

SCUOLA MEDIA BARABINO

E1334

VIA ANTONIO CANTORE 29B - GENOVA

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA

FONDO KYOTO - SCUOLA 3



Aprile 2018

COMUNE DI GENOVA
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER



COMUNE DI GENOVA



SCUOLA MEDIA BARABINO E1334

VIA ANTONIO CANTORE 29B - GENOVA

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA

FONDO KYOTO - SCUOLA 3

Aprile 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

IQS srl

Via Pertini, 39 • 20060 • Bussero

T [+39 02 953 34 022](tel:+390295334022) F [+39 02 953 30 543](tel:+390295330543) info@iqssrl.eu

REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI

Revisione	Data	Realizzazione	Revisione	Approvazione	Descrizione
A	02/03/2018	Ing. Elena Mazzucco	Ing. Elisa Bezzone	Ing. Fabio Gianola	Prima Pubblicazione
B	23/04/2018	Ing. Elena Mazzucco	Ing. Elisa Bezzone	Ing. Fabio Gianola	Revisione come richiesto dalla PA in data 10/04/2018
C	25/05/2018	Ing. Elena Mazzucco	Ing. Elisa Bezzone	Ing. Fabio Gianola	Revisione Figura 3.2
D	21/06/2018	Ing. Elena Mazzucco	Ing. Elisa Bezzone	Ing. Fabio Gianola	Revisione come richiesto dalla PA in data 20/06/2018

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

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

INDICE

PAGINA

EXECUTIVE SUMMARY	I
1 INTRODUZIONE	1
1.1 PREMessa	1
1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA	1
1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO.....	2
1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO.....	2
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO	3
1.6 STRUTTURA DEL REPORT	6
2 DATI DELL'EDIFICIO.....	7
2.1 INFORMAZIONI SUL SITO	7
2.2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE, SOCIO-ECONOMICO E DESTINAZIONE D'USO	7
2.3 VERIFICA DEI VINCOLI INTERFERENTI SULLE PARTI DELL'IMMOBILE INTERESSATE DAGLI 'INTERVENTI	8
2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO	10
3 DATI CLIMATICI	12
3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO.....	12
3.2 DATI CLIMATICI REALI.....	13
3.3 ANALISI DELL'ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO	13
4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI	15
4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO	15
4.1.1 <i>Involucro opaco</i>	15
4.1.2 <i>Involucro trasparente</i>	17
4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/ CLIMATIZZAZIONE INVERNALE.....	18
4.2.1 <i>Sottosistema di emissione</i>	18
4.2.2 <i>Sottosistema di regolazione</i>	19
4.2.3 <i>Sottosistema di distribuzione</i>	19
4.2.4 <i>Sottosistema di generazione</i>	21
LE CARATTERISTICHE DEI SISTEMI DI GENERAZIONE SONO RIPORTATE NELLA TABELLA CHE SEGUE.....	21
4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA	22
4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO/CLIMATIZZAZIONE ESTIVA	22
4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA	22
4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE	22
4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE	23
4.8 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DI IMPIANTI DI PRODUZIONE ENERGIA ELETTRICA O COGENERAZIONE	24
5 CONSUMI RILEVATI	25
5.1 CONSUMI ENERGETICI STORICI PER CIASCUN VETTORE E CONNESSIONE ALLE RETI GAS NATURALE ED ELETTRICA.....	25
5.1.1 <i>Energia termica</i>	25
5.1.2 <i>Energia elettrica</i>	28
5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI	34
6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO.....	38
6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO	38
6.1.1 <i>Validazione del modello termico</i>	39
6.1.2 <i>Validazione del modello elettrico</i>	40
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI.....	41
6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI.....	43
7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO	45
7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI	45
7.1.1 <i>Vettore termico</i>	45

7.1.2	Vettore elettrico.....	46
7.2	TARIFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI.....	49
7.3	COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI.....	50
7.4	BASELINE DEI COSTI.....	50
8	IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA	52
8.1	DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI	52
8.1.1	<i>Involucro edilizio</i>	52
8.1.2	<i>Impianto riscaldamento</i>	57
8.1.3	<i>Impianto produzione acqua calda sanitaria</i>	60
8.1.4	<i>Impianto di ventilazione e climatizzazione estiva</i>	60
8.1.5	<i>Impianto di illuminazione ed impianto elettrico</i>	60
8.1.6	<i>Impianto di generazione da fonti rinnovabili</i>	62
9	VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA.....	63
9.1	ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI	63
9.2	ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI	68
9.3	IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D'INTERVENTO E SCENARI D'INVESTIMENTO	75
9.3.1	<i>Scenario 1: EEM1 + EEM2</i>	78
9.3.2	<i>Scenario 2: EEM1+ EEM2+ EEM3+ EEM4+ EEM5</i>	84
10	CONCLUSIONI	90
10.1	RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA	90
10.2	RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI	90
10.3	CONCLUSIONI E COMMENTI.....	91
	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	2
	ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI	5
	ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE	6
	ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA	7
	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	A

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		1.613
Anno di ristrutturazione		-
Zona climatica		[D]
Destinazione d'uso		E.7 attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili
Superficie utile riscaldata	[m ²]	1.657,56
Superficie disperdente (S)	[m ²]	3.397,89
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	10.898,40
Rapporto S/V	[1/m]	0,31
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	2.597
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	279,5
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	2.876,5
Tipologia generatore riscaldamento		Generatore a gas a basamento
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	233
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	-
Tipo di combustibile		Gas metano
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler Elettrici
Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	25,23
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{tr} /anno]	100.219
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	8.166
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	10.668
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	2.750

Nota (1): Valori di Baseline

La superficie utile è stata valutata tramite le tavole fornite dalla Committenza, considerando l'intero edificio.

Descrizione delle Misure di efficienza energetiche proposte:

- EEM 1: chiusura del secondo piano ed isolamento del solaio sottotetto
- EEM 2: sostituzione del generatore di calore con caldaia a condensazione e installazione termovalvole
- EEM 3: relamping
- EEM 4: posa cappotto su corpo palestra
- EEM 5: isolamento copertura della palestra
- SCN 1: EEM 1 + EEM 2
- SCN 2: EEM 1 + EEM 2 + EEM 3 + EEM 4 + EEM 5

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 ¹	TRS	TRA	anni	VAN	TIR	IP	DSCR	LLCR
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[n]	[€]	[%]	[-]	[-]	[-]
EE M 1	27%	29%	2.927	0	0	18.671	4,00	4,62	30	37.975	21%	2,03		
EE M 2	35%	38%	3.866	1.223	1.300	19.946	2,53	2,73	15	48.881	35%	2,45		
EE M 3	7%	6%	2.545	0	0	3.958	5,13	5,83	8	652	8%	0,16		
EE M 4	1%	1%	56	0	0	35.918	58,78	67,18	30	-20.475	10,53%	-0,57		
EE M 5	1%	1%	88	0	0	5.762	30,37	40,10	30	-1.494	0%	-0,26		
SC N1	55%	58%	5.965	1223	1300	38.617	2,74	3,13	15	28.369	53%	0,73	1,25	3,71
SC N2	65%	30%	16.458	6030	832	84.256	2,83	3,32	25	26.075	35%	0,31	1,26	2,39

Figura 0.1 – Scenario 1: analisi finanziaria



Figura 0.2 – Scenario 2: analisi finanziaria



Lo scenario 1 (SNC1) prevede il salto di 1 classe energetica mediante la chiusura del secondo piano inutilizzato e l'isolamento del solaio sottotetto, la sostituzione sistema di generazione obsoleto con caldaia a condensazione e installazione valvole termostatiche.

Lo scenario 2 (SNC2) prevede il salto di 1 classe energetica mediante la chiusura del secondo piano inutilizzato e l'isolamento del solaio sottotetto, la sostituzione sistema di generazione obsoleto con caldaia a condensazione e installazione valvole termostatiche, il relamping, l'isolamento a cappotto della palestra e l'isolamento della copertura della palestra.

In termini di sostenibilità finanziaria degli investimenti, entrambi gli scenari risultano convenienti con VAN positivi, LLCR maggiore di 1 e DSCR intorno a 1,3.

Si sottolinea che gli scenari SCN1 e SCN2 sono stati definiti in modo da rispettare il vincolo della committenza sui tempi di ritorno, rispettivamente inferiori a 15 e 25 anni, tuttavia non è stato possibile rispettare il miglioramento in APE di due classi in quanto gli interventi prevedono un efficientamento gestionale/energetico che consiste nella chiusura dei terminali di riscaldamento del secondo piano non utilizzabile con un conseguente cambio del volume e dell'edificio di riferimento.

1 INTRODUZIONE

1.1 PREMESSA

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

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

Figura 1.1 - Vista della facciata [esposta a Sud-Ovest]



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

1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA

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

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

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

Scopo della DE è quindi la definizione di due scenari ottimali a partire dalla combinazione delle singole EEM proposte al fine di conseguire un miglioramento del 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

a presente DE è stata eseguita dalla IQS S.r.l., il cui responsabile per il processo di audit è l'ing. Fabio Gianola soggetto certificato Esperto in Gestione dell'Energia (EGE) ai sensi della norma UNI CEI 11339.

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

Tabella 1.1 – Soggetti coinvolti nella realizzazione del processo di Audit

NOME E COGNOME	RUOLO	ATTIVITÀ SVOLTA
Ing. Elena Mazzucco Ing. Elisa Bezzone Ing. Vittoria Citterio		Sopralluogo in sito
Ing. Elena Mazzucco		Elaborazione dei dati relativi ai consumi energetici
Ing. Elena Mazzucco		Elaborazione dei dati geometrici ed alla creazione del modello energetico
Ing. Elisa Bezzone		Tecnico Termografico secondo livello: rilievo termografico ed elaborazione report termografico
Geom. Silvano Roberto		Tecnico Termografico secondo livello: elaborazione report termografico
Ing. Elena Mazzucco		Redazione report di diagnosi energetica
Ing. Elisa Bezzone	Responsabile involucro	Revisione report di diagnosi energetica
Ing. Elisa Bezzone	Responsabile impianti	Revisione report di diagnosi energetica
Ing. Fabio Gianola	EGE	Approvazione report di diagnosi energetica

1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO

L'immobile oggetto della DE, catastalmente individuato al NCEU¹, sezione SAM, Foglio 40, mappale 730, è sito nel Comune di Genova e più precisamente nel quartiere Sampierdarena.

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

Figura 1.2 – Ubicazione dell'edificio



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

Tabella 1.2 - Tabella riepilogativa dei dati dell'edificio

PARAMENTO	U.M.	VALORE
Anno di costruzione edificio		1.613
Anno di ristrutturazione		-
Zona climatica		[D]
Destinazione d'uso		E.7 attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili
Superficie utile riscaldata	[m ²]	1.657,56

¹ La visura catastale riporta l'edificio al numero civico 31 mentre nella realtà è al 29B.

Superficie disperdente (S)	[m ²]	3.397,89
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	10.898,40
Rapporto S/V	[1/m]	0,31
Superficie netta aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	2.597
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	279,5
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	2.876,5
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	Generatore a gas a basamento
Tipologia generatore riscaldamento		233
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	-
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	Gas metano
Tipo di combustibile		Boiler Elettrici
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler elettrico ad accumulo
Emissioni CO ₂ di riferimento ⁽²⁾	[t/anno]	25,23
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽²⁾	[kWh _{rit} /anno]	100.219
Spesa annuale Gas Metano ⁽²⁾	[€/anno]	8.166
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽²⁾	[kWh _{el} /anno]	10.668
Spesa annuale energia elettrica ⁽²⁾	[€/anno]	2.750

Nota (2): Valori di Baseline

La superficie utile è stata valutata tramite le tavole fornite dalla Committenza, considerando l'intero edificio.

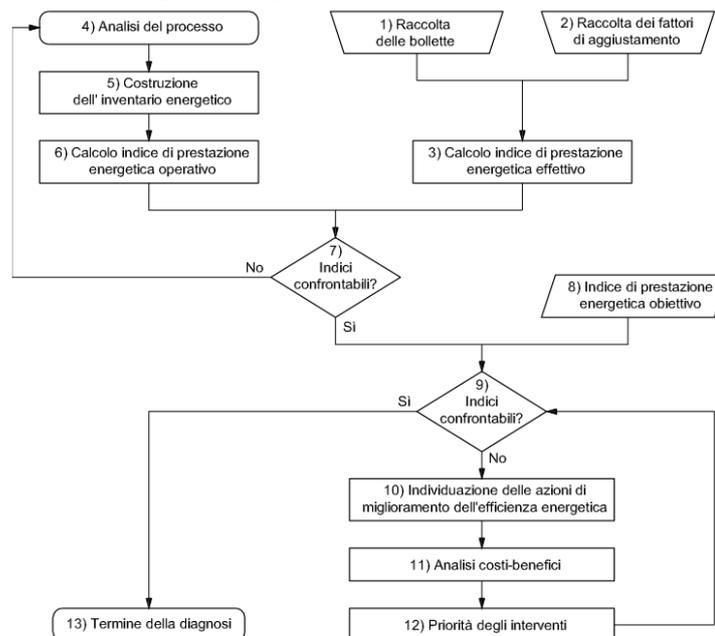
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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

- Acquisizione della documentazione utile, fornita dalla PA, come riportato all'Allegato A – Elenco documentazione fornita dalla committenza.
- Analisi del quadro normativo di riferimento, incluso la verifica dei vincoli ambientali, storici, archeologici e paesaggistici interferenti sull'immobile interessato dall'intervento;
- Visita agli edifici, effettuata in data 20/11/2018 con verifica degli elaborati forniti e rilievo dei dati relativi alle caratteristiche degli elementi disperdenti ed impiantistici costituenti il sistema edificio-impianto;
- Visita alla centrale termica e/o frigorifera, con il supporto del personale incaricato della conduzione e manutenzione degli impianti e rilevamento dei dati utili;
- Preparazione e compilazione delle schede di Audit previste per la diagnosi di livello II di cui all'appendice A delle LGEE - Linee Guida per l'Efficienza Energetica negli Edifici - sett. 2013 - elaborato da AiCARR per Agesi, Assisat, Assopetroli e Assoenergia, e riportate all'Allegato J – Schede di audit;
- Elaborazione del comportamento termico ed elettrico dell'edificio, realizzata utilizzando il software commerciale Termolog Epix8 in possesso di certificato di conformità rilasciato dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI) [Numero certificato 65] ai sensi del D.lgs. 192/05 e s.m.i. e riportato all'Allegato F – Certificato CTI Software;
- Analisi dei profili annuali di consumi e costi dei servizi energetici reali dell'edificio, comprensivi della fornitura dei vettori energetici sia elettrici che di gas e degli oneri di O&M, relativamente alle annualità 2014-2015-2016;
- Analisi dei dati climatici reali del sito ove è ubicato l'edificio con conseguente calcolo dei Gradi Giorno reali (GG_{real}), utilizzando le temperature esterne rilevate dalla stazione meteo dell'Università di Genova e riportati all'Allegato I – Dati climatici;
- 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

