

SCUOLA ELEMENTARE “PALLI” E SCUOLA MEDIA “QUARTO (EX STROZZI – SUCC.)

E.48

VIA C. AUGUSTO VECCHI N. 11

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA
FONDO KYOTO - SCUOLA 3



Luglio/2018

COMUNE DI GENOVA
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER



COMUNE DI GENOVA



ENVIRONMENT
PARK Parco Scientifico
Tecnologico per l'Ambiente

SCUOLA ELEMENTARE “PALLI” E SCUOLA MEDIA “QUARTO (EX STROZZI – SUCC.)

E.48

VIA C AUGUSTO VECCHI N. 11

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA

FONDO KYOTO - SCUOLA 3

Luglio/2018

COMUNE DI GENOVA

STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER

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

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

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

Environment Park.S.p.A

via Livorno n.60 – 10144 Torino - Italia

Tel: 011 2257536 – stefano.dotta@envipark.com

REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI

Revisione	Data	Realizzazione	Revisione	Approvazione	Descrizione
A	15/05/2018	Sergio Ravera	Sergio Ravera	Stefano Dotta	Prima Pubblicazione
		Stefano Dotta	Daniela Di Fazio		
		Mauro Cornaglia			
		Angela Baccaro			
		Vincenzo Cuzzola			
B	25/07/2018	Sergio Ravera	Sergio Ravera	Stefano Dotta	Seconda Pubblicazione
		Stefano Dotta	Daniela Di Fazio		
		Mauro Cornaglia			
		Angela Baccaro			
		Vincenzo Cuzzola			

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
INTRODUZIONE.....	1
1.1 PREMESSA	1
1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA	1
1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO.....	2
1.4 IDENTIFICAZIONE DELL’EDIFICIO.....	2
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO	3
1.6 STRUTTURA DEL REPORT	6
2 DATI DELL’EDIFICIO.....	7
2.1 INFORMAZIONI SUL SITO	7
2.2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE, SOCIO-ECONOMICO E DESTINAZIONE D’USO	7
2.3 VERIFICA DEI VINCOLI INTERFERENTI SULLE PARTI DELL’IMMOBILE INTERESSATE DAGLI ’INTERVENTI.....	9
2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO.....	10
3 DATI CLIMATICI	12
3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO.....	12
3.2 DATI CLIMATICI REALI.....	13
3.3 ANALISI DELL’ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO	13
4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI	16
4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL’INVOLUCRO EDILIZIO	16
<i>Involucro opaco</i>	16
<i>Involucro trasparente</i>	18
4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/ CLIMATIZZAZIONE INVERNALE.....	19
<i>Sottosistema di emissione</i>	19
<i>Sottosistema di regolazione</i>	20
<i>Sottosistema di distribuzione</i>	21
<i>Sottosistema di generazione</i>	23
4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA	24
4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE	25
4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE	26
4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DI IMPIANTI DI PRODUZIONE ENERGIA ELETTRICA O COGENERAZIONE	27
5 CONSUMI RILEVATI	29
5.1 CONSUMI ENERGETICI STORICI PER CIASCUN VETTORE E CONNESSIONE ALLE RETI GAS NATURALE ED ELETTRICA.....	29
5.1.1 <i>Energia termica</i>	29
5.1.2 <i>Energia elettrica</i>	32
5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI	35
6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO.....	39
6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO	39
<i>Validazione del modello termico</i>	40
<i>Validazione del modello elettrico</i>	41
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI.....	42
6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI.....	43
7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO	45
7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI	45
<i>Vettore termico</i>	45
<i>Vettore elettrico</i>	49
7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL’ANALISI.....	52
7.2 COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI.....	52



7.3	BASLINE DEI COSTI.....	53
8	IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA	55
8.1	DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI	55
8.1.1	<i>Involucro edilizio.....</i>	55
8.1.2	<i>Impianto riscaldamento.....</i>	59
8.1.3	<i>Impianto produzione acqua calda sanitaria</i>	63
8.1.4	<i>Impianto di illuminazione ed impianto elettrico</i>	63
9	VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA.....	65
9.1	ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI	65
9.2	ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI	70
9.3	IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D’INTERVENTO E SCENARI D’INVESTIMENTO	78
9.3.1	<i>Scenario 1: Scenario ottimale TRS≤15 anni</i>	80
9.3.2	<i>Scenario 2: Scenario ottimale TRS≤25 anni</i>	86
10	CONCLUSIONI	92
10.1	RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA	92
10.2	RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI	92
10.3	CONCLUSIONI E COMMENTI.....	94
ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA.....		A
ALLEGATO B – ELABORATI		A
ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA		1
ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI		1
ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI		1
ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE		1
ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA		1
ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI.....		1
ALLEGATO I – DATI CLIMATICI.....		1
ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT.....		1
ALLEGATO K – SCHEDE ORE.....		1
ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI		1
ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK.....		1
ALLEGATO N – CD-ROM		1

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		1965
Anno di ristrutturazione		nn
Zona climatica		D
Destinazione d'uso	E.7 (Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili)	
Superficie utile riscaldata	[m ²]	4.569,85
Superficie disperdente (S)	[m ²]	7.481,18
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	19.709,29
Rapporto S/V	[1/m]	0,38
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	4.900,98
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	4.299,55
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	9.200,53
Tipologia generatore riscaldamento		Generatore tradizionale
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	898
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	[-]
Tipo di combustibile		Gas naturale
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler elettrici
Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	158
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{th} /anno]	352.758
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	26.980
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	69.502
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	14.432

Nota (1): Valori di Baseline

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

- EEM 1: Coibentazione della copertura della scuola con polistirene XPS, getto di completamento e finitura impermeabilizzante (sp=16+4cm)
- EEM 2: Coibentazione della copertura della palestra con poliuretano tra lamiere sigillate (sp=10cm)
- EEM 3: Sostituzione infissi con altri aventi U=1,66W/m2k
- EEM 4: Installazione sistemi di termoregolazione
- EEM 5: Installazione di sistemi di illuminazione a LED
- EEM 6: Installazione di un nuovo generatore di calore

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	VAN	TIR	IP	DSCR	LLCR	
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]			
EEM 1	8,9	9,4	3.698	0	0	-89.018	12,6	19,8	14.799>0	6	0,17	[n/a]	[n/a]	
EEM 2	1,4	1,6	613	0	0	-29.947	23,5	36,1	-5.243<0	1,4	-0,18	[n/a]	[n/a]	
EEM 3	23,6	24,9	9.782	0	0	-	574.457	46,3	69,8	337.370<0	-3,2	-0,59	[n/a]	[n/a]
EEM 4	2,1	2,2	869	0	0	-18.637	20,2	25,5	-7.909<0	-4,3	-0,42	[n/a]	[n/a]	



EEM 5	14,6	13,1	6.028	0	0	-	11,7	13,1	-77097<0	-	-0,40	[n/a]	[n/a]
EEM 6	2,9	3,1	1.249	11.422	3.036	-76.684	3,5	3,8	102.436>0	23.6	1.34	[n/a]	[n/a]
SCN 1	11.3	11.9	3.650*	8.909*	2.368*	-	2,6	2,95	35.158	43,5	19	1,26	1,1
SCN 2	28.6	27.7	9.227*	8.909*	2.368*	-	8,88	16,13	18.845	13,8	4,65	1	1,3

*secondo il documento di F.A.Q. quesito 35 nelle analisi economiche e finanziarie degli scenari i risparmi economici sono considerati al netto dell'IVA

Figura 0.1 – Scenario 1: analisi finanziaria

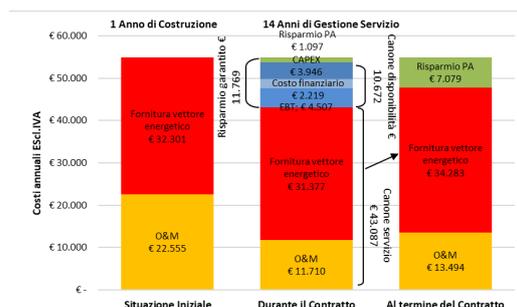
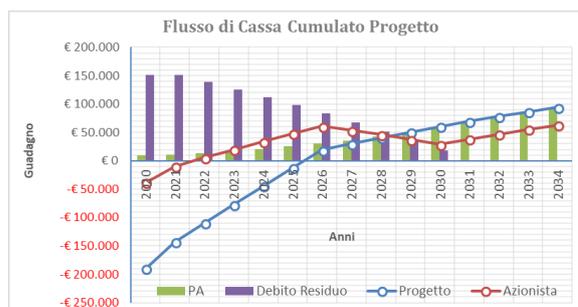
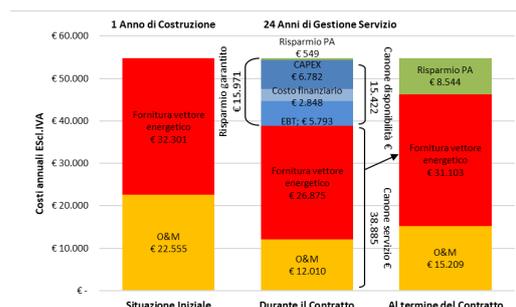
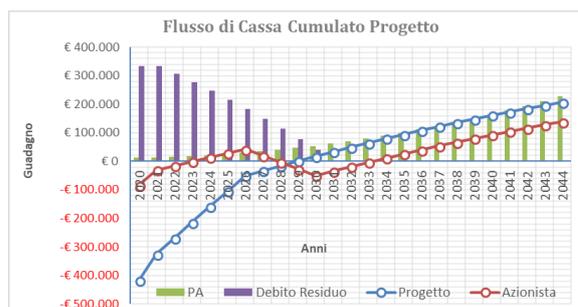


Figura 0.2 – Scenario 2: analisi finanziaria



INTRODUZIONE

1.1 PREMESSA

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

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

Figura 0.1 - Vista della facciata esposta a Sud



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

1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA

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

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

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

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

1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO

La presente DE è stata eseguita dalla Environment Park S.p.A, il cui responsabile per il processo di audit è l'Arch. Stefano Dotta, soggetto certificato Esperto in Gestione dell'Energia (EGE) ai sensi della norma UNI CEI 11339.

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

Tabella 0.1 – Soggetti coinvolti nella realizzazione del processo di Audit

NOME E COGNOME	RUOLO	ATTIVITÀ SVOLTA
Sergio Ravera		Sopralluogo in sito
Mauro Cornaglia, Vincenzo Cuzzola		Elaborazione dei dati relativi ai consumi energetici
Sergio Ravera		Elaborazione dei dati geometrici ed alla creazione del modello energetico
Sergio Ravera	Responsabile involucro	Revisione report di diagnosi energetica
Daniela Di Fazio	Responsabile impianti	Revisione report di diagnosi energetica
Stefano Dotta	EGE	Approvazione report di diagnosi energetica

1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO

L'immobile oggetto della DE, catastalmente individuato al NCEU a seguito dei controlli effettuati dalla società di Audit è risultato avere le seguenti coordinate catastali: Sezione 7 (Sul file Kyoto è indicato "F"). 6 Mapp. 456 Sub. 0 è sito nel Comune di Genova e più precisamente nel quartiere Quarto dei mille.

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

Figura 0.2 – Ubicazione dell'edificio



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

Tabella 0.2 - Tabella riepilogativa dei dati dell'edificio

PARAMENTO	U.M.	VALORE
Anno di costruzione edificio		1965
Anno di ristrutturazione		Nn
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E.7 (Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili)
Superficie utile riscaldata	[m ²]	4.569,85
Superficie disperdente (S)	[m ²]	7.481,18
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	19.709,29
Rapporto S/V	[1/m]	0,38
Superficie netta aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	4.631,81
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	4.900,98
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	4.299,55

Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	9.200,53
Tipologia generatore riscaldamento		Generatore tradizionale
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	898
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	[-]
Tipo di combustibile		Gas naturale
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler elettrici
Emissioni CO ₂ di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	158
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{th} /anno]	352758
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	26.980
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	69.502
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	14.432

Nota (1): Valori di Baseline

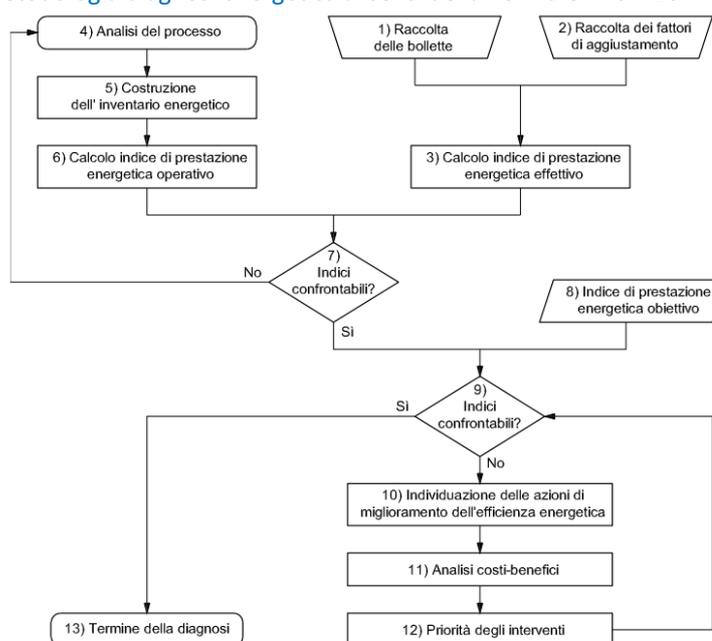
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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 22/11/2017 con verifica degli elaborati forniti e rilievo dei dati relativi alle caratteristiche degli elementi disperdenti ed impiantistici costituenti il sistema edificio-impianto;
- d) Visita alla centrale termica e/o frigorifera, con il supporto del personale incaricato della conduzione e manutenzione degli impianti e rilevamento dei dati utili;
- e) Preparazione e compilazione delle schede di Audit previste per la diagnosi di livello II di cui all'appendice A delle LGEE - Linee Guida per l'Efficienza Energetica negli Edifici - sett. 2013 - elaborato da AiCARR per Agesi, Assistal, Assopetroli e Assoenergia, e riportate all'Allegato J – Schede di audit;
- f) Elaborazione del comportamento termico ed elettrico dell'edificio, realizzata utilizzando il software commerciale EDILCLIMA Versione EC700 in possesso di certificato di conformità rilasciato dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI) Certificato CTI N.73 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 villa Cambiaso dell'Università di Genova e riportati all'Allegato I – Dati climatici;
- i) Individuazione della “baseline termica” di riferimento (e relative emissioni di CO₂) tramite opportuna ripartizione del consumo di combustibile tra le varie utenze a servizio dell'edificio e destagionalizzazione dello stesso, utilizzando i relativi GG reali (GG_{real}), e conseguente normalizzazione secondo i GG di riferimento (GG_{rif});
- j) Individuazione della “baseline elettrica” di riferimento (e relative emissioni di CO₂) calcolata sulla media aritmetica dei valori relativi ai consumi elettrici reali per tre le annualità 2014, 2015, 2016;
- k) Validazione del modello elaborato mediante il confronto con le baseline energetiche, al fine di ottenere uno scostamento inferiore al 5%;
- l) Analisi delle possibili EEM necessarie per la riqualificazione energetica del sistema edificio-impianto analizzando gli aspetti tecnici, energetici, ed ambientali.

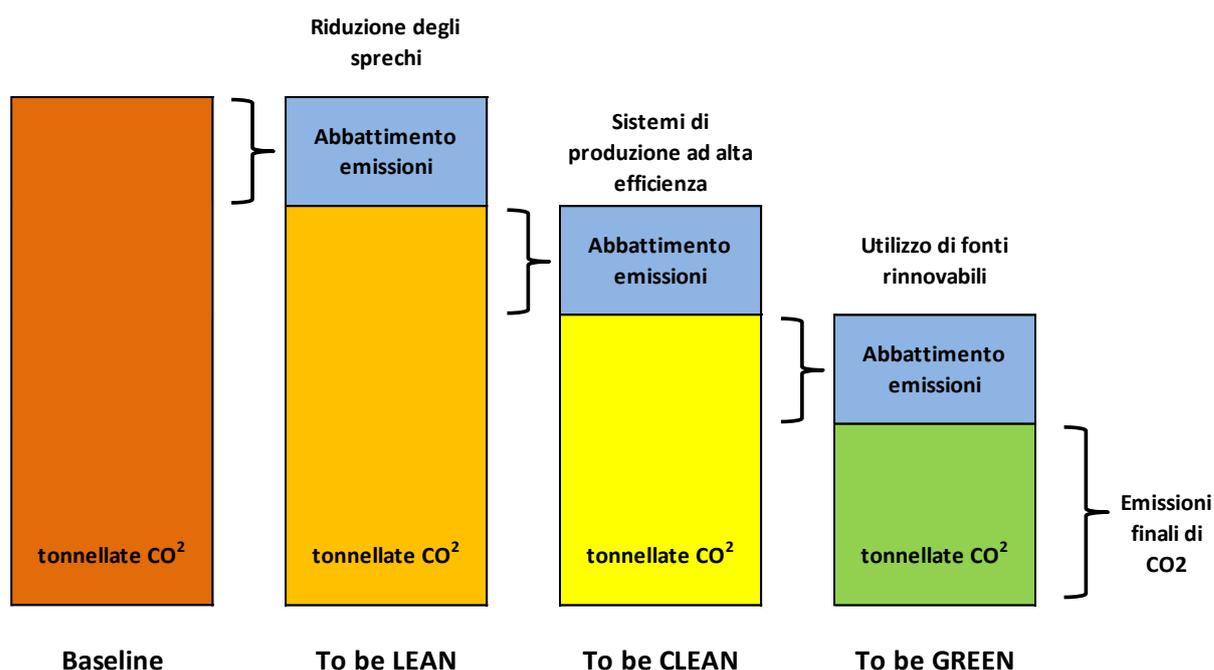
- m) Simulazione del comportamento energetico dell’edificio a seguito dell’attuazione delle varie EEM proposte singolarmente, ed individuazione della nuova classe energetica raggiungibile;
- n) Definizione di due scenari ottimali a partire dalla combinazione delle singole EEM proposte al fine di conseguire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

Figura 0.3 – Schema metodologia diagnosi energetica ai sensi della norma UNI CEI 16247



Per la definizione di soluzioni integrate, la priorità con cui sono state analizzate la combinazione di possibili EEM è quella definita dal modello di gerarchia energetica riportato in Figura 0.4

Figura 0.4 - Principio della Gerarchia Energetica, (fonte: London Plan 2011)



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

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

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

Per tanto, nel caso di soluzioni integrate, dapprima si è valutata la fattibilità di ridurre gli sprechi mediante misure sull'involucro e sulla domanda d'utenza (anche relativamente ai sistemi di emissione, regolazione, distribuzione, accumulo), partendo dalla 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, ecc) individuando i principali indicatori economici d'investimento di seguito elencati:

- TRS (Tempo di rientro semplice);
- TRA (Tempo di rientro attualizzato);

- VAN (Valore attuale netto);
- TIR (Tasso interno di rendimento);
- IP (indice di profitto).

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

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

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

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

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

1.6 STRUTTURA DEL REPORT

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

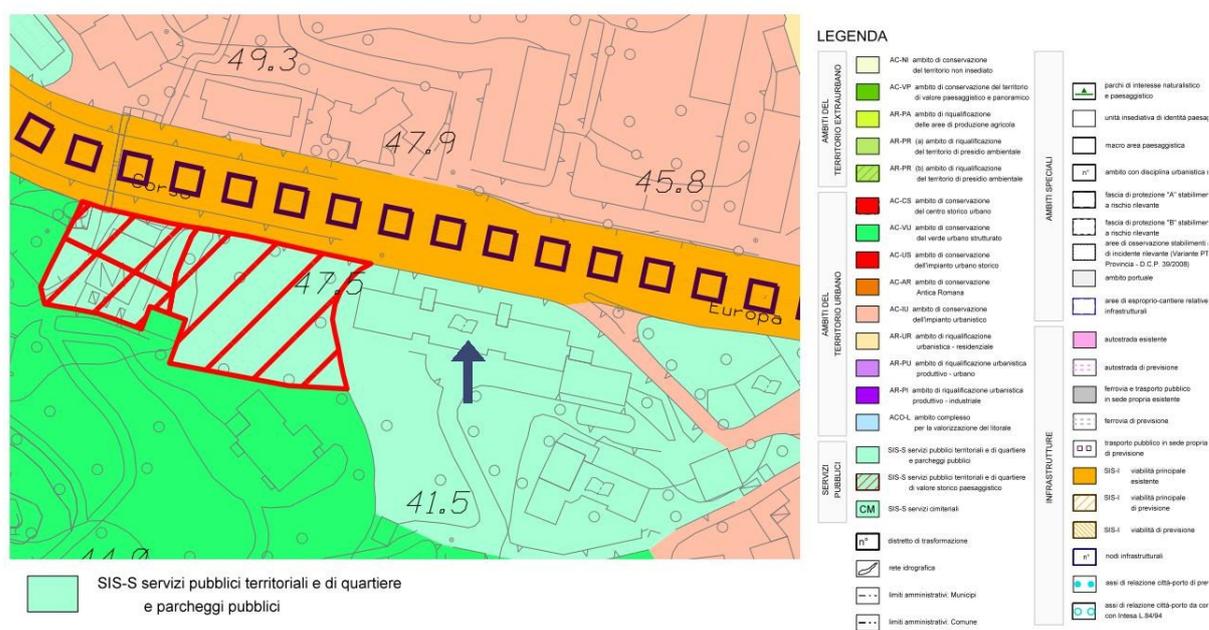
- Una prima parte nella quale sono descritti lo scopo ed i confini della DE e le metodologie di analisi adottate;
- Una seconda parte in cui sono riportate le informazioni dell'edificio rilevate in sede di sopralluogo e le valutazioni effettuate al fine di identificare le caratteristiche tecniche dei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

2 DATI DELL'EDIFICIO

2.1 INFORMAZIONI SUL SITO

Lo strumento urbanistico vigente, il P.U.C approvato con DD n° 2015/118.0.0./18 con entrata in vigore il 3/12/2015, classifica l'edificio oggetto della DE in zona SIS-S ambito che disciplina destinazioni d'uso quali: servizi pubblici e parcheggi pubblici. Tra le attività complementari disciplina anche le zone di connettività urbana funzionali per la riqualificazione e conservazione e parcheggi privati pertinenziali o liberi da asseveramento.

Figura 2.1 - Particolare estratto dal Piano Urbanistico Comunale



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

L'edificio è stato costruito nel 1965 ed è utilizzato per le attività didattiche della Scuola Elementare “Palli” e Scuola Media “Strozzi; ai sensi del DPR 412/93, ricade nella destinazione d'uso E.7 - Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli ed 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'edificio rappresenta un esempio di edilizia scolastica degli anni sessanta con caratteristiche architettoniche ispirate agli edifici industriali della prima metà del Novecento. Si ritiene che 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 dell'utenza alle tematiche di interesse ambientale ed energetico.

È rilevante sottolineare come la corretta gestione e manutenzione del sistema edificio – impianto, comporterebbe il miglioramento delle condizioni di benessere dei utilizzatori nonché alla corretta manutenzione dell'edificio, al fine di preservarlo al meglio in quanto bene di interesse collettivo.

L’edificio ospitante il complesso scolastico oggetto della DE è costituito complessivamente da quattro piani fuori terra completamente riscaldati ed utilizzati in tutti gli spazi disponibili.

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 Maps)



Tabella 2.1 - Suddivisione in piani dell’edificio

PIANO	UTILIZZO	U.M.	SUPERFICIE LORDA COMPLESSIVA ⁽²⁾	SUPERFICIE UTILE RISCALDATA ⁽³⁾	SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA ⁽³⁾
Terra	Bagni 1	[m ²]	38,16	33,58	
	Bagni 2	[m ²]	46,97	41,13	
	Bagni 3	[m ²]	76,54	68,33	
	Spogliatoio + wc palestra	[m ²]	66,08	56,50	
	Cucina/Refettorio	[m ²]	331,63	307,87	
	Aule	[m ²]	119,36	109,32	
	Palestra	[m ²]	303,05	299,38	
	Ingresso basso + corridoio	[m ²]	310,50	289,45	
	Ingresso alto	[m ²]	145,59	145,59	
	Ingresso palestra	[m ²]	45,22	40,62	
	Primo	Bagni 1	[m ²]	38,57	33,17
Bagni 2		[m ²]	44,01	37,55	
Bagni 3		[m ²]	38,69	32,78	
Aule		[m ²]	544,34	469,95	
Corridoio		[m ²]	337,07	318,44	
Scala sx p tot		[m ²]	34,50	28,74	
Scala dx p tot		[m ²]	34,50	28,74	
Scala lat p tot		[m ²]	35,99	28,74	
Secondo	Bagni 1	[m ²]	36,04	33,19	
	Bagni 2	[m ²]	41,71	38,50	
	Bagni 3	[m ²]	35,84	33,02	
	Aule	[m ²]	738,80	719,04	
	Corridoio	[m ²]	264,17	263,14	
Secondo	Bagni 1	[m ²]	36,04	33,19	
	Bagni 2	[m ²]	41,71	38,50	
	Bagni 3	[m ²]	35,84	33,00	
	Aule	[m ²]	738,63	719,04	
	Corridoio + ingresso scale	[m ²]	264,22	262,35	
NON RISC	Locali tecnici	[m ²]	77,21		
TOTALE		[m ²]	4.900,98	4.569,85	

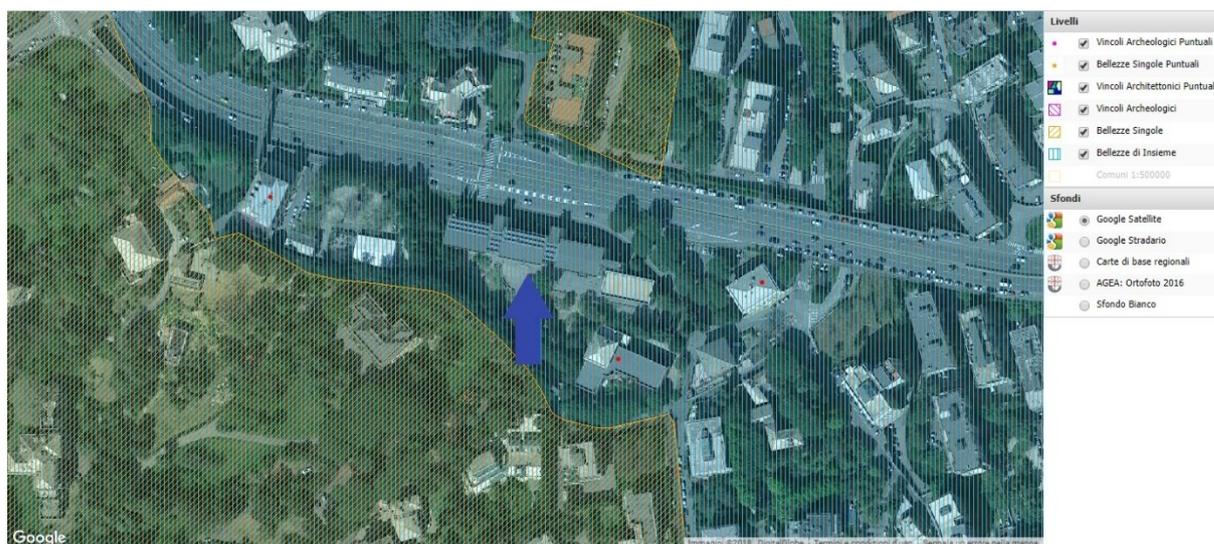
Nota (2): Superficie lorda comprensiva delle zone interne climatizzate e non climatizzate, valutate a partire dalle planimetrie progettuali, opportunamente verificate in fase di sopralluogo

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

Il quartiere di Genova Quarto, comune autonomo fino al 1926, fu compreso nelle annessioni che portarono alla creazione della Grande Genova voluta dal regime. Anticamente denominato Quarto al Mare, il centro cambiò nome in Quarto dei Mille dopo la Spedizione dei Mille del 1860, in ricordo dell’impresa. Oggi il quartiere ha caratteristiche residenziali, ma fino a tutto l’Ottocento Quarto – come d’altronde Sturla e Quinto – conservava per lo più l’aspetto antico: ville con parco, piccoli borghi, chiese, vaste zone coltivate ad orto. Affacciato sul mar Ligure, è compreso tra i quartieri Sturla, Apparizione e Quinto.

Figura 2.3 - Particolare estratto dalla carta dei vincoli



La verifica è stata effettuata sul portale della Regione Liguria dedicato agli edifici vincolati (www.liguriavincoli.it). Per lo stabile insiste un vincolo di bellezza d’insieme (numero 070137) ma nessun vincolo architettonico.

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

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

MISURA DI EFFICIENZA ENERGETICA	VINCOLO INTERESSATO	VALUTAZIONE INTERFERENZA (4)	MISURA DI TUTELA DA ADOTTARE
EEM 1: Coibentazione della copertura della scuola con polistirene XPS, getto di completamento e finitura impermeabilizzante (sp=16+4cm)	nn		nn
EEM 2: Coibentazione della copertura della palestra con poliuretano tra lamiere sigillate (sp=10cm)	-nn		nn
EEM 3: Sostituzione infissi con altri aventi U=1,66W/m2k	nn		nn

Nota (4): Legenda livelli di interferenza:

	Non perseguibile
	Perseguibile tramite adozione misure di tutela indicate
	Interferenza nulla

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

2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO

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

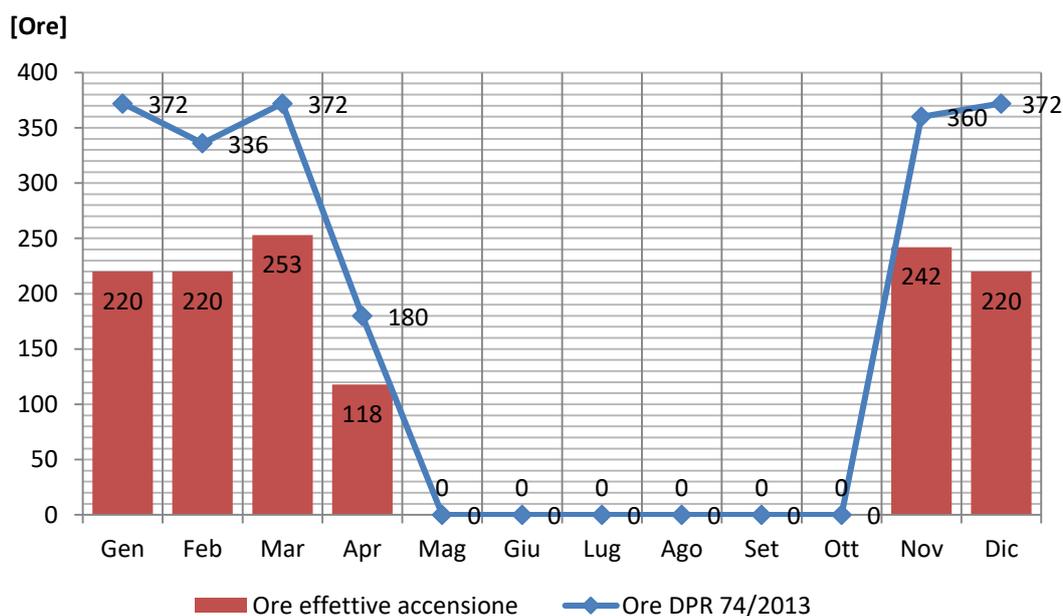
Gli orari di effettivo utilizzo dell’edificio sono stati ottenuti tramite colloquio col personale amministrativo e dirigente scolastica, mentre i periodi di attivazione e spegnimento degli impianti sono stati forniti dagli uffici preposti del Comune di Genova.

