione si configura come un intervento di manutenzione preventiva.

Figura 8.6- Particolare del generatore di calore attualmente installato



Caratteristiche funzionali e tecniche

L'intervento prevede il rifacimento completo della centrale termica.

In particolare l'intervento consiste nell'installazione di un nuovo sistema di produzione e distribuzione del calore di centrale.

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

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

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

Descrizione dei lavori

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

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

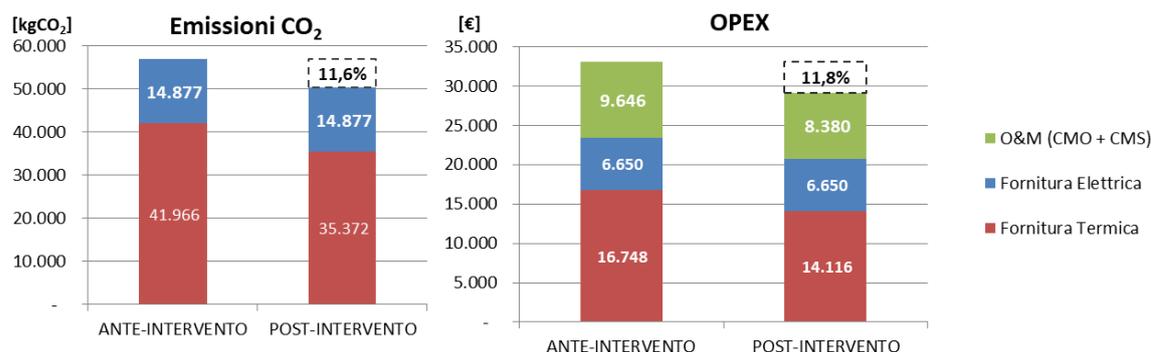
Prestazioni raggiungibili

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

Tabella 8.3– Risultati analisi EEM3

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM3 –Rendimento generatore	[%]	88,00	105,00	-19,3%
$Q_{teorico}$	[kWh]	215.068	181.270	15,7%
$EE_{teorico}$	[kWh]	32.000	32.000	0,0%
$Q_{baseline}$	[kWh]	207.755	175.107	15,7%
$EE_{baseline}$	[kWh]	31.856	31.856	0,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	41.966	35.372	15,7%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	14.877	14.877	0,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	56.843	50.248	11,6%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	16.748	14.116	15,7%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	6.650	6.650	0,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	23.398	20.766	11,2%
C_{MO}	[€]	7.620	6.462	15,2%
C_{MS}	[€]	2.026	1.918	5,3%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	9.646	8.380	13,1%
OPEX	[€]	33.044	29.147	11,8%
Classe energetica	[-]	G	F	+1 classe

Il risparmio sulla manutenzione deriverà da una ridotta accensione dell'impianto di riscaldamento, quindi da una minore probabilità di guasti e da una ridotta necessità di manutenzione sullo stesso.

Figura 8.7– EEM3: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline

EEM4 Installazione di valvole termostatiche e pompe inverter

Generalità

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

Figura 8.8– Esempio di valvola termostatica



Figura 8.9– Particolare delle pompe di circolazione



Caratteristiche funzionali e tecniche

Valvole termostatiche:

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

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

Pompe inverter:

L'utilizzo degli inverter per la modulare la velocità di rotazione dei motori consente di modificare l'effettiva portata dei circolatori alimentati in funzione dei carichi termici e delle prestazioni attese. Tale soluzione consente primariamente di ridurre i consumi energetici dei motori di pertinenza in presenza di carichi parziali. L'installazione di un inverter per ogni motore dei circolatori sul circuito permetterà all'impianto di seguire la curva di carico termico richiesta. La logica con cui si opererà sarà quella di parzializzare i dispositivi in funzione dell'effettivo carico termico, inserendo eventuali valvole e trasduttori di gestione automatica: tale soluzione risulta di estremo vantaggio specialmente nel corso delle stagioni intermedie.

Così facendo, si otterrà un considerevole risparmio energetico dovuto alla minore potenza assorbita dai motori e si potrà adattare la velocità delle pompe al carico termico richiesto istantaneo. Gli inverter preposti alla funzione dovranno essere dotati di controllo vettoriale di tensione, ed essere atti all'impiego con pompe in ambiente industriale. Con l'uso degli inverter, la portata viene regolata, variando il numero di giri

Prestazioni raggiungibili

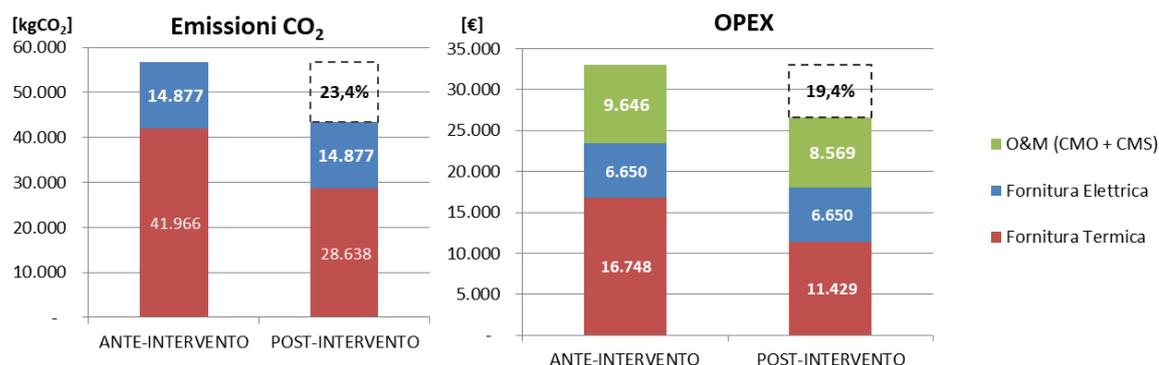
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM4 sono riportati nella Tabella 8.4

Tabella 8.4– Risultati analisi EEM4

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM4 –Rendimento regolazione + distribuzione	[%]	90,00	99,00	-10,0%
Q _{teorico}	[kWh]	215.068	146.761	31,8%
EE _{teorico}	[kWh]	32.000	32.000	0,0%
Q _{baseline}	[kWh]	207.755	141.770	31,8%
EE _{Baseline}	[kWh]	31.856	31.856	0,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	41.966	28.638	31,8%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	14.877	14.877	0,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	56.843	43.515	23,4%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	16.748	11.429	31,8%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	6.650	6.650	0,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	23.398	18.079	22,7%
C _{MO}	[€]	7.620	6.675	12,4%
C _{MS}	[€]	2.026	1.894	6,5%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	9.646	8.569	11,2%
OPEX	[€]	33.044	26.649	19,4%
Classe energetica	[-]	G	F	+1 classe

Il risparmio sulla manutenzione deriverà da una ridotta accensione dell'impianto di riscaldamento, quindi da una minore probabilità di guasti e da una ridotta necessità di manutenzione sullo stesso.

Figura 8.10– EEM4: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO2 a partire dalla baseline



8.1.3 Impianto di illuminazione ed impianto elettrico

EEM5: Installazione di impianto di illuminazione LED

Generalità

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

Caratteristiche funzionali e tecniche

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

Figura 8.11- Particolare dei corpi illuminanti attualmente installati



Descrizione dei lavori

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

Prestazioni raggiungibili

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

Tabella 8.5– Risultati analisi EEM5

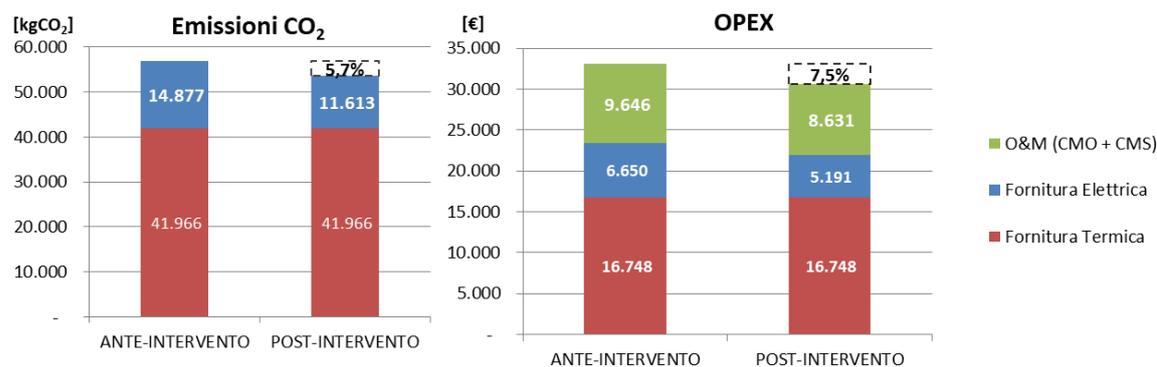
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM5 –Potenza Installata per Illuminazione	[W]	14.040,00	7.758,00	45,0%

E758 Elementare Anna Frank - Materna Mary Poppins

$Q_{teorico}$	[kWh]	215.068	215.068	0,0%
$EE_{teorico}$	[kWh]	32.000	24.980	21,9%
$Q_{baseline}$	[kWh]	207.755	207.755	0,0%
$EE_{baseline}$	[kWh]	31.856	24.868	21,9%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	41.966	41.966	0,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	14.877	11.613	21,9%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	56.843	53.580	5,7%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	16.748	16.748	0,0%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	6.650	5.191	21,9%
Fornitura Energia, C_E	[€]	23.398	21.939	6,2%
C _{MO}	[€]	7.620	6.858	10,0%
C _{MS}	[€]	2.026	1.772	12,5%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	9.646	8.631	10,5%
OPEX	[€]	33.044	30.570	7,5%
Classe energetica	[-]	G	G	+0 classe

Il risparmio sulla manutenzione deriverà dalla maggiore longevità dell'impianto costituito da lampade a led, che non necessitano di manutenzione.

