

Elementare "SAN GOTTARDO" Materna "SAN GOTTARDO"
E 301
Via Giulia De Vincenzi 28, 32

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA
FONDO KYOTO - SCUOLA 3



04/2018

COMUNE DI GENOVA
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER



COMUNE DI GENOVA



Elementare Materna SAN GOTTARDO E301

Via Giulia De Vincenzi 28, 32

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.....	1
1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO.....	2
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO	3
1.6 STRUTTURA DEL REPORT	6
2 DATI DELL'EDIFICIO.....	7
2.1 INFORMAZIONI SUL SITO	7
2.2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE, SOCIO-ECONOMICO E DESTINAZIONE D'USO	7
2.3 VERIFICA DEI VINCOLI INTERFERENTI SULLE PARTI DELL'IMMOBILE INTERESSATE DAGLI 'INTERVENTI.....	9
2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO.....	10
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
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
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	21
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	30
6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO.....	34
6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO	34
6.1.1 <i>Validazione del modello termico</i>	35
6.1.2 <i>Validazione del modello elettrico</i>	36
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI.....	36
6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI.....	38
7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTERVENTO	40



7.1	COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI	40
7.1.1	<i>Vettore termico</i>	40
7.1.2	<i>Vettore elettrico</i>	42
7.2	TARIFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI.....	48
7.3	COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI.....	48
7.4	BASELINE DEI COSTI.....	49
8	IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA	51
8.1	DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI	51
8.1.1	<i>Involucro edilizio</i>	51
	EEM1: SOSTITUZIONE DEGLI INFISSI ESTERNI.....	51
	EEM2: COIBENTAZIONE A CAPPOTTO DELL'INVOLUCRO EDILIZIO	53
	8.1.2 <i>Impianto riscaldamento</i>	55
	EEM3: INSTALLAZIONE DI VALVOLE TERMOSTATICHE.....	55
	8.1.3 <i>Impianto di illuminazione ed impianto elettrico</i>	56
	EEM4: INSTALLAZIONE DI IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE LED	56
9	VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA.....	58
9.1	ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	58
	EEM1: SOSTITUZIONE INFISSI.....	58
	EEM2: COIBENTAZIONE A CAPPOTTO DELL'INVOLUCRO EDILIZIO	59
	EEM3: INSTALLAZIONE DI VALVOLE TERMOSTATICHE.....	60
	EEM4: INSTALLAZIONE DI IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE A LED.....	60
9.2	ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	61
	EEM1: SOSTITUZIONE INFISSI.....	62
	EEM2: ISOLAMENTO CAPPOTTO TERMICO	63
	EEM3: INSTALLAZIONE VALVOLE TERMOSTATICHE	64
	EEM4: INSTALLAZIONE DI IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE LED.....	65
	SINTESI	66
9.3	IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D'INTERVENTO E SCENARI D'INVESTIMENTO	67
9.3.1	<i>Scenario 1: Infissi (Lato Nord) + valvole + LED</i>	<i>70</i>
9.3.2	<i>Scenario 2: Infissi (Lato Nord) + Cappotto + Valvole + Led:</i>	<i>75</i>
10	CONCLUSIONI	81
10.1	RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA	81
10.2	RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI	81
	ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA.....	1-2
	ALLEGATO B – ELABORATI	1-2
	ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA	1-2
	ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI	1-2
	ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI	1-2
	ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE	1-2
	ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA	1-2
	ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI.....	1-3
	ALLEGATO I – DATI CLIMATICI.....	1-3



ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT	1-3
ALLEGATO K – SCHEDE ORE.....	1-3
ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI	1-3
ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK.....	1-3
ALLEGATO N – CD-ROM	1-3

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]	3.934
Superficie disperdente (S)	[m ²]	5.499
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	15.407
Rapporto S/V	[1/m]	0,372
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	4.890
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	3.130
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	8.440
Tipologia generatore riscaldamento		GENERATORE A CONDENSAZIONE 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]	62.499
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	13.359

Nota (1): 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	9,2%	10,1%	1.187,80€	653,80 €	138,50 €	283.788,00€	83,5	98,3	30	-	-7,7%	-0,72%	n/a	n/a
EEM2	10%	10,9%	1.288,90€	865,60 €	128,30 €	305.331,00€	39,4	44	30	100.077,00 €	-3,7%	-0,33%	n/a	n/a
EEM3	6,3%	6,9%	817,90€	949,80 €	132,40 €	5.951,00 €	3,3	3,5	15	14.888,00 €	28,5%	2,50%	n/a	n/a
EEM4	13,5%	12,4%	4.991,30 €	766,00 €	254,50 €	69.142,00 €	6,5	7	8	118,00 €	-2,1%	0,0%	n/a	n/a
SCN1	33,4%	33,5%	12.339,90€	1.149,00 €	101,80 €	207.316,00€	8,65	15,07	15	-1.464,00 €	7,37%	-0,71%	1,065	0,958

Descrizione Scenari di Intervento Ottimali:

- SCN1: Infissi (Nord) + Valvole + Led
- SCN2: Infissi (Nord) + Cappotto + Valvole + LED

Figura 0.1 – Scenario 1: analisi finanziaria

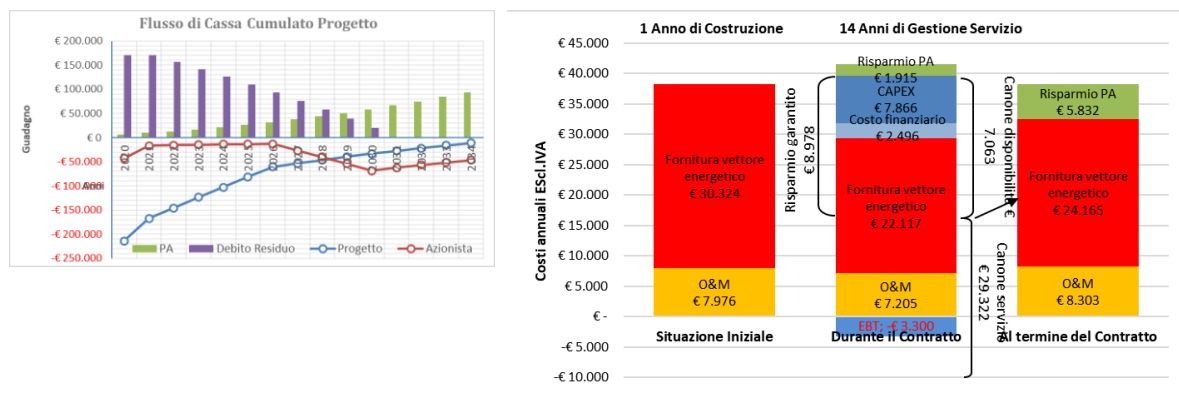
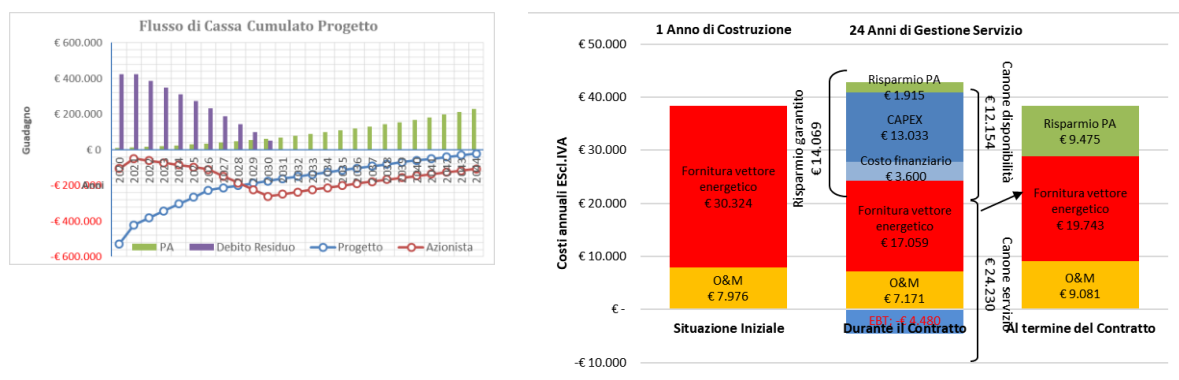


Figura 0.2 – Scenario 2: analisi finanziaria



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.

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.

Dalle analisi effettuate risulta che nessuno degli investimenti previsti nei due scenari risulta essere remunerativo.

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

1 INTRODUZIONE

1.1 PREMESSA

Il Comune di Genova, in attuazione alle politiche di miglioramento dell'efficienza energetica degli edifici pubblici di sua proprietà, ha individuato negli edifici scolastici, la possibilità di intervenire, ai fini di ridurre il 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.

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.

Figura 1.1 - Vista della facciata esposta a Sud-Ovest



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

Tabella 1.1 – Soggetti coinvolti nella realizzazione del processo di Audit

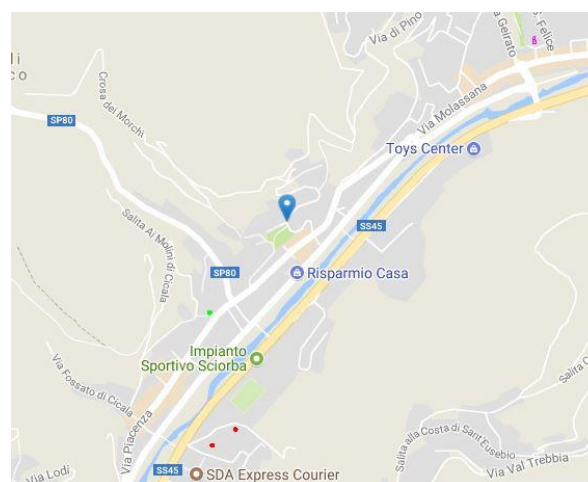
NOME E COGNOME	RUOLO	ATTIVITÀ SVOLTA
Stefano Mazzetti		Sopralluogo in sito
Stefano Mazzetti		Elaborazione dei dati relativi ai consumi energetici
Stefano Mazzetti		Elaborazione dei dati geometrici ed alla creazione del modello energetico
Luca Grossi	Responsabile involucro	Revisione report di diagnosi energetica
Luca Bonanno	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 F. 21 Mapp.1620 Sub. 1-3 è sito nel Comune di Genova.

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

Figura 1.2 – Ubicazione dell'edificio



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

Tabella 1.2 - Tabella riepilogativa dei dati dell'edificio

PARAMENTO	U.M.	VALORE
Anno di costruzione edificio		1973
Anno di ristrutturazione		NR
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E.7 ATTIVITÀ SCOLASTICA
Superficie utile riscaldata	[m ²]	3.934
Superficie disperdente (S)	[m ²]	5.499
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	15.407
Rapporto S/V	[1/m]	0,372
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	5.310
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	3.130
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	8.440
Tipologia generatore riscaldamento		GENERATORE A CONDENSAZIONE 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]	62.499
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	13.359

Nota (1): Valori di Baseline

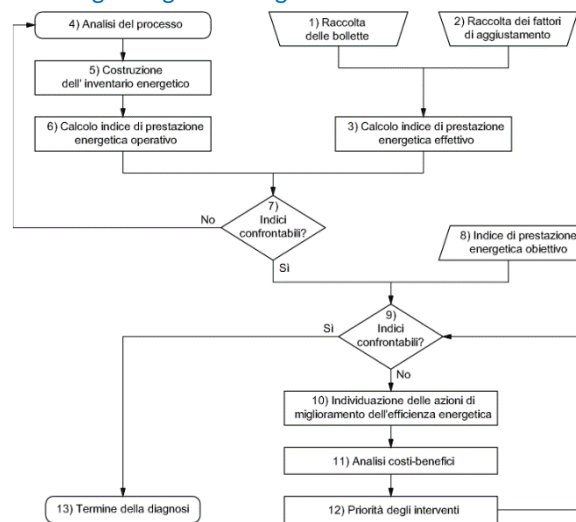
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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;

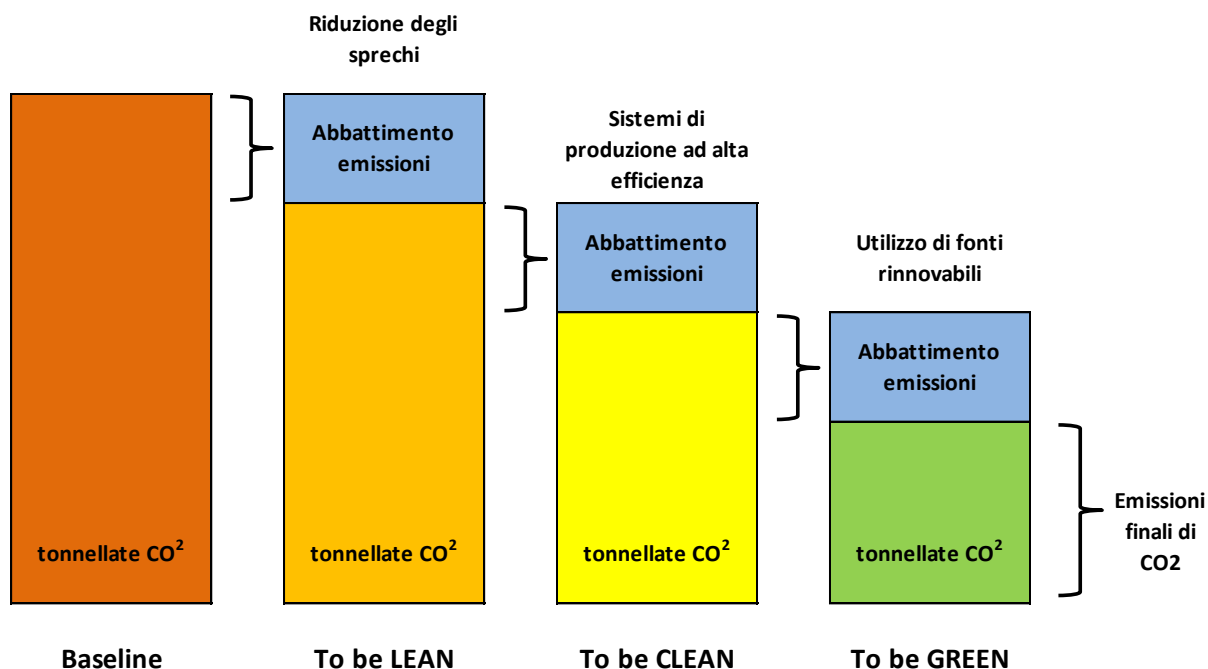
- n) Definizione di due scenari ottimali a partire dalla combinazione delle singole EEM proposte al fine di conseguire un miglioramento del parametro di efficienza energetica dell'edificio superiore a due classi energetiche e tempi di ritorno inferiori uguale rispettivamente a 25 e a 15 anni.
- o) Analisi 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 1.3 – Schema metodologia diagnosi energetica ai sensi della norma UNI CEI 16247



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

Figura 1.4 - Principio della Gerarchia Energetica



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

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

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

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

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

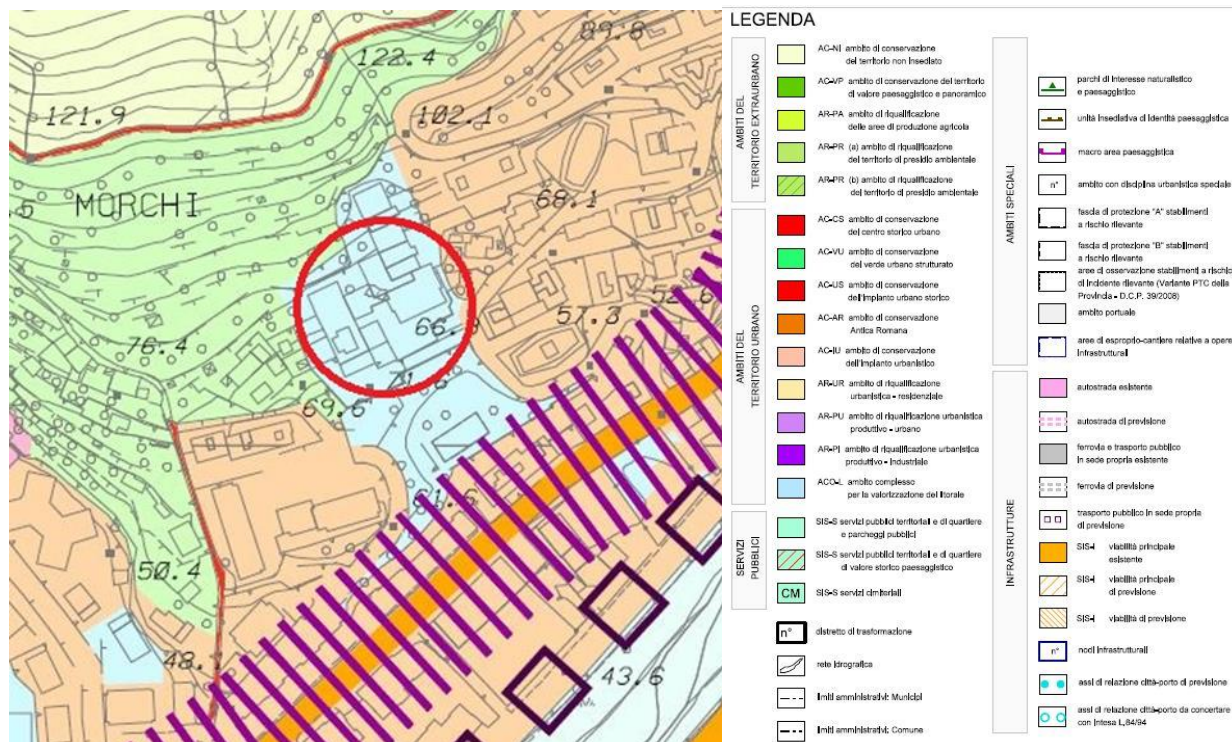
- Una prima parte nella quale sono descritti lo scopo ed i confini della DE e le metodologie di analisi adottate;
- Una seconda parte in cui sono riportate le informazioni dell'edificio rilevate in sede di sopralluogo e le valutazioni effettuate al fine di identificare le caratteristiche tecniche dei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

L'edificio ospitante il complesso scolastico oggetto della DE è costituito complessivamente da sette piani fuori terra, nei quali è locata la scuola ed un seminterrato adibito a parcheggio.