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	7.30-18.30	7.30 – 18.30
Dal 16 Aprile al 30 Ottobre	Dal lunedì al venerdì	7.30-18.30	[-]

Figura 2.4 – Andamento mensile delle ore effettive di utilizzo dell’edificio



Dall’analisi effettuata è emerso che gli orari di funzionamento degli impianti non sono strettamente correlati agli orari di espletamento delle lezioni, ma dipendono anche dalla presenza di personale all’interno della struttura. Si rileva infatti un’accensione anticipata dell’impianto termico rispetto all’orario effettivo di utilizzo ed uno spegnimento prossimo all’orario di uscita del personale della struttura, al fine di garantire l’adeguata climatizzazione dell’edificio.

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



E102 – Scuola Comunale Infanzia “Chighizola”

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 989 GG calcolati su 116 giorni effettivi di utilizzo dell'impianto di riscaldamento.

Tali GG sono valutati come la sommatoria estesa ai soli giorni di effettivo utilizzo degli impianti di riscaldamento nel periodo annuale di riscaldamento compreso tra il 1 Novembre e il 15 Aprile, delle sole differenze positive giornaliere tra la temperatura interna di 20°C e quella esterna giornaliera media mensile riportata in Tabella 3.1.

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

Tabella 3.2 – Profili mensili dei GG_{rif}

Mese	GIORNI MENSILI	TEMPERATURA ESTERNA UNI 10349:2016 [°C]	GIORNI RISCALDAMENTO [g/m]	GG	GIORNI DI UTILIZZO [g/m]	GIORNI RISCALDAMENTO EFFETTIVI [g/m]	GG _{rif}	PROFILO DI INCIDENZA
Gennaio	31	10,4	31	298	20	20	192	19%
Febbraio	28	10,5	28	266	20	20	190	19%
Marzo	31	11,1	31	276	23	23	205	21%
Aprile	30	15,3	15	71	11	11	55	6%
Maggio	31	18,7	-	-	22	-	-	-
Giugno	30	22,4	-	-	21	-	-	-
Luglio	31	24,6	-	-	21	-	-	-
Agosto	31	23,6	-	-	-	-	-	-
Settembre	30	22,2	-	-	22	-	-	-
Ottobre	31	18,2	-	-	21	-	-	-
Novembre	30	13,3	30	201	22	22	147	15%
Dicembre	31	10,0	31	310	20	20	200	20%
TOTALE	365	16,7	166	1421	223	116	989	100%

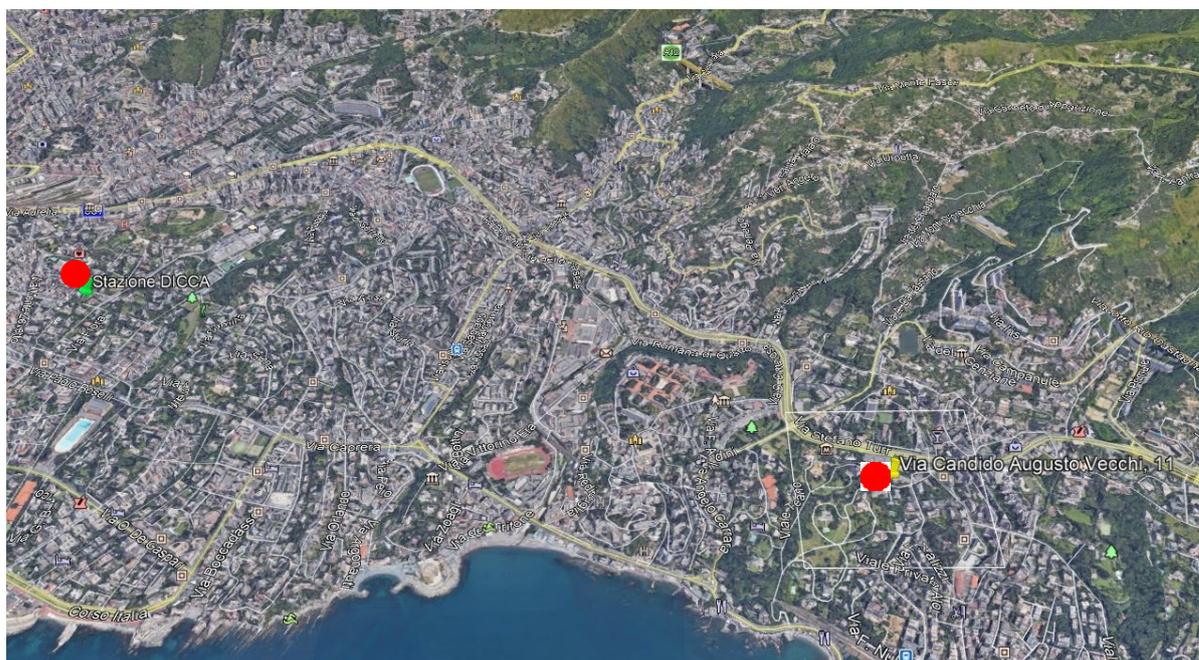
3.2 DATI CLIMATICI REALI

Ai fini della realizzazione dell’analisi energetica si è resa necessaria la definizione delle condizioni climatiche reali, ovvero dei GG calcolati in funzione delle temperature 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 installata presso il Laboratorio di Idraulica del Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica e Ambientale (44° 24'N 8° 58'E Altitudine 40 m), denominata Stazione Meteo villa Cambiaso.

Si è deciso di utilizzare come riferimento tale centraline in quanto è ubicata in una zona limitrofa all’edificio oggetto della DE.

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



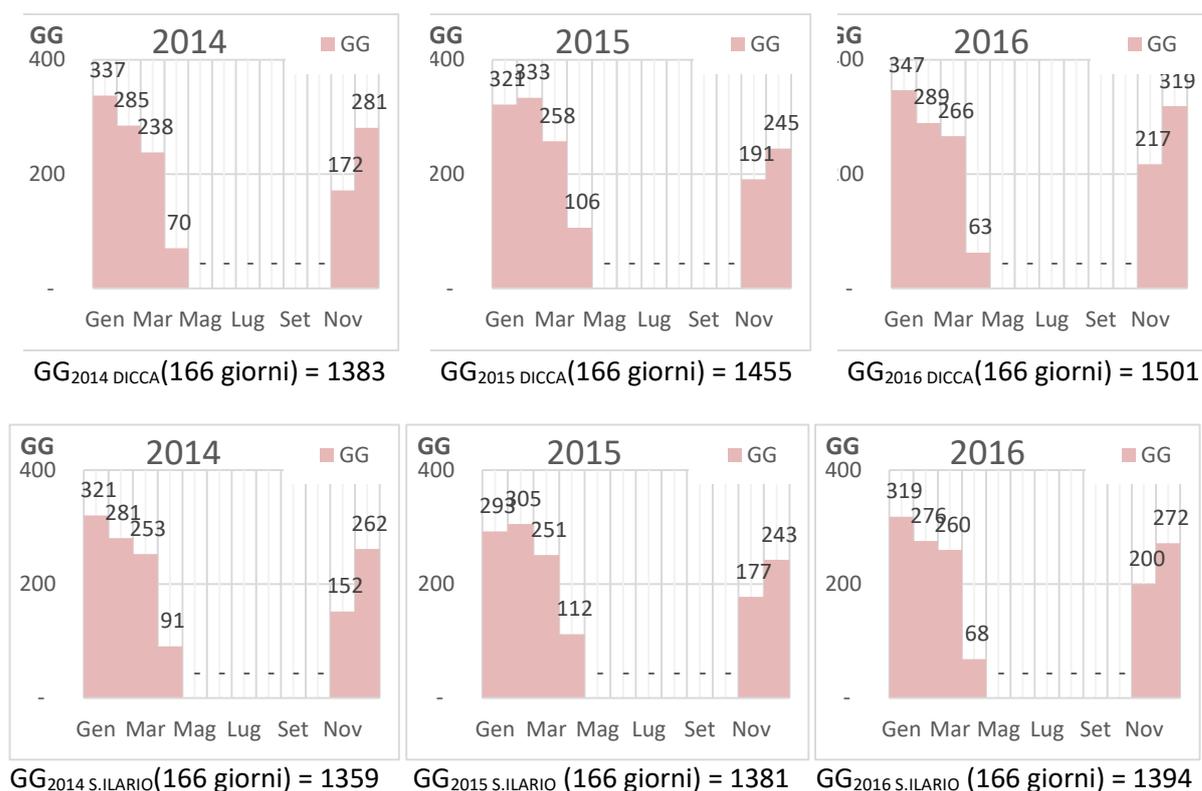
3.3 ANALISI DELL’ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO

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.

Durante la fase di revisione, la PA ha segnalato che tale stazione climatica potrebbe essere affetta da errori nella raccolta dei dati climatici anni 2015 e 2016. Per questa ragione si è verificata la congruità e l’attendibilità dei dati climatici confrontandoli con quelli rilevati dalla stazione ARPAL più vicina all’edificio stesso (SANT’ILARIO, 44° 23'N 9° 3'E Altitudine 174 m).

Nei grafici successivi si sono quindi confrontati i GG delle due stazioni meteo.

Figura 3.2 - Andamento mensile dei GG reali per il triennio di riferimento DICCA e SANT'ILARIO



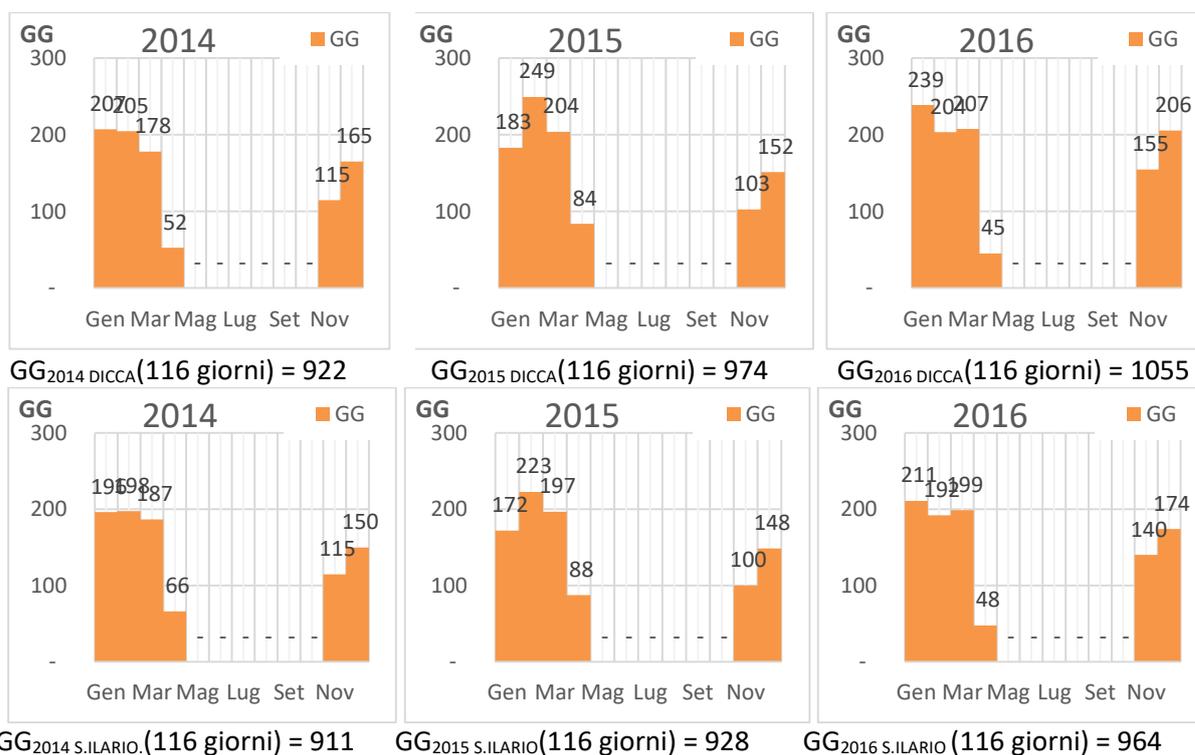
Dal confronto tra i GG calcolati sulla base delle temperature rilevate dalle due stazioni climatiche risulta che nell'anno 2014 la differenza è di 24 GG pari all'1.7% nel 2015 la differenza è di 74 GG pari allo 5.3% e nel 2016 la differenza è di 107 GG pari allo 7.6 %. Si ritiene pertanto che i dati climatici rilevati dalla stazione DICCA possano essere considerati attendibili nell'anno 2014 mentre risultano delle differenze abbastanza significative rispetto a quelli rilevati dalla stazione Centro Funzionale, negli anni 2015 e 2016, si rimanda, quindi, al paragrafo 6.1 relativo alla validazione del modello, la definitiva conferma della validità dell'utilizzo di tali dati climatici.

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 922, 974 e 1055 GG calcolati su 116 giorni effettivi di utilizzo dell'impianto di riscaldamento, riferiti rispettivamente agli anni 2014, 2015 e 2016.

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 di DICCA E SANT'ILARIO



Dal confronto tra i GG calcolati sulla base delle temperature rilevate dalle due stazioni climatiche risulta che nei 116 giorni di utilizzo nell'anno 2014 la differenza è di 11 GG pari all'1.2% nel 2015 la differenza è di 46 GG pari all'4.9% e nel 2016 la differenza è di 91 GG pari all'9.4%.

Si ritiene, pertanto che anche a seguito di questa ulteriore verifica i dati climatici rilevati dalla stazione DICCA possano essere considerati attendibili nell'anno 2014 mentre risultano delle differenze abbastanza significative rispetto a quelli rilevati dalla stazione Centro Funzionale, negli anni 2015 e 2016, si rimanda, quindi, al paragrafo 6.1 relativo alla validazione del modello, la definitiva conferma della validità dell'utilizzo di tali dati climatici.

Tabella 3.4 Confronto dei Gradi Giorno delle due stazioni climatiche: DICCA e SANT'ILARIO

	GG 2014	GG 2015	GG 2016
SANT'ILARIO	1652	1674	1712
DICCA	1594	1734	1803

4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI

4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO

Involucro opaco

Si ipotizza che l'involucro edilizio opaco che costituisce l'edificio sia caratterizzato da stratigrafie costituite in parte da elementi esclusivamente in cemento armato (in corrispondenza dei muri sottofinestra) ed in parte da muri costituiti da materiali differenti negli strati. In particolare si ipotizza che i muri “standard” della struttura siano realizzati esternamente in cemento armato ed internamente in muratura costituita da laterizi semipieni. La scansione delle facciate “ad ispirazione industriale” risulta regolare in ciascun piano ma differente tra un piano e l'altro. In alternanza alle murature opache di cui sopra si riscontra la presenza di ampie superfici vetrate maggiormente estese in corrispondenza degli ultimi due livelli. L'edificio ha una copertura piana impermeabilizzata all'estradosso con guaina bituminosa. La palestra di pertinenza si presenta come un volume a parte costituito da murature verticali rivestite in lamiera ormai in avanzato stato di degrado. La facciata della palestra è caratterizzata da finestre “a nastro” in tutto il perimetro esterno in corrispondenza dell'innesto tra la muratura in cemento armato (sottostante) e quella rivestita in lamiera (come documentato nella foto sottostante).

Va inoltre sottolineato, sempre in riferimento all'involucro edilizio della scuola, che trattandosi di un edificio con singolari caratteristiche architettoniche e costruttive non risulta possibile procedere a sostanziali interventi di efficientamento dell'involucro verticale opaco.

Figura 4.1 - Particolare della porzione di involucro esterno



Figura 4.2 - Particolare della facciata della palestra



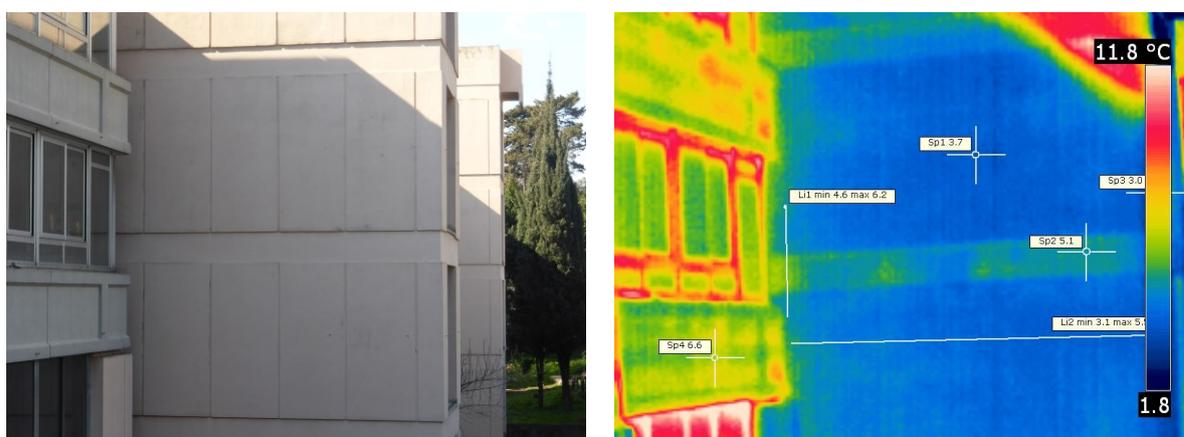
Ai fini di un'identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell'involucro opaco si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione delle seguenti indagini diagnostiche:

- Rilievo termografico eseguito tramite l'utilizzo di termo camera FLIR ThermaCAM E45 secondo le seguenti modalità si sono misurate le condizioni climatiche esterne (Temperatura dell'aria e umidità relativa), rilevate le caratteristiche di emissività della superficie e la temperatura riflessa sulla superficie. Ci si posiziona davanti all'oggetto e si effettua la foto congiuntamente con la misura della distanza.

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- È evidente il telaio strutturale dell'edificio. Nella figura qui a seguire si segnalano discontinuità termiche in corrispondenza dei solai interpiano. La superficie in questione presenta una temperatura superficiale prossima a quella esterna;
- Le superfici sottofinestra sono lievemente più calde (di circa 6 °C).

Figura 4.3 – Rilievo termografico della parete



I dettagli delle indagini diagnostiche effettuate sono riportate all'Allegato C – Report di indagine termografica ed all'Allegato D – Report relativi ad altre prove diagnostiche strumentali.

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/mqK]	STATO DI CONSERVAZIONE
Parete verticale	M1	30	Assente	2,136	Buono
	M3	26	Assente	3,301	Buono
	M4	26	Assente	3,301	Buono
	M5	26	Assente	3,301	Buono
	M6	30	Assente	2,136	Buono
	M7	7	Assente	2,932	Scadente
	M8	26	Assente	2,682	Buono
	Pavimento	P1	44	Assente	0,315
P2		30	Assente	1,187	Buono
P3		44	Assente	0,358	Scarso
Copertura	S1	35	Assente	1,445	Buono
	S2	41	Assente	1,211	Buono
	S3	39	Assente	1,519	Scarso

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.

Involucro trasparente

L'involucro trasparente che costituisce l'edificio è composto da serramenti con telaio in alluminio e vetro singolo. Le facciate principali sono caratterizzate da vetrate a scansione regolare di grande superficie.

Lo stato di conservazione degli infissi è scarso, sono state riscontrate rilevanti infiltrazioni d'aria all'interno degli ambienti. Tali infiltrazioni causano elevate dispersioni termiche e creano un notevole disagio per gli utenti presenti all'interno dell'edificio stesso.

Figura 4.4 - Particolare dei serramenti di facciata



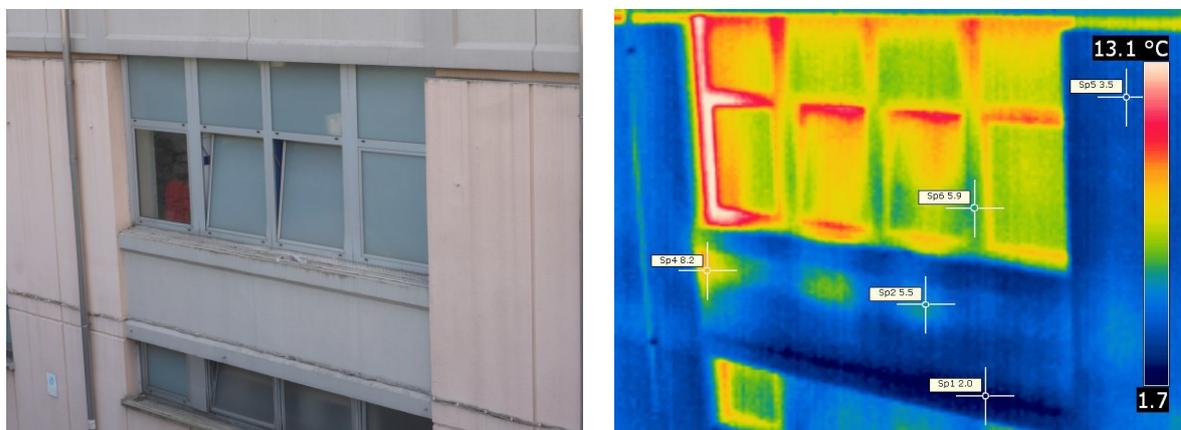
Ai fini di un'identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell'involucro trasparente si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione delle seguenti indagini diagnostiche:

- Rilievo dettagliato di tutti i telai dei serramenti dell'edificio;
- Misurazione diretta degli spessori dei vetri dei serramenti mediante spessivetro e misuratore laser per la corretta verifica dimensionale utilizzati in sede di sopralluoghi;
- Rilievo termografico eseguito secondo le modalità utilizzate per l'involucro opaco

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- La presenza di un telaio in alluminio va ad alzare le temperature superficiali del serramento. In corrispondenza di queste aree si raggiungono anche 10°C.
- Nel complesso i sottofinestra non disperdono molto (seppur a tratti si distinguono aree con temperature superficiali più alte) ma importanti discontinuità si hanno in corrispondenza del cambio di involucro

Figura 4.5 – Rilievo termografico dei serramenti modulari tipo



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

Tabella 4.2 – Trasmittanze termiche dei componenti dell’involucro trasparente

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	DIMENSIONI [LXH] [cm]	TIPO TELAIO	TIPO VETRO	TRASMITTANZA TERMICA [W/mqK]	STATO DI CONSERVAZIONE
Serramento verticale	W1	482x292	Alluminio	Vetro singolo	6,072	Scarso
Serramento verticale	W2	482x292	Alluminio	Vetro singolo	6,041	Scarso
Serramento verticale	W3	482x292	Alluminio	Vetro singolo	6,071	Scarso
Serramento verticale	W4	482x292	Alluminio	Vetro singolo	6,106	Scarso
Serramento verticale	W5	77x292	Alluminio	Vetro singolo	5,943	Scarso
Serramento verticale	W6	77x292	Alluminio	Vetro singolo	6,308	Scarso
Serramento verticale	W7	482x292	Alluminio	Vetro singolo	5,902	Scarso
Serramento verticale	W8	482x292	Alluminio	Vetro singolo	6,070	Scarso
Serramento verticale	W9	118x80	Alluminio	Vetro singolo	6,152	Scarso
Serramento verticale	W10	102x80	Alluminio	Vetro singolo	6,229	Scarso
Serramento verticale	W11	123x215	Alluminio	Vetro singolo	6,170	Scarso
Serramento verticale	W12	156x220	Alluminio	Opaco	2,273	Buono
Serramento verticale	W13	102x77	Alluminio	Vetro singolo	4,185	Scarso
Serramento verticale	W14	110x77	Alluminio	Vetro singolo	6,286	Scarso
Serramento verticale	W15	146x203	Alluminio	Vetro singolo	6,628	Scarso
Serramento verticale	W16	250x250	Alluminio	Vetro singolo	5,930	Scarso
Serramento verticale	W17	242x203	Alluminio	Vetro singolo	5,910	Scarso
Serramento verticale	W18	93x204	Alluminio	Vetro singolo	5,910	Scarso
Serramento verticale	W19	110x204	Alluminio	Vetro singolo	5,949	Scarso
Serramento verticale	W20	115x200	Alluminio	Vetro singolo	6,017	Scarso
Serramento verticale	W21	168x205	Alluminio	Vetro singolo	6,007	Scarso
Serramento verticale	W22	117x204	Alluminio	Vetro singolo	5,942	Scarso
Serramento verticale	W23	240x204	Alluminio	Vetro singolo	5,893	Scarso
Serramento verticale	W24	117x204	Alluminio	Vetro singolo	5,883	Scarso
Serramento verticale	W100	30x210	Alluminio	Vetro singolo	6,078	Scarso
Serramento verticale	W101	120x73	Alluminio	Vetro singolo	6,240	Scarso
Serramento verticale	W102	73x73	Alluminio	Vetro singolo	6,351	Scarso
Serramento verticale	W180	93x204	Alluminio	Vetro doppio	3,019	Scarso
Serramento verticale	W220	117x204	Alluminio	Vetro doppio	3,038	Scarso
Serramento verticale	W230	240x204	Alluminio	Vetro doppio	2,975	Scarso
Serramento verticale	W240	117x204	Alluminio	Vetro doppio	4,124	Scarso

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

4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/CLIMATIZZAZIONE INVERNALE

L’impianto di riscaldamento degli ambienti è costituito da due caldaie di tipo tradizionale, alimentate a metano ed asservite alla climatizzazione invernale dell’intero edificio.

Sottosistema di emissione

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

- Radiatori su parete esterna non isolata;
- Aerotermini ad acqua;

I radiatori sono installati in tutti i locali ad eccezione della palestra dove sono presenti gli aerotermini.

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

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

ZONA TERMICA	TIPOLOGIA DI TERMINALE	RENDIMENTO
Scuola Elementare "Palli" e Scuola Media "Strozzi"	Radiatori a parete	92%
Scuola Elementare "Palli" e Scuola Media "Strozzi"	Aerotermini	94%

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 TERMINALE	TIPO DI INSTALLAZIONE	NUMERO	POTENZA TERMICA UNITARIA	POTENZA TERMICA COMPLESSIVA
				[kW]	[kW]
Terra	Radiatore	Installato a parete	35	2.7	94.7
Terra	Aerotermino	Installato a soffitto	7	7.7	54.4
Primo	Radiatore	Incassato a parete	50	2.9	146.4
Secondo	Radiatore	Incassato a parete	63	3	188.1
Secondo	Radiatore	Incassato a parete	62	3.2	195.9
TOTALE			217	3.9	679.5

Nota (4): La potenza termica di ciascun terminale è stata ottenuta secondo le disposizioni della norma EN 442-2, considerando un delta T pari a 50 °C.

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

Sottosistema di regolazione

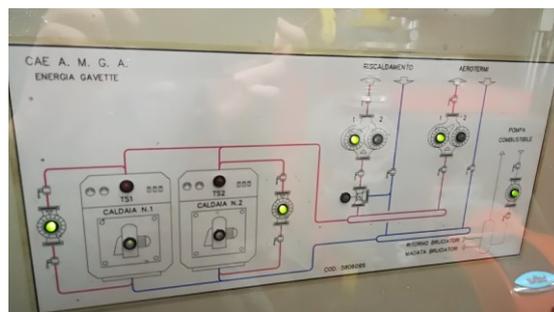
La regolazione del funzionamento dell'impianto termico avviene attraverso l'impostazione degli orari di funzionamento e della curva climatica. La temperatura massima di mandata del sottosistema di generazione è fissata a 70°C.

Non sono state rilevate valvole termostatiche installate ai terminali di emissione né termostati ambiente asserviti alla regolazione dell'impianto termico.

Figura 4.6 - Particolare del pannello di controllo di dell'impianto termico



Figura 4.7 - Particolare del pannello di controllo di dell'impianto termico 2



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

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

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

ZONA TERMICA	TIPO DI REGOLAZIONE	RENDIMENTO
Scuola Elementare "Palli" e Scuola Media "Strozzi"	Climatica	96%

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

Sottosistema di distribuzione

Il sottosistema di distribuzione è costituito dai seguenti elementi:

- 1) Circuito primario di collegamento tra il sistema di generazione ed il collettore caldo (fluido termovettore acqua);
- 2) Circuito secondario di mandata ai radiatori (fluido termovettore acqua);
- 3) Circuito secondario di mandata agli aerotermi (fluido termovettore acqua);
- 4) Pompa di circolazione gemellare (funzionamento alternato) asservita al circuito secondario dei radiatori;
- 5) Pompa di circolazione gemellare asservita al circuito secondario degli aerotermi;

Circuito primario

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 ⁽⁵⁾	TEMPERATURA CALCOLO ⁽⁶⁾
			°C	°C
Caldaia	Mandata	Caldo	65	60
	Ritorno	Caldo	55	56

Nota (5): Valori rilevati il giorno 28/11/2017 alle ore 11.00, in orario di utilizzo della scuola, con una temperatura esterna di circa 10°C

Nota (6): Valori utilizzati nel modello di calcolo

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

Circuito secondario: sono presenti tre pompe di circolazione gemellari per ciascuna mandata (calda e fredda) per i tre circuiti secondari così denominati:

- Circuito radiatori e ventilconvettori;
- Circuito Aerotermi;
- Circuito ACS;

Le caratteristiche dei circolatori a servizio dei circuiti secondari sono riportate nella Tabella 4.7.

Tabella 4.7 - Riepilogo caratteristiche pompe circuito secondario

NOME		SERVIZIO	PORTATA ⁽⁷⁾	PREVALENZA ⁽⁷⁾	POTENZA ASSORBITA ⁽⁸⁾
			m ³ /h	kPa	kW
Scuola Elementare "Palli" e Scuola Media "Strozzi"	Lowara FCG 80-12T	Mandata acqua calda a radiatori	58	116	1.7
Scuola Elementare "Palli" e Scuola Media "Strozzi"	Grundfos UPS 50-120	Mandata acqua calda agli aerotermi	33	100	0.95

Nota (7): Valori ricavati da dati di targa

Nota (8): Valori ricavati in sede di sopralluogo

Le temperature del fluido termovettore all'interno del circuito secondario sono riportate nella Tabella 4.8.

