

Scuola Media DA PASSANO

E 302

Via Giulia De Vincenzi 26

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA
FONDO KYOTO - SCUOLA 3



04/2018

COMUNE DI GENOVA
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER



Media DA PASSANO

E302

Via Giulia De Vincenzi 26

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

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.....	9
3 DATI CLIMATICI	11
3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO.....	11
3.2 DATI CLIMATICI REALI.....	12
3.3 ANALISI DELL'ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO	13
4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI	14
4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO.....	14
4.1.1 <i>Involucro opaco</i>	14
TABELLA 4.1 – TRASMITTANZE TERMICHE DEI COMPONENTI DELL'INVOLUCRO OPACO.....	ERRORE. IL
SEGNALIBRO NON È DEFINITO.	
4.1.2 <i>Involucro trasparente</i>	15
4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/ CLIMATIZZAZIONE INVERNALE.....	17
4.2.1 <i>Sottosistema di emissione</i>	17
4.2.2 <i>Sottosistema di regolazione</i>	18
4.2.3 <i>Sottosistema di distribuzione</i>	18
IL RENDIMENTO COMPLESSIVO DEL SOTTOSISTEMA DI DISTRIBUZIONE È STATO ASSUNTO NELLA DE PARI AL	
89.6%, CALCOLATO CON IL SOFTWARE CERTIFICATO NAMIRIAL TERMO, CHE APPLICA QUANTO PREVISTO	
DALLA NORMA UNI/TS 11300-2.....	20
4.2.4 <i>Sottosistema di generazione</i>	20
LE CARATTERISTICHE DEI SISTEMI DI GENERAZIONE SONO RIPORTATE NELLA TABELLA 4.7.	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	Validazione del modello termico	34
6.1.2	Validazione del modello elettrico	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	Vettore termico	39
7.1.1	Vettore elettrico.....	41
7.2	TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI.....	45
7.3	COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI.....	45
	TALI SERVIZI PREVEDONO IL PAGAMENTO DI UN CANONE ANNUALE DA PARTE DELLA PA PARI A 60.667 €. .	45
	$C_M = C_{SIE3} - C_Q$;.....	46
	$C_{MS} = 0.21 \times C_M$.....	46
7.4	BASELINE DEI COSTI.....	46
	TABELLA 7.7 – VALORI DI COSTO INDIVIDUATI PER IL CALCOLO DELLA BASELINE	46
8	IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA	48
8.1	DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI	48
8.1.1	<i>Involucro edilizio</i>	48
	EEM2: COIBENTAZIONE A CAPPOTTO DELL'INVOLUCRO EDILIZIO	50
8.1.2	<i>Impianto riscaldamento</i>	52
	EEM3: INSTALLAZIONE DI VALVOLE TERMOSTATICHE.....	52
8.1.3	<i>Impianto di illuminazione ed impianto elettrico</i>	53
	EEM4: INSTALLAZIONE DI IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE LED.....	53
9	VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA.....	55
9.1	ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	55
	EEM1: SOSTITUZIONE INFISSI.....	55
	EEM2: COIBENTAZIONE A CAPPOTTO DELL'INVOLUCRO EDILIZIO	56
	EEM3: INSTALLAZIONE DI VALVOLE TERMOSTATICHE.....	57
	EEM4: INSTALLAZIONE DI IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE A LED.....	57
9.2	ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	58
	EEM1: SOSTITUZIONE INFISSI.....	59
	EEM2: ISOLAMENTO CAPPOTTO TERMICO	60
	EEM3: INSTALLAZIONE VALVOLE TERMOSTATICHE	61
	EEM4: INSTALLAZIONE DI IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE LED	62
	SINTESI	63
9.3	IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D'INTERVENTO E SCENARI D'INVESTIMENTO	64
9.3.1	<i>Scenario 1: Infissi (Lato Nord) + valvole + LED</i>	67
9.3.2	<i>Scenario 2: Infissi (Lato Nord) + Cappotto + Valvole + Led:</i>	72
10	CONCLUSIONI	78
10.1	RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA	78
10.2	RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI	78
	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		1973
Anno di ristrutturazione		NR
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E.7 ATTIVITÀ SCOLASTICA
Superficie utile riscaldata	[m ²]	3.081
Superficie disperdente (S)	[m ²]	4.321
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	12.207
Rapporto S/V	[1/m]	0.332
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	4.081
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	1.072
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	5.245
Tipologia generatore riscaldamento		GENERATORE A COMBUSTIONE IN ACCIAIO A BASAMENTO
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	944
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	0
Tipo di combustibile		METANO
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler Elettrici
Emissioni CO ₂ di riferimento (*)	[t/anno]	136,97
Consumo di riferimento Gas Metano (*)	[kWh _{th} /anno]	533.709
Spesa annuale Gas Metano (*)	[€/anno]	43.037
Consumo di riferimento energia elettrica (*)	[kWh _{el} /anno]	31.505
Spesa annuale energia elettrica (*)	[€/anno]	6.577

(*) : Valori di Baseline

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

- EEM1: Sostituzione Infissi
- EEM2: Coibentazione murature e coperture esterne (Cappotto)
- EEM3: Installazione di Valvole Termostatiche
- EEM4: 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]	[€]	[%]	[%]		
EEM1	9,3%	10,0%	1.174,80 €	521,90 €	113,70 €	232.270,00 €	78,2	92,8	30	-161.909,00 €	-7,1%	-0,70	n/a	n/a
EEM2	10,1%	10,8%	1.276,10 €	710,50 €	105,30 €	249.816,00 €	38,1	42,8	30	-77.137,00 €	-3,2%	-0,31	n/a	n/a
EEM3	6,4%	6,8%	803,90 €	779,70 €	108,60 €	4.171,00 €	2,6	2,7	15	14.268,00 €	36,3%	3,42	n/a	n/a

E302 Scuola Media Da Passano

EEM4	9,4%	8,7%	2.43650 €	628,80 €	208,90 €	50.070,00 €	8,5	9,0	8	-5.931,00 €	-1,8%	-0,12	n/a	n/a	
SCN1	41,8%	41,6%	10.812,20 €	880,30 €	83,60 €	162.478,00 €	17,96	25,17	15	-17.170,00 €	-	9,94%	-10,57	0,954	0,817
SCN2	60,7%	60,9%	15.684,20€	1.131,80 €	83,60 €	412.294,00 €	28,03	89,65	25	-73.834,00 €	-	1,56%	-17,91	0,806	0,968

Descrizione Scenari di Intervento Ottimali:

- SCN1: Infissi + Valvole + LED
- SCN2: Infissi + Cappotto + Valvole + LED

Figura 0.1 – Scenario 1: analisi finanziaria

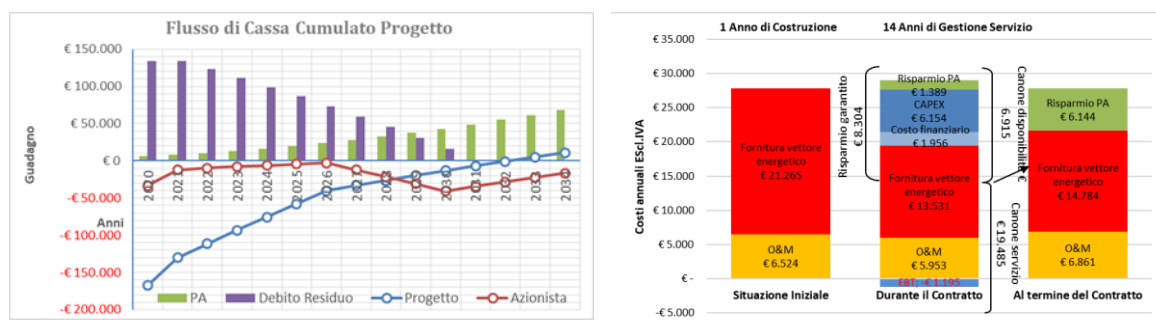
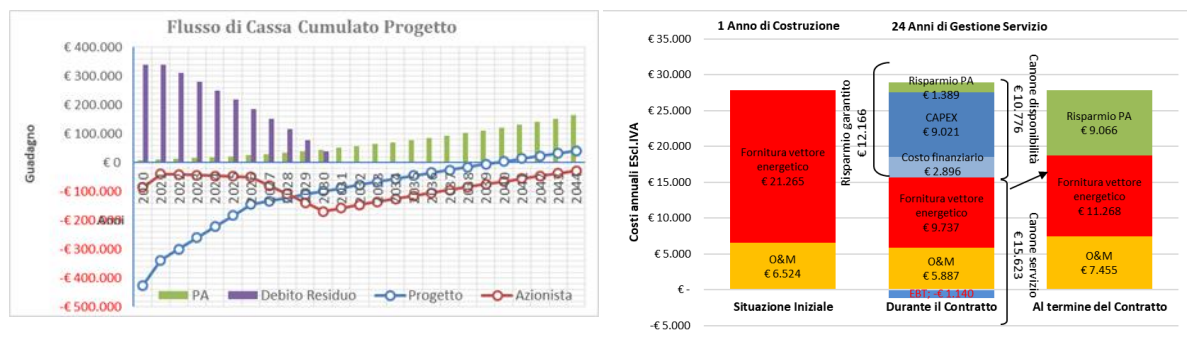


Figura 0.2 – Scenario 2: analisi finanziaria



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.

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

Gli interventi proposti considerati fattibili hanno riguardato:

1. La sostituzione delle chiusure trasparenti (infissi) dell'involucro;
2. l'isolamento a cappotto dell'involucro;
3. l'installazione di valvole termostatiche in associazione all'installazione di pompe a inverter con regolazione della portata;
4. 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 sostituzione dell'attuale sistema di illuminazione con un sistema utilizzando la tecnologia LED e l'installazione di valvole termostatiche.

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

Poiché l'involucro della struttura ha un comportamento molto scadente a causa della stratigrafia delle murature (alcune anche in pessimo stato di conservazione) e della estrema vetustà degli infissi, rimane auspicabile la realizzazione di interventi volti al loro miglioramento.

Come si è visto, la realizzazione complessiva e simultanea degli interventi auspicabili risulta estremamente onerosa e insostenibile in caso di finanziamento esterno, sarebbe opportuno prevedere un piano di interventi graduale nel tempo, al fine di migliorare il comfort degli ambienti e diminuire la spesa economica di gestione degli impianti.

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 nessuno degli investimenti previsti nei due scenari risulta essere remunerativo.

INTRODUZIONE

1.1 PREMESSA

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

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

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

1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA

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

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

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

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

Figura 0.1 - Vista della facciata esposta a Sud -Ovest



1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO

La presente DE è stata eseguita dalla Efm s.p.a., il cui responsabile per il processo di audit è l'ing. Stefano Mazzetti, soggetto certificato Esperto in Gestione dell'Energia (EGE) ai sensi della norma UNI CEI 11339.

In Tabella 0.1 sono riportati i nominativi di tutti i soggetti coinvolti nelle varie fasi di svolgimento della DE.

Tabella 0.1 – Soggetti coinvolti nella realizzazione del processo di Audit

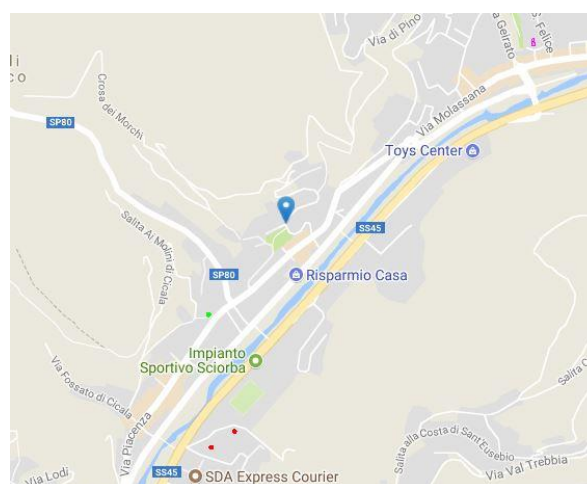
NOME E COGNOME	RUOLO	ATTIVITÀ SVOLTA
Stefano Mazzetti		Sopralluogo in sito
Stefano Mazzetti		Elaborazione dei dati relativi ai consumi energetici
Stefano Mazzetti		Elaborazione dei dati geometrici ed alla creazione del modello energetico
Luca Bonanno	Responsabile involucro	Revisione report di diagnosi energetica
Luca Grossi	Responsabile impianti	Revisione report di diagnosi energetica
Stefano Mazzetti	EGE	Approvazione report di diagnosi energetica

1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO

L'immobile oggetto della DE, catastalmente individuato al NCEU sez. STA Mappale 1620 Sub. 2 è sito nel Comune di Genova.

L'edificio è di proprietà del Comune di Genova ed è attualmente adibito a Scuola.

Figura 0.2 – Ubicazione dell'edificio



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

Tabella 0.2 - Tabella riepilogativa dei dati dell'edificio

PARAMENTO	U.M.	VALORE
Anno di costruzione edificio		1973
Anno di ristrutturazione		NR
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E.7 ATTIVITÀ SCOLASTICA
Superficie utile riscaldata	[m ²]	3.081
Superficie disperdente (S)	[m ²]	4.321
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	12.207
Rapporto S/V	[1/m]	0.332
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	4.081
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	1.072

Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	5.245
Tipologia generatore riscaldamento	GENERATORE A COMBUSTIONE IN ACCIAIO A BASAMENTO	
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	944
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]	136,97
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{th} /anno]	533.709
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	43.037
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	31.505
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	6.577

Nota (1): Valori di Baseline

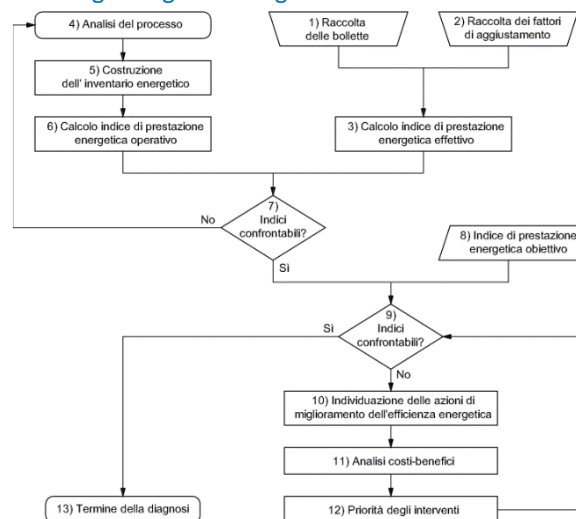
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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; **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**
- b) Analisi del quadro normativo di riferimento, incluso la verifica dei vincoli ambientali, storici, archeologici e paesaggistici interferenti sull'immobile interessato dall'intervento;
- c) Visita agli edifici, effettuata in data 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 Genova Quezzi e riportati all'Allegato I – Dati climatici;
- i) Individuazione della "baseline termica" di riferimento (e relative emissioni di CO₂) tramite opportuna ripartizione del consumo di combustibile tra le varie utenze a servizio dell'edificio e destagionalizzazione dello stesso, utilizzando i relativi GG reali (GG_{real}), e conseguente normalizzazione secondo i GG di riferimento (GG_{rif});
- j) Individuazione della "baseline elettrica" di riferimento (e relative emissioni di CO₂) calcolata sulla media aritmetica dei valori relativi ai consumi elettrici reali per tre le annualità 2014, 2015, 2016;
- k) Validazione del modello elaborato mediante il confronto con le baseline energetiche, al fine di ottenere uno scostamento inferiore al 5%;
- l) Analisi delle possibili EEM necessarie per la riqualificazione energetica del sistema edificio-impianto analizzando gli aspetti tecnici, energetici, ed ambientali.

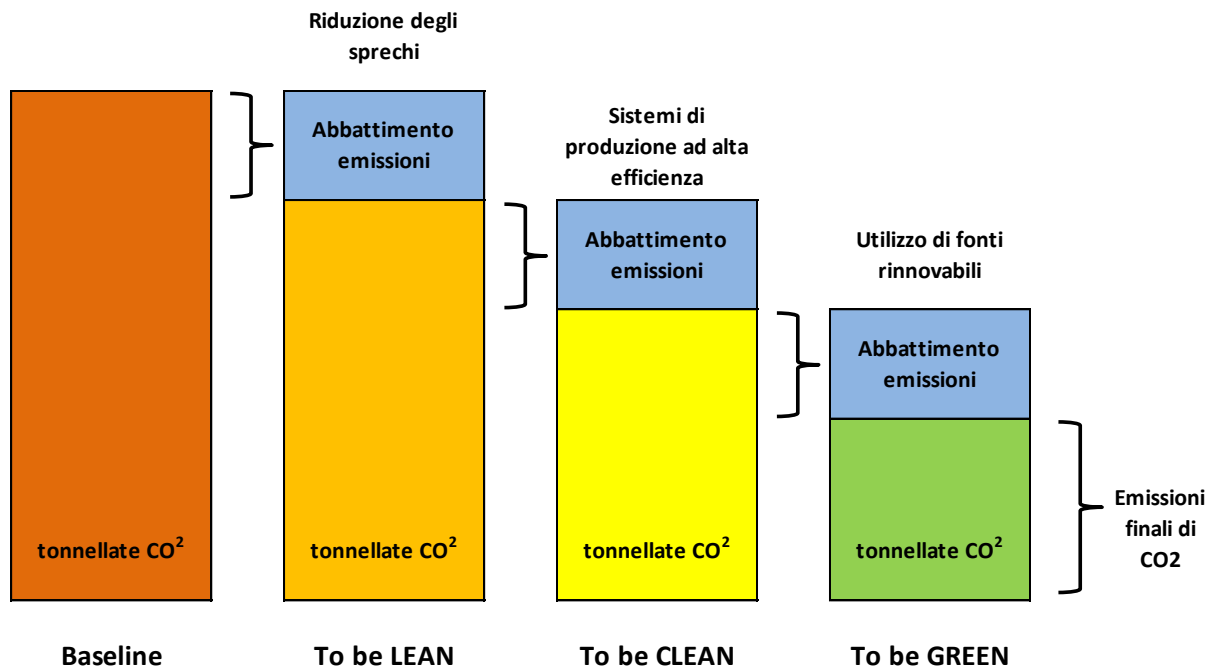
- m) Simulazione del comportamento energetico dell'edificio a seguito dell'attuazione delle varie EEM proposte singolarmente, ed individuazione della nuova classe energetica raggiungibile;
- n) Definizione di due scenari ottimali a partire dalla combinazione delle singole EEM proposte al fine di conseguire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

Figura 0.3 – 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 0.4

Figura 0.4 - 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, etc.) 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:

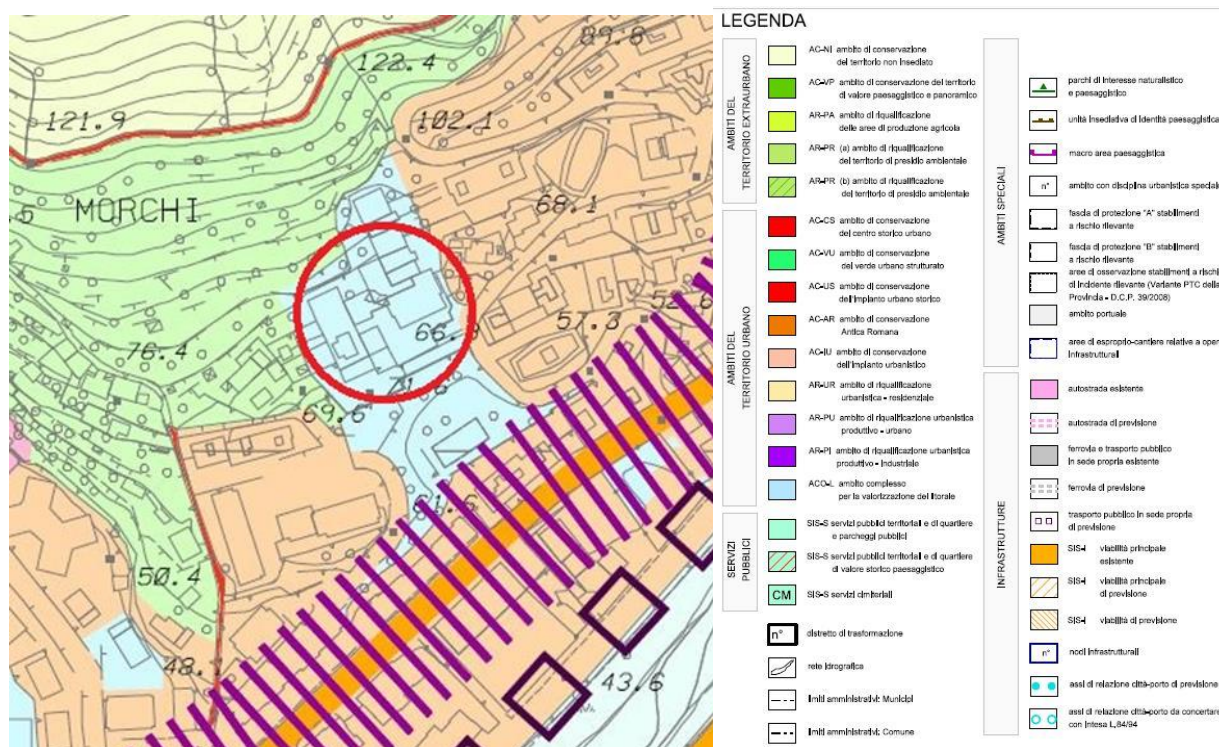
- Una prima parte nella quale sono descritti lo scopo ed i confini della DE e le metodologie di analisi adottate;
- Una seconda parte in cui sono riportate le informazioni dell'edificio rilevate in sede di sopralluogo e le valutazioni effettuate al fine di identificare le caratteristiche tecniche dei 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 1973, 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.