L'edificio segue l'andamento del terreno su cui si appoggia ed 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.

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



Tabella 2.1 - Suddivisione in piani dell'edificio

PIANO	UTILIZZO	U.M.	SUPERFICIE LORDA COMPLESSIVA ⁽²⁾	SUPERFICIE UTILE RISCALDATA ⁽³⁾	SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA ⁽³⁾
Seminterrato	Parcheggio	m ²	977	0	0
Terra	Locali di servizio, laboratori, sale mediche e magazzini	m ²	339	316	0
Primo	Aule didattiche e palestra	m ²	786	716	0
Secondo	Spogliatoi	m ²	212	175	0
Terzo	Segreteria, archivi e biblioteca	m ²	411	376	0
Quarto	Aule didattiche, refettorio e cucina	m ²	544	535	0
Quinto	Aule didattiche	m ²	755	703	0
Sesto	Aule didattiche	m ²	638	592	0
Settimo	Aule didattiche	m ²	531	521	0
TOTALE		m ²	5193	3934	0

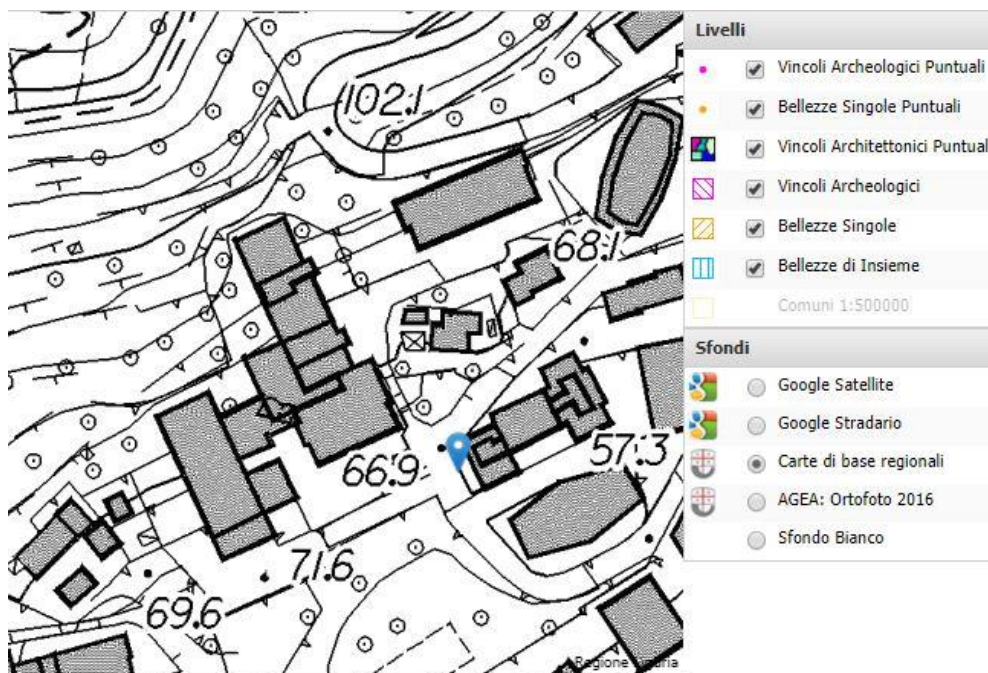
Nota (2): Superficie lorda comprensiva delle zone interne climatizzate e non climatizzate, valutate a partire dalle planimetrie progettuali, opportunamente verificate in fase di sopralluogo

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	-		-
EEM 2: Coibentazione a cappotto dell'involucro edilizio	-		-
EEM 3: Installazione Valvole Termostatiche	-		-
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.

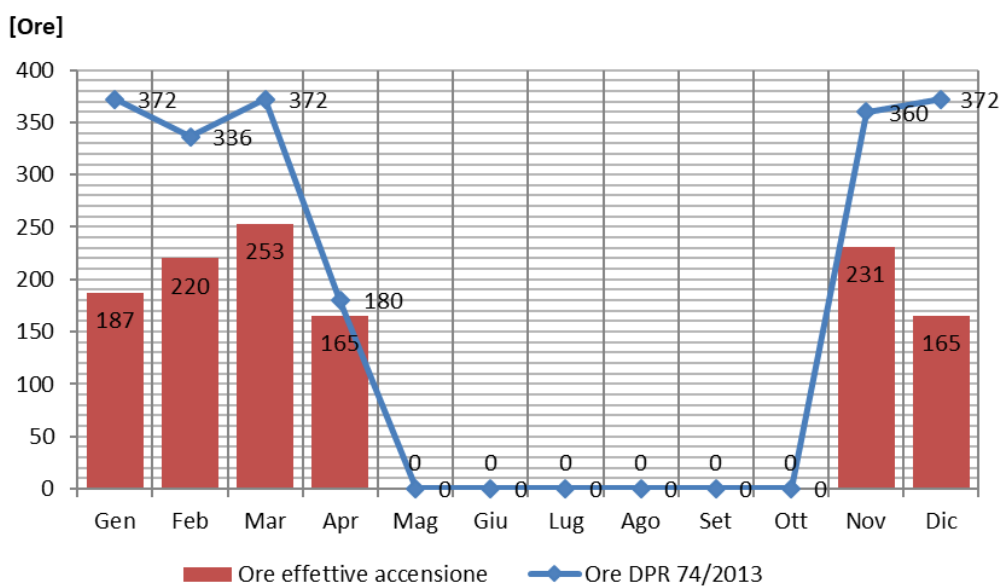
Gli orari di effettivo utilizzo dell'edificio ed i periodi di attivazione e spegnimento degli impianti sono stati rilevati durante il sopralluogo attraverso lettura di appositi cartelli affissi e richiesta al personale presente.

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 – 19.00	7.00 – 18.00
	Sabato e domenica	CHIUSO	SPENTO
Dal 16 Aprile al 30 Ottobre	Tutti i giorni	7.00 – 19.00	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 rispecchiano gli orari di espletamento delle lezioni e di lavoro del 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%

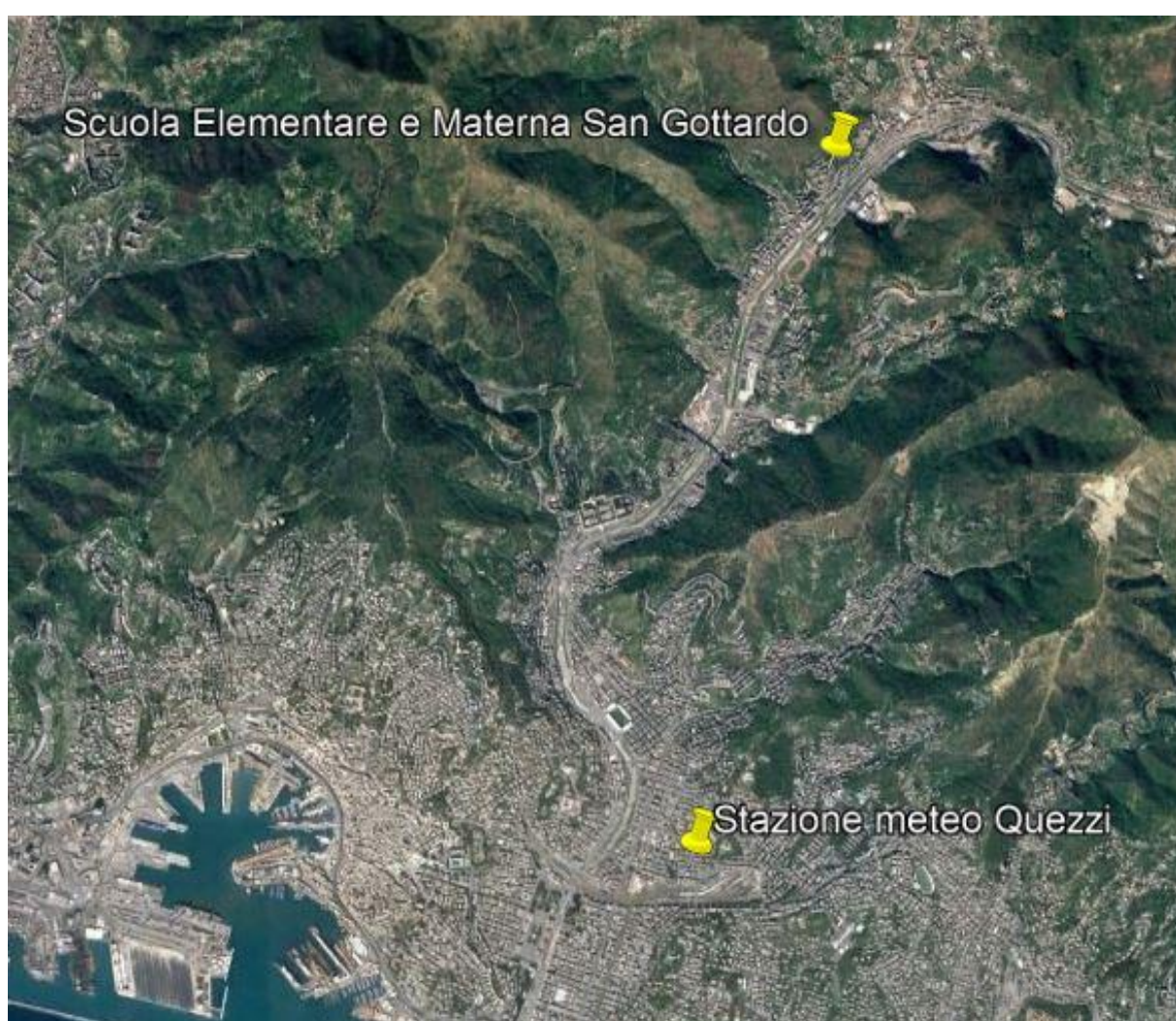
3.2 DATI CLIMATICI REALI

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 5 km in linea d'aria) e fornita di dati climatici completi (temperatura media dell'aria e umidità relativa).

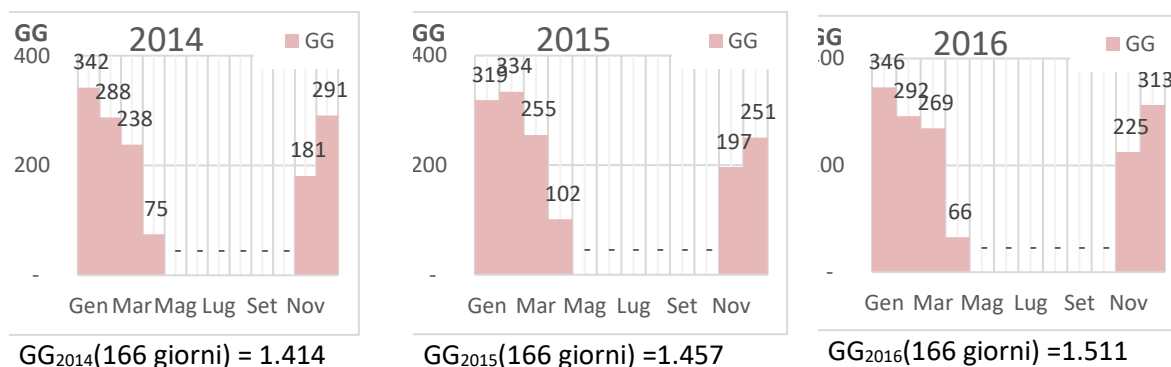
Figura 3.1 – Posizionamento della centralina meteo climatica rispetto all'edificio oggetto di DE



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

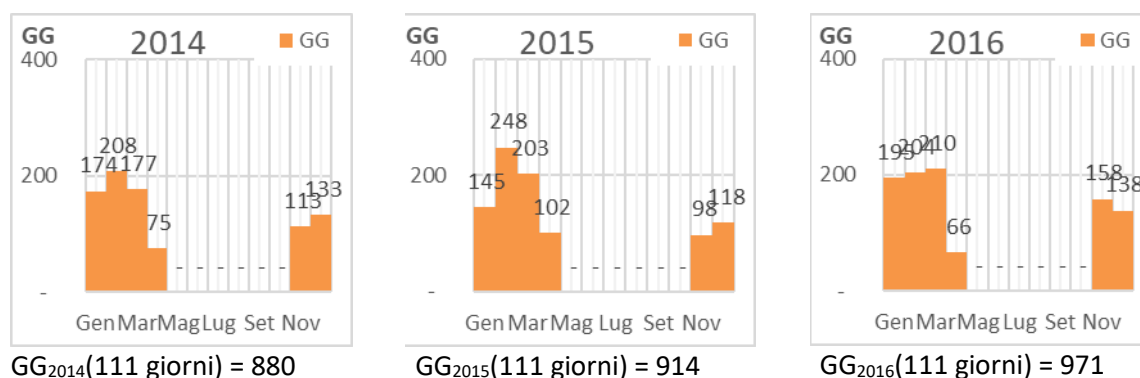


Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG reali sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto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

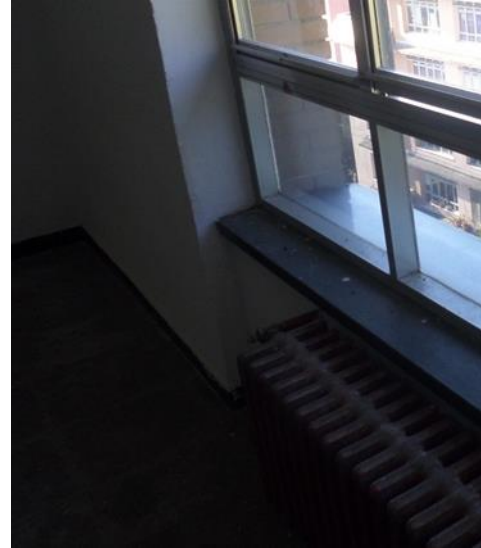


Figura 4.2 - Particolari della facciata



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.

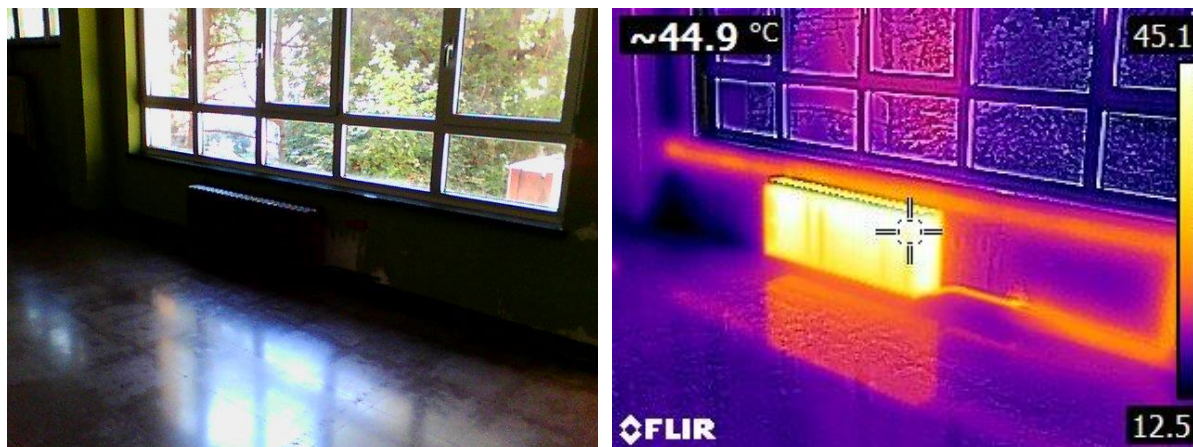
Figura 4.5 - Particolare dei serramenti al terzo piano



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

- Rilievo termografico eseguito tramite l'utilizzo di termo camera 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 camera	3,056	Ottimo
Porta finestra	PF3	1,6x2,4	Metallo	Vetro camera	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/302 ed è costituito da un generatore a combustione: una caldaia a basamento posta nel locale caldaia per riscaldamento.

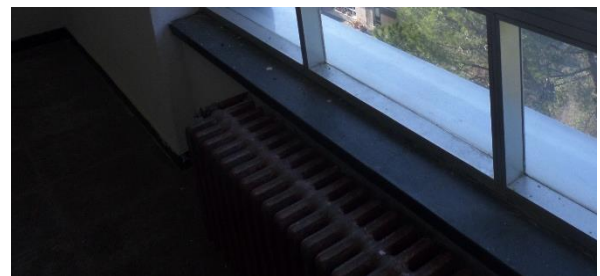
La centrale termica principale ha singola mandata con pompa gemellare e tre stacchi.