Tabella 4.8 – Temperature di mandata e ritorno del circuito secondario

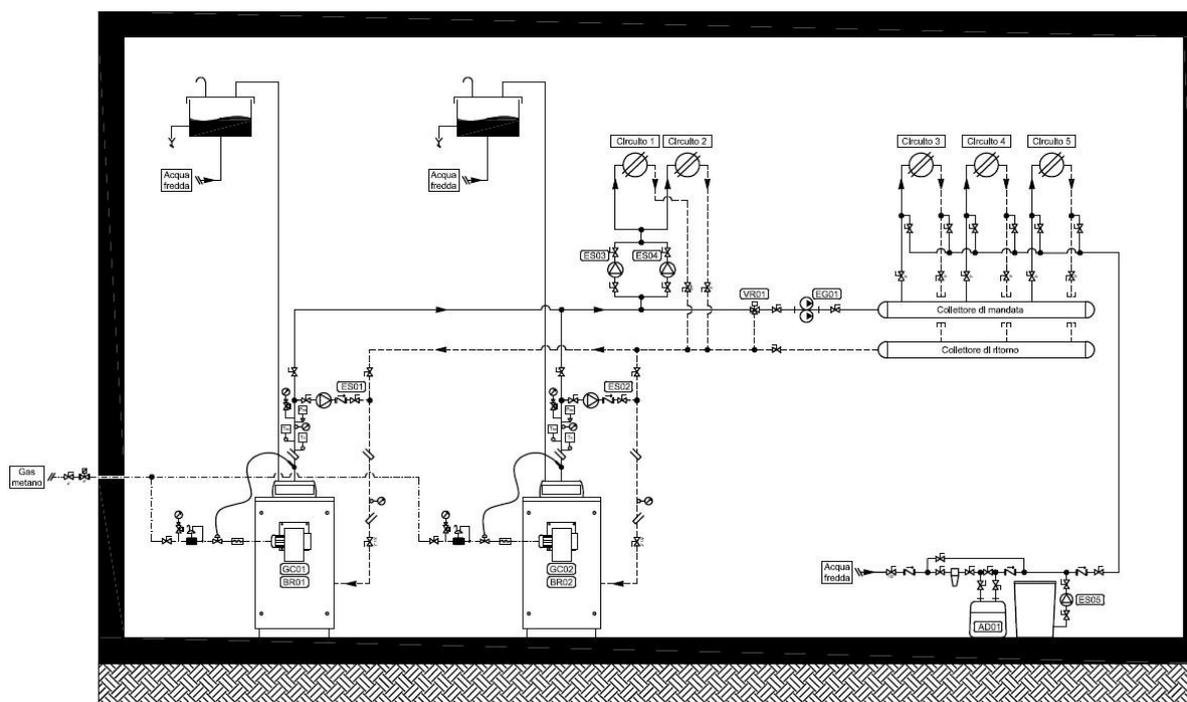
CIRCUITO			TEMPERATURA RILEVATA ⁽⁹⁾	TEMPERATURA CALCOLO ⁽¹⁰⁾
			°C	°C
Scuola Elementare "Palli" e Scuola Media "Strozzi"	Radiatori	Mandata	65	60
Scuola Elementare "Palli" e Scuola Media "Strozzi"	Radiatori	Ritorno	55	48
Scuola Elementare "Palli" e Scuola Media "Strozzi"	Aerotermi	Mandata	65	60
Scuola Elementare "Palli" e Scuola Media "Strozzi"	Aerotermi	Ritorno	55	55

Nota (9): Valori rilevati il giorno 28/11/2017 alle ore 11.00, in orario di utilizzo della scuola, con una temperatura esterna di circa 10°C

Nota (10): Valori utilizzati nel modello di calcolo

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

Figura 4.8 - Particolare dello schema di impianto [(Fonte: Tavola 050-S01-001-CENTRALE TERMICA.dwg)]



Il rendimento complessivo del sottosistema di distribuzione pari al 93,3% è stato calcolato tramite la 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.

Sottosistema di generazione

Il sottosistema di generazione è costituito da una centrale termica dotata di due caldaie di tipo tradizionale, alimentate a metano:

- Unical TZ AR 500;
- Naval PR AR 250;

Figura 4.9 - Particolare della caldaia Unical TZ AR 500



Figura 4.10 - Particolare di entrambe le caldaie



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

Tabella 4.9 - Riepilogo caratteristiche sistema di generazione

Servizio	MARCA	MODELLO	ANNO DI COSTRUZIONE	POTENZA AL FOCOLARE ⁽¹¹⁾ [kW]	POTENZA TERMICA UTILE ⁽¹¹⁾ [kW]	RENDIMENTO	POTENZA ASSORBITA COMPLESSIVA ⁽¹²⁾ [kW]	
Gen 1	Riscaldamento	Unical	TZ AR 500	1995	632	581	94.6 ⁽¹³⁾	1.1
Gen 2	Riscaldamento	Naval	PR AR 250	2013	266	246	[-] ⁽¹⁴⁾	0.4

Nota (11): Valore ricavato tramite letture dei dati di targa rilevati in sede di sopralluogo

Nota (12): Valori ricavati da schede tecniche

Nota (13): il valore riportato nella prova fumi dell'impianto risulta superiore a quello calcolato attraverso il modello energetico dell'edificio. Tale scostamento tra i valori di rendimento è dovuto alle differenti condizioni ambientali in cui è stata effettuata la prova fumi rispetto a quelle di calcolo del modello

Nota (14): Dato mancante causa assenza di libretto CT al momento del sopralluogo

Il rendimento complessivo del sottosistema di generazione, in regime di riscaldamento è stato calcolato nella DE tramite UNI TS 11300-2 ed è pari al 91%.

Si sottolinea che secondo quanto rilevato in sede di sopralluogo i generatori di calore non sono mai attivi tutte e due simultaneamente, ma presentano una modalità di funzionamento a cascata con priorità del generatore Unical TR AR 500.

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 e/o 6.2 dell'Allegato J – Schede di audit.

4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA

La produzione di acqua calda sanitaria è eseguita tramite 5 bollitori elettrici ad accumulo autonomi

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

installati all'interno dei servizi igienici con una potenza complessiva di 6 kW.



I rendimenti caratteristici dei sottosistemi dell'impianto di produzione acqua calda sanitaria sono riportati nella Tabella 4.10.

Tabella 4.10 – Rendimenti dell'impianto di produzione acqua calda sanitaria

Sottosistema di Erogazione	Sottosistema di Distribuzione	Sottosistema di Ricircolo	Sottosistema di Accumulo	Sottosistema di Generazione	Rendimento Globale medio stagionale
100%	92.6%	[-]	[-]	31%	28.7%

Nota (15) Valori di rendimento dei sottosistemi dell'impianto di produzione di ACS calcolati secondo UNI TS 11300-2

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 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, stampanti ed altri dispositivi in uso del personale e delle attività specifiche della destinazione d'uso.

Tali tipologie di utenze sono state raggruppate insieme ed identificate con la denominazione di forza elettromotrice (FEM) e sono riportate nella Tabella 4.11.

Tabella 4.11 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche

LOCALE TERMICO	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA NOMINALE [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]	ORE ANNUE DI UTILIZZO [ore]
Ingresso Basso + Corridoio_PT	Frigo LG GC 151SA	1	400	400	6048
Aule_P1	Stampanti	2	550	1100	4944
Aule_P1	PC	9	65	585	4944
Aule_P2	Stampanti	2	550	1100	4944
Aule_P2	Proiettori	3	155	465	4944
Ingresso palestra PT	Montascale	1	750	750	[-]

Ai fini di un'identificazione più precisa del funzionamento dei componenti impiantistici si è proceduto, in sede di sopralluogo, al rilevamento dei dati di targa dei singoli dispositivi e all'intervista dell'utenza per meglio comprenderne le modalità di utilizzo. Non si è ritenuto necessario procedere con attività diagnostiche degli impianti elettrici data la tipologia e l'uso degli stessi.

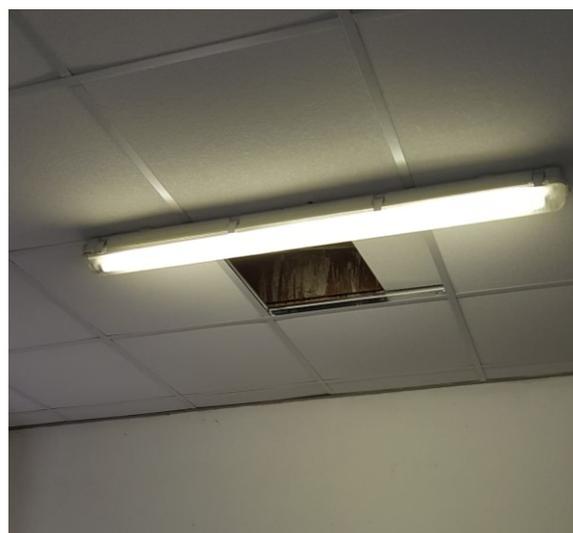
L'elenco delle altre utenze elettriche rilevate in sede di sopralluogo e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 11 dell' Allegato J – Schede di audit.

4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE

L'impianto di illuminazione è costituito da lampade a fluorescenza tubolari (neon).

Tale tipologia di corpi illuminanti sono installate a soffitto nelle zone di circolazione interna, aule, uffici e servizi igienici.

Figura 4.12 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nei locali dell'edificio



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

Tabella 4.12 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

LOCALE TERMICO	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA UNITARIA [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]
Bagni_PT 1	Neon	24	18	432
Bagni_PT 2	Neon	12	18	216
Bagni_PT 3 + Sala medica	Neon	40	18	720
Spogliatoio + Bagni Palestra_PT	Neon	14	18	252
Cucina + Refettorio_PT	Neon	78	36	2808
Aule_PT	Neon	30	36	1080
Palestra_PT	Neon	12	200	2400
Ingresso Basso + Corridoio_PT	Neon	44	36	1584

Ingresso Alto_PT	Neon	0	36	
Ingresso Palestra_PT	Neon	5	36	180
Bagni_P1 1	Neon	12	18	216
Bagni_P1 2	Neon	20	18	360
Bagni_P1 3	Neon	8	18	144
Aule_P1	Neon	88	36	3168
Corridoio_P1	Neon	97	36	3492
Scale SX	Neon	10	18	180
Scale DX	Neon	10	18	180
Scale Lateralì	Neon	26	18	468
Bagni_P2 1	Neon	12	18	216
Bagni_P2 2	Neon	10	18	180
Bagni_P2 3	Neon	12	18	216
Aule_P2	Neon	124	36	4464
Corridoio_P2	Neon	59	36	2124
Bagni_P3 1	Neon	12	18	216
Bagni_P3 2	Neon	16	18	288
Bagni_P3 3	Neon	12	18	216
Aule_P3	Neon	126	36	4536
Corridoi e ingressi scale_P3	Neon	52	36	1872

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.

Durante la fase di sopralluogo si è provveduto a rilevare anche lo stato di conservazione dei corpi illuminanti, che si presentano in buone condizioni.

Si è inoltre verificata la presenza di luci di emergenza nei diversi locali della struttura.

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

Attualmente è presente un impianto fotovoltaico installato sulla copertura piana della struttura, con una potenza di picco di circa 15 kWp.

Il suddetto impianto è costituito da 90 moduli in silicio policristallino con una potenza massima di picco pari a 218W. Il sistema è costituito poi da 4 inverter di 3 con potenza nominale pari a 4.6 kW e uno con potenza nominale pari a 1.8 kW.

Figura 4.13 - Vista dell’impianto fotovoltaico



Tabella 4.13 – Caratteristiche impianto fotovoltaico

TIPO DI IMPIANTO	SUPERFICIE [mq]	TIPO DI MODULI	POTENZA INSTALLATA [kW]	RENDIMENTO IMPIANTO	ENERGIA PRODOTTA [kWh/anno]
Fotovoltaico	148.5	Policristallini	15.6	[-]	19371
Orientamento pannelli	Inclinazione pannelli	Numero di moduli	Potenza singoli moduli	Tipologia di inverter	Codice impianto CENSIMP
S-O	45°	90	218 W	Fronius	IM_0038531

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

5 CONSUMI RILEVATI

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

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

I vettori energetici analizzati sono i seguenti:

- Gas metano;
- Energia elettrica.

5.1.1 Energia termica

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

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

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

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

Nota (16) Fonte: Prospetto B.19 UNI TS 11300-2:2014

La fornitura di Gas metano avviene tramite la presenza di 1 contatori i quali risultano a servizio dei seguenti utilizzi:

- Centrale termica per il riscaldamento degli ambienti della scuola;

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

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

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

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

PDR	Utilizzo	2014 [mc]	2015 [mc]	2016 [mc]	2014 [kWh]	2015 [kWh]	2016 [kWh]
03270049332574	Riscaldamento	33.130	31.686	46.916	312.089	298.482	441.949

Parallelamente all'analisi dei consumi storici forniti dalla società di distribuzione alla PA, si è provveduto a ricostruire i consumi mensili.

I consumi ricostruiti nelle modalità indicate dalla stazione appaltante sono riportati nella Tabella 5.3.

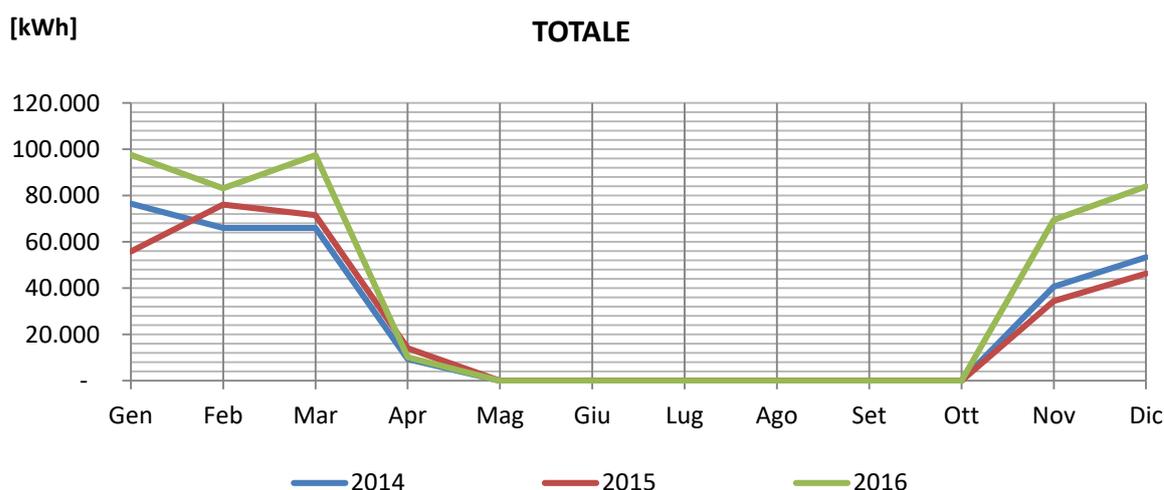
Tabella 5.3 - Consumi mensili di energia termica per il triennio di riferimento – Dati fatturati da società di fornitura

PDR: 03270049332574	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Mese di riferimento	[mc]	[mc]	[mc]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	8.127	5.934	10.360	76.558	55.895	97.590
Febbraio	7.015	8.086	8.829	66.082	76.168	83.166
Marzo	7.014	7.601	10.352	66.073	71.602	97.513
Aprile	989	1.496	1.081	9.314	14.093	10.186
Maggio	-	-	-	-	-	-
Giugno	-	-	-	-	-	-
Luglio	-	-	-	-	-	-
Agosto	-	-	-	-	-	-
Settembre	-	-	-	-	-	-
Ottobre	-	-	-	-	-	-
Novembre	4.320	3.656	7.377	40.695	34.437	69.496
Dicembre	5.665	4.914	8.917	53.363	46.286	83.998
Totale	33.130	31.686	46.916	312.085	298.482	441.949

L'analisi dei consumi storici di Gas metano si basa sui m³ di gas rilevati dalla società di distribuzione in quanto la PA ha stipulato un contratto di Servizio Integrato Energia 3 (SIE3) con un soggetto terzo, comprensivo sia la fornitura del vettore energetico che la conduzione e manutenzione degli impianti. Il consumo disponibile è di tipo annuale e non è stato quindi possibile effettuare un'analisi puntuale mensile dei consumi, ma come specificato dalla stazione appaltante “tali consumi dovranno essere riportati tra le varie mensilità in funzione dell'effettivo funzionamento stagionale degli impianti e dei Gradi Giorno reali”.

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

Figura 5.1 – Andamento mensile dei consumi termici fatturati



Confrontando l'andamento dei consumi con i GG_{real} del triennio di riferimento si può notare che si ha un comportamento proporzionale a quella che è la variazione di temperatura rilevata negli anni di analisi (la struttura del calcolo si basa sulla loro variazione nei mesi della stagione termica). Non risulta essere però molto significativo in termini di reale consumo non essendo disponibili le fatturazioni.

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 **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** , 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.

Tale consumo è stato valutato esclusivamente ad uso riscaldamento. L’acqua calda sanitaria utilizza un altro vettore energetico.

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

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

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

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

\bar{Q}_{ALTRO} = Consumo termico reale per eventuali altri utilizzi dell’edificio, kWh/anno, valutato come la media dei consumi per altri usi, nel triennio di riferimento. Tale contributo non è stato valutato in quanto i suddetti utilizzi non sono serviti da questo contatore.

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

Tabella 5.4 – Normalizzazione dei consumi annuali di energia termica

ANNO	GG ^{REALI} SU 116 GIORNI	GG ^{RIF} SU 116 GIORNI	CONSUMO REALE RISC. [Smc]	CONSUMO REALE RISC. [kWh]	α_{rif}	CONSUMO NORMALIZZATO A 989 GG [kWh]	CONSUMO ACS [kWh]	CONSUMO ALTRO [kWh]
2014	922	989	33.130	312.174	338,5	334.977	-	-
2015	974	989	31.636	298.096	305,9	302.710	-	-
2016	1.055	989	46.916	442.075	418,9	414.507	-	-
Media	984	989	37.227	350.782	356,5	352.758	-	-

Come si può notare dai dati riportati il comportamento energetico dell’edificio, negli anni considerati, è stato caratterizzato da un generico aumento dei consumi: tale aumento potrebbe essere dovuto ad un utilizzo diverso dei locali congiuntamente alle condizioni climatiche.

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

Tabella 5.5 – Individuazione della Baseline termica

GRANDEZZA	VALORE
	[kWh]
\bar{Q}_{ACS}	-
\bar{Q}_{ALTRO}	-
$\bar{a}_{rif} \times GG_{rif}$	352.758
$Q_{baseline}$	352.758

5.1.2 Energia elettrica

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

- Scuola elementare “Palli”;
- Scuola media “Quarto”

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

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

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

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

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

POD	ZONA SERVITA	2014	2015	2016	MEDIA
		[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
IT001E00096656	Scuola elementare e media	67.963	65.938	74.874	69.502
TOTALE		67.963	65.938	74.874	69.502

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-E48) e sono emerse le seguenti differenze:

2014 : 67.693 kWh (0%)

2015 : 72.319 kWh (-10%)

2016 : 82.514 kWh (-10%)

Media : 74.175 kWh (-7%)

I consumi rilevati dalla fatturazione sono mediamente più bassi del 7% rispetto quelli rilevati dalla PA. In questi consumi sono stati presi in considerazione i conguagli presenti in fatture successive.

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 69.502 kWh, quello rilevato dall’Auditor nella fase di analisi della fatturazione.

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

POD: IT001E00096656	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	5.870	742	1.007	7.619
Febbraio	5.678	728	730	7.136

E48 – Scuola Elementare “Pallì” e scuola media “Quarto (ex Strozzi)

Marzo	5.545	712	798	7.055
Aprile	4.085	630	743	5.458
Maggio	4.359	675	1.012	6.046
Giugno	3.410	725	785	4.920
Luglio	1.404	496	780	2.680
Agosto	976	477	839	2.292
Settembre	3.800	564	642	5.006
Ottobre	4.954	696	737	6.387
Novembre	5.029	708	852	6.589
Dicembre	4.904	688	913	6.505
Totale	50.014	7.841	9.838	67.693
POD: IT001E00096656	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	5.489	797	1.039	7.325
Febbraio	5.425	759	780	6.964
Marzo	4.132	626	709	5.467
Aprile	2.886	489	604	3.979
Maggio	4.330	860	1.190	6.380
Giugno	3.385	771	894	5.050
Luglio	1.361	455	696	2.512
Agosto	1.103	407	695	2.205
Settembre	3.149	667	904	4.720
Ottobre	5.249	718	778	6.745
Novembre	5.259	859	935	7.053
Dicembre	5.901	705	932	7.538
Totale	47.669	8.113	10.156	65.938
POD: IT001E00096656	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	5.234	768	958	6.960
Febbraio	5.810	878	922	7.610
Marzo	5.312	984	1.252	7.548
Aprile	4.530	1.020	1.386	6.936
Maggio	5.420	830	984	7.234
Giugno	3.268	582	756	4.606
Luglio	1.347	459	691	2.497
Agosto	1.255	447	713	2.415
Settembre	3.817	593	665	5.075
Ottobre	5.222	903	976	7.101
Novembre	5.933	1.015	1.188	8.136
Dicembre	4.803	1.496	2.457	8.756
Totale	51.951	9.975	12.948	74.874

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.

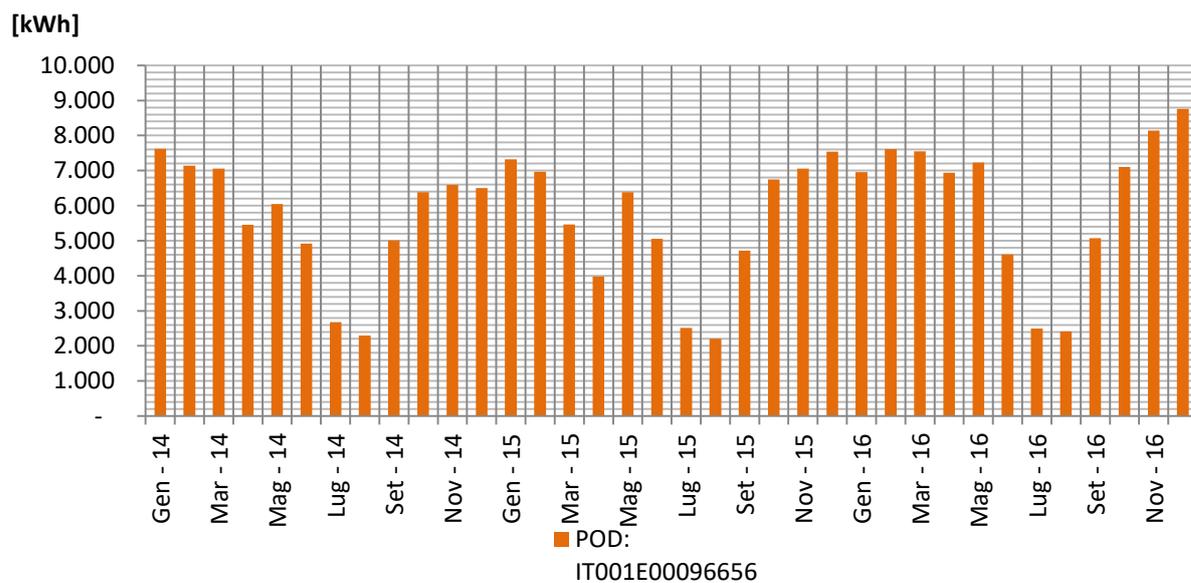
Tali valori sono riportati nella Tabella 5.8.

Tabella 5.8 – Consumi mensili di Baseline

BASELINE	F1	F2	F3	TOTALE
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	5.531	769	1.001	7.301
Febbraio	5.638	788	811	7.237
Marzo	4.996	774	920	6.690
Aprile	3.834	713	911	5.458
Maggio	4.703	788	1.062	6.553
Giugno	3.354	693	812	4.859
Luglio	1.371	470	722	2.563
Agosto	1.111	444	749	2.304
Settembre	3.589	608	737	4.934
Ottobre	5.142	772	830	6.744
Novembre	5.407	861	992	7.259
Dicembre	5.203	963	1.434	7.600
Totale	49.878	8.643	10.981	69.502

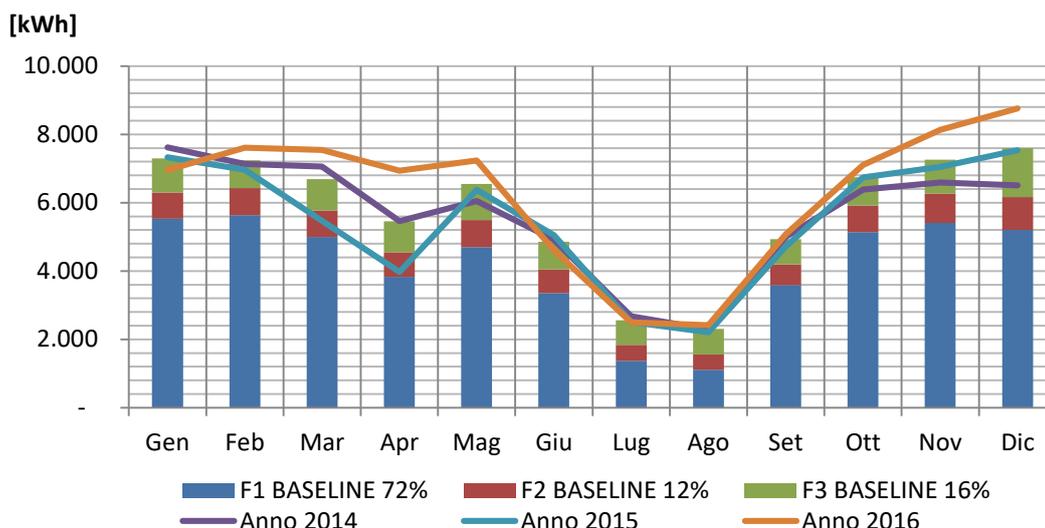
Il profilo così ottenuto è rappresentato nel grafico in Figura 5.2

Figura 5.2 – Profili mensili di Baseline riferimento



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

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



I profili di prelievo mensili nel triennio di riferimento presentano andamenti coerenti di anno in anno. I minimi consumi si hanno nei mesi estivi di luglio ed agosto quando l'attività della scuola è molto ridotta. Tale contributo può essere dovuto all'attività di segreteria e alla presenza di consumi in stand-by delle numerose apparecchiature presenti nella struttura, infatti le porzioni delle fasce orarie in F1, F2 ed E3 sono tra loro comparabili senza che una domini sulle altre così come accade invece negli altri mesi. In quest'ultimo caso il consumo maggiore si ha nella fascia diurna F1 la quale è sempre la componente prevalente.

Non è stato possibile rappresentare i profili giornalieri dei consumi elettrici accedendo alle informazioni fornite dalla società di distribuzione dell'energia elettrica, in quanto il contatore installato nella scuola ha una potenza minore di 55 kW, soglia necessaria per questo tipo di analisi. Pertanto non è stato possibile analizzare i profili giornalieri rappresentativi nelle diverse condizioni di utilizzo dell'edificio e di funzionamento dell'impianto.

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 tCO ₂ /MWh
Energia elettrica	* 0,467
Gas naturale	* 0,202
GPL	* 0,227
Olio combustibile	* 0,267
Gasolio	* 0,267
Benzina	* 0,249

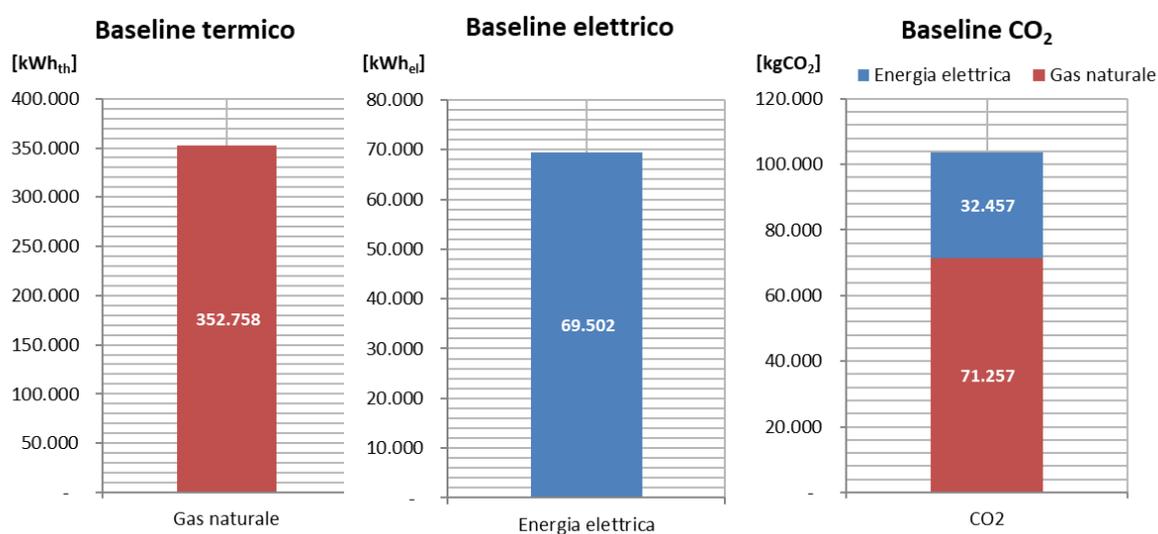
* da "Linee Guida Patto dei Sindaci" per anno 2010

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 5.4

Tabella 5.10 – Baseline delle emissioni di CO₂.

COMBUSTIBILE	CONSUMO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE	
	[kWh]	[tCO ₂ /MWh]	[tCO ₂]
Gas naturale	352.758	0,202	71.257
Energia elettrica	69.502	0,467	32.457

Figura 5.4 – Rappresentazione grafica della Baseline 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 CONSUMI RILEVATI5, in funzione dei fattori riportati nella Tabella 5.12.

Tabella 5.12 – Fattori di riparametrizzazione

PARAMETRO		VALORE	U.M.
FATTORE 1	Superficie netta riscaldata	4.570	m ²
FATTORE 1	Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	4.632	m ³
FATTORE 1	Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate)	19.991	m ³

Nella Tabella 5.13 e

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

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

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE [kWh/anno]	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA TOTALE	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA TOTALE [kWh/anno]	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA TOTALE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1 [kWh/m ²]	FATTORE 2 [kWh/m ²]	FATTORE 3 [kWh/m ³]	FATTORE 1 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 2 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 3 [Kg CO ₂ /m ³]
Gas naturale	352.758	1,05	370.396	81,1	80,0	18,5	15,59	15,38	3,56
Energia elettrica	69.502	2,42	168.194	36,8	36,3	8,4	7,10	7,01	1,62
TOTALE			538.590	118	116	27	23	22	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	352.758	1,05	370.396	81,1	80,0	18,5	15,59	15,38	3,56
Energia elettrica	69.502	1,95	135.528	29,7	29,3	6,8	7,10	7,01	1,62
TOTALE			505.924	111	109	25	23	22	5

Figura 5.5 – Indicatori di performance e relative emissioni di CO₂ valutati in funzione della superficie utile riscaldata

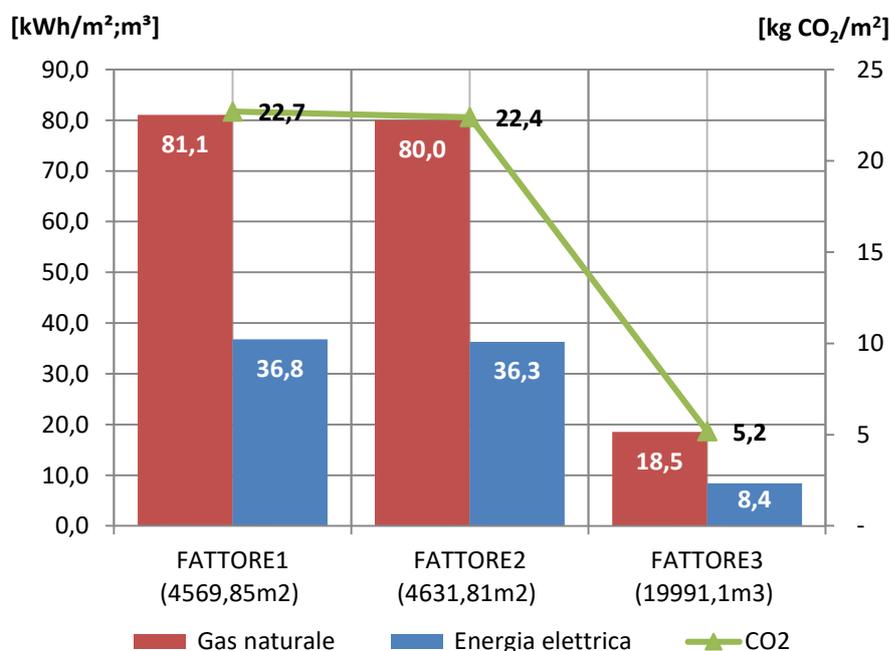
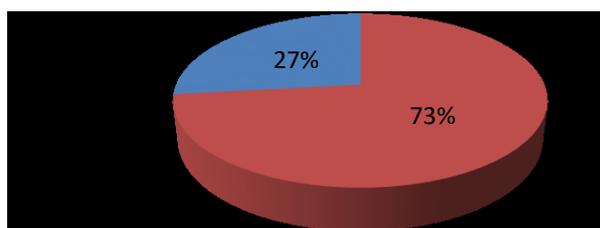
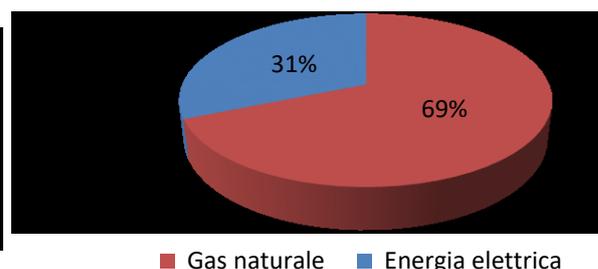


Figura 5.6 – Ripartizione % dei consumi specifici di energia primaria e delle relative emissioni di CO₂

Ripartizione % energia primaria

Ripartizione % emissioni CO₂

■ Gas naturale ■ Energia elettrica

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

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

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

La formula definita è sotto riportata:

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

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

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

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

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

Tabella 5.15 – 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	10,66	9,63	13,19	-	-	-
Energia elettrica	-	-	-	12,73	13,60	15,52

E' stato quindi possibile effettuare un raffronto con le classi di merito riportate nelle suddette Linee Guida ENEA - FIRE, ottenendo mediamente classi di merito Sufficiente per il riscaldamento ed Insufficiente per l'energia elettrica.