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

L'edificio ospitante il complesso scolastico oggetto della DE è costituito complessivamente da sei piani fuori terra, nei quali è locata la scuola ed un seminterrato adibito a parcheggio. Al piano terra è presente una palestra, primo e secondo piano sono occupati da uffici e sale riunioni, mentre negli ultimi tre piani trovano posto aule didattiche e laboratori. L'edificio è contornato da un grande parco.



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.

Tabella 2.1 - Suddivisione in piani dell'edificio

PIANO	UTILIZZO	U.M.	SUPERFICIE LORDA COMPLESSIVA ⁽²⁾	SUPERFICIE UTILE RISCALDATA ⁽³⁾	SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA ⁽³⁾
Seminterrato	Parcheggio	m ²	768	0	0
Terra	Palestra	m ²	380	343	0
Primo	Centrale termica e uffici	m ²	444	284	0
Secondo	Uffici e sala riunione	m ²	535	495	0
Terzo	Aule didattiche e laboratori	m ²	723	675	0
Quarto	Aule didattiche e laboratori	m ²	723	676	0
Quinto	Aule didattiche e laboratori	m ²	627	608	0
TOTALE		m ²	4200	3081	0

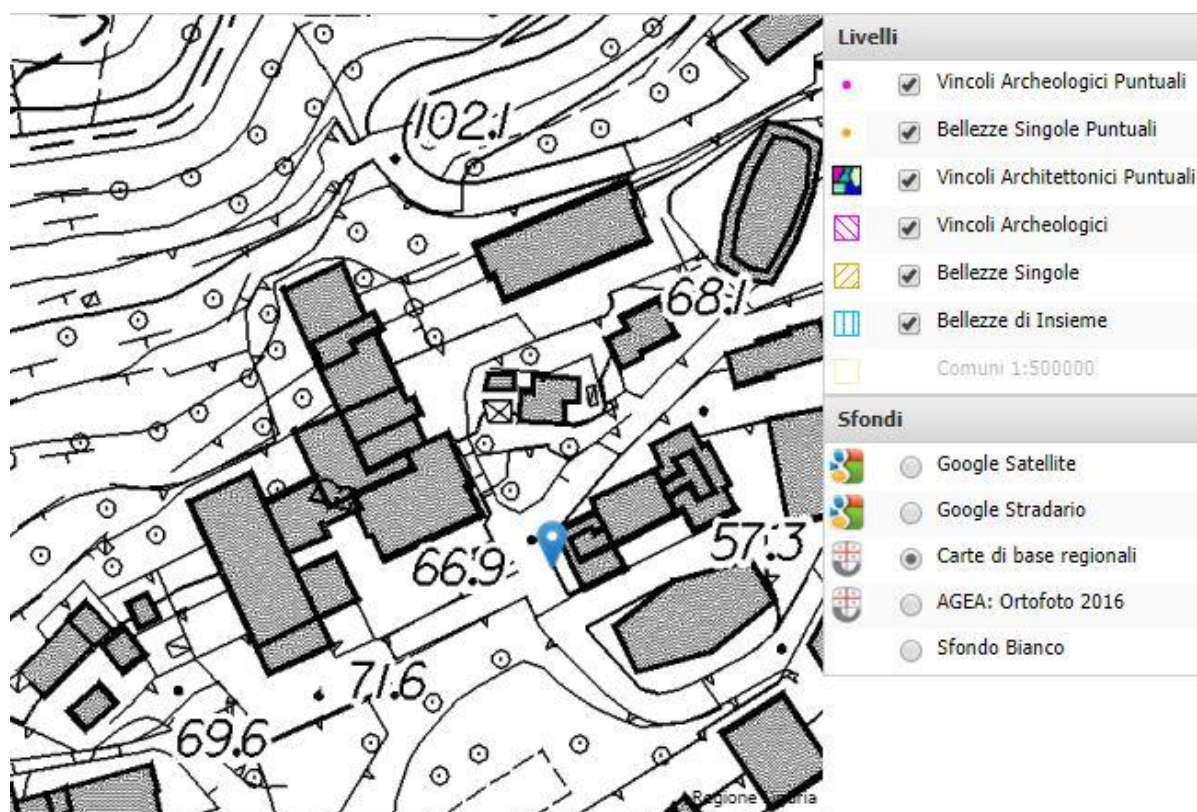
Nota (2): Superficie lorda comprensiva delle zone interne climatizzate e non climatizzate, valutate a partire dalle planimetrie progettuali, opportunamente verificate in fase di sopralluogo

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 in esame non presenta vincoli architettonici, paesaggistici o archeologici.

Figura 2.3- - Particolare estratto dalla carta dei vincoli






Nell'analisi delle EEM non 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: Sostituzione Infissi	[Storico – Artistico]		[Previo parere della Soprintendenza per i beni architettonici e paesaggistici]
EEM 2: Coibentazione a cappotto dell'involucro edilizio	-		-
EEM 3: Installazione Valvole Termostatiche	[Storico – Artistico]		[Mantenimento dei medesimi posizionamenti ed ingombri delle macchine]
EEM 4: Installazione Impianto Illuminazione Led	[...]		[...]

Nota (4): Legenda livelli di interferenza:

	Non perseguibile
	Perseguibile tramite adozione misure di tutela indicate
	Interferenza nulla

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.

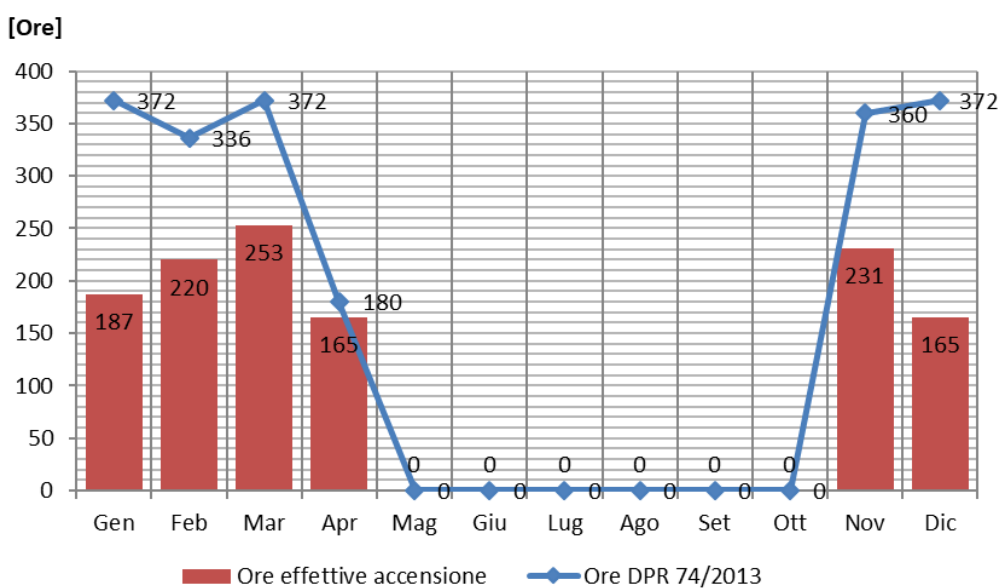
Gli orari di effettivo utilizzo dell'edificio ed i periodi di attivazione e spegnimento degli impianti sono stati rilevati durante il sopralluogo attraverso lettura di appositi cartelli affissi e richiesta al personale presente.

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 15 Aprile	Dal lunedì al venerdì	7.00 – 18.00	7.00 – 18.00
	Sabato e domenica	CHIUSO	SPENTO
Dal 16 Aprile al 30 Ottobre	Tutti i giorni	7.00 – 18.00	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 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 5.1.1.

Tabella 3.2 – Profili mensili dei GG_{rif}

Mese	GIORNI MENSILI	TEMPERATURA ESTERNA UNI 10349:2016 [°C]	GIORNI RISCALDAMENTO [g/m]	GG	GIORNI DI UTILIZZO [g/m]	GIORNI RISCALDAMENTO EFFETTIVI [g/m]	GG _{rif}	PROFILO DI INCIDENZA
Gennaio	31	10,4	31	298	17	17	163	18%
Febbraio	28	10,5	28	266	20	20	190	21%
Marzo	31	11,1	31	276	23	23	205	22%
Aprile	30	15,3	15	71	19	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%

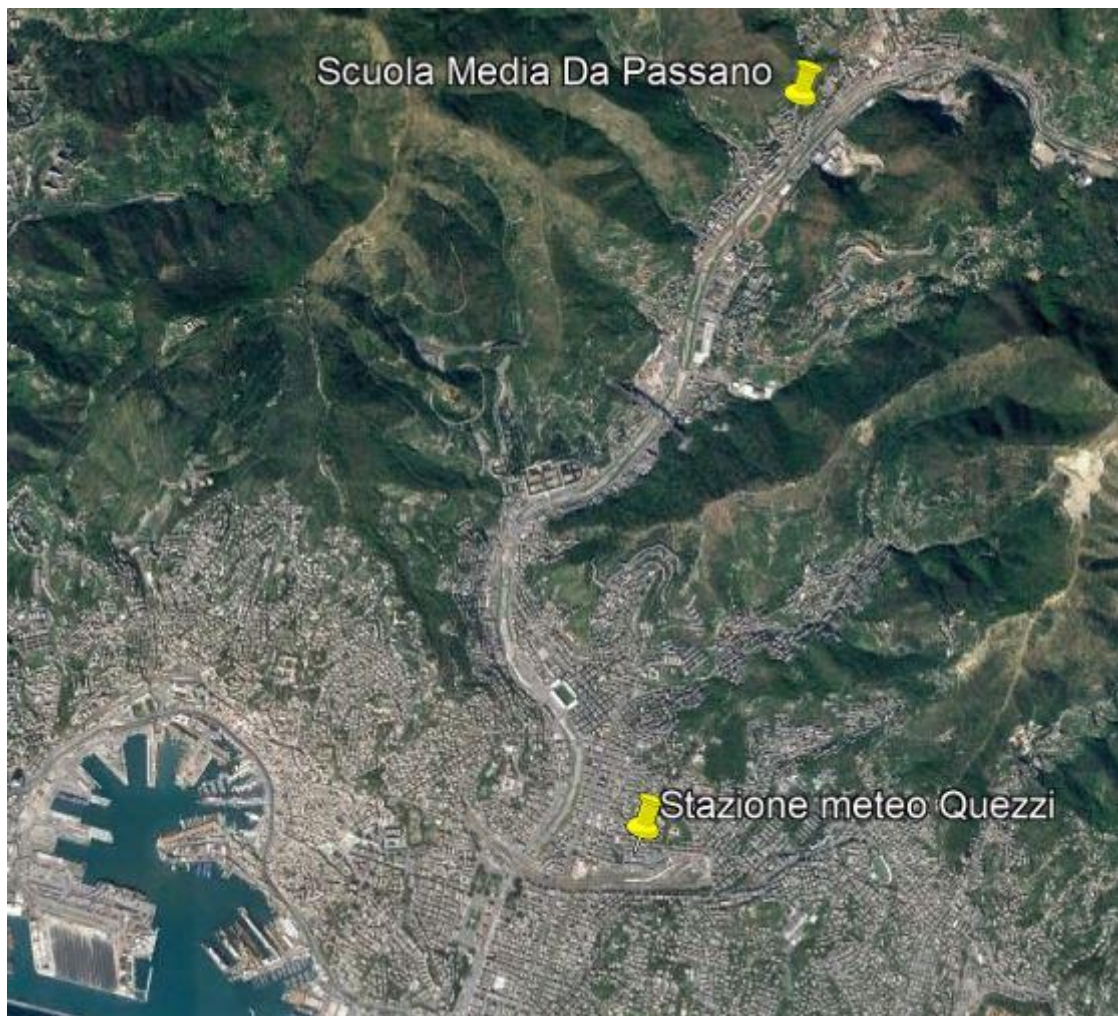
3.2 DATI CLIMATICI REALI

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).

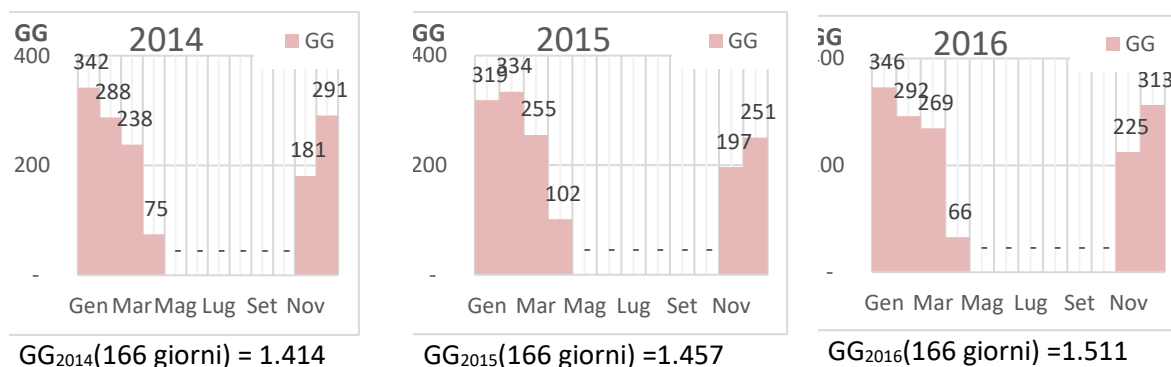
Figura 3.1- – Posizionamento della centralina meteo climatica rispetto all'edificio oggetto di DE



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

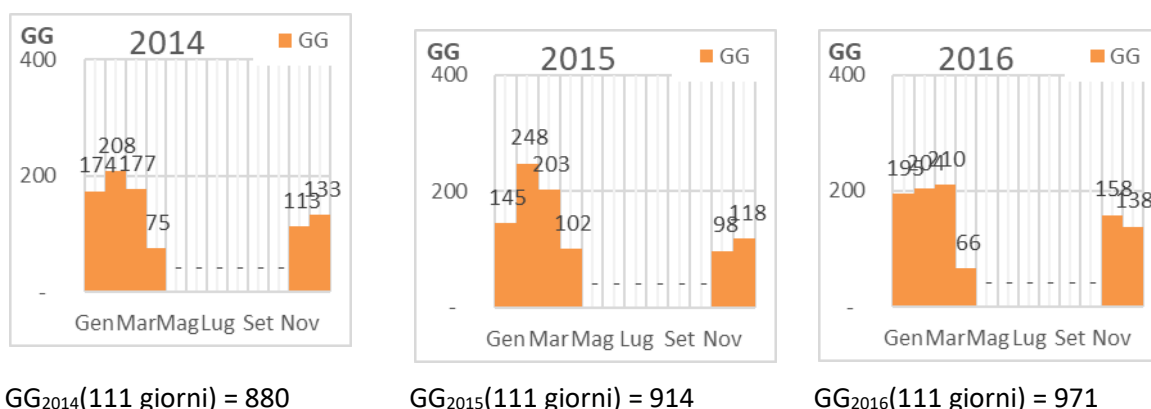


Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG reali sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto 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 5.1.1.

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 corpo di fabbrica strutturato in forma di rettangolo abbastanza regolare, realizzato in cemento armato e tamponature in muratura, presumibilmente realizzate con 2 paramenti in laterizio ed intercapedine, parte intonacate e parte rivestite in laterizio faccia a vista. Lo spessore delle tamponature esterne è di cm 38 circa.

Si presume la mancanza di isolamento delle tamponature: l'involucro murario ha un discreto spessore ma un comportamento termico piuttosto scadente.

Figura 4.1 - Particolare dell'involucro murario.



Figura 4.2 - Particolari della facciata



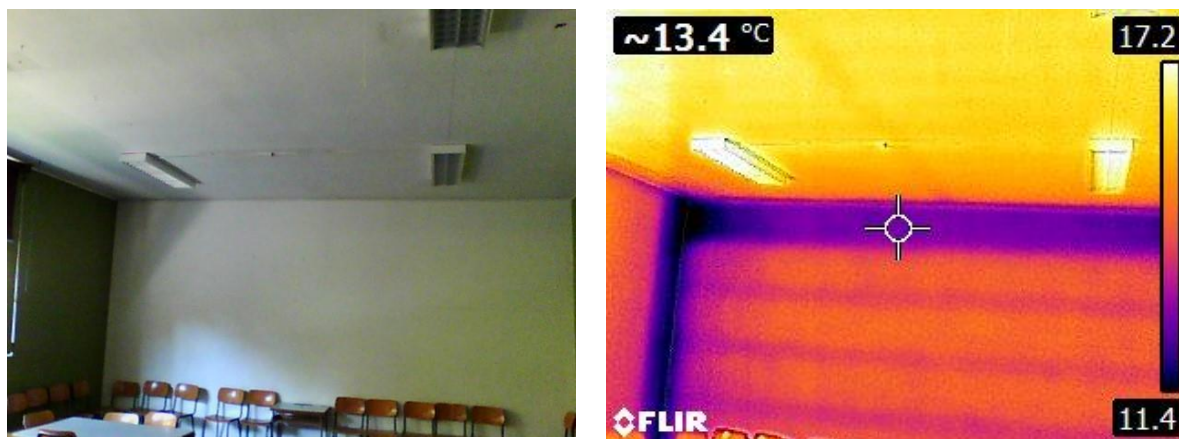
Figura 4.3 - Particolari della facciata



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 termocamera Flir modello E8. Le indagini sono state eseguite nel periodo invernale in accordo con la norma UNI 13187.

Figura 4.4 – Rilievo termografico della parete



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

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

Tabella 4.1 – Trasmittanze termiche dei componenti dell'involucro opaco

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	SPESSORE [cm]	ISOLAMENTO	TRASMITTANZA TERMICA [W/m ² K]	STATO DI CONSERVAZIONE
Copertura	COP1	29	Non presente	1,690	Sufficiente
Basamento contro-terra	BA1	33	Non presente	2,065	Sufficiente
Muratura Esterna Faccia a vista	M1	41,0	Non presente	0,827	Buono
Muratura Esterna Intonacata	M2	39,5	Non presente	0,913	Buono

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

4.1.2 Involucro trasparente

L'involucro trasparente che costituisce l'edificio è composto da serramenti di diversa tipologia:

una minima parte degli infissi sono stati rinnovati e sono realizzati con telaio in alluminio a taglio termico e vetro camera, la maggior parte invece presenta infissi più vecchi in metallo senza Taglio Termico e Singolo vetro.

Lo stato di conservazione è molto buono per quanto riguarda tutti i nuovi serramenti, mentre risulta scarso sui serramenti non ancora sostituiti – tra l'altro alcuni di notevoli dimensioni - che causano elevate dispersioni termiche e creano un notevole disagio per gli utenti presenti all'interno dell'edificio.

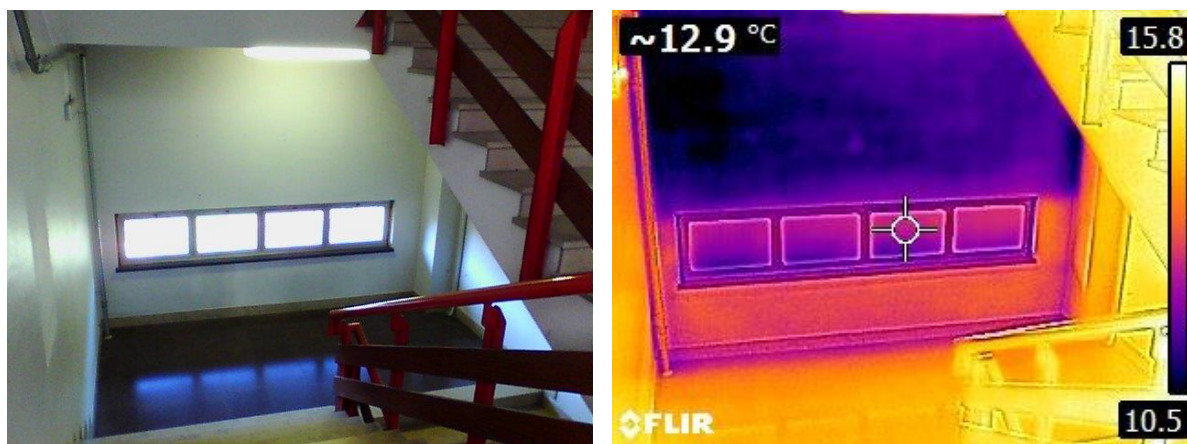
Figura 4.5 - Particolare dei serramenti dell'atrio



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 termocamera Flir modello E8. Le indagini sono state eseguite nel periodo invernale in accordo con la norma UNI 13187.