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	12	0,54 – 3,65	22,39	0	0
Primo	Parete	18	0,96 – 5,38	61,68	0	0
Secondo	Parete	3	1,37 – 1,92	4,66	0	0
Terzo	Parete	12	0,77 – 4,52	22,87	0	0
Quarto	Parete	16	0,74 – 5,25	40,99	0	0
Quinto	Parete	17	0,96 – 4,80	47,42	0	0

Sesto	Parete	14	1,16 – 4,61	36,2	0	0
Settimo	Parete	15	0,96 – 4,52	42,91	0	0
TOTALE		107		279,12	0	0

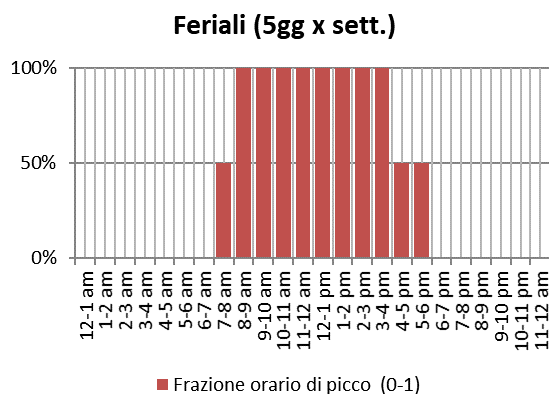
L'elenco delle tipologie dei componenti del sottosistema di emissione per il riscaldamento degli ambienti, rilevati in sede di sopralluogo, e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 6.5 dell'Allegato J – Schede di audit.

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:

- Circuito primario di riscaldamento con tre mandate, ognuna con pompa gemellare con funzionamento alternato.

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
			[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 ⁽²⁾
°C			°C	°C
CIRCUITO PRINCIPALE RISCALDAMENTO	Mandata	Caldo	50 ⁽¹⁾	70 ⁽²⁾
CIRCUITO PRINCIPALE RISCALDAMENTO	Ritorno	Caldo	50 ⁽¹⁾	55 ⁽²⁾

Nota (1): Valori ricavati in sede di sopralluogo

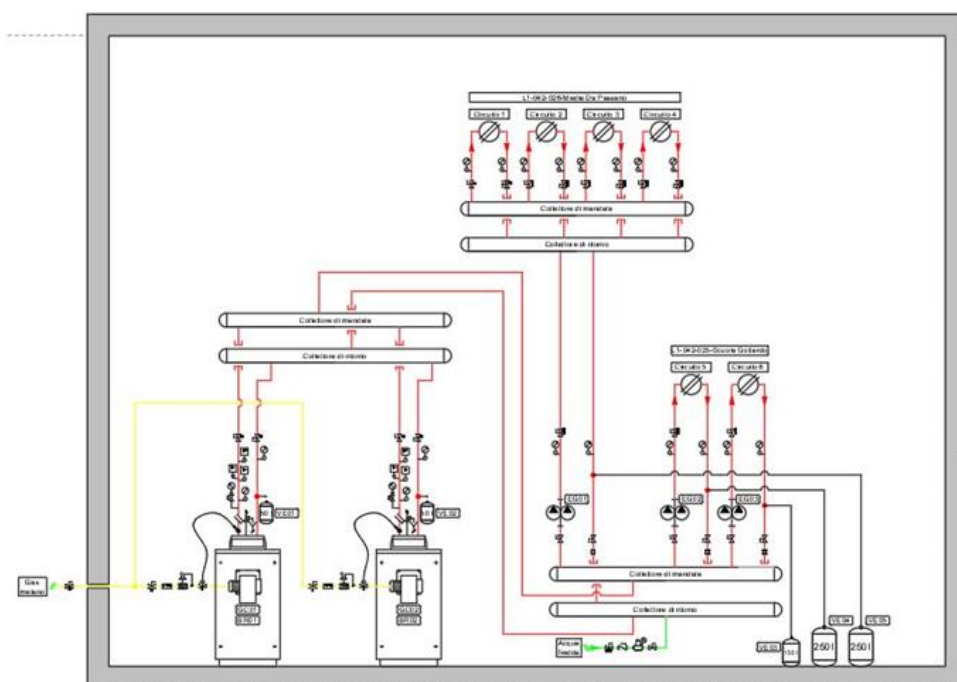
Nota (2): Valori utilizzati nel modello di calcolo

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 026-P01-006-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 95,6%).

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.4 boiler elettrici ad accumulo da 1200 W di potenza, 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

Tabella 4.8.

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	49	250	12250	89670
Zona 1	Frigorifero	2	1000	2000	16080
Zona 1	Distributore snack	1	500	500	8040
Zona 1	Microonde	1	1000	1000	335
Zona 1	Stampanti	4	500	2000	3660
Zona 1	Ascensore	1	4000	4000	335
Zona 1	Lim	17	100	1700	5695
Zona 1	Montacarichi esterno	1	1500	1500	335
Zona 1	Distributore caffè	1	500	500	915
Zona 1	Fotocopiatrice	1	1500	1500	1675

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

4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE

L'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	57	18	1026
Zona 1	Fluorescente	4	36	144
Zona 1	Fluorescente	38	58	2204
Zona 1	Fluorescente	198	72	14256

Zona 1	Fluorescente	99	116	11484
Zona 1	Fluorescente	13	174	2262

L'impianto di illuminazione è costituito da lampade neon di diverse tipologie e taglie. Le principali tipologie di corpi illuminanti sono di seguito elencati:

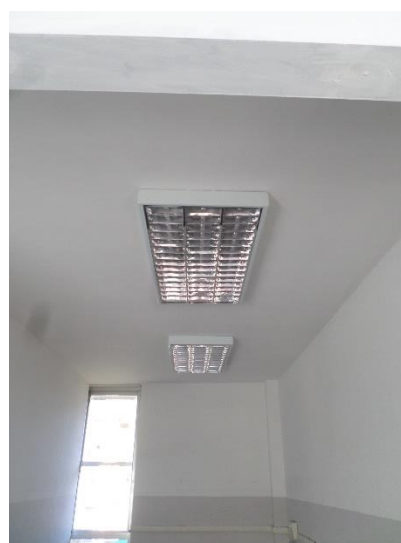
- Lampade a neon installate a soffitto

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

Non è presente un impianto Fotovoltaico.

5 CONSUMI RILEVATI

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

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

I vettori energetici analizzati sono i seguenti:

- Gas metano;
- Energia elettrica;

5.1.1 Energia termica

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

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

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

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

(*) 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	275.117	365.090	240.586

Le fatture relative ai consumi termici non sono a disposizione della PA in quanto il contratto di fornitura del vettore energetico è in capo ad un soggetto terzo tramite appalto Servizio Integrato Energia. I consumi storici riportati sono desunti dal file *kyotoBaseline-EXXX rev09.xlsx*.

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

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

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

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

Dove:

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

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

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

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

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

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

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

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

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	Potere calorifico inferiore	Fattore di conversione	Potere calorifico inferiore	Consumo Reale	Fattore di normalizzazione α_{rif}	Consumo normalizzato a 921 GG
			[Smc]	[kWh/Nmc]	[Smc/Nmc]	[kWh/Smc]	[kWh]		[kWh]
2014	880	921	29.197	9,94	1,0549	9,42	275.117	312,7	288.121
2015	914	921	38.746	9,94	1,0549	9,42	365.090	399,6	368.161
2016	971	921	25.533	9,94	1,0549	9,42	240.586	247,7	228.246
Media	922	921	31.159				293.598	318,6	293.540

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
$\bar{a}_{rif} \times GG_{rif}$	293.540
$Q_{baseline}$	293.540

5.1.2 Energia elettrica

La fornitura di energia elettrica avviene tramite la presenza di 2 contatori i quali sono a servizio dei seguenti utilizzi:

- Scuola Primaria (Elementare);
- Scuola dell'Infanzia (Materna)

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]
IT001E00122550	MATERNA	12.151	13.141	15.604	13.632
IT001E00097403	ELEMENTARE	48.485	46.137	51.829	48.817
TOTALE		60.636	59.278	67.433	EE baseline 62.449

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_rev09.xlsx* ed è emerso un leggero scostamento dei consumi rilevati dalle fatture rispetto a quanto elaborato nel suddetto file per tutti e tre gli anni:

ANNI	2014	2015	2016	MEDIA
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
VALORI TOTALI da kyotoBaseline-EXXXX	64.137	64.216	72.286	EEbaseline 66.880

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 62.449 kWh.

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

POD: IT001E00122550

POD: IT001E00122550	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 14	1.065	133	161	1.359
Feb - 14	1.007	135	157	1.299
Mar - 14	728	82	89	899
Apr - 14	701	124	181	1.006
Mag - 14	733	109	134	976
Giu - 14	493	85	101	679
Lug - 14	137	59	98	294
Ago - 14	121	90	175	386
Set - 14	747	142	116	1.005
Ott - 14	1.288	156	122	1.566
Nov - 14	1.079	125	115	1.319
Dic - 14	1.115	129	119	1.363
Totale	9.214	1.369	1.568	12.151
POD: IT001E00122550	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 15	1.115	129	119	1.363
Feb - 15	1.221	140	104	1.465
Mar - 15	1.296	158	127	1.581
Apr - 15	514	66	71	651
Mag - 15	1.112	143	118	1.373
Giu - 15	888	125	124	1.137
Lug - 15	163	60	93	316
Ago - 15	85	45	86	216
Set - 15	693	105	114	912
Ott - 15	1.255	198	113	1.566
Nov - 15	1.222	181	126	1.529
Dic - 15	780	137	115	1.032
Totale	10.344	1.487	1.310	13.141
POD: IT001E00122550	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 16	1.056	179	186	1.421
Feb - 16	1.282	201	165	1.648
Mar - 16	1.208	227	226	1.661
Apr - 16	1.166	263	278	1.707
Mag - 16	1.256	231	232	1.719
Giu - 16	937	164	144	1.245
Lug - 16	303	95	124	522
Ago - 16	170	69	118	357
Set - 16	690	153	124	967

Ott - 16	1.078	185	129	1.392
Nov - 16	1.216	210	180	1.606
Dic - 16	947	192	220	1.359
Totale	11.309	2.169	2.126	15.604

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

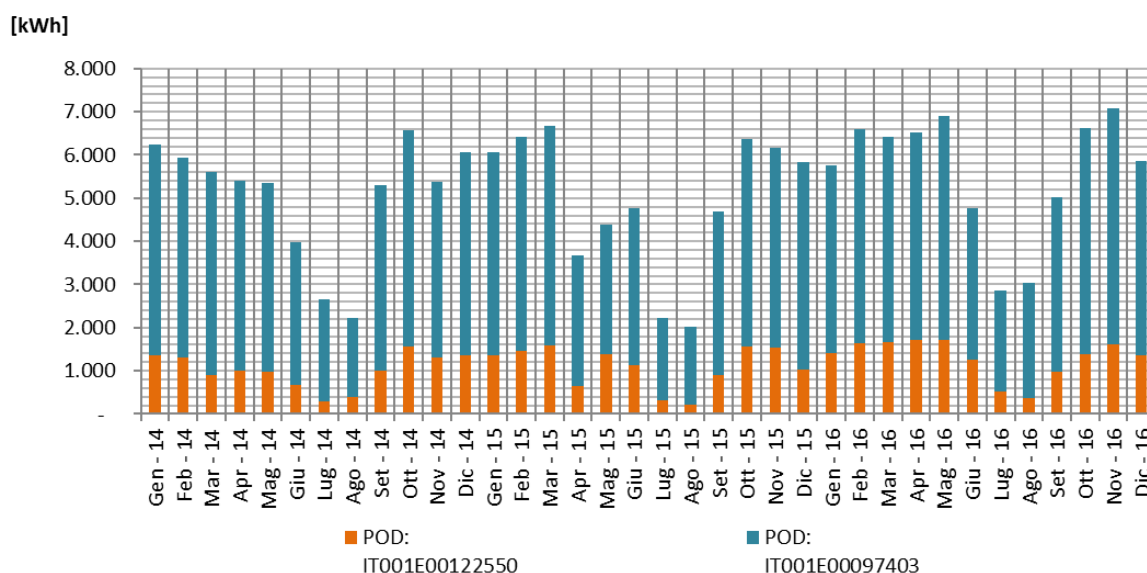
POD: IT001E00097403

POD: IT001E00097403	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 14	3.544	592	735	4.871
Feb - 14	3.448	575	610	4.633
Mar - 14	3.301	636	757	4.694
Apr - 14	3.142	547	696	4.385
Mag - 14	3.104	554	715	4.373
Giu - 14	2.037	539	721	3.297
Lug - 14	1.217	462	679	2.358
Ago - 14	717	398	718	1.833
Set - 14	2.918	630	735	4.283
Ott - 14	3.702	666	632	5.000
Nov - 14	1.242	1.016	1.807	4.065
Dic - 14	3.157	654	882	4.693
Totale	31.529	7.269	9.687	48.485
POD: IT001E00097403	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 15	3.157	654	882	4.693
Feb - 15	3.596	632	733	4.961
Mar - 15	3.745	611	729	5.085
Apr - 15	2.020	443	549	3.012
Mag - 15	2.109	361	554	3.024
Giu - 15	2.219	577	821	3.617
Lug - 15	848	423	648	1.919
Ago - 15	627	390	791	1.808
Set - 15	2.466	587	712	3.765
Ott - 15	3.533	598	671	4.802
Nov - 15	3.419	579	649	4.647
Dic - 15	3.534	599	671	4.804
Totale	31.273	6.454	8.410	46.137
POD: IT001E00097403	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 16	3.071	552	706	4.329
Feb - 16	3.536	670	746	4.952
Mar - 16	3.235	662	865	4.762

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	3.560	769	897	5.226
Nov - 16	3.887	703	889	5.479
Dic - 16	2.931	677	902	4.510
Totale	33.703	7.778	10.348	51.829

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 5.8.

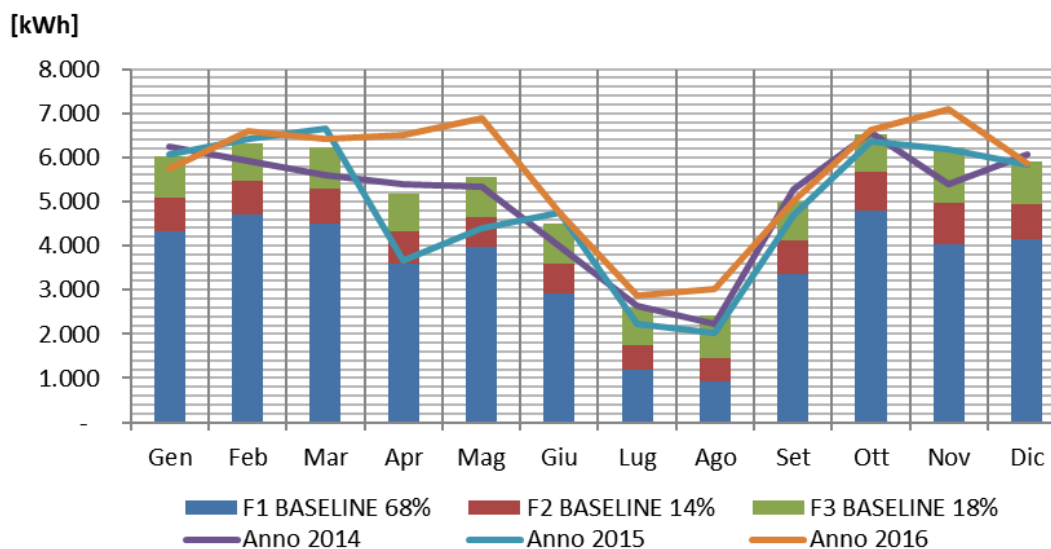
Tabella 5.8 – Consumi mensili di Baseline

BASELINE	F1	F2	F3	TOTALE
Mese	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen	4.336	746	930	6.012
Feb	4.697	784	838	6.319
Mar	4.504	792	931	6.227
Apr	3.604	709	875	5.188
Mag	3.961	700	888	5.548
Giu	2.904	678	916	4.498
Lug	1.187	555	842	2.584
Ago	919	523	981	2.423

Set	3.364	763	869	4.996
Ott	4.805	857	855	6.517
Nov	4.022	938	1.255	6.215
Dic	4.155	796	970	5.920
Totale	42.457	8.842	11.150	62.449

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

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



I profili di prelievo mensili nel triennio di riferimento presentano andamenti costanti per i tre anni (non si rilevano aumenti o diminuzioni significative).

Si nota la presenza di un consumo di base anche nei mesi estivi, dovuto in parte agli oneri di consumo fissi in parte alla presenza di personale addetto all'amministrazione all'interno della scuola anche nei mesi estivi.

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

5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI

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

I fattori di emissione di CO₂ utilizzati sono riportati nella Tabella 5.9 - Fattori di emissione di CO₂. Tabella 5.9.

Tabella 5.9 - 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

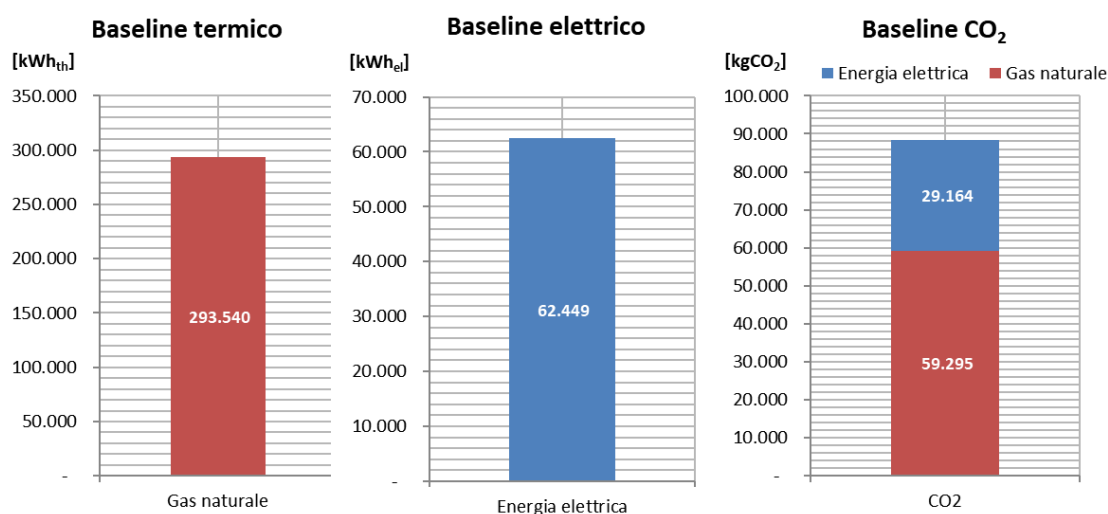
* da "Linee Guida Patto dei Sindaci" per anno 2010

Applicando tali fattori di conversione è stato possibile valutare la Baseline delle emissioni di CO₂, come riportato nella Tabella 5.10 – Baseline delle emissioni di CO₂. Tabella 5.10 e nella Figura 5.3

Tabella 5.10 – Baseline delle emissioni di CO₂.