Figura 8.12– EEM5: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO2 a partire dalla baseline



9 VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA

9.1 ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

Per la stima dei costi degli interventi, è stato utilizzato il Prezzario della Regione Liguria 2018 e, per le sole voci di prezzo ivi mancanti, il prezzario DEI Ristrutturazioni 2015 e DEI Impianti Elettrici 2017 cui sono stati applicati:

- Una riduzione del 10% sui prezzi unitari, per eliminare la quota di profitto dai prezzi unitari, inclusa in seguito nel PEF della ESCO;
- Un incremento del 3% sui prezzi unitari, per oneri legati alla sicurezza;
- Un incremento del 7% sui prezzi unitari, per oneri legati alla progettazione.

La stima degli importi per gli incentivi è stata calcolata secondo quanto previsto dal Decreto Interministeriale del 16 febbraio 2016 (Conto Termico).

EEM1: Coibentazione a cappotto dell'involucro edilizio

Nella [Tabella 8.6](#) è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 1, che consiste nella coibentazione a cappotto dell'involucro edilizio. La realizzazione di tale intervento da sola consente l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0.

Tabella 8.6 – Analisi dei costi della EEM1 – Coibentazione a cappotto dell'involucro edilizio

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO [€/m²cm]	PREZZO UNITARIO SCONTATO [€/m²cm]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
PR.A17.D01.010 Isolanti di origine minerale. Pannelli in silicato di calcio, per l'isolamento termoacustico a cappotto di facciate e soffitti; permeabili al vapore, antincendio, traspirabili, incombustibili (classe 0). Lambda = 0,045 W/mK spessore da 6 a 20 cm per ogni cm	Prezzario Regione Liguria	31650	m2*cm	€ 3,49	€ 3,14	€ 99.412,65	22%	€ 121.283,43
25.A05.E10.020 Scrostamento intonaco fino al vivo della muratura, interno, su muratura di mattoni, pietra o calcestruzzo	Prezzario Regione Liguria	3165	m2	€ 7,26	€ 6,53	€ 20.680,11	22%	€ 25.229,73
AT.N20.S20.040 Impalcature Montaggio e smontaggio trabattello con piano di lavoro h 4,00 m.	Prezzario Regione Liguria	96	cad	€ 39,97	€ 35,97	€ 2.647,61	22%	€ 3.230,09
25.A54.B40.010 Rasatura armata con malta preconfezionata a base minerale eseguita a due riprese fresco su fresco rifinita a frattazzo, con interposta rete in fibra di vetro o in poliestere compresa pulizia e preparazione del supporto con una mano di apposito primer. Per rivestimento di intere campiture con rete in fibra di vetro 4x4 da 150 gr/mq, spessore totale circa mm 4.	Prezzario Regione Liguria	3165	m2	€ 23,79	€ 21,41	€ 67.765,82	22%	€ 82.674,29
20.A54.B10.010 Intonaco interno in malta cementizia strato aggrappante a base di cemento portland, sabbie classificate ed additivi specifici spessore 5 mm circa.	Prezzario Regione Liguria	3165	m2	€ 4,80	€ 4,32	€ 13.672,80	22%	€ 16.680,82

20.A90.B20.010	Tinteggiatura di superfici murarie interne, con idropittura lavabile a base di polimero acrilico in emulsione acquosa (prime due mani)	Prezzario Regione Liguria	3165	m2	€ 6,95	€ 6,26	€ 34.590,15	22%	€ 42.199,98
	Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 7.163,07	22%	€ 8.738,95
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 16.713,84	22%	€ 20.390,88
TOTALE (I₀ – EEM1)							€ 262.646	22%	€ 320.428
Incentivi	[Conto termico]								€ 128.171,27
Durata incentivi									5
Incentivo annuo									€ 25.634,25

EEM2: Compartimentazione termica – installazione di controsoffitti

Nella Tabella 8.7 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 2, che consiste nella realizzazione di controsoffitti per la compartimentazione termica.

Tabella 8.7 – Analisi dei costi della EEM2 – Compartimentazione termica- installazione di controsoffitti

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)	
				[€/n° o €/m ²]	[€/n° o €/m ²]	[€]	[€]	[€]	
B55004a	Controsoffitto realizzato con lastre di cartongesso, reazione al fuoco Euroclasse A1 - s1, d0, fissate mediante viti autopercoranti ad una struttura costituita da profilati in lamiera di acciaio zincato dello spessore di 6/10 mm ad interasse di 600 mm, comprese la stessa struttura e la stuccatura dei giunti:	DEI - ristruttur. 2015	1934	m2	€ 28,96	€ 26,06	€ 50.407,78	22%	€ 61.497,49
AT.N20.S20.040	Impalcature Montaggio e smontaggio trabattello con piano di lavoro h 4,00 m.	Prezzario Regione Liguria	64	cad	€ 39,97	€ 35,97	€ 2.647,61	22%	€ 3.230,09
20.A90.B20.010	Tinteggiatura di superfici murarie interne, con idropittura lavabile a base di polimero acrilico in emulsione acquosa (prime due mani)	Prezzario Regione Liguria	1934	m2	€ 6,95	€ 6,26	€ 34.590,15	22%	€ 42.199,98
	Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 2.629,37	22%	€ 3.207,83
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 6.135,19	22%	€ 7.484,93
TOTALE (I₀ – EEM2)						€ 96.410	22%	€ 117.620	

EEM3: Sostituzione del generatore di calore con altro ad alta efficienza

Nella Tabella 8.8 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 3, che consiste nella sostituzione del generatore di calore attualmente presente con uno a condensazione ad alta efficienza. La realizzazione di tale intervento da sola non consente l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0.

Tabella 8.8– Analisi dei costi della EEM3 – Sostituzione del generatore di calore con altro ad alta efficienza

DESCRIZIONE	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	TOTALE	IVA	TOTALE
-------------	----------	------	-----------------	--------	-----	--------

	FONTE PREZZO UTILIZZATO				PREZZO	(IVA	(IVA		
					UNITARIO	ESCLUSA)	INCLUSA)	[€/n° o	[€/n° o
					€/m ²]	€/m ²]	[€]	[€]	[€]
PR.C76.B10.035	Caldaie a condensazione a basamento, corpo in lega di alluminio-silicio-magnesio con scambiatore primario a basso contenuto d'acqua, classe 5 NOx, rendimento energetico a 4 stelle in base alle direttive europee, bruciatore modulante con testata metallica ad irraggiamento, compreso il pannello di comando montato sul mantello di rivestimento, della potenza termica nominale di: 396 Kw circa	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 21.536,63	€ 19.382,97	€ 19.382,97	22%	€ 23.647,22
PR.C84.C05.510	Sistema fumario prefabbricato a sezione circolare, con giunti maschio-femmina con profilo conico a elementi modulari a doppia parete acciaio inox (parete interna AISI316L e parete esterna AISI304), coibentazione 25mm in lana di roccia pressata, senza guarnizioni di tenuta Coppa di scarico condensa Ø 200 mm	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 203,67	€ 183,30	€ 183,30	22%	€ 223,63
40.C10.B10.120	Sola posa in opera di bruciatore per caldaie, compresi la lavorazione della piastra di collegamento alla caldaia, la sola posa della rampa gas e del dispositivo di controllo tenuta valvola, i collegamenti elettrici, i collegamenti alla tubazione del combustibile a metano o gasolio: per generatori di calore da 101 Kw a 350 Kw	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 392,78	€ 353,50	€ 353,50	22%	€ 431,27
PR.C76.A30.020	Accessori per caldaie a condensazione: Tubi Ø 80mm della lunghezza 1 m	Prezzario Regione Liguria	5	cad	€ 21,13	€ 19,02	€ 95,09	22%	€ 116,00
PR.C76.A30.015	Accessori per caldaie a condensazione: Kit scarichi separati per tubi Ø 80mm	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 28,46	€ 25,61	€ 25,61	22%	€ 31,25
40.F10.H10.030	Sola posa in opera di accessori per impianti di termoregolazione compresi collegamenti elettrici: sonde in genere	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 120,60	€ 108,54	€ 108,54	22%	€ 132,42
40.F10.H10.040	Sola posa in opera di accessori per impianti di termoregolazione compresi collegamenti elettrici: interruttore orologio da inserire in quadro elettrico	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 29,71	€ 26,74	€ 26,74	22%	€ 32,62
PR.C74.C10.010	Interruttore orario digitale modulare per la programmazione settimanale a due canali	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 146,74	€ 132,07	€ 132,07	22%	€ 161,12
PR.C74.E05.030	Sonde di temperatura e umidità: sola temperatura, per impianti civili e industriali per esterno	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 76,47	€ 68,82	€ 68,82	22%	€ 83,96
RU.M01.A01.030	Opere edili Operaio Qualificato	Prezzario Regione Liguria	15	h	€ 34,41	€ 30,97	€ 464,54	22%	€ 566,73