Figura 4.6– Rilievo termografico dei serramenti



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

Dalle analisi effettuate e dalla modellazione termica sono stati identificati i valori di trasmittanza dei componenti dell'involucro trasparente riportati nella [Tabella 4.2 – Trasmittanze termiche dei componenti dell'involucro trasparente](#)

Tabella 4.2 – Trasmittanze termiche dei componenti dell'involucro trasparente

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	DIMENSIONI [LxH] [m]	TIPO TELAIO	TIPO VETRO	TRASMITTANZA TERMICA [W/mqK]	STATO DI CONSERVAZIONE
ZONA TERMICA GENERALE						
Porta finestra	PF1	4,0x2,4	Metallo	Vetro singolo	6,351	Buono
Porta finestra	PF2	1,0x2,4	Metallo	Vetro doppio	3,056	Ottimo
Porta finestra	PF3	1,6x2,4	Metallo	Vetro doppio	3,01	Ottimo
Serramento	F1	3,2X1,45	Metallo	Vetro singolo	6,27	Buono
Serramento	F2	1,7X1,45	Metallo	Vetro singolo	6,246	Buono
Serramento	F3	5,1X1,0	Metallo	Vetro singolo	6,123	Buono
Porta finestra	PF4	4,6X2,8	Metallo	Vetro singolo	5,903	Buono
Serramento	F4	0,7X3,0	Metallo	Vetro singolo	6,463	Buono
Serramento	F5	1,6x2,90	Metallo	Vetro singolo	6,251	Buono
Serramento	F6	0,5x3,0	Metallo	Vetro singolo	6,438	Buono
Serramento	F7	2,2X1,8	Metallo	Vetro doppio	3,802	Buono
Porta finestra	PF5	2,2X2,4	Metallo	Vetro singolo	4,098	Buono
Serramento	PF2	5,0x0,6	Metallo	Vetro singolo	6,27	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 in comune con la scuola adiacente cod. E/301 ed è costituito da un generatore a combustione: una caldaia a basamento posta nel locale caldaia per riscaldamento.

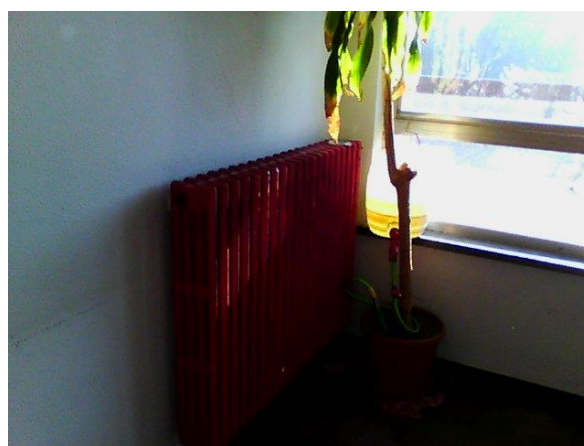
La centrale termica principale ha singola mandata con pompa gemellare e tre stacchi.

4.2.1 Sottosistema di emissione

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

Figura 4.7 - Particolare dei radiatori in ghisa

- Radiatori in ghisa



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

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

ZONA TERMICA	TIPOLOGIA DI TERMINALE	RENDIMENTO
ZONA TERMICA PRINCIPALE	Radiatori	85%

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	11	0,81 – 4,61	31,19	0	0
Primo	Parete	5	2,94 – 5,76	17,42	0	0
Secondo	Parete	13	0,27 – 4,73	23,28	0	0
Terzo	Parete	16	0,4 – 4,10	30,33	0	0
Quarto	Parete	18	0,4 – 2,84	30,2	0	0
Quinto	Parete	12	0,41 – 4,52	31,18	0	0
TOTALE		75		163,6	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.

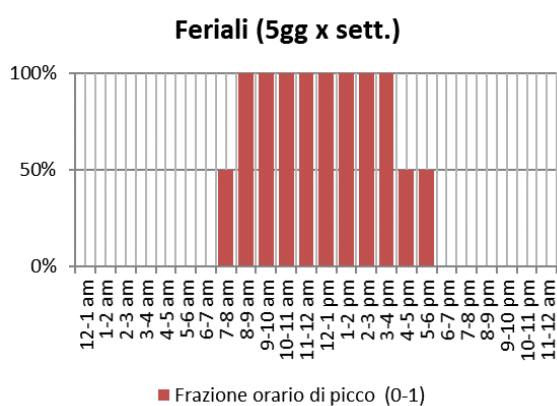
L'elenco delle tipologie dei componenti del sottosistema di emissione per il riscaldamento degli ambienti, rilevati in sede di sopralluogo, e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 6.5 dell'Allegato J – Schede di audit.

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 4.8 - 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 ha singola mandata con singola pompa gemellare con funzionamento alternato, più una pompa anticondensa.
- 2) Circuito per riscaldamento e acqua calda sanitaria Piano Terra: non ha pompe esterne.

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 MEDIE	2	SALMSON DCX65-60	0,915
Circuito primario riscaldamento ELEMENTARI	2	SALMSON DCX 80-50	1,7
Circuito primario riscaldamento MATERNA	2	DAB DPH 120/280-50T	0,898

TOTALE

7,026

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	60 ⁽¹⁾	70 ⁽²⁾
	Ritorno	Caldo	50 ⁽¹⁾	55 ⁽²⁾

Nota (1): Valori ricavati in sede di sopralluogo

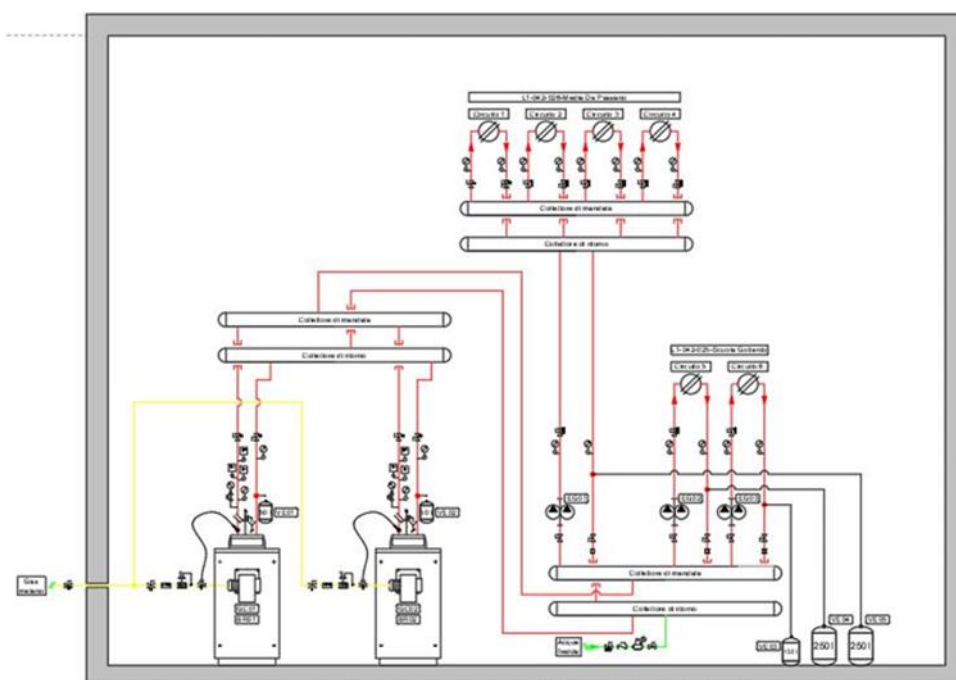
Nota (2): Valori utilizzati nel modello di calcolo

Per quanto riguarda le temperature del fluido termovettore caldo si è potuto notare un sufficiente riscontro tra i valori considerati nel modello di calcolo e quelli rilevati in sede di sopralluogo.

Figura 4.9– Indagini diagnostiche circuito di MANDATA



Figura 4.10- Particolare dello schema di impianto (Fonte: Tavola 024-S01-001-CENTRALE TERMICA.dwg)



Il rendimento complessivo del sottosistema di distribuzione è stato assunto nella DE pari al 89.6%, 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 due caldaie a basamento "RAVASIO TRM 480-PMX" a condensazione a servizio delle due scuole (solo riscaldamento).

Figura 4.11 - Particolare di caldaia a basamento



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	POTENZA TERMICA UTILE	RENDIMENTO
					[kW]	[kW]	
Gen 1	Riscaldamento	RAVASIO	TRM 480-PMX	2017	480	472	93-99.6%
Gen 2	Riscaldamento	RAVASIO	TRM 480-PMX	2017	480	472	93-99.6%

Il rendimento complessivo del sottosistema di generazione, in regime di riscaldamento è stato assunto nella DE pari al 98%, 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 95,5%).

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 n.2 boiler elettrici ad accumulo installati localmente nei servizi igienici.

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

Figura 4.12 – 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%(*)	na

(*) 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	POTENZA COMPLESSIVA	ORE ANNUE DI UTILIZZO
			[W]	[W]	[ore]
Zona 1	PC	22	250	5500	40260
Zona 1	Microonde	1	1000	1000	335
Zona 1	Ascensore	1	4000	4000	335
Zona 1	Proiettore	3	150	450	3660
Zona 1	Fotocopiatrice	4	1500	6000	6700

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'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	43	18	774
Zona 1	Fluorescente	34	36	1224
Zona 1	Fluorescente	8	60	480
Zona 1	Fluorescente	222	72	15984

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

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 4.13 - Particolare dei corpi illuminanti installati a soffitto



Figura 4.14 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nei corridoi



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

Attualmente è presente un impianto Fotovoltaico installato sulla copertura opaca al di sopra dei locali adibiti a ristorante, con una potenza di picco di circa 18,40 kWp.

Il suddetto impianto è costituito da 80 moduli in silicio policristallino, installati con inclinazione 30° e orientamento Sud/Sud-ovest.

Figura 4.15- Vista dell'impianto fotovoltaico



Tabella 4.11 – Caratteristiche dell'impianto fotovoltaico

TIPO DI IMPIANTO	SUPERFICIE [mq]	TIPO DI MODULI	POTENZA INSTALLATA [kW]	RENDIMENTO IMPIANTO	ENERGIA PRODOTTA [kWh/anno]
Fotovoltaico	130	Policristallini Sinodeu ZD230-20P	18,4	0,75	21.300

Le caratteristiche di tali impianti rilevati in sede di sopralluogo e delle relative caratteristiche tecniche sono riportate nella Sezione 9 dell'Allegato J – Schede di audit.

5 CONSUMI RILEVATI

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

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

I vettori energetici analizzati sono i seguenti:

- Gas metano;
- Energia elettrica;

5.1.1 Energia termica

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

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

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

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

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

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

- N. 1 - PDR 3270036798303: a servizio della Centrale termica per il riscaldamento

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

L'analisi dei consumi storici di Gas metano si basa sulla base de m³ di gas rilevati dalla società di fornitura gas e manutenzione 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 [mc]	2015 [mc]	2016 [mc]	2014 [kWh]	2015 [kWh]	2016 [kWh]
3270036798303	Riscaldamento	53.086	70.447	43.423	500.067	663.610	437.305

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-EXXXX_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.

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	23.889	9,94	1,0549	9,42	225.096	255,8	235.735
2015	914	921	31.701	9,94	1,0549	9,42	298.710	326,9	301.223
2016	971	921	20.890	9,94	1,0549	9,42	196.843	202,7	186.747
Media	922	921	25.493				240.217	260,7	240.169

Come si può notare dai dati riportati il comportamento energetico dell'edificio, negli anni considerati, è piuttosto variabile: tale variabilità non va imputata alla realizzazione di interventi di efficientamento, quanto alla variabilità del livello di servizio all'interno degli ambienti.

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
$\bar{a}_{rif} \times GG_{rif}$	240.169
$Q_{baseline}$	240.169

5.1.2 Energia elettrica

La fornitura di energia elettrica avviene tramite la presenza di 1 contatore a servizio dei seguenti utilizzi:

- Scuola Secondaria di Primo grado (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]
IT001E00097402	MEDIA	20.609	32.894	44.358(*)	32.620
					EE baseline
TOTALE		20.609	32.894	41.012	31.505

(*) 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 uno scostamento dei consumi rilevati dalle fatture rispetto a quanto elaborato nel suddetto file, in particolare per l'anno 2016, probabilmente a causa di diversi conguagli presenti:

ANNI	2014	2015	2016	MEDIA
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
VALORI TOTALI da kyotoBaseline-EXXXX	18.831	34.555	25.332	26.239

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 31.505 kWh.

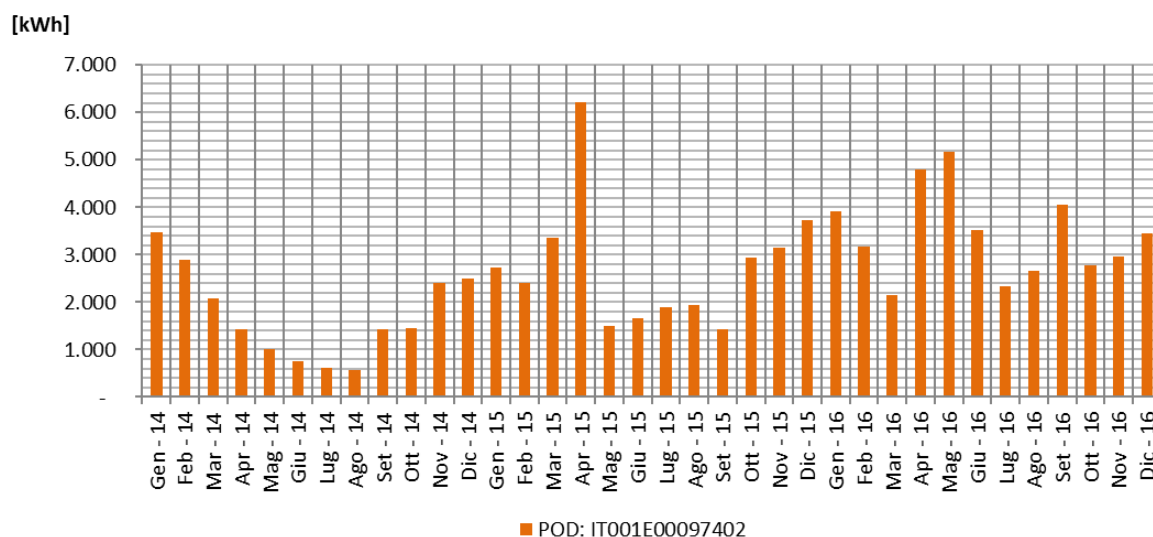
Tabella 5.6 – Consumi mensili di energia elettrica suddivisi per fasce, per il triennio di riferimento

POD: IT001E00097402	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 14	1.771	781	910	3.462
Feb - 14	1.393	771	734	2.898
Mar - 14	700	625	749	2.074
Apr - 14	529	375	532	1.436
Mag - 14	259	261	496	1.016

Giu - 14	168	202	374	744
Lug - 14	86	163	365	614
Ago - 14	73	158	342	573
Set - 14	672	345	421	1.438
Ott - 14	659	357	436	1.452
Nov - 14	758	859	797	2.414
Dic - 14	890	770	828	2.488
Totale	7.958	5.667	6.984	20.609
POD: IT001E00097402	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 15	1.020	826	893	2.739
Feb - 15	806	820	776	2.402
Mar - 15	2.013	461	873	3.347
Apr - 15	4.705	188	1.312	6.205
Mag - 15	404	368	727	1.499
Giu - 15	287	440	929	1.656
Lug - 15	157	560	1.176	1.893
Ago - 15	219	524	1.187	1.930
Set - 15	496	393	544	1.433
Ott - 15	1.346	651	934	2.931
Nov - 15	1.556	745	840	3.141
Dic - 15	1.945	702	1.071	3.718
Totale	14.954	6.678	11.262	32.894
POD: IT001E00097402	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 16	2.217	763	945	3.925
Feb - 16	1.420	810	947	3.177
Mar - 16	686	644	817	2.147
Apr - 16	3.269	685	849	4.803
Mag - 16	3.568	701	911	5.180
Giu - 16	2.138	544	837	3.519
Lug - 16	892	567	885	2.344
Ago - 16	1.038	577	1.054	2.669
Set - 16	2.578	671	807	4.056
Ott - 16	1.083	708	3.521	5.312
Nov - 16	1.251	810	2.941	5.002
Dic - 16	1.648	784	1.531	3.963
Totale	21.788	8.264	16.045	46.097

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.

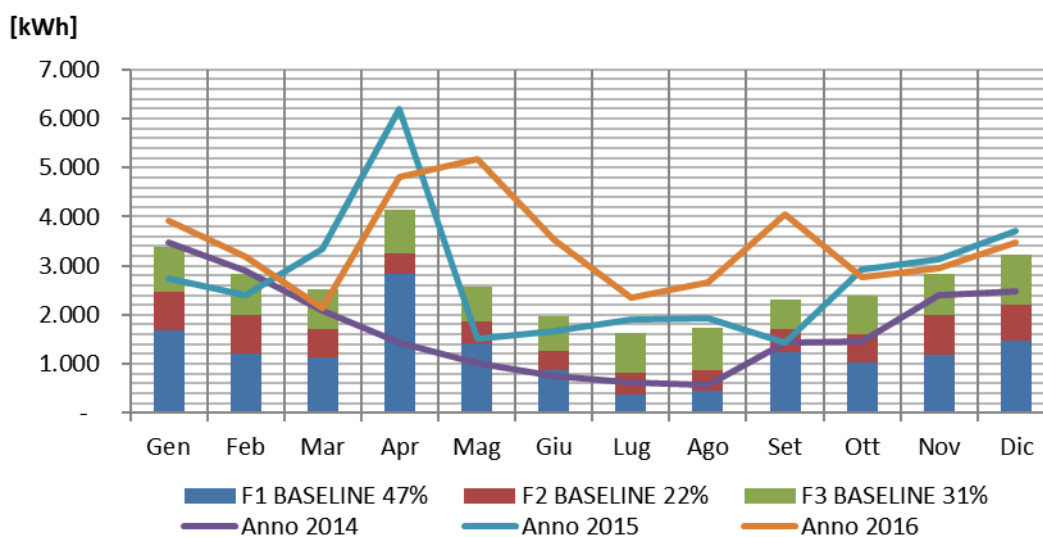
Tali valori sono riportati nella Tabella 5.7.

Tabella 5.7 – Consumi mensili di Baseline

BASELINE	F1	F2	F3	TOTALE
Mese	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen	1.669	790	916	3.375
Feb	1.206	800	819	2.826
Mar	1.133	577	813	2.523
Apr	2.834	416	898	4.148
Mag	1.410	443	711	2.565
Giu	864	395	713	1.973
Lug	378	430	809	1.617
Ago	443	420	861	1.724
Set	1.249	470	591	2.309
Ott	1.029	572	786	2.387
Nov	1.189	805	842	2.835
Dic	1.467	745	1.011	3.223
Totale	14.873	6.863	9.770	31.505

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 piuttosto irregolari per tutti e tre gli anni.

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 accedendo alle informazioni fornite dalla società di distribuzione dell'energia elettrica, in quanto l'utenza non è monitorata.