COMBUSTIBILE	CONSUMO DI BASELINE [kWh]	FATTORE DI CONVERSIONE [kgCO ₂ /kWh]	EMISSIONI DI CO ₂ [kgCO ₂]
Gas naturale	293.540	0,202	59.295
Energia elettrica	62.449	0,467	29.164
TOTALE			136.973

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 5.11 - 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 5.12.

Tabella 5.12 – Fattori di riparametrizzazione

PARAMETRO		E301	U.M.
FATTORE 1	Superficie netta riscaldata	3.934	m ²
FATTORE 2	Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	4.890	m ²
FATTORE 3	Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate)	18.275	m ³

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

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

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE [kWh/anno]	FATTORE DI CONVERSIONE E ENERGIA PRIMARIA TOTALE	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA TOTALE [kWh/anno]	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA TOTALE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1 [kWh/m ²]	FATTORE 2 [kWh/m ²]	FATTORE 3 [kWh/m ³]	FATTOR E 1 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTOR E 2 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTOR E 3 [Kg CO ₂ /m ³]
Gas naturale	293.540	1,05	308.217	78,3	63,0	16,9	15,07	12,13	3,24
Energia elettrica	62.449	2,42	151.127	38,4	30,9	8,3	7,41	5,96	1,60
TOTALE			459.344	117	94	25	22	18	5

Tabella 5.14 – Indicatori di performance calcolati con riferimento all'energia primaria non rinnovabile

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE [kWh/anno]	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA NON RINN.	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA NON RINN. [kWh/anno]	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1 [kWh/m ²]	FATTORE 2 [kWh/m ²]	FATTORE 3 [kWh/m ³]	FATTORE 1 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 2 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 3 [Kg CO ₂ /m ³]
Gas naturale	533.709	1,05	308.217	78,3	63,0	16,9	15,07	12,13	3,24
Energia elettrica	62.449	1,95	121.776	31,0	24,9	6,7	7,41	5,96	1,60
TOTALE			682.170	97	84	21	19	17	4

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

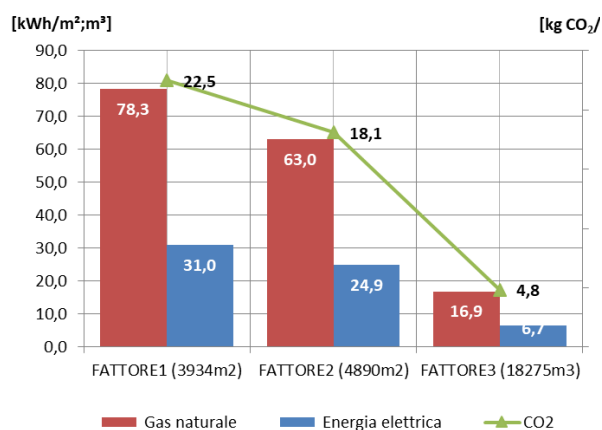
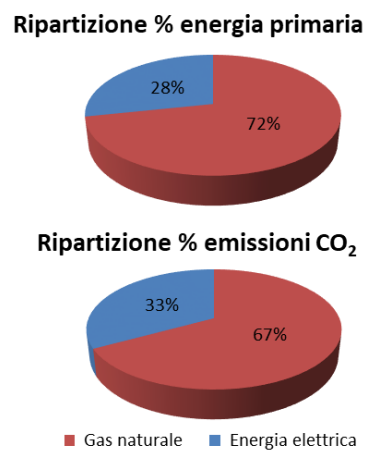


Figura 5.5 – Ripartizione % dei consumi di energia primaria e delle relative emissioni di CO₂



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

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

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

La formula definita è sotto riportata:

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

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

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

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

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

Tabella 5.15 – Indicatori di performance energetici

COMBUSTIBILE	IEN _R			IEN _E		
	Wh/(m ³ GG anno)			Wh/(m ³ anno)		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Gas Naturale	20,4	26,1	16,1	na	na	na
Energia elettrica	na	na	na	24,0	23,5	26,7

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 della scuola materna per il 2014 e il 2016, che è risultato rispettivamente sufficiente e buono. E' risultato inoltre sufficiente l'indice relativo al riscaldamento per l'anno 2016.

Per i dettagli sulle valutazioni effettuate vedere Allegato M – Report di Benchmark.

6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO

6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO

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

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

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

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

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale	$EP_{gl,nren}$	kWh/mq anno	175,61	164,45
Climatizzazione invernale	EP_H	kWh/mq anno	118,83	118,70
Produzione di acqua calda sanitaria	EP_w	kWh/mq anno	0,34	0,27
Ventilazione	EP_v	kWh/mq anno	0	0
Raffrescamento	EP_c	kWh/mq anno	0	0
Illuminazione artificiale	EP_L	kWh/mq anno	54,69	44,07
Trasporto di persone e cose	EP_T	kWh/mq anno	1,75	1,41
Emissioni equivalenti di CO2	CO_{2eq}	Kg/mq anno		33,54

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

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	CONSUMO
	[m ³ /anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	46.910	-
Energia Elettrica	-	93.085

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

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

Dove:

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

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

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

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

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

6.1.1 Validazione del modello termico

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

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

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale	$EP_{g, nren}$	kWh/mq anno	118,95	111,4
Climatizzazione invernale	EP_H	kWh/mq anno	76,8	76,7
Produzione di acqua calda sanitaria	EP_w	kWh/mq anno	0,34	0,27
Ventilazione	EP_v	kWh/mq anno	0	0

Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	0	0
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	40,95	33
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	1,75	1,41
Emissioni equivalenti di CO2	CO _{2eq}	Kg/mq anno		22,70

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

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	CONSUMO
	[mc/anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	31.542	-
Energia Elettrica	-	61.832

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]	[%]
297.123	293.540	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]	[%]
61.832	62.449	1%%

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

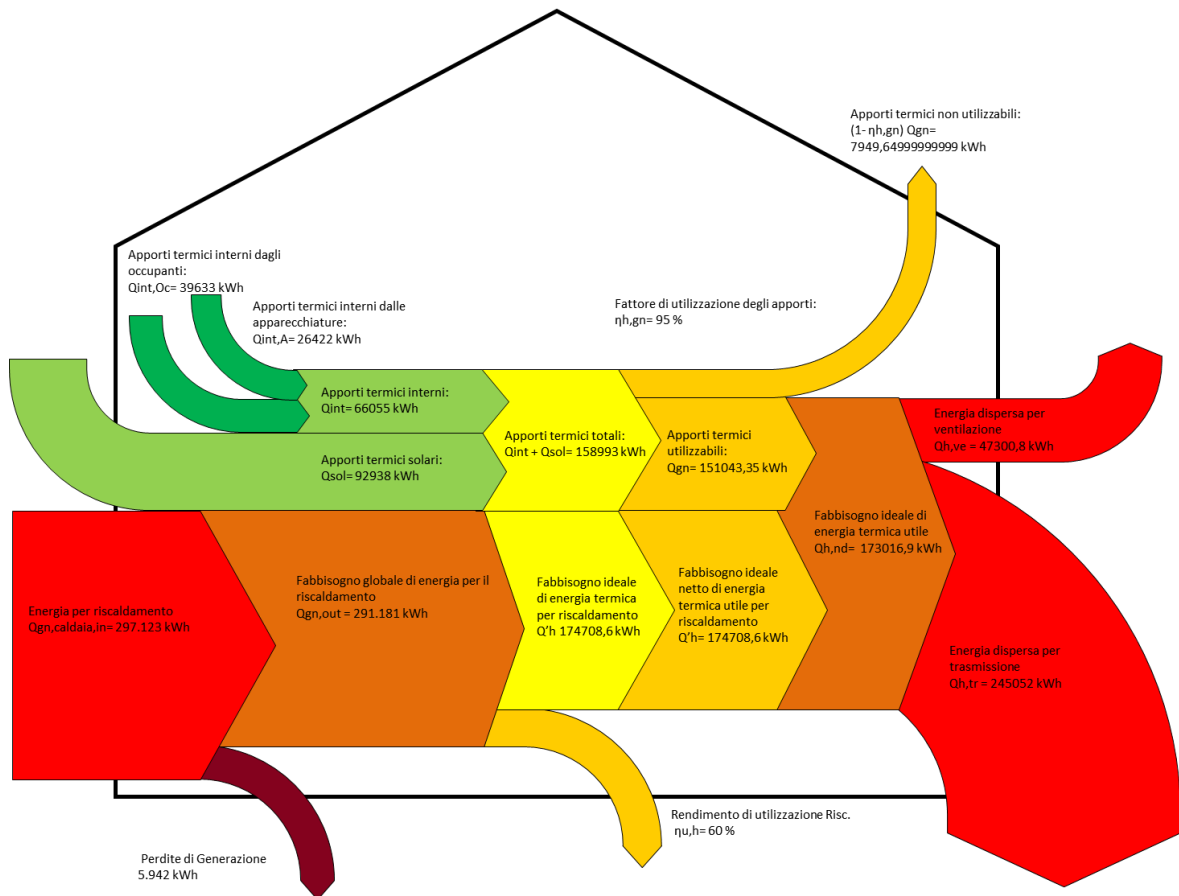
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

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

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

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

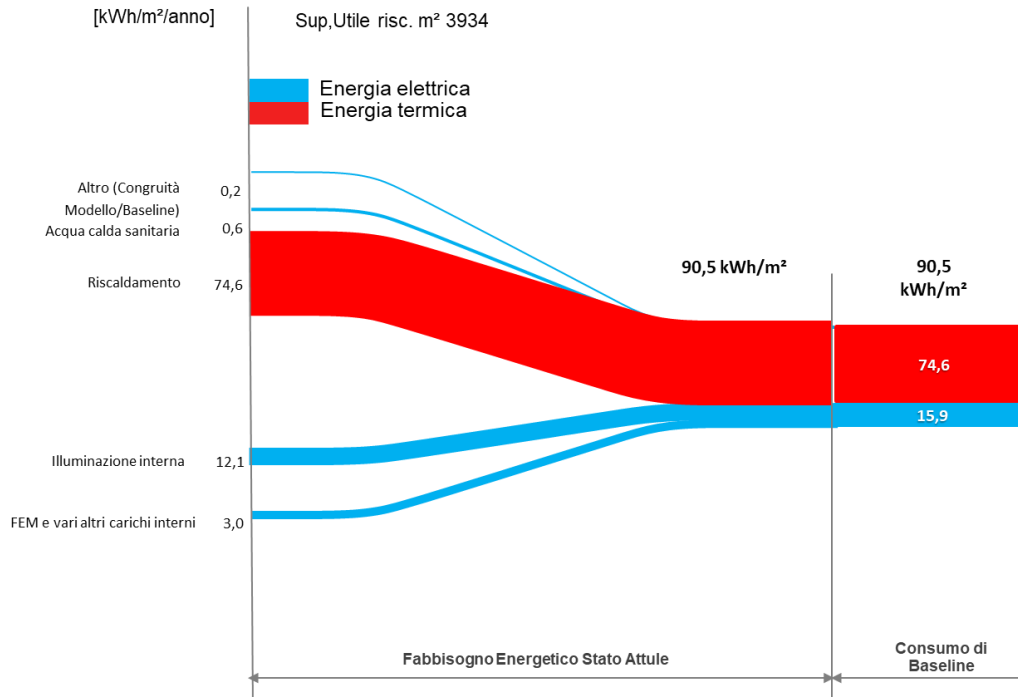
Figura 6.1 – Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio allo stato attuale



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

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

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



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

Il contributo definito come “Altro – 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 rispetto a quelli di baseline.

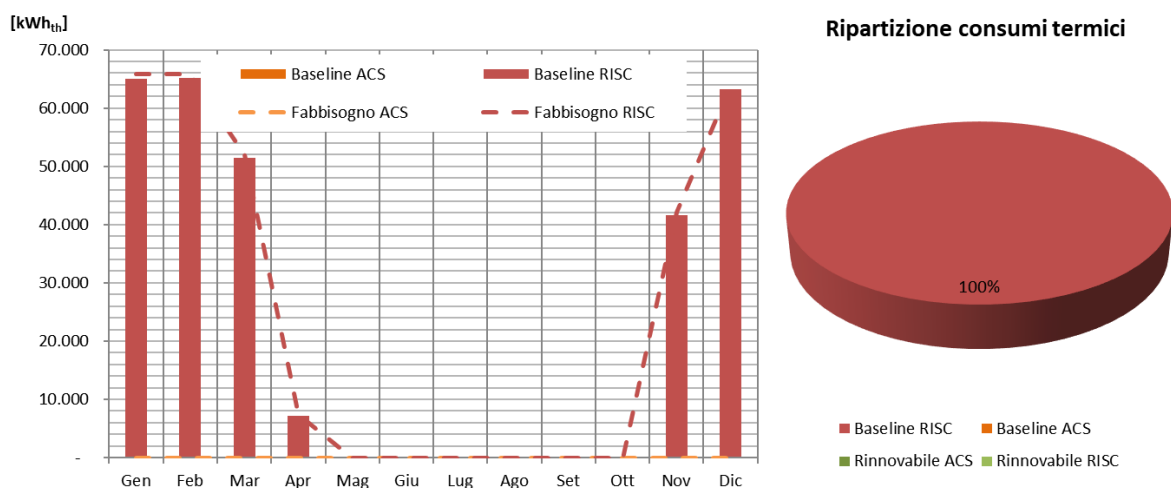
Nel caso in cui, invece i consumi teorici siano inferiori rispetto alla Baseline il termine “Altro – Congruit ” rappresenta la differenza per eccesso tra i consumi specifici di Baseline ed i consumi teorici.

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



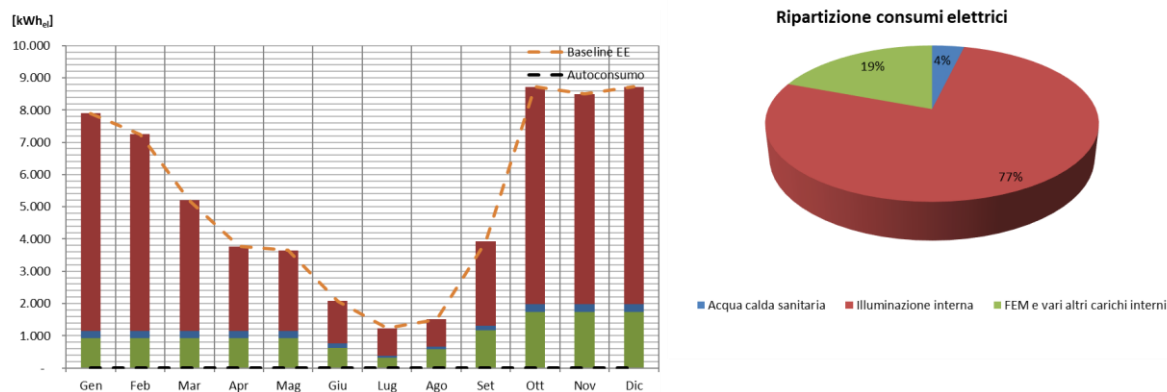
Si può notare come la totalità dei consumi termici sia da attribuirsi all'utilizzo per il riscaldamento dei locali, pertanto gli interventi migliorativi proposti, andranno ad interessare principalmente tali componenti.

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

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

I risultati di tale valutazione sono riportati nella Figura 6.4.

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



Si può notare come la maggior parte dei consumi sia da attribuirsi all'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-INTERVENTO

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	-	-	-	-	-	-	-	#DIV/0!



PDR: 3270036798303	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	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	-	-	-	-	-	-	-	#DIV/0!
PDR: 3270036798303	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					(IVA INCLUSA)
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWh]	[€/kWh]
Gen - 16	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Feb - 16	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Mar - 16	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Apr - 16	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Mag - 16	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Giu - 16	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Lug - 16	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Ago - 16	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Set - 16	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Ott - 16	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Nov - 16	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Dic - 16	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Totale	-	-	-	-	-	-	-	#DIV/0!