Si rimanda nell'allegato M il dettaglio riassuntivo di tutti gli indici di performance in condizioni standard ed adattati all'utenza.

6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO

In occasione del sopralluogo dell’edificio sono emersi alcuni dubbi in merito alle caratteristiche stratigrafiche del fabbricato (e relativamente all’eventuale presenza di isolanti all’interno dei muri verticali e/o degli orizzontamenti). Tali dubbi si sono protratti anche a seguito dell’analisi dei dati in possesso. Si è ritenuto necessario proporre alla Stazione Appaltante (attraverso una comunicazione ufficiale) di eseguire alcune ispezioni forometriche dell’involucro opaco verticale come da metodologia proposta in sede di Offerta Tecnica. L’esigenza di validare il modello energetico termico, nel rispetto del cronoprogramma (sui consumi storici), ha portato ad ipotizzare l’involucro termico del fabbricato utilizzando le seguenti informazioni in possesso: l’analisi termografica (non invasiva), la norma UNI/TR 11552 (senza grandi riscontri tra l’edificio in oggetto e le casistiche proposte dalla norma in riferimento al territorio in oggetto) e l’esperienza pluriennale maturata su molteplici edifici di analoghe caratteristiche sui quali la Società Aggiudicataria ha effettuato servizi di Diagnosi Energetica. Le ipotesi d’involucro effettuate (descritte nel paragrafo 4.1.1) hanno portato alla validazione del Modello Energetico con un errore non superiore al 5%.

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 e UNI-TS 11300-4:2016.

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		ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE	U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	U.M.
Globale	EP _{gl}	191.6	kWh/mq anno	202.3	kWh/mq anno
Climatizzazione invernale	EP _H	168.1	kWh/mq anno	169.3	kWh/mq anno
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	0.64	kWh/mq anno	0.88	kWh/mq anno
Ventilazione	EP _v	[-]	kWh/mq anno	[-]	kWh/mq anno
Raffrescamento	EP _c	[-]	kWh/mq anno	[-]	kWh/mq anno
Illuminazione artificiale	EP _L	22.6	kWh/mq anno	31.9	kWh/mq anno

Trasporto di persone e cose	EP _T	0.2	kWh/mq anno	0.3	kWh/mq anno
Emissioni equivalenti di CO ₂	CO _{2eq}	36.9	Kg/mq anno	39	Kg/mq anno

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

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO		CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE	
	[Nm ³ /anno]		[kWh/anno]	
Gas Naturale	71999		751450	
	[kWh/anno]		[kWh/anno]	
Energia Elettrica	63577		123975	

Il modello di calcolo utilizzato deve essere validato tramite confronto con la baseline energetica, secondo la presente scala di congruità:

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

Dove:

- Q_{teorico} è il fabbisogno teorico dell’edificio, come calcolato dal software di simulazione, ed è assunto pari al fabbisogno di energia per la combustione (Q_{gn,in}) così come definito dalla norma UNI TS 11300 parte 2;
- Q_{baseline} è il consumo reale (destagionalizzato nel caso di climatizzazione), dell’edificio, definito dalla baseline energetica.

Tale raffronto deve essere realizzato sia per il consumo termico, che per il consumo elettrico.

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 l’orario di funzionamento effettivo dell’impianto termico e gli indici di occupazione reali dell’edificio.

Nella Tabella 6.5 sono riportati gli indicatori di performance energetica ricavati dalla modellazione dell’edificio in modalità “Adattata all’utenza”.

Tabella 6.3 – Indicatori di performance energetica ricavati dalla modellazione (valutazione in modalità adattata all’utenza)

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE	U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	U.M.
Globale	EP _{gl}	109.6	kWh/mq anno	119.94 kWh/mq anno
Climatizzazione invernale	EP _H	86.3	kWh/mq anno	87 kWh/mq anno
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	0.6	kWh/mq anno	0.9 kWh/mq anno
Ventilazione	EP _v	[-]	kWh/mq anno	[-] kWh/mq anno
Raffrescamento	EP _c	[-]	kWh/mq anno	[-] kWh/mq anno

Illuminazione artificiale	EP _L	22.4	kWh/mq anno	31.75	kWh/mq anno
Trasporto di persone e cose	EP _T	0.2	kWh/mq anno	0.3	kWh/mq anno
Emissioni equivalenti di CO ₂	CO _{2eq}	21	Kg/mq anno	23	Kg/mq anno

Gli indici di prestazione energetica sopra riportati corrispondono ad un quantitativo annuo di vettore energetico consumato, riportato nella Tabella 6.4.

Tabella 6.4 – Consumo di vettore energetico ricavato dalla modellazione (valutazione in modalità adattata all’utenza)

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO		ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE	
	[Nm ³ /anno]		[kWh/anno]	
Gas Naturale	36.932		71.5853	
	[kWh/anno]		[kWh/anno]	
Energia Elettrica	72.183		14.5647	

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 6.5a – Validazione del modello energetico termico “Dicca” (valutazione adattata all’utenza)

Q _{teorico}	Q _{baseline}	Congruità
[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
36.7124	35.2758	3.9%

Così come già indicato nel paragrafo 3.3 si è proceduto con un’ulteriore verifica della validità dei dati climatici della stazione DICCA attraverso una seconda validazione del modello utilizzando i GG ottenuti con i dati climatici della stazione ARPAL SANT’ILARIO.

Anche in questo caso il modello risulta validato confermando la correttezza del modello e dei dati climatici presi a riferimento.

Tabella 6.6b – Validazione del modello energetico termico “Sant’Ilario” (valutazione adattata all’utenza)

Q _{teorico}	Q _{baseline}	Congruità
[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
36.7124	35.2758	-1.04%

Dall’analisi effettuata è emerso che il modello valutato in “Modalità adattata all’utenza” risulta validato.

Validazione del modello elettrico

La validazione del modello energetico elettrico è stata effettuata confrontando il consumo energetico di baseline (EE_{baseline}) così come definito al precedente capitolo 5.1.2 ed il fabbisogno teorico (EE_{teorico}) derivante dalla modellazione energetica.

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

EE _{teorico} [kWh/anno]	EE _{baseline} [kWh/anno]	Congruità [%]
72.183	69.502	3.7%

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

6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

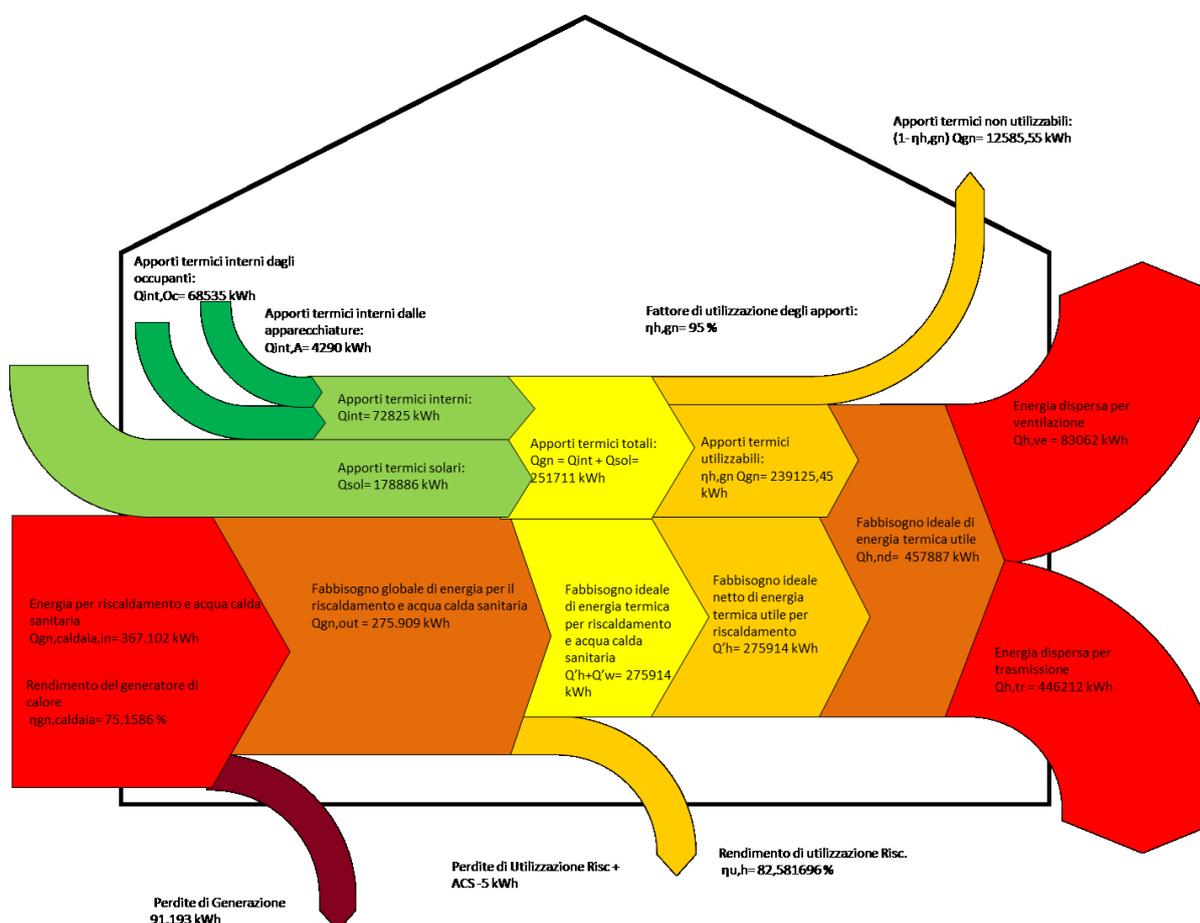
Al fine di valutare la prestazione energetica del sistema edificio-impianti si è reso necessario predisporre i risultati della modellazione energetica nella forma di un bilancio energetico che descriva l’andamento dei flussi energetici caratteristici dell’edificio in modo da valutare in maniera puntuale 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 valori rappresentati a bilancio sono valori indicizzati in kWh/(m² anno), sulla base delle superfici utili delle zone riscaldate e/o climatizzate.

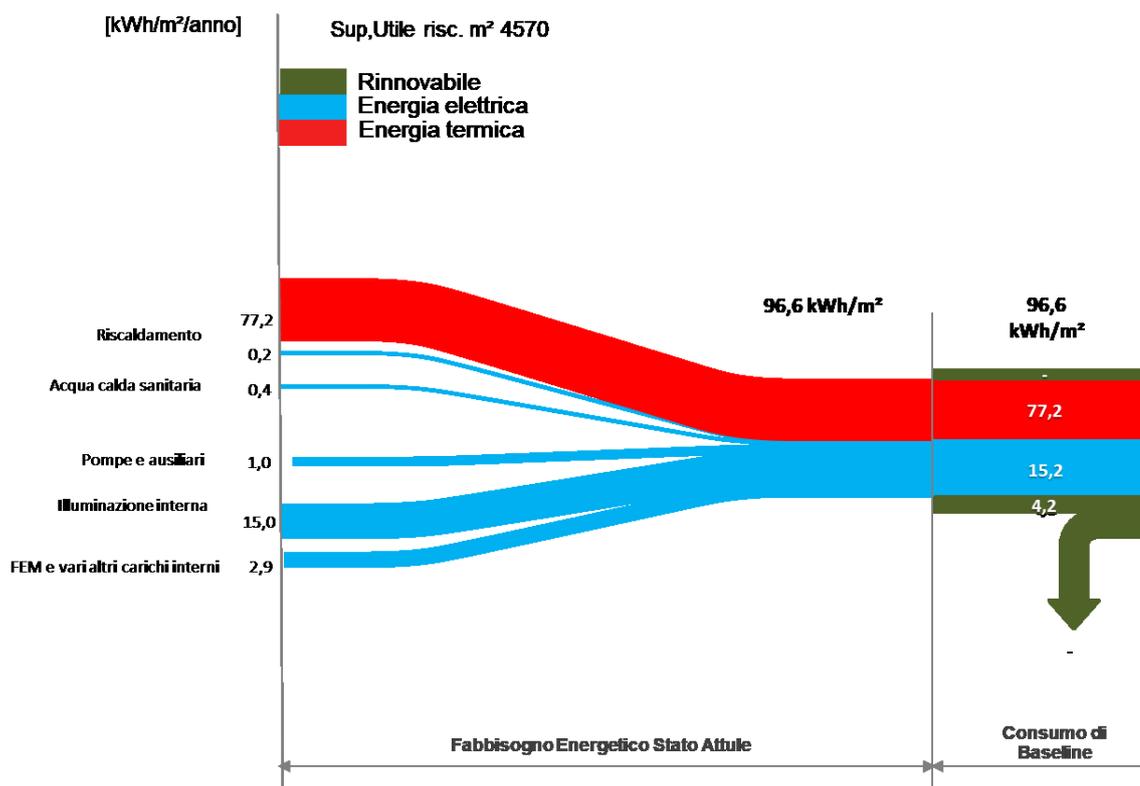
I risultati del bilancio energetico termico sono stati rappresentati nella forma di diagramma di Sankey riportato in Figura 6.1

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



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

Figura 6.2 – Bilancio energetico complessivo dell'edificio

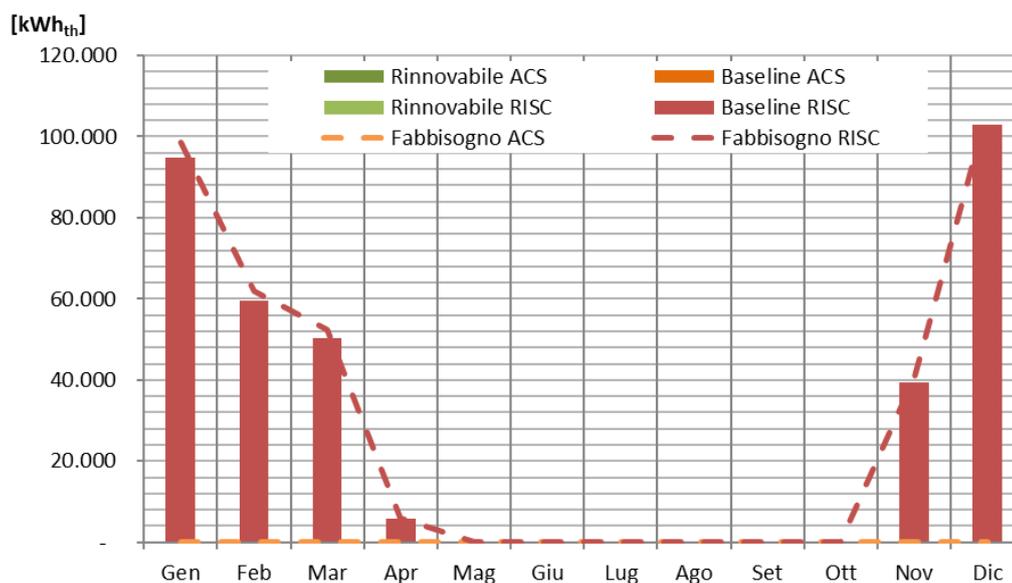


6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI

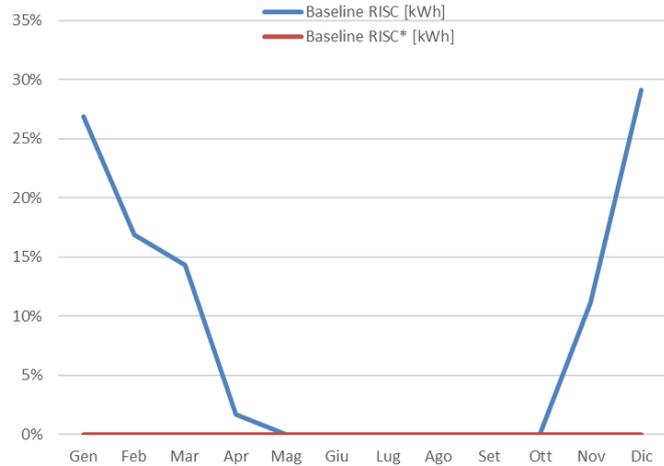
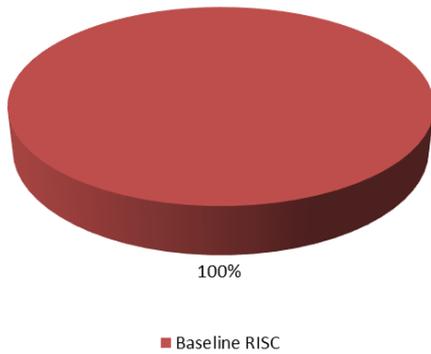
La creazione di un modello energetico consente di effettuare una più corretta ripartizione dei consumi energetici in funzione dei diversi utilizzi.

La ripartizione mensile dei fabbisogni energetici termici ricavati dalla modellazione è riportata in figura 6.3

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



Ripartizione consumi termici

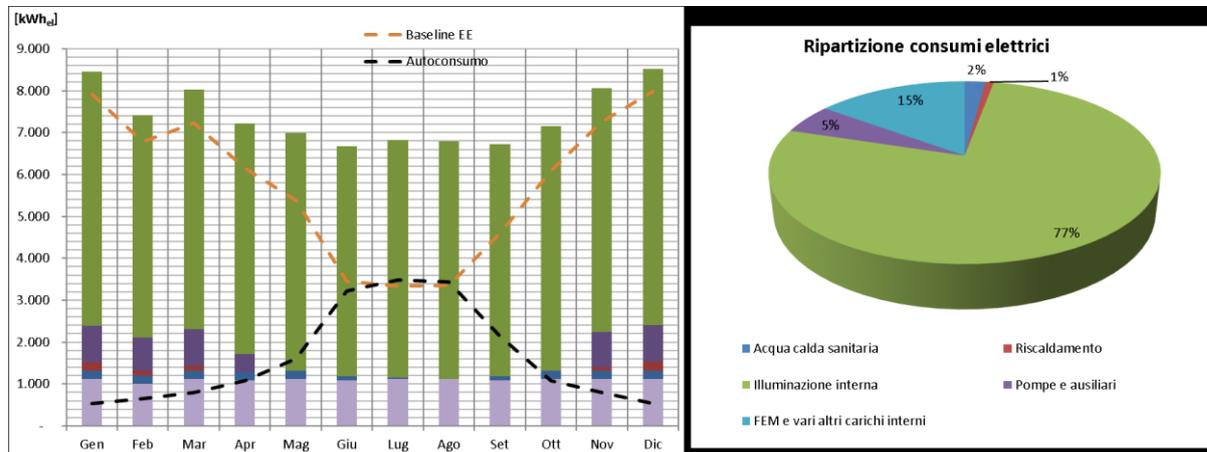


Si può notare come la maggior parte dei consumi termici sia da attribuirsi all'utilizzo per la climatizzazione invernale dei locali, pertanto, gli interventi migliorativi proposti andranno ad interessare principalmente i componenti asserviti a tale servizio.

Si è inoltre effettuato un confronto grafico tra i profili mensili ottenuti dalla modellazione termica ed i profili mensili ottenuti tramite la ripartizione dei consumi annuali di Baseline, adibiti al riscaldamento degli ambienti, in funzione dei profili mensili dei GG_{rif}.

La ripartizione dei fabbisogni energetici elettrici ricavati dalla modellazione è riportata in 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 al servizio di illuminazione interna dei locali, pertanto, gli interventi migliorativi proposti andranno ad interessare principalmente i componenti asserviti a tale sistema.

7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO

7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI

L'analisi dei costi relativi alla fornitura dei vettori energetici dell'edificio riguarda le annualità per le quali sono stati rilevati i consumi storici, pertanto si assumono come periodo di riferimento gli anni 2014 – 2015 – 2016.

Vettore termico

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

- PDR - 3270049332574: 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;

Dalle informazioni riportate nel file Kyoto fornito dalla PA, si può desumere che l'informazione per il PDR sono mancanti in virtù della mancanza della fatturazione.

Nella tabella 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: 03270049123457	QUOTA ENERGIA FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWh]	[€/kWh]
Gennaio	-	-	-	-	-	6127,85	76.558	0,080
Febbraio	-	-	-	-	-	5289,39	66.082	0,080
Marzo	-	-	-	-	-	5288,66	66.073	0,080
Aprile	-	-	-	-	-	745,48	9.314	0,080
Maggio	-	-	-	-	-	0,00	-	-
Giugno	-	-	-	-	-	0,00	-	-
Luglio	-	-	-	-	-	0,00	-	-
Agosto	-	-	-	-	-	0,00	-	-
Settembre	-	-	-	-	-	0,00	-	-
Ottobre	-	-	-	-	-	0,00	-	-
Novembre	-	-	-	-	-	3257,31	40.695	0,080
Dicembre	-	-	-	-	-	4271,33	53.363	0,080
Totale	-	-	-	-	-	24.980	312.085	0,080
PDR: 03270049123457	QUOTA ENERGIA FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWh]	[€/kWh]
Gennaio	-	-	-	-	-	4479,91	55.895	0,080
Febbraio	-	-	-	-	-	6104,78	76.168	0,080
Marzo	-	-	-	-	-	5738,78	71.602	0,080
Aprile	-	-	-	-	-	1129,55	14.093	0,080

E48 – Scuola Elementare “Palli” e scuola media “Quarto (ex Strozzi)

Maggio	-	-	-	-	-	0,00	-	-
Giugno	-	-	-	-	-	0,00	-	-
Luglio	-	-	-	-	-	0,00	-	-
Agosto	-	-	-	-	-	0,00	-	-
Settembre	-	-	-	-	-	0,00	-	-
Ottobre	-	-	-	-	-	0,00	-	-
Novembre	-	-	-	-	-	2760,11	34.437	0,080
Dicembre	-	-	-	-	-	3709,80	46.286	0,080
Totale	-	-	-	-	-	23.923	298.482	0,080
PDR: 03270049123457	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWh]	[€/kWh]
Gennaio	-	-	-	-	-	7749,21	97.590	0,079
Febbraio	-	-	-	-	-	6603,83	83.166	0,079
Marzo	-	-	-	-	-	7743,05	97.513	0,079
Aprile	-	-	-	-	-	808,80	10.186	0,079
Maggio	-	-	-	-	-	0,00	-	-
Giugno	-	-	-	-	-	0,00	-	-
Luglio	-	-	-	-	-	0,00	-	-
Agosto	-	-	-	-	-	0,00	-	-
Settembre	-	-	-	-	-	0,00	-	-
Ottobre	-	-	-	-	-	0,00	-	-
Novembre	-	-	-	-	-	5518,34	69.496	0,079
Dicembre	-	-	-	-	-	6669,94	83.998	0,079
Totale	-	-	-	-	-	35.093	441.949	0,079

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 dal file gas-MTutela_Rev02, implementato sul file Grafici_Template.

Nel grafico in

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

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

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

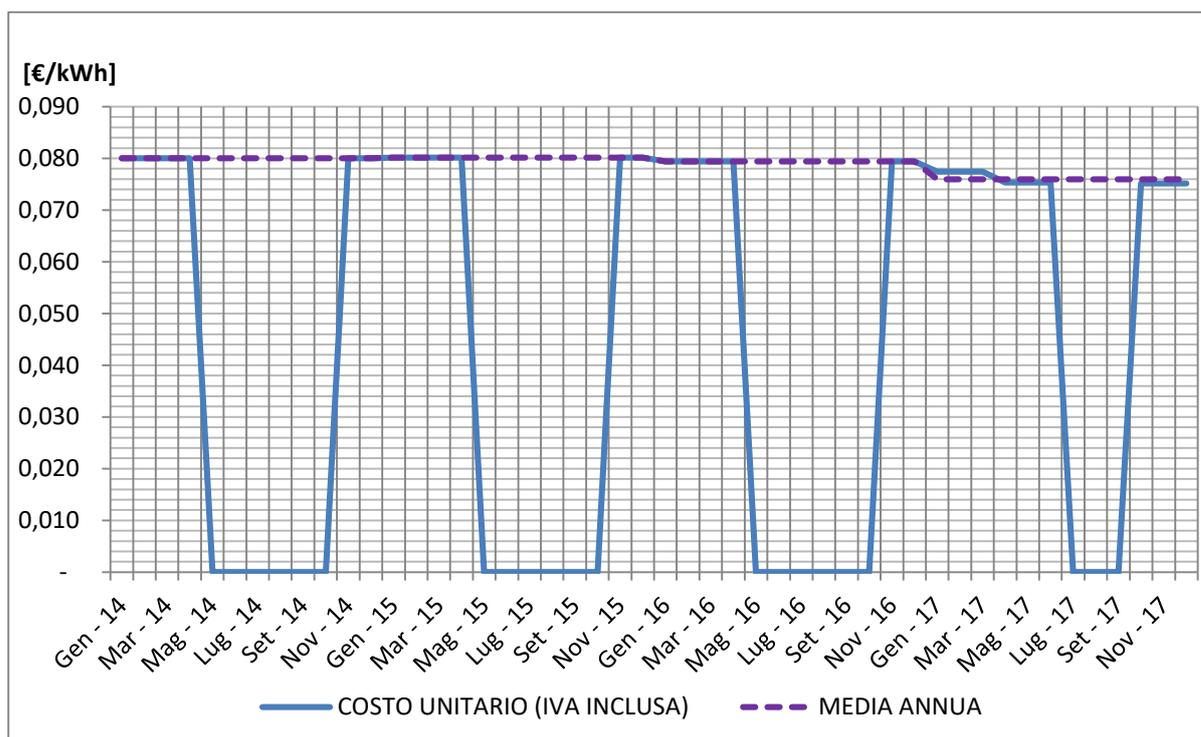
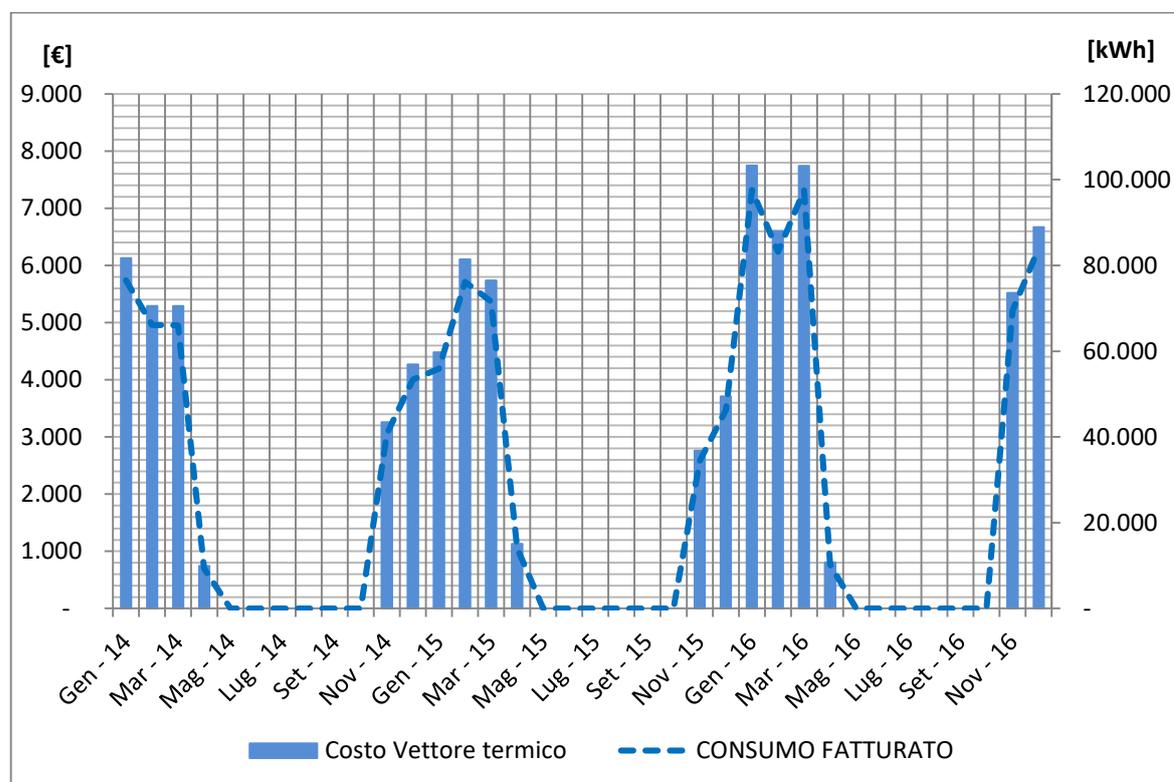


Figura 7.2 – Andamento dei consumi e dei costi dell’energia termica



Dall’analisi effettuata risulta evidente che l’andamento dei costi è oscillante con picchi nei mesi della stagione di riscaldamento, essendo questa l’unica componente. Come già detto tale consumo non è reale ma è ricostruito secondo le indicazioni della PA e riportati tra le varie mensilità in funzione

dell'effettivo funzionamento stagionale e dei GG reali. Anche il costo medio è stato fornito dall'elaborazione dei fogli di calcolo disponibili.

Vettore elettrico

La fornitura del vettore elettrico avviene tramite un contratto per un POD presente all'interno dell'edificio, come di seguito elencato:

- POD 1 – IT001E00096656: contratto di fornitura del vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. E' stato quindi possibile effettuare un'analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura.