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

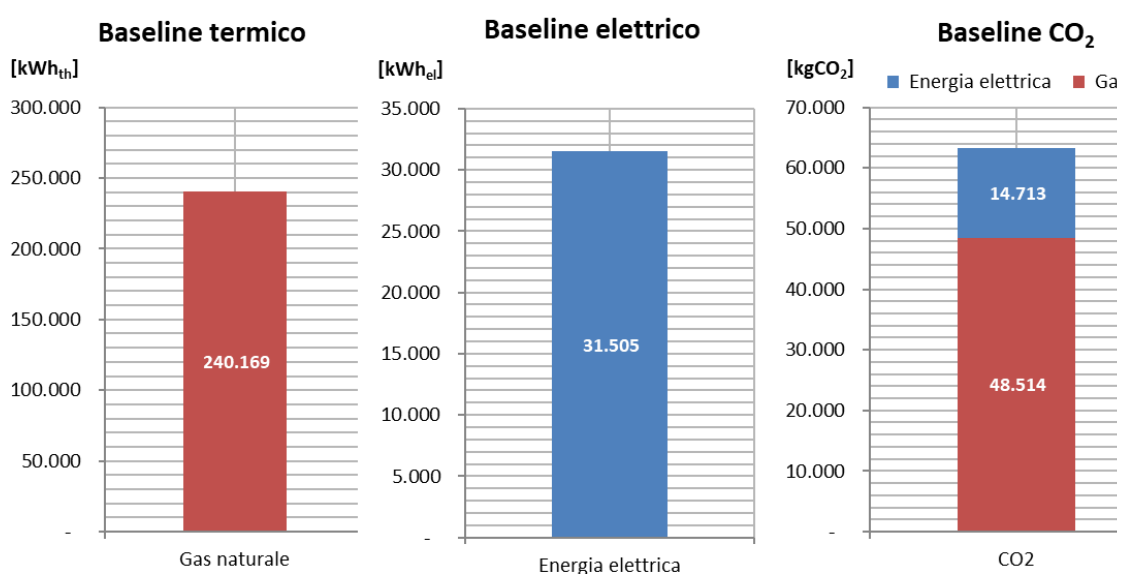
* da "Linee Guida Patto dei Sindaci" per anno 2010

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	240.169	0,202	48.514
Energia elettrica	31.505	0,467	14.713
TOTALE			63.227

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	3.081	m ²
FATTORE 2	Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	4.081	m ²
FATTORE 3	Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate)	16.169	m ³

Nella Tabella 5.12 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	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA TOTALE	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA TOTALE	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA TOTALE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3	FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3
	[kWh/anno]		[kWh/anno]	[kWh/m ²]	[kWh/m ²]	[kWh/m ³]	[Kg CO ₂ /m ²]	[Kg CO ₂ /m ²]	[Kg CO ₂ /m ³]
Gas naturale	240.169	1,05	252.178	81,8	61,8	15,6	15,75	11,89	3,00
Energia elettrica	31.505	2,42	76.242	24,7	18,7	4,7	4,78	3,61	0,91
TOTALE			328.420	107	80	27	21	15	5

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

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA 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	240.169	1,05	252.178	81,8	61,8	15,6	15,75	11,89	3,00
Energia elettrica	31.505	1,95	61.435	19,9	15,1	3,8	4,78	3,61	0,91
TOTALE			313.612	102	77	26	21	15	5

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

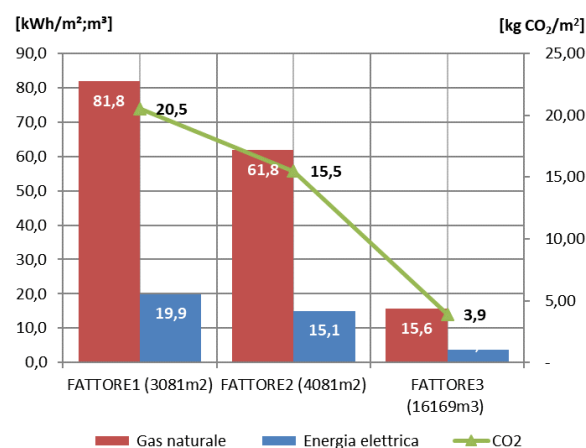
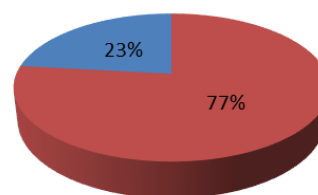
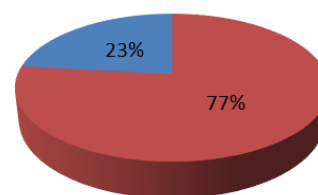


Figura 5.5 – Ripartizione % dei consumi di energia primaria e delle relative emissioni di CO₂

Ripartizione % energia primaria



Ripartizione % emissioni CO₂



■ Gas naturale ■ Energia elettrica

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		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Gas Naturale	17,8	22,8	14,0	na	na	na
Energia elettrica	na	na	na	11,0	17,6	21,9

E' stato quindi possibile effettuare un raffronto con le classi di merito riportate nelle suddette Linee Guida ENEA - FIRE, ottenendo per tutti gli indici una prestazione insufficiente, ad esclusione dell'indice relativo al riscaldamento dell'anno 2016, che è risultato sufficiente, e a quello relativo all'elettricità per l'anno 2014, che è risultato buono.

Per i dettagli sulle valutazioni effettuate vedere l'Allegato M.

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	162,28	148,32
Climatizzazione invernale	EP_H	kWh/mq anno	118,88	118,25
Produzione di acqua calda sanitaria	EP_w	kWh/mq anno	0,43	0,35
Ventilazione	EP_v	kWh/mq anno	0	0
Raffrescamento	EP_c	kWh/mq anno	0	0
Illuminazione artificiale	EP_L	kWh/mq anno	41,91	28,87
Trasporto di persone e cose	EP_T	kWh/mq anno	1,05	0,85
Emissioni equivalenti di CO ₂	CO_{2eq}	Kg/mq anno		30,00

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 [m ³ /anno]	CONSUMO [kWh/anno]
Gas Naturale	36.147	-
Energia Elettrica	-	50.413

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 **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**;
- $E_{baseline}$ 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	$E_{exp,el}$

(*) 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 profili realistici di utilizzo e fruizione dell'edificio e i dati climatici medi delle annualità analizzate (2014-2015 e 2016).

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale	$EP_{gl,nren}$	kWh/mq anno	110,61	101,1
Climatizzazione invernale	EP_H	kWh/mq anno	80,52	80,1
Produzione di acqua calda sanitaria	EP_w	kWh/mq anno	0,49	0,4
Ventilazione	EP_v	kWh/mq anno	0	0
Raffrescamento	EP_c	kWh/mq anno	0	0
Illuminazione artificiale	EP_L	kWh/mq anno	28,74	19,8
Trasporto di persone e cose	EP_T	kWh/mq anno	0,99	0,8
Emissioni equivalenti di CO ₂	CO_{2eq}	Kg/mq anno		20,52

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

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	CONSUMO
	[m ³ /anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	25.463	-
Energia Elettrica	-	32.059

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

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

$Q_{teorico}$	$Q_{baseline}$	Congruità
[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
239.863	240.169	0,1%

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 0 ed il fabbisogno teorico ($EE_{teorico}$) derivante dalla modellazione energetica.

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

$EE_{teorico}$	$EE_{baseline}$	Congruità
[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
32.059	31.505	2%

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

6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

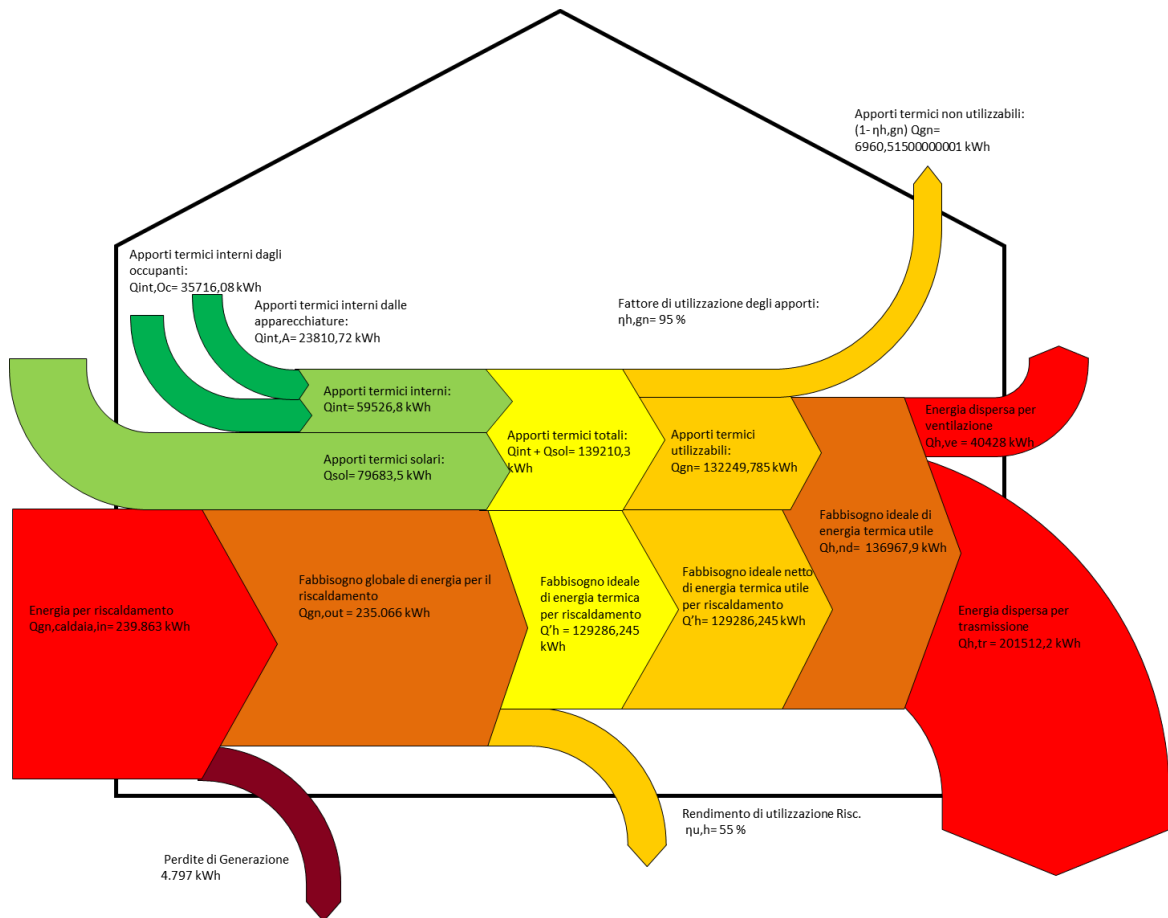
Al fine di valutare la prestazione energetica del sistema edificio-impianti si è reso necessario predisporre i risultati della modellazione energetica nella forma di un bilancio energetico che descriva

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

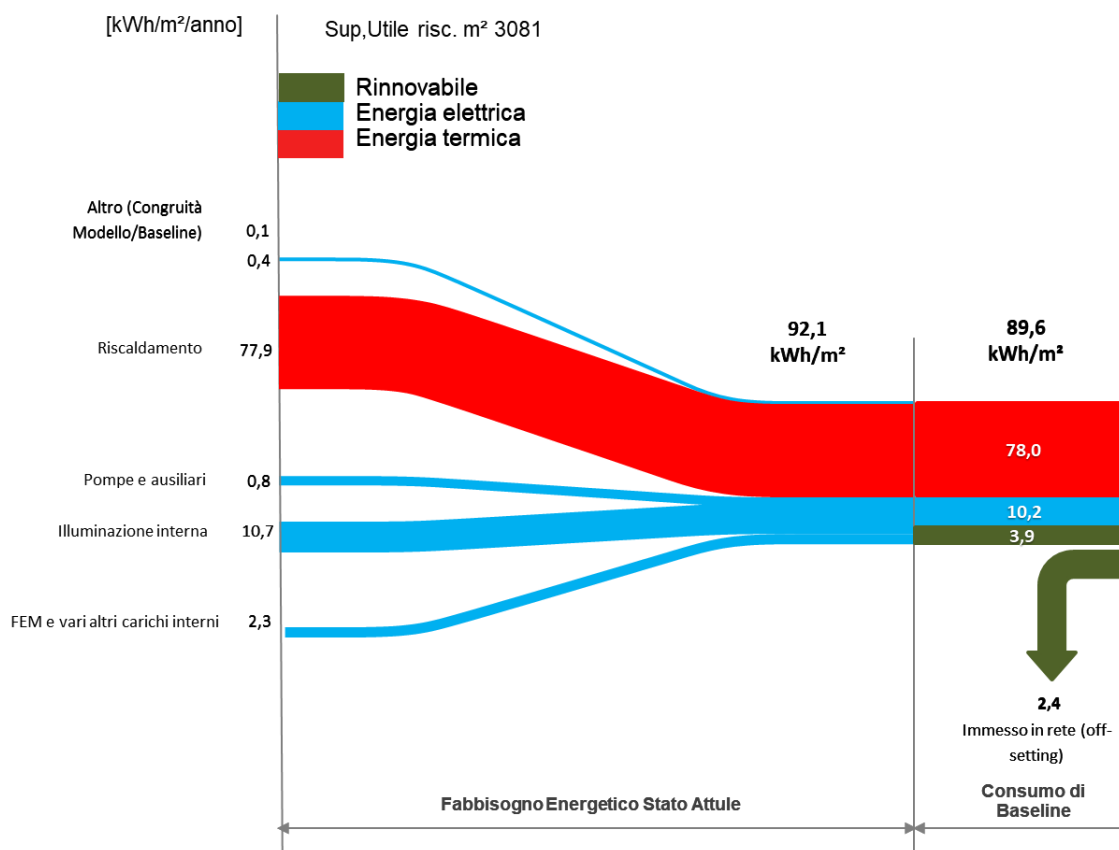
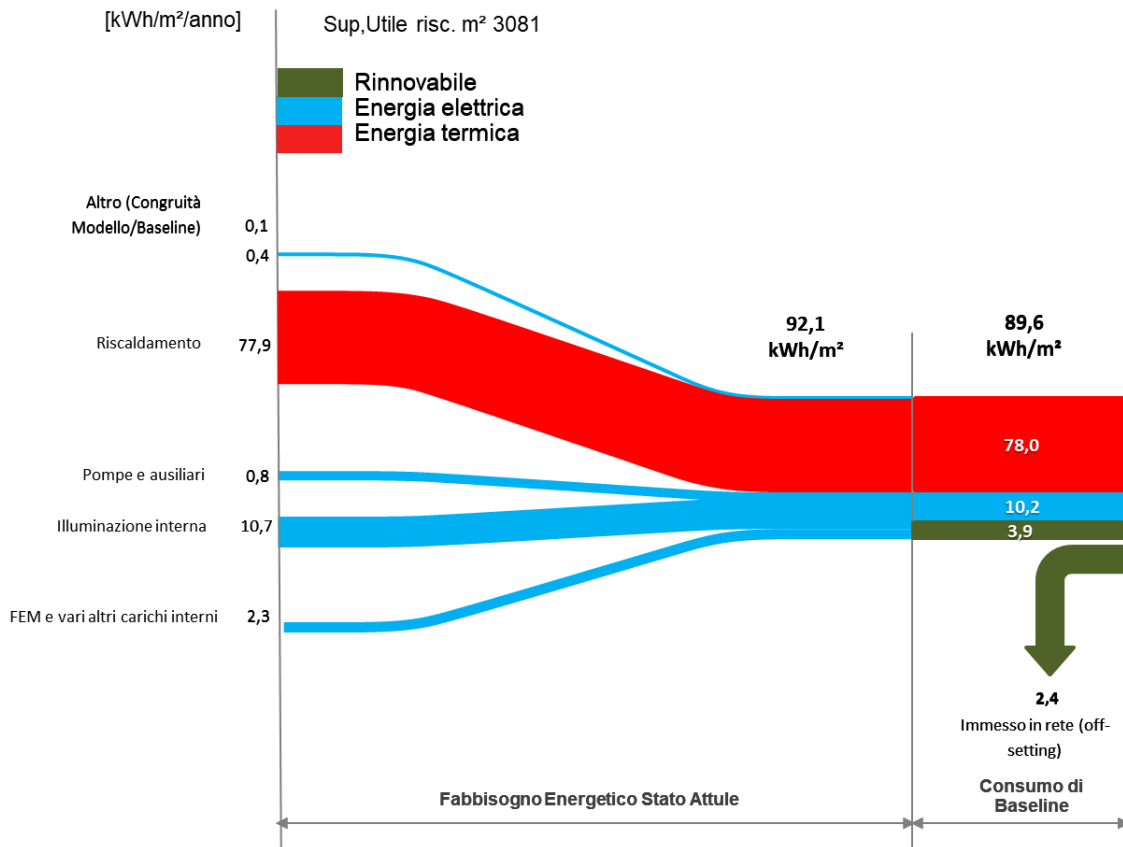


Figura 6.2 – Bilancio energetico complessivo dell’edificio allo stato attuale



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

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

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

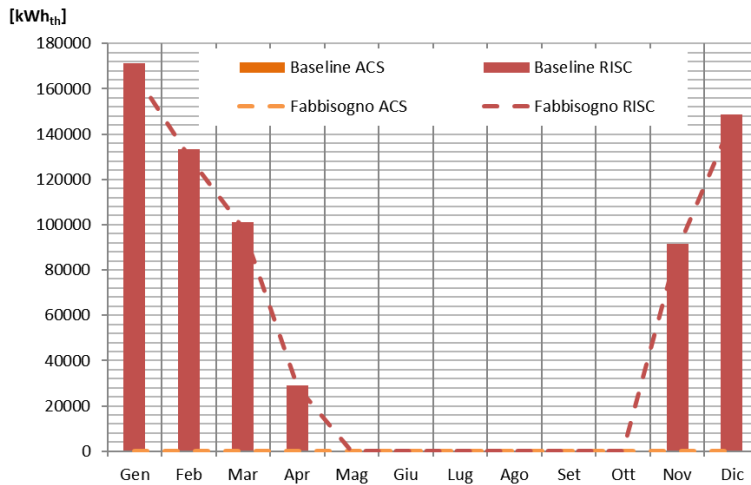
Nel caso in cui, invece i consumi teorici siano inferiori rispetto alla Baseline il termine “Altro – Congruit ” rappresenta la differenza per eccesso tra i consumi specifici di Baseline ed i consumi teorici.

6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI

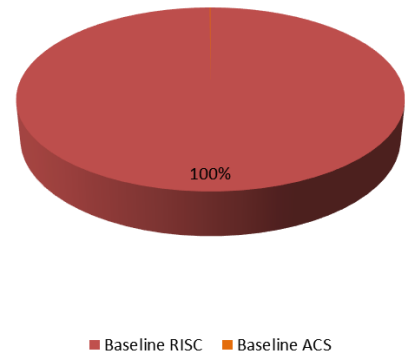
La creazione di un modello energetico consente di effettuare una pi  corretta ripartizione dei consumi energetici di Baseline in funzione dei diversi utilizzi presenti all’interno dell’edificio oggetto della DE. Tale profilo pu  essere confrontato con il profilo mensile del che si otterrebbe tramite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

Il confronto tra i due profili   riportato in Figura 6.3.

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



Ripartizione consumi termici



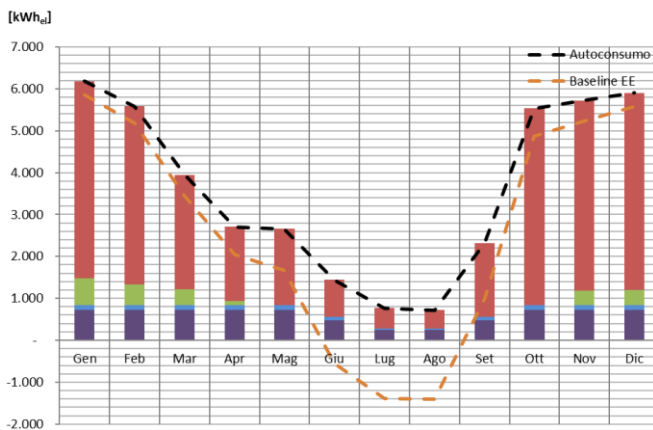
Si può notare come la totalità dei consumi termici sia da attribuirsi all'utilizzo per il riscaldamento dei locali, pertanto gli interventi migliorativi proposti, andranno ad interessare principalmente tali componenti.

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

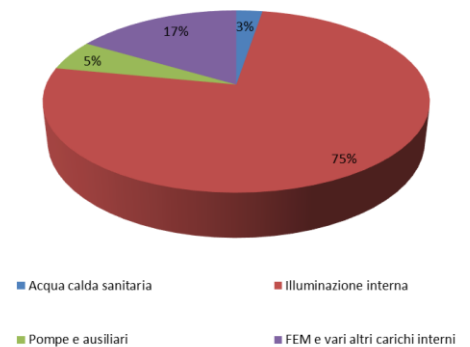
Si è inoltre effettuato un confronto grafico tra i profili mensili ottenuti dalla modellazione elettrica ed i profili mensili di Baseline.