E758 Elementare Anna Frank - Materna Mary Poppins

RU.M01.E01.020	Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezzario Regione Liguria	15	h	€ 31,88	€ 28,69	€ 430,38	22%	€ 525,06
20.A15.B10.015	Trasporto a discarica o a centro di riciclaggio di materiali di risulta provenienti da scavi e/o demolizioni, misurato su autocarro in partenza, esclusi gli eventuali oneri di discarica o smaltimento, eseguito con piccolo mezzo di trasporto con capacità di carico fino a 3 t. per ogni chilometro del tratto oltre i primi 5 km e fino al decimo km.	Prezzario Regione Liguria	50	m³km	€ 4,72	€ 4,25	€ 212,40	22%	€ 259,13
	Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 644,52	22%	€ 786,31
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 1.503,88	22%	€ 1.834,73
TOTALE (I₀ – EEM3)							€ 23.632	22%	€ 28.831

EEM4: Installazione di valvole termostatiche e pompe inverter

Nella [Tabella 8.9](#) è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 4, che consiste nell'installazione di valvole termostatiche e pompe funzionanti a numeri di giri variabile per permettere una regolazione in portata. La realizzazione di tale intervento da sola non consente l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0.

Tabella 8.9– Analisi dei costi della EEM4 – Installazione di valvole termostatiche e pompe inverter

	DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
					[€/n° o €/m ²]	[€/n° o €/m ²]	[€]	[€]	[€]
PR.C17.A15.010	Valvole micrometriche a squadra complete di testa termostatica con elemento sensibile a gas: Ø 15 mm	Prezzario Regione Liguria	74	cad	€ 35,42	€ 31,88	€ 2.358,97	22%	€ 2.877,95
PR.C47.H10.120	Circolatori per impianti di riscaldamento e condizionamento a velocità variabile, regolate elettronicamente, classe di protezione IP44, classe energetica A, 230V, del tipo: versione gemellare con attacchi flangiati, Ø 40, PN6-10, prevalenza da 1 a 12 m, portata da 1 a 18 m³/h	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 2.182,13	€ 1.963,92	€ 1.963,92	22%	€ 2.395,98
PR.C47.H10.030	Circolatori per impianti di riscaldamento e condizionamento a velocità variabile, regolate elettronicamente, classe di protezione IP44, classe energetica A, 230V, del tipo: versione singola, PN10, con attacchi filettati Ø 1 1/4", prevalenza da 1 a 7 m, portata da 1 a 8 m³/h	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 509,48	€ 458,53	€ 458,53	22%	€ 559,41
40.E10.A10.040	Sola posa in opera di pompe e/o circolatori singoli o gemellari per fluidi caldi o freddi, compreso bulloni, guarnizioni e il collegamento alla linea elettrica, escluse le flange. Per attacchi del diametro nominale di:	Prezzario Regione Liguria	2	cad	€ 97,34	€ 87,61	€ 175,21	22%	€ 213,76

maggiore di 80 mm fino a 100 mm

PR.E40.B05.210	Interruttore automatico magnetotermico con potere di interruzione 4,5KA bipolare fino a 32 A - 230 V	Prezzario Regione Liguria	2	cad	€ 22,69	€ 20,42	€ 40,84	22%	€ 49,83
RU.M01.E01.020	Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezzario Regione Liguria	28	h	€ 31,88	€ 28,69	€ 793,81	22%	€ 968,45
	Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 173,74	22%	€ 211,96
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 405,39	22%	€ 494,58
TOTALE (I₀ – EEM4)							€ 6.370	22%	€ 7.772

EEM5: Installazione di impianto di illuminazione a led

Nella [Tabella 8.10](#) è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 5, che consiste nella sostituzione dei corpi illuminanti attualmente presenti con altri utilizzando la tecnologia LED.

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

Tabella 8.10 – Analisi dei costi della EEM5 – Installazione di impianto di illuminazione a led

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)	
				[€/n° o €/m ²]	[€/n° o €/m ²]	[€]	[€]	[€]	
045161b	Plafoniera stagna rettangolare, corpo in policarbonato autoestinguente, schermo in policarbonato autoestinguente trasparente prismatico internamente, per installazione a parete, plafone o a sospensione, apparecchio con grado di protezione IP 66, lampade LED temperatura di colore 4000 K, alimentazione 230 V c.a.: bilampada: lunghezza 1.300 mm, 36 W, 5.830 lm	DEI Imp. Ele. 2017	143	cad	€ 156,66	€ 140,99	€ 20.162,14	22%	€ 24.597,81
045129b	Apparecchio ad incasso con corpo in alluminio, lampada led temperatura di colore 3000 K, alimentatore incorporato, riflettore in alluminio cromato, classe di isolamento 1, grado di protezione IP 23, alimentazione 230 V 50 Hz, classe energetica A, apertura del fascio 95°: potenza 20 W, equivalente a 36 W fluorescente, Ø 190 mm	DEI Imp. Ele. 2017	14	cad	€ 98,61	€ 88,75	€ 1.242,49	22%	€ 1.515,83
	Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 642,14	22%	€ 783,41
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 1.498,32	22%	€ 1.827,96
TOTALE (I₀ – EEM5)						€ 23.545	22%	€ 28.725	
Incentivi	[Conto termico]							€ 11.490,00	
Durata incentivi								5	
Incentivo annuo								€ 2.298,00	

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:

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: Coibentazione a cappotto dell'involucro edilizio

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

Tabella 8.11 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM1- Coibentazione a cappotto dell'involucro edilizio

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	320.428
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	30
Incentivo annuo	B	€/anno	25.634
Durata incentivo	n_B	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	1,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	28,2	16,5
Tempo di rientro attualizzato	TRA	37,4	20,8
Valore attuale netto	VAN	-65.583	55.243
Tasso interno di rendimento	TIR	0,2%	3,9%
Indice di profitto	IP	-0,20	0,17

I flussi di cassa rappresentativi dell'analisi sono riportati nelle Figura 8.13 e Figura 8.14.

Figura 8.13 –EEM1: Flussi di Cassa, con e senza incentivi

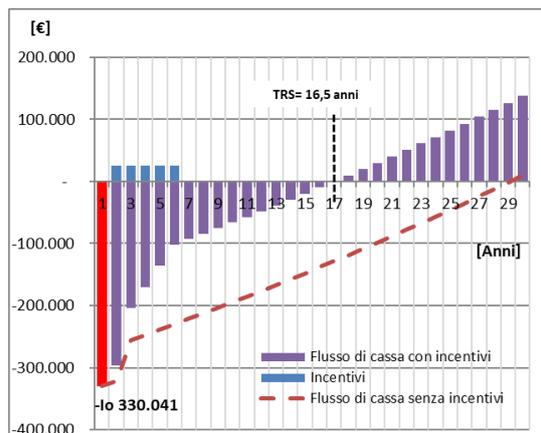
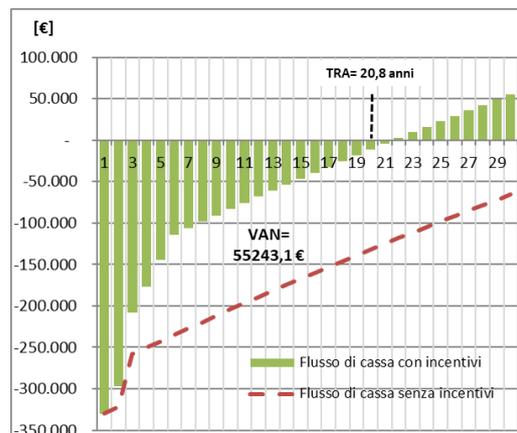


Figura 8.14– EEM1: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che grazie al contributo degli incentivi (Conto Termico), l'investimento è remunerativo, con un VAN di 55.243 € (IP pari a 0,17). I tempi di ritorno semplice ed attualizzato sono entrambi ampiamente inferiori ai 30 anni di vita utile stimata per l'intervento (16,5 e 20,8 anni rispettivamente).