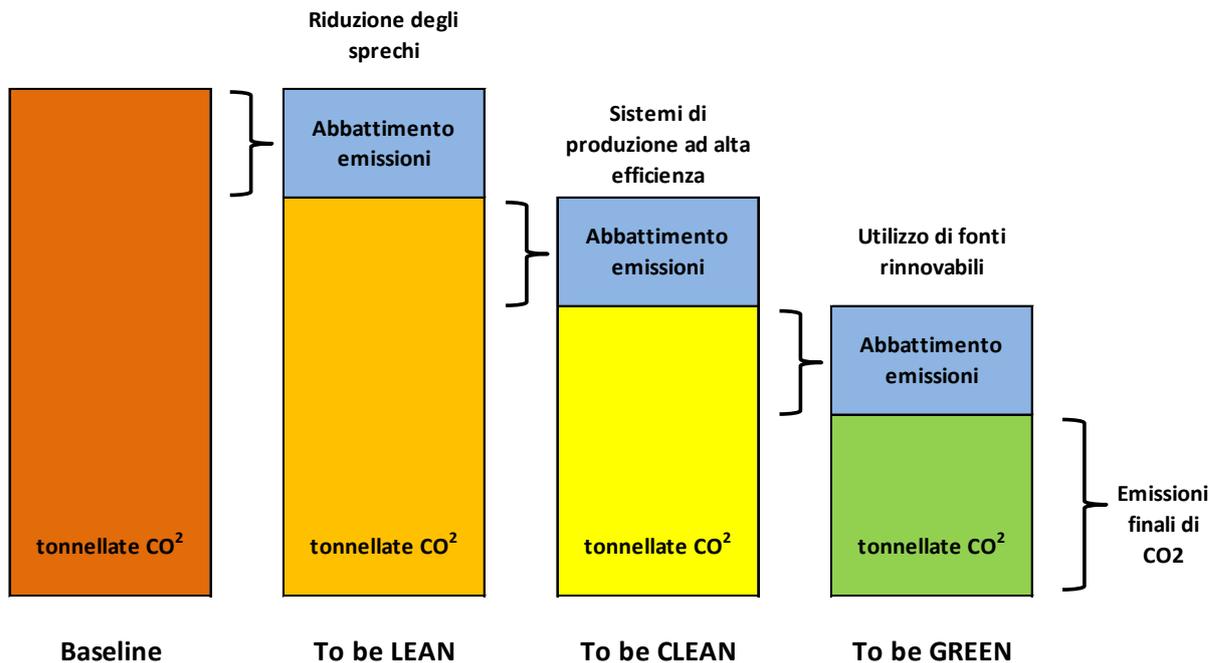
- destagionalizzazione dello stesso, utilizzando i relativi GG reali (GG_{real}), e conseguente normalizzazione secondo i GG di riferimento (GG_{rif});
- j) Individuazione della “baseline elettrica” di riferimento (e relative emissioni di CO_2) calcolata sulla media aritmetica dei valori relativi ai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

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



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

Figura 1.4 - Principio della Gerarchia Energetica



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

1.6 STRUTTURA DEL REPORT

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

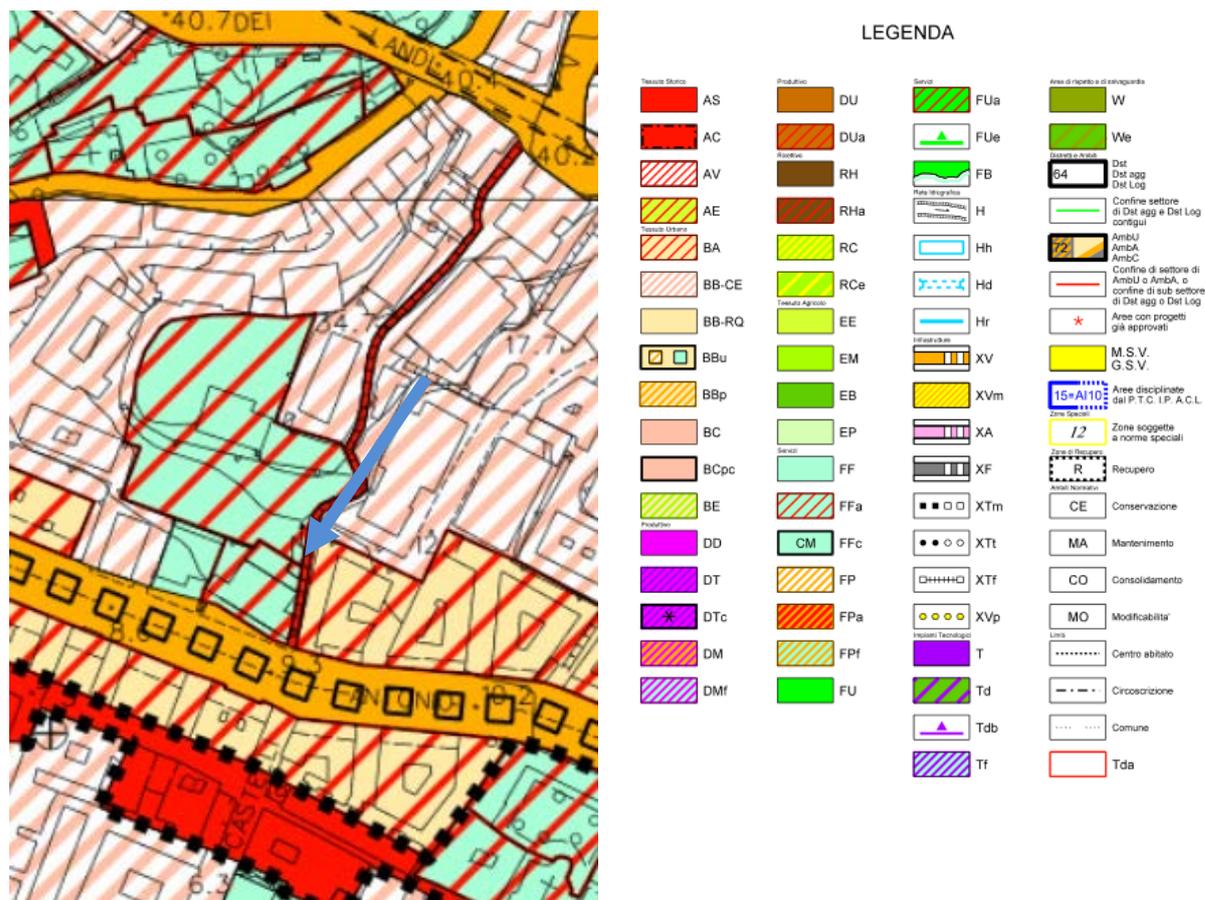
- Una prima parte nella quale sono descritti lo scopo ed i confini della DE e le metodologie di analisi adottate;
- Una seconda parte in cui sono riportate le informazioni dell'edificio rilevate in sede di sopralluogo e le valutazioni effettuate al fine di identificare le caratteristiche tecniche dei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

2 DATI DELL'EDIFICIO

2.1 INFORMAZIONI SUL SITO

Lo strumento urbanistico vigente, il [P.U.C approvato con DD n° 2015/118.0.0./18 con entrata in vigore il 3/12/2015], classifica l'edificio oggetto della DE in zona FF, zona destinata a "servizi di quartiere di livello urbano o territoriale destinati a istruzione, interesse comune, verde, gioco e sport e attrezzature pubbliche di interesse generale".

Figura 2.1 - Particolare estratto dal Piano Urbanistico Comunale



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

L'edificio ove è ubicata la scuola media risale all'incirca al 1613 ed è noto con il nome di Villa Masnata. Si compone di due corpi, la villa originale ed il corpo annesso che ospita la palestra di costruzione più recente (anni '60/'70). Ai sensi del DPR 412/93, attualmente ricade nella destinazione d'uso [E.7 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 è frequentato giornalmente da 207 persone tra studenti, professori e bidelli. Si può pertanto affermare che la riqualificazione energetica dell'edificio potrebbe portare ad una maggiore valorizzazione socio-economica dell'edificio stesso e rappresentare un importante momento formativo sulle tematiche di efficienza energetica e protezione ambientale.

L'edificio ospitante il complesso scolastico oggetto della DE è costituito complessivamente da tre piani fuori terra (più due piccoli ammezzati di altezze ridotti per cui non abitabili), nei quali si sviluppano le attività scolastiche.

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

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

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



Tabella 2.1 - Suddivisione in piani dell'edificio

PIANO	UTILIZZO	U.M.	SUPERFICIE LORDA COMPLESSIVA ⁽³⁾	SUPERFICIE UTILE RISCALDATA ⁽⁴⁾	SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA ⁽³⁾
Seminterrato	Magazzini e locali tecnici	[m ²]	612,20	0,00	0,0
Terra	Ingresso, aule, locali accessori e spazio professori	[m ²]	676,40	559,40	0,0
Primo	Aule e biblioteca	[m ²]	453,97	382,60	0,0
Secondo	Sottotetto	[m ²]	453,97	396,80	0,0
Ammezzati	Magazzini	[m ²]	400,60	318,80	0,0
TOTALE		[m ²]	2597,14	1.657,60	0,0

Nota (3): Superficie lorda comprensiva delle zone interne climatizzate e non climatizzate, valutate a partire dalle planimetrie progettuali, opportunamente verificate in fase di sopralluogo

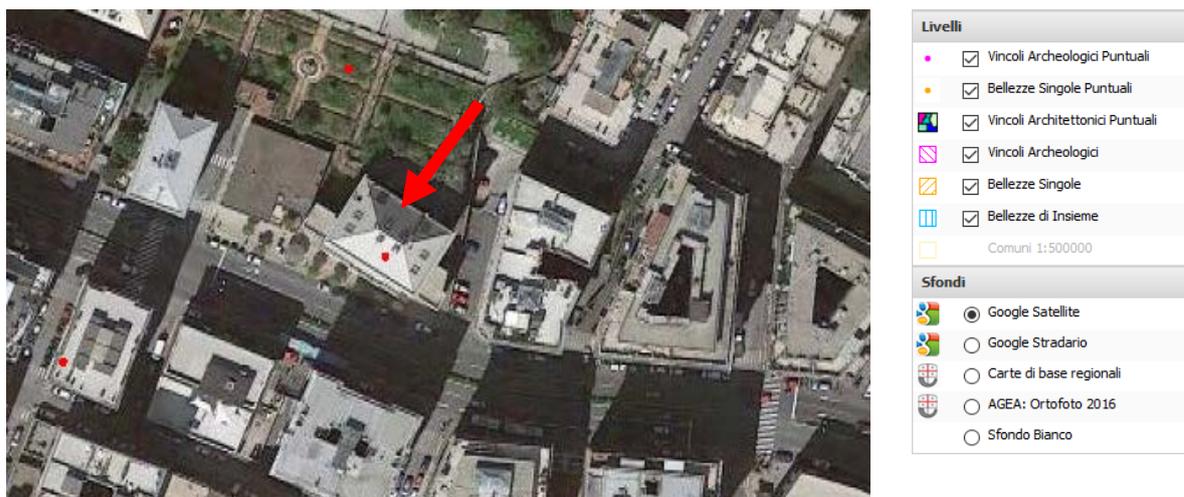
Nota (4): Superficie utile valutata ai fini della creazione del modello energetico

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

Dal punto di vista storico, Sampierdarena è diventato un quartiere di Genova nel 1962. Precedentemente era un'importante cittadina industriale di cui ha mantenuto le caratteristiche architettoniche ed attualmente è una delle aree più popolate della città.

Come mostra la figura 2.3 che riporta un estratto dal portale della Regione Liguria (<http://geoportale.regione.liguria.it/geoviewer/pages/apps/vincoli/mappa.html>) l'edificio che ospita la scuola risulta vincolato secondo Decreto 00108302 per cui nell'analisi delle EEM si è quindi resa necessaria l'identificazione delle possibili interferenze con i vincoli presenti.

Figura 2.3 - Particolare estratto dalla carta dei vincoli

**Vincolo Architettonico**

Provincia GE
 Data di Aggiornamento 30/09/2000
 Comune GENOVA
 Zona di Genova SAMPIERDARENA
 Codice Monumentale 10
 Codice NCTN 07/00108302
 Descrizione Palazzo Doria-Masnata
 Anno di vincolo 1934
 Note Via Cantore civ.29A
 Decreto **00108302**
 Stralcio cartografico **00108302_sc**
 Foto **0700108302_fta41917.jpg**

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

MISURA DI EFFICIENZA ENERGETICA	VINCOLO INTERESSATO	VALUTAZIONE INTERFERENZA ⁽⁵⁾	MISURA DI TUTELA DA ADOTTARE
EEM 1: chiusura del secondo piano ed isolamento del solaio sottotetto	Architettonico / Storico – Artistico		Previo parere della Soprintendenza per i beni architettonici e paesaggistici
[EEM 2: sostituzione del generatore di calore con caldaia a condensazione e installazione termovalvole			-
EEM 3: relamping	Architettonico / Storico – Artistico		Mantenimento dei medesimi posizionamenti ed ingombri dei corpi illuminanti e senza modifica dell'impianto di distribuzione
EEM 4: posa cappotto su corpo palestra	Architettonico / Storico – Artistico		Previo parere della Soprintendenza per i beni architettonici e paesaggistici
EEM 5: isolamento copertura della palestra	Architettonico / Storico – Artistico		Previo parere della Soprintendenza per i beni architettonici e paesaggistici

Nota (5): 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 (7:30-14:42), intesi come gli orari di espletamento delle lezioni e gli orari di effettiva presenza del personale all'interno dell'edificio scolastico.

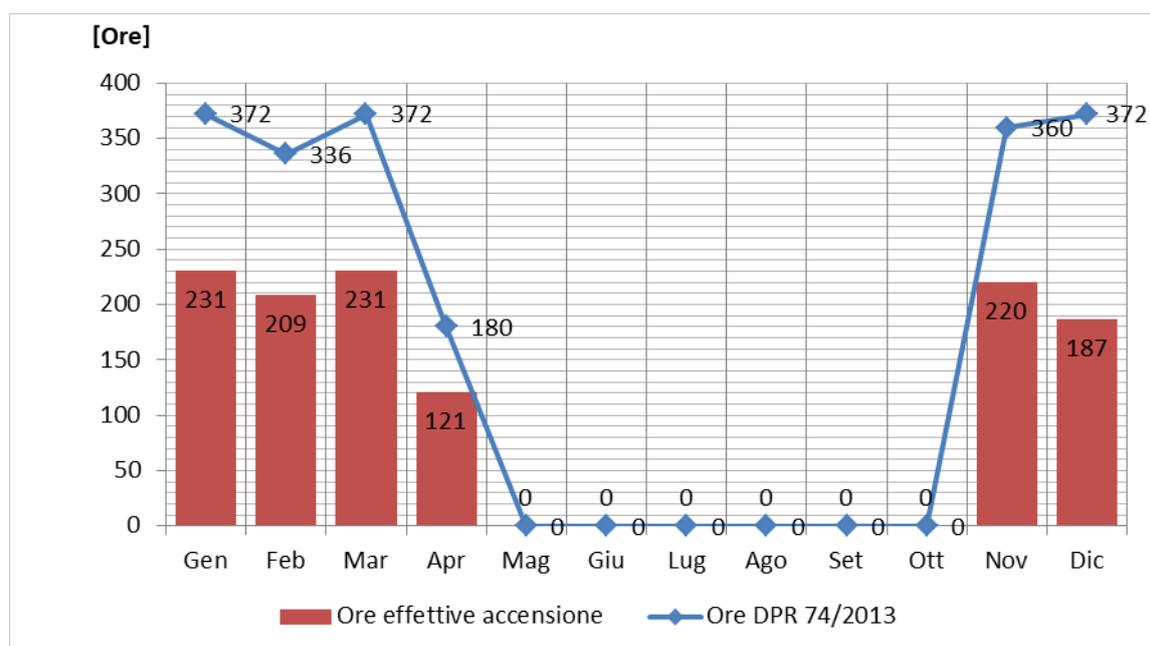
Nella Tabella 2.3 sono pertanto riportati gli orari di funzionamento dell'edificio e gli orari di funzionamento degli impianti termici.