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



Ripartizione consumi elettrici



Si può notare come la maggior parte dei consumi sia da attribuirsi all'utilizzo per l'illuminazione dei locali oltre che all'utilizzo di macchinari e attrezzature elettriche, pertanto gli interventi migliorativi proposti, 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 un unico contratto per i due edifici delle scuole E/301 ed E/302:

- PDR – 3270036798303: 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: 3270036798303	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: 3270036798303	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO

ANNO 2015	PARTE FISSA		PARTE VARIABILE			[€]	[KWh]	(IVA INCLUSA)	
	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]			[€/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	-	-	-	-	-	-	-	-	
ANNO 2016	PDR: 3270036798303	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO
			PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					[€]
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

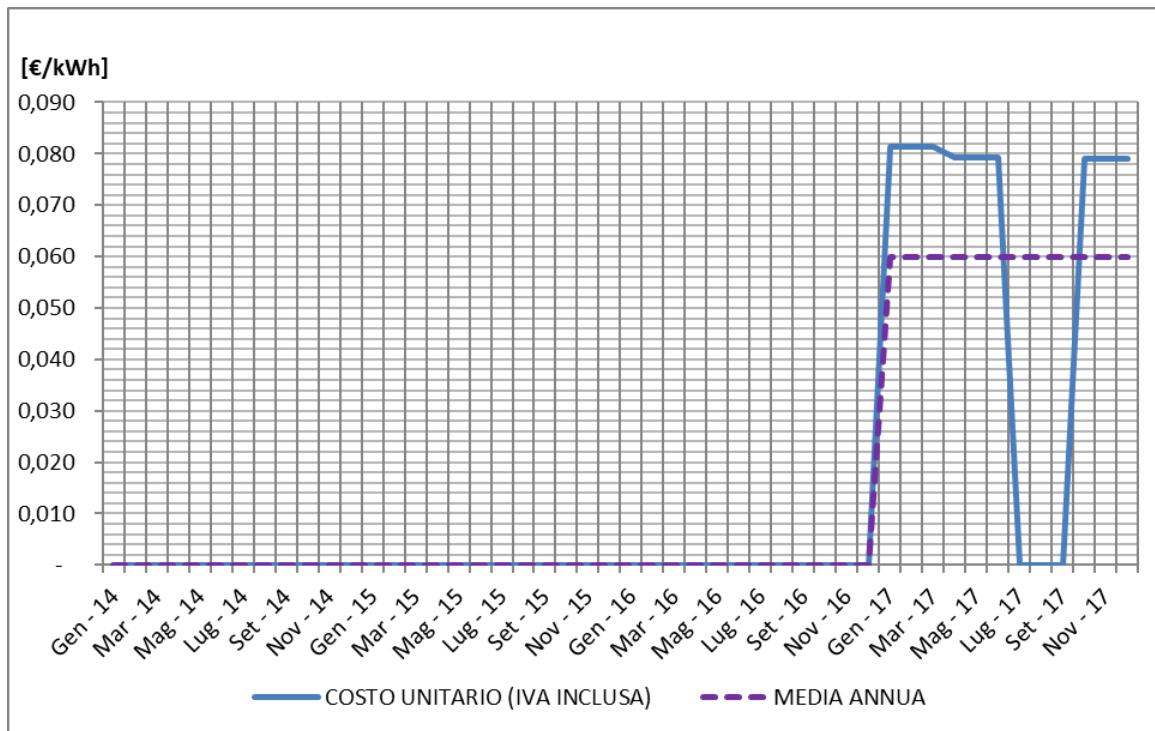
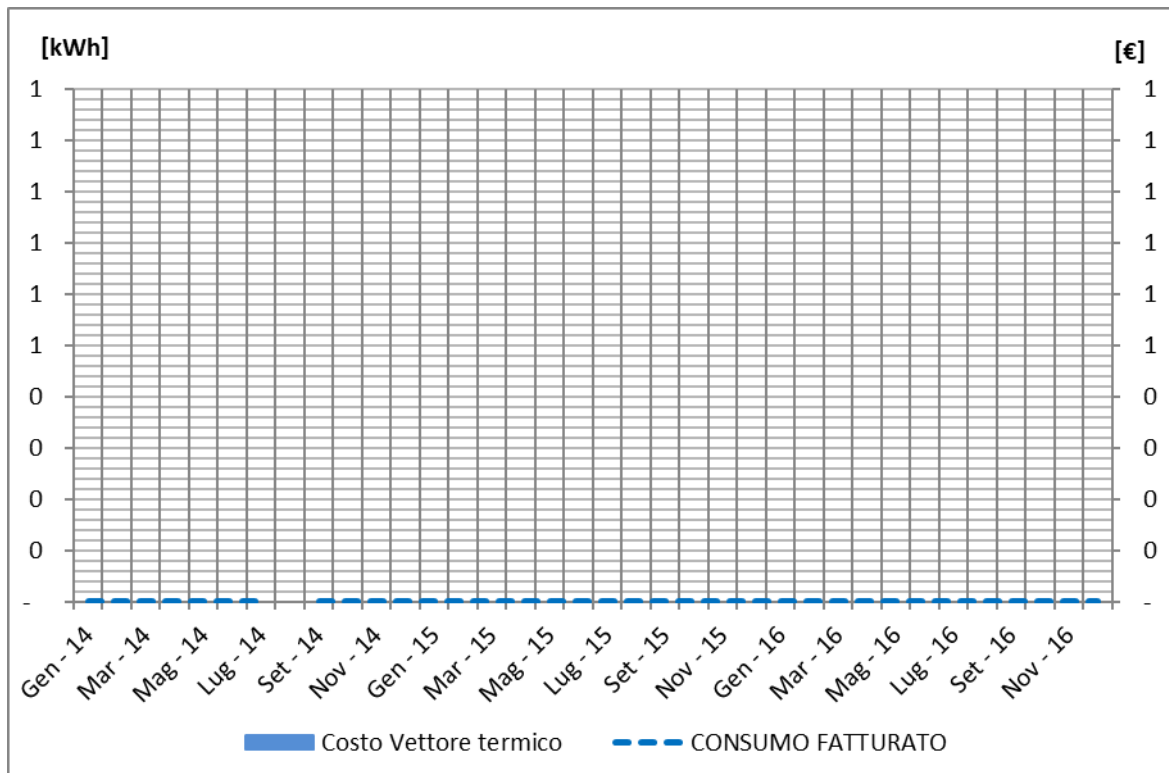


Figura 7.2 – Andamento dei consumi e dei costi dell'energia termica



7.1.1 Vettore elettrico

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

- POD 1 - IT001E00097402: contratto di fornitura del vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. È stato quindi possibile effettuare un'analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura.

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

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

POD: IT001E00097402	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 kW	22 kW	20 kW	20 kW	20 kW
Potenza elettrica disponibile	22 kW	22 kW	22 kW	22 kW	22 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 - L2	CONSIP13 VERDE L0390
Prezzi del fornitura dell'energia elettrica ⁽²⁾	0,197	0,190	0,190	0,109	0,109

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

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

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

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

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

POD: IT001E00097402	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 14	261	14	359	43	68	745	3.462	0,215
Feb - 14	219	14	309	36	58	635	2.898	0,219
Mar - 14	151	14	237	26	43	470	2.074	0,227
Apr - 14	104	14	189	18	33	358	1.436	0,249
Mag - 14	71	14	120	13	22	239	1.016	0,236
Giu - 14	51	14	124	9	20	218	744	0,293
Lug - 14	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	614	-
Ago - 14	38	14	107	7	17	183	573	0,319
Set - 14	106	14	189	18	33	359	1.438	0,250
Ott - 14	109	14	194	19	34	369	1.452	0,254
Nov - 14	149	14	240	27	43	473	2.414	0,196
Dic - 14	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	2.488	-
Totale	1.261	137	2.068	216	368	4.051	20.609	0,197
POD: IT001E00097402	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO

		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					(IVA INCLUSA)
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 15	239	13	343	43	64	702	2.739	0,256
Feb - 15	190	13	293	36	53	586	2.402	0,244
Mar - 15	125	13	219	26	38	421	3.347	0,126
Apr - 15	99	14	180	21	31	345	6.205	0,056
Mag - 15	54	14	120	12	20	219	1.499	0,146
Giu - 15	46	14	115	19	19	213	1.656	0,128
Lug - 15	48	14	123	10	20	214	1.893	0,113
Ago - 15	37	14	107	8	17	183	1.930	0,095
Set - 15	52	14	128	13	21	227	1.433	0,158
Ott - 15	107	14	252	30	40	444	2.931	0,151
Nov - 15	225	14	462	61	76	838	3.141	0,267
Dic - 15	733	14	802	140	169	1.858	3.718	0,500
Totale	1.955	166	3.142	419	568	6.251	32.894	0,190
POD: IT001E00097402	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	204	14	397	56	67	739	3.925	0,188
Feb - 16	106	14	254	33	41	448	3.177	0,141
Mar - 16	238	14	209	27	67	555	2.147	0,259
Apr - 16	38	14	106	9	17	184	4.803	0,038
Mag - 16	100	14	191	23	33	361	5.180	0,070
Giu - 16	111	14	203	25	35	388	3.519	0,110
Lug - 16	151	14	224	28	42	459	2.344	0,196
Ago - 16	142	14	225	28	41	451	2.669	0,169
Set - 16	131	14	192	23	36	396	4.056	0,098
Ott - 16	181	14	233	29	46	503	5.312	0,095
Nov - 16	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	5.002	-
Dic - 16	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	3.963	-
Totale	1.402	144	2.234	280	424	4.484	46.097	0,097

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

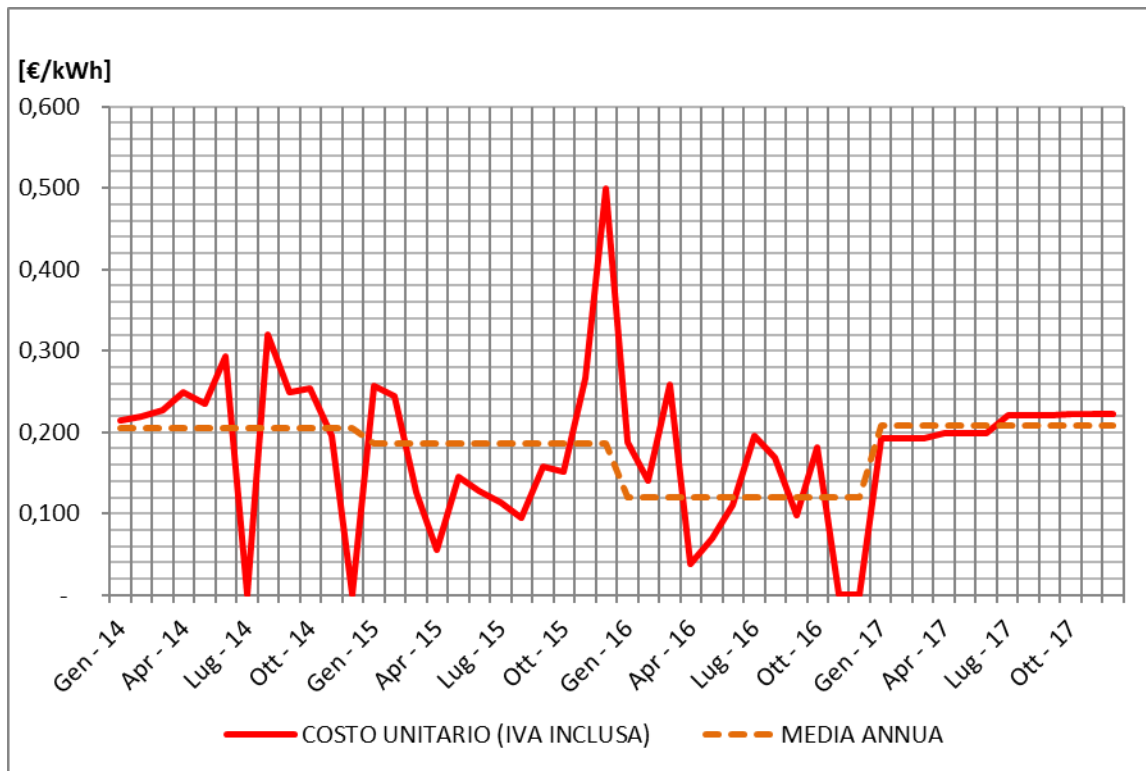
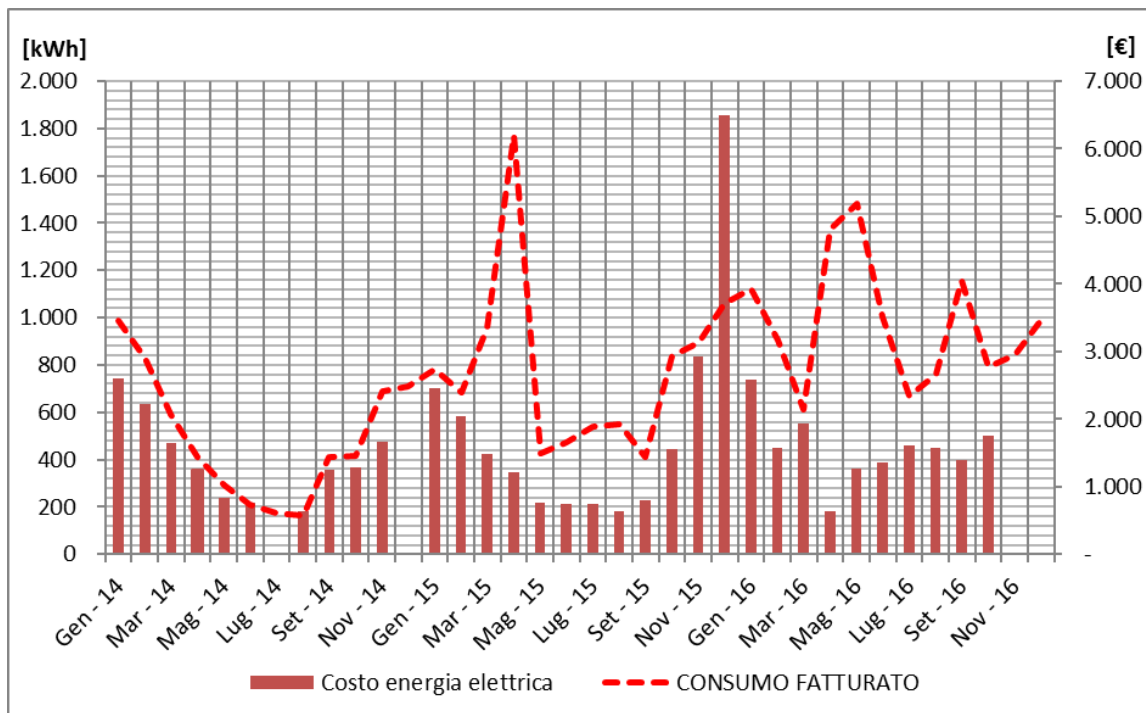


Figura 7.4 – Andamento dei consumi e dei costi dell'energia elettrica



Dall'analisi effettuata risulta evidente che l'andamento dei costi risulta molto irregolare, a causa dell'andamento delle fatturazioni che presentano continui conguagli.

7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI

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

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

Tabella 7.4– Sintesi dei consumi nel triennio di riferimento

ANNO	VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			TOTALE
	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[€]
2014	-	-	-	20.609	€ 4.051	€ 0,197	€ 4.051
2015	-	-	-	32.894	€ 6.251	€ 0,190	€ 6.251
2016	-	-	-	41.012	€ 4.484	€ 0,109	€ 4.484
2017	-	-	€ 0,081	-	-	€ 0,209	-
Media	-	-	€ 0,081	31.505	€ 4.928	€ 0,175	€ 4.928

Ai fini del calcolo della Baseline dei costi si sono pertanto assunti i valori di riportati nella Tabella 7.5.

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo unitario dell'energia termica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	Cu _Q	0,081 [€/kWh]
Costo unitario dell'energia elettrica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	Cu _{EE}	0,206 [€/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:

- L1-042-026: Servizio Integrato Energia SIE 3 (collegato all'impianto L1-042-025 relativo all'adiacente scuola E/301)

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 60.667 €.

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:

$$\begin{aligned} C_{MS} &= 0.21 \times C_M \\ C_{MO} &= 0.79 \times C_M \end{aligned}$$

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

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo per la gestione e manutenzione ordinaria	Corrispettivo annuale relativo al contratto O&M in essere	C_{MO} 6.267	[€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Media relativa a gli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici	C_{MS} 1.666	[€/anno]

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

7.4 BASELINE DEI COSTI

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

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

Per la componente energetica vale la seguente formula:

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

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

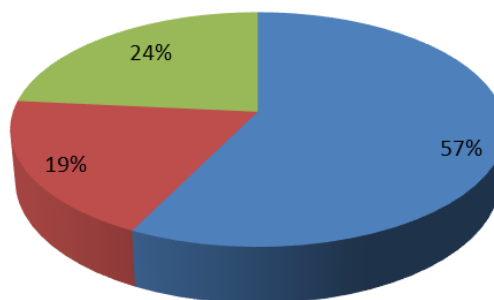
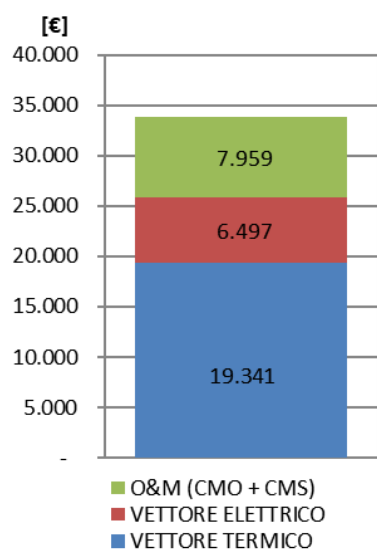
$$C_{baseline} = C_E + C_{MO} + C_{MS}$$

Ne risulta quindi un C_E pari a € 25.860 e un $C_{baseline}$ pari a € 33.793

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

VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)			TOTALE
$Q_{baseline}$	Cu_Q	C_Q	$EE_{baseline}$	Cu_{EE}	C_{EE}	C_M	C_{MO}	C_{MS}	$CQ+CEE+CM$
[kWh]	[€/kWh]	[€]	[kWh]	[€/kWh]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
240.169	0,081	19.341	31.505	0,206	6.497	7.959	6.288	1.671	33.797

Figura 7.5 – Baseline dei costi e loro ripartizione



8 IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA

8.1 DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI

Nella centrale termica l'impianto di generazione e di distribuzione è stato già rinnovato completamente con l'installazione di due caldaie nuove a condensazione e nuove pompe con motore Inverter. Per tale motivo gli interventi proposti saranno orientati al completamento dell'efficientamento di impianto mediante l'installazione di valvole termostatiche sui singoli radiatori, al miglioramento delle prestazioni dell'involucro e dell'impianto elettrico di illuminazione.

8.1.1 Involucro edilizio

EEM1: Sostituzione degli infissi esterni

Generalità

La misura prevede la sostituzione degli infissi esterni (esclusi quelli già rinnovati) che delimitano 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 del vecchio tipo di infissi presenti



Caratteristiche funzionali e tecniche

L'operazione consiste nella sostituzione degli infissi esistenti con altri di uguale forma e dimensione ma con elevate prestazioni termiche.

La scelta sarà orientata anche sulla base delle caratteristiche estetiche e formali degli infissi esistenti. In questo caso la sostituzione avverrà con infissi (finestra o portafinestra) in PVC completo di vetrocamera ad alte prestazioni termiche, con valore massimo di trasmittanza $U=1,65 \text{ W/m}^2\text{K}$ (richiesto dalla Norma per l'accesso agli incentivi), apertura ad una o due ante o a vasistas, il colore a scelta della DL in accordo con la Committenza.

Si otterrà un miglioramento del comfort abitativo in quanto la presenza di un infisso più performante fa sì che la temperatura superficiale sia più vicina a quella ambiente e che l'infisso ed il muro abbiano una maggiore continuità nel mantenimento della temperatura ambiente richiesta, inoltre si eviterà la formazione di condensa sui vetri diminuendo l'umidità dell'ambiente.

Descrizione dei lavori

Sarà necessario scegliere tipologie di infisso compatibili anche formalmente con l'aspetto dell'edificio. La posa dovrà avvenire da parte di personale tecnico specializzato che rilasci una garanzia di conformità di installazione del prodotto rispetto alle specifiche tecniche.

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

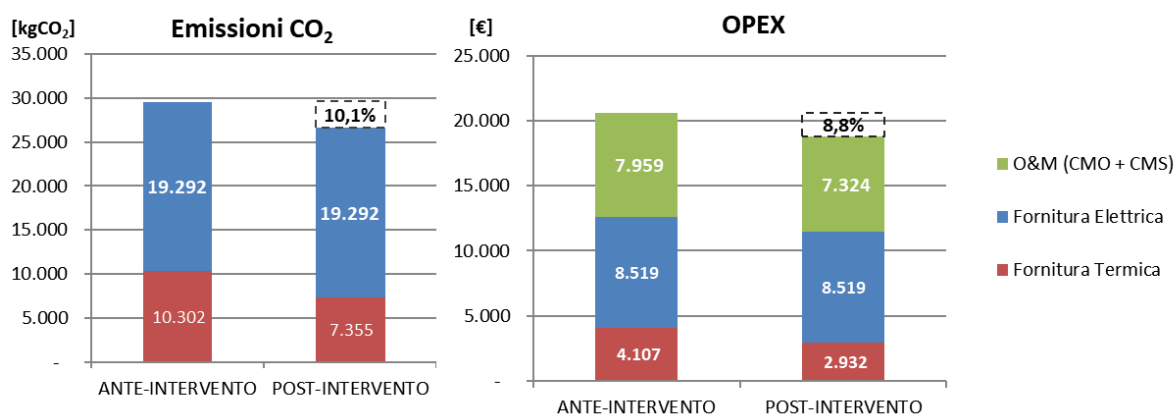
Prestazioni raggiungibili

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

Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM1 – Sostituzione degli infissi esterni

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM1 Trasmittanza media infissi	[W/m ² K]	6,19	1,65	73,3%
Q _{teorico}	[kWh]	239.863	171.253	28,6%
EE _{teorico}	[kWh]	32.059	32.059	0,0%
Q _{baseline}	[kWh]	51.000	36.270	28,6%
EE _{Baseline}	[kWh]	41.310	41.310	0,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	10.302	7.327	28,6%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	19.292	19.292	0,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	29.594	26.618	10,0%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	4.107	2.925	28,6%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	8.519	8.514	0,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	12.626	11.438	9,3%
C _{MO}	[€]	6.288	5.747	8,3%
C _{MS}	[€]	1.671	1.553	6,8%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	7.959	7.300	8,0%
OPEX	[€]	20.586	18.738	8,8%
Classe energetica	[-]	F	E	+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. I nuovi infissi inoltre avranno minori infiltrazioni, gli ambienti avranno minore presenza di polvere ed umidità.