EEM2: Compartimentazione termica – Installazione di controsoffitti

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

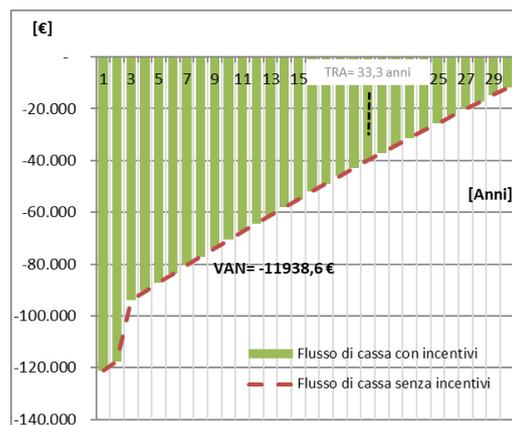
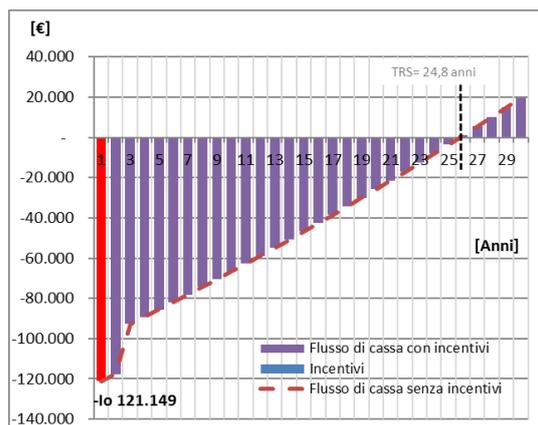
Tabella 8.12 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM2- Coibentazione a cappotto dell'involucro edilizio

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	117.620
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n _{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	30
Incentivo annuo	B	€/anno	-
Durata incentivo	n _B	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	1,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	
Tempo di rientro semplice	TRS	24,8	
Tempo di rientro attualizzato	TRA	33,3	
Valore attuale netto	VAN	-11.939	
Tasso interno di rendimento	TIR	1,1%	
Indice di profitto	IP	-0,10	

I flussi di cassa rappresentativi dell'analisi sono riportati nelle Figura 8.15 e Figura 8.16.

Figura 8.15– EEM2: Flussi di Cassa, con e senza incentivi

Figura 8.16 – EEM2: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso l'intervento ha tempi di ritorno (24,8 anni e 33,3 anni con flussi di cassa attualizzati) leggermente al di sopra della vita media stimabile per l'intervento. Risulta quindi un investimento non remunerativo (VAN < 0).

EEM3: Sostituzione del generatore di calore con altro ad alta efficienza

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

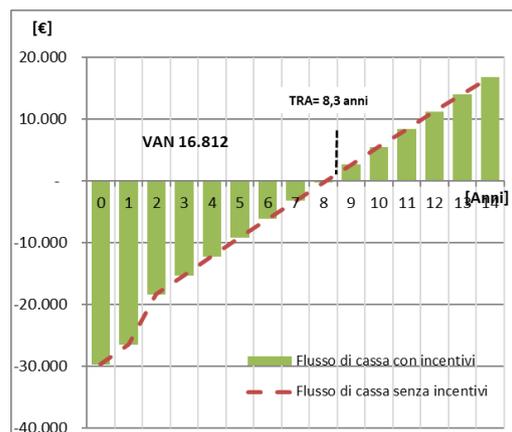
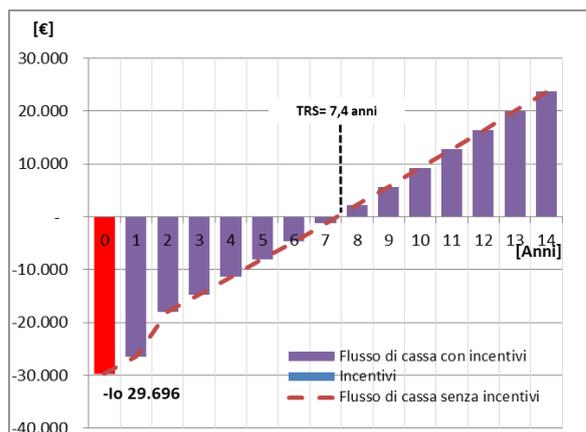
Tabella 8.13 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM3– Sostituzione del Generatore di Calore

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	28.831
Oneri Finanziari % l_0	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	15
Incentivo annuo	B	€/anno	-
Durata incentivo	n_b	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	1,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	
Tempo di rientro semplice	TRS	7,4	
Tempo di rientro attualizzato	TRA	8,3	
Valore attuale netto	VAN	16.812	
Tasso interno di rendimento	TIR	9,7%	
Indice di profitto	IP	0,58	

I flussi di cassa rappresentativi dell'analisi sono riportati nelle Figura 8.17 e Figura 8.18.

Figura 8.17– EEM3: Flussi di Cassa, con e senza incentivi

Figura 8.18– EEM3: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che L'investimento è remunerativo, con un VAN positivo di 16.812 €. I tempi di ritorno semplice ed attualizzato sono entrambi inferiori ai 15 anni (7,4 e 8,3 anni rispettivamente), compatibili con la vita utile tecnologica del componente installato.

L'intervento risulterebbe più interessante in abbinamento con altre misure a lungo termine, soprattutto in abbinamento all'installazione delle Valvole termostatiche che permetterebbe di accedere all'incentivo del Conto Termico.

EEM4: Installazione valvole termostatiche e pompe inverter

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

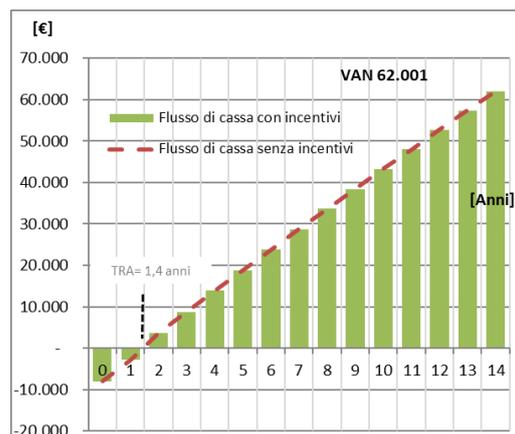
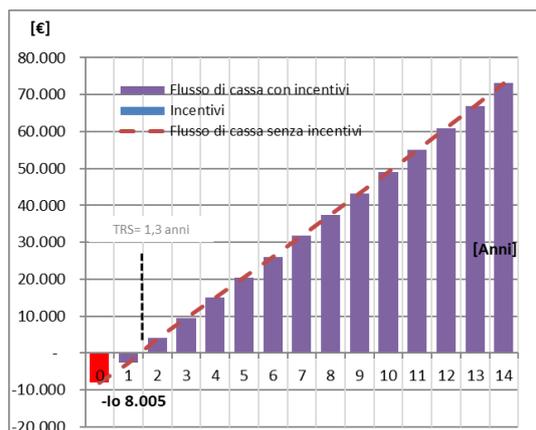
Tabella 8.14 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM4– Installazione valvole termostatiche e pompe inverter

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	7.772
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	15
Incentivo annuo	B	€/anno	-
Durata incentivo	n_B	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	1,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	
Tempo di rientro semplice	TRS	1,3	
Tempo di rientro attualizzato	TRA	1,4	
Valore attuale netto	VAN	62.001	
Tasso interno di rendimento	TIR	71,4%	
Indice di profitto	IP	7,98	

I flussi di cassa rappresentativi dell'analisi sono riportati nelle Figura 8.19 e Figura 8.20.

Figura 8.19– EEM4: Flussi di Cassa, con e senza incentivi

Figura 8.20– EEM4: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'investimento non è remunerativo, con un VAN di oltre 66.000 € a fronte di un investimento di circa 7.000 € (IP pari a 7,98). I tempi di ritorno semplice ed attualizzato sono entrambi inferiori ai 5 anni (1,3 e 1,4 anni rispettivamente), compatibili con la vita utile tecnologica del componente installato.

EEM5: Installazione di impianto di illuminazione LED

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

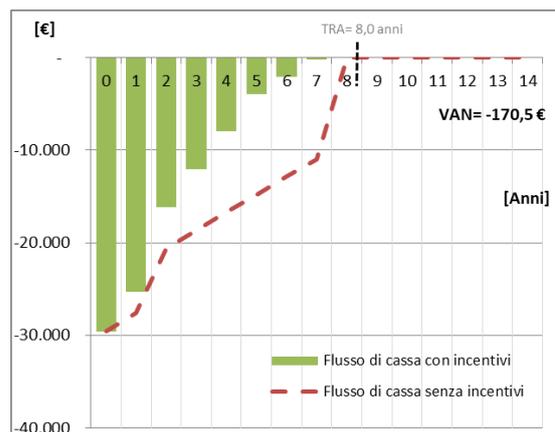
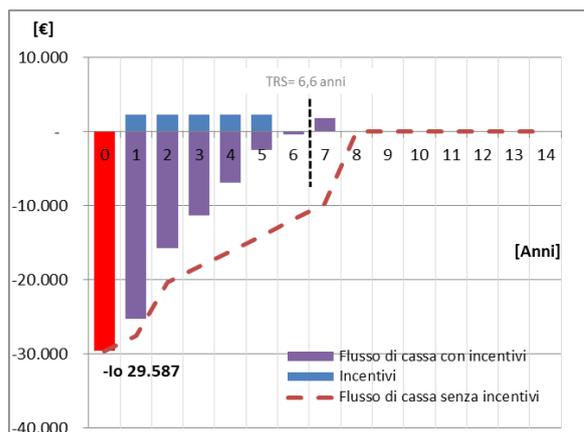
Tabella 8.15 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM5– Installazione di impianto di illuminazione LED

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	28.725
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	8
Incentivo annuo	B	€/anno	2.298
Durata incentivo	n_b	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	1,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	11,9	6,6
Tempo di rientro attualizzato	TRA	12,7	8,0
Valore attuale netto	VAN	-11.002	-171
Tasso interno di rendimento	TIR	-10,1%	1,8%
Indice di profitto	IP	-0,38	-0,01

I flussi di cassa rappresentativi dell'analisi sono riportati nelle Figura 8.21 e Figura 8.22.