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

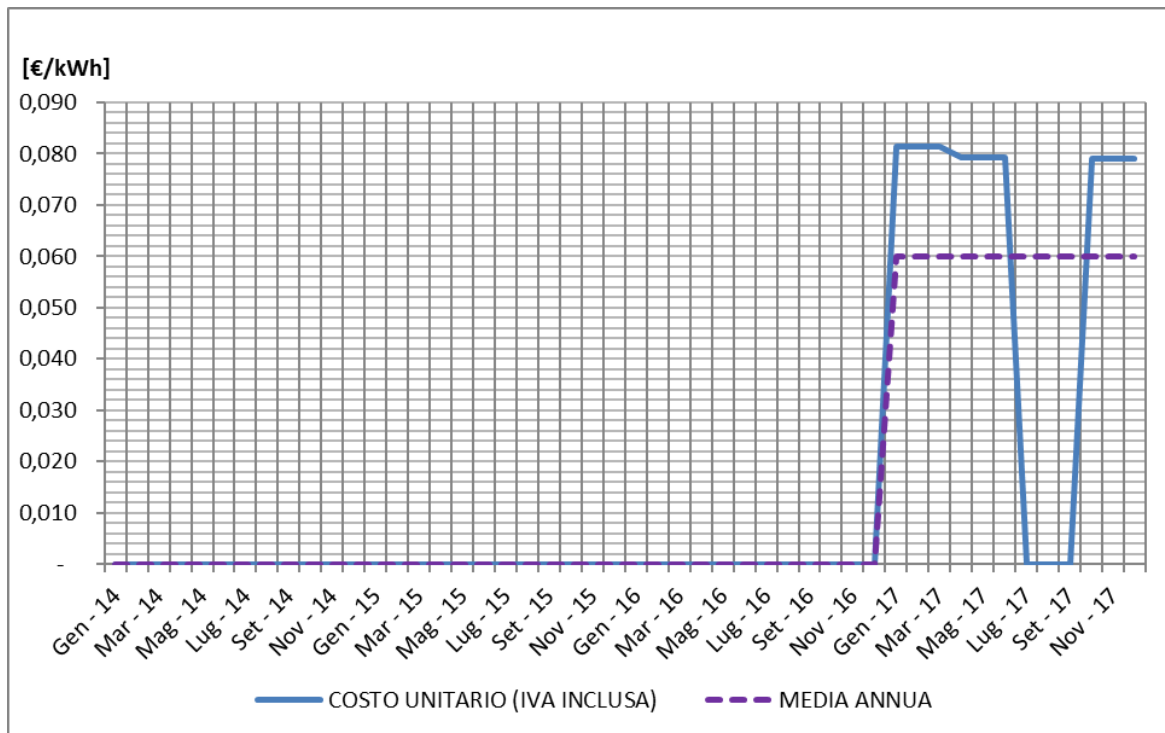
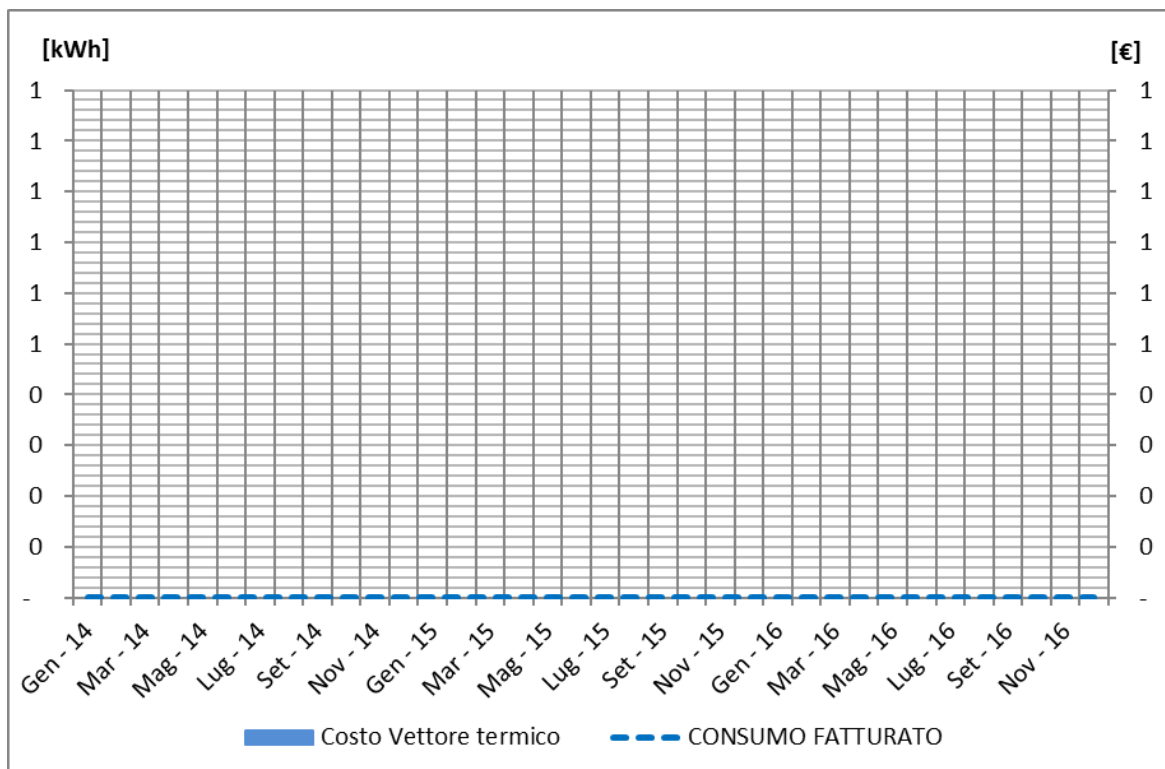


Figura 7.2 – Andamento dei consumi e dei costi dell’energia termica



7.1.2 Vettore elettrico

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

- POD 1 - IT001E00122550: 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.

- POD 2 - IT001E00097403: 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: IT001E00122550

POD: IT001E00122550	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	10 kW	10 kW	10 kW	10 kW	10 kW
Potenza elettrica disponibile	11 kW	11 kW	11 kW	11 kW	11 kW
Tipologia di contratto	Forniture in BT (escluso IP)	Forniture in BT (escluso IP)	Utenza altri usi	Utenza altri usi	Altri usi
Opzione tariffaria ⁽¹⁾	Genova-2013-NEW	Genova-2013-NEW	CONSIP EE12 - Lotto 2	CONSIP EE12 - Lotto 2	CONSIP13 VERDE - L0390
Prezzi del fornitura dell'energia elettrica ⁽²⁾	0,235	0,223	0,223	0,204	0,204

(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.

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

POD: IT001E00097403

POD: IT001E00097403	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	21 kW	21 kW	18 kW	18 kW	18 kW
Potenza elettrica disponibile	21 kW	21 kW	21 kW	21 kW	21 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 - Delibera 308/2016/R/eel	CONSIP13 VERDE - L0390
Prezzi del fornitura dell'energia elettrica ⁽²⁾	0,211	0,196	0,196	0,217	0,217

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

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

POD: IT001E00122550	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	108	14	148	17	29	316	1.359	0,232
Feb - 14	103	14	144	16	28	305	1.299	0,235
Mar - 14	72	14	107	11	20	224	899	0,250
Apr - 14	78	14	124	13	23	252	1.006	0,250
Mag - 14	77	14	120	12	22	245	976	0,251
Giu - 14	53	14	76	8	15	166	679	0,245
Lug - 14	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	294	-
Ago - 14	27	14	64	5	11	121	386	0,314
Set - 14	79	14	123	13	23	251	1.005	0,249
Ott - 14	124	14	148	20	31	336	1.566	0,215
Nov - 14	103	14	153	16	29	315	1.319	0,239
Dic - 14	104	14	157	17	29	321	1.363	0,236
Totale	926	152	1.365	148	259	2.852	12.151	0,235
POD: IT001E00122550	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2015	[€]	PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 15	100	14	159	17	29	320	1.363	0,235
Feb - 15	103	14	169	18	31	336	1.465	0,229
Mar - 15	107	14	180	20	32	354	1.581	0,224
Apr - 15	37	15	83	8	14	157	651	0,241
Mag - 15	50	15	105	11	18	199	1.373	0,145
Giu - 15	60	15	123	14	21	234	1.137	0,206
Lug - 15	48	15	135	12	21	232	316	0,734
Ago - 15	49	15	138	12	21	235	216	1,090
Set - 15	42	15	106	11	18	193	912	0,211
Ott - 15	44	15	114	12	19	204	1.566	0,130
Nov - 15	46	15	58	11	13	144	1.529	0,094
Dic - 15	110	15	146	23	29	324	1.032	0,314
Totale	798	178	1.517	171	266	2.930	13.141	0,223
POD: IT001E00122550	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2015	[€]	PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					

E301 Scuola Elementare e Materna San Gottardo

ANNO 2016	€	€	€	€	€	€	[KWH]	€/kWh
Gen - 16	61	15	145	18	24	263	1.421	0,185
Feb - 16	66	15	164	21	27	293	1.648	0,178
Mar - 16	153	15	165	21	35	389	1.661	0,234
Apr - 16	91	15	169	21	30	326	1.707	0,191
Mag - 16	98	15	170	21	30	335	1.719	0,195
Giu - 16	75	15	130	16	24	260	1.245	0,209
Lug - 16	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	522	-
Ago - 16	23	15	56	4	10	109	357	0,305
Set - 16	71	15	107	12	20	226	967	0,234
Ott - 16	114	15	144	17	29	320	1.392	0,230
Nov - 16	145	15	162	20	34	376	1.606	0,234
Dic - 16	115	15	141	17		288	1.359	0,212
Totale	1.012	169	1.551	189	263	3.184	15.604	0,204

Tabella 7.5 – Andamento del costo del vettore elettrico nel triennio di riferimento POD: IT001E00097403

POD: IT001E00097403	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	382	14	478	61	104	1.038	4.871	0,213
Feb - 14	365	14	457	58	89	983	4.633	0,212
Mar - 14	367	14	464	59	90	993	4.694	0,212
Apr - 14	343	14	465	55	88	964	4.385	0,220
Mag - 14	340	14	477	55	89	974	4.373	0,223
Giu - 14	251	14	434	41	68	808	3.297	0,245
Lug - 14	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	0	2.358	0,000
Ago - 14	132	14	225	23	39	433	1.833	0,236
Set - 14	330	14	453	54	85	935	4.283	0,218
Ott - 14	389	14	548	63	101	1.115	5.000	0,223
Nov - 14	342	14	478	51	89	975	4.065	0,240
Dic - 14	346	14	492	65	91	1.008	4.693	0,215
Totale	3.587	152	4.971	583	933	10.226	48.485	0,211
POD: IT001E00097403	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	334	13	470	59	88	963	4.693	0,205
Feb - 15	341	13	494	62	91	1.001	4.961	0,202
Mar - 15	337	13	505	64	92	1.010	5.085	0,199

E301 Scuola Elementare e Materna San Gottardo

Apr - 15	174	14	281	38	51	558	3.012	0,185
Mag - 15	170	14	282	38	50	554	3.024	0,183
Giu - 15	198	14	330	45	59	646	3.617	0,178
Lug - 15	189	14	324	44	48	618	1.919	0,322
Ago - 15	96	14	192	23	33	357	1.808	0,197
Set - 15	164	14	320	43	54	594	3.765	0,158
Ott - 15	226	14	489	66	80	876	4.802	0,182
Nov - 15	215	14	458	62	75	824	4.647	0,177
Dic - 15	265	14	616	71	97	1.063	4.804	0,221
Totale	2.707	166	4.762	613	816	9.065	46.137	0,196
POD: IT001E00097403	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	189	14	404	54	66	728	4.329	0,168
Feb - 16	176	14	371	53	61	675	4.952	0,136
Mar - 16	828	14	1.308	176	233	2.558	4.762	0,537
Apr - 16	253	14	416	60	75	818	4.803	0,170
Mag - 16	292	14	446	65	82	899	5.180	0,173
Giu - 16	209	14	318	44	59	644	3.519	0,183
Lug - 16	164	14	227	29	44	479	2.344	0,204
Ago - 16	170	14	253	33	47	517	2.669	0,194
Set - 16	295	14	359	51	72	791	4.056	0,195
Ott - 16	422	14	452	65	95	1.049	5.226	0,201
Nov - 16	487	14	472	68	104	1.146	5.479	0,209
Dic - 16	381	14	396	56	85	933	4.510	0,207
Totale	3.865	172	5.423	755	1.022	11.237	51.829	0,217

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

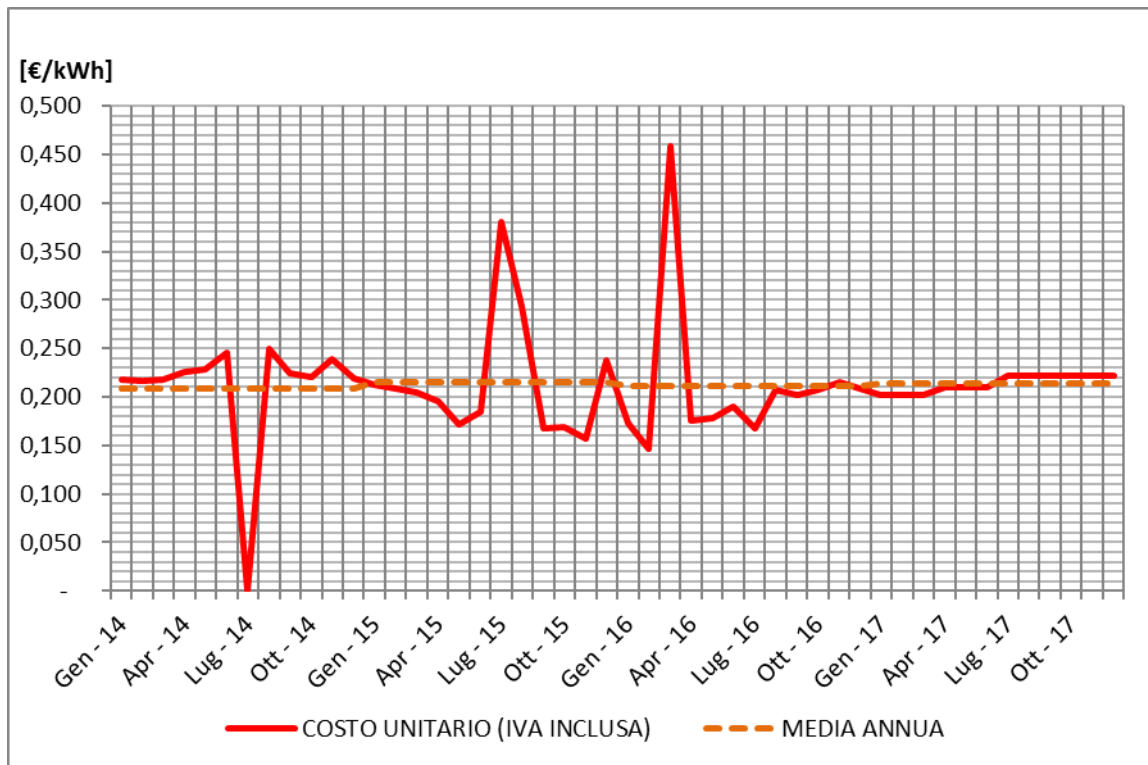
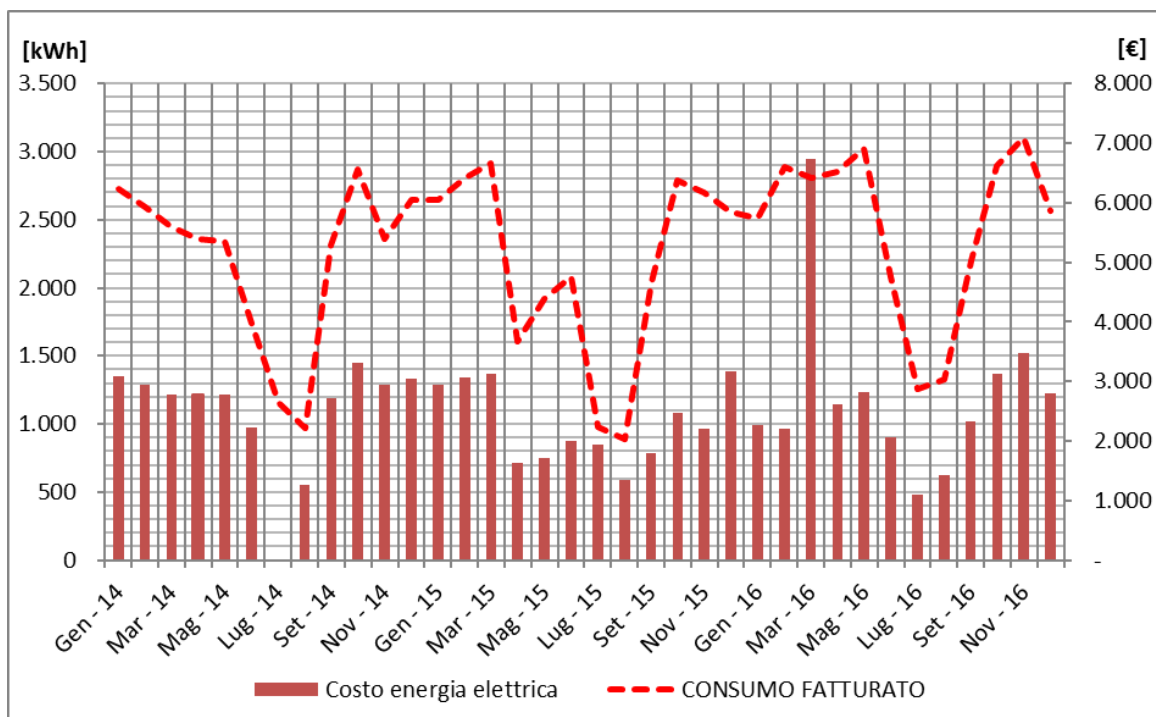


Figura 7.4 – Andamento dei consumi e dei costi dell'energia elettrica



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

Tabella 7.6 – Sintesi dei consumi nel triennio di riferimento

ANNO	VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			TOTALE
	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[€]
2014	-	-	-	60.636	€ 13.077	€ 0,221	€ 13.077
2015	-	-	-	59.278	€ 11.995	€ 0,205	€ 11.995
2016	-	-	-	67.433	€ 14.421	€ 0,214	€ 14.421
2017	-	-	€ 0,081	-	-	€ 0,213	-
Media	-	-	€ 0,081	62.449	€ 13.164	€ 0,21	€ 13.164

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

Tabella 7.7 – Valori di costo 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}	0,213 [€/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:

- L1-042-025: relativo alla scuola in oggetto e collegato al seguente (relativo alla scuola E/302)
- L1-042-026: Servizio Integrato Energia SIE 3

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:

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

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

Ai fini del calcolo della Baseline dei costi si sono pertanto assunti i valori di riportati nella Tabella 7.8.