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

EEM2: Coibentazione a cappotto dell'involucro edilizio

Generalità

Premesso che non sarebbe sufficientemente incisivo per un edificio di cinque piani l'intervento di isolamento della sola copertura, 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 8.3– Esempio tipo di coibentazione a cappotto

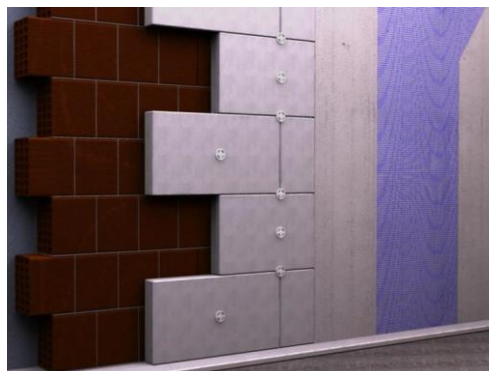


Figura 8.4– Esempio di isolamento del solaio di copertura



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 confort termico ed acustico degli utenti; si ottiene il miglioramento del confort 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 parte delle murature sono rivestite con laterizio faccia a vista, si è ipotizzato che l'isolamento venga realizzato all'interno.

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

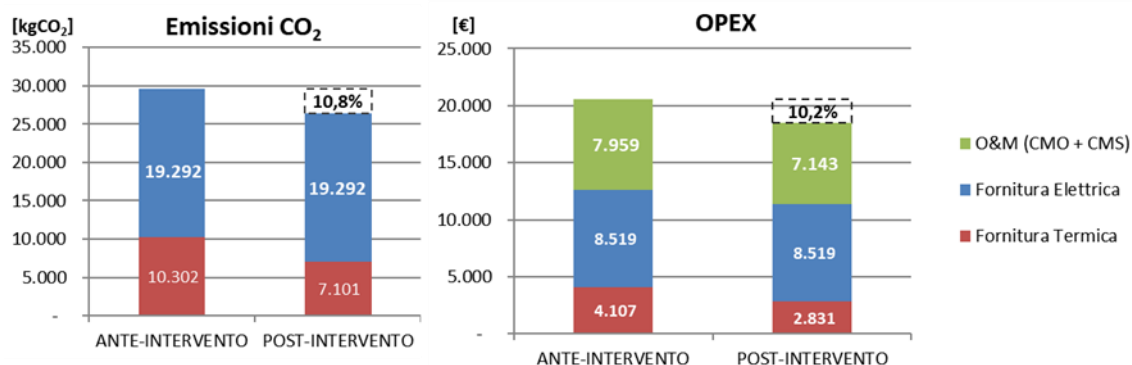
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM2 sono riportati nella Tabella 8.2

Tabella 8.2– Risultati analisi EEM2 – Coibentazione a cappotto dell'involucro edilizio

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM2 -Trasmittanza pareti esterne	[W/m ² K]	0,95	0,299	68,5%
Q _{teorico}	[kWh]	239.863	165.334	31,1%
EE _{teorico}	[kWh]	32.059	32.059	0,0%
Q _{baseline}	[kWh]	51.000	35.017	31,1%
EE _{Baseline}	[kWh]	41.310	41.310	0,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	10.302	7.073	31,1%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	19.292	19.292	0,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	29.594	26.365	10,8%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	4.107	2.824	31,1%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	8.519	8.514	0,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	12.626	11.337	10,1%
C _{MO}	[€]	6.288	5.559	11,3%
C _{MS}	[€]	1.671	1.561	6,3%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	7.959	7.120	10,3%
OPEX	[€]	20.586	18.457	10,2%
Classe energetica	[-]	F	E	+1 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 8.5– EEM2: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO2 a partire dalla baseline



8.1.2 Impianto riscaldamento

EEM3: Installazione di valvole termostatiche

Generalità

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

Figura 8.6– Esempio di valvola termostatica



Caratteristiche funzionali e tecniche

Valvole termostatiche:

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

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

Descrizione dei lavori

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

Per quanto riguarda la regolazione sulle pompe di distribuzione alle utenze si provvederà a mantenere costante il salto termico mandata/ritorno adattando così la portata al carico termico richiesto.

Prestazioni raggiungibili

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

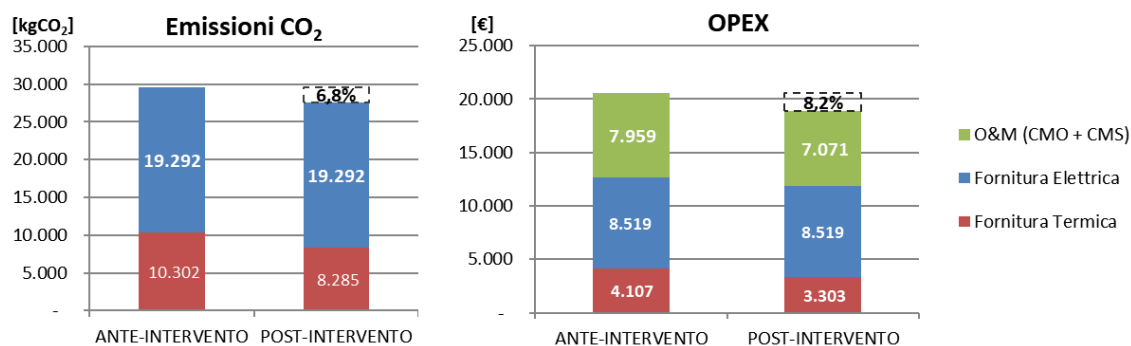
Tabella 8.3– Risultati analisi EEM3 – Installazione di valvole termostatiche

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM3 Rendimento di regolazione	%	89	99	-11,2%
$Q_{teorico}$	[kWh]	239.863	192.912	19,6%
$EE_{teorico}$	[kWh]	32.059	32.059	0,0%
$Q_{baseline}$	[kWh]	51.000	40.858	19,6%
$EE_{baseline}$	[kWh]	41.310	41.310	0,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	10.302	8.253	19,6%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	19.292	19.292	0,0%

Emiss. CO2 TOT	[kgCO ₂]	29.594	27.545	6,8%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	4.107	3.295	19,6%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	8.519	8.514	0,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	12.626	11.808	6,4%
C _{MO}	[€]	6.288	5.490	12,4%
C _{MS}	[€]	1.671	1.558	6,5%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	7.959	7.048	11,2%
OPEX	[€]	20.586	18.856	8,2%
Classe energetica	[-]	F	E	+1 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.

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



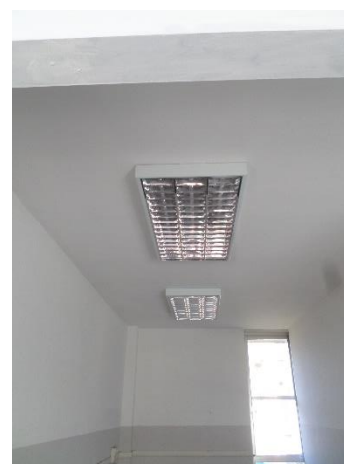
8.1.3 Impianto di illuminazione ed impianto elettrico

EEM4: Installazione di impianto di illuminazione LED

Generalità

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

Figura 8.8- Particolare dei corpi illuminanti attualmente installati



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

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

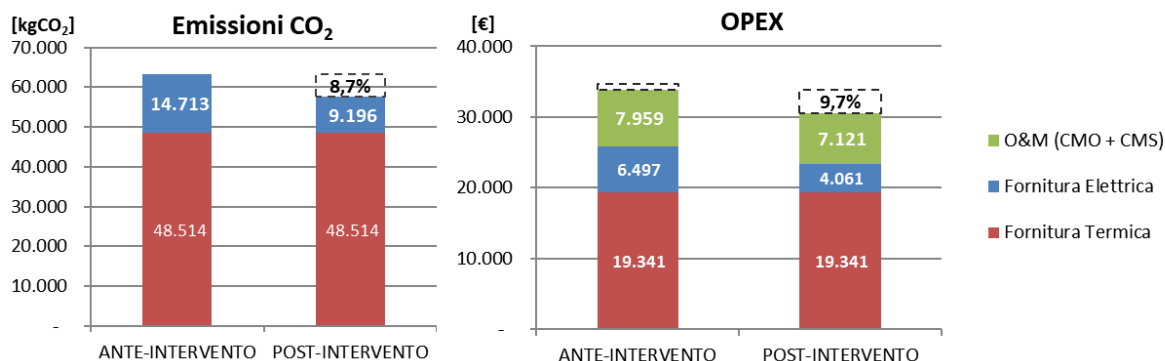
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM4 sono riportati nella Tabella 8.4.

Tabella 8.4– Risultati analisi EEM4 – Installazione impianto di illuminazione LED

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM4 Potenza installata	[W]	18462	10154,1	45,0%
Q _{teorico}	[kWh]	239.863	239.863	0,0%
EE _{teorico}	[kWh]	32.059	20.037	37,5%
Q _{baseline}	[kWh]	240.169	240.169	0,0%
EE _{baseline}	[kWh]	31.505	19.691	37,5%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	48.514	48.514	0,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	14.713	9.196	37,5%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	63.227	57.710	8,7%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	19.341	19.341	0,0%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	6.497	4.061	37,5%
Fornitura Energia, C_E	[€]	25.838	23.402	9,4%
C _{MO}	[€]	6.288	5.659	10,0%
C _{MS}	[€]	1.671	1.462	12,5%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	7.959	7.121	10,5%
OPEX	[€]	33.797	30.523	9,7%
Classe energetica	[-]	F	E	+0 classe

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

Figura 8.9– EEM4: 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: Sostituzione Infissi

Nella Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 1, che consiste nella sostituzione degli infissi esterni. Sono stati considerati tutti gli infissi non ancora sostituiti nelle due scuole (E/301-E/302). La realizzazione di tale intervento da sola non consente l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, in quanto è previsto l'accesso solo in concomitanza dell'installazione di valvole termostatiche.

Tabella 9.1 – Analisi dei costi della EEM1 – Sostituzione infissi

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]	[€]	[€]	[€]
25.A05.H01.100	Prezzario Regione Liguria	517,5	m2	€ 39,61	€ 35,65	€ 18.448,36	22%	€ 22.507,00
PR.A23.A30.010	Prezzario Regione Liguria	517,5	m2	€ 328,90	€ 296,01	€ 153.185,18	22%	€ 186.885,91
PR.A23.B10.020	Prezzario Regione Liguria	90,994505	m	€ 7,59	€ 6,83	€ 621,58	22%	€ 758,33
25.A15.C10.020	Prezzario Regione Liguria	77,625	m3	€ 11,77	€ 10,59	€ 822,28	22%	€ 1.003,18
Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 5.192,32	22%	€ 6.334,63
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 12.115,42	22%	€ 14.780,81
TOTALE (I₀ – EEM1)						€ 190.385	22%	€ 232.270

EEM2: Coibentazione a cappotto dell'involucro edilizio

Nella Tabella 9.2 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 2, che consiste nella coibentazione a cappotto interno dell'involucro murario (pareti e coperture).

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

Tabella 9.2 – Analisi dei costi della EEM2

	DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO	PREZZO	TOTALE	IVA	TOTALE
					UNITARIO	UNITARIO	(IVA ESCLUSA)		(IVA INCLUSA)
					[€/m ² cm]	[€/m ² cm]	[€]	[€]	[€]
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	27045	m2*cm	€ 3,49	€ 3,14	€ 84.948,35	22%	€ 103.636,98
PR.A02.A25.010	Collante cementizio per murature in cemento cellulare espanso.	Prezzario Regione Liguria	1352,25	kg	€ 0,49	€ 0,44	€ 596,34	22%	€ 727,54
25.A05.E10.020	Scrostamento intonaco fino al vivo della muratura, interno, su muratura di mattoni, pietra o calcestruzzo	Prezzario Regione Liguria	1845	m2	€ 7,03	€ 6,33	€ 11.673,32	22%	€ 14.241,44
AT.N20.S20.040	Impalcature Montaggio e smontaggio trabattello con piano di lavoro h 4,00 m .	Prezzario Regione Liguria	68	cad	€ 39,97	€ 35,97	€ 2.428,18	22%	€ 2.962,38
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	2704,5	m2	€ 23,79	€ 21,41	€ 57.906,05	22%	€ 70.645,38
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	2704,5	m2	€ 4,80	€ 4,32	€ 11.683,44	22%	€ 14.253,80
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	2704,5	m2	€ 6,95	€ 6,26	€ 16.916,65	22%	€ 20.638,31
	Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 5.584,57	22%	€ 6.813,17
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 13.030,66	22%	€ 15.897,41
TOTALE (I₀ – EEM2)							€ 204.768	22%	€ 249.816
Incentivi	[Conto termico]								€ 99.926,56

Durata incentivi	5
Incentivo annuo	€ 19.985,31

EEM3: Installazione di valvole termostatiche

Nella Tabella 9.3 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 3, che consiste nell'installazione di Valvole Termostatiche per la regolazione della temperatura nei singoli ambienti.

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

	DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
					[€/n° o €/m ²]	[€/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	75	cad	€ 35,42	€ 31,88	€ 2.390,85	22%	€ 2.916,84
RU.M01.E01.020	Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezzario Regione Liguria	25	h	€ 31,88	€ 28,69	€ 717,30	22%	€ 875,11
	Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 93,24	22%	€ 113,76
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 217,57	22%	€ 265,44
TOTALE (I₀ – EEM3)							€ 3.419	22%	€ 4.171

EEM4: Installazione di impianto di illuminazione a led

Nella Tabella 9.4 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.

Tabella 9.4 – Analisi dei costi della EEM4 – 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	230	cad	€ 156,66	€ 140,99	€ 32.428,62	22%	€ 39.562,92
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	55	cad	€ 98,61	€ 88,75	€ 4.881,20	22%	€ 5.955,06

045161c	Plafoniera stagna rettangolare, corpo in policarbonato autoestinguente, schermo in policarbonato autoestinguente trasparente prismatico internamente, per installazione a parete, plafone o a sospensione, apparecchio con grado di protezione IP 66, lampade LED temperatura di colore 4000 K, alimentazione 230 V c.a.: bilampada: lunghezza 1.600 mm, 48 W, 7.780 lm	DEI Imp. Ele. 2017	0	cad	€ 185,06	€ 166,55	€ -	22%	€ -
	Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 1.119,29	22%	€ 1.365,54
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 2.611,69	22%	€ 3.186,26
TOTALE (I₀ – EEM4)							€ 41.041	22%	€ 50.070
Incentivi	[Conto termico]								€ 20.027,91
Durata incentivi									5
Incentivo annuo									€ 4.005,58

9.2 ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

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

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

Gli indicatori economici d'investimento utilizzati sono:

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

Essi sono così definiti:

1) Tempo di ritorno semplice (TRS):

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

Dove:

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

2) Tempo di ritorno attualizzato (TRA):

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

Dove:

- I_0 è il valore dell'investimento iniziale;

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

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

Dove:

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

3) Valore Attuale Netto (VAN) del progetto:

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

Dove:

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

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

5) Indice di Profitto (IP):

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

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

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

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

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

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

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

EEM1: Sostituzione infissi

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

Tabella 9.5 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM1– sostituzione infissi

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	232.270
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	0
Tasso di attualizzazione	i	[%]	1,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	
Tempo di rientro semplice	TRS	78,2	
Tempo di rientro attualizzato	TRA	92,8	
Valore attuale netto	VAN	-161.909	
Tasso interno di rendimento	TIR	-7,1%	
Indice di profitto	IP	-0,70	

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

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

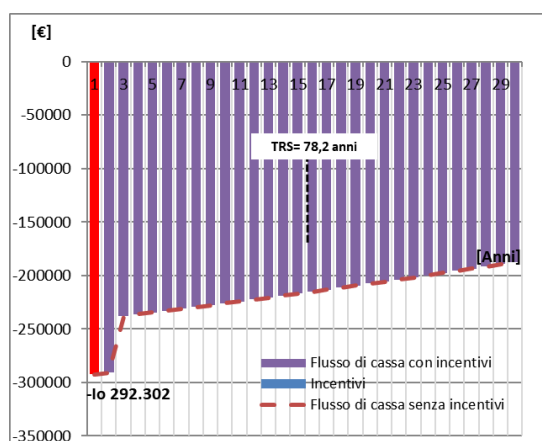
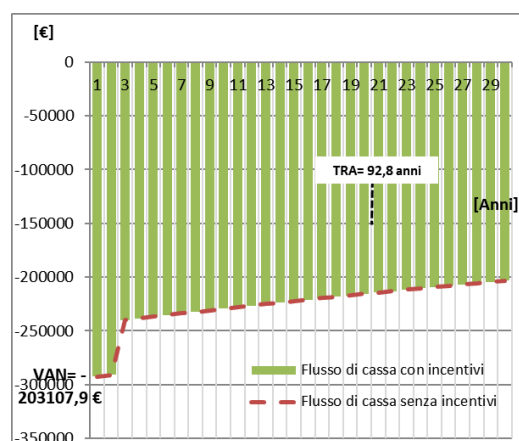


Figura 9.2 – EEM1: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento risulta essere molto dispendioso, e il tempo di ritorno, nonostante il risparmio energetico sul vettore termico sia del 30% circa, è superiore ai 30 anni di vita utile stimata per l'intervento (77,9 anni e 92,5 anni con flussi di cassa attualizzati). Risulta inoltre essere un investimento non remunerativo (VAN < 0).

EEM2: Isolamento cappotto termico

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

Tabella 9.6 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM2– Cappotto

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I ₀	€	249.816
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	19.985

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	75,4	38,1
Tempo di rientro attualizzato	TRA	89,8	42,8
Valore attuale netto	VAN	-171.337	-77.137
Tasso interno di rendimento	TIR	-6,8%	-3,2%
Indice di profitto	IP	-0,69	-0,31

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

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

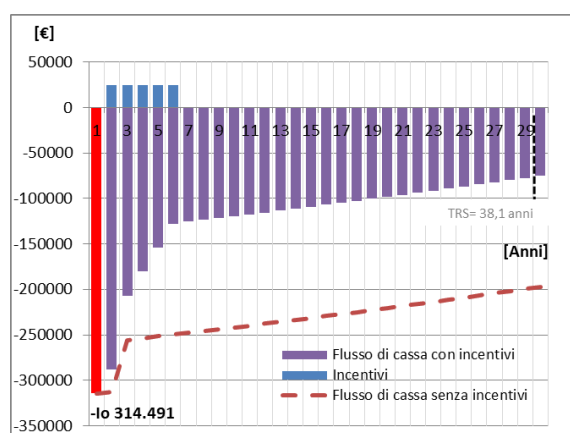
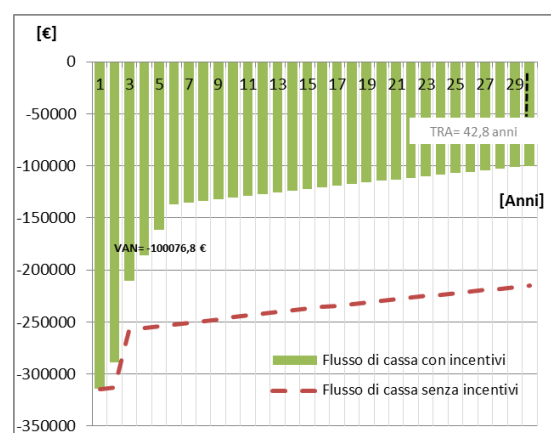


Figura 9.4 – EEM2: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento risulta essere molto dispendioso, e il tempo di ritorno, nonostante il risparmio energetico sul vettore termico sia del 40% circa, è superiore ai 30 anni (38,1 anni e 42,8 anni con flussi di cassa attualizzati). Risulta quindi un investimento non remunerativo (VAN < 0).

La vita utile tecnologica dell'intervento proposto potrebbe tuttavia rendere l'investimento comunque valutabile, nonostante il tempo di ritorno lungo e la redditività bassa. Dato il costo elevato dell'investimento, l'intervento risulta interessante solo in abbinamento con altre misure e a lungo termine.