Figura 8.21 – EEM5: Flussi di Cassa, con e senza incentivi

Figura 8.22– EEM5: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Come da tabella estratta dal Cap. 2.6 del documento "LINEE GUIDA alla presentazione dei progetti per il Programma per la Riqualificazione Energetica degli edifici della Pubblica Amministrazione Centrale PREPAC (D.M. 16 Settembre 2016)" Elaborato da ENEA e GSE nel 2017, è stata considerata una vita utile per l'intervento di 8 anni. Come si vede dal grafico il tempo di ritorno dell'intervento è superiore alla vita utile e l'investimento non risulta remunerativo, poiché il costo dell'intervento è elevato rispetto alla spesa elettrica ed al conseguente risparmio ipotizzabile. Tuttavia si ritiene che l'intervento possa avere una vita utile reale più lunga (15 anni) che renda comunque giustificabile la realizzazione dell'intervento.

Sintesi

La sintesi della valutazione economico – finanziaria delle EEM proposte è riportata nelle Tabella 8.16 e Tabella 8.17.

Tabella 8.16 - Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso senza incentivi

SENZA INCENTIVO												
	% ΔE	% Δ_{CO_2}	ΔC_E	ΔC_{MO}	ΔC_{MS}	I_0	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]
EEM 1	38,3%	39,5%	8.955,30€	876,30€	127,60€	320.428,00€	28,2	37,4	30	-65.583,00€	0,2%	-0,20
EEM 2	14,8%	15,3%	3.474,10€	723,90€	70,90€	177.620,00€	24,8	33,3	30	-11.939,00€	1,10%	-0,10
EEM 3	11,2%	11,6%	2.631,90 €	1.158,30€	107,40€	28.831,00€	7,4	8,3	15	16.812,00€	9,7%	0,58
EEM 4	22,7%	23,4%	5.319,20€	944,90€	131,70€	7.772,00€	1,3	1,4	15	62.001,00€	71,4%	7,98
EEM 5	6,2%	5,7%	1.458,90€	762,00 €	253,20€	28.725 ,00€	11,9	12,7	8	-11.002,00 €	-10,1%	-0,38

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

- % ΔE 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 in assenza di incentivi le EEM 1, 2 e 5 non sono remunerative, e presentano un IP negativo.

Tabella 8.17 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso con incentivi

CON INCENTIVO												
	% Δ_E	% Δ_{CO_2}	ΔC_E	ΔC_{MO}	ΔC_{MS}	I_0	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]
EEM 1	38,3%	39,5%	8.955,30€	876,30€	127,60€	320.428,00€	16,5	20,8	30	55.243 €	3,9%	0,17
EEM 2	14,8%	15,3%	3.474,10€	723,90€	70,90€	177.620,00€	24,8	33,3	30	-11.939,00€	1,10%	-0,10
EEM 3	11,2%	11,6%	2.631,90 €	1.158,30€	107,40€	28.831,00€	7,4	8,3	15	16.812,00€	9,7%	0,58
EEM 4	22,7%	23,4%	5.319,20€	944,90€	131,70€	7.772,00€	1,3	1,4	15	62.001,00€	71,4%	7,98
EEM 5	6,2%	5,7%	1.458,90€	762,00 €	253,20€	28.725 ,00€	6,6	8,0	8	171,00 €	1,8 %	-0,01

Dall'analisi dei risultati emerge che sia per l'EEM 1 che per l'EEM 5 l'incentivo è sufficiente a rendere gli interventi convenienti.

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 proposte, di cui sia stata accertata la fattibilità tecnica ed economica, che consentano un miglioramento del parametro di efficienza energetica dell'edificio superiore a due classi.

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

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

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

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

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

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

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

Dove:

- Kd è costo del debito, sarà ipotizzato pari a 3.82%
- Ke è il costo dell'equity, ossia il rendimento atteso dall'investitore, sarà ipotizzato pari a 9.00%
- D è il Debito, pari a 80% di I₀
- E è l'Equity, pari a 20% di I₀
- $\frac{D}{D+E}$ 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) abbinata 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: Generatore di calore + Valvole e pompe + LED:** Tale scenario consiste nella realizzazione di alcune delle EEM precedentemente descritte. In particolare si prevede la sostituzione del generatore di calore con uno a condensazione (EEM3), l'installazione di valvole termostatiche e pompe inverter (EEM4) e la sostituzione dei corpi illuminanti presenti con altri a tecnologia LED (EEM5). L'integrazione delle prime due EEM (generatore di calore a condensazione + valvole termostatiche) permette di accedere agli incentivi del conto termico, in misura del 40% del costo sostenuto per l'intervento EEM3.
- Scenario 2: Cappotto + Generatore di calore + Valvole e pompe + LED:** Tale scenario consiste nella coibentazione a cappotto dell'involucro edilizio (EEM1), la sostituzione del generatore di calore con uno a condensazione (EEM3), l'installazione di valvole termostatiche (EEM4) e la sostituzione dei corpi illuminanti presenti con altri a tecnologia LED (EEM5). L'integrazione delle EEM 1 + 3 (generatore di calore a condensazione + cappotto) permette di accedere agli incentivi del conto termico, in misura del 55% del costo sostenuto per i singoli interventi.

9.3.1 Scenario 1: Generatore di calore + Valvole + LED

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

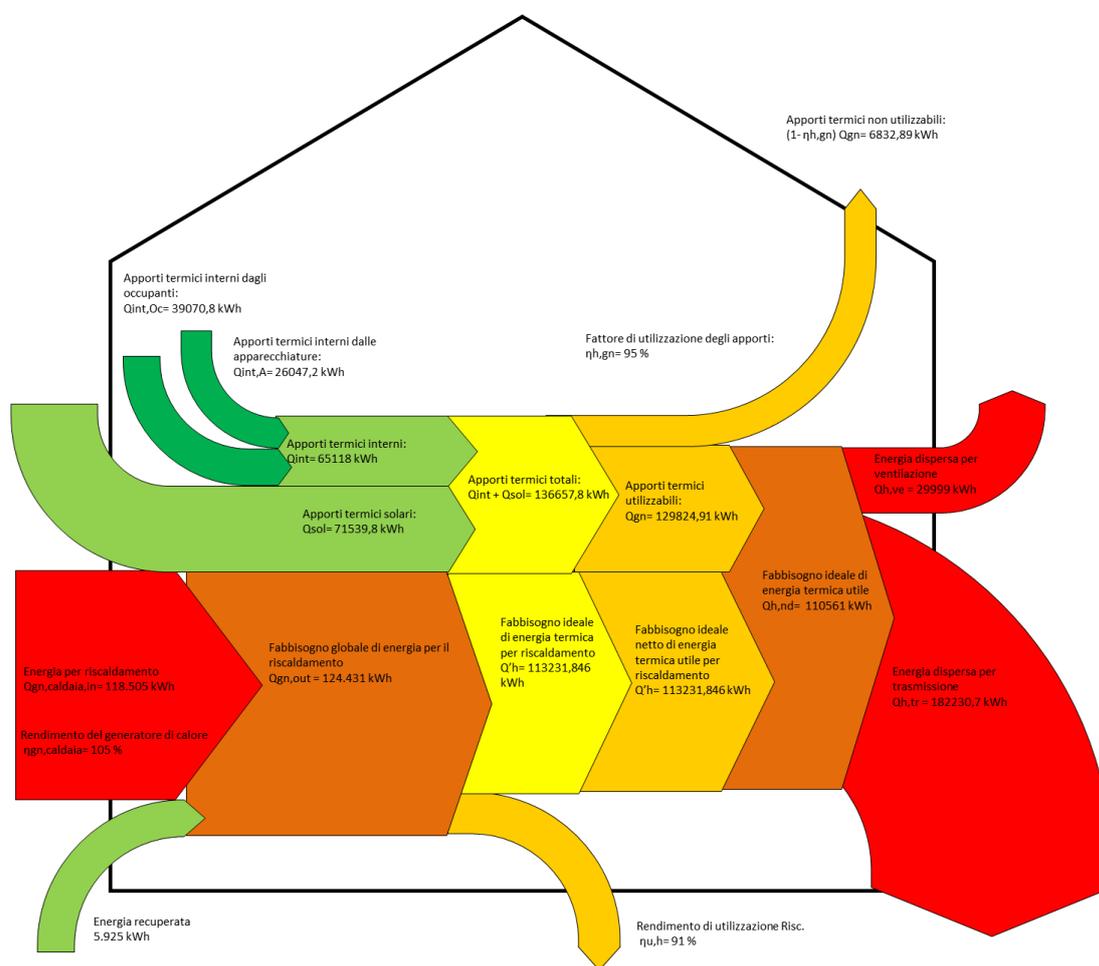
Tabella 8.18– Combinazione di EEM proposta per lo scenario 1