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo per la gestione e manutenzione ordinaria	Corrispettivo annuale relativo al contratto O&M in essere	C_{MO} 7.660	[€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Media relativa a gli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici	C_{MS} 2.036	[€/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:

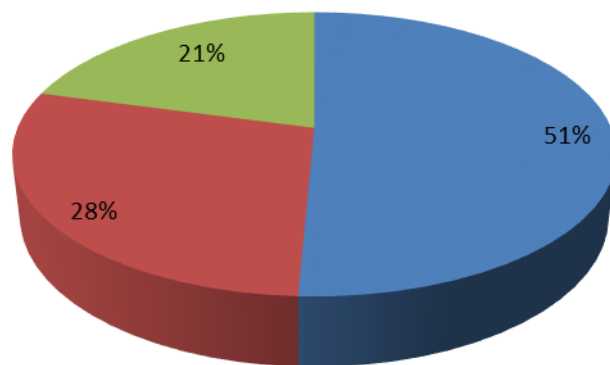
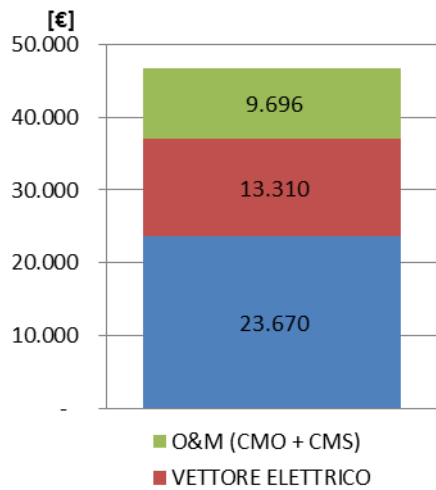
$$C_{baseline} = C_E + C_{MO} + C_{MS}$$

Ne risulta quindi un C_E pari a € 36.981 e un $C_{baseline}$ pari a € 46.677

Tabella 7.9 – 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]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
293.540	0,081	23.670	62.449	0,213	13.310	9.696	7.660	2.036	46.677

Figura 7.5 – Baseline dei costi e loro ripartizione



8 IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA

8.1 DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI

8.1.1 Involucro edilizio

Nella centrale termica l'impianto di generazione e di distribuzione è stato già rinnovato completamente con l'installazione di due caldaie nuove a condensazione, nuovi bruciatori modulanti 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.

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

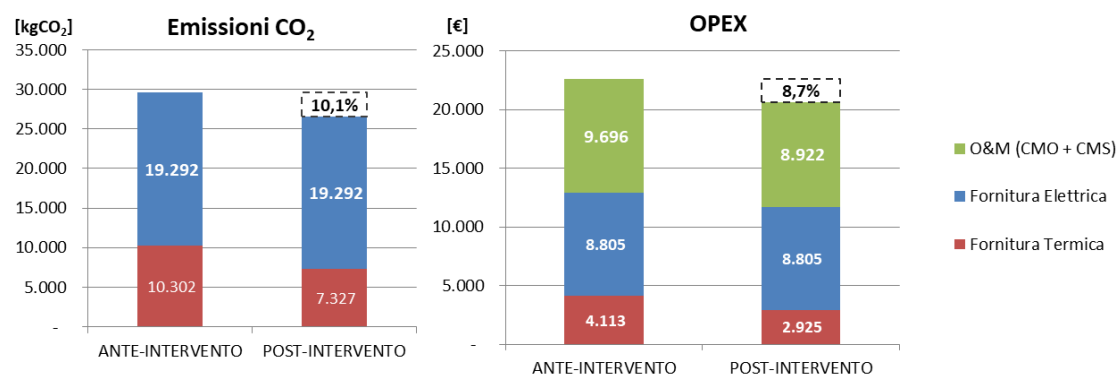
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM1 sono riportati nella Tabella 8.1

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]	294.312	209.309	28,9%
EE _{teorico}	[kWh]	61.832	61.832	0,0%
Q _{baseline}	[kWh]	51.000	36.270	28,9%
EE _{baseline}	[kWh]	41.310	41.310	0,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	10.302	7.327	28,9%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	19.292	19.292	0,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	29.594	26.618	10,1%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	4.113	2.925	28,9%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	8.805	8.805	0,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	12.917	11.729	9,2%
C _{MO}	[€]	7.660	7.024	8,3%
C _{MS}	[€]	2.036	1.898	6,8%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	9.696	8.922	8,0%
OPEX	[€]	22.613	20.651	8,7%
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 sette piani l'intervento di isolamento della sola copertura, la misura prevede l'isolamento di tutte le 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 sfruttare 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'75% - 80%, in relazione al tipo di isolamento realizzato.

Andrà inoltre verificata l'assenza di formazione di condensa.

Prestazioni raggiungibili

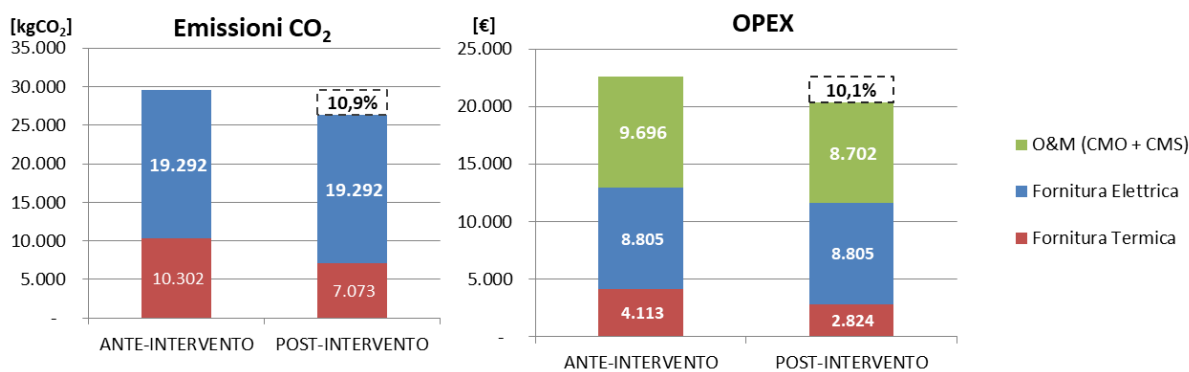
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM2 sono riportati nella Tabella 8.2

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]	294.312	202.074	31,3%
EE _{teorico}	[kWh]	61.832	61.832	0,0%
Q _{baseline}	[kWh]	51.000	35.017	31,3%
EE _{Baseline}	[kWh]	41.310	41.310	0,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	10.302	7.073	31,3%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	19.292	19.292	0,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	29.594	26.365	10,9%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	4.113	2.824	31,3%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	8.805	8.805	0,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	12.917	11.628	10,0%
C _{MO}	[€]	7.660	6.794	11,3%
C _{MS}	[€]	2.036	1.908	6,3%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	9.696	8.702	10,3%
OPEX	[€]	22.613	20.331	10,1%
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. 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.

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.

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.

Prestazioni raggiungibili

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

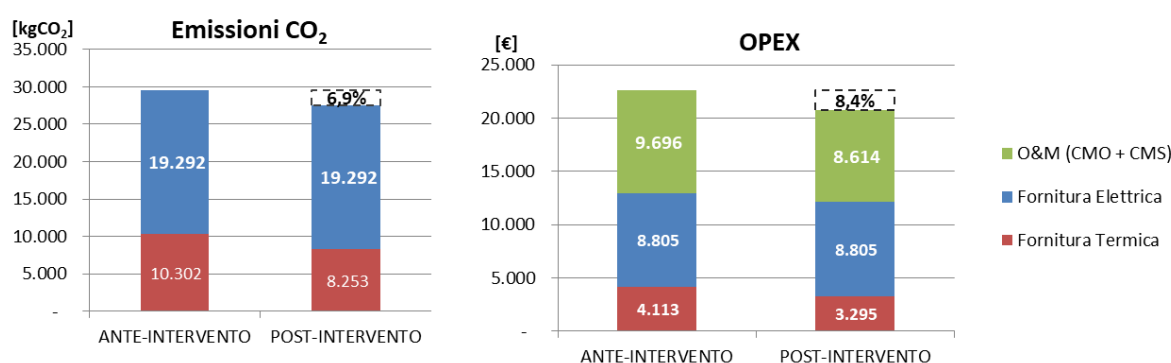
Tabella 8.3 – Risultati analisi EEM3 – Installazione di valvole termostatiche

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM3 Rendimento di regolazione	%	89	99	-11,2%
$Q_{teorico}$	[kWh]	294.312	235.782	19,9%
$EE_{teorico}$	[kWh]	61.832	61.832	0,0%
$Q_{baseline}$	[kWh]	51.000	40.858	19,9%
$EE_{baseline}$	[kWh]	41.310	41.310	0,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	10.302	8.253	19,9%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	19.292	19.292	0,0%

Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	29.594	27.545	6,9%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	4.113	3.295	19,9%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	8.805	8.805	0,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	12.917	12.099	6,3%
C _{MO}	[€]	7.660	6.710	12,4%
C _{MS}	[€]	2.036	1.904	6,5%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	9.696	8.614	11,2%
OPEX	[€]	22.613	20.713	8,4%
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.

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



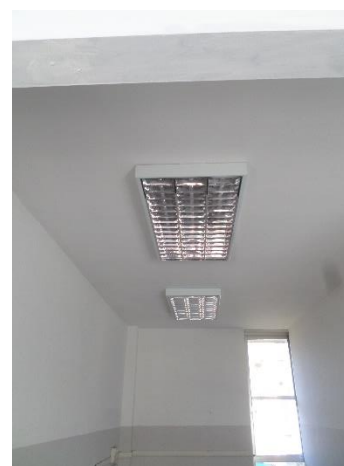
8.1.3 Impianto di illuminazione ed impianto elettrico

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

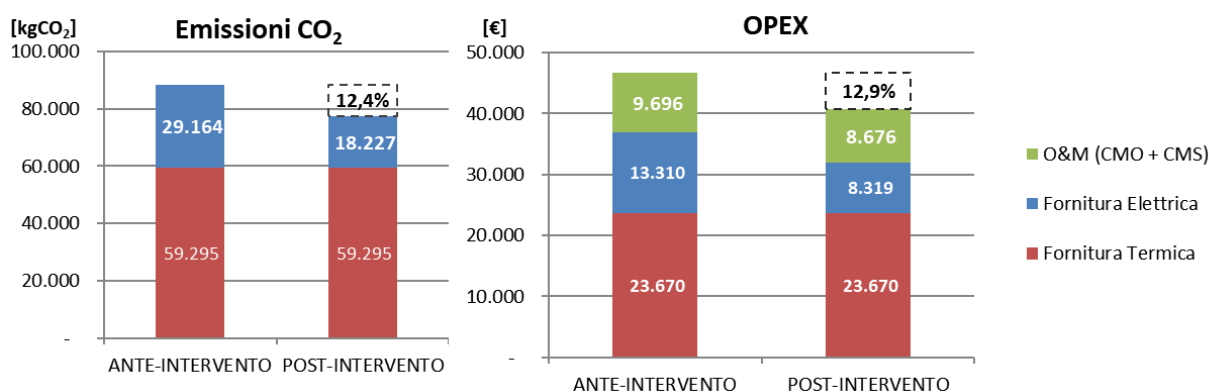
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM4 sono riportati nella Tabella 8.4.

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]	31000	15500	50,0%
$Q_{teorico}$	[kWh]	535.112	535.112	0,0%
$EE_{teorico}$	[kWh]	61.832	38.645	37,5%
$Q_{baseline}$	[kWh]	533.709	533.709	0,0%
$EE_{baseline}$	[kWh]	62.449	39.031	37,5%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	107.809	107.809	0,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	29.164	18.227	37,5%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	136.973	126.037	8,0%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	43.037	43.037	0,0%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	13.359	8.349	37,5%
Fornitura Energia, C_E	[€]	56.396	51.386	8,9%
C_{MO}	[€]	13.927	6.894	10,0%
C_{MS}	[€]	3.702	1.782	12,5%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	17.629	8.676	10,5%
OPEX	[€]	74.025	40.665	12,9%
Classe energetica	[-]	F	E	+1 classe

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

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 degli 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	632,5	m2	€ 39,61	€ 35,65	€ 22.547,99	22%	€ 27.508,55
PR.A23.A30.010	Prezzario Regione Liguria	632,5	m2	€ 328,90	€ 296,01	€ 187.226,33	22%	€ 228.416,12
PR.A23.B10.020	Prezzario Regione Liguria	100,59821	m	€ 7,59	€ 6,83	€ 687,19	22%	€ 838,37
25.A15.C10.020	Prezzario Regione Liguria	94,875	m3	€ 11,77	€ 10,59	€ 1.005,01	22%	€ 1.226,11
Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 6.344,00	22%	€ 7.739,67
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 14.802,66	22%	€ 18.059,24
TOTALE (I₀ – EEM1)						€ 232.613	22%	€ 283.788

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 verso l'esterno 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 – Coibentazione a cappotto dell'involucro edilizio

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE	IVA	TOTALE
				[€/m ² cm]	[€/m ² cm]	(IVA ESCLUSA) [€]	[€]	(IVA INCLUSA) [€]
PR.A17.D01.010	Prezzario Regione Liguria	33055	m2*cm	€ 3,49	€ 3,14	€ 103.825,76	22%	€ 126.667,42
PR.A02.A20.600	Prezzario Regione Liguria	1652,75	kg	€ 0,49	€ 0,44	€ 728,86	22%	€ 889,21
PR.A02.A25.010	Prezzario Regione Liguria	2255	m2	€ 7,03	€ 6,33	€ 14.267,39	22%	€ 17.406,21
25.A05.E10.020	Prezzario Regione Liguria	83	cad	€ 39,97	€ 35,97	€ 2.967,77	22%	€ 3.620,68
95.B10.S20.020	Prezzario Regione Liguria	3305,5	m2	€ 23,79	€ 21,41	€ 70.774,06	22%	€ 86.344,35
25.A54.B40.010	Prezzario Regione Liguria	3305,5	m2	€ 4,80	€ 4,32	€ 14.279,76	22%	€ 17.421,31
20.A54.B10.010	Prezzario Regione Liguria	3305,5	m2	€ 6,95	€ 6,26	€ 20.675,90	22%	€ 25.224,60
Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 6.825,58	22%	€ 8.327,21
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 15.926,36	22%	€ 19.430,17
TOTALE (I₀ – EEM2)						€ 250.271	22%	€ 305.331
Incentivi	[Conto termico]							€ 122.132,47

Durata incentivi	5
Incentivo annuo	€ 24.426,49

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	107	cad	€ 35,42	€ 31,88	€ 3.410,95	22%	€ 4.161,35
RU.M01.E01.020	Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezzario Regione Liguria	36	h	€ 31,88	€ 28,69	€ 1.023,35	22%	€ 1.248,48
	Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 133,03	22%	€ 162,30
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 310,40	22%	€ 378,69
TOTALE (I₀ – EEM3)							€ 4.878	22%	€ 5.951

EEM4: Installazione di impianto di illuminazione a led

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

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

Tabella 9.4 – 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]	[€]	[€]	[€]	
Plafoniera stagna rettangolare, corpo in policarbonato autoestinguento, schermo in policarbonato autoestinguento 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	225	cad	€ 156,66	€ 140,99	€ 31.723,65	22%	€ 38.702,85
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	32	cad	€ 98,61	€ 88,75	€ 2.839,97	22%	€ 3.464,76

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	112	cad	€ 185,06	€ 166,55	€ 18.654,05	22%	€ 22.757,94
Costi per la sicurezza	-	3%	%		€ 1.036,91		22%	€ 1.265,03
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%		€ 2.419,45		22%	€ 2.951,73
TOTALE (I₀ - EEM4)					€ 56.674		22%	€ 69.142
Incentivi				[Conto termico]				€ 27.656,93
Durata incentivi								5
Incentivo annuo								€ 5.531,39

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

PARMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	283.788
Oneri Finanziari % 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		83,5
Tempo di rientro attualizzato	TRA		98,3
Valore attuale netto	VAN		-203.108
Tasso interno di rendimento	TIR		-7,7%
Indice di profitto	IP		-0,72

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

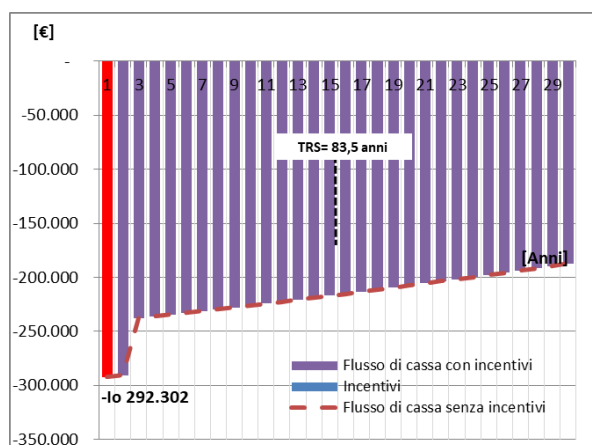
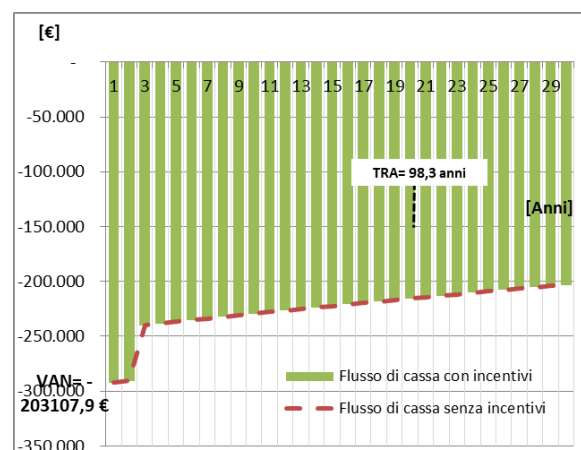