EEM3: Installazione valvole termostatiche

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

Tabella 9.7 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM3– Valvole termostatiche

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I₀	€	4.171
Oneri Finanziari % _{lo}	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	2,6
Tempo di rientro attualizzato	TRA	2,7
Valore attuale netto	VAN	14.268
Tasso interno di rendimento	TIR	36,3%
Indice di profitto	IP	3,42

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

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

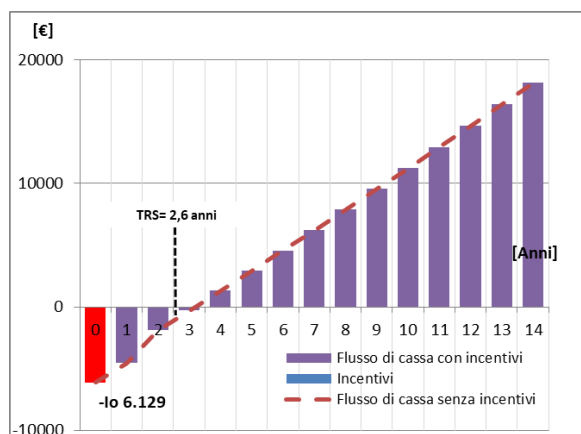
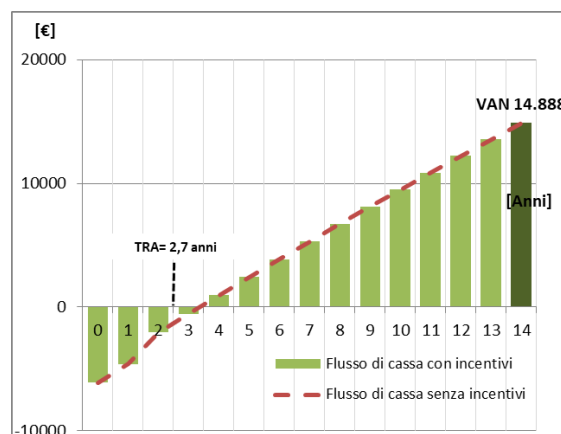


Figura 9.6 – EEM3: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che L'investimento è remunerativo, con un VAN di 14.389 € a fronte di un investimento di circa 4.171 € (IP pari a 3,45). I tempi di ritorno semplice ed attualizzato sono entrambi inferiori ai 5 anni (2,6 e 2,7 anni rispettivamente), compatibili con la vita utile tecnologica del componente installato.

EEM4: Installazione di impianto di illuminazione LED

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

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

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	50.070
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	4.006
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	14,4	8,5
Tempo di rientro attualizzato	TRA	15,4	9,0
Valore attuale netto	VAN	-24.812	-5.931
Tasso interno di rendimento	TIR	-14,7%	-1,8%
Indice di profitto	IP	-0,50	-0,12

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

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

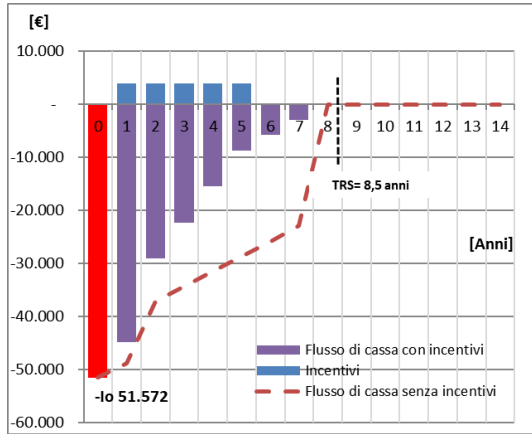
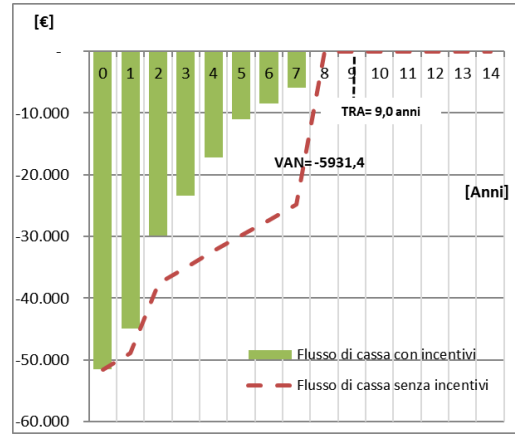


Figura 9.8 – EEM4: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che l’investimento non è remunerativo, con un VAN di - 19.139 € a fronte di un investimento di circa 50.070 € (IP pari a -0,38). I tempi di ritorno semplice ed attualizzato sono entrambi superiori a 8 anni (11,9 e 12,7 anni rispettivamente), non compatibili con la vita utile tecnologica dei componenti installati, generalmente superiore. Anche con il contributo degli incentivi (Conto Termico) l’investimento risulta non remunerativo.

Sintesi

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

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

SENZA INCENTIVI												
	% Δ_E	% Δ_{CO2}	ΔC_E	ΔC_{MO}	ΔC_{MS}	I_0	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]
EEM1	9,3%	10,0%	1.174,80€	521,90€	113,70€	232.270,00€	78,2	92,8	30	-161.909,00€	-7,1%	-0,70
EEM2	10,1%	10,8%	1.276,10€	710,50€	105,30€	249.816,00€	75,4	89,8	30	-171.337,00€	-6,8%	-0,69
EEM3	6,4%	6,8%	803,90€	779,70€	108,60€	4.171,00€	2,6	2,7	15	14.268,00€	36,3%	3,42
EEM4	9,4%	8,7%	2.43650€	628,80€	208,90€	50.070,00€	14,4	15,4	8	-24.812,00€	-14,7%	-0,50

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

- % Δ_E è il valore percentuale di riduzione dei consumi energetici rispetto al baseline energetico complessivo (termico + elettrico);
- % Δ_{CO2} 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;

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

Dall'analisi dei risultati emerge che in assenza di incentivi solo la EEM 3 risulta remunerativa con un IP positivo.

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

CON INCENTIVI												
	% Δ_E	% Δ_{CO_2}	ΔC_E	ΔC_{MO}	ΔC_{MS}	I_0	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]
EEM1	9,3%	10,0%	1.174,80 €	521,90 €	113,70 €	232.270,00 €	78,2	92,8	30	-161.909,00 €	-7,1%	-0,70
EEM2	10,1%	10,8%	1.276,10€	710,50 €	105,30 €	249.816,00 €	38,1	42,8	30	-77.137,00 €	-3,2%	-0,31
EEM3	6,4%	6,8%	803,90€	779,70 €	108,60 €	4.171,00€	2,6	2,7	15	14.268,00 €	36,3%	3,42
EEM4	9,4%	8,7%	2.43650 €	628,80 €	208,90 €	50.070,00 €	8,5	9,0	8	-5.931,00 €	-1,8%	-0,12

Dall'analisi dei risultati emerge che per l'EEM 2 e l'EEM 4 l'incentivo non 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 I_0
- E è l'Equity, pari a 20% di I_0
- $\frac{D}{D+E}$ è la leva finanziaria, sarà quindi pari a 80%
- τ è l'aliquota fiscale, posta pari al 27.9% essendo la somma dell'aliquota IRES, pari al 24%, e quella IRAP pari al 3,9%.

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

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

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

Essi sono così definiti:

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

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

Dove:

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

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

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

Dove:

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

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

Nell'ambito della riqualificazione energetica degli edifici scolastici, il presente rapporto di DE sarà inoltre fondamentale per dotare la Pubblica Amministrazione (PA) di un'analisi tecnico-economica di dettaglio delle EEM identificate all'interno degli scenari ottimali, con lo scopo di consentire l'individuazione dei possibili strumenti di finanziamento delle stesse, sia tramite finanziamento proprio, sia tramite proposte di *Energy Performance Contract* (EPC) da parte di Società di Servizi Energetici (*Energy Service Company* – ESCO) 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: Infissi (Lato Nord) + Valvole + LED:** Tale scenario consiste nella realizzazione di alcune delle EEM precedentemente descritte. In particolare si prevede Sostituzione degli infissi (EEM1), l'installazione di valvole termostatiche (EEM3) e la sostituzione dei corpi illuminanti presenti con altri a tecnologia LED (EEM4). La simultaneità dell'intervento di sostituzione degli infissi e l'installazione di Valvole Termostatiche permette di accedere agli incentivi in conto termico che il solo intervento di sostituzione infissi non prevede.
Tali scelte sono dettate dall'esigenza di ottenere un incremento dell'efficienza energetica del sistema edificio-impianti di almeno due classi energetiche senza aggravare troppo la spesa iniziale.
- **Scenario 2: Infissi (Lato Nord) + Cappotto + Valvole + Led:** Tale scenario consiste nella Sostituzione degli infissi (EEM1), l'integrazione della coibentazione a cappotto dell'edificio (EEM2), l'installazione di Valvole Termostatiche (EEM3) e la realizzazione della coibentazione a cappotto dell'edificio (EEM2).
Sono stati scelti interventi che possano accedere al Conto Termico.

9.3.1 Scenario 1: LED

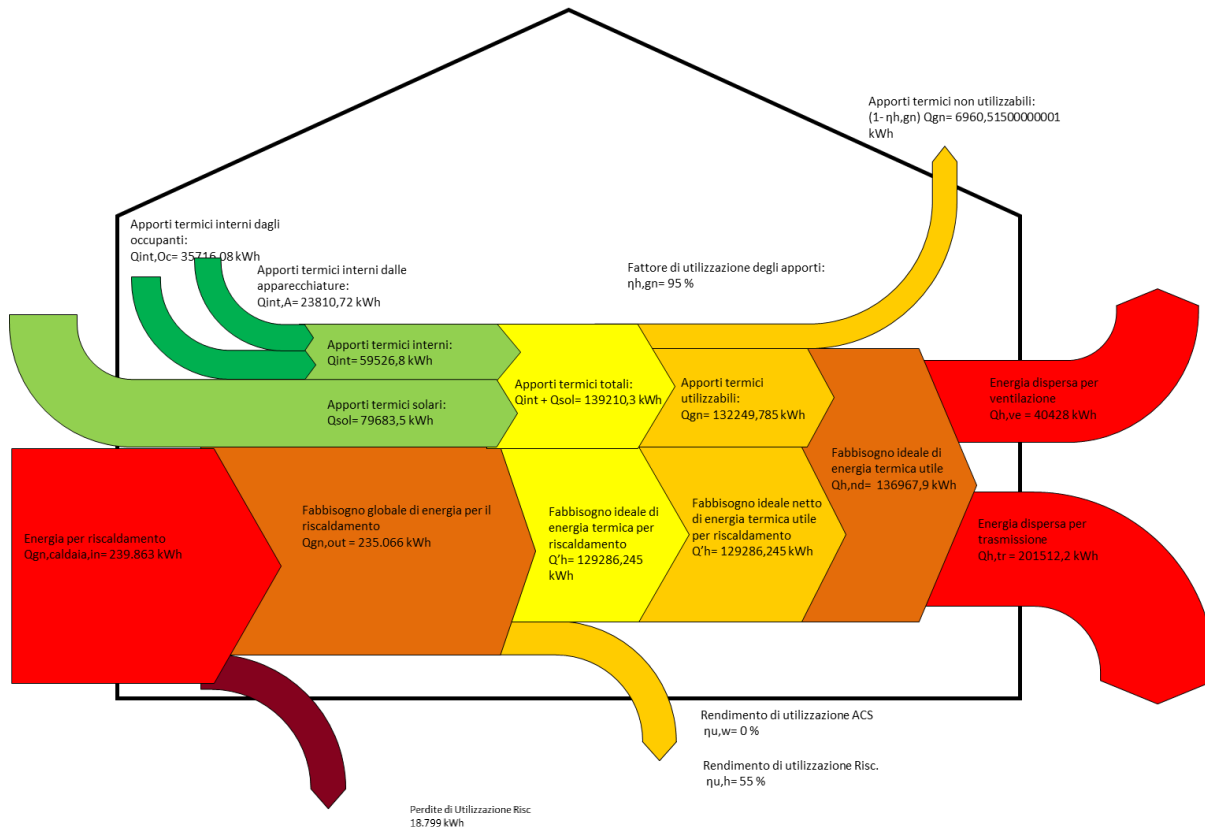
La realizzazione dello scenario 1 consiste nella combinazione delle EEM di seguito elencate:

Tabella 9.11 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 1

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA Al 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM4 LED Fornitura & Posa	€ 41.041	€ 9.029	€ 50.070
Costi per la sicurezza	3% imponibile		
Costi per la progettazione	7% imponibile		
TOTALE (I₀)	€ 133.179	€ 29.299	€ 162.478
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO} (IVA INCLUSA)	C _{MS} (IVA INCLUSA)	C _M (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
SCN 1 O&M	5.390	1.583	€ 6.973
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	
		[€]	
Incentivi	[Conto termico]	€ 15.577	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		€ 3.115	

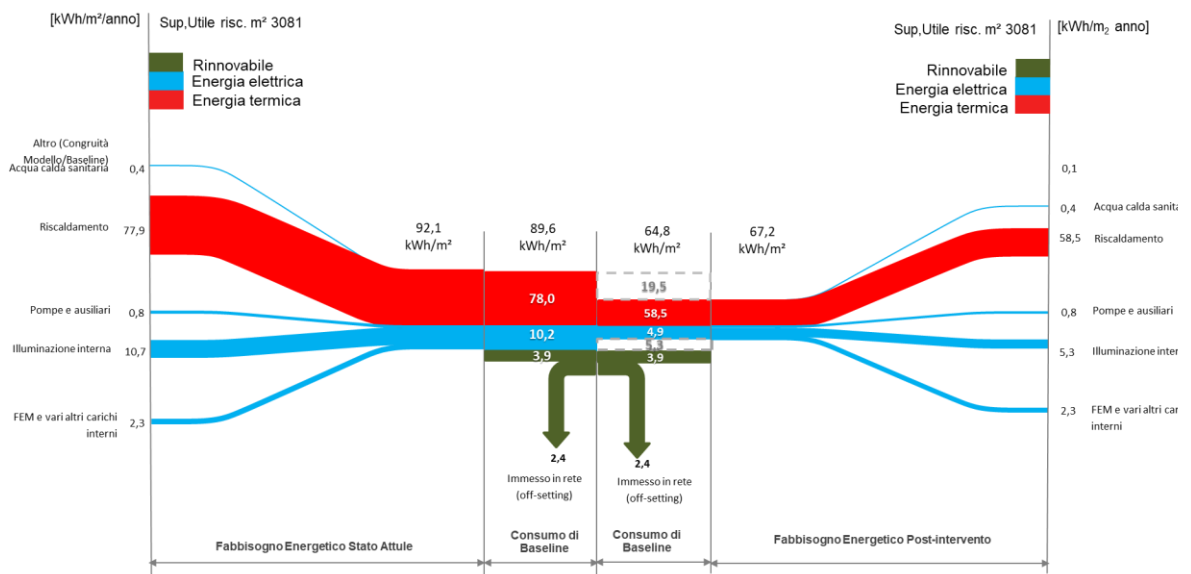
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di Sankey relativo alle situazioni post-intervento.

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



Dall'analisi dei diagrammi di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio post intervento è possibile notare che il fabbisogno globale di energia è sostanzialmente lo stesso considerando che non si è intervenuti per diminuire il fabbisogno per il riscaldamento.

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

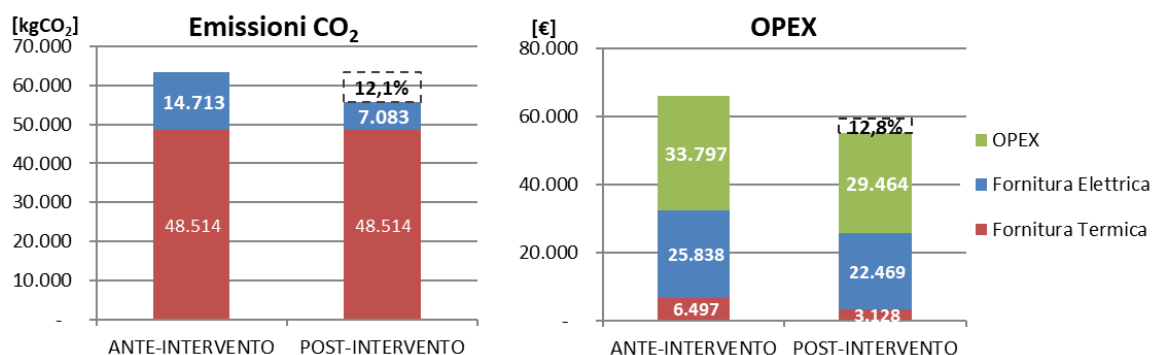


I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella Tabella 9.12 e nella Figura 9.11

Tabella 9.12– Risultati analisi SCN1 – LED

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM4 - Potenza installata	[W]	31000	15500	50,0%
$Q_{teorico}$	[kWh]	239.863	239.863	0,0%
$EE_{teorico}$	[kWh]	32.059	15.435	51,9%
$Q_{baseline}$	[kWh]	240.169	240.169	0,0%
$EE_{baseline}$	[kWh]	31.505	15.168	51,9%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	48.514	48.514	0,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	14.713	7.083	51,9%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	63.227	55.598	12,1%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	19.341	19.341	0,0%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	6.497	3.128	51,9%
Fornitura Energia, C_E	[€]	25.838	22.469	13,0%
C_{MO}	[€]	6.288	5.407	14,0%
C_{MS}	[€]	1.671	1.588	5,0%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	7.959	6.995	12,1%
OPEX	[€]	33.797	29.464	12,8%
Classe energetica	[-]	F	F	+0 classi

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



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

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

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	n_i	1
Anni Gestione Servizio	n_s	14
Anni Concessione	n	15
Anno inizio Concessione	n_0	2020
Anni dell'ammortamento	n_A	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	k_{CdP}	2,00%
Costo Capitale Azienda	WACC	4,00%

$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CDP})$	$k_{progetto}$	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	15
Anni Equity	n_E	14
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_D	€ 38.943
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 1.168
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 40.112
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€ 32.089
Equity	I_E	€ 8.022
Fattore di annualità Debito	FA_D	11,41
Rata annua debito	q_D	€ 2.813
Costo finanziamento, (D+INT _D)	$q_D * n_D$	€ 42.199
Costi per interessi debito, INT _D	INT_D=q_D*n_D-D	€ 10.109

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

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€ 21.265
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€ 6.524
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€ 27.789
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{altro}	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	%ΔC_E	13,0%
Riduzione% costi O&M	%ΔC_M	12,1%
Obiettivo riduzione spesa PA	%$C_{Baseline}$	0,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€ 1.575
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€ -
Risparmio PA durante la concessione	14%	€ 40.996
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€ 4.253
N° di Canoni annuali	anni	14
Utile lordo della ESCO	%CAPEX	-2,80%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	-€ 80
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€ 722
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€ 933
Canone O&M €/anno	C_{nM}	€ 5.953
Canone Energia €/anno	C_{nE}	€ 20.261
Canone Servizi €/anno IVA escl.	C_{nS}	€ 26.214
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	C_{nD}	€ 1.575
Canone Totale €/anno IVA escl.	C_n	€ 27.789
Aliquota IVA %	IVA	22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€ 7.023

Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€ 20.028
Durata Incentivi, anni	n_B	5
Inizio erogazione Incentivi, anno		2022

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

INDICATORI DI REDDITIVITÀ DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	6,52
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	8,75
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€ 2.240
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC	5,58%
Indice di Profitto	IP	5,75%
INDICATORI DI REDDITIVITÀ DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	2,12
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	2,32
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€ 5.957
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > k_e	-1,41%
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3	1,264
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1	0,396
Indice di Profitto Azionista	IP	15,30%

Figura 9.12– SCN1: Flussi di cassa del progetto

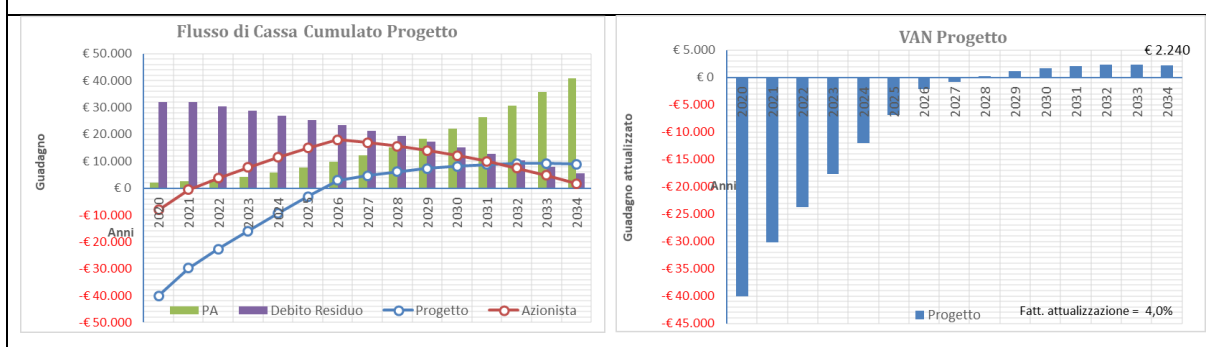
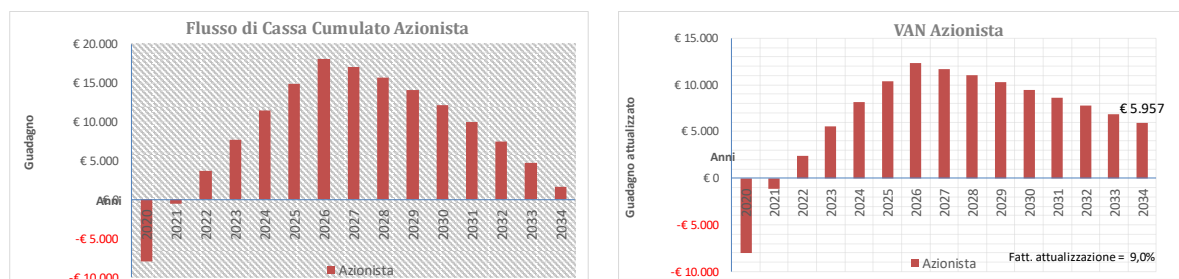


Figura 9.13– SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



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

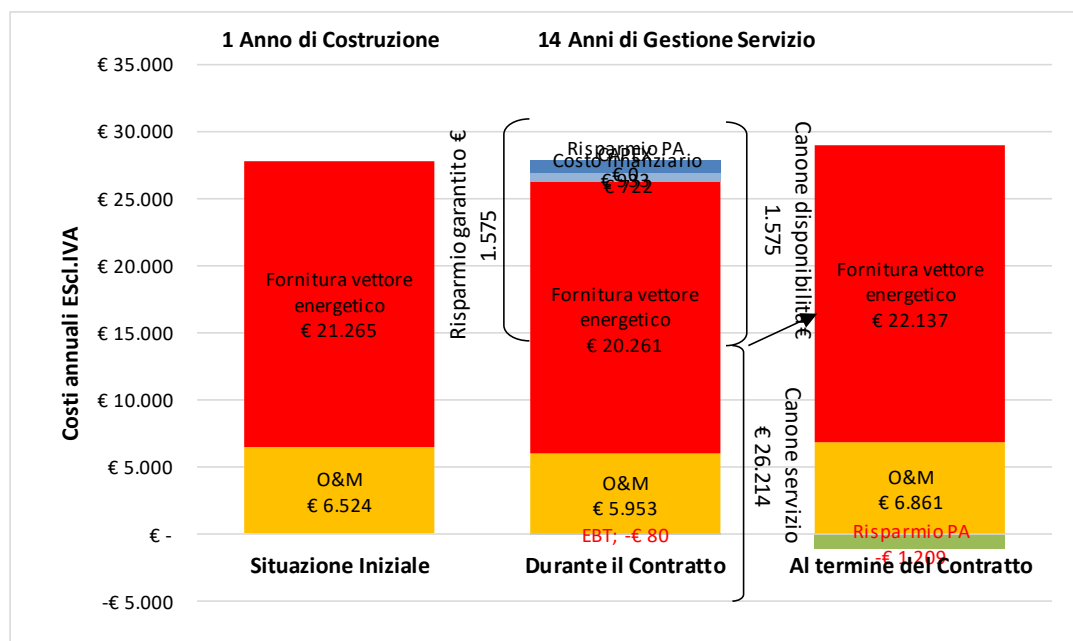
Lo scenario non soddisfa l'innalzamento di classi energetiche. La spesa necessaria per ottenere il miglioramento minimo richiesto di due classi (da F a D) risulta eccessivamente elevata in confronto al

risparmio energetico ottenibile (seppure alto in percentuale ma estremamente basso in valore rispetto all'investimento richiesto).