Il calendario scolastico della Regione Liguria, riportato sul portale inetrent regionale, segna l'inizio delle lezioni a metà settembre e la fine a metà giugno. Si sono considerati i mesi di giugno e settembre completi in quanto i professori ed i maestri utilizzano l'edificio anche nelle prime settimane di settembre e nelle ultime di giugno per la preparazione/conclusione dell'anno scolastico.

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

PERIODO	GIORNI SETTIMENALI	ORARIO FUNZIONAMENTO EDIFICIO	ORARIO FUNZIONAMENTO IMPIANTO
Scuola media Barabino			
Dal 1 Settembre al 30 Giugno	dal lunedì al venerdì	7:30 -14:42	6:30 - 17:30

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



Dall'analisi effettuata è emerso che gli orari di funzionamento degli impianti non sono strettamente correlati agli orari di espletamento delle lezioni, ma dipendono anche dalla presenza di personale all'interno della struttura tuttavia non avendo a disposizione un dato certo di accensione e spegnimento della caldaia, né sulle temperature impostate, non si possono fare ulteriori deduzioni a riguardo.

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

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

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

3 DATI CLIMATICI

3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO

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

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

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

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

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

Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 929 GG calcolati su 109 giorni effettivi di utilizzo dell'impianto di riscaldamento.

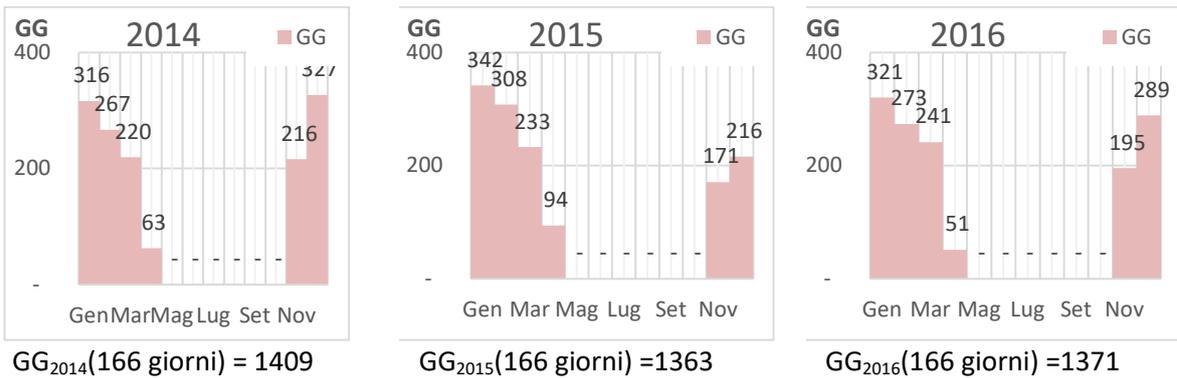
Tali GG sono valutati come la sommatoria estesa ai soli giorni di effettivo utilizzo degli impianti di riscaldamento nel periodo annuale di riscaldamento compreso tra il 1 Novembre e il 15 Aprile, delle sole differenze positive giornaliere tra la temperatura interna di 20°C e quella esterna giornaliera 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	201,60	21	21	202	22%
Febbraio	28	10,5	28	180,50	19	19	180	19%
Marzo	31	11,1	31	186,90	21	21	187	20%
Aprile	30	15,3	15	55,74	20	11	56	6%
Maggio	31	18,7	-	-	21	-	-	-
Giugno	30	22,4	-	-	20	-	-	-
Luglio	31	24,6	-	-	20	-	-	-
Agosto	31	23,6	-	-	-	-	-	-
Settembre	30	22,2	-	-	20	-	-	-
Ottobre	31	18,2	-	-	21	-	-	-
Novembre	30	13,3	30	134	20	20	134	14%
Dicembre	31	10,0	31	170	17	17	170	18%
TOTALE	365	16,7	166	928,741	220	109	929	100%

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

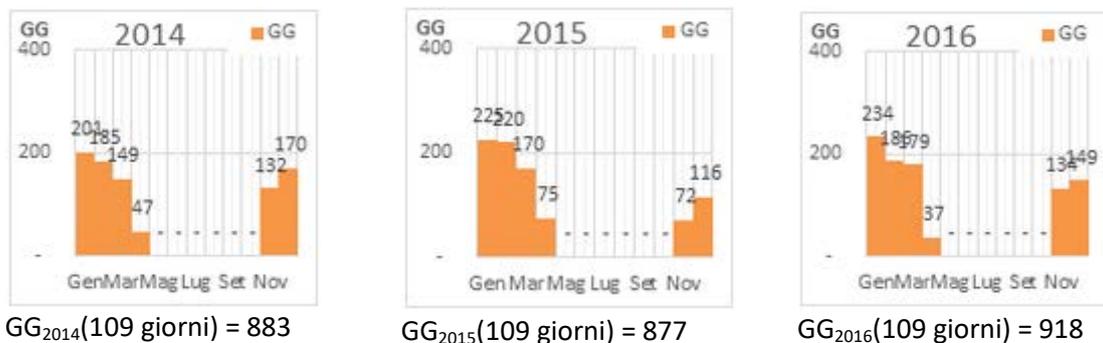


Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG reali sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 893 GG calcolati su 109 giorni effettivi di utilizzo dell'impianto di riscaldamento.

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

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

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



Come si può notare dai grafici sopra riportati, l'andamento dei GG risulta differente per il triennio.

4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI

4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO

4.1.1 Involucro opaco

L'involucro edilizio opaco che costituisce l'edificio è sostanzialmente composto da due blocchi strutturali. Il primo di essi è l'edificio storico, realizzato con le tecniche dell'epoca e dunque caratterizzato da murature portanti, presumibilmente in pietra/laterizio e conglomerati debitamente intonacate. Il secondo invece racchiude il nuovo volume adibito a palestra costruito presumibilmente tra gli anni '60 e '70 e si caratterizza per una muratura in laterizio forato con intercapedine d'aria.

Per quanto riguarda la copertura si identifica la stessa suddivisione tipologica:

- solaio inclinato in laterocemento (probabilmente non originaria ma di cui non si è riusciti a reperire ulteriori informazioni) con rivestimento genovese in pietra, per la porzione storica di edificio con inserite grosse porzioni vetrate.
- copertura piana in laterocemento con rivestimento bituminoso per la palestra.

Va inoltre sottolineato, sempre in riferimento all'involucro edilizio, che trattandosi di un edificio di valenza storica non è possibile procedere a sostanziali interventi di efficientamento dell'involucro stesso.

Ai fini di un'identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell'involucro opaco si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione di un rilievo termografico eseguito tramite l'utilizzo di termo camera Flir E8.

La realizzazione delle suddette indagini ha evidenziato un immobile con pareti omogenee in muratura portante, senza eclatanti dispersioni localizzate se non leggere dispersioni in corrispondenza dei ponti termici e dei telai dei serramenti.

Le specifiche degli strumenti di misura sono riportate all'Allegato D - Report relativi ad altre prove diagnostiche strumentali.

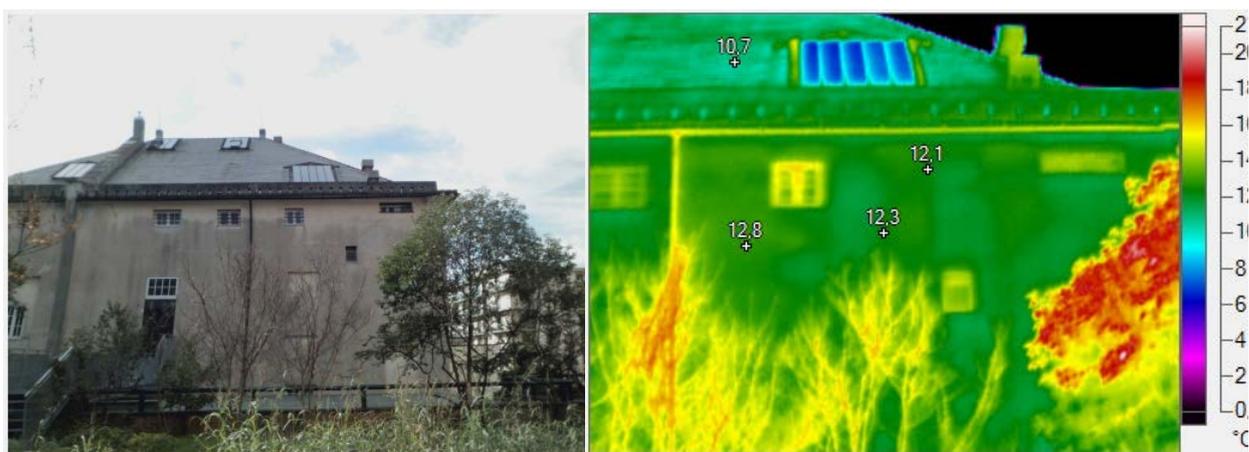
Figura 4.1 - Particolare della porzione di involucro storico.



Figura 4.2 - Particolare della copertura della palestra



Figura 4.3 – Rilievo termografico della parete storica dell'edificio.



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

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

Tabella 4.1 – Trasmittanze termiche dei componenti dell'involucro opaco

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	SPESSORE [cm]	ISOLAMENTO	TRASMITTANZA TERMICA [W/mqK]	STATO DI CONSERVAZIONE
Copertura palestra	C1	31	Assente	1,4	Sufficiente
Copertura edificio storico	C2	38	Assente	1,7	Sufficiente
Copertura con terrazzo	C3	32	Assente	1,321	Buono
Parete verticale palestra	M1	39	Assente	0,7	Sufficiente
Parete verticale palestra verso znr	M2	39	Assente	0,657	Buono
Parete verticale edificio storico	M3	75	Assente	0,8	Sufficiente
Parete verticale edificio storico	M4	90	Assente	0,824	Sufficiente
Parete verticale edificio storico	M5	55	Assente	1,068	Sufficiente
Sottofinestra pieno	SF	36	Assente	1,485	Sufficiente
Pavimento palestra	P1	35	Assente	1,3	Sufficiente
Pavimento scuola	P2	34	Assente	1,5	Sufficiente
Pavimento scuola verso interrato	P3	34	Assente	1,5	Sufficiente
Soffitto verso sottotetto znr	S1	16	Assente	2,466	Sufficiente
Soffitto verso interno	S2	18	Assente	2.273	Sufficiente

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

4.1.2 Involucro trasparente

L'involucro trasparente che costituisce l'edificio è composto da serramenti con telaio in alluminio e vetri doppi senza taglio termico.

Lo stato di conservazione degli stessi è buono.

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

- Rilievo termografico
- Indagine con spessivetro

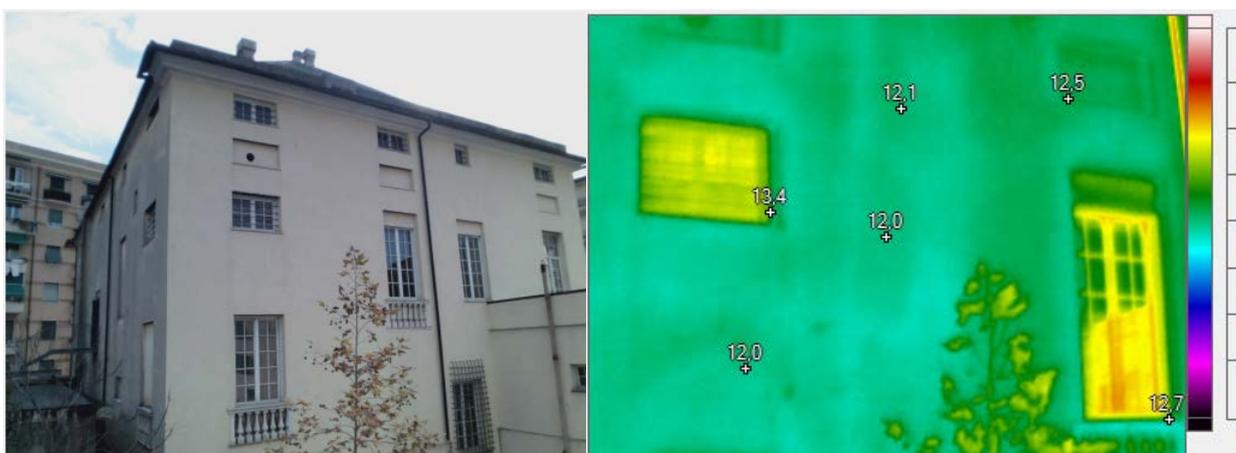
Figura 4.4 - Particolare dei serramenti.



La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- Serramenti con vetro doppio da 6-15-6 mm
- Buona tenuta termica dei serramenti.

Figura 4.5 – Rilievo termografico dei serramenti



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

Tabella 4.2 – Trasmittanze termiche dei componenti dell'involucro trasparente

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	DIMENSIONI [HXL] [cm]	TIPO TELAIO	TIPO VETRO	TRASMITTANZA TERMICA [W/mqK]	STATO DI CONSERVAZIONE
Finestra	F1	128x100	Metallo	singolo	6,24	Buono
Finestra	F2	170x100	Metallo	singolo	6,21	Buono
Porta finestra	F3	128x210	Metallo	singolo	6,08	Buono
Finestra	F4	100x100	Metallo	singolo	6,12	Buono
Finestra	F5	154x120	Metallo	singolo	6,22	Buono
Finestra	F6	154x300	Metallo	doppio	4,17	Buono
Finestra	F7	149x230	Metallo	doppio	4,12	Buono
Finestra	F8	149x180	Metallo	doppio	4,21	Buono
Finestra	F9	149x140	Metallo	doppio	4,32	Buono

Finestra	F10	60x60	Metallo	doppio	5,61	Buono
Porta finestra	F11	164x410	Metallo	doppio	4,33	Buono
Finestra	F12	164x60	Metallo	doppio	4,72	Buono
Finestra	F13	60x100	Metallo	doppio	5,45	Buono
Finestra	F14	111x150	Metallo	doppio	4,89	Buono
Finestra	F15	142x100	Metallo	doppio	4,58	Buono
Finestra	F16	151x84	Metallo	doppio	4,67	Buono
Finestra - sopraporta	F17	149x140	Metallo	doppio	5,17	Buono
Lucernaio	F18	211x252	Metallo	doppio	6,08	Buono

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

4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/CLIMATIZZAZIONE INVERNALE

L'impianto di riscaldamento degli ambienti è costituito da un impianto tradizionale con caldaia a basamento a gas metano e radiatori senza termovalvole.

4.2.1 Sottosistema di emissione

Il sottosistema di emissione è costituito da termosifoni senza valvole termostatiche

Figura 4.6 - Particolare radiatori

I rendimenti di emissione desunti dal modello di calcolo delle DE sono riportati nella tabella che segue.