Figura 9.2 – EEM1: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



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 (83,5 anni e 98,3 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	€	305.331
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	24.426
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	80,4	39,4
Tempo di rientro attualizzato	TRA	95,0	44,0
Valore attuale netto	VAN	-215.210	-100.077
Tasso interno di rendimento	TIR	-7,4%	-3,7%
Indice di profitto	IP	-0,70	-0,33

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

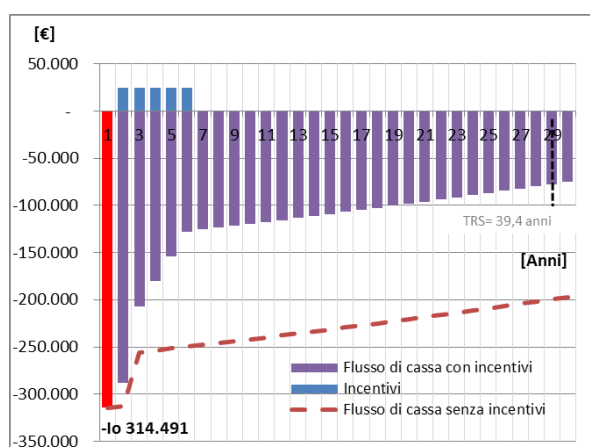
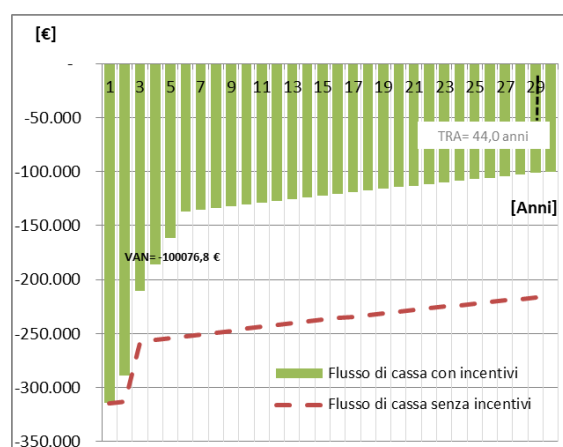


Figura 9.4 – EEM2: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



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 (39,4 anni e 44 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	€	5.951
Oneri Finanziari %I ₀	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	15
Incentivo annuo	B	€/anno	-
Durata incentivo	n_B	anni	5

Tasso di attualizzazione	i	[%]	1,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	
Tempo di rientro semplice	TRS		3,3
Tempo di rientro attualizzato	TRA		3,5
Valore attuale netto	VAN		14.888
Tasso interno di rendimento	TIR		28,5%
Indice di profitto	IP		2,50

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

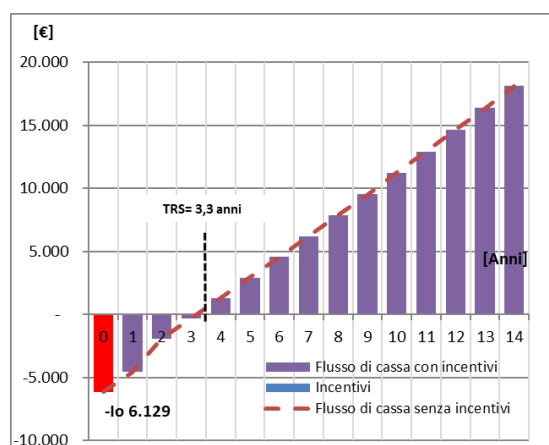
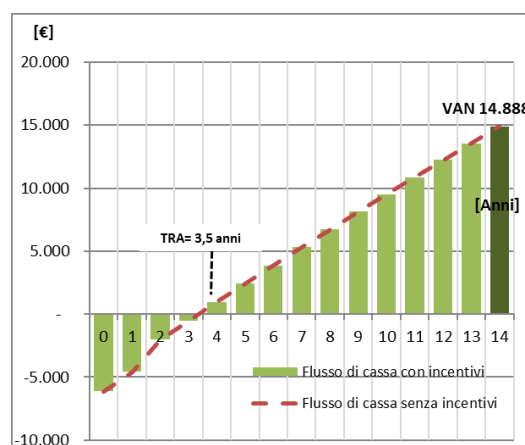


Figura 9.6 – EEM3: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che L'investimento è remunerativo, con un VAN di 14.888 € a fronte di un investimento di circa 5.951 € (IP pari a 2,50). I tempi di ritorno semplice ed attualizzato sono entrambi inferiori ai 5 anni (3,3 e 3,5 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	€	69.142
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	5.531
Durata incentivo	n_B	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	1,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	11,7	6,5
Tempo di rientro attualizzato	TRA	12,6	7,0
Valore attuale netto	VAN	-25.954	118

Tasso interno di rendimento	TIR	-9,8%	2,1%
Indice di profitto	IP	-0,38	0,00

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

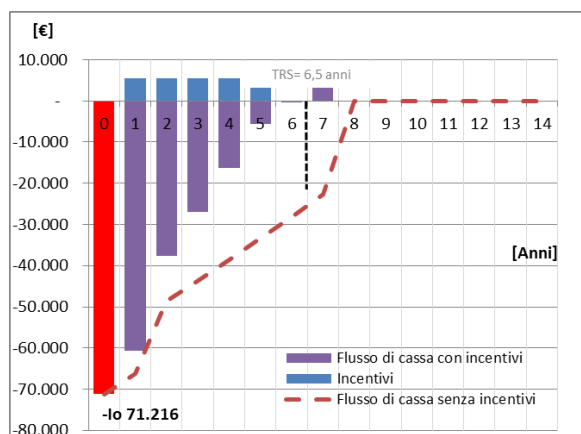
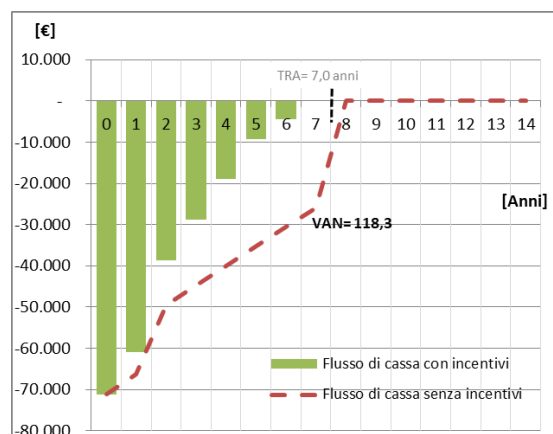


Figura 9.8 – EEM4: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che grazie al contributo degli incentivi (Conto Termico), l'investimento è remunerativo, con un VAN di 118 € a fronte di un investimento di circa 69.142€ (IP pari a 0). I tempi di ritorno semplice ed attualizzato sono entrambi inferiori a 8 anni (6,5 e 7 anni rispettivamente nel caso di incentivo), decisamente compatibili con la vita utile tecnologica dei componenti installati, generalmente superiore a 8 anni.

Sintesi

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

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

SENZA INCENTIVI												
	% Δ_E	% Δ_{CO_2}	Δ_{CE}	$\Delta_{C_{MO}}$	$\Delta_{C_{MS}}$	I_0	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]
EEM1	9,2%	10,1%	1.187,80 €	653,80 €	138,50 €	283.788,00 €	83,5	98,3	30	-203.108,00 €	-7,7%	-0,72
EEM2	10%	10,9%	1.288,90€	865,60 €	128,30 €	305.331,00 €	80,4	95	30	-215.210,00 €	-7,4%	-0,70
EEM3	6,3%	6,9%	817,90€	949,80 €	132,40 €	5.951,00€	3,3	3,5	15	14.888,00 €	28,5%	2,50
EEM4	13,5%	12,4%	4991,30 €	766,00 €	254,50 €	69.142,00 €	11,7	12,6	8	-25.954,00 €	-9,8%	-0,38

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

- % Δ_E è il valore percentuale di riduzione dei consumi energetici rispetto al baseline energetico complessivo (termico + elettrico);
- % Δ_{CO_2} è il valore percentuale di riduzione delle emissioni di CO2 rispetto al baseline dell'emissioni complessivo (termico + elettrico);
- Δ_{CE} è il risparmio economico annuo attribuibile alla riduzione dei consumi energetici (termico + elettrico); assume valori positivi;

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

Dall'analisi dei risultati emerge che in assenza di incentivi 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												
	$\% \Delta_E$	$\% \Delta_{CO2}$	ΔC_E	ΔC_{MO}	ΔC_{MS}	I_0	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]
EEM1	9,2%	10,1%	1.187,80 €	653,80 €	138,50 €	283.788,00 €	83,5	98,3	30	-203.108,00 €	-7,7%	-0,72
EEM2	10%	10,9%	1.288,90€	865,60 €	128,30 €	305.331,00 €	39,4	44	30	-100.077,00 €	-3,7%	-0,33
EEM3	6,3%	6,9%	817,90€	949,80 €	132,40 €	5.951,00€	3,3	3,5	15	14.888,00 €	28,5%	2,50
EEM4	13,5%	12,4%	4991,30 €	766,00 €	254,50 €	69.142,00 €	6,5	7	8	118,00 €	-2,1%	0,0

Dall'analisi dei risultati emerge che per l'EEM 2 l'incentivo non è sufficiente a rendere l'intervento conveniente, mentre la EEM 4 risulta relativamente conveniente.

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) abbinate all'istituto del Finanziamento Tramite Terzi (FTT). In tale ambito trova espressione l'applicazione del Partenariato Pubblico Privato (PPP).

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

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

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

- **Scenario 1: LED:** Tale scenario consiste nella realizzazione di alcune delle EEM precedentemente descritte. In particolare si prevede la sostituzione dei corpi illuminanti presenti con altri a tecnologia LED (EEM4).
- **Scenario 2: Valvole + Led:** Tale scenario consiste nella realizzazione degli interventi previsti nello scenario precedente uniti alla realizzazione'installazione di valvole termostatiche sui terminali..

9.3.1 Scenario 1: LED

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

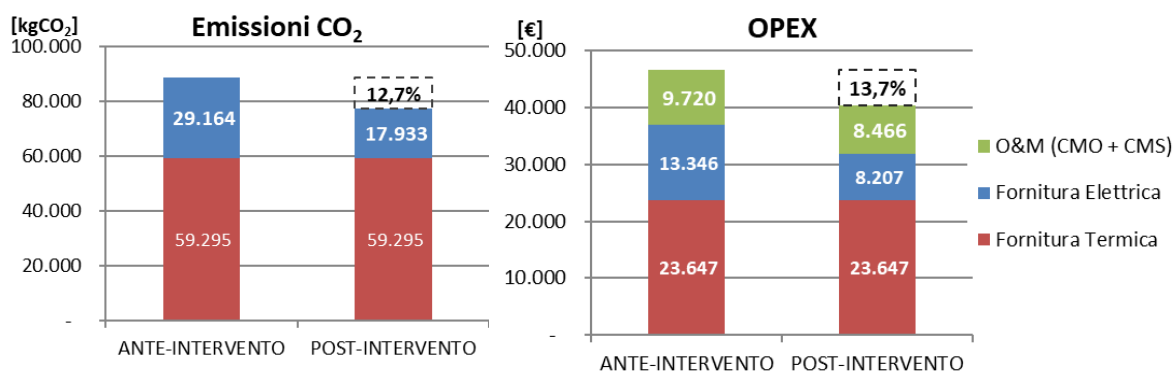
Tabella 9.11 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 1

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA Al 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM4 LED Fornitura & Posa	€ 56.674	€ 12.468	€ 69.142
Costi per la sicurezza	3% imponibile		
Costi per la progettazione	7% imponibile		
TOTALE (I₀)	€ 56.674	€ 12.468	€ 69.142
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO} (IVA INCLUSA)	C _{MS} (IVA INCLUSA)	C _M (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
SCN 1 O&M	€ 6.511	1.934	€ 8.445
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	
		[€]	
Incentivi	[Conto termico]	€ 21.511	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		€ 4.302	

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

EE _{teorico}	[kWh]	61.832	38.021	38,5%
Q _{baseline}	[kWh]	293.540	293.540	0,0%
EE _{Baseline}	[kWh]	62.449	38.400	38,5%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	59.295	59.295	0,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	29.164	17.933	38,5%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	88.459	77.228	12,7%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	23.647	23.647	0,0%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	13.346	8.207	38,5%
Fornitura Energia, C_E	[€]	36.993	31.853	13,9%
C _{MO}	[€]	7.679	6.527	15,0%
C _{MS}	[€]	2.041	1.939	5,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	9.720	8.466	12,9%
OPEX	[€]	46.713	40.319	13,7%
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 _o	2020
Anni dell'ammortamento	n _A	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	k _{CdP}	2,00%
Costo Capitale Azienda	WACC	4,00%
k _{progetto} = 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	€ 53.777
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 1.613
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti), IVA incl.	CAPEX	€ 55.390
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€ 44.312
Equity	I_E	€ 11.078
Fattore di annualità Debito	FA _D	11,41
Rata annua debito	q _D	€ 3.885
Costo finanziamento(D+INT _D)	q _D *n _D	€ 58.272
Costi per interessi debito, INT _D	INT _D =q _D *n _D -D	€ 13.960

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

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C _{E0}	€ 30.324
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C _{M0}	€ 7.976
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	C _{Baseline}	€ 38.300
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C _{Altro}	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	%ΔC _E	13,9%
Riduzione% costi O&M	%ΔC _M	12,9%
Obiettivo riduzione spesa PA	%C _{Baseline}	0,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€ 2.494
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€ -
Risparmio PA durante la concessione	14%	€ 57.698
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€ 6.275
N° di Canoni annuali	anni	14
Utile lordo della ESCO	%CAPEX	-5,84%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C _{ESCO}	-€ 231
Costi FTT €/anno IVA escl.	C _{FTT}	€ 997
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C _{CAPEX}	€ 1.727
Canone O&M €/anno	C _{nM}	€ 7.213
Canone Energia €/anno	C _{nE}	€ 28.593
Canone Servizi €/anno IVA escl.	C _{nS}	€ 35.806
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	C _{nD}	€ 2.494
Canone Totale €/anno IVA escl.	C _n	€ 38.300
Aliquota IVA %	IVA	22%
Rimborso erariale IVA	R _{IVA}	€ 9.698
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R _B	€ 21.511
Durata Incentivi, anni	n _B	5
Inizio erogazione Incentivi, anno		2022

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

INDICATORI DI REDDITIVITA' DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	7,07
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	11,34
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€ 1.217
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC	4,60%
Indice di Profitto	IP	2,26%
INDICATORI DI REDDITIVITA' DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		Non Conviene
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	2,07
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	2,30
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€ 6.349
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke	-0,46%
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3	1,244
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1	0,412
Indice di Profitto Azionista	IP	11,81%

Figura 9.12 –SCN1: Flussi di cassa del progetto

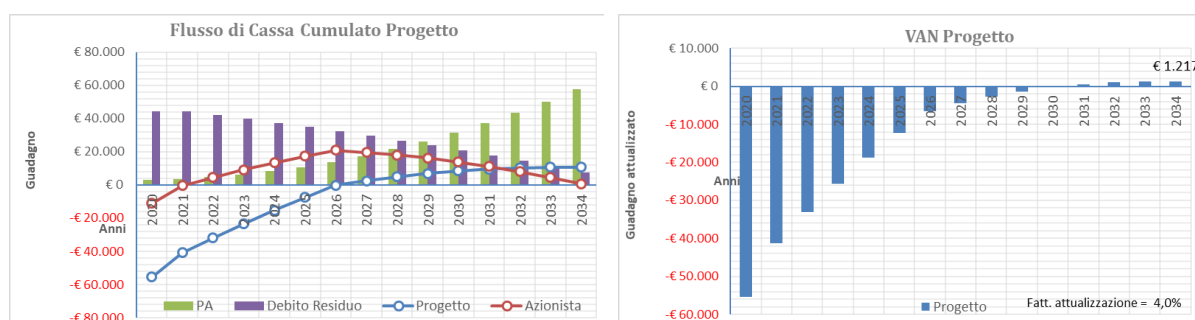
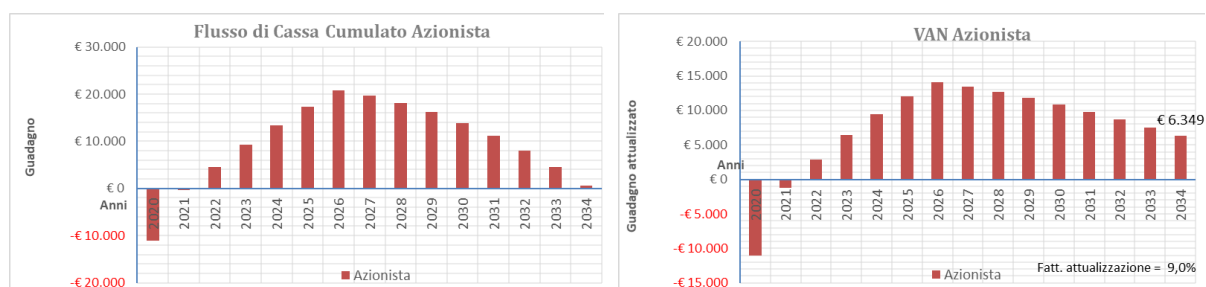


Figura 9.13 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



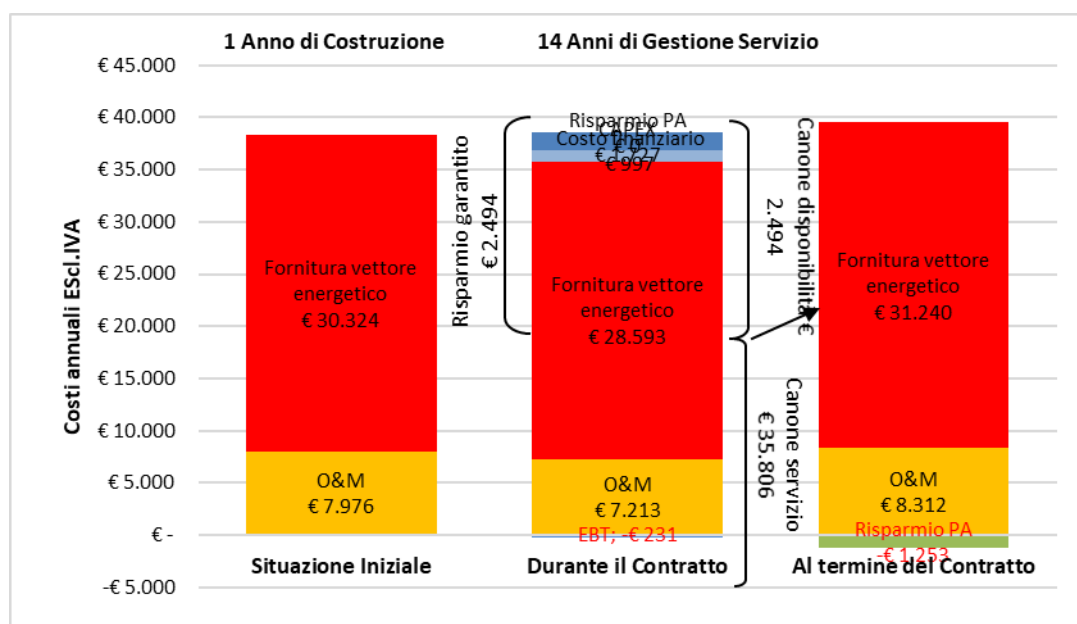
Dall'analisi effettuata è emerso che l'investimento risulta poco remunerativo.