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

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

POD: IT001E00096656	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura			
Dati di intestazione fattura	Via Candido Augusto Vecchi n. 11 Genova (GE)	Via Candido Augusto Vecchi n. 11 Genova (GE)	Via Candido Augusto Vecchi n. 11 Genova (GE)
Società di fornitura	Edison	Gala	Iren
Inizio periodo fornitura	01/10/2013	01/04/2015	01/04/2016
Fine periodo fornitura	31/03/2015	31/03/2016	-
Potenza elettrica impegnata	47,20 kW	47,20 kW	38 kW
Potenza elettrica disponibile	47,20 kW	47,20 kW	47,20 kW
Tipologia di contratto	Forniture in BT (escluso IP)	380 V	BT, Allacciamento 380 V
Opzione tariffaria ⁽¹⁾	Trioraria	Trioraria	Trioraria
Prezzi del fornitura dell'energia elettrica ⁽²⁾ [€/kWh]	0,093	0,067	0,083

Nota (18) per fatturazioni non mensili la spesa economica mensile andrà calcolata suddividendo percentualmente la spesa aggregata in base ai valori di consumo energetico mensile.

Nota (19): 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 la fornitura dell'elettricità varia il gestore di anno in anno modificando a sua volta il prezzo tariffario medio.

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

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

POD: IT001E00096656	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO
Anno 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[kWh]	[€/kWh]
Gennaio	602	90	694	95	148	1.541	7.619	0,202
Febbraio	568	92	655	89	140	1.555	7.136	0,218
Marzo	560	91	643	88	138	1.521	7.055	0,216
Aprile	430	96	536	68	113	1.245	5.458	0,228
Maggio	470	104	571	76	122	1.341	11.504	0,117

E48 – Scuola Elementare “Palli” e scuola media “Quarto (ex Strozzi)

Giugno	382	85	470	62	100	1.098	4.920	0,223
Luglio						-	-	-
Agosto	166	37	220	29	45	497	2.292	0,217
Settembre	391	80	490	63	102	1.126	5.006	0,225
Ottobre	499	94	621	80	129	1.422	6.387	0,223
Novembre	507	97	645	82	133	1.464	6.589	0,222
Dicembre						-	-	-
Totale	4.575	864	5.544	731	1.171	12.810	63.966	0,200
POD: IT001E00096656	VENDITA	DISPACCIA MENTO	RETE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURAT O	COSTO UNITARIO
Anno 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]		[kWh]	[€/kWh]
Gennaio	1.018	191	1.321	173	297	2.972	13.830	0,215
Febbraio	485	93	652	87	132	1.449	6.964	0,208
Marzo	522	103	714	98	144	1.581	7.810	0,202
Aprile	179	50	354	50	63	696	3.979	0,175
Maggio	189	55	389	55	69	757	4.430	0,171
Giugno	184	55	390	56	69	754	4.448	0,169
Luglio	241	-	462	59	76	839	4.745	0,177
Agosto	258	-	489	61	81	888	4.880	0,182
Settembre	112	-	226	30	37	404	2.364	0,171
Ottobre	172	54	450	61	74	809	4.861	0,166
Novembre	277	-	678	85	104	1.144	6.830	0,168
Dicembre	339	-	774	99	121	1.334	7.925	0,168
Totale	3.977	601	6.897	914	1.266	13.627	73.066	0,187
POD: IT001E00096656	VENDITA	DISPACCIA MENTO	RETE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURAT O	COSTO UNITARIO
Anno 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]		[kWh]	[€/kWh]
Gennaio	236	-	461	68	76	841	5.409	0,156
Febbraio	321	-	713	97	113	1.245	7.739	0,161
Marzo	-	-	-	-	-	-	-	-
Aprile	-	-	-	-	-	-	-	-
Maggio	777	-	1.306	177	226	2.486	14.170	0,175
Giugno	277	-	448	58	78	861	4.606	0,187
Luglio	180	-	240	31	45	496	2.497	0,198
Agosto	155	-	233	30	42	460	2.415	0,191
Settembre	374	-	481	63	91	1.002	5.075	0,198
Ottobre	578	-	663	89	133	1.463	7.101	0,206
Novembre	727	-	744	102	156	1.719	8.136	0,211
Dicembre	725	-	801	109	164	1.799	8.756	0,205
Totale	4.350	-	6.090	823	1.125	12.371	65.904	0,188

Nel grafico in Figura 7.2 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 7.2 – Andamento del costo unitario del vettore elettrico per il triennio di riferimento e per il 2017

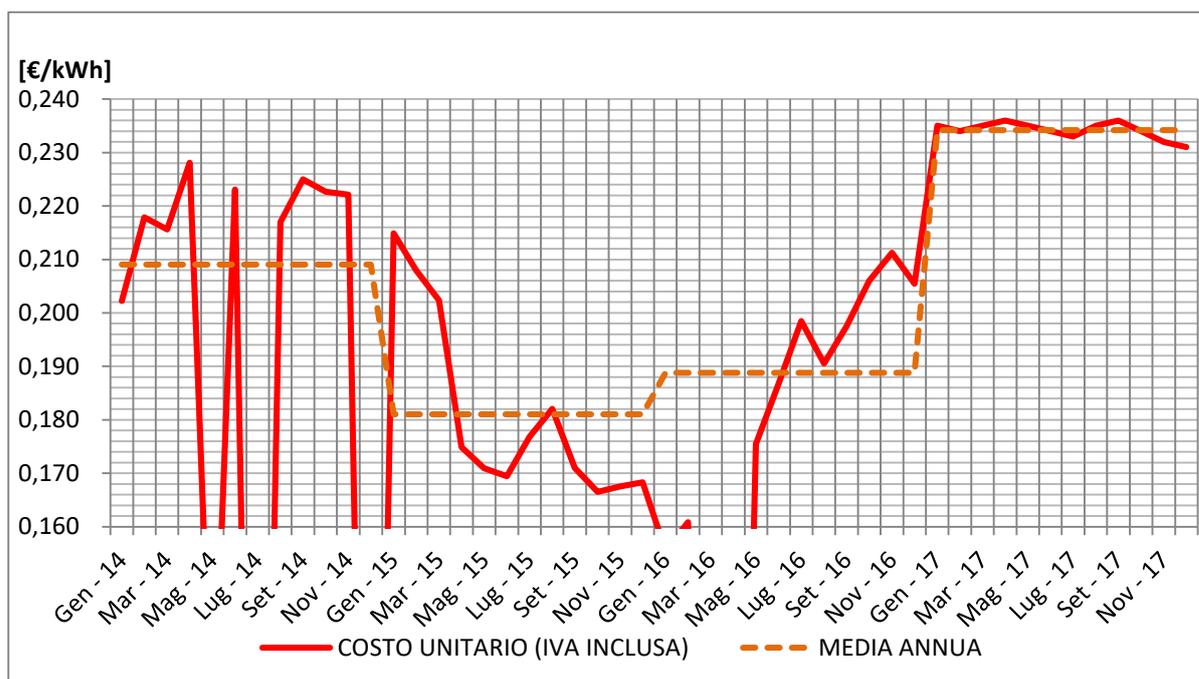
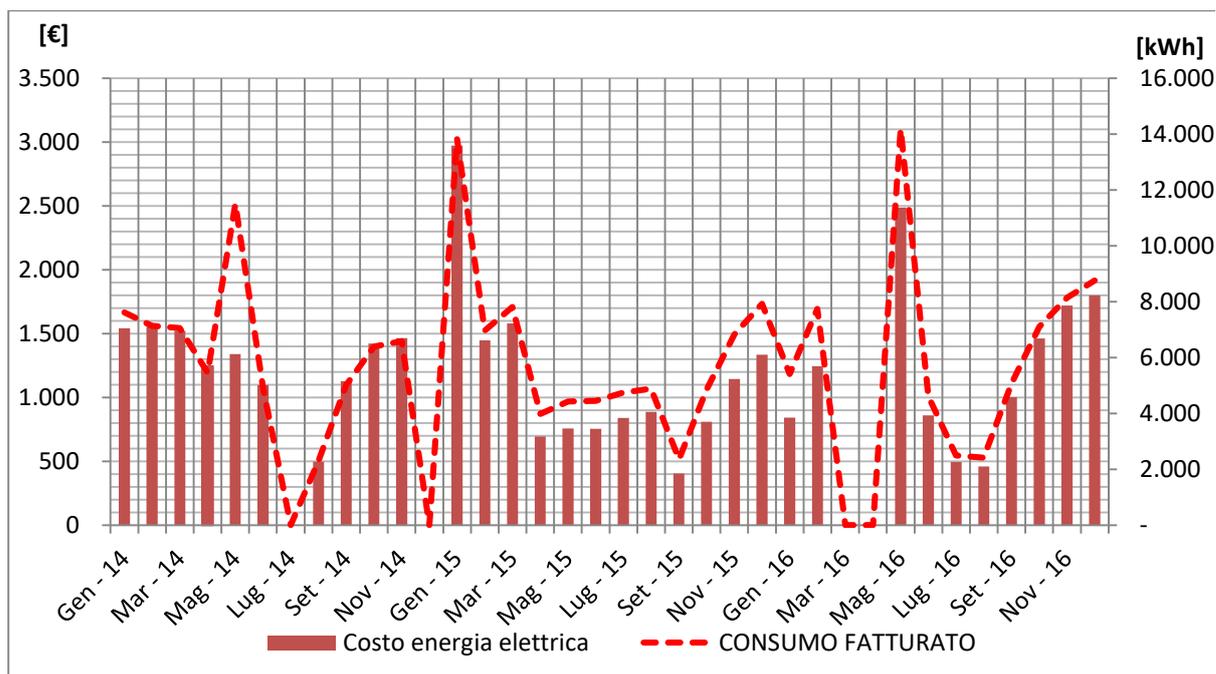


Figura 7.3 – Andamento dei consumi e dei costi dell’energia elettrica



Dall’analisi effettuata risulta evidente che per consumo fatturato s’intende quello indicato su ogni bolletta, che potrebbe contenere o meno conguagli anche di altri mesi. I reali consumi mensili (comprensivi dei conguagli posticipati) sono stati presi in considerazione nelle valutazioni energetiche dell’edificio descritte nel Capitolo 5. Nel primo grafico non sono presenti alcuni mesi per i quali o non erano presenti delle bollette (nel 2014 e 2015) oppure erano bollette bimestrali (mese Maggio 2016).

Dall’analisi risulta che alti costi unitari si hanno in corrispondenza dei mesi estivi in cui si raggiungono i minimi consumi a fronte di un alto costo di servizi di rete.

7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI

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

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

Tabella 7.4 - Sintesi dei consumi nel triennio di riferimento

ANNO	VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			TOTALE
	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[€]
2014	312.085	24.980	0,080	73.151	12.810	0,18	37.790
2015	298.482	23.923	0,080	73.066	13.627	0,19	37.550
2016	441.949	35.093	0,079	65.904	12.371	0,19	47.464
2017			0,076			0,208	
Media	370.215	29.508	0,079	70.707	12.936	0,189	40.935

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

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo unitario dell'energia termica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	C _{UQ}	0,076 [€/kWh]
Costo unitario dell'energia elettrica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	C _{UEE}	0,208 [€/kWh]

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

7.2 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:

- L1-042-171: servizio SIE3
- L1-042-516: servizio SIE3

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

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

Nel caso di impianti oggetto di contratto di sola conduzione e manutenzione il costo della manutenzione ordinaria C_{MO} è stato assunto pari al valore del contratto (C_{SIE3}) come fornito all'interno del file kyotoBaseline-E48.

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

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

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

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

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

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

Tabella 7.6 – Valori di costo 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} 22.844	[€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Media relativa a gli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici	C_{MS} 6.073	[€/anno]

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

Tali servizi prevedono il pagamento di un canone annuale da parte della PA pari a 28.917€ per la sola quota di manutenzione mentre 55.897 comprensivo della quota di energia termica.

7.3 BASELINE DEI COSTI

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

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

Per la componente energetica vale la seguente formula:

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

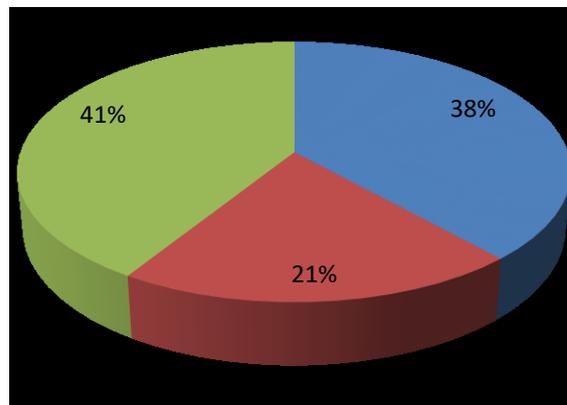
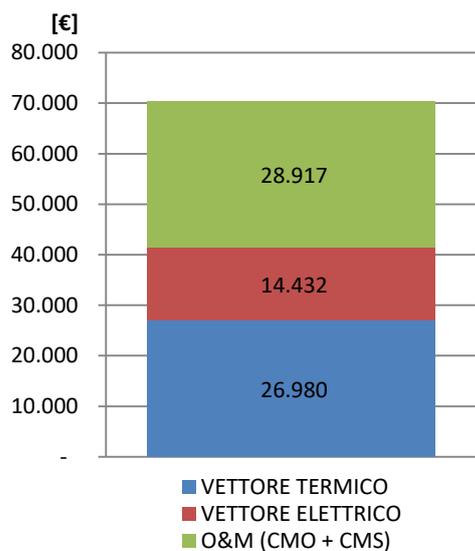
La Baseline dei Costi per il sistema edificio/impianti pre-intervento è pertanto uguale a:

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

Ne risulta quindi un C_E pari a 41.412€ e un $C_{baseline}$ pari a 70.328€

Figura 7.4 – Confronto tra i costi medi e di baseline

Figura 7.5 – Ripartizione costi di baseline



8 IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA

8.1 DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI

8.1.1 Involucro edilizio

EEM1: Coibentazione copertura piana della scuola con polistirene XPS ad alta densità e getto di completamento sp=16cm+4cm

Generalità

La misura prevede di coibentare la copertura piana della scuola con polistirene XPS ad elevata densità (sp=16cm) e getto di completamento (sp=4cm). La finitura superficiale dell’estradosso sarà con guaina impermeabilizzante.

L’efficientamento della copertura consente di ridurre considerevolmente le dispersioni dell’involucro opaco portando anche al miglioramento delle condizioni di comfort termico invernale ed estivo di tutti i locali dell’ultimo livello della scuola.

Figura 8.1 - Particolare della copertura



Caratteristiche funzionali e tecniche

L’orizzontamento a seguito dei lavori di riqualificazione risulterà maggiormente efficiente sotto l’aspetto energetico e garantirà una migliore percezione del comfort ambientale all’interno degli ambienti adiacenti alla struttura in oggetto.

Descrizione dei lavori

L’intervento consiste nella fornitura e posa di pannelli in XPS ad alta densità tipo “Styrodur” dello spessore di 16 cm. La posa dell’isolante potrà avvenire direttamente al di sopra del manto impermeabilizzante già esistente, al di sopra dello strato isolante verrà poi realizzato un getto di pendenza in cls su cui verrà realizzato il nuovo manto impermeabilizzante. Laddove fossero presenti delle piastrelle di finitura queste dovranno essere rimosse e posate al di sopra dell’impermeabilizzazione in seguito alla realizzazione di uno strato in sabbia di allettamento.

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

Prestazioni raggiungibili

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

Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM1 – Coibentazione copertura piana della scuola con polistirene XPS ad alta densità e getto di completamento sp=16cm+4cm

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM1[Parametro caratteristico dell’intervento]	[W/m ² K]	1,36	0,22	83,8%
Q _{teorico}	[kWh]	367.102	316.778	13,7%
E _{Eteorico}	[kWh]	72.183	72.183	0,0%
Q _{baseline}	[kWh]	352.758	304.400	13,7%

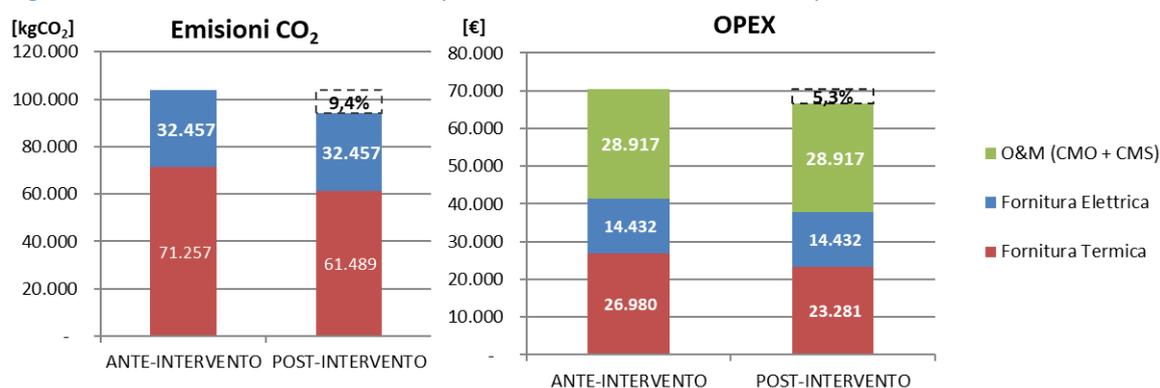
E48 – Scuola Elementare “Pallì” e scuola media “Quarto (ex Strozzi)”

EE _{Baseline}	[kWh]	69.502	69.502	0,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	71.257	61.489	13,7%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	32.457	32.457	0,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	103.714	93.946	9,4%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	26.980	23.281	13,7%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	14.432	14.432	0,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	41.412	37.713	8,9%
C _{MO}	[€]	22.844	22.844	0,0%
C _{MS}	[€]	6.073	6.073	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	28.917	28.917	0,0%
OPEX	[€]	70.328	66.630	5,3%
Classe energetica	[-]	E	E	+0 classi

Nota (20) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico gas naturale e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico – elettricità.

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,076 [€/kWh] per il vettore termico gas naturale e 0,208 [€/kWh] per il vettore elettrico – elettricità IVA inclusa.

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


EEM2: Coibentazione copertura della palestra con poliuretano tra lamiere sigillate sp=10cm
Generalità

La misura prevede di coibentare la copertura della palestra mediante la posa all'estradosso di poliuretano tra lamiere sigillate (sp=10cm).

L'efficientamento della copertura consente di ridurre considerevolmente le dispersioni dell'involucro opaco, portando anche al miglioramento delle condizioni di comfort termico invernale ed estivo del volume della palestra.

Figura 8.3 – Immagine della palestra


Caratteristiche funzionali e tecniche

L'intervento di efficientamento energetico e garantirà una migliore percezione del comfort ambientale all'interno degli ambienti presenti all'interno del volume della palestra stessa.

Descrizione dei lavori

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

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM2 sono riportati nella Tabella 8.1. e nella Figura 8.2.

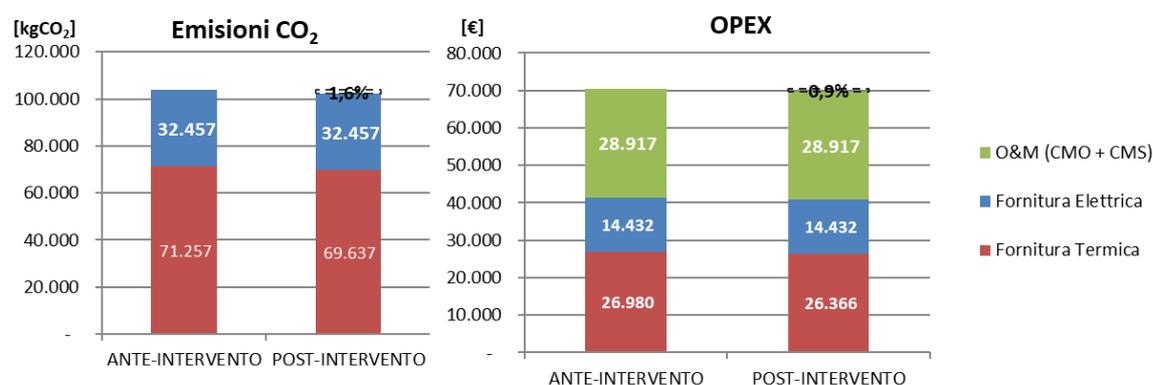
Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM2 – Coibentazione copertura della palestra con poliuretano tra lamiere sigillate sp=10cm

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Trasmittanza termica	[W/m ² K]	1,15	0,186	83,8%
Q _{teorico}	[kWh]	367.102	358.754	2,3%
EE _{teorico}	[kWh]	72.183	72.183	0,0%
Q _{baseline}	[kWh]	352.758	344.736	2,3%
EE _{baseline}	[kWh]	69.502	69.502	0,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	71.257	69.637	2,3%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	32.457	32.457	0,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	103.714	102.094	1,6%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	26.980	26.366	2,3%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	14.432	14.432	0,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	41.412	40.798	1,5%
C _{MO}	[€]	22.844	22.844	0,0%
C _{MS}	[€]	6.073	6.073	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	28.917	28.917	0,0%
OPEX	[€]	70.328	69.715	0,9%
Classe energetica	[-]	E	E	+0 classi

Nota (20) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico gas naturale e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico – elettricità.

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,076 [€/kWh] per il vettore termico gas naturale e 0,208 [€/kWh] per il vettore elettrico – elettricità IVA inclusa.

Figura 8.4 – EEM2: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



EEM3: Sostituzione infissi esistenti degradati con altri aventi $U_w=1,66 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$.

Generalità

Si ipotizza di realizzare una sostituzione dei serramenti esistenti con altri aventi $U_w=1,66 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$.

L'efficientamento delle finestre consente di ridurre considerevolmente le dispersioni dell'involucro trasparente, portando anche al miglioramento delle condizioni di comfort termico invernale ed estivo di tutti i locali della scuola. L'intervento permetterebbe di risolvere il problema delle infiltrazioni di umidità e delle perdite per ventilazione.

Figura 8.5 - Particolare dei serramenti esistenti



Caratteristiche funzionali e tecniche

La sostituzione dei serramenti garantirà una migliore percezione del comfort ambientale all'interno di tutti i locali del complesso scolastico ove i serramenti esistenti incidono considerevolmente sulle dispersioni totali per trasmissione dell'intero fabbricato data l'importante superficie occupata dalle vetrate in tutti i piani.

Descrizione dei lavori

La posa deve essere effettuata da personale tecnico specializzato nel rispetto della norma UNI 11673-1:2017 ed in particolare

Le metodologie descritte dalla norma sono finalizzate alla verifica delle prestazioni dei giunti d'installazione e della loro coerenza alle prestazioni dei serramenti. In particolare la progettazione dei giunti d'installazione dovrà essere affrontata sui seguenti livelli:

- isolamento termico (analisi della presenza di isoterme critiche sulla superficie interna del sistema di posa in opera oggetto di verifica; analisi della temperatura media mensile minima per cui non sussistono le condizioni per la formazione di muffe sulla superficie interna dell'edificio in prossimità del giunto primario e/o secondario unicamente dipendente dal sistema di posa in opera; analisi del ponte termico lineare);
- isolamento acustico;
- permeabilità all'aria;
- resistenza meccanica al carico del vento e ai carichi propri;
- resistenza all'effrazione;
- durabilità e manutenibilità;
- composti organici volatili (VOC / COV) indoor e sostenibilità;
- comportamento termo-igrometrico e traspirabilità del giunto;
- requisiti base dei materiali di sigillatura e riempimento;
- compatibilità tra tipologie di sigillanti fluidi e substrati;
- prestazioni degli accessori e componenti.

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM3 sono riportati nella Tabella 8.1 e nella Figura 8.2.

Tabella 8.3 – Risultati analisi EEM3 – Sostituzione infissi esistenti degradati con altri aventi $U_w=1,66 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$.

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Trasmittanza termica	[W/m ² K]	5	1,66	66,8%

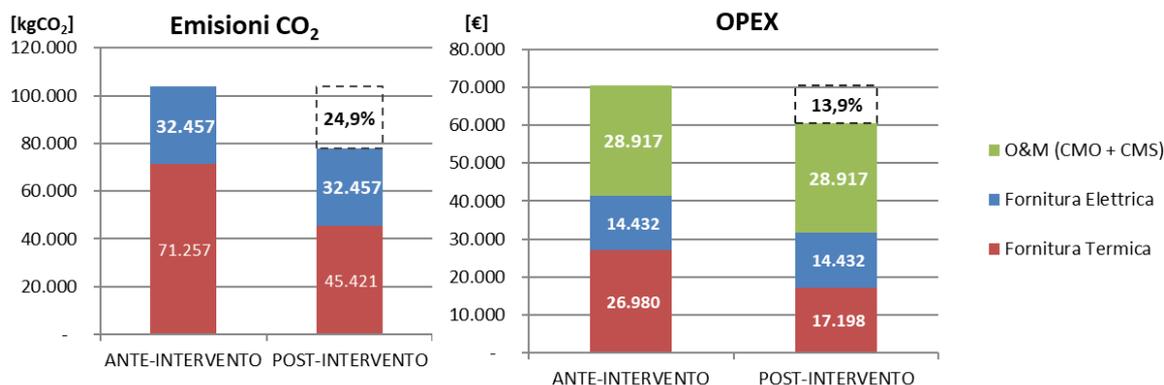
E48 – Scuola Elementare “Palli” e scuola media “Quarto (ex Strozzi)

Q _{teorico}	[kWh]	367.102	233.998	36,3%
EE _{teorico}	[kWh]	72.183	72.183	0,0%
Q _{baseline}	[kWh]	352.758	224.854	36,3%
EE _{Baseline}	[kWh]	69.502	69.502	0,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	71.257	45.421	36,3%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	32.457	32.457	0,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	103.714	77.878	24,9%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	26.980	17.198	36,3%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	14.432	14.432	0,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	41.412	31.629	23,6%
C _{MO}	[€]	22.844	22.844	0,0%
C _{MS}	[€]	6.073	6.073	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	28.917	28.917	0,0%
OPEX	[€]	70.328	60.546	13,9%
Classe energetica	[-]	E	D	+1 classi

Nota (20) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico gas naturale 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico – elettricità.

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,076 [€/kWh] per il vettore termico gas naturale e 0,208 [€/kWh] per il vettore elettrico – elettricità IVA inclusa.

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



8.1.2 Impianto riscaldamento

EEM4: Termoregolazione

Generalità

Il miglioramento delle prestazioni energetiche del sottosistema di regolazione si può ottenere mediante l'installazione di valvole termostatiche che permettono di regolare la temperatura ambiente all'interno di un edificio.

Raggiungendo poi la temperatura impostata sulla testina essa la mantiene costantemente per tutta la durata di accensione, riducendo gli sprechi di energia e conseguente discomfort degli utenti.

Caratteristiche funzionali e tecniche

Il sistema di termoregolazione è composto di tre parti:

- Valvola termostatica: che regola la portata del fluido in entrata nei radiatori,

- Testina: con la sua regolazione consente di gestire la temperatura ambiente,
- Detentore: cordolo che chiude il circuito del fluido del termosifone.

Tali componenti lavorano insieme e regolano la portata dell’acqua calda in ingresso al termosifone, tale da garantire la temperatura ambiente di set-point impostata.

L’intervento prevede l’installazione del sistema completo di ogni sua parte compatibilmente con le caratteristiche dei terminali di emissione.

Tali dispositivi prevedono una sensibilità del 0,5 °C controllando puntualmente la temperatura interna dei singoli ambienti, garantiscono un miglior comfort termico per l’utente e una migliore gestione dell’impianto termico.

Descrizione dei lavori

Si prevede l’installazione di n°210 unità, una per ciascun radiatore presente nei diversi locali dell’edificio.

Prestazioni raggiungibili

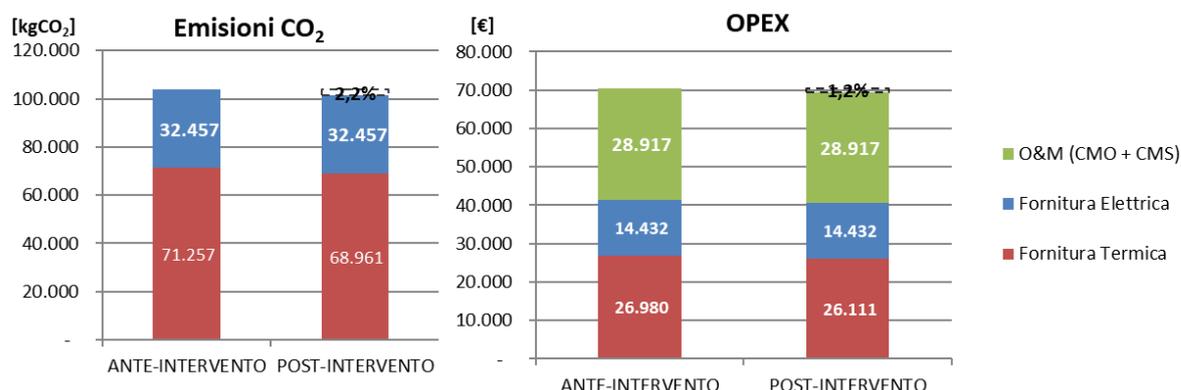
I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione della EEM4 sono riportati nella Tabella 8.1 e nella Figura 8.2.

Tabella 8.4 – Risultati analisi EEM4 – Termoregolazione

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM4 [Efficienza sottosistema di regolazione]	[%]	96%	99%	-3,1%
Q _{teorico}	[kWh]	367.102	355.275	3,2%
E _{teorico}	[kWh]	72.183	72.183	0,0%
Q _{baseline}	[kWh]	352.758	341.393	3,2%
E _{Baseline}	[kWh]	69.502	69.502	0,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	71.257	68.961	3,2%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	32.457	32.457	0,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	103.714	101.419	2,2%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	26.980	26.111	3,2%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	14.432	14.432	0,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	41.412	40.542	2,1%
C _{MO}	[€]	22.844	22.844	0,0%
C _{MS}	[€]	6.073	6.073	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	28.917	28.917	0,0%
OPEX	[€]	70.328	69.459	1,2%
Classe energetica	[-]	E	E	+0 classi

Nota (20) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico gas naturale e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico – elettricità.

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,076 [€/kWh] per il vettore termico gas naturale e 0,208 [€/kWh] per il vettore elettrico – elettricità IVA inclusa.

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

EEM6: Efficientamento generatore di calore

Generalità

Il miglioramento delle prestazioni energetiche del sottosistema di generazione si può ottenere mediante la sostituzione del generatore attuale, ormai obsoleto, con un generatore più efficiente. Si propone, pertanto, la rimozione dell'attuale caldaia e l'installazione di una caldaia a gas metano a condensazione con elevata efficienza. Nella fase degli scenari tale intervento viene applicato già con misure "to be Lean". In particolar modo le strategie in "to be Clean" così create sono impostate in previsione degli scenari a 15 e 25 anni perché includono nella fase "to be Lean" opportunità d'intervento differenti in funzione dei loro tempi di ritorno. Si è ipotizzata una riduzione del 50% dei costi di manutenzioni dovuti alla ridotta necessità di ricorrere alla sostituzione delle componenti su un nuovo generatore ipotizzando anche di usufruire, per i primi anni, della garanzia sul prodotto.

Caratteristiche funzionali e tecniche

La sostituzione dell'attuale generatore di calore di tipo tradizionale con un nuovo generatore a condensazione di pari potenza che permette di ottenere valori di efficienza più elevati, riducendo il consumo di gas metano in ingresso al sottosistema di generazione e ottimizzarne la conversione in energia termica.