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE		TOTALE
	(IVA ESCLUSA)	IVA AL 22%	(IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM3 GENERATORE Fornitura & Posa	€ 23.632	€ 5.199	€ 28.831
EEM4 VALVOLE E POMPE Fornitura & Posa	€ 6.370	€ 1.402	€ 7.772
EEM5 LED Fornitura & Posa	€ 23.545	€ 5.180	€ 28.725
Costi per la sicurezza	3% imponibile		
Costi per la progettazione	7% imponibile		
TOTALE (I₀)	€ 53.548	€ 11.780	€ 65.328
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO}	C _{MS}	C _M
	(IVA INCLUSA)	(IVA INCLUSA)	(IVA INCLUSA)

	[€]	[€]	[€]
SCN 1 O&M	€ 6.592	€ 1.969	€ 8.561
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	
		[€]	
Incentivi	[Conto termico]	€ 23.022	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		€ 4.604	

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.

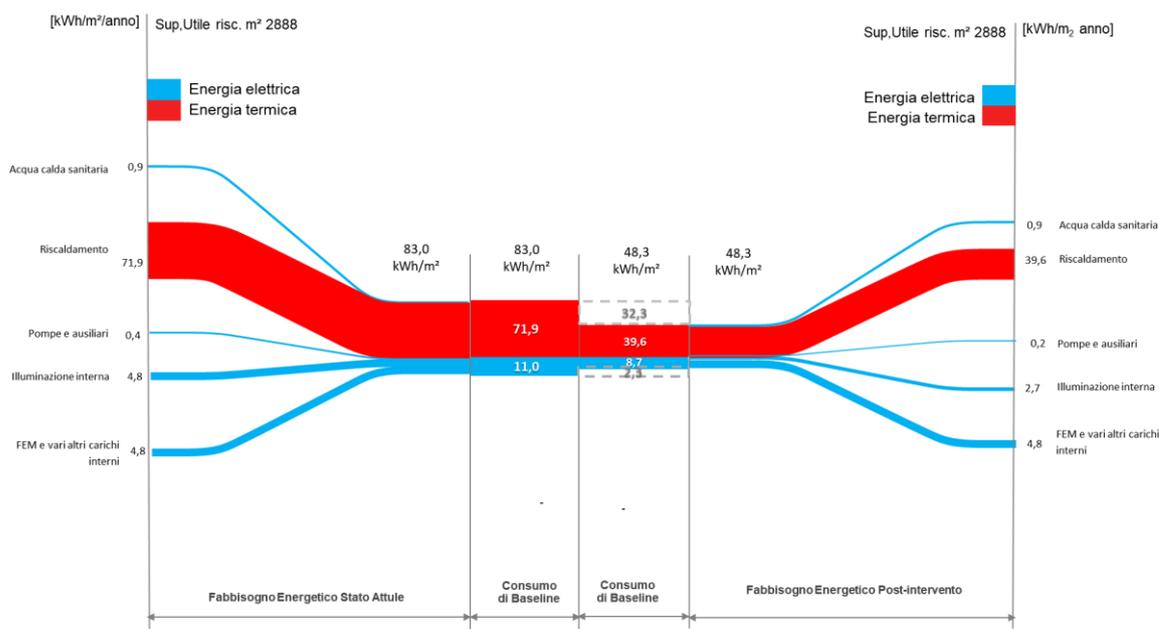
Figura 8.23- SCN1: Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico post intervento



Dall’analisi dei diagrammi di Sankey relativo al fabbisogno termico dell’edificio post intervento è possibile notare che il fabbisogno globale di energia è diminuito rispetto alla situazione iniziale. Si osserva inoltre la presenza di una componente di energia recuperata, dovuta al rendimento della caldaia a condensazione, maggiore del 100%. La quota di energia dispersa per trasmissione è ancora alta, dato che non è prevista nessuna misura atta a migliorare l’isolamento dell’edificio.

Figura 8.24– SCN1: Bilancio energetico complessivo dell’edificio post intervento

E758 Elementare Anna Frank - Materna Mary Poppins

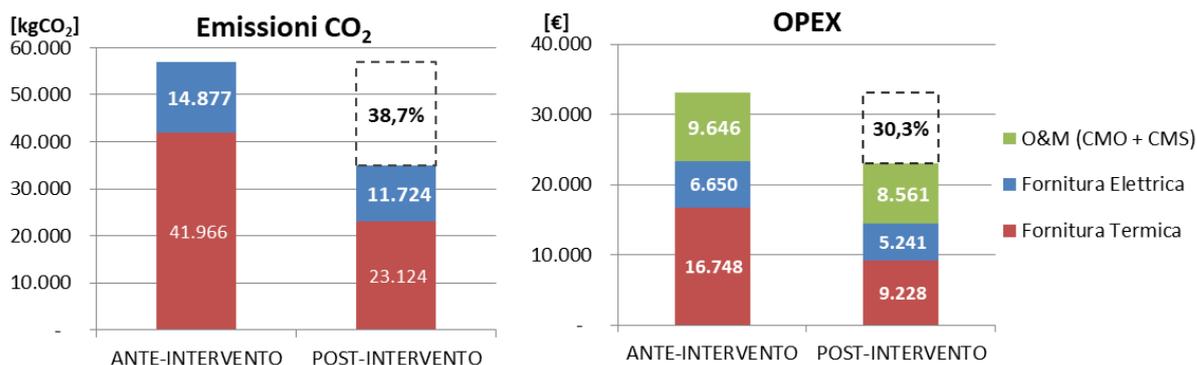


I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella Tabella 8.19 e nella Figura 8.25

Tabella 8.19 – Risultati analisi SCN1 – Generatore + valvole+ inverter + LED

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM3 - Rendimento generatore	%	88	105	-19,3%
EEM4 - Rendimento di regolazione + distribuzione	%	90	99	-10,0%
EEM5 - Potenza installata per illuminazione	[W/m²K]	14.040	7.758	45,0%
Q _{teorico}	[kWh]	215.068	118.505	44,9%
EE _{teorico}	[kWh]	32.000	25.218	21,2%
Q _{baseline}	[kWh]	207.755	114.476	44,9%
EE _{Baseline}	[kWh]	31.856	25.105	21,2%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	41.966	23.124	44,9%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	14.877	11.724	21,2%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	56.843	34.848	38,7%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	16.748	9.228	44,9%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	6.650	5.241	21,2%
Fornitura Energia, C_E	[€]	23.398	14.469	38,2%
C _{MO}	[€]	7.620	6.592	13,5%
C _{MS}	[€]	2.026	1.969	2,8%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	9.646	8.561	11,3%
OPEX	[€]	33.044	23.030	30,3%
Classe energetica	[-]	G	E	+2 classi

Figura 8.25 - 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 8.20, Tabella 8.21 e Tabella 8.22 e nelle successive figure.

Tabella 8.20 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN1– Generatore+ Valvole + Pompe + LED

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	10
Anni Equity	n_E	14
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_0	€65.328
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€1.960
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti), IVA incl.	CAPEX	€67.288
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€53.830
Equity	I_E	€ 13.458
Fattore di annualità Debito	FA_D	8,30
Rata annua debito	q_D	€ 6.484
Costo finanziamento, (D+INT _D)	$q_D * n_D$	€64.842
Costi per interessi debito, INT _D	INT_D=q_D*n_D-D	€ 11.011

Tabella 8.21 – Parametri Economici dell'analisi di redditività dello SCN1

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€ 19.179
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€ 7.907
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	C_{Baseline}	€ 27.086
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	%ΔC_E	38,2%
Riduzione% costi O&M	%ΔC_M	11,2%
Obiettivo riduzione spesa PA	%C_{Baseline}	5,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€ 6.827
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€ 1.354
Risparmio PA durante la concessione	14%	€ 64.489
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€ 9.839
N° di Canoni annuali	anni	14
Utile lordo della ESCO	%CAPEX	43,04%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	€ 2.069
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€ 787
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€ 2.617
Canone O&M €/anno	CnM	€ 7.286
Canone Energia €/anno	CnE	€ 12.973
Canone Servizi €/anno IVA escl.	CnS	€ 20.259
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	CnD	€ 5.472
Canone Totale €/anno IVA escl.	Cn	€ 25.731
Aliquota IVA %	IVA	22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€ 11.780
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€ 18.871
Durata Incentivi, anni	n_B	5
Inizio erogazione Incentivi, anno		2022