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

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

Figura 9.14– Scenario 1: Schema di Energy Performance Contract



9.3.2 Scenario 2: Valvole + Led:

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

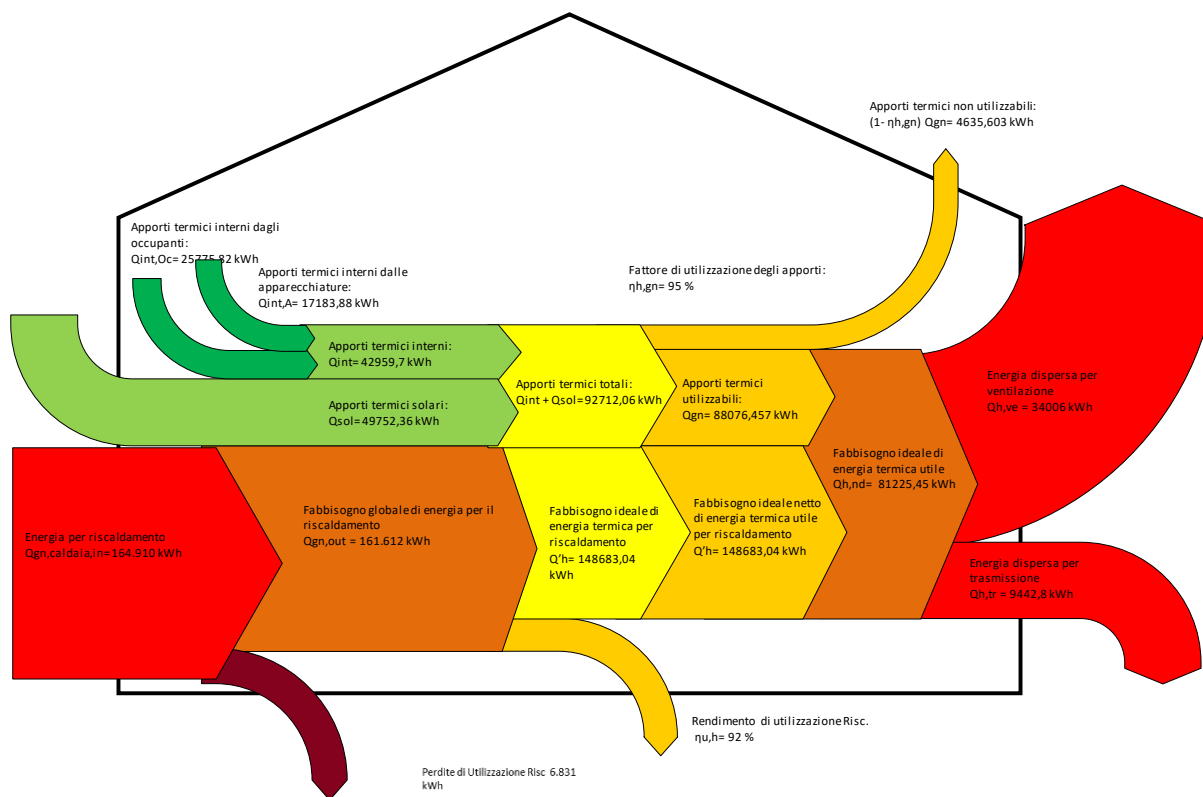
Tabella 9.16 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 2

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE	IVA AI 22%	TOTALE
	(IVA ESCLUSA)		(IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM3 VALVOLE Fornitura & Posa	€ 3.419	€ 752	€ 4.171
EEM4 LED Fornitura & Posa	€ 41.041	€ 9.029	€ 50.070
Costi per la sicurezza	3% imponibile		
Costi per la progettazione	7% imponibile		
TOTALE (I₀)	€ 44.460	€ 9.781	€ 54.241
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO}	C _{MS}	C _M
	(IVA INCLUSA)	(IVA INCLUSA)	(IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
SCN2 O&M	€ 5.139	€ 1.583	€ 6.722
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE	

(IVA INCLUSA)		
[€]		
Incentivi	[Conto termico]	€ 20.028
Durata incentivi		5
Incentivo annuo		€ 32.650

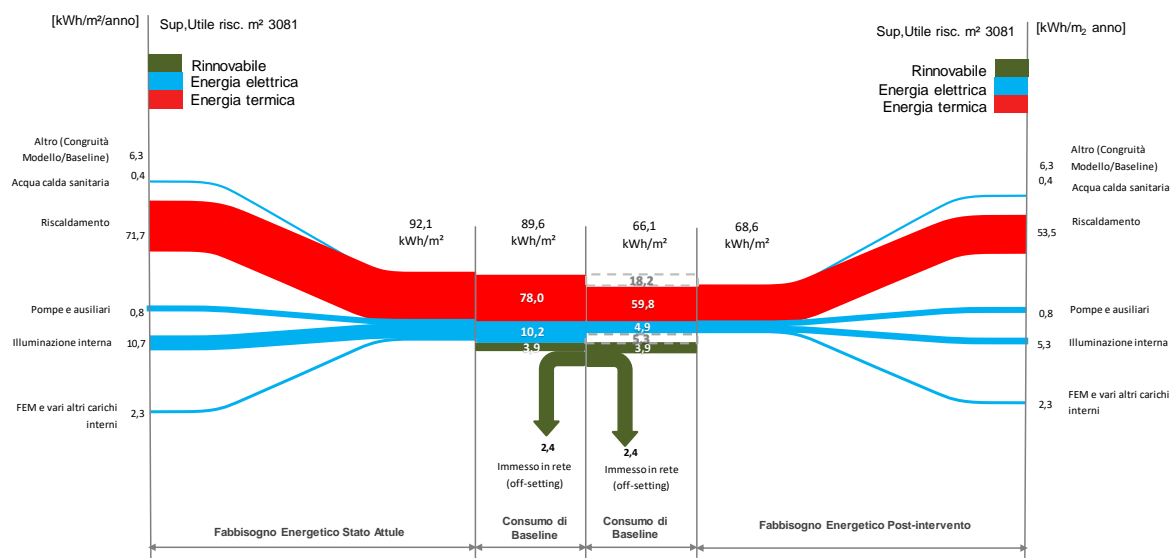
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di Sankey relativo alle situazioni post-intervento.

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



Dall'analisi dei diagrammi di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio post intervento è possibile notare che il fabbisogno globale è leggermente diminuito rispetto alla situazione iniziale.

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

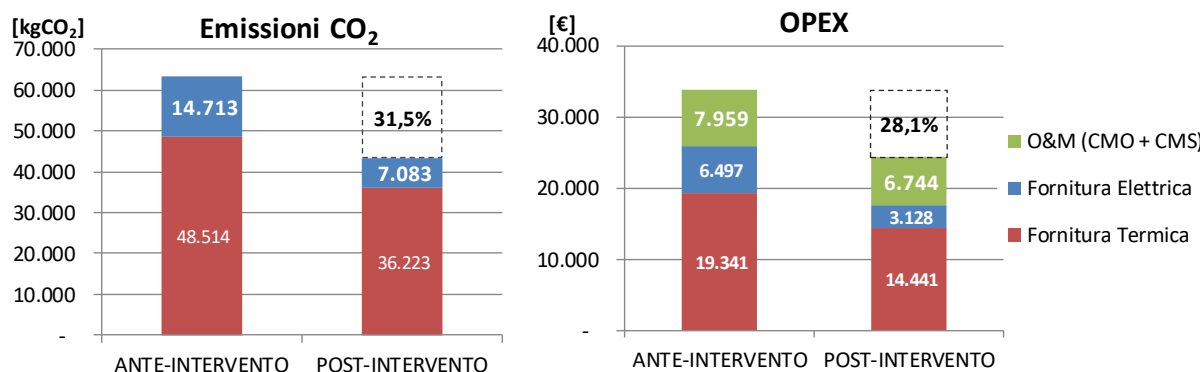


I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario 2 sono riportati nella Tabella 9.17 e nella Figura 9.18

Tabella 9.17 – Risultati analisi SCN2

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM1 Trasmittanza media infissi	[W/m²K]	6,19	1,65	73,3%
EEM2 -Trasmittanza pareti esterne	[W/m²K]	0,95	0,299	68,5%
EEM3 - Rendimento di regolazione	%	89	99	-11,2%
EEM4 - Potenza installata	[W]	31000	15500	50,0%
Q _{teorico}	[kWh]	220.866	164.910	25,3%
EE _{teorico}	[kWh]	32.059	15.435	51,9%
Q _{baseline}	[kWh]	240.169	179.323	25,3%
EE _{Baseline}	[kWh]	31.505	15.168	51,9%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	48.514	36.223	25,3%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	14.713	7.083	51,9%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	63.227	43.307	31,5%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	19.341	14.441	25,3%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	6.497	3.128	51,9%
Fornitura Energia, C_E	[€]	25.838	17.569	32,0%
C _{MO}	[€]	6.288	5.156	18,0%
C _{MS}	[€]	1.671	1.588	5,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	7.959	6.744	15,3%
OPEX	[€]	33.797	24.313	28,1%
Classe energetica	[-]	F	F	+0 classi

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



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

Tabella 9.18 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN2

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	n_i	1
Anni Gestione Servizio	n_s	24
Anni Concessione	n	25
Anno inizio Concessione	n_0	2020
Anni dell'ammortamento	n_A	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	k_{CdP}	2,00%
Costo Capitale Azienda	WACC	4,00%
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CdP})$	$k_{progetto}$	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	5
Anni Equity	n_E	24
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_0	€ 54.241
Oneri Finanziari (costi indiretti)	$\%Of$	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 1.627
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti), IVA incl.	CAPEX	€ 55.868
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€ 44.695
Equity	I_E	€ 11.174
Fattore di annualità Debito	FA_D	4,55
Rata annua debito	q_D	€ 9.833
Costo finanziamento (D+INT _D)	$q_D * n_D$	€ 49.166
Costi per interessi debito, INT _D	INT_D = $q_D * n_D - D$	€ 4.472

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

PARAMETRI ECONOMICI

Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€ 21.265
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€ 6.524
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€ 27.789
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$	32,0%
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$	15,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$	0,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€ 5.033
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€ -
Risparmio PA durante la concessione	14%	€ 120.072
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€ 10.497
N° di Canoni annuali	anni	24
Utile lordo della ESCO	$\% CAPEX$	161,57%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	€ 3.761
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€ 186
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€ 1.086
Canone O&M €/anno	C_{nM}	€ 5.905
Canone Energia €/anno	C_{nE}	€ 16.851
Canone Servizi €/anno IVA escl.	C_{nS}	€ 22.756
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	C_{nD}	€ 5.033
Canone Totale €/anno IVA escl.	C_n	€ 27.789
Aliquota IVA %	IVA	22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€ 9.781
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€ 20.028
Durata Incentivi, anni	n_B	5
Inizio erogazione Incentivi, anno		2022

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

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	5,46
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	6,06
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	$VAN > 0$	€ 53.913
Tasso interno di rendimento del progetto	$TIR > WACC$	17,21%
Indice di Profitto	IP	99,40%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	4,66
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	6,08
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	$VAN > 0$	€ 31.274
Tasso interno di rendimento dell'azionista	$TIR > k_e$	37,37%
Debit Service Cover Ratio	$DSCR < 1,3$	1,111
Loan Life Cover Ratio	$LLCR > 1$	3,677
Indice di Profitto Azionista	IP	57,66%

Figura 9.18– SCN2: Flussi di cassa del progetto

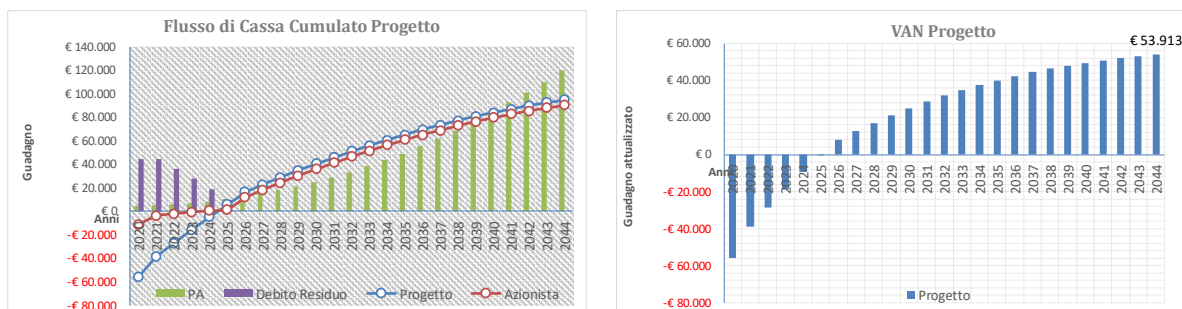
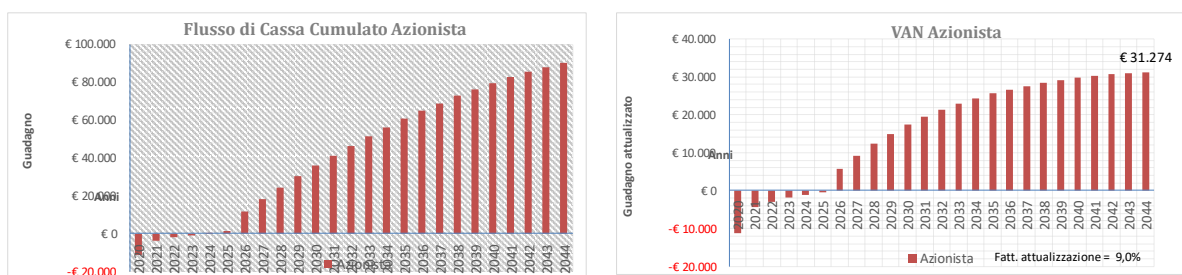


Figura 9.19– SCN1: Flussi di cassa del progetto

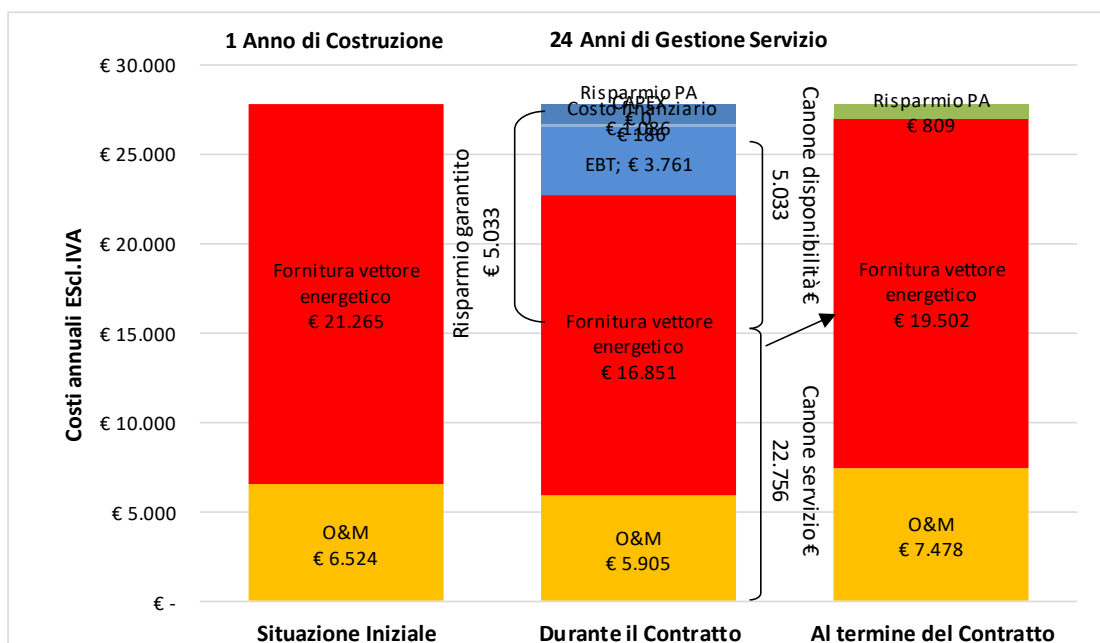


Dall'analisi effettuata è emerso che l'investimento risulta remunerativo.

Nonostante la redditività risulti essere alta, l'investimento non riesce a soddisfare il requisito di aumento della classe energetica.

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

Figura 9.20– 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.

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

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

Gli interventi proposti considerati fattibili hanno riguardato:

1. La sostituzione delle chiusure trasparenti (infissi) dell'involucro;
2. l'isolamento a cappotto dell'involucro;
3. l'installazione di valvole termostatiche in associazione all'installazione di pompe a inverter con regolazione della portata;
4. 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 sostituzione dell'attuale sistema di illuminazione con un sistema utilizzando la tecnologia LED e l'installazione di valvole termostatiche.

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

Poiché l'involucro della struttura ha un comportamento molto scadente a causa della stratigrafia delle murature (alcune anche in pessimo stato di conservazione) e della estrema vetustà degli infissi, rimane auspicabile la realizzazione di interventi volti al loro miglioramento.

Come si è visto, la realizzazione complessiva e simultanea degli interventi auspicabili risulta estremamente onerosa e insostenibile in caso di finanziamento esterno, sarebbe opportuno prevedere un piano di interventi graduale nel tempo, al fine di migliorare il comfort degli ambienti e diminuire la spesa economica di gestione degli impianti.

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 nessuno gli investimenti previsti nei due scenari risultano essere remunerativi.

Il costo necessario all'innalzamento di due classi energetiche dell'edificio sarebbe troppo elevato da poter sostenere, per cui nessuno dei due scenari soddisfa tale requisito.

ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA

Titolo	Data	Nome file
Elenco documentazione fornita	19/03/2018	ALLEGATO A_DE_Lotto.4 - E302.pdf

ALLEGATO B – ELABORATI

Titolo	Data	Nome file
Elenco elaborati prodotti e consegnati alla PA	19/03/2018	ALLEGATO B_DE_Lotto.4 - E302.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 - E302.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 - E302.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 - E302.pdf

ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

Titolo	Data	Nome file
Certificato software Termo	19/03/2018	ALLEGATO F_DE_Lotto.4 - E302.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 - E302.pdf

ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

Titolo	Data	Nome file
Bozza di APE scenario 1	19/03/2018	ALLEGATO H_DE_Lotto.4 - E302_SCN1
Bozza di APE scenario 2	19/03/2018	ALLEGATO H_DE_Lotto.4 - E302_SCN2

ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

Titolo	Data	Nome file
File di calcolo dei dati climatici utilizzati nella diagnosi	19/03/2018	GG_Lotto.4-E302.Rev01.xlsx

ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

Titolo	Data	Nome file
Schede di audit in formato excel	19/03/2018	E302_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 - E302.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 - E302.pdf

ALLEGATO N – CD-ROM