Le caldaie a gas installate hanno una potenza nominale al focolare di 632 e 230 kW e risultano sovradimensionati data la volumetria dello stabile ed in base alla diagnosi energetica prodotta. In questa fase viene sostituita con una di pari potenza rimandando negli scenari a 15 e 25 anni l'installazione di un generatore con potenza inferiore, tenendo in considerazione la potenza complessiva dei terminali di emissione e il fattore di ripresa dell'edificio.

La sostituzione dell'attuale generatore di calore di tipo tradizionale con un nuovo generatore a condensazione permette di ottenere valori di efficienza più elevati, riducendo il consumo di gas metano in ingresso al sottosistema di generazione e ottimizzarne la conversione in energia termica.

Descrizione dei lavori

L'intervento proposto prevede le seguenti operazioni:

- smantellamento dei vecchi generatori a gas;
- installazione dei nuovi generatori a condensazione alimentato a gas metano e del bruciatore;
- rifacimento tubazioni in centrale termica e coibentazione delle stesse;
- adeguamento impianto di distribuzione gas internamente alla Centrale Termica;
- intubamento della canna fumaria con condotto di evacuazione fumi in pressione;
- Adeguamento quadro elettrico di alimentazione ed impianto interno della centrale termica;
- Installazione del sistema di programmazione settimanale.

Figura 8.9 - Particolare del generatore di calore attuale



Prestazioni raggiungibili

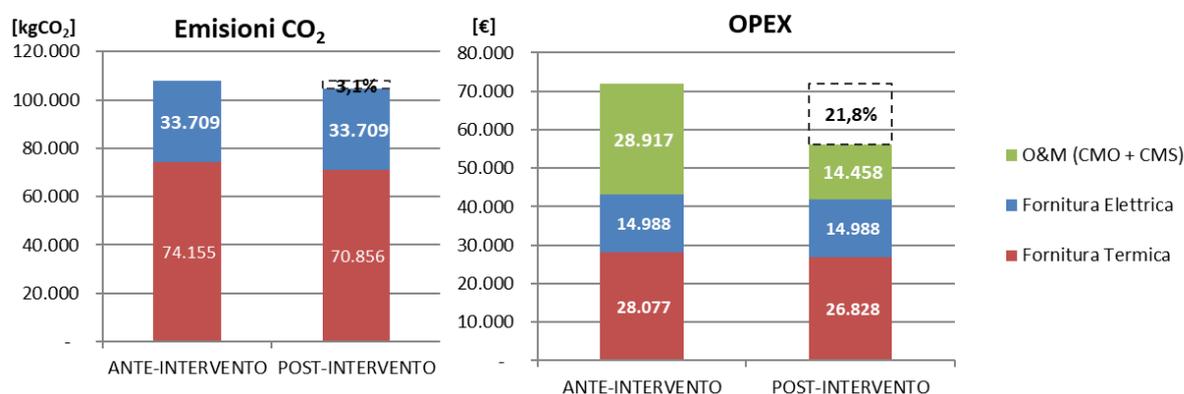
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM6 sono riportati nella Tabella 8.1 e nella Figura 8.2.

Tabella 8.5 – Risultati analisi EEM6 – Sostituzione generatore di calore

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM6 Efficienza sottosistema di generazione	[%]	[-]	[-]	[-]
$Q_{teorico}$	[kWh]	367.102	367.102	0,0%
$EE_{teorico}$	[kWh]	72.183	42.032	41,8%
$Q_{baseline}$	[kWh]	352.758	352.758	0,0%
$EE_{baseline}$	[kWh]	69.502	40.471	41,8%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	71.257	71.257	0,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	32.457	18.900	41,8%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	103.714	90.157	13,1%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	26.980	26.980	0,0%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	14.432	8.404	41,8%
Fornitura Energia, C_E	[€]	41.412	35.383	14,6%
C_{MO}	[€]	22.844	11.422	50,0%
C_{MS}	[€]	6.073	3.036	50,0%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	28.917	14.458	50,0%
OPEX	[€]	71.982	56.275	21,8%
Classe energetica	[-]	E	F	-1 classi

Nota (20) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico.

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,076 [€/kWh] per il vettore termico e 0,208 [€/kWh] per il vettore elettrico IVA inclusa.

Figura 8.10 – EEM6: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline

8.1.3 Impianto produzione acqua calda sanitaria

L'impianto di produzione di acqua calda sanitaria è costituito da boiler elettrici. Il consumo di acqua calda sanitaria è limitato e dipende dall'uso dei locali in cui sono installati. Per questa ragione non si è tenuto necessario effettuare simulazioni per questa specifica tipologia d'intervento.

8.1.4 Impianto di illuminazione ed impianto elettrico

EEM5: Efficientamento impianto di illuminazione mediante trasformazione a LED Generalità

Generalità

Il miglioramento delle prestazioni energetiche del sistema di illuminazione si può ottenere mediante la sostituzione degli attuali corpi illuminanti con un sistema di illuminazione a LED.

Caratteristiche funzionali e tecniche

L'attuale sistema di illuminazione è costituito da tubi al neon con potenza variabile tra i 18 ed i 200 W. Si propone di efficientare tale sistema mediante l'installazione di lampade tubolari a LED in tutti i locali della struttura.

Le nuove lampade a LED, di potenza variabile tra i 13 ed i 34 W garantiscono prestazioni ed efficienza più elevate, oltre che una migliore qualità del livello di illuminamento.

Le lampade a LED rispetto alle attuali lampade a fluorescenza garantiscono maggiore durata di vita, un maggior flusso luminoso a parità di potenza elettrica assorbita, minor calore sviluppato e accensione a freddo.

Descrizione dei lavori

Il criterio principale da seguire per la sostituzione di apparecchi illuminanti a tubi fluorescenti esistenti con apparecchi a LED è quello di utilizzare solo apparecchi a LED con le medesime caratteristiche illuminotecniche e di ingombro degli apparecchi illuminanti esistenti, in modo da non modificare la distribuzione dei corpi illuminanti dettata dai calcoli illuminotecnici di progetto né essere costretti a modificare le strutture interne.

Figura 8.11 - Particolare di una lampada fluorescente attualmente installata



Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione della EEM5 sono riportati nella Tabella 8.1 e nella Figura 8.2.

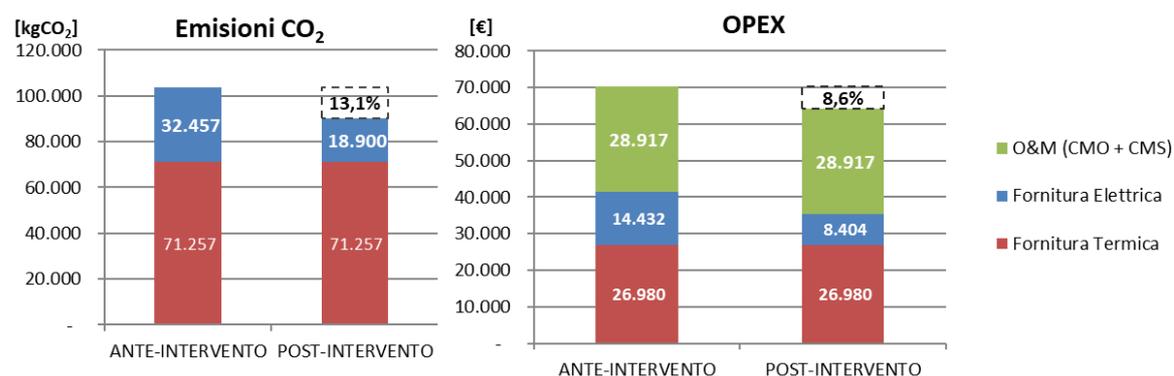
Tabella 8.6 – Risultati analisi EEM5 – Installazione Impianto di Illuminazione LED

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM5	[-]	[-]	[-]	[-]
Q _{teorico}	[kWh]	367.102	367.102	0,0%
EE _{teorico}	[kWh]	72.183	42.032	41,8%
Q _{baseline}	[kWh]	352.758	352.758	0,0%
EE _{baseline}	[kWh]	69.502	40.471	41,8%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	71.257	71.257	0,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	32.457	18.900	41,8%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	103.714	90.157	13,1%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	26.980	26.980	0,0%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	14.432	8.404	41,8%
Fornitura Energia, C_E	[€]	41.412	35.383	14,6%
C _{MO}	[€]	22.844	22.844	0,0%
C _{MS}	[€]	6.073	6.073	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	28.917	28.917	0,0%
OPEX	[€]	70.328	64.300	8,6%
Classe energetica	[-]	E	F	-1 classi

Nota (20) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico gas naturale e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico – elettricità.

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,076 [€/kWh] per il vettore termico gas naturale e 0,208 [€/kWh] per il vettore elettrico – elettricità IVA inclusa.

Figura 8.11 – EEM5: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



9 VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA

Le analisi economiche per determinare il valore degli interventi sono state effettuate attraverso la redazione di computi metrici utilizzando i prezzi unitari riportati nel Prezzario Opere Pubbliche della Regione Liguria.

Nel caso in cui il Prezzario Regione Liguria fosse stato sprovvisto delle voci necessarie si è fatto riferimento a prezzi unitari riportati all'interno di altri prezzari regionali o camerali di regioni o province limitrofe. Le fonti alternative utilizzate sono state: Prezziario Regionale Piemonte, Milano, Camera di Commercio Reggio Emilia.

9.1 ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

EEM1: Coibentazione copertura scuola con polistirene XPS e getto (sp=16+4cm)

Nella Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 1, che consiste nella realizzazione della coibentazione della copertura della scuola con polistirene XPS e getto di completamento con impermeabilizzazione finale (sp=16+4cm).

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:

La tabella 5 delle regole applicative del D.M. 16 febbraio 2016 prevedono che gli incentivi per tale intervento siano il 40% della spesa ammissibile con un costo massimo ammissibile di 200 €/m² e di un valore massimo dell'incentivo non superiore ai 400.000 €. Nel caso in cui vengano previsti oltre all'isolamento termico delle superfici opache almeno un intervento a scelta tra le tipologie 1.C, 2A, 2.B, 2.C, 2.E, la percentuale incentivata della spesa ammissibile è pari al 55%. Nella tabella 9.1 sono riportati i risultati della quantificazione dell'incentivo al 40%

Tabella 9.1 – Analisi dei costi della EEM1: Coibentazione copertura scuola con polistirene XPS e getto

DESCRIZIONE	FORTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO SCONTATO DEL 10%	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ²]	[€]	[€]	[€]
Pannelli in polistirene espanso estruso (XPS) con o senza pelle, resistenza a compressione pari a 300 kpa (secondo la norma UNI EN 13164), euroclasse E di resistenza al fuoco, marchiatura CE, lambda pari a 0,038 W/mK. Per isolamento termico interno ed esterno spessore 160 mm	Prezziario Regione Piemonte	1221,43	m ²	€ 24,91	€ 30.424,71	22%	€ 37.118,15
solo posa di isolamento termico-acustico su superfici orizzontali eseguito con pannelli isolanti, posti in opera mediante fissaggio con chiodi di materiale plastico compresa la sigillatura dei giunti con nastro adesivo plastificato	Prezziario Regione Liguria	1221,43	m ²	€ 4,13	€ 5.041,17	22%	€ 6.150,23
massetto semplice o armato per formazione di pendenze su coperture piane o simili costituito da impasto cementizio dosato a 300 kg di cemento 32.5R dello spessore medio di 5 cm	Prezziario Regione Liguria	1221,43	m ²	€ 12,75	€ 15.578,78	22%	€ 19.006,12
solo posa in opera di membrane bituminose semplici, autoprotette, mediante rinvenimento a fiamma su superfici pianeggianti o con pendenza fino a 30 gradi di inclinazione	Prezziario Regione Liguria	1221,43	m ²	€ 7,01	€ 8.561,11	22%	€ 10.444,56
Membrana elastoplastomerica armata con lamina di alluminio minima 60 micron accoppiata a feltro di vetro rinforzato e	Prezziario Regione Liguria	1221,43	m ²	€ 3,44	€ 4.197,28	22%	€ 5.120,68

E48 – Scuola Elementare “Palli” e scuola media “Quarto (ex Strozzi)

stabilizzato imputscibile . Spessore 3 mm								
Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezzario Regione Liguria	96	h	€ 28,98	€ 2.782,25	22%	€	3.394,35
Costi per la sicurezza	-	3%	%		€ 1.914,09	22%	€	2.335,19
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%		€ 4.466,21	22%	€	5.448,78
TOTALE (I₀– EEM1)					€ 72.966	22%	€	89.018
Incentivi	[Conto termico]						€	35.607,22
Durata incentivi								5
Incentivo annuo							€	7.121,44

EEM2: Coibentazione copertura palestra con poliuretano tra lamiera sigillate (sp=10cm)

Nella Tabella 9.1 è riportata l’analisi dei costi relativi alle EEM 2, che consiste nella realizzazione della coibentazione all’estradosso della copertura della palestra con poliuretano tra lamiera sigillate (sp=10cm).

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:

La tabella 5 delle regole applicative del D.M. 16 febbraio 2016 prevedono che gli incentivi per tale intervento siano il 40% della spesa ammissibile con un costo massimo ammissibile di 200 €/m² e di un valore massimo dell’incentivo non superiore ai 400.000 €. Nel caso in cui vengano previsti oltre all’isolamento termico delle superfici opache almeno un intervento a scelta tra le tipologie 1.C, 2A, 2.B, 2.C, 2.E, la percentuale incentivata della spesa ammissibile è pari al 55%. Nella tabella 9.1 sono riportati i risultati della quantificazione dell’incentivo al 40%

Tabella 9.2 – Analisi dei costi della EEM2: Coibentazione copertura palestra con poliuretano tra lamiera sigillate

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO SCONTATO DEL 10%	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)	
				[€/n° o €/m ²]	[€]	[€]	[€]	
Realizzazione di copertura in lastre isolanti a profilo grecato od ondulato in lamiera di acciaio zincato protetta nella faccia superiore da un rivestimento anticorrosivo a base di asfaltoplastico stabilizzato, spessore minimo mm 1.8, e da una lamina di alluminio goffrato, titolo 99.5, e nella faccia inferiore da un primer bituminoso termostabile e da una lamina di alluminio come sopra, comprese sovrapposizioni, gruppi di fissaggio, pezzi speciali Compresa la listellatura, con finitura superficiale al naturale	Prezzario Regione Piemonte	303,05	m2	€ 67,27	€ 20.387,00	22%	€ 24.872,14	
Pannello in polistirene espanso sintetizzato (EPS), esenti da CFC o HCFC, densità compresa tra 18-28 kg/m ³ euroclasse E di resistenza al fuoco, marchiatura CE lambda pari a 0.033 W/mK, per isolamento termico di pareti e solai. spessore 4-5-6-8-10-12-14-16 cm per ogni cm	Prezzario Regione Liguria	3030,5	m2cm	€ 0,64	€ 1.928,50	22%	€ 2.352,77	
Costi per la sicurezza	-	3%	%		€ 669,47	22%	€ 816,75	
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%		€ 1.562,09	22%	€ 1.905,74	
TOTALE (I₀– EEM2)					€ 24.547	22%	€ 29.947	
Incentivi	[Conto termico]						€	11.978,96
Durata incentivi								5
Incentivo annuo							€	2.395,79

EEM3: Sostituzione infissi con altri aventi $U=1,66W/m^2K$

Nella Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 3, che consiste nella sostituzione degli infissi esistenti con altri aventi $U=1,66W/m^2K$.

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:

La tabella 5 delle regole applicative del D.M. 16 febbraio 2016 prevedono che gli incentivi per tale intervento siano il 40% della spesa ammissibile con un costo massimo ammissibile di 450€/m² e di un valore massimo dell'incentivo non superiore ai 100.000 €. Tali incentivi sono erogabili solo nel caso in cui vengano installati, congiuntamente ai serramenti, sistemi di termoregolazione. Nel caso in cui vengano previsti oltre all'isolamento termico delle superfici opache almeno un intervento a scelta tra le tipologie 1.C, 2A, 2.B, 2.C, 2.E, la percentuale incentivata della spesa ammissibile è pari al 55%. Nella tabella 9.3 sono riportati i risultati della quantificazione senza l'incentivo, esso sarà poi calcolato solamente nelle misure di efficienza congiunte degli scenari a medio/lungo termine, che prevederanno il 40% oppure il 55%.

Tabella 9.3– Analisi dei costi della EEM3: Sostituzione infissi con altri aventi $U=1,66W/m^2k$

DESCRIZIONE	FORNITORE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO SCONTATO DEL 10% [€/n° o €/m ²]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
Rimozione senza recupero di serramenti in legno o metallo compresa rimozione telaio a murare per misurazioni minima 2 mq	Prezziario Regione Liguria	1147,89	m2	€ 27,37	€ 31.420,88	22%	€ 38.333,47
Finestra o portafinestra in PVC completa di vetrocamera, qualità media, con valore massimo di trasmittanza $U=2,8 W/m^2K$, controtelaio escluso, misurazione minima per serramento m ² 1,0 apertura ad una o due ante o a vasistas	Prezziario Regione Liguria	1147,89	m2	€ 299,00	€ 343.219,11	22%	€ 418.727,31
solo posa in opera di finestra o portafinestra in alluminio, pvc, legno acciaio esclusa la fornitura e posa di controtelaio in acciaio	Prezziario Regione Liguria	1147,89	m2	€ 44,12	€ 50.642,82	22%	€ 61.784,24
Controtelaio per finestre, portefinestre e simili, in legno.	Prezziario Regione Liguria	135,5221	m	€ 6,90	€ 935,10	22%	€ 1.140,83
Trasporto eseguito con autocarro, motocarro o simili, della portata fino a 1000 kg, di materiali di risulta da scavi e/o demolizioni, per ogni km del tratto entro i primi 5. Misurato in banco	Prezziario Regione Liguria	172,1835	m3	€ 10,70	€ 1.842,36	22%	€ 2.247,68
Costi per la sicurezza	-	3%	%		€ 12.841,81	22%	€ 15.667,01
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%		€ 29.964,22	22%	€ 36.556,35
TOTALE (I₀– EEM3)					€ 470.866	22%	€ 574.457
Incentivi	[Conto termico]						
Durata incentivi							
Incentivo annuo							

EEM4: Installazione impianto di termoregolazione

Nella Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 4, che consiste nell'installazione di un impianto di termoregolazione.

Tabella 9.4– Analisi dei costi della EEM4: Installazione impianto di termoregolazione

DESCRIZIONE	FORNITORE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
-------------	-----------------------------	----------	------	-----------------	----------------------	-----	----------------------

					SCONTATO DEL 10%			
					[€/n° o €/m ₂]	[€]	[€]	[€]
Valvole micrometriche a squadra complete di testa termostatica con elemento sensibile a gas: Ø 20 mm	Prezzario Regione Liguria	210	cad	€	37,61	€ 7.897,91	22%	€ 9.635,45
Detentori in bronzo per tubi del diametro di: 20 mm a squadra	Prezzario Regione Liguria	210	cad	€	9,20	€ 1.932,00	22%	€ 2.357,04
Impianti Elettrici idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezzario Regione Liguria	140	h	€	28,98	€ 4.057,45	22%	€ 4.950,09
Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 416,62	22%	€ 508,28
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 972,12	22%	€ 1.185,98
TOTALE (I₀ – EEM4)						€ 15.276	22%	€ 18.637
Incentivi	[Conto termico]							0
Durata incentivi								0
Incentivo annuo								0

EEM5: Installazione impianto di illuminazione LED

Nella Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 5, che consiste nell'installazione di un impianto di illuminazione LED in sostituzione a quello attuale.

Tabella 9.5– Analisi dei costi della EEM5: Installazione impianto di illuminazione LED

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO SCONTATO DEL 10%	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)	
				[€/n° o €/m ₂]	[€]		[€]	[€]
Rimozione e smaltimento di corpo illuminante	Milano	965	cad	€ 5,21	€ 5.026,77	22%	€ 6.132,66	
Plafoniera a tenuta stagna per installazione diretta a parete o a soffitto - monolampada led 4000K 2800 lm potenza 13 W - lunghezza 690 mm	Milano	250	cad	€ 89,96	€ 22.490,91	22%	€ 27.438,91	
Lampade lineari a LED non dimmerabili 9 - 10W con durata >= 40000 h	Prezzario Regione Piemonte	250	cad	€ 26,10	€ 6.525,00	22%	€ 7.960,50	
Plafoniera a tenuta stagna per installazione diretta a parete o a soffitto - monolampada led 4000K 2800 lm potenza 22 W - lunghezza 1300 mm	Milano	703	cad	€ 111,92	€ 78.678,48	22%	€ 95.987,75	
Lampade lineari a LED non dimmerabili 19-20W con durata >= 40000 h	Prezzario Regione Piemonte	703	cad	€ 39,12	€ 27.500,08	22%	€ 33.550,10	
Plafoniera a tenuta stagna per installazione diretta a parete o a soffitto - monolampada led 4000K 2800 lm potenza 29 W - lunghezza 1600 mm	Milano	12	cad	€ 126,82	€ 1.521,82	22%	€ 1.856,62	
Lampade lineari a LED non dimmerabili 34W con durata >= 40000 h	Prezzario Regione Piemonte	12	cad	€ 65,45	€ 785,35	22%	€ 958,12	
Costi per la sicurezza	-	3%	%		€ 4.275,85	22%	€ 5.216,54	
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%		€ 9.976,99	22%	€ 12.171,93	
TOTALE (I₀ – EEM5)						€ 156.781	22%	€ 191.273
Incentivi	[Conto termico]							€ 63.977,90
Durata incentivi								5
Incentivo annuo								€ 12.795,58

EEM6: Sostituzione generatore di calore

Nella Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 6, che consiste nella sostituzione dei due generatori di calore esistenti con altri a condensazione dotati di maggiore efficienza.

Tabella 9.6– Analisi dei costi della EEM6: Sostituzione generatore di calore



DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO SCONTATO DEL 10%	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ²]	[€]	[€]	[€]
Rimozione generatore esistente - taglia caldaia esistente Pn > 250 e Pn <= 350	CCIAA RE	1	cad	€ 1.616,05	€ 1.616,05	22%	€ 1.971,59
Rimozione generatore esistente - taglia caldaia esistente Pn > 500 e Pn <= 700	CCIAA RE	1	cad	€ 3.697,50	€ 3.697,50	22%	€ 4.510,95
Caldaie a condensazione a basamento, corpo in lega di alluminio-silicio-magnesio con scambiatore primario a basso contenuto d'acqua, classe 5 NOx, rendimento energetico a 4 stelle in base alle direttive europee, bruciatore modulante con testata metallica ad irraggiamento, compreso il pannello di comando montato sul mantello di rivestimento, della potenza termica nominale di: 590 Kw circa	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 28.203,75	€ 28.203,75	22%	€ 34.408,58
Caldaie a condensazione a basamento, corpo in lega di alluminio-silicio-magnesio con scambiatore primario a basso contenuto d'acqua, classe 5 NOx, rendimento energetico a 4 stelle in base alle direttive europee, bruciatore modulante con testata metallica ad irraggiamento, compreso il pannello di comando montato sul mantello di rivestimento, della potenza termica nominale di: 275 Kw circa	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 11.385,00	€ 11.385,00	22%	€ 13.889,70
Sistema fumario prefabbricato a sezione circolare, con giunti maschio-femmina con profilo conico a elementi modulari a doppia parete acciaio inox (parete interna AISI316L e parete esterna AISI304), coibentazione 25mm in lana di roccia pressata, senza guarnizioni di tenuta Coppa di scarico condensa Ø 250 mm	Prezzario Regione Liguria	2	cad	€ 211,60	€ 423,20	22%	€ 516,30
Sola posa in opera di bruciatore per caldaie, compresi la lavorazione della piastra di collegamento alla caldaia, la sola posa della rampa gas e del dispositivo di controllo tenuta valvola, i collegamenti elettrici, i collegamenti alla tubazione del combustibile a metano o gasolio: per generatori di calore da 351 Kw a 700 Kw	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 419,17	€ 419,17	22%	€ 511,39
Sola posa in opera di bruciatore per caldaie, compresi la lavorazione della piastra di collegamento alla caldaia, la sola posa della rampa gas e del dispositivo di controllo tenuta valvola, i collegamenti elettrici, i collegamenti alla tubazione del combustibile a metano o gasolio: per generatori di calore da 101 Kw a 350 Kw	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 357,07	€ 357,07	22%	€ 435,63
Circolatori per impianti di riscaldamento e condizionamento a velocità variabile, regolate elettronicamente, classe di protezione IP44, classe energetica A, 230V, del tipo: versione gemellare con attacchi flangiati, Ø 80, PN6, prevalenza da 1 a 12 m, portata da 1 a 58 m ³ /h	Prezzario Regione Liguria	2	cad	€ 4.170,19	€ 8.340,38	22%	€ 10.175,27
Sola posa in opera di pompe e/o circolatori singoli o gemellari per fluidi caldi o freddi, compreso bulloni, guarnizioni e il collegamento alla linea elettrica, escluse le flange. Per attacchi del diametro nominale di: maggiore di 80 mm fino a 100 mm	Prezzario Regione Liguria	2	cad	€ 88,49	€ 176,98	22%	€ 215,92
Accessori per caldaie a condensazione: Tubi Ø 80mm della lunghezza 1 m	Prezzario Regione Liguria	15	cad	€ 19,21	€ 288,14	22%	€ 351,53
Accessori per caldaie a condensazione: Kit scarichi separati per tubi Ø 80mm	Prezzario Regione Liguria	2	cad	€ 25,87	€ 51,75	22%	€ 63,13

E48 – Scuola Elementare “Palli” e scuola media “Quarto (ex Strozzi)

Sola posa in opera di accessori per impianti di termoregolazione compresi collegamenti elettrici: sonde in genere	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€	109,64	€	109,64	22%	€	133,76
Sola posa in opera di accessori per impianti di termoregolazione compresi collegamenti elettrici: interruttore orologio da inserire in quadro elettrico	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€	27,01	€	27,01	22%	€	32,95
Interruttore orario digitale modulare per la programmazione settimanale a due canali	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€	133,40	€	133,40	22%	€	162,75
Sonde di temperatura e umidità: sola temperatura, per impianti civili e industriali per esterno	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€	69,52	€	69,52	22%	€	84,81
Opere edili Operaio Qualificato	Prezzario Regione Liguria	15	h	€	31,28	€	469,23	22%	€	572,46
Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezzario Regione Liguria	40	h	€	28,98	€	1.159,27	22%	€	1.414,31
Trasporto a discarica o a centro di riciclaggio di materiali di risulta provenienti da scavi e/o demolizioni, misurato su autocarro in partenza, esclusi gli eventuali oneri di discarica o smaltimento, eseguito con piccolo mezzo di trasporto con capacità di carico fino a 3 t. per ogni chilometro del tratto oltre i primi 5 km e fino al decimo km.	Prezzario Regione Liguria	50	m³km	€	4,29	€	214,55	22%	€	261,75
Costi per la sicurezza	-	3%	%			€	1.714,25	22%	€	2.091,38
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€	3.999,91	22%	€	4.879,89
TOTALE (I₀ – EEM6)						€	62.856	22%	€	76.684
Incentivi	[Conto termico]								€	30.673,62
Durata incentivi										5
Incentivo annuo									€	6.134,72

9.2 ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

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

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

Gli indicatori economici d'investimento utilizzati sono:

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

Essi sono così definiti:

1) Tempo di ritorno semplice (TRS):

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

Dove:

- I₀ è il valore dell'investimento iniziale;

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

2) Tempo di ritorno attualizzato (TRA):

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

Dove:

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

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

Dove:

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

3) Valore Attuale Netto (VAN) del progetto:

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

Dove:

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

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

5) Indice di Profitto (IP):

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

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

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

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

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

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

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

EEM1: Coibentazione copertura piana della scuola con polistirene XPS ad alta densità e getto di completamento sp=16cm+4cm

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

Tabella 9.7 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM1– Copertura piana della scuola con XPS

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€ 89.018
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 7.121
Durata incentivo	n_B	anni 5
Tasso di attualizzazione	i	[%] 3,5%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO	VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS 21,7	12,6
Tempo di rientro attualizzato	TRA 36,8	19,8
Valore attuale netto	VAN - 16.904	14.799
Tasso interno di rendimento	TIR 2,2%	6,0%
Indice di profitto	IP -0,19	0,17

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

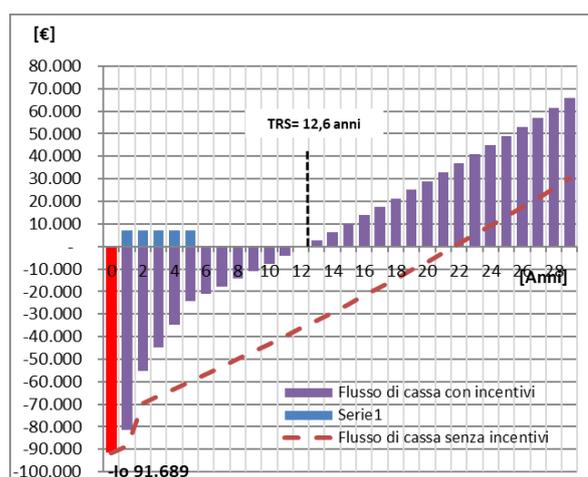
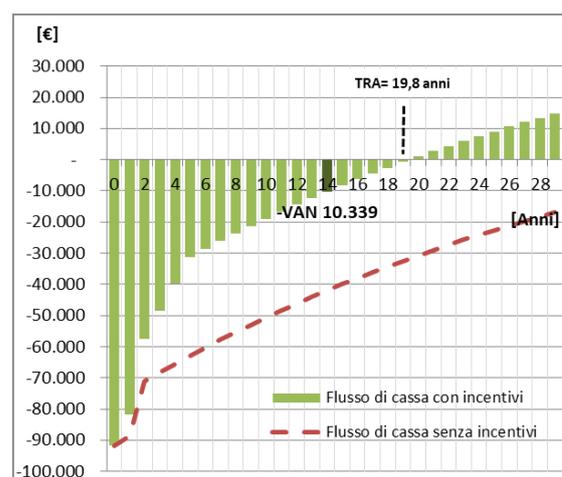


Figura 9.2 – EEM1: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento di cappottatura delle facciate verticali esterne ha un TRS di 12,6 anni considerando di ottenere l'incentivo previsto dal Conto Termico pari al 40% dei costi, pertanto tale intervento può essere preso in considerazione anche su scenari di medio periodo. Nel caso in cui non vi fossero incentivi a disposizione il tempo di ritorno è comunque ancora sostenibile soltanto su un lungo periodo in quanto il TRS è di 21,7 anni.