Tabella 8.22 – Risultati dell'analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN1

INDICATORI DI REDDITIVITÀ DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	6,92
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	8,70
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€ 19.280
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC	9,58%
Indice di Profitto	IP	29,51%
INDICATORI DI REDDITIVITÀ DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	2,39
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	2,77
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€ 13.846
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke	41,56%
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3	1,308
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1	1,397
Indice di Profitto Azionista	IP	21,19%

Figura 8.26–SCN1: Flussi di cassa del progetto

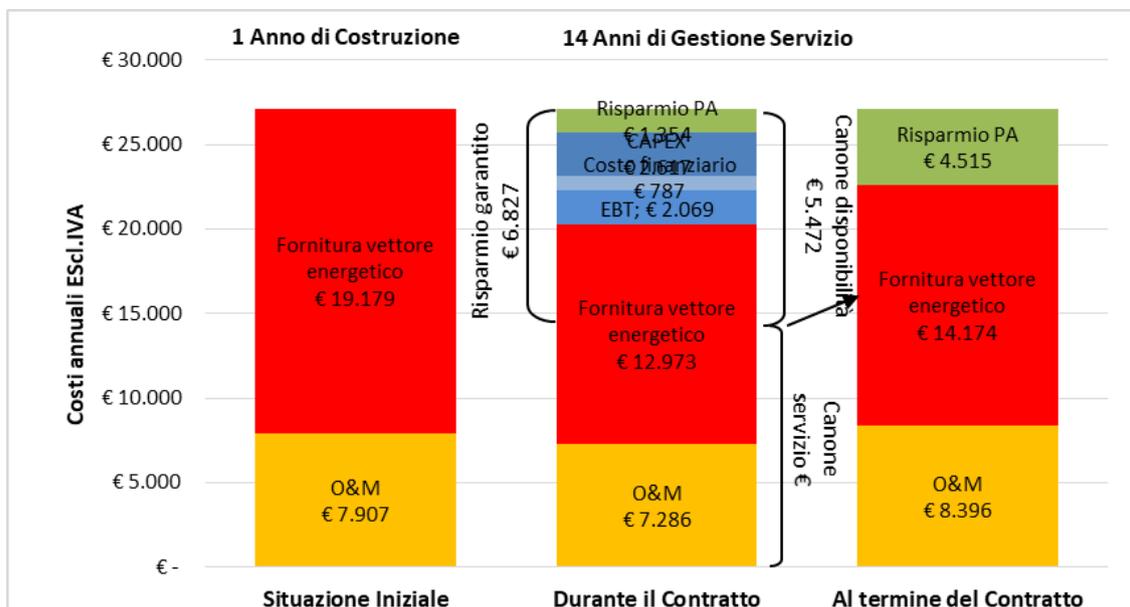


Figura 8.27– SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



Dall'analisi effettuata è emerso che l'investimento risulta remunerativo. 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 8.28

Figura 8.28– Scenario 1: Schema di Energy Performance Contract



9.3.2 Scenario 2: Cappotto + Generatore di calore + Valvole + Led :

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

Tabella 8.23 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 2

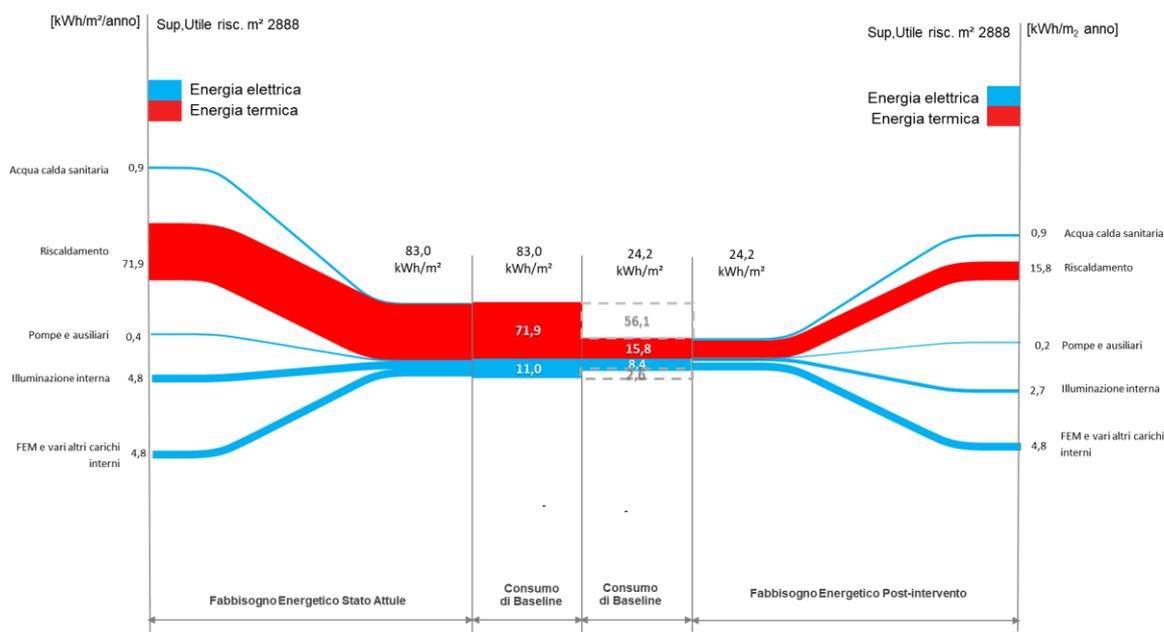
VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA AI 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]

EEM1 CAPPOTTO Fornitura & Posa	€ 262.646	€ 57.782	€ 320.428
EEM3 GENERATORE Fornitura & Posa	€ 23.632	€ 5.199	€ 28.831
EEM4 VALVOLE E POMPE Fornitura & Posa	€ 6.370	€ 1.402	€ 7.772
EEM5 LED Fornitura & Posa	€ 23.545	€ 5.180	€ 28.725
Costi per la sicurezza	3% imponibile		
Costi per la progettazione	7% imponibile		
TOTALE (I₀)	€ 316.193	€ 69.563	€ 385.756
VOCE MANUTENZIONE	C_{MO}	C_{MS}	C_M
	(IVA INCLUSA)	(IVA INCLUSA)	(IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
SCN 2 O&M	€ 6.363	€ 1.961	€ 8.324
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE	
		(IVA INCLUSA)	
		[€]	
Incentivi	[Conto termico]	€203.582	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		€ 40.716	

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

E758 Elementare Anna Frank - Materna Mary Poppins

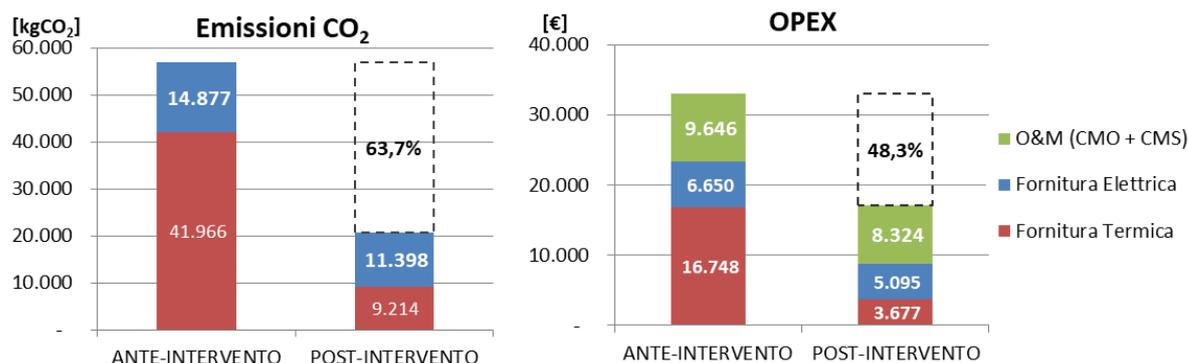


I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario 2 sono riportati nella Tabella 8.24 e nella Figura 8.31

Tabella 8.24 – Risultati analisi SCN 2 – Cappotto + Generatore + Valvole + Pompe + LED

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM1 -Trasmittanza media parete	[W/m²K]	1,05	0,299	71,5%
EEM3 - Rendimento generatore	%	88	105	-19,3%
EEM4 - Rendimento di regolazione + distribuzione	%	90	99	-10,0%
EEM5 - Potenza installata per illuminazione	[W/m²K]	14.040,00	7.758,00	45,0%
Q _{teorico}	[kWh]	215.068	47.221	78,0%
EE _{teorico}	[kWh]	32.000	24.516	23,4%
Q _{baseline}	[kWh]	207.755	45.616	78,0%
EE _{baseline}	[kWh]	31.856	24.406	23,4%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	41.966	9.214	78,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	14.877	11.398	23,4%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	56.843	20.612	63,7%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	16.748	3.677	78,0%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	6.650	5.095	23,4%
Fornitura Energia, C_E	[€]	23.398	8.772	62,5%
C _{MO}	[€]	7.620	6.363	16,5%
C _{MS}	[€]	2.026	1.961	3,2%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	9.646	8.324	13,7%
OPEX	[€]	33.044	17.096	48,3%
Classe energetica	[-]	G	D	+3 classi

Figura 8.31 – 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 8.25](#), [Tabella 8.26](#) e [Tabella 8.27](#) e nelle successive figure.