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:

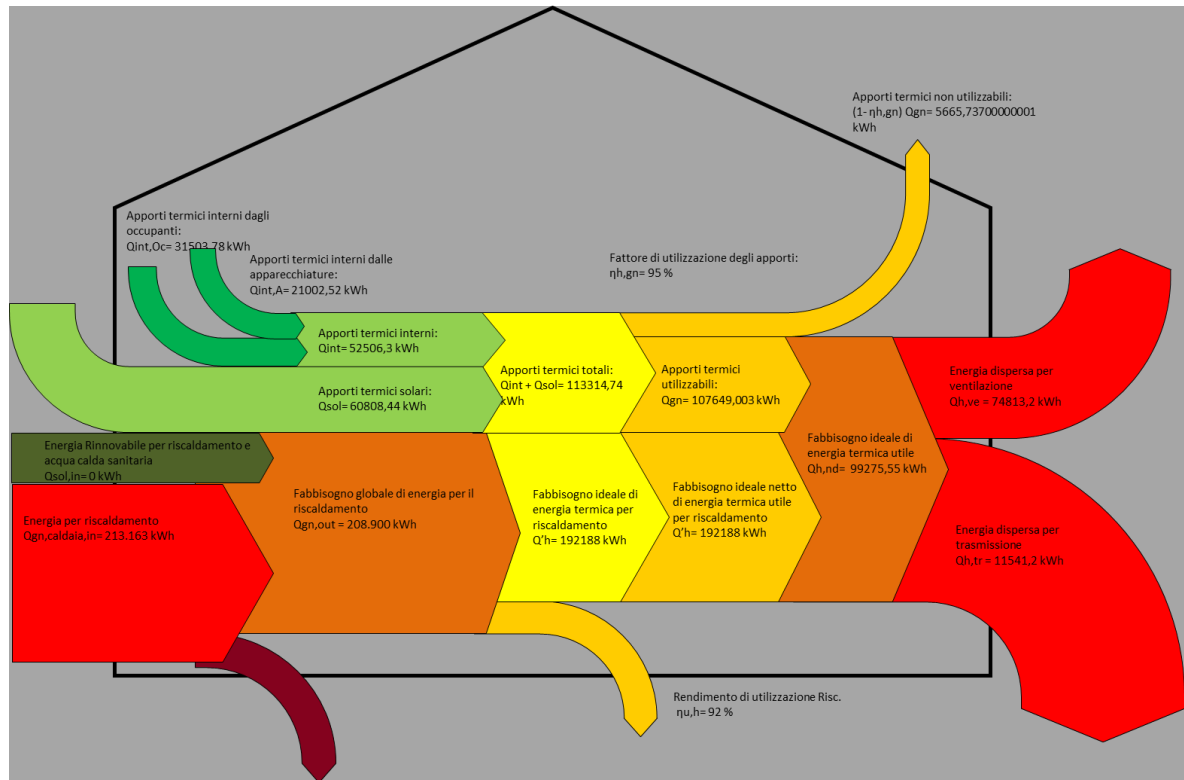
La realizzazione dello scenario 2 consiste nella combinazione delle EEM di seguito elencate:

Tabella 9.16 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 2

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE	IVA AL 22%	TOTALE
	(IVA ESCLUSA)		(IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM3 VALVOLE Fornitura & Posa	€ 4.878	€ 1.073	€ 5.951
EEM4 LED Fornitura & Posa	€ 56.674	€ 12.468	€ 69.142
Costi per la sicurezza	3% imponibile		
Costi per la progettazione	7% imponibile		
TOTALE (I₀)	€ 61.551	€ 13.541	€ 75.093
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO}	C _{MS}	C _M
	(IVA INCLUSA)	(IVA INCLUSA)	(IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
SCN 2 O&M	€ 6.281	€ 1.934	€ 8.216
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE	
		(IVA INCLUSA)	
		[€]	
Incentivi	[Conto termico]	€ 27.657	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		€ 5.531	

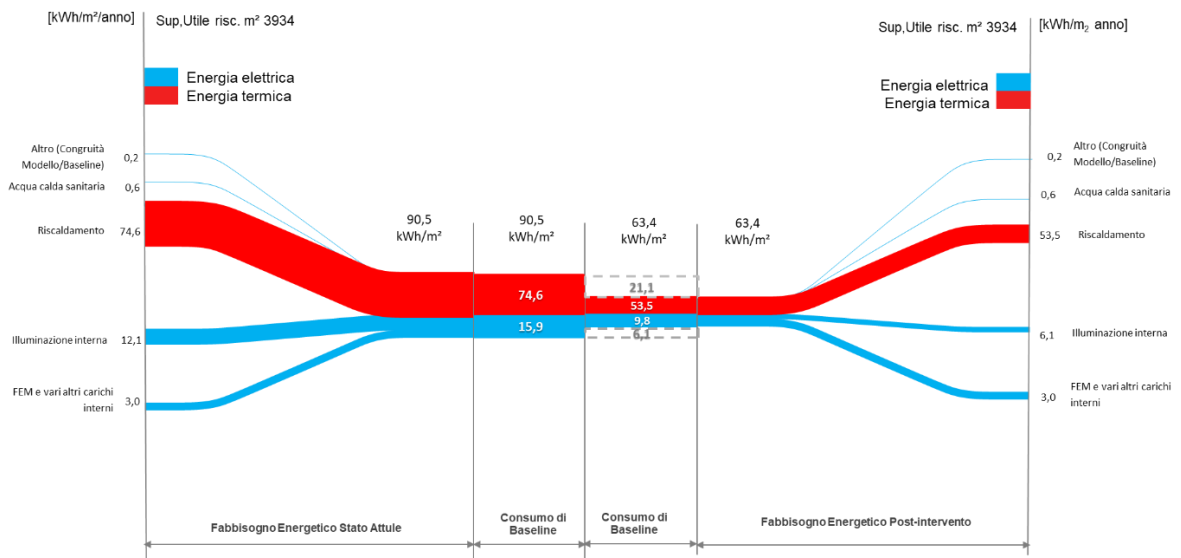
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di Sankey relativo alle situazioni post-intervento.

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 leggermente diminuito rispetto alla situazione iniziale.

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

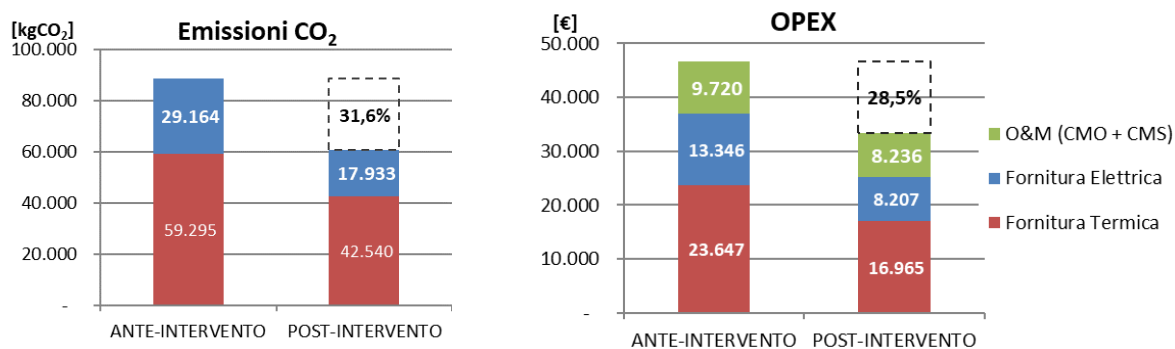


I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione dello Scenario 2 sono riportati nella Tabella 9.17e nella 16

Tabella 9.17 – Risultati analisi SCN 2

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM3 - Rendimento di regolazione	%	89	99	-11,2%

EEM4 [Param. caratt. - P installata]	[W]	31000	15500	50,0%
Q _{teorico}	[kWh]	297.123	213.163	28,3%
EE _{teorico}	[kWh]	61.832	38.021	38,5%
Q _{baseline}	[kWh]	293.540	210.592	28,3%
EE _{Baseline}	[kWh]	62.449	38.400	38,5%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	59.295	42.540	28,3%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	29.164	17.933	38,5%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	88.459	60.473	31,6%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	23.647	16.965	28,3%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	13.346	8.207	38,5%
Fornitura Energia, C_E	[€]	36.993	25.171	32,0%
C _{MO}	[€]	7.679	6.296	18,0%
C _{MS}	[€]	2.041	1.939	5,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	9.720	8.236	15,3%
OPEX	[€]	46.713	33.407	28,5%
Classe energetica	[-]	F	D	+2 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_D	€ 75.093
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 2.253
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 77.346
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€ 61.876
Equity	I_E	€ 15.469
Fattore di annualità Debito	FA_D	4,55
Rata annua debito	q_D	€ 13.614
Costo finanziamento($D+INT_D$)	$q_D * n_D$	€ 68.068
Costi per interessi debito, INT_D	$INT_D = q_D * n_D - D$	€ 6.191

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

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€ 30.324
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€ 7.976
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€ 38.300
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	%ΔC_E	32,0%
Riduzione% costi O&M	%ΔC_M	13,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	%$C_{Baseline}$	0,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€ 6.881
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€ -
Risparmio PA durante la concessione	14%	€ 168.476
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€ 14.485
N° di Canoni annuali	anni	24
Utile lordo della ESCO	%CAPEX	141,59%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	€ 4.563
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€ 812
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€ 1.506
Canone O&M €/anno	C_{nM}	€ 7.390
Canone Energia €/anno	C_{nE}	€ 24.028
Canone Servizi €/anno IVA escl.	C_{nS}	€ 31.418
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	C_{nD}	€ 6.881
Canone Totale €/anno IVA escl.	C_n	€ 38.300

Aliquota IVA %	IVA	22%
Rimborso erariale IVA	RIVA	€ 13.541
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€ 27.657
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 REDDITIVITÀ DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	5,48
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	6,08
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€ 73.383
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC	17,08%
Indice di Profitto	IP	97,72%
INDICATORI DI REDDITIVITÀ DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	4,79
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	6,11
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€ 42.570
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > k_e	37,01%
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3	1,108
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1	3,638
Indice di Profitto Azionista	IP	56,69%

Figura 9.18 –SCN1: Flussi di cassa del progetto

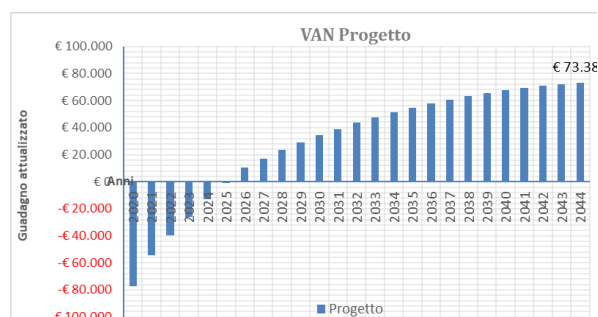
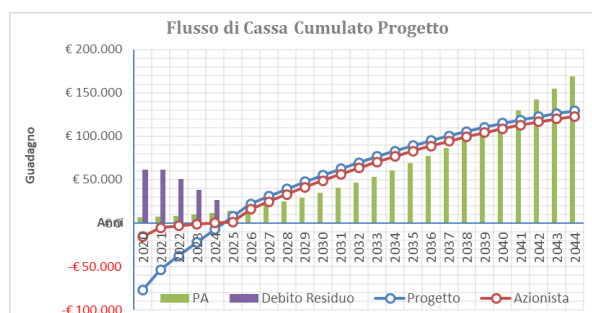
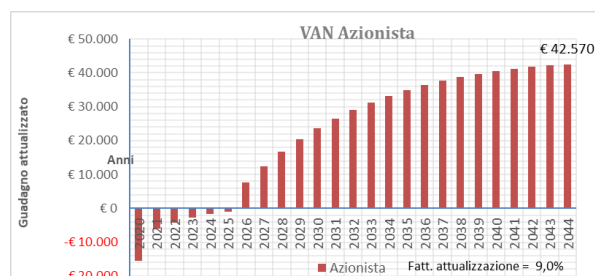


Figura 9.19 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista

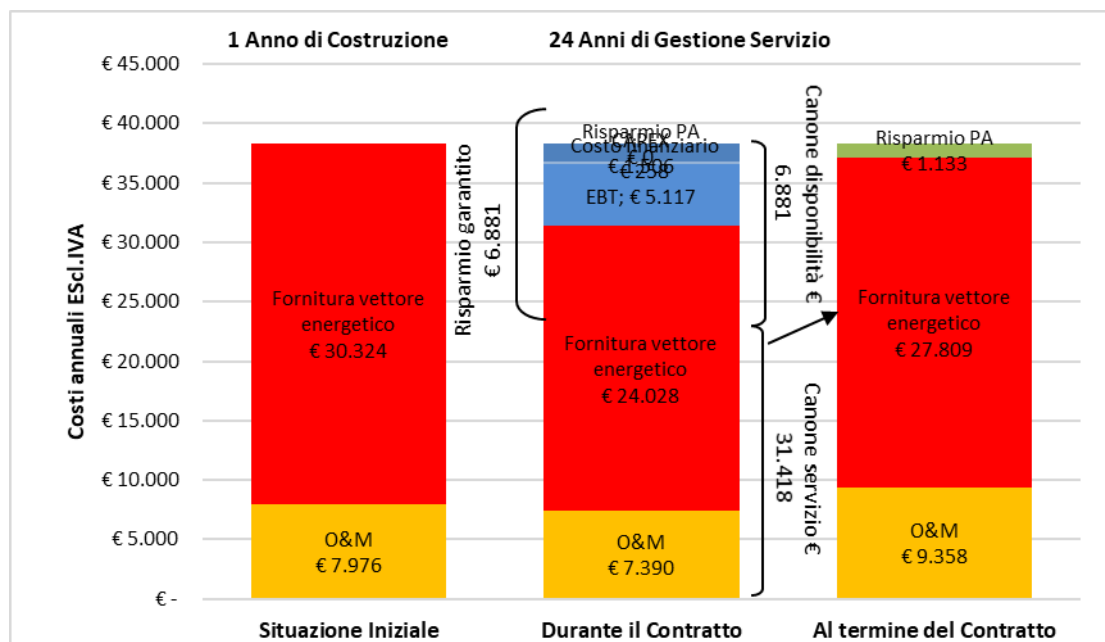


Dall'analisi effettuata è emerso che l'investimento risulta remunerativo.

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 - E301.pdf

ALLEGATO B – ELABORATI

Titolo	Data	Nome file
Elenco elaborati prodotti e consegnati alla PA	19/03/2018	ALLEGATO B_DE_Lotto.4 - E301.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 - E301.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 - E301.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 - E301.pdf

ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

Titolo	Data	Nome file
Certificato software Termo	19/03/2018	ALLEGATO F_DE_Lotto.4 - E301.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 - E301.pdf

ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

Titolo	Data	Nome file
Bozza di APE scenario 1	19/03/2018	ALLEGATO H_DE_Lotto.4 - E301_SCN1
Bozza di APE scenario 2	19/03/2018	ALLEGATO H_DE_Lotto.4 - E301_SCN2

ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

Titolo	Data	Nome file
File di calcolo dei dati climatici utilizzati nella diagnosi	19/03/2018	GG_Lotto.4-E301.Rev01.xlsx

ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

Titolo	Data	Nome file
Schede di audit in formato excel	19/03/2018	E301_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 - E301.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 - E301.pdf

ALLEGATO N – CD-ROM