EEM2: Coibentazione copertura della palestra con poliuretano tra lamiere sigillate sp=10cm

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

Tabella 9.8 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM2– Copertura della palestra con poliuretano tra lamiere sigillate

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE	
Investimento Iniziale	I_0	€	29.947
Oneri Finanziari % l_0	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	30
Incentivo annuo	B	€/anno	2.396
Durata incentivo	n_B	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	40,3	23,5
Tempo di rientro attualizzato	TRA	62,0	36,1
Valore attuale netto	VAN	- 15.909	- 5.243
Tasso interno di rendimento	TIR	-2,2%	1,4%
Indice di profitto	IP	-0,53	-0,18

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

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

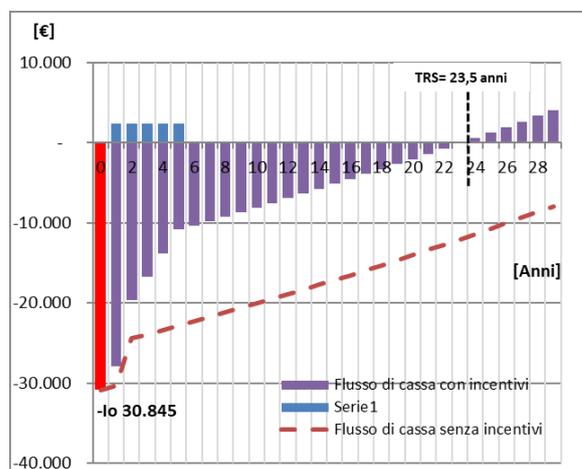
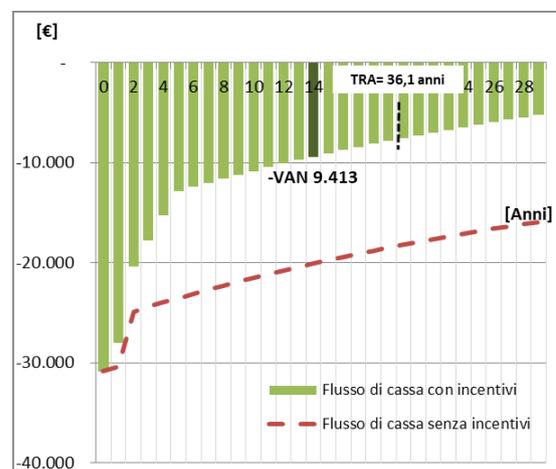


Figura 9.4 – EEM2: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento di cappottatura delle facciate verticali esterne ha un TRS di 23,5 anni considerando di ottenere l'incentivo previsto dal Conto Termico pari al 40% dei costi, pertanto tale intervento può essere preso in considerazione anche su scenari di medio periodo. Nel caso in cui non vi fossero incentivi a disposizione il tempo di ritorno è comunque ancora sostenibile soltanto su un lungo periodo in quanto il TRS è di 40,3 anni.

EEM3: Sostituzione infissi esistenti degradati con altri aventi $U_w=1,66 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

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

Tabella 9.9 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM3– Sostituzione infissi esistenti

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	Io	€ 574.457
Oneri Finanziari %Io	OF	[%] 3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%] 22,0%
Anno recupero erariale IVA	n _{IVA}	anni 3
Vita utile	n	anni 30
Incentivo annuo	B	€/anno -
Durata incentivo	n _B	anni 5
Tasso di attualizzazione	i	[%] 3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO	VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	46,3
Tempo di rientro attualizzato	TRA	69,8
Valore attuale netto	VAN	- 337.370
Tasso interno di rendimento	TIR	-3,2%
Indice di profitto	IP	-0,59

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

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

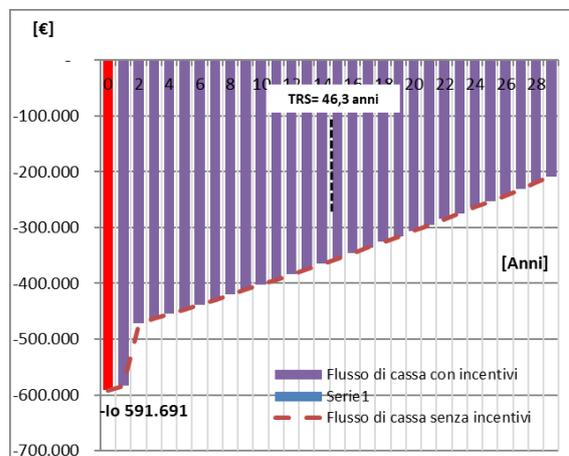
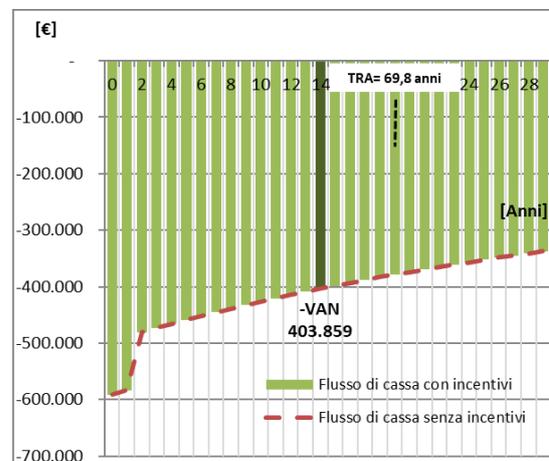


Figura 9.6 – EEM3: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento di cappottatura delle facciate verticali esterne ha un TRS di 36,7 anni considerando di ottenere l’incentivo previsto dal Conto Termico pari al 40% dei costi, pertanto tale intervento può essere preso in considerazione anche su scenari di medio periodo. Nel caso in cui non vi fossero incentivi a disposizione il tempo di ritorno è comunque ancora sostenibile soltanto su un lungo periodo in quanto il TRS è di 46,3 anni.

EEM4: Termoregolazione

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

Tabella 9.10 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM4– Installazione impianto di termoregolazione

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
-----------------------	------	--------

Investimento Iniziale	I_0	€	18.637
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	15
Incentivo annuo	B	€/anno	-
Durata incentivo	n_B	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	20,2	20,2
Tempo di rientro attualizzato	TRA	25,5	25,5
Valore attuale netto	VAN	- 7.909	- 7.909
Tasso interno di rendimento	TIR	-4,3%	-4,3%
Indice di profitto	IP	-0,42	-0,42

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

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

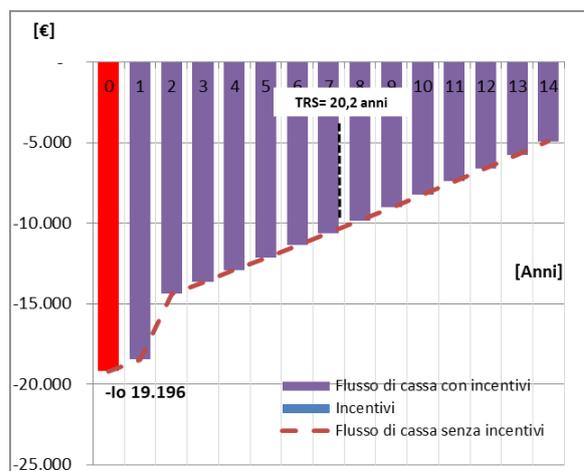
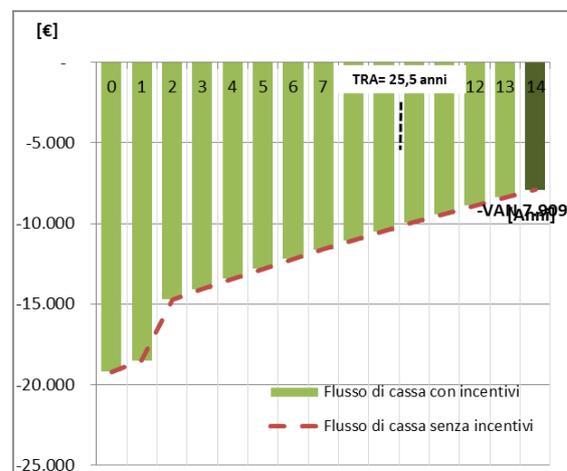


Figura 9.8 – EEM4: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento della termoregolazione ha un TRS di 20,2 anni considerando che come singolo intervento non è previsto il contributo del Conto Termico, pertanto tale intervento può essere preso in considerazione solamente se aggregato con la sostituzione del generatore, la sua voce di costo è ammissibile all’interno di quello totale del generatore, tuttavia tale intervento è necessario per l’aumento delle percentuali di sovvenzione previste del conto termico laddove si preveda anche la coibentazione dell’involucro opaco e la sostituzione degli infissi.

EEM5: Efficiamento impianto di illuminazione mediante trasformazione a LED

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

Tabella 9.11 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM5– Installazione impianto di illuminazione LED

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€ 191.273
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	12.796
Durata incentivo	n _B	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	22,3	11,7
Tempo di rientro attualizzato	TRA	25,0	13,1
Valore attuale netto	VAN	- 134.060	- 77.097
Tasso interno di rendimento	TIR	-24,9%	-11,2%
Indice di profitto	IP	-0,70	-0,40

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

Figura 9.9 –EEM5: Flussi di Cassa, con e senza incentivi

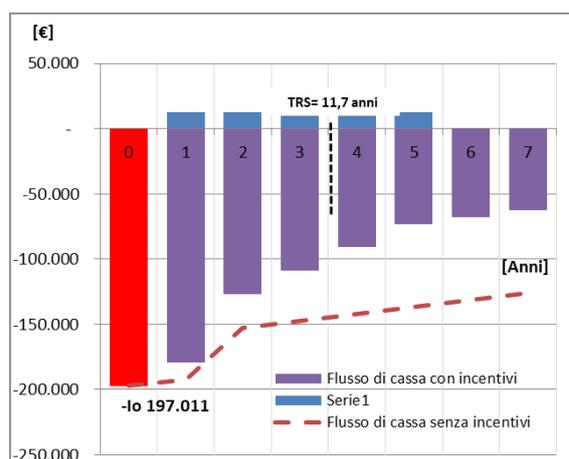
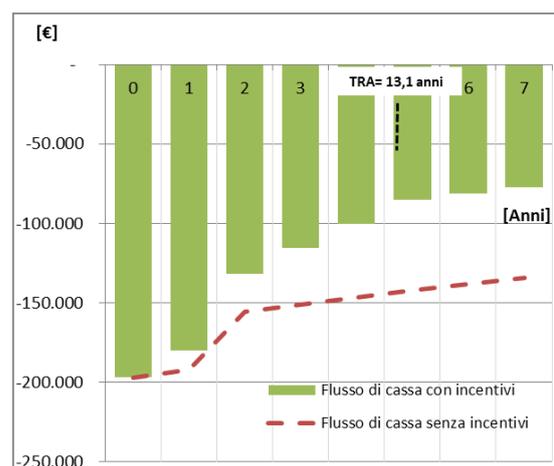


Figura 9.10 – EEM5: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento di sostituzione dei sistemi di illuminazione esistenti con nuovi a LED ha un TRS di 11,7 anni considerando di ottenere l’incentivo previsto dal Conto Termico pari al 40% dei costi. Nel caso in cui non vi fossero incentivi a disposizione il tempo di ritorno risulta essere troppo alto anche prendendo in considerazione scenari su lungo periodo in quanto il TRS è di 22,3 anni. Tale intervento presenta però VAN negativi pertanto può essere preso in considerazione su scenari di medio periodo se aggregati con il fotovoltaico.

EEM6: Efficientamento generatore di calore

L’analisi di convenienza effettuata per la EEM 6 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

Tabella 9.12 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM6– Sostituzione generatore di calore

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I ₀	€ 76.684
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	6.135
Durata incentivo	n _B	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	5,0	3,5
Tempo di rientro attualizzato	TRA	5,8	3,8
Valore attuale netto	VAN	75.125	102.436
Tasso interno di rendimento	TIR	17,1%	23,6%
Indice di profitto	IP	0,98	1,34

I flussi di cassa rappresentativi dell’analisi sono riportati nelle Figura 9.11 e Figura 9.2.

Figura 9.11 –EEM6: Flussi di Cassa, con e senza incentivi

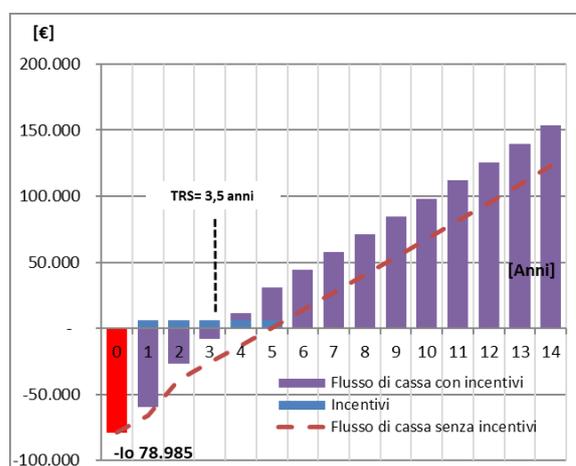
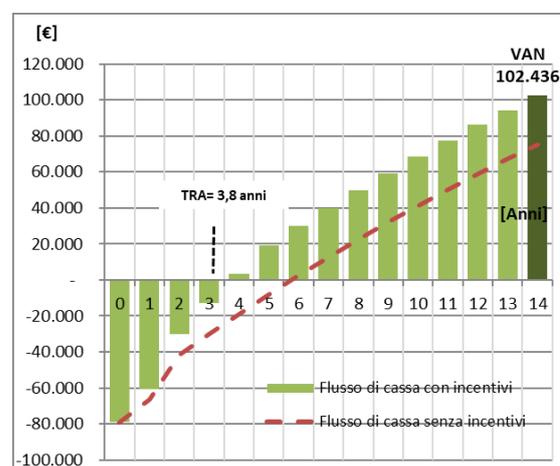


Figura 9.12 – EEM6: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento di sostituzione del generatore ha un TRS di 3,5 anni considerando di ottenere l’incentivo previsto dal Conto Termico pari al 55% dei costi invece che il 40% perché nella strategia di efficientamento sono state prese in considerazione misure di coibentazione sull’involucro, pertanto tale intervento può essere preso in considerazione anche su scenari di medio periodo. Nel caso in cui non vi fossero incentivi a disposizione il tempo di ritorno è comunque ancora sostenibile soltanto su un lungo periodo in quanto il TRS è di 5 anni. Si precisa che negli scenari l’intervento sarà costituito dell’unione di altri con tempi di ritorno maggiori la sua sostenibilità va comunque valutata nell’ambito dello scenario di riferimento.

Sintesi

La sintesi della valutazione economico – finanziaria delle EEM proposte è riportata nelle Tabella 9.13 e

Dall’analisi dei risultati emerge che senza incentivi solo la sostituzione generatore e la termoregolazione sono sostenibili sul medio/breve periodo, tutti gli altri interventi nell’ambito della categoria “to be lean” hanno tempi di ritorno semplice superiori ai 20 anni.

Tabella 9.14.

Tabella 9.13 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso senza incentivi

	SENZA INCENTIVI										
	% Δ_E [%]	% Δ_{CO_2} [%]	ΔC_E [€/anno]	ΔC_{MO} [€/anno]	ΔC_{MS} [€/anno]	I_0 [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]
EEM 1	8,9	9,4	3.698	0	0	-89.018	21,7	36,8	-19.904<0	2,2	-0,19
EEM 2	1,4	1,6	613	0	0	-29.947	40,3	62	-15.909<0	-2,2	-0,53
EEM 3	23,6	24,9	9.782	0	0	-574.457	46,3	69,8	-337.370<0	-3,2	-0,59
EEM 4	2,1	2,2	869	0	0	-18.637	20,2	25,5	-7.909<0	-4,3	-0,42
EEM 5	14,6	13,1	6.028	0	0	-191.273	22,3	25	-134.060<0	-24,9	-0,70
EEM 6	2,9	3,1	1.249	11.422	3.036	-76.684	5	5,8	75.125>0	17,1	0,98

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

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

Dall'analisi dei risultati emerge che senza incentivi solo la sostituzione generatore e la termoregolazione sono sostenibili sul medio/breve periodo, tutti gli altri interventi nell'ambito della categoria “to be lean” hanno tempi di ritorno semplice superiori ai 20 anni.

Tabella 9.14 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso con incentivi

	CON INCENTIVI										
	% Δ_E [%]	% Δ_{CO_2} [%]	ΔC_E [€/anno]	ΔC_{MO} [€/anno]	ΔC_{MS} [€/anno]	I_0 [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]
EEM 1	8,9	9,4	3.698	0	0	-89.018	12,6	19,8	14.799>0	6	0,17
EEM 2	1,4	1,6	613	0	0	-29.947	23,5	36,1	-5.243<0	1,4	-0,18
EEM 3	23,6	24,9	9.782	0	0	-574.457	46,3	69,8	-337.370<0	-3,2	-0,59
EEM 4	2,1	2,2	869	0	0	-18.637	20,2	25,5	-7.909<0	-4,3	-0,42
EEM 5	14,6	13,1	6.028	0	0	-191.273	11,7	13,1	-77097<0	-11,2	-0,40
EEM 6	2,9	3,1	1.249	11.422	3.036	-76.684	3,5	3,8	102.436>0	23,6	1,34

Dall'analisi dei risultati emerge che grazie agli incentivi previsti dal Conto Termico del D.M. del 16 febbraio 2016 tra gli interventi simulati quelli riguardanti la realizzazione dell'isolamento della copertura della palestra, la termoregolazione e la sostituzione del generatore raggiungono dei tempi di ritorno semplici inferiori ai 25 anni con VAN positivi. In queste condizioni sono pertanto ipotizzabili aggregazioni di interventi sostenibili economicamente sia se venissero finanziati direttamente dal Comune di Genova sia attraverso il coinvolgimento di ESCO con FTT. Si segnala inoltre che interventi aggregati sull'intero sistema edificio impianti consentono di aumentare la percentuale di contribuzione relativa al meccanismo incentivante del Conto Termico, migliorando ulteriormente la sostenibilità economica.

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

A seguito dell'analisi delle singole misure di efficienza energetica è stato possibile la definizione di due scenari ottimali a partire dalla combinazione delle singole EEM proposti, di cui sia stata accertata la

fattibilità tecnica ed economica, che consentano un miglioramento del paramento di efficienza energetica dell’edificio superiore a due classi.

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

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

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

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

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

Dove:

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

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

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

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

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

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

- **Scenario 1: Scenario ottimale TRS≤15 anni:** Tale scenario consiste nella realizzazione di interventi di efficientamento dell'involucro termico e del sistema impiantistico
- **Scenario 2: Scenario ottimale TRS≤25 anni:** Tale scenario consiste nella realizzazione di interventi di efficientamento dell'involucro termico e del sistema impiantistico

9.3.1 Scenario 1: Scenario ottimale TRS≤15 anni

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

EEM 1: Coibentazione copertura della scuola
 EEM 4: Installazione di sistemi di termoregolazione
 EEM 6: Installazione di un nuovo generatore di calore

Tabella 9.15 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 1

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA AI 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 Fornitura & Posa	66585	14648,7	81234
EEM4 Fornitura & Posa	13887	3055	16942,6
EEM6 Fornitura & Posa	57142	12571	69713
Costi per la sicurezza	4128	908	5037
Costi per la progettazione	9633	2119	11752
TOTALE (I₀)	151375	33302	184339
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO} (IVA INCLUSA)	C _{MS} (IVA INCLUSA)	C _M (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 O&M	0	0	0
EEM4 O&M	0	0	0
EEM6 O&M	11.422	3.036	14.458
TOTALE (C_M)	11.422	3.036	14.458
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	
		[€]	
Incentivi	Conto termico	101386	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		20277	

Nota (21): Incentivo calcolato secondo regole applicative del D.M. 16 febbraio 2016 previste dal conto termico 2.0. Per tali interventi la quota incentivabile della spesa ammissibile è pari al 55%.

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

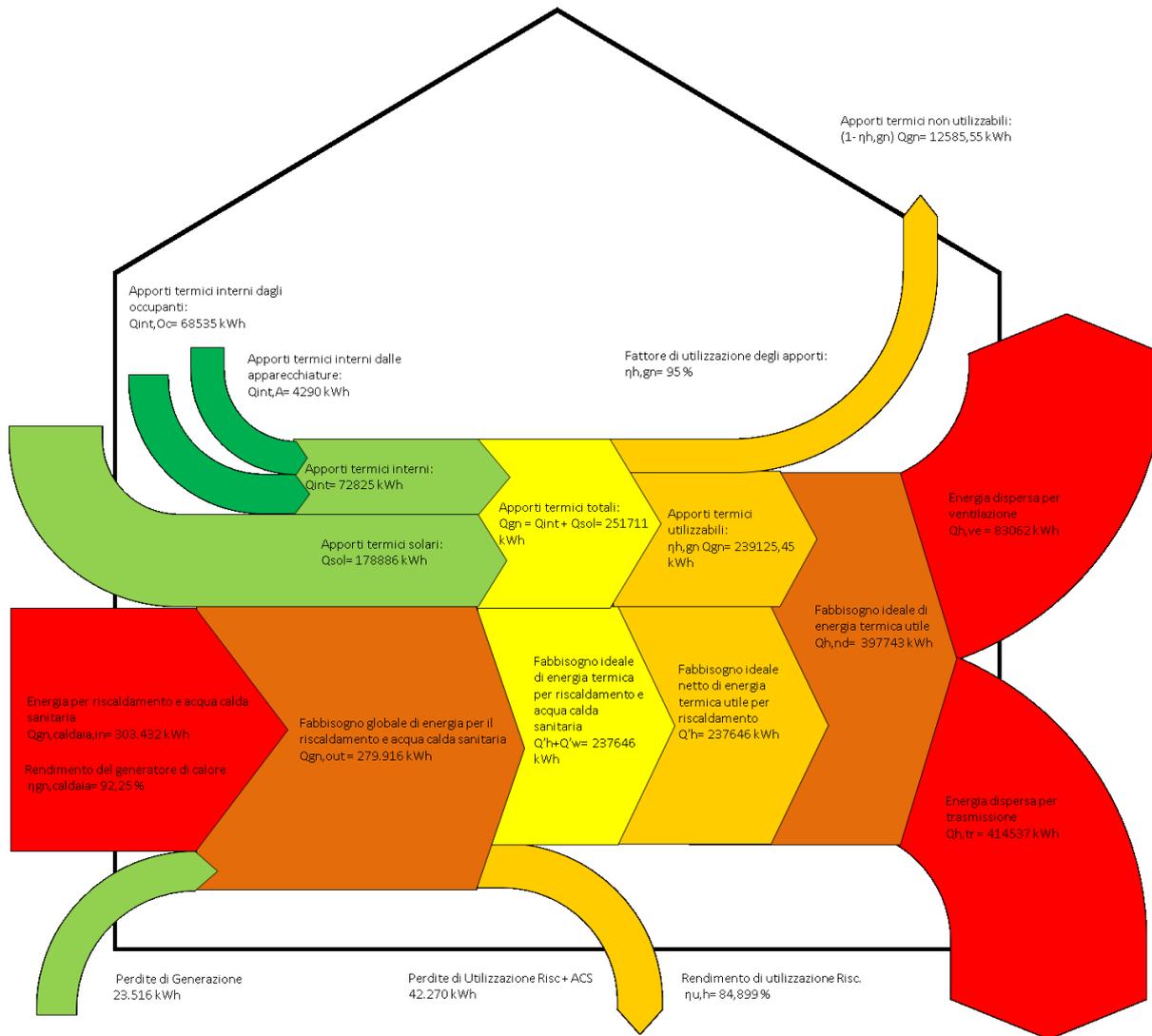
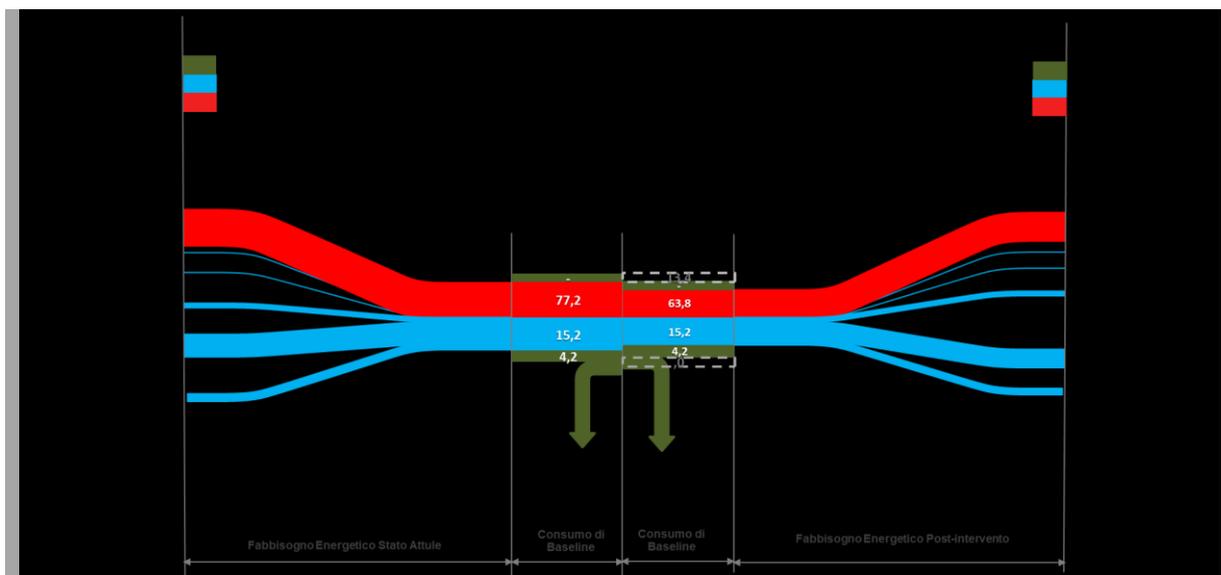


Figura 9.14 – SCN1: Bilancio energetico complessivo dell’edificio post intervento



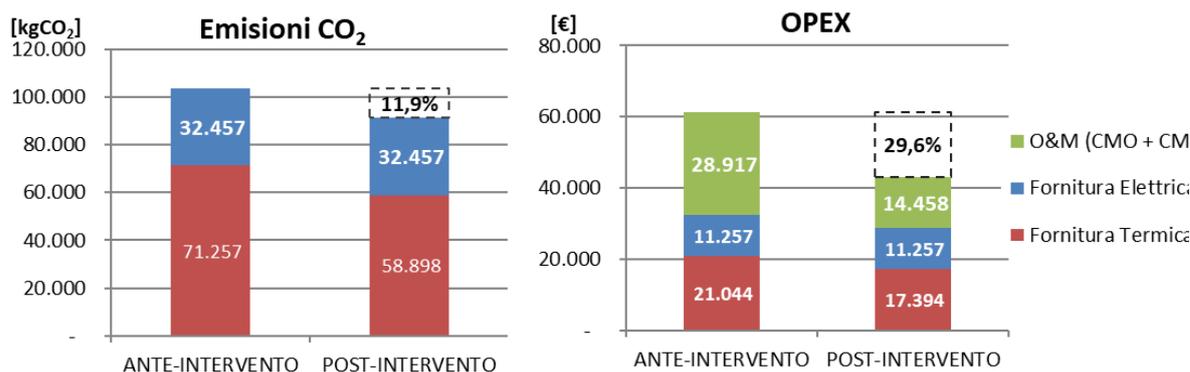
I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella Tabella 9.16 e nella Figura 9.15

Tabella 9.16 – Risultati analisi SCN1 – Scenario ottimale TRS≤15 anni

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EM1 [Trasmittanza termica]	[W/m²K]	1,36	0,22	83,8%
EM4 [Efficienza sottosistema di regolazione]	[%]	96%	99%	-3,1%
EM6 [Efficienza sottosistema di generazione]	[%]	91%	92%	-1,1%
Q _{teorico}	[kWh]	367.102	303.428	17,3%
EE _{teorico}	[kWh]	72.183	72.183	0,0%
Q _{baseline}	[kWh]	352.758	291.572	17,3%
EE _{baseline}	[kWh]	69.502	69.502	0,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	71.257	58.898	17,3%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	32.457	32.457	0,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	103.714	91.355	11,9%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	21.044	17.394	17,3%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	11.257	11.257	0,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	32.301	28.651	11,3%
C _{MO}	[€]	22.844	11.422	50,0%
C _{MS}	[€]	6.073	3.036	50,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	28.917	14.458	50,0%
OPEX	[€]	61.218	43.109	29,6%
Classe energetica	[-]	E	F	-1 classi

Nota (21) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per quello elettrico

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,06 [€/kWh] per il vettore termico e 0,162 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 9.15 - 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 9.17, Tabella 9.18 e Tabella 9.19 e nelle successive figure.

Tabella 9.17 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN1– Scenario ottimale TRS≤15 anni

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	n _i	1

E48 – Scuola Elementare “Palli” e scuola media “Quarto (ex Strozzi)

Anni Gestione Servizio	n_s	14
Anni Concessione	n	15
Anno inizio Concessione	n_0	2020
Anni dell'ammortamento	n_A	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	k_{CdP}	2,00%
Costo Capitale Azienda	WACC	4,00%
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CdP})$	$k_{progetto}$	4,00%
Inflazione ISTAT	f	0,50%
deriva dell'inflazione	f'	0,70%
%, interessi debito	k_D	3,82%
%, interessi equity	k_E	9,00%
Aliquota IRES	IRES	24,0%
Aliquota IRAP	IRAP	3,9%
Aliquota fiscale	τ	27,90%
Anni debito (finanziamento)	n_D	10
Anni Equity	n_E	14
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_0	€ 184.339
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 5.530
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 189.869
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€ 151.895
Equity	I_E	€ 37.974
Fattore di annualità Debito	FA_D	8,30
Rata annua debito	q_D	€ 18.297
Costo finanziamento,(D+INT _D)	$q_D * n_D$	€ 182.967
Costi per interessi debito, INT _D	INT_D=q_D*n_D-D	€ 31.071

Tabella 9.18 – Parametri Economici dell’analisi di redditività dello SCN1

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€ 32.301
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€ 22.555
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€ 54.856
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	%ΔC_E	11,3%
Riduzione% costi O&M	%ΔC_M	50,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	%$C_{Baseline}$	2,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€ 11.769
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€ 1.097
Risparmio PA durante la concessione	14%	€ 95.100
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€ 17.862
N° di Canoni annuali	anni	14
Utile lordo della ESCO	%CAPEX	33,23%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	€ 4.507
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€ 2.219
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€ 3.946
Canone O&M €/anno	C_{nM}	€ 11.710

E48 – Scuola Elementare “Palli” e scuola media “Quarto (ex Strozzi)”

Canone Energia €/anno	CnE	€	31.377
Canone Servizi €/anno IVA escl.	CnS	€	43.087
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	CnD	€	10.672
Canone Totale €/anno IVA escl.	Cn	€	53.759
Aliquota IVA %	IVA		22%
Rimborso erariale IVA	R _{IVA}	€	33.241
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R _B	€	101.386
Durata Incentivi, anni	n _B		5
Inizio erogazione Incentivi, anno			2022

Tabella 9.19 – Risultati dell’analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN1

INDICATORI DI REDDITIVITÀ DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	6,39
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	7,71
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€ 44.525
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC	9,09%
Indice di Profitto	IP	24,15%
INDICATORI DI REDDITIVITÀ DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	2,64
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	2,95
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€ 35.158
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke	43,49%
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3	1,269
Loan Life Cover Ratio	LLLCR < 1	1,132
Indice di Profitto Azionista	IP	19,07%

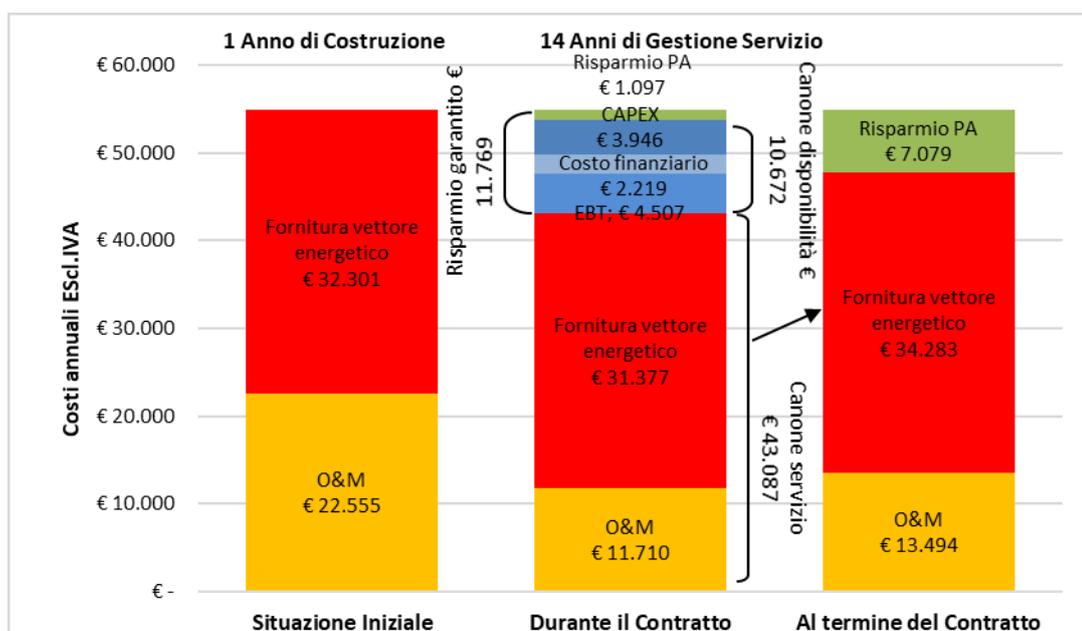
Figura 9.16 –SCN1: Flussi di cassa del progetto

Figura 9.17 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista


Dall’analisi effettuata è emerso che nel suo complesso lo scenario risulta conveniente come dimostrato dal valore degli indicatori economici raggiunti.