Tabella 8.25 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN2– Cappotto +Generatore + Valvole + LED

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	10
Anni Equity	n_E	14
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_0	€385.756
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€11.573
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti), IVA incl.	CAPEX	€397.329
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€317.863
Equity	I_E	€79.466
Fattore di annualità Debito	FA_D	8,30
Rata annua debito	q_D	€38.288
Costo finanziamento, (D+INT _D)	$q_D * n_D$	€382.884
Costi per interessi debito, INT _D	INT_D=q_D*n_D-D	€65.021

Tabella 8.26 – Parametri Economici dell'analisi di redditività dello SCN2

PARAMETRI ECONOMICI

E758 Elementare Anna Frank - Materna Mary Poppins

Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€ 19.179
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€ 7.907
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	C_{Baseline}	€ 27.086
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	%ΔC_E	62,5%
Riduzione% costi O&M	%ΔC_M	13,7%
Obiettivo riduzione spesa PA	%C_{Baseline}	5,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€ 11.434
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€ 1.354
Risparmio PA durante la concessione	14%	€ 155.481
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€ 17.622
N° di Canoni annuali	anni	24
Utile lordo della ESCO	%CAPEX	13,27%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	€ 2.197
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€ 2.709
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€ 5.174
Canone O&M €/anno	CnM	€ 7.266
Canone Energia €/anno	CnE	€ 8.385
Canone Servizi €/anno IVA escl.	CnS	€ 15.651
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	CnD	€ 10.080
Canone Totale €/anno IVA escl.	Cn	€ 25.731
Aliquota IVA %	IVA	22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€ 69.563
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€ 203.582
Durata Incentivi, anni	n_B	5
Inizio erogazione Incentivi, anno		2022

Tabella 8.27 – Risultati dell'analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN2

INDICATORI DI REDDITIVITÀ DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	12,35
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	24,58
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€ 1.377
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC	4,06%
Indice di Profitto	IP	0,36%
INDICATORI DI REDDITIVITÀ DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	18,94
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	36,00
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	-€ 13.157
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > k_e	5,44%
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3	0,968
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1	1,067
Indice di Profitto Azionista	IP	-3,41%

Figura 8.32 –SCN2: Flussi di cassa del progetto



Figura 8.33– SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



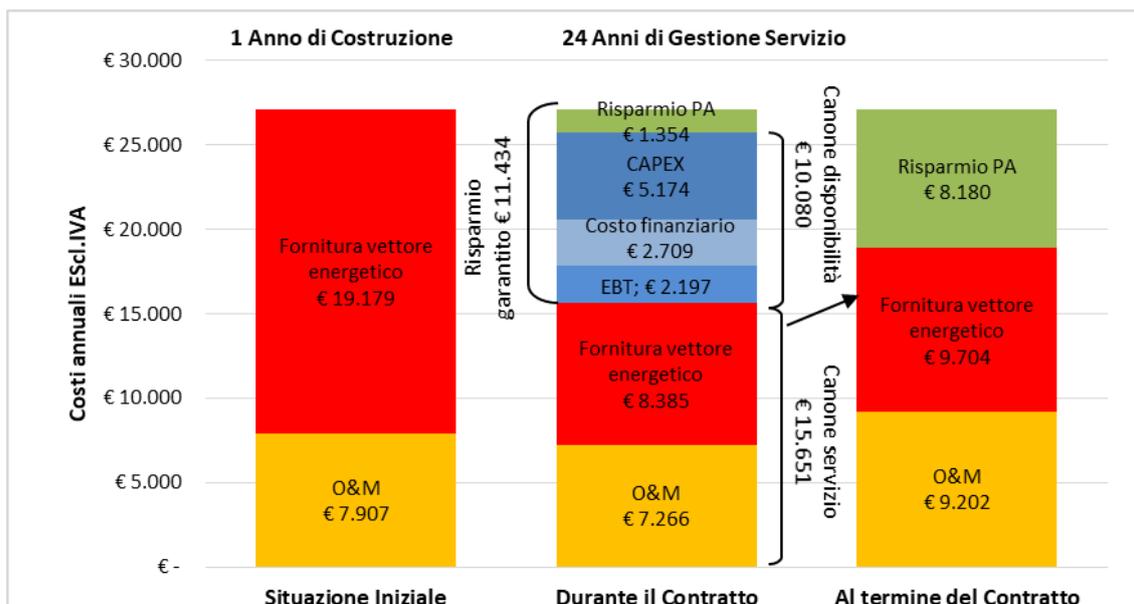
Dall'analisi effettuata è emerso che l'investimento risulta non particolarmente remunerativo, in caso di finanziamento esterno.

Il motivo è nel costo dell'indebitamento esterno, troppo alto.

In presenza del finanziamento esterno, nonostante la possibilità di accedere agli incentivi del conto termico grazie alla combinazione della sostituzione degli infissi e dell'installazione delle valvole termostatiche, oltre all'isolamento tramite cappotto termico, l'investimento risulta sconveniente.

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 8.34.

Figura 8.34– Scenario 2: Schema di Energy Performance Contract



10 CONCLUSIONI

L'audit energetico ha messo in evidenza una ridotta efficienza energetica dell'immobile legata soprattutto ad un basso livello di isolamento da parte dell'involucro (sia opaco sia trasparente).

Gli indicatori energetici di performance hanno confermato che i consumi risultano elevati confrontati coi valori di benchmark di riferimento.

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

Gli interventi proposti hanno riguardato:

1. L'isolamento a cappotto dell'involucro;
2. la compartimentazione termica dell'edificio mediante realizzazione di controsoffitti;
3. la sostituzione del generatore di calore per il riscaldamento;
4. l'installazione di valvole termostatiche in associazione all'installazione di pompe a inverter con regolazione della portata;
5. l'installazione di un sistema di illuminazione a tecnologia LED.

La fattibilità tecnico-economica ha messo in evidenza che gli interventi singolarmente più interessanti sono la coibentazione dell'involucro, la sostituzione del generatore e l'installazione di valvole termostatiche.

Alcuni interventi dovranno essere valutati in maniera coordinata con gli altri. Ad esempio la sostituzione degli infissi andrebbe affiancata sempre alla l'installazione di valvole termostatiche, per accedere all'incentivo del Conto Termico.

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

10.1 RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA

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

10.2 RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI

Dalle analisi effettuate risulta che degli investimenti previsti nei due scenari entrambi risultano interessanti.

ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA

Titolo	Data	Nome file
Elenco documentazione fornita	19/03/2018	ALLEGATO A_DE_Lotto.4 - E758.pdf

ALLEGATO B – ELABORATI

Titolo	Data	Nome file
Elenco elaborati prodotti e consegnati alla PA	19/03/2018	ALLEGATO B_DE_Lotto.4 - E758.pdf

ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

Titolo	Data	Nome file
Report di indagine termografica effettuato in sede di sopralluogo	19/03/2018	ALLEGATO C_DE_Lotto.4 - E758.pdf

ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI

Titolo	Data	Nome file
Report relativi ad altre prove diagnostiche strumentali	19/03/2018	ALLEGATO D_DE_Lotto.4 -E758.pdf

ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI

Titolo	Data	Nome file
Relazione di calcolo per il modello standard rilasciata dal software Termo	19/03/2018	ALLEGATO E_DE_Lotto.4 - E758.pdf

ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

Titolo	Data	Nome file
Certificato software Termo	19/03/2018	ALLEGATO F_DE_Lotto.4 - E758.pdf

ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

Titolo	Data	Nome file
Attestato di prestazione energetica dell'edificio	19/03/2018	ALLEGATO G_DE_Lotto.4 - E758.pdf

ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

Titolo	Data	Nome file
Bozza di APE scenario 1	19/03/2018	ALLEGATO H_DE_Lotto.4 - E758_SCN1
Bozza di APE scenario 2	19/03/2018	ALLEGATO H_DE_Lotto.4 - E758_SCN2

ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

Titolo	Data	Nome file
File di calcolo dei dati climatici utilizzati nella diagnosi	19/03/2018	GG_Lotto.4-E758.Rev01.xlsx

ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

Titolo	Data	Nome file
Schede di audit in formato excel	19/03/2018	E758_Scheda Audit_Template_rev.1.xlsx

ALLEGATO K – SCHEDE ORE

Titolo	Data	Nome file
Schede ORE relative agli interventi proposti	19/03/2018	ALLEGATO K_DE_Lotto.4 - E758.pdf

ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI

Titolo	Data	Nome file
Foglio di calcolo relativo agli scenari proposti	19/03/2018	AnalisiPEF_rev05_E368.xlsx

ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

Titolo	Data	Nome file
Report di Benchmark	19/03/2018	ALLEGATO M_DE_Lotto.4 - E758.pdf

ALLEGATO N – CD-ROM