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

ZONA TERMICA	TIPOLOGIA DI TERMINALE	RENDIMENTO
Intero edificio	radiatori	94,5%

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

Tabella 4.4 - Riepilogo caratteristiche dei terminali di emissione installati

PIANO	TIPO DI INSTALLAZIONE	NUMERO	POTENZA TERMICA UNITARIA	POTENZA TERMICA COMPLESSIVA ⁽⁶⁾	POTENZA FRIGORIFERA UNITARIA	POTENZA FRIGORIFERA COMPLESSIVA
			[kW]	[kW]	[kW]	[kW]
Terra	Su parete interna/esterna non isolata	25	-	38,82	0	0
Ammezzato	Su parete interna/esterna non isolata	11	-	25,6	0	0

Primo	Su interna/esterna isolata	parete non	12	-	23,97	0	0
TOTALE			43	-	117,5	0	0

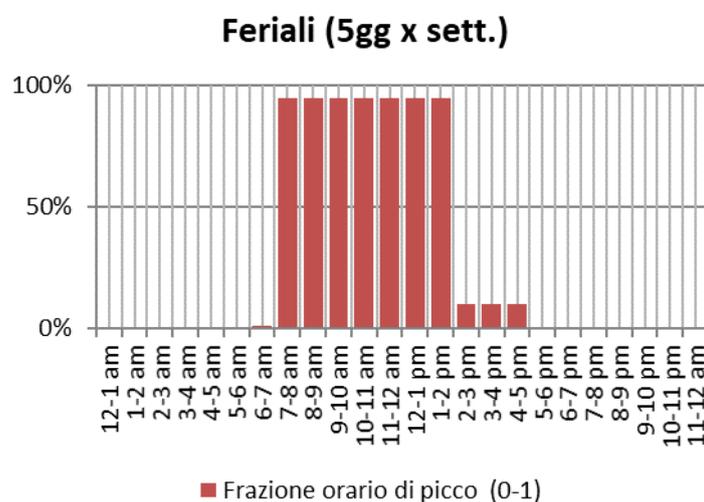
Nota (6): La potenza è stata verificata secondo la UNI 10200 che definisce un codice forma-materiale.

In sede di sopralluogo si sono verificati i dati delle check list fornite dalla PA e sono state prese le misure ulteriori richieste dalla UNI 10200 per il calcolo della potenza.

4.2.2 Sottosistema di regolazione

La regolazione del funzionamento dell'impianto avviene da centrale termica ove è presente una sonda climatica. Non sono presenti termostati ambiente e il personale scolastico non ha saputo fornire informazioni sulle temperature impostate.

Figura 4.7 - Profilo di funzionamento invernale dell'impianto



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
Intero edificio	Climatica	90%

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

4.2.3 Sottosistema di distribuzione

Il sottosistema di distribuzione è costituito da una pompa gemellare con funzionamento in alternato collegata sulla mandata dell'acqua calda.

Le caratteristiche dei circolatori a servizio del circuito di distribuzione sono riportate nella tabella che segue.

Tabella 4.6 - Riepilogo caratteristiche pompe circuito primario

NOME	SERVIZIO	PORTATA ⁽⁷⁾ [m ³ /h]	PREVALENZA ⁽⁸⁾ [kPa]	POTENZA ASSORBITA ⁽⁹⁾ [kW]
GRUNDFOS UPS 50-120 EG1	Gemellare - mandata acqua calda	-	-	2,7-9,4
GRUNDFOS UPS 32-30 ES1	anticondensa	-	-	0,35-1,4

Nota (7): Dato non disponibile da sopralluogo (libretto e visita centrale termica) e da scheda tecnica

Nota (8): Dato non disponibile da sopralluogo (libretto e visita centrale termica) e da scheda tecnica

Nota (9): Valori ricavati da dati di targa

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

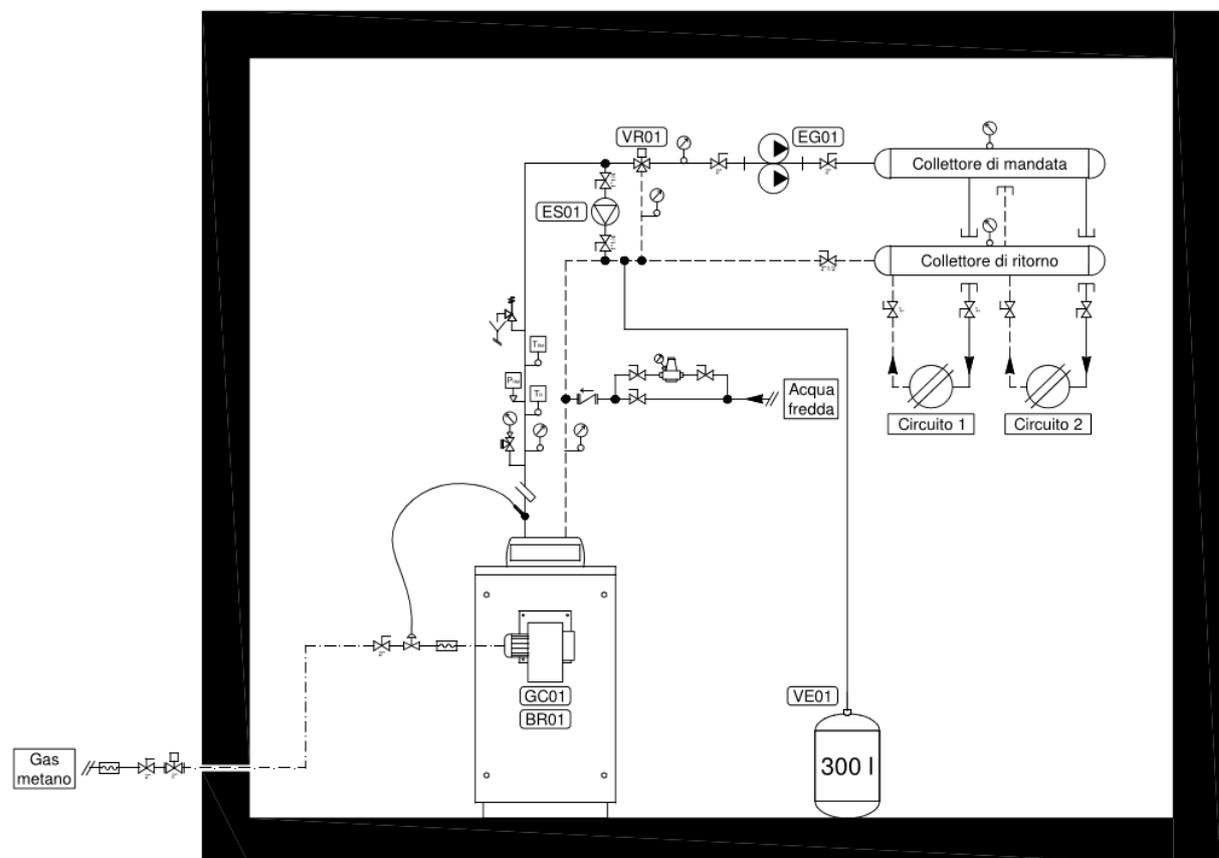
Tabella 4.7 – Temperature di mandata e ritorno del circuito primario

CIRCUITO	TEMPERATURA RILEVATA ⁽¹⁰⁾ °C	TEMPERATURA CALCOLO ⁽¹¹⁾ °C
GEN1 Mandata Caldo	-	80
Ritorno Caldo	-	50

Nota (10): Le temperature di mandata e ritorno del circuito primario rilevate in sede di sopralluogo non sono state acquisite e riportate in quanto nella data di esecuzione dello stesso, per via della temperatura esterna elevata, l'impianto non è mai andato a regime nel lasso del tempo di visita al fabbricato. Si tratta pertanto di valori non rappresentativi e non necessari al fine della modellizzazione del sistema edificio-impianto.

Nota (11): Valori utilizzati nel modello di calcolo

Figura 4.8 - Particolare dello schema di impianto [(Fonte: Tavola 394MSC01.dwg)]



Il rendimento complessivo del sottosistema di distribuzione è stato assunto nella DE pari al 95 % (riferimento normativo 11300-2).

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

4.2.4 Sottosistema di generazione

Il sottosistema di generazione è costituito da una caldaia a basamento Thermital THG NG200 risalente al 1996 con bruciatore Thermital RBL.



Figura 4.9 - Particolare caldaia e bruciatore in centrale termica

Le caratteristiche dei sistemi di generazione sono riportate nella tabella che segue.

Tabella 4.8 - Riepilogo caratteristiche centrale termica

SERVIZIO	MARCA	MODELLO	ANNO DI COSTRUZIONE	POTENZA AL FOCOLARE [kW]	POTENZA TERMICA UTILE [kW]	RENDIMENTO ⁽¹²⁾	POTENZA ASSORBITA COMPLESSIVA [W]
Gen 1 Riscaldamento	THERMITAL	THG NG200	1996	263	241	92,3	-

Nota (12) rendimento da prova fumi del 07/04/2017

Il rendimento complessivo del sottosistema di generazione della modellazione energetica, in regime di riscaldamento è pari al 74%.

Il rendimento da scheda tecnica della caldaia in esame è pari al 91,5%.

Il rendimento della scheda tecnica è in linea con quello relativo alla prova fumi mentre il rendimento della modellazione energetica risulta il più basso dei tre.

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

4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA

Il consumo di acqua calda sanitaria è relativamente ridotto data la destinazione d'uso dell'edificio. La produzione è eseguita tramite un bollitore elettrico ad accumulo installato localmente nei servizi igienici al piano terra.

Figura 4.10 - Particolare di un boiler elettrico per la produzione di acqua calda sanitaria



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

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

SOTTOSISTEMA DI EROGAZIONE	SOTTOSISTEMA DI DISTRIBUZIONE	SOTTOSISTEMA DI RICIRCOLO ⁽¹³⁾	SOTTOSISTEMA DI ACCUMULO ⁽¹⁴⁾	SOTTOSISTEMA DI GENERAZIONE	RENDIMENTO GLOBALE MEDIO STAGIONALE ⁽¹⁵⁾
0,00	0,00	0,00	0,00	75 %	27,7%

Nota (13): sottosistema non presente

Nota (14): sottosistema non presente

Nota (15): il rendimento globale medio stagionale comprende le perdite dovute alla rete elettrica nazionale. Fonte: modellazione energetica.

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

4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO/CLIMATIZZAZIONE ESTIVA

Non presente

4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA

Non presente

4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE

Le utenze sottese all'impianto elettrico, oltre a quelle precedentemente descritte, sono costituite essenzialmente da utenze locali quali ascensori, PC 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 4.10.

Tabella 4.10 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA NOMINALE [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]	ORE ANNUE DI UTILIZZO [ore]
Z1-Z2-Z3-Z4	PC	19	133	2.527	20 (0,1h x 200 gg)
Z1	Stampante tavolo	2	350	700	10 (0,05h x 200 gg)
Z1	Stampante multifunzione	2	675	1350	10 (0,1h x 200 gg)
Z1	Televisore	3	250	750	10 (0,05h x 200 gg)
Z1	Macchinetta caffè	1	550	550	4 (0,02h x 200 gg)
Z1-Z2-Z3-Z4	Proiettore	3	110	330	20 (0,1h x 200 gg)

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

4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE

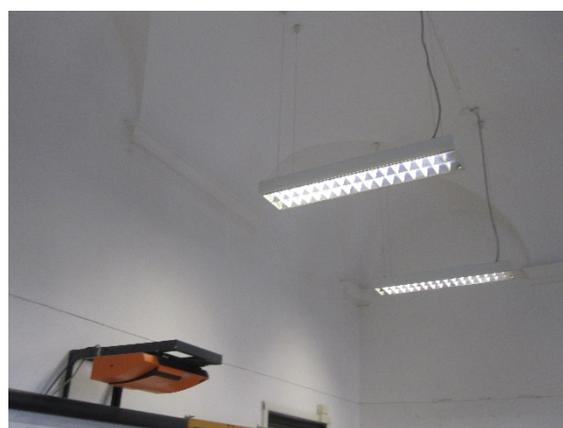
L'impianto di illuminazione è costituito da lampade di diverse tipologie, ovvero neon lineari ed alogene.

Le principali tipologie di corpi illuminanti sono fluorescenti lineari da 18, 36 e 58W installati singolarmente o accoppiati tra loro.

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 è stato possibile rilevare come la maggior parte dei corpi illuminanti fossero sempre accesi durante l'orario scolastico. I locali degli ammezzati e del piano mansarda pur avendo impianto di illuminazione sono usati come magazzino per cui l'impianto è sempre spento

Figura 4.11 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nelle aule.



L'elenco e le caratteristiche dei corpi illuminanti sono riportate nella Tabella 4.11.

Tabella 4.11 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA UNITARIA [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]
Z1	fluorescente 36 W	95	36	3.420
Z1	fluorescente 18 W	8	18	144
Z1	fari 150 W	9	150	1.350
Z1	fluorescenti 58 W	2	58	116
Z1	fari vapori sodio 80 w	6	80	480
Z2	fluorescente 36 W	72	36	2.592
Z2	fluorescente 18 W	2	18	36
Z2	fari 150 W	6	150	900

Figura 4.12 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nella palestra



Figura 4.13 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nella biblioteca



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

Non presente

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 ⁽¹⁶⁾	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 2 contatori con i seguenti PDR:

- PDR1: 3270018945232

Durante il rilievo si è riusciti tramite l'aiuto del personale scolastico ad identificare solo il PDR1.

Il PDR2 3270018883061 indicato dalla Committenza non è presente in struttura ed il personale scolastico presente in struttura da 18 anni riferisce di essere più volte stata interrogata su tale PDR e di non averlo mai riscontrato.

A tal riguardo l'analisi che segue verterà solo sul PDR1 ed il modello energetico sarà tarato sulla base di tali consumi.

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 [Smc]	2015 [Smc]	2016 [Smc]	2014 [kWh]	2015 [kWh]	2016 [kWh]
3270018945232	Riscaldamento	7.784	8.932	14.104	73.324	84.139	132.860

Parallelamente all'analisi dei consumi storici forniti dalla società di distribuzione si è provveduto, ove possibile, alla valutazione dei consumi fatturati nel triennio di riferimento.

I consumi fatturati dalla società di fornitura, ove disponibili, sono stati riportati nella tabella che segue.

Parallelamente all'analisi dei consumi storici forniti dalla società di distribuzione si è provveduto alla valutazione dei consumi fatturati nel triennio di riferimento.

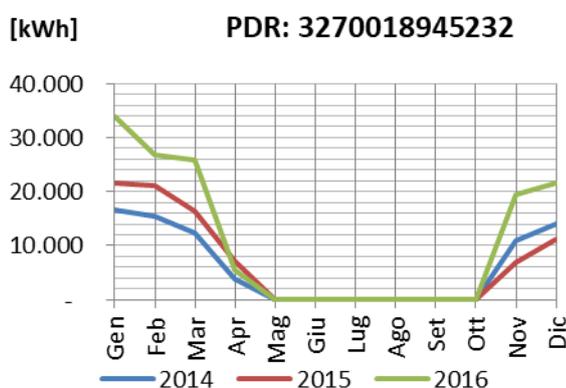
La ripartizione dei consumi annuali di energia termica in consumi mensili verrà eseguita in modo proporzionale rispetto ai GGreali per il triennio di riferimento. I consumi così ripartiti sono riportati nella Tabella 5.3.

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

PDR: 3270018945232	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Mese	[Sm ³]	[Sm ³]	[Sm ³]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen	1.770	2.287	3.592	16.669	21.542	33.841
Feb	1.629	2.236	2.856	15.341	21.061	26.902
Mar	1.317	1.727	2.745	12.404	16.269	25.861
Apr	413	761	572	3.894	7.170	5.390
Mag	-	-	-	-	-	-
Giu	-	-	-	-	-	-
Lug	-	-	-	-	-	-
Ago	-	-	-	-	-	-
Set	-	-	-	-	-	-
Ott	-	-	-	-	-	-
Nov	1.160	735	2.055	10.926	6.926	19.356
Dic	1.496	1.186	2.283	14.092	11.171	21.510
Totale	7.784	8.932	14.104	73.325	84.139	132.860

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

Figura 5.1 – Andamento mensile dei consumi termici fatturati



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

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

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

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

Dove:

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

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

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

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

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

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

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

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

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 _{REAL} SU [109] GIORNI	GG _{RIF} SU [109] GIORNI	CONSUMO REALE RISC. [Smc]	CONSUMO REALE RISC. [kWh]	α_{rif}	CONSUMO NORMALIZZATO A [926] GG [kWh]	CONSUMO ACS [kWh]	CONSUMO ALTRO [kWh]
2014	883	929	7.784	73.325	83	77.148	-	-
2015	877	929	8.932	84.139	96	89.059	-	-
2016	918	929	14.104	132.860	145	134.449	-	-
Media	893	929	10.273	96.775	108	100.219	-	-

Come si può notare dai dati riportati il comportamento energetico dell'edificio, negli anni considerati, è stato caratterizzato da un generico aumento dei consumi.

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}	0,0
\bar{Q}_{ALTRO}	0,0
$\bar{a}_{rif} \times GG_{rif}$	100.219
$Q_{baseline}$	100.219

5.1.2 Energia elettrica

La fornitura di energia elettrica avviene tramite la presenza di 3 contatori i quali risultano a servizio dei seguenti utilizzi:

- POD1: IT001E0012252, : scuola
- POD2: IT001E00097016, non in utilizzo
- POD3: IT001E00097017, analogamente al PDR 2 non trovato in sede di sopralluogo per cui non sarà considerato.

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 è effettuata sulla base dei kWh ottenuti dai dati di fatturazione rilevati nel triennio di riferimento.

Tali consumi annuali derivanti dall'analisi delle fatture elettriche 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]
IT001E00122523	Intero edificio	10.381	10.371	11.312	10.688
TOTALE		10.381	10.371	11.312	10.688

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-E1334 ed è emersa una differenza di circa 1000 kWh all'anno.

Dati relativi a Kyoto Baseline: anno 2014 11.094 kWh; anno 2015 11.754 kWh; anno 2016 12.216 kWh.

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 10.688 kWh

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

POD: IT001E00122523	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen-14	1.159	143	207	1.509
Feb-14	1.081	127	123	1.331
Mar-14	853	126	125	1.104
Apr-14	748	105	103	956
Mag-14	517	81	77	675
Giu-14	191	49	78	318
Lug-14	63	37	60	160
Ago-14	44	32	66	142
Set-14	625	114	112	851
Ott-14	671	114	116	901
Nov-14	857	129	166	1.152

Dic-14	861	182	239	1.282
Totale	7.670	1.239	1.472	10.381
POD: IT001E00122523	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen-15	1.022	149	209	1.380
Feb-15	1.065	164	182	1.411
Mar-15	756	115	126	997
Apr-15	454	76	94	624
Mag-15	701	143	196	1.040
Giu-15	183	56	91	330
Lug-15	113	41	70	224
Ago-15	40	24	51	115
Set-15	366	82	125	573
Ott-15	821	144	130	1.095
Nov-15	1.027	146	159	1.332
Dic-15	897	131	222	1.250
Totale	7.445	1.271	1.655	10.371
POD: IT001E0012252	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen-16	1.011	171	245	1.427
Feb-16	1.132	168	185	1.485
Mar-16	862	122	131	1.115
Apr-16	743	123	115	981
Mag-16	765	143	200	1.108
Giu-16	192	97	166	455
Lug-16	52	45	66	163
Ago-16	28	18	36	82
Set-16	566	107	98	771
Ott-16	914	137	145	1.196
Nov-16	1.056	166	182	1.404
Dic-16	827	129	169	1.125
Totale	8.148	1.426	1.738	11.312

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.

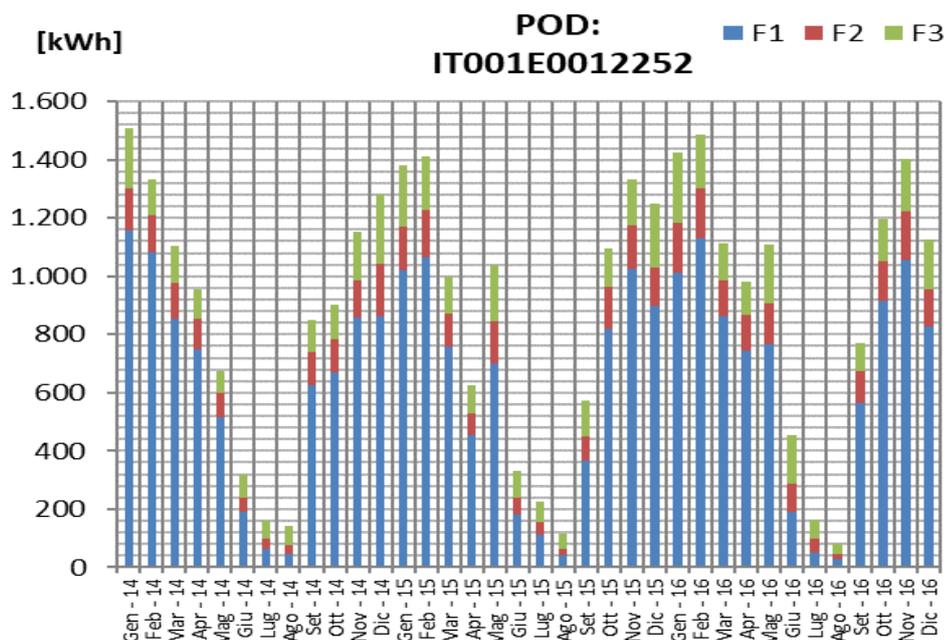
Tabella 5.8 – Consumi mensili di Baseline

BASELINE	F1	F2	F3	TOTALE
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	1.064	154	220	1.439
Febbraio	1.093	153	163	1.409
Marzo	824	121	127	1.072
Aprile	648	101	104	854
Maggio	661	122	158	941
Giugno	189	67	112	368
Luglio	76	41	65	182

Agosto	37	25	51	113
Settembre	519	101	112	732
Ottobre	802	132	130	1.064
Novembre	980	147	169	1.296
Dicembre	862	147	210	1.219
Totale	7.754	1.312	1.622	10.688

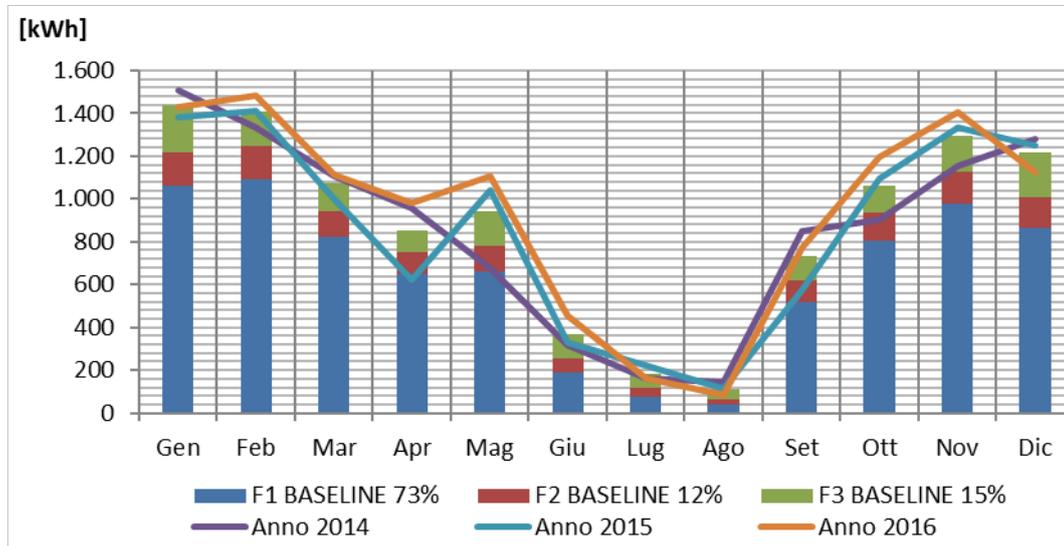
Il profilo così ottenuto è rappresentato nel grafico in Figura 5.2.

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 elettrici reali ed i valori di Baseline per il triennio di riferimento



I profili di prelievo mensili nel triennio di riferimento presentano andamenti costanti durante tutti i mesi dell'anno tranne per i mesi estivi (luglio e agosto) di chiusura della scuola.

Per l'analisi dei profili di carico si è proceduto ad effettuare delle stime finalizzate alla verifica dei seguenti aspetti:

- compatibilità degli andamenti mensili deducibili dalla analisi delle letture riportate dal distributore con l'utilizzo delle utenze effettivamente presenti nell'edificio;
- adeguatezza della potenza impegnata del contatore.

La procedura utilizzata per le stime è la seguente:

- essendo il fabbricato non utilizzato per tutto il mese di agosto è possibile ipotizzare che i consumi di tale mese siano simili per ciascun giorno, ricavando quindi il consumo giornaliero dell'edificio in assenza di fruizione; è stato quindi possibile assumere per l'edificio oggetto di DE un consumo di base costante di circa 2,65 kWh/giorno;
- a partire da dati noti relativi ai profili di carico quarto-orari del mese di agosto di un edificio con caratteristiche analoghe, in termini di destinazione d'uso e tipologie di apparecchiature elettriche presenti, sono state individuate le percentuali di consumo di ciascun quarto d'ora rispetto al totale della giornata tipo del mese di agosto;
- proporzionando il consumo di base dell'edificio alle percentuali di cui sopra, è stato possibile stimare l'andamento del profilo di carico del giorno tipo del mese di agosto;
- per tutti gli altri mesi si è proceduto sottraendo al consumo mensile il consumo di tutti i giorni in cui l'edificio non è fruito (assumendo come consumo giornaliero il consumo di base sopra definito); il consumo residuo è stato ripartito per i giorni di fruizione del singolo mese ed infine è stato riproporzionato sul singolo quarto d'ora in funzione di percentuali di utilizzo rappresentative del fabbricato, tenendo conto della stagione e degli orari di occupazione;
- avendo così determinato per ciascun mese dell'anno il profilo di carico di un giorno tipo, è stato infine possibile individuare, per ciascun mese e per ciascuna fascia oraria di consumo, una stima dei profili di potenza massima.

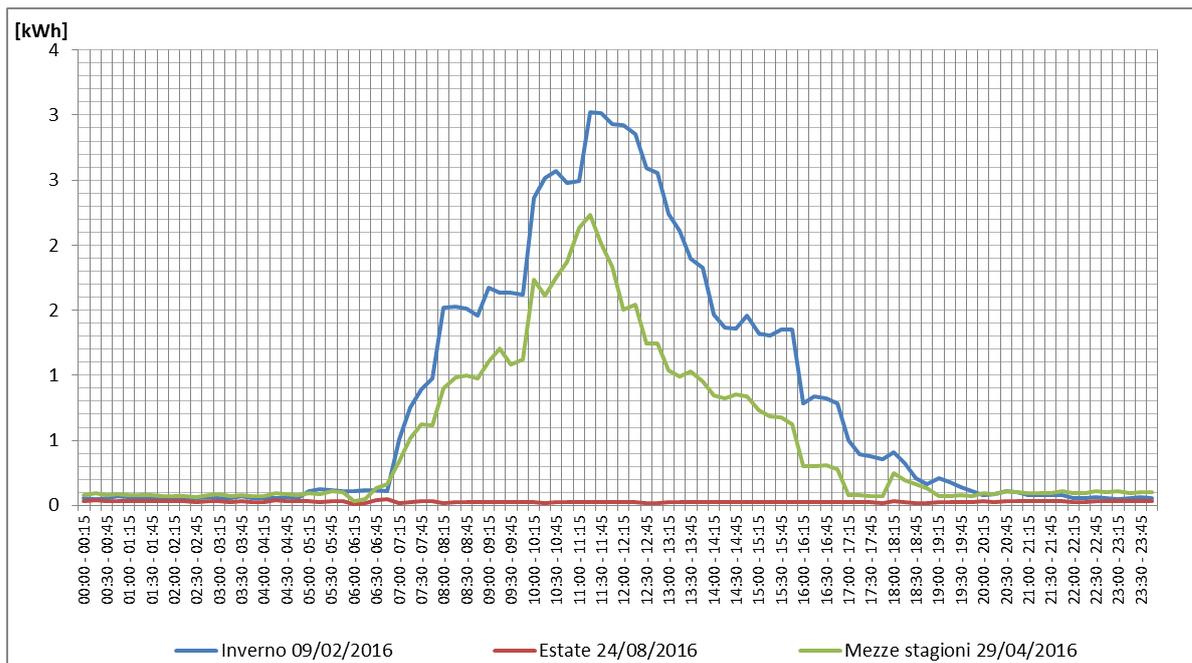
Nella tabella seguente si riporta l'analisi relativa a 3 giornate tipologiche.

Tabella 5.9 – Giornate valutate per l'analisi dei profili giornalieri di consumo elettrico

PROFILO	DATA	GIORNO DELLA SETTIMANA	PERIODO	TEMPERATURA ESTERNA MEDIA [°C]
Profilo 1	09/02/2016	Martedì	Periodo invernale	13,2
Profilo 2	24/08/2016	Mercoledì	Periodo di chiusura	28,2
Profilo 3	29/04/2016	Venerdì	Mezza stagione	16,2

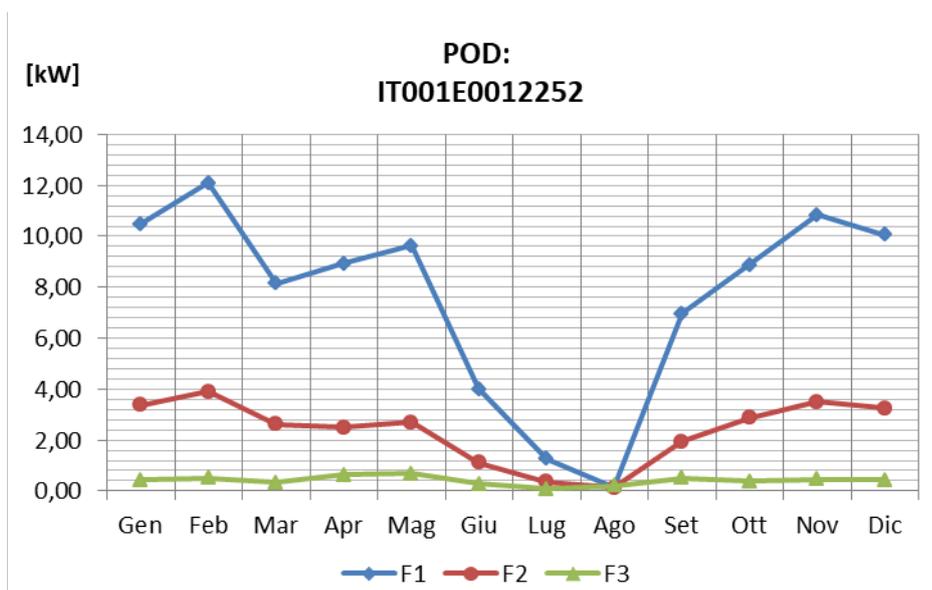
L'andamento dei profili giornalieri di consumo è riportato nei grafici a seguire.

Figura 5.4 – Profili giornalieri tipo dei consumi elettrici per il POD IT001E0012252



Dai grafici così ottenuti si rileva un andamento dei consumi di tipo “a campana”, dovuto ai limitati consumi dell’edificio durante il periodo di non utilizzo (dalla sera dopo le 19 fino al mattino alle 7.00), e all’entrata in funzione graduale delle varie utenze durante il giorno fino a raggiungere un picco di consumo nelle ore centrali della giornata. Fa eccezione l’andamento del giorno tipo estivo, nel quale i consumi diurni risultano analoghi a quelli notturni, essendo l’edificio non fruito in tale periodo. Si osserva inoltre come nelle mezze stagioni i consumi abbiano un andamento simile ma quantitativamente inferiore nelle ore pomeridiane, presumibilmente per via della maggiore disponibilità di luce naturale e della conseguente minore accensione del sistema di illuminazione interna. Tali andamenti risultano coerenti rispetto alle caratteristiche delle utenze rilevate in sede di sopralluogo ed i consumi notturni ed estivi sono compatibili con le poche utenze che rimangono costantemente in funzione, come il distributore di snack.

Figura 5.5 – Profili di potenza giornalieri per il POD IT001E0012252



I profili di potenza giornalieri risultano coerenti con l'effettivo utilizzo dell'edificio e delle utenze elettriche presenti, essendo le fasce di maggiore e minore consumo rispettivamente la F1 e la F3 ed essendo il periodo invernale quello con la potenza assorbita superiore.

Il prelievo di potenza massima stimato è pari a 12,09 kW e si verifica nel mese di febbraio in fascia F1. Tale potenza richiesta risulta coerente con la potenza impegnata del contatore installato.

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 5.10 - Fattori di emissione di CO₂. Tabella 5.10.

Tabella 5.10 - Fattori di emissione di CO₂.

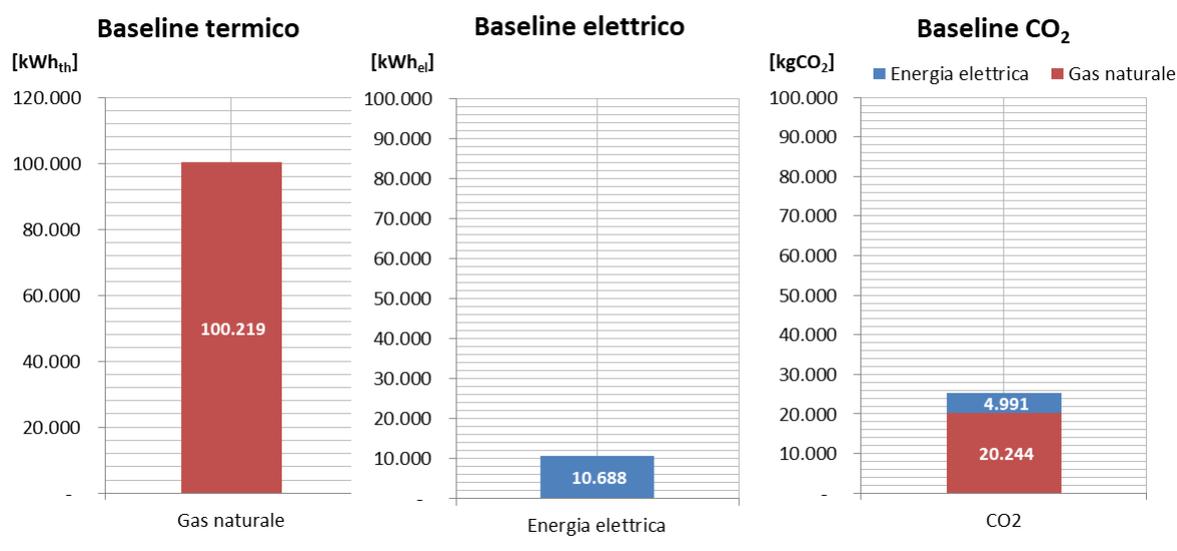
COMBUSTIBILE	FATTORE DI CONVERSIONE
	kgCO ₂ /kWh
Energia elettrica	* 0,467
Gas naturale	* 0,202
GPL	* 0,227
Olio combustibile	* 0,267
Gasolio	* 0,267
Benzina	* 0,249

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

Applicando tali fattori di conversione è stato possibile valutare la Baseline delle emissioni di CO₂, come riportato nella Tabella 5.11 – Baseline delle emissioni di CO₂. Tabella 5.11 e nella Figura 5.6

Tabella 5.11 – Baseline delle emissioni di CO₂.

COMBUSTIBILE	CONSUMO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE	
	[kWh]	[tCO ₂ /MWh]	[tCO ₂]
Energia elettrica	10.688	0,467	4,99
Gas naturale	100.219	0,202	20,24

Figura 5.6 – 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 5.12 - Fattori di conversione in energia primaria dei vettori energetici

COMBUSTIBILE	F _{P,nren}	F _{P,ren}	F _{P,tot}
Gas naturale	1,05	0	1,05
Energia elettrica da rete	1,95	0,47	2,42

La valutazione degli indicatori di performance è stata effettuata parametrizzando i consumi reali di Baseline di cui al Capitolo 5, in funzione dei fattori riportati nella Tabella 5.13.

Tabella 5.13 – Fattori di riparametrizzazione

	PARAMETRO	VALORE	U.M.
FATTORE 1	Superficie netta riscaldata	1.657,56	m ²
FATTORE 2	Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	1.713	m ³
FATTORE 3	Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate)	12.024,00	m ³

Nella Tabella 5.14 e

Tabella 5.15 sono riportati gli indicatori di performance valutati coerentemente con quanto riportato nella sezione 2.5 dell’Allegato J – Schede di audit.

Tabella 5.14 – Indicatori di performance calcolati con riferimento all’energia primaria totale

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA TOTALE	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA TOTALE	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA TOTALE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3	FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3
	[kWh/anno]		[kWh/anno]	[kWh/m ²]	[kWh/m ²]	[kWh/m ³]	[Kg CO ₂ /m ²]	[Kg CO ₂ /m ²]	[Kg CO ₂ /m ³]
Gas naturale	100.219	1,05	105.230	63,5	61,4	8,8	12,21	11,82	1,68
Energia elettrica	10.688	2,42	25.865	15,6	15,1	2,2	3,01	2,91	0,42
TOTALE			131.094	79	77	11	15	15	2

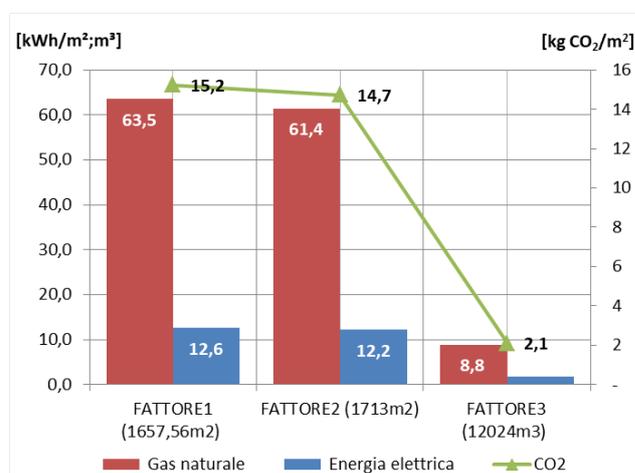
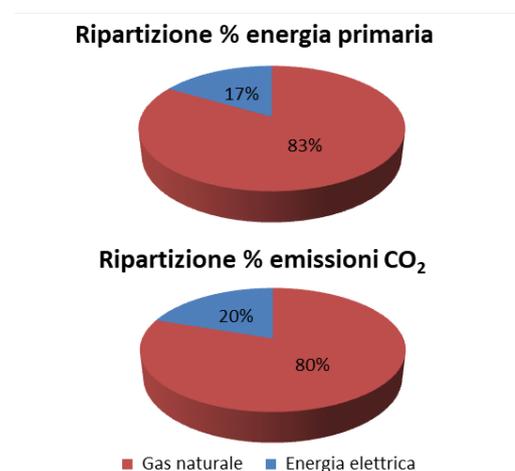
Tabella 5.15 – Indicatori di performance calcolati con riferimento all'energia primaria non rinnovabile

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	100.219	1,05	105.230	63,5	61,4	8,8	12,21	11,82	1,68
Energia elettrica	10.688	1,95	20.842	12,6	12,2	1,7	3,01	2,91	0,42
TOTALE			126.071	76	74	10	15	15	2

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}).

Figura 5.7 – Indicatori di performance e relative emissioni di CO₂ valutati in funzione dei fattori di riparametrizzazioneFigura 5.8 – Ripartizione % dei consumi specifici di energia primaria e delle relative emissioni di CO₂

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 5.16 – Indicatori di performance energetici

COMBUSTIBILE	IEN _R			IEN _E		
	Wh/(m ³ GG anno)			Wh/(m ² anno)		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Gas Naturale	4,86	5,31	8,12	-	-	-
Energia elettrica	-	-	-	5,23	5,22	5,62

E' stato quindi possibile effettuare un raffronto con le classi di merito riportate nelle suddette Linee Guida ENEA - FIRE, ottenendo valori BUONI.

I dettagli dell'analisi degli indici di performance energetici sono riportati nell'Allegato M Report di Benchmark.

6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO

6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO

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

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

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

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

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE	ENERGIA PRIMARIA TOTALE
Globale non rinnovabile	$EP_{gl, nren}$	kWh/mq anno	266,41	282,68
Climatizzazione invernale	EP_H	kWh/mq anno	201,91	202,63
Produzione di acqua calda sanitaria	EP_w	kWh/mq anno	0,63	0,78
Ventilazione	EP_v	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	EP_c	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	EP_L	kWh/mq anno	62,64	77,73
Trasporto di persone e cose	EP_T	kWh/mq anno	1,24	1,54
Emissioni equivalenti di CO2	CO_{2eq}	Kg/mq anno	69,45	69,45

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

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	
	$[m^3/anno]$	CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE $[kWh/anno]$
Gas Naturale	33.333,80	329.705
Energia Elettrica	-	111.893

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

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

Dove:

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

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

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

FABBISOGNO	Corrispondenza UNI TS 11300 [kWh _{el}]
Energia ausiliaria complessiva assorbita dal sottosistema di generazione per la produzione di ACS	$E_{W, aux, gn}$
Energia ausiliaria complessiva assorbita dal sottosistema di generazione per il riscaldamento	$E_{H, aux, gn}$
Fabbisogno di energia elettrica dell'impianto di ventilazione meccanica e dei terminali di emissione	$E_{ve, el} + E_{aux, e}$
Fabbisogno di energia elettrica per gli ausiliari di distribuzione (Riscaldamento e ACS)	$E_{W, aux, d} + E_{W, aux, d}$
Fabbisogno di energia elettrica per l'illuminazione interna dell'edificio	$E_{L, int}$
Fabbisogno di energia elettrica per gli ausiliari degli impianti di climatizzazione	$Q_{c, aux}$
Fabbisogno di energia elettrica per i sistemi di trasporto (+ eventuali altri carichi interni)	$E_T + E_{altro}^{(17)}$
Perdite al trasformatore	$E_{trasf}^{(17)}$
Energia elettrica esportata dall'impianto a fonti rinnovabili	$E_{exp, el}$

Nota (17) Tale contributo non è definito all'interno delle norme UNITS 11300 pertanto è stato valutato dall'Auditor sulla base del censimento delle utenze e del relativo tempo di utilizzo, rilevati in sede di sopralluogo

6.1.1 Validazione del modello termico

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

Si è quindi provveduto alla simulazione dei parametri reali di utilizzo dell'edificio considerando le temperature medie reali di ogni mese, il profilo di utilizzo dell'edificio e le temperature interne rilevate durante il sopralluogo.

I valori effettivi di temperatura rilevati ed utilizzati all'interno della modellazione, e gli altri eventuali parametri che sono stati modificati rispetto alla condizione standard sono riportati nell'Allegato E – Relazione di dettaglio dei calcoli.

Nella Tabella 6.6 sono riportati gli indicatori di performance energetica ricavati dalla modellazione dell'edificio in modalità "Adattata all'utenza".

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE	ENERGIA PRIMARIA TOTALE
Globale non rinnovabile	$EP_{gl,nnren}$	kWh/mq anno	127,31	143,07
Climatizzazione invernale	EP_H	kWh/mq anno	62,81	63,01
Produzione di acqua calda sanitaria	EP_w	kWh/mq anno	0,63	0,78
Ventilazione	EP_v	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	EP_c	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	EP_L	kWh/mq anno	62,64	77,73
Trasporto di persone e cose	EP_T	kWh/mq anno	1,24	1,54
Emissioni equivalenti di CO ₂	CO_{2eq}	Kg/mq anno	41,55 ⁽¹⁸⁾	41,55

Nota (18): i fattori utilizzati per il calcolo della produzione di CO₂ dal software di modellazione energetica sono 0,227 kgCO₂/kWh per il gas metano e 0,200 kgCO₂/kWh per l’energia elettrica.

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

Gli indicatori di performance energetica ricavati dai consumi di baseline (Tabelle 5.13 e 5.14) e quelli ricavati dalla modellazione in modalità adattata all’utenza (Tabella 6.4) non sono congruenti in quanto non è possibile eseguire una validazione del modello elettrico mediante il software per la modellazione energetica.

Il metodo utilizzato per la validazione del modello elettrico è riportato al paragrafo 6.1.2 Validazione del modello elettrico.

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	CONSUMO
	[mc/anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	10.383,29	97.811
Energia elettrica		10.369

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

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

$Q_{teorico}$	$Q_{baseline}$	Congruità
[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
97.811	100.912	2,5%

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

6.1.2 Validazione del modello elettrico

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

Il dettaglio dei calcoli effettuati ai fini della definizione del modello elettrico è riportato nell’Allegato B – Elaborati.

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

EE _{teorico} [kWh/anno]	EE _{baseline} [kWh/anno]	Congruità [%]
10.369	10.688	3,1%

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

6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

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

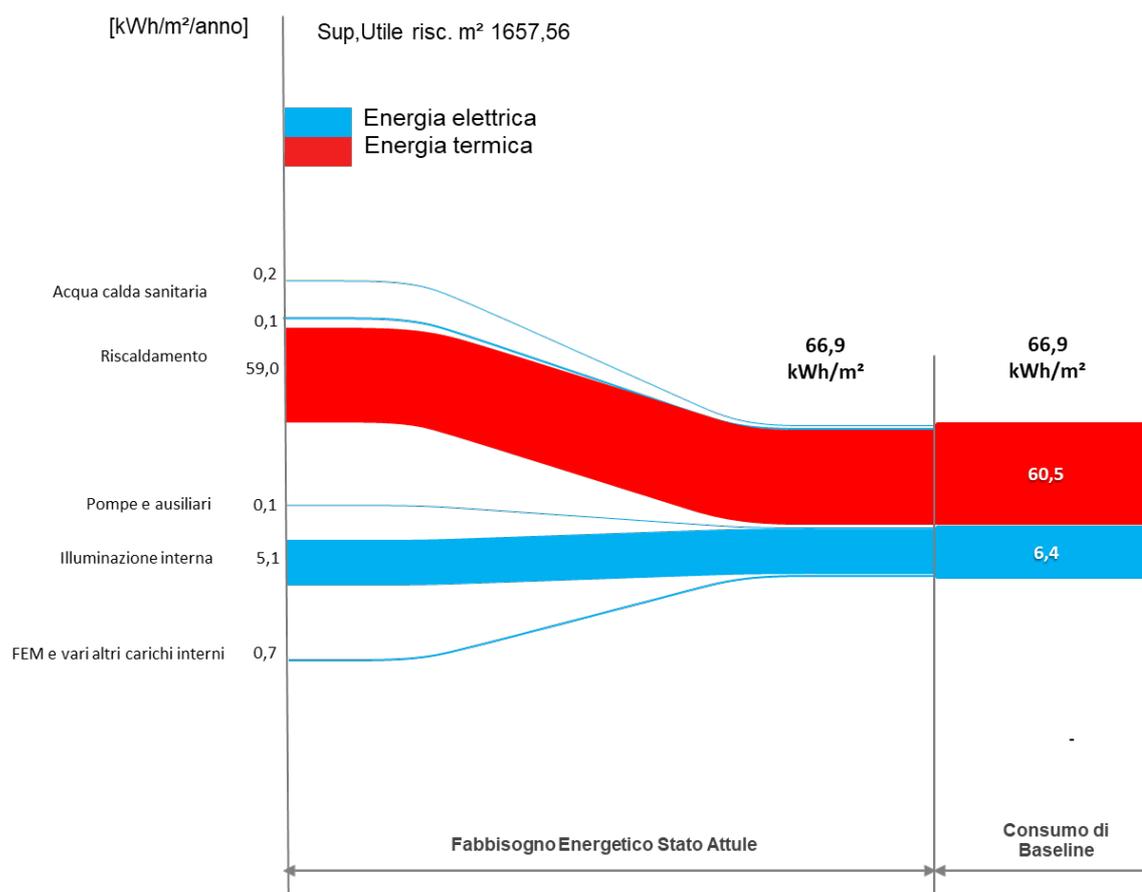
A conclusione della procedura di calcolo del fabbisogno di energia primaria, i risultati del bilancio energetico sono quindi stati rappresentati mediante diagrammi di Sankey.

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

Figura 6.2 – Bilancio energetico complessivo dell’edificio



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

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

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

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

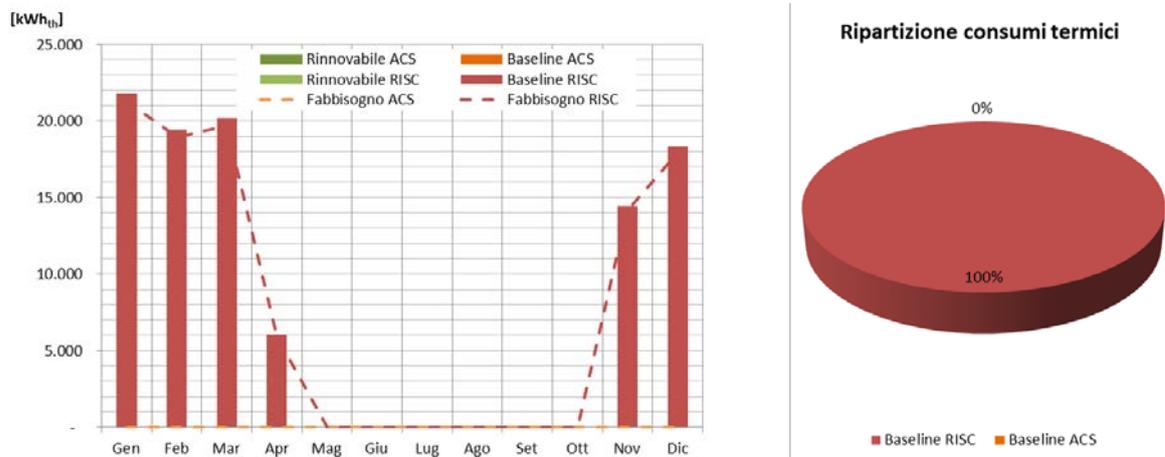
Dall’analisi del diagramma di Sankey relativo al bilancio energetico complessivo dell’edificio è possibile notare che il gas naturale è impiegato interamente per il riscaldamento, mentre il servizio di produzione di ACS viene soddisfatto mediante vettore elettrico. Il principale utilizzo dell’energia elettrica risulta essere l’illuminazione interna.

6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI

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

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

Figura 6.3 – Andamento mensile dei consumi termici ricavati dalla modellazione



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

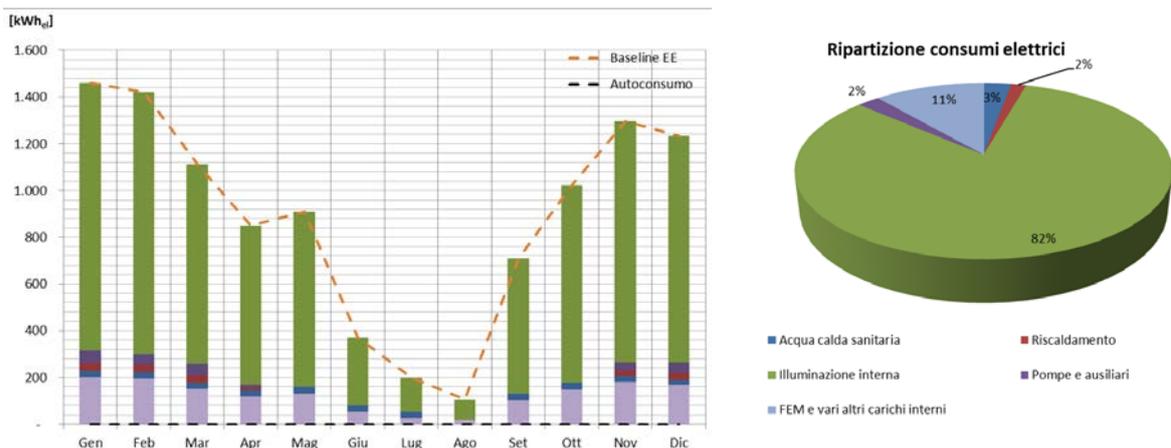
Anche relativamente all'analisi dei fabbisogni di energia elettrica, la ripartizione tra i vari utilizzi è stata effettuata in funzione degli esiti della modellazione.

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

Il dato di FEM è stato calcolato come prodotto tra la potenza elettrica complessiva delle apparecchiature elettriche e i relativi profili di utilizzo.

I risultati di tale valutazione sono riportati nella Figura 6.4.

Figura 6.4 – Andamento stagionale dei consumi elettrici, ripartiti tra le varie utenze, ricavati dalla modellazione



Si può notare come la maggior parte dei consumi sia da attribuirsi all'impianto di illuminazione interna, pertanto uno degli interventi migliorativi proposti, andrà ad interessare l'impianto di illuminazione.

7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO

7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI

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

7.1.1 Vettore termico

La fornitura del vettore termico riferito al PDR 3270018945232 avviene tramite un 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.

Nel file kyotoBaseline è indicato un secondo PDR ma durante il sopralluogo non è stato rinvenuto ed il personale scolastico operante in struttura da più di 18 anni ha riferito che negli anni più persone hanno cercato presso l'istituto tale PDR ma non è mai stato trovato. In conseguenza a ciò tale PDR non è stato considerato per l'analisi dei costi/consumi e per la modellizzazione termica dell'edificio e degli interventi migliorativi.

Per le forniture di gas metano gestite tramite il Contratto di Servizio Energia SIE3, non essendo disponibile la fatturazione, è stato considerato il prezzo desunto da ARERA per l'anno 2017.

Il calcolo della tariffa è stato effettuato considerando come tipologia di classe del contatore il range G10-G40.

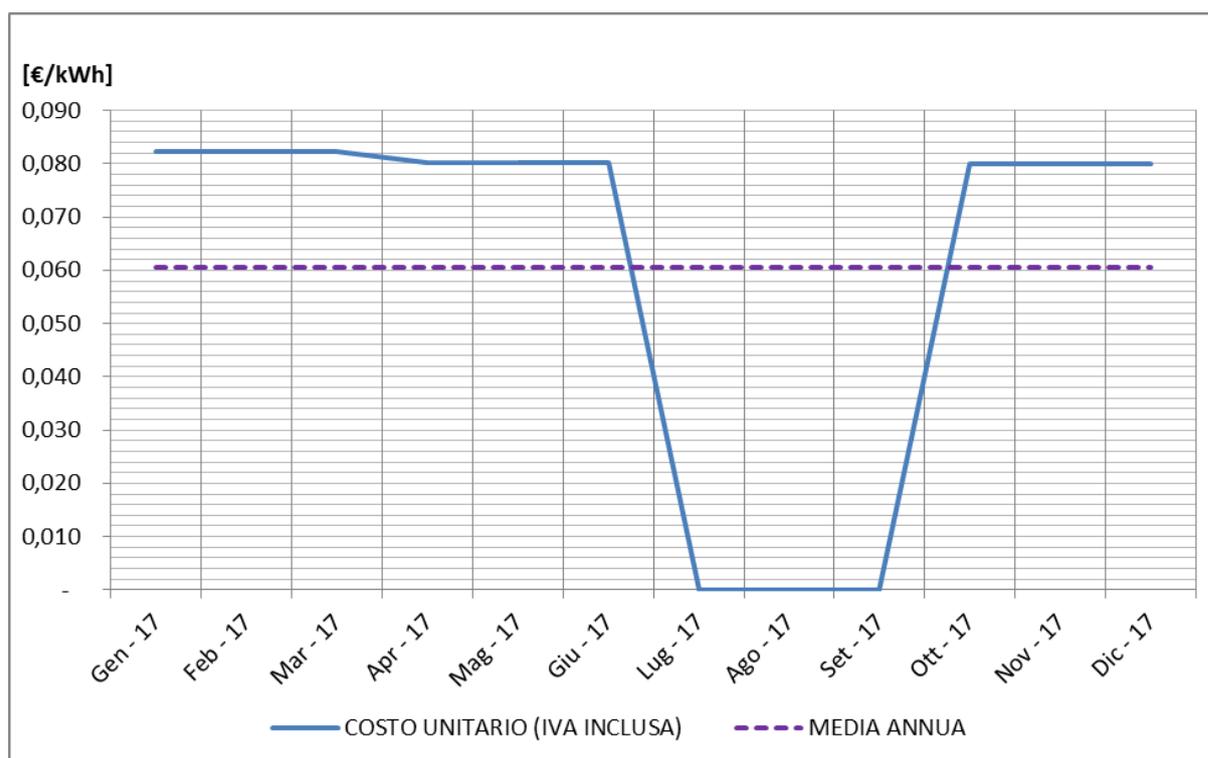
Nella Tabella 7.1 si riporta l'andamento mensile del costo del vettore termico nell'anno 2017.

Tabella 7.1 – Caratteristiche dei contratti di fornitura del vettore elettrico per l'anno 2017

ANNO 2017	[€/kWh]
Gen - 17	0,082
Feb - 17	0,082
Mar - 17	0,082
Apr - 17	0,080
Mag - 17	0,080
Giu - 17	0,080
Lug - 17	-
Ago - 17	-
Set - 17	-
Ott - 17	0,080
Nov - 17	0,080
Dic - 17	0,080
Media, CuQ	0,081

Nel grafico in Figura 7.1 è riportato l'andamento del costo unitario del vettore termico per le mensilità dell'anno 2017 per cui è stato possibile ricavare i costi unitari forniti da ARERA.

Figura 7.1 – Andamento del costo unitario del vettore termico per il 2017



7.1.2 Vettore elettrico

La fornitura del vettore elettrico riferito al POD IT001E00122523 avviene tramite un 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.

Nel file kyotoBaseline sono indicati altri due POD ma durante il sopralluogo non sono stati rinvenuti ed il personale scolastico operante in struttura da più di 18 anni ha riferito che negli anni più persone hanno cercato presso l'istituto tali contatori ma non è mai stato trovato. In conseguenza a ciò tali POD non sono stati considerati per l'analisi dei costi/consumi e per la modellizzazione termica dell'edificio e degli interventi migliorativi.

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: IT001E00122523	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura	COMUNE DI GENOVA, via Francia 1, 16124 Genova		
Dati di intestazione fattura	COMUNE DI GENOVA, via Francia 1, 16124 Genova		
Società di fornitura	Edison Energia	Edison Energia + Gala	Gala + Iren
Inizio periodo fornitura	01/10/2013	01/10/2013 - 01/04/2015	01/04/2015 – 01/04/2016
Fine periodo fornitura	31/03/2015	31/03/2015 - 31/03/2016	31/03/2016 – info non disponibile
Potenza elettrica impegnata	22 kW	22 - 20 kW	20 kW
Potenza elettrica disponibile	22 kW	22 kW	22 kW
Tipologia di contratto	BT	BT	BT
Opzione tariffaria ⁽¹⁹⁾	-	A6	-

Prezzi del fornitura dell'energia elettrica ⁽²⁰⁾	0,08 €/Kwh	0,08 €/Kwh	0,07 €/Kwh
---	------------	------------	------------

Nota (19) per fatturazioni non mensili la spesa economica mensile andrà calcolata suddividendo percentualmente la spesa aggregata in base ai valori di consumo energetico mensile.

Nota (20): 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 il prezzo di fornitura dell'energia è diminuito con i passaggi da un contratto all'altro.

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: IT001E00122523	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
Anno 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[kWh]	[€/kWh]
Gennaio	€ 119,07	€ 19,55	€ 180,28	€ 18,86	€ 33,78	€ 371,54	1.509	€ 0,25
Febbraio	€ 106,29	€ 17,23	€ 167,07	€ 16,64	€ 30,72	€ 337,95	1.331	€ 0,25
Marzo	€ 87,58	€ 14,65	€ 149,93	€ 13,80	€ 26,61	€ 292,57	1.104	€ 0,27
Aprile	€ 75,98	€ 16,47	€ 141,03	€ 11,95	€ 24,54	€ 269,97	956	€ 0,28
Maggio	€ 53,30	€ 11,64	€ 87,34	€ 8,44	€ 16,07	€ 176,79	675	€ 0,26
Giugno	€ 24,04	€ 5,47	€ 91,50	€ 3,98	€ 12,50	€ 137,49	318	€ 0,43
Luglio	€ 11,60	€ 2,57	€ 79,42	€ 2,00	€ 9,56	€ 105,15	160	€ 0,66
Agosto	€ 9,99	€ 2,28	€ 78,02	€ 1,78	€ 9,21	€ 101,28	142	€ 0,71
Settembre	€ 66,37	€ 13,60	€ 133,46	€ 10,64	€ 22,41	€ 246,48	851	€ 0,29
Ottobre	€ 70,00	€ 13,04	€ 139,25	€ 11,26	€ 23,37	€ 256,92	901	€ 0,29
Novembre	€ 88,09	€ 17,06	€ 159,35	€ 14,40	€ 27,87	€ 306,77	1.152	€ 0,27
Dicembre	€ 94,63	€ 18,82	€ 169,76	€ 16,03	€ 2,99	€ 302,23	1.282	€ 0,24
Totale	€ 806,94	€ 152,38	€ 1.576,41	€ 129,78	€ 239,63	€ 2.905,14	10.381	€ 0,28
POD: IT001E00122523	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
Anno 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[kWh]	[€/kWh]
Gennaio	€ 99,44	€ 18,01	€ 173,03	€ 17,25	€ 30,77	€ 338,50	1.380	€ 0,25
Febbraio	€ 97,62	€ 18,64	€ 175,40	€ 17,64	€ 30,93	€ 340,23	1.411	€ 0,24
Marzo	€ 85,39	€ 17,06	€ 166,37	€ 16,16	€ 28,50	€ 313,48	997	€ 0,31
Aprile	€ 38,47		€ 86,89	€ 8,37	€ 13,37	€ 147,10	624	€ 0,24
Maggio	€ 44,15		€ 78,04	€ 9,85	€ 13,20	€ 145,25	1.040	€ 0,14
Giugno	€ 40,47		€ 105,54	€ 9,31	€ 15,53	€ 170,84	330	€ 0,52
Luglio	€ 8,54		€ 73,50	€ 2,28	€ 3,38	€ 87,70	224	€ 0,39
Agosto	€ 31,21		€ 114,70	€ 7,37	€ 16,48	€ 169,75	115	€ 1,48
Settembre	€ 6,71		€ 54,55	€ 1,78	€ 6,30	€ 69,35	573	€ 0,12
Ottobre	€ 32,07		€ 70,70	€ 8,39	€ 11,11	€ 122,28	1.095	€ 0,11
Novembre	€ 87,35		€ 196,75	€ 25,61	€ 41,51	€ 351,22	1.332	€ 0,26
Dicembre	€ 125,19		€ 259,95	€ 28,34	€ 48,09	€ 461,58	1.250	€ 0,37
Totale	€ 696,59	€ 53,71	€ 1.555,42	€ 152,37	€ 259,18	€ 2.717,27	10.371	€ 0,26
POD: IT001E00122523	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	€ 62,77		€ 122,61	€ 10,23	€ 16,86	€ 212,47	1.427	€ 0,15
Febbraio	€ 96,26		€ 168,39	€ 20,46	€ 25,84	€ 310,95	1.485	€ 0,21
Marzo	€ 87,93		€ 176,40	€ 21,56	€ 26,38	€ 312,27	962	€ 0,32
Aprile	€ 52,06	€ 61,75	€ 78,89	€ 12,26	€ 20,50	€ 225,46	981	€ 0,23
Maggio	€ 62,70	€ 62,62	€ 87,54	€ 13,85	€ 22,67	€ 249,38	1.108	€ 0,23
Giugno	€ 26,61	€ 56,70	€ 43,07	€ 5,69	€ 13,21	€ 145,28	455	€ 0,32
Luglio	€ 11,44	€ 54,06	€ 23,16	€ 2,04	€ 9,07	€ 99,77	163	€ 0,61
Agosto	€ 5,21	€ 53,32	€ 17,66	€ 1,03	€ 7,72	€ 84,94	82	€ 1,04
Settembre	€ 56,81	€ 59,57	€ 64,51	€ 9,64	€ 18,97	€ 209,50	771	€ 0,27
Ottobre	€ 97,79	€ 63,95	€ 93,81	€ 14,95	€ 27,05	€ 297,55	1.196	€ 0,25
Novembre	€ 126,02	€ 66,16	€ 108,02	€ 17,55	€ 31,64	€ 349,39	1.404	€ 0,25
Dicembre	€ 96,35	€ 63,37	€ 88,95	€ 14,06	€ 26,27	€ 289,00	1.125	€ 0,26
Totale	€ 781,95	€ 541,50	€ 1.073,01	€ 143,32	€ 246,16	€ 2.785,94	11.312	€ 0,25

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

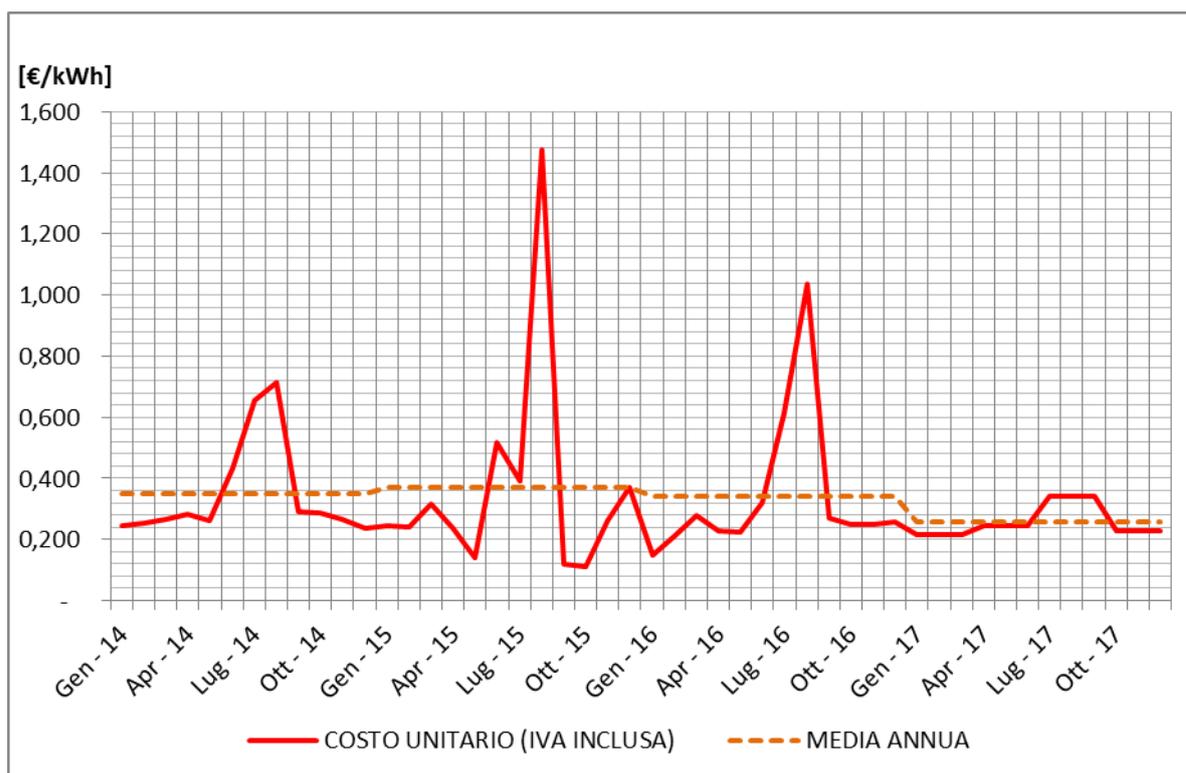
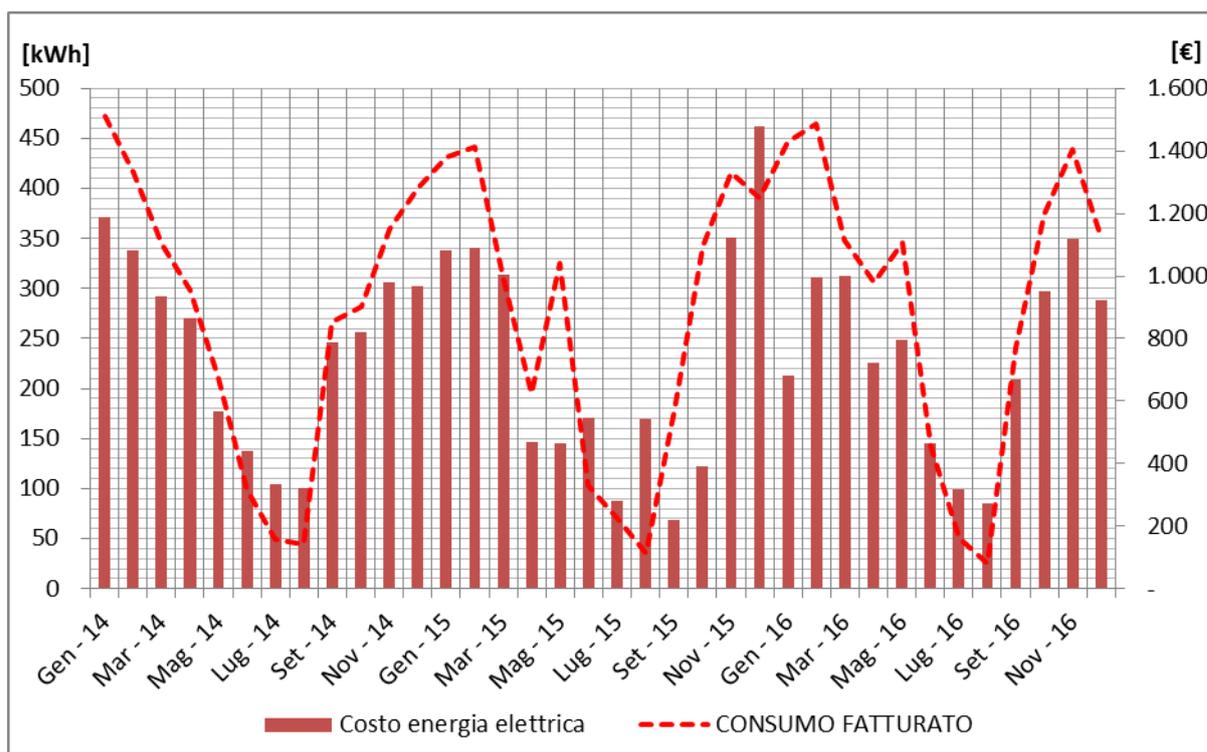


Figura 7.3 – Andamento dei consumi e dei costi dell'energia elettrica



Dall'analisi effettuata risulta evidente che l'andamento dei costi segue l'andamento dei consumi di energia elettrica.

7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI

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

Nella Tabella 7.4 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		
	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[kWh]	[€]	[€/kWh]
2014	73.324	-	-	10.381	2.905	€ 0,280
2015	84.139	-	-	10.371	2.717	€ 0,262
2016	132.860	-	-	11.312	2.786	€ 0,246
Media	96.774	-	-	10.688	2.535	€ 0,257

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

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 AREA	Cu _q 0,081	[€/kWh]
Costo unitario dell'energia elettrica	Valore AREA	Cu _{EE} 0,257	[€/kWh]

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

7.3 COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI

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

- L1-042-118: servizio SIE3

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

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

Tali servizi prevedono il pagamento di un canone annuale da parte della PA pari a 15.907,2 €.

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 manutentivi individuati per il calcolo della Baseline

Definizione		Valore	U.M.
Costo per la gestione e manutenzione ordinaria	Corrispettivo annuale relativo al contratto O&M in essere	C_{MO} 6.115	[€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Media relativa a gli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici	C_{MS} 1.626	[€/anno]

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

7.4 BASELINE DEI COSTI

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

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

Per la componente energetica vale la seguente formula:

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

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

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

Ne risulta quindi un C_E pari a 10.916 euro e un $C_{baseline}$ pari a 18.657 euro.

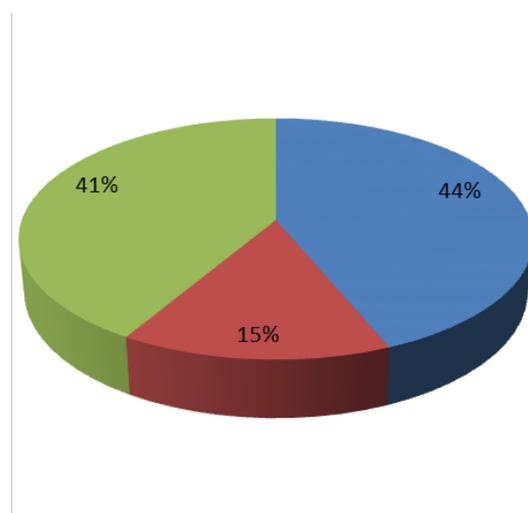
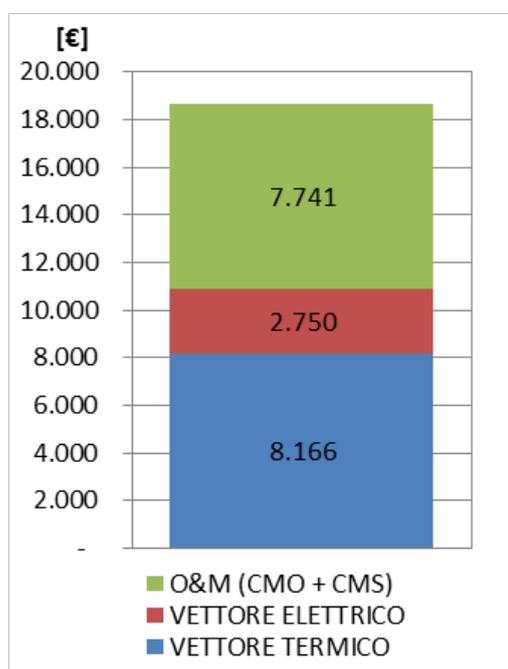
Tabella 7.7 – Valori di costo individuati per il calcolo della Baseline

VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)			TOTALE
$Q_{baseline}$	Cu_Q	C_Q	$EE_{baseline}$	Cu_{EE}	C_{EE}	C_M	C_{MO}	C_{MS}	$CQ+CEE+CM$
[kWh]	[€/kWh]	[€]	[kWh]	[€/kWh]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
100.219	0,081	8.166	10.688	0,257	2.750	7.741	6.115	1.626	18.657

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

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: chiusura del secondo piano ed isolamento solaio sottotetto

Generalità

La misura prevede la posa di uno strato di materiale isolante all'estradosso del solaio tra piano primo e piano secondo al fine di raggiungere un valore di trasmittanza totale per la struttura orizzontale opaca conforme da quanto incentivabile attraverso il conto termico vigente.

Il sistema comporta l'applicazione al di sopra della struttura esistente, di un nuovo strato isolante, la chiusura dell'accesso al piano secondo e la chiusura dei corpi scaldanti installati al piano secondo.

Figura 8.1 - Particolare solaio sottotetto



Caratteristiche funzionali e tecniche

L'intervento permette un'ottimizzazione gestionale dell'edificio in quanto viene chiuso e non più riscaldato un intero piano non utilizzato e non utilizzabile. La posa quindi di materiale isolante sull'ultimo solaio efficientia il sistema edificio impianto riducendo il fabbisogno termico dell'edificio. Essendo l'edificio soggetto a vincolo storico-artistico non si è computata la struttura di chiusura dell'accesso al piano secondo in quanto la tipologia non è ipotizzabile a priori vista la necessità di una progettazione dettagliata che consideri l'inserimento della stessa nel contesto architettonico per l'approvazione da parte della Soprintendenza per i Beni Architettonici e Paesaggistici.

Lana di roccia ad alta resistenza meccanica, conduttività termica λ **0,038 W/mK**, 150 kg/m³

Spessore isolante: 16 cm



Descrizione dei lavori

L'isolamento termico dell'ultima soletta effettuato all'estradosso, viene realizzato posando il materiale isolante, senza alcuna protezione superiore sul solaio pulito ed asciutto. I pannelli devono essere ben accostati tra di