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 9.18.

Figura 9.18 – Scenario 1: Schema di Energy Performance Contract



9.3.2 Scenario 2: Scenario ottimale TRS≤25 anni

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

- EEM 1: Coibentazione copertura della scuola
- EEM 2: Coibentazione copertura della palestra
- EEM 4: Installazione di sistemi di termoregolazione
- EEM 5: Efficientamento impianto di illuminazione mediante trasformazione a Led
- EEM 6: Installazione di un nuovo generatore di calore

Tabella 9.20 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 2

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA AI 22% [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
EEM1 Fornitura & Posa	66585	14648,7	81234
EEM2 Fornitura & Posa	22315,5	4909,4	27224,9
EEM4 Fornitura & Posa	13887	3055	16942,6
EEM5 Fornitura & Posa	142528	31356	173884,7
EEM6 Fornitura & Posa	57142	12571	69713
Costi per la sicurezza	9074	1996	11070
Costi per la progettazione	21172	4658	25830
TOTALE (I₀)	332703	73194	405599
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO}	C _{MS}	C _M

	(IVA INCLUSA)	(IVA INCLUSA)	(IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 O&M	0	0	0
EEM2 O&M	0	0	0
EEM4 O&M	0	0	0
EEM5 O&M	0	0	0
EEM6 O&M	11.422	3.036	14.458
TOTALE (C_M)	11.422	3.036	14.458
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	
		[€]	
Incentivi	Conto termico	181835	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		36367	

Nota (22): Incentivo calcolato secondo regole applicative del D.M. 16 febbraio 2016 previste dal conto termico 2.0. Per tali interventi la quota incentivabile della spesa ammissibile è pari al 55%.

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

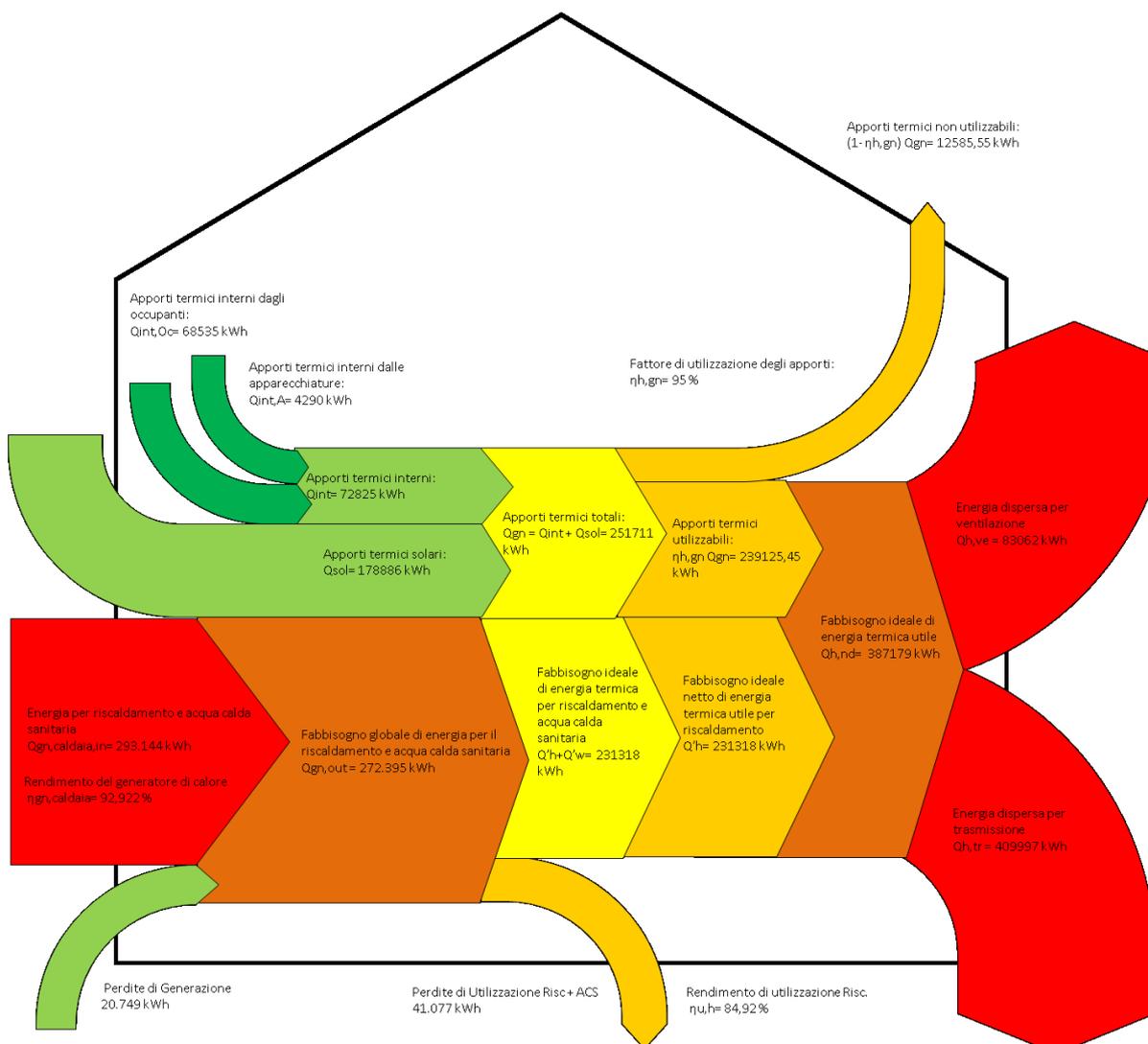
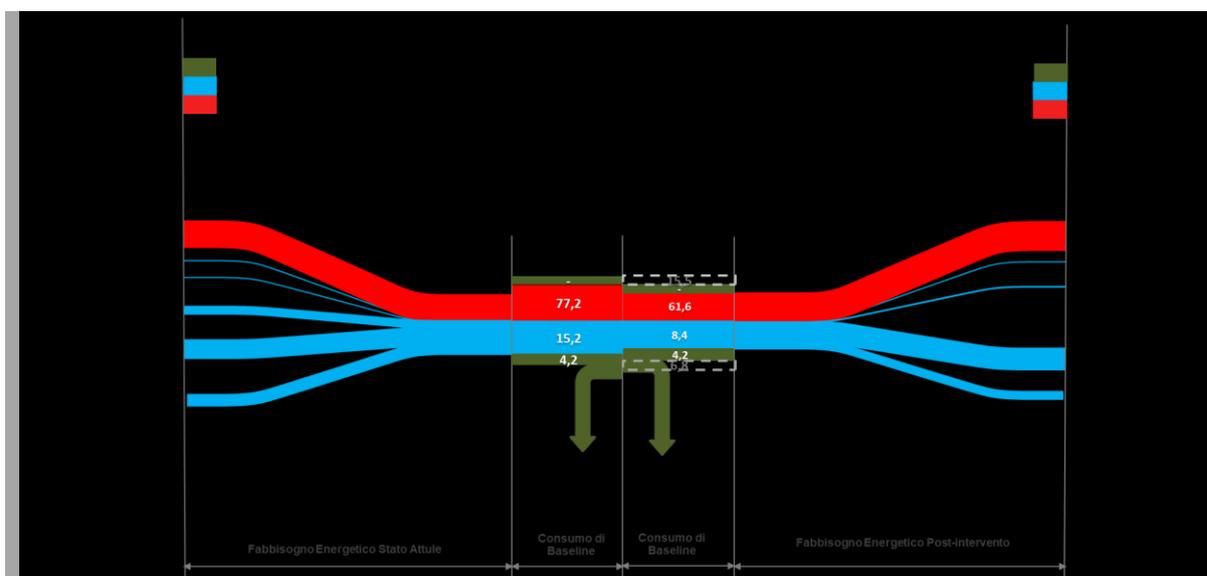


Figura 9.20 – SCN2: Bilancio energetico complessivo dell’edificio post intervento



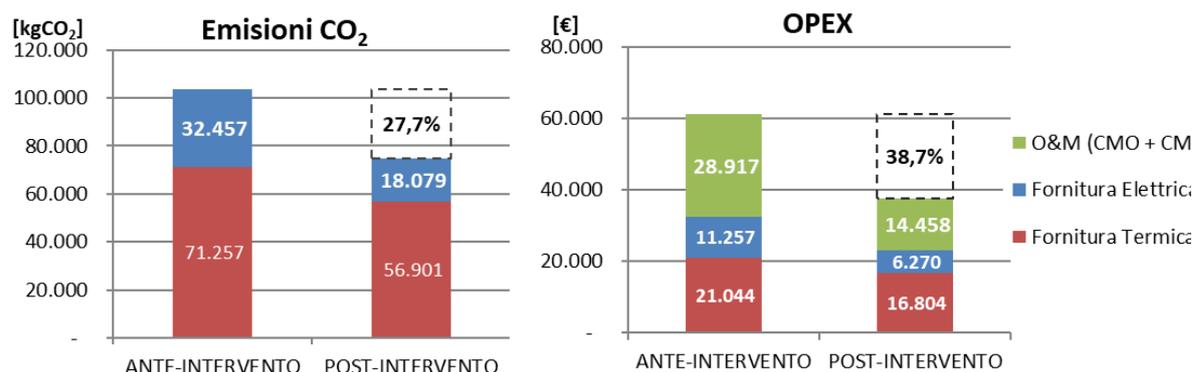
I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione dello Scenario 2 sono riportati nella Tabella 9.16 e nella Figura 9.15

Tabella 9.21 – Risultati analisi SCN2 – Scenario ottimale TRS≤25 anni

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EM1 [Trasmittanza termica]	[W/m²K]	1,36	0,22	83,8%
EM2 [Trasmittanza termica]	[W/m²K]	1,15	0,186	83,8%
EM4 [Efficienza sottosistema di regolazione]	[%]	96%	99%	-3,1%
EM5	[-]	[-]	[-]	[-]
EM6 [Efficienza sottosistema di generazione]	[%]	91%	92%	-1,1%
Q _{teorico}	[kWh]	367.102	293.141	20,1%
EE _{teorico}	[kWh]	72.183	40.207	44,3%
Q _{baseline}	[kWh]	352.758	281.686	20,1%
EE _{Baseline}	[kWh]	69.502	38.713	44,3%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	71.257	56.901	20,1%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	32.457	18.079	44,3%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	103.714	74.980	27,7%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	21.044	16.804	20,1%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	11.257	6.270	44,3%
Fornitura Energia, C_E	[€]	32.301	23.075	28,6%
C _{MO}	[€]	22.844	11.422	50,0%
C _{MS}	[€]	6.073	3.036	50,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	28.917	14.458	50,0%
OPEX	[€]	61.218	37.533	38,7%
Classe energetica	[-]	E	E	-0 classi

Nota (23) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per quello elettrico

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,06 [€/kWh] per il vettore termico e 0,162 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 9.21 – 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 9.17, Tabella 9.18 e Tabella 9.19 e nelle successive figure.

Tabella 9.22 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN2– Scenario ottimale TRS≤25 anni

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	10
Anni Equity	n_E	24
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_0	€ 405.559
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 12.167
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 417.726
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€ 334.181
Equity	I_E	€ 83.545
Fattore di annualità Debito	FA _D	8,30
Rata annua debito	q_D	€ 40.254
Costo finanziamento,(D+INT _D)	$q_D * n_D$	€ 402.540
Costi per interessi debito, INT _D	$INT_D = q_D * n_D - D$	€ 68.359

Tabella 9.23 – Parametri Economici dell’analisi di redditività dello SCN2

PARAMETRI ECONOMICI			
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€	32.301
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€	22.555
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€	54.856
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€	-
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$		28,6%
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$		50,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$		1,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€	15.971
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€	549
Risparmio PA durante la concessione	14%	€	227.801
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€	27.668
N° di Canoni annuali	anni		24
Utile lordo della ESCO	%CAPEX		33,28%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	€	5.793
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€	2.848
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€	6.782
Canone O&M €/anno	C_{nM}	€	12.010
Canone Energia €/anno	C_{nE}	€	26.875
Canone Servizi €/anno IVA escl.	C_{nS}	€	38.885
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	C_{nD}	€	15.422
Canone Totale €/anno IVA escl.	C_n	€	54.307
Aliquota IVA %	IVA		22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€	73.134
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_b	€	181.835
Durata Incentivi, anni	n_b		5
Inizio erogazione Incentivi, anno			2022

Tabella 9.24 – Risultati dell’analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN2

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, $Spb = I_0 / FC$, Anni	T.R.S.		9,91
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		15,76
Valore Attuale Netto, $VAN = VA - I_0$	VAN > 0	€	54.127
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC		6,10%
Indice di Profitto	IP		13,35%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, $Spb = I_0 / FC$, Anni	T.R.S.		8,88
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		16,13
Valore Attuale Netto, $VAN = VA - I_0$	VAN > 0	€	18.845
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > k_e		13,83%
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3		1,045
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1		1,364
Indice di Profitto Azionista	IP		4,65%

Figura 9.22 –SCN2: Flussi di cassa del progetto



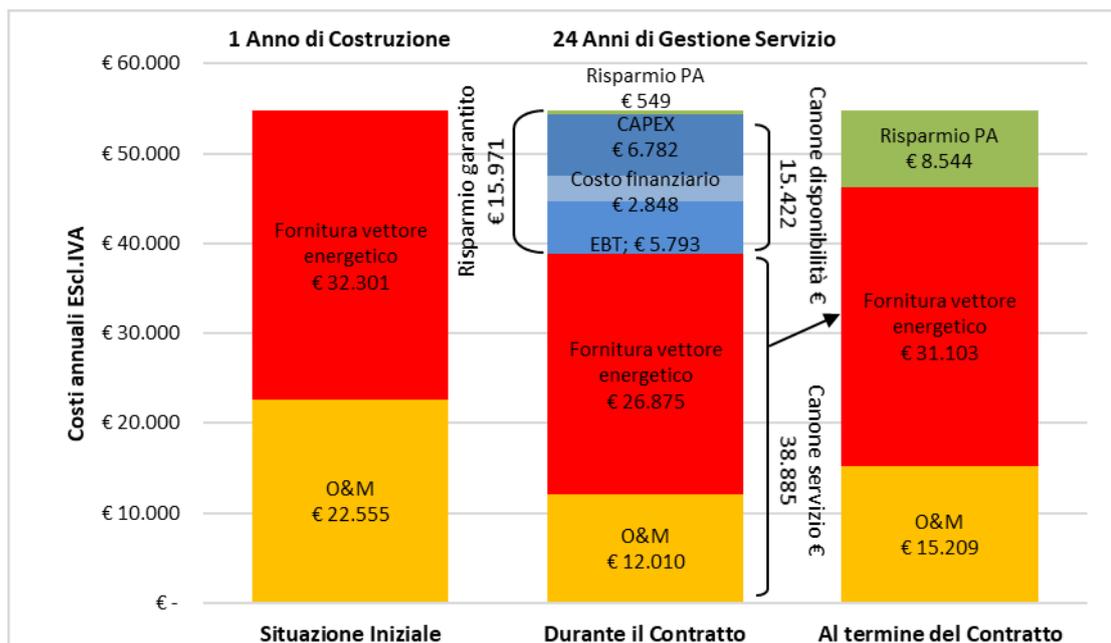
Figura 9.23 – SCN2: Flussi di cassa dell'azionista



Dall’analisi effettuata è emerso che nel suo complesso lo scenario risulta conveniente come dimostrato dal valore degli indicatori economici raggiunti. Si segnala un periodo di criticità nei flussi di cassa dell’azionista tra l’ottavo ed il quattordicesimo anno.

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 9.18.

Figura 9.24 – Scenario 2: Schema di Energy Performance Contract



10 CONCLUSIONI

Dai risultati della diagnosi energetica emerge che l'edificio che ospita la scuola Elementare “Palli” e Scuola Media “Strozzi” presenta ampie possibilità di efficientamento. Tale obiettivo potrebbe essere raggiunto attraverso la realizzazione di misure di efficientamento energetico con tempi di ritorno semplici piuttosto contenuti considerando la possibilità di accedere agli incentivi previsti per le PA dal “Conto Termico”. Sono stati inoltre simulati alcuni scenari su medio lungo periodo prevedendo interventi aggregati i cui costi/benefici potrebbero essere appetibili per un intervento che vede il coinvolgimento di investitori privati ed ESCo.

Nei paragrafi seguenti sono riportate le conclusioni del processo di audit attraverso:

riassunto degli indici di performance energetica

- lista delle raccomandazioni ed opportunità di risparmio energetico con la stima della loro fattibilità tecnico – economica;
- programma di attuazione delle raccomandazioni proposte;
- potenziali interazioni fra le raccomandazioni proposte;
- proposta di un piano di misure e verifiche per accertare i risparmi energetici conseguiti dopo l'implementazione delle raccomandazioni.

10.1 RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA

Si riportano di seguito gli indici di prestazione energetica conseguenti all'attuazione degli scenari ottimali SCN1 e SCN2.

Tabella 10.1 – Indicatori di performance energetica ricavati dalla modellazione (valutazione in modalità adattata all'utenza)

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA	U.M.	ANTE INTERVENTO		SCN1		SCN2		
		ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	
Globale non rinnovabile	EP _{gl}	kWh/mq anno	109.6	119.9	93.86	103.92	79	86
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	86.6	87	70.8	71.2	68.3	68.7
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	0.63	0.87	0.62	0.87	0.51	0.79
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	22.4	31.75	22.2	31.6	9.99	16.3
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	0.21	0.3	0.21	0.29	0.16	0.26
Emissioni equivalenti di CO ₂	CO _{2eq}	Kg/mq anno	21	23	18	20	14.7	16

10.2 RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI

Sulla base delle analisi tecnico ed economiche effettuate sulle singole misure di efficienza energetica è stato possibile definire un elenco di interventi prioritari oltre che due possibili scenari aggregati.

E48 – Scuola Elementare “Palli” e scuola media “Quarto (ex Strozzi)

L'elenco delle priorità è stato definito sulla base del valore di TRS raggiunto. Le EEM con un valore minore saranno le prime che si suggerisce di realizzare mentre quelle con TRS più alto dovranno essere realizzate in seguito.

Inoltre le opportunità di intervento sono state definite sulla base delle fattibilità tecniche ed economiche, privilegiando gli interventi “to be lean” rispetto a quelli “to be clean” e “to be green” suddivise sulla base di quanto indicato.

Gli interventi “to be lean” simulati sono stati:

- EEM 1: Coibentazione della copertura della scuola con polistirene XPS, getto di completamento e finitura impermeabilizzante (sp=16+4cm)
- EEM 2: Coibentazione della copertura della palestra con poliuretano tra lamiere sigillate (sp=10cm)
- EEM 3: Sostituzione infissi con altri aventi $U=1,66W/m^2k$
- EEM 4: Installazione sistemi di termoregolazione
- EEM 5: Installazione di sistemi di illuminazione a LED

Gli interventi “to be clean” simulati sono stati:

- EEM 6: Installazione di un nuovo generatore di calore

Successivamente sono stati individuati due scenari di interventi aggregati su cui sono state calcolati gli indicatori economici a 15 e a 25 anni.

Interventi previsti nello scenario a 15 anni:

- EEM 1: Coibentazione della copertura della scuola con polistirene XPS, getto di completamento e finitura impermeabilizzante (sp=16+4cm)
- EEM 4: Installazione sistemi di termoregolazione
- EEM 6: Installazione di un nuovo generatore di calore

Interventi previsti nello scenario a 25 anni:

- EEM 1: Coibentazione della copertura della scuola con polistirene XPS, getto di completamento e finitura impermeabilizzante (sp=16+4cm)
- EEM 2: Coibentazione della copertura della palestra con poliuretano tra lamiere sigillate (sp=10cm)
- EEM 4: Installazione sistemi di termoregolazione
- EEM 5: Installazione di sistemi di illuminazione a LED
- EEM 6: Installazione di un nuovo generatore di calore

Tabella 10.2 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria delle misure di efficienza energetica To be Lean, caso con incentivi

		CON INCENTIVI												
priorità		% ΔE	% Δ_{CO_2}	ΔC_E	ΔC_{MO}	ΔC_{MS}	I_0	TRS	TRA	VAN	TIR	IP	DSCR	LLCR
		[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]		
2	EEM 1	8,9	9,4	3.698	0	0	-89.018	12,6	19,8	14.799>0	6	0,17	[n/a]	[n/a]
4	EEM 2	1,4	1,6	613	0	0	-29.947	23,5	36,1	-5.243<0	1,4	-0,18	[n/a]	[n/a]
5	EEM 3	23,6	24,9	9.782	0	0	-574.457	46,3	69,8	-337.370<0	-3,2	-0,59	[n/a]	[n/a]
3	EEM 4	2,1	2,2	869	0	0	-18.637	20,2	25,5	-7.909<0	-4,3	-0,42	[n/a]	[n/a]
1	EEM 5	14,6	13,1	6.028	0	0	-191.273	11,7	13,1	-77097<0	-11,2	-0,40	[n/a]	[n/a]

Tabella 10.3 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria delle misure di efficienza energetica To be clean, caso con incentivi

		CON INCENTIVI												
		% ΔE	% Δ_{CO_2}	ΔC_E	ΔC_{MO}	ΔC_{MS}	I_0	TRS	TRA	VAN	TIR	IP	DSCR	LLCR
		[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]		

EEM 6	2,9	3,1	1.249	11.422	3.036	- 76.684	3,5	3,8	102.436 >0	23.6	1.34	[n/a]	[n/a]
-------	-----	-----	-------	--------	-------	-------------	-----	-----	---------------	------	------	-------	-------

Tabella 10.5 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria delle misure di efficienza energetica scenari di intervento a 15 e 25 anni, caso con incentivi

	CON INCENTIVI												
	% ΔE [%]	% ΔCO_2 [%]	ΔC_E [€/anno]	ΔC_{MO} [€/anno]	ΔC_{MS} [€/anno]	I_0 [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]	DSCR	LLCR
SCN 1	11.3	11.9	3.650*	8.909 *	2.368 *	- 184.339	2,6	2,95	35.158	43,5	19	1,26	1,1
SCN 2	28.6	27.7	9.227*	8.909 *	2.368 *	- 405.559	8,88	16,13	18.845	13,8	4,65	1	1,3

*secondo il documento di F.A.Q. quesito 35 nelle analisi economiche e finanziarie degli scenari i risparmi economici sono considerati al netto dell'IVA

10.3 CONCLUSIONI E COMMENTI

In conclusione è possibile ipotizzare che gli interventi simulati negli scenari aggregati possano essere realizzati sia attraverso investimenti propri del comune di Genova sia attraverso l'attivazione di un Energy Performance Contracting di durata pluriennale, con una ESCo, in cui è previsto il raggiungimento della prestazione di efficientamento energetico simulata e riportata nel presente Rapporto di Diagnosi e di anno in anno verificata e monitorata.

Il risparmio garantito negli EPC è pertanto un valore contrattuale e la ESCo dovrà garantire annualmente il raggiungimento di tale performance calcolata in unità fisiche (es. MWh, lt, mc, ecc.). Se il risparmio ottenuto sarà minore rispetto a quello previsto da contratto il valore economico dell'extra consumo dovrà essere rimborsato dalla ESCo alla pubblica amministrazione secondo procedure stabilite dal contratto stesso. Se il risparmio è più alto rispetto al previsto il valore economico dell'extra-risparmio sarà diviso tra la ESCo e la P.A. proprietaria dell'edificio in accordo con la metodologia definita dal contratto (es. 70%-30%)

L'attendibilità del valore del risparmio energetico raggiunto dipende dalla qualità delle misure e delle verifiche (M&V) effettuate. Per rendere il processo il più trasparente possibile è necessario allegare al contratto EPC un Piano di Verifica e Monitoraggio della Prestazione e prevedere una VERIFICA DI PARTE TERZA.

All'interno dei Contratti EPC dovrà pertanto essere allegato un **Piani di Verifica e Monitoraggio della Prestazione** redatto in ottemperanza di quanto previsto dalla metodologia indicata dall'International Performance Measurement and Verification Protocol (IPMVP)

All'interno dei PMVP dovranno essere definite le modalità di misura e verifica delle prestazioni prevedendo la possibilità di verifiche delle frequenze di utilizzo, aggiustamenti e normalizzazione sulla base degli effettivi volumi riscaldati e delle condizioni climatiche.

Si suggerisce inoltre di prevedere la creazione di una commissione paritetica costituita da tre esperti, uno in rappresentanza del Comune di Genova uno della Esco ed uno esterno, i cui ruoli potranno essere definiti all'interno del PMVP, a titolo di esempio vengono riportati i possibili ruoli e funzioni all'interno della commissione:

- Raccolta dati dai meter (ESCo expert)
- Raccolta dati delle temperature esterne (ESCo expert)
- Verifica dei volumi riscaldati e dei fattori di occupazione (P.A. expert)
- Verifica delle temperature interne (P.A. expert)
- Verifica dei prezzi dell'energia (ESCo expert)
- Aggiustamenti e normalizzazioni (Terza parte expert)
- Approvazione delle misure e verifiche (Tutti)
- Report e definizione dei risparmi ottenuti (Terza parte expert)

ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA

Titolo	Data	Nome file
01_Planimetrie	08.11.17	01_Involucro: E00048, PIAN1, PIAN2, PIAN3, PIAN1SS, PIANC, PIAINT
		02_Termici: 050-S01-013-CENTRALE TERMICA, L1-042- 050-P00, L1-042-050-P01, L1-042-050-P02, L1-042-050-P03, L1-042-050-S01, L1-042- 050-P00-Checklist, L1-042-050-P01-Checklist, L1-042-050-P02-Checklist, L1-042-050-P03- Checklist, L1-042-050-S01-Checklist
		03_Elettrici: vuoto
02_Manutenzioni	08.11.17	01_Involucro: vuoto
		02_Termici: vuoto
		03_Elettrici: vuoto
		04_FER: vuoto
03_Consumi (Bollette elettricità 2014)	25.07.2018	5700065495, 5700098218, 5700134957 5700176145, 5700214975, 5700248944 5700291206, 5700345541, 5700411327 5700373449, 5700493139, 5700493139
03_Consumi (Bollette elettricità 2015)	25.07.2018	5700493139, 5700544142, 5750081967 5700544142, 5750081967, E000140844 E000163929, E000175672, E000337522 E000234065, E000281520, E000163929 E000386676, E000281520, E000337522 E000386676, E000337522, E000163929 E000386676, E000163929, E000432863 E000483582, E000018557, E000483582 E000018557, E000084135, E000018557 E000084135, E000163929, E000310245 E000150590
03_Consumi (Bollette elettricità 2016)	25.07.2018	E000150590, E000084136, E000218121 E000218120, E000334604, E000238237 E000218121, E000334604, E000150590 E000238237, E000278554, E000334604 E000238237, 011640025275, 011640087942 011640025275, 011640048519, 011640060830, 011640074903, 011640126637, 011740042570, 011640100078, 011740001581
Tabella riepilogativa scuole	19.07.18	kyotoBaseline-E48_rev10.xls

ALLEGATO B – ELABORATI

Titolo	Data	Nome file
Allegato B Elaborati	27.07.18	
Tavola con indicazione di impianti e zone termiche (dwg, PDF)		DE_Lotto.9-E48_Elaborati_PT
		DE_Lotto.9-E48_Elaborati_P1
		DE_Lotto.9-E48_Elaborati_P2
		DE_Lotto.9-E48_Elaborati_P3
		DE_Lotto.9-E48_Elaborati_P1SS
Planimetria catastale		DE_Lotto.9-48_Elaborati_Plan_Catastale.pdf
Foto Sopralluogo		
File Grafici		DE_Lotto.9-E48-AllegatoB-Grafici



ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

Titolo	Data	Nome file
Allegato C E48	14.05.18	Allegato C E48.doc

ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI

Titolo	Data	Nome file
ALLEGATO D Report relativi ad altre prove diagnostiche strumentali	14.05.18	Lotto.9_Report prove diagnostiche strumentali_E48.doc

ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI

Titolo	Data	Nome file
ALLEGATO E Relazione di dettaglio dei calcoli	14.05.18	DE_E48_Baseline – Calcoli.rtf

ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

Titolo	Data	Nome file
ALLEGATO F Certificato CTI Software	14.05.18	CertCTI.pdf

ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

Titolo	Data	Nome file
APE STATO DI FATTO	14/05/18	DE_E48_APE_Baseline.rtf

ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

Titolo	Data	Nome file
APE SCENARIO 15 ANNI	14/05/18	DE_E48_15ANNI_COP scuola+VT+Caldaia_APE - APE2015.RTF
APE SCENARIO 25 ANNI	14/05/18	DE_E48_25 ANNI_COP scuola+cop pal+VT+led+Caldaia_APE - APE2015.RTF

ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

Titolo	Data	Nome file
ALLEGATO I Dati climatici	14.05.18	GG_Lotto.9-E48.xls

ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

Titolo	Data	Nome file
ALLEGATO J Schede Audit	14.05.18	E 48_Scheda Audit_Template_rev2.xls

ALLEGATO K – SCHEDE ORE

Titolo	Data	Nome file
ALLEGATO K Schede ORE	14.05.18	Schede ORE_E 48.doc

ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI

Titolo	Data	Nome file
ANALISI PEF E48	14/05/18	E48_AnalisiPEF.xlsx

ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

Titolo	Data	Nome file
ALLEGATO M Report di Benchmark	14.05.18	Lotto.9_benchmark E48.doc



ALLEGATO N – CD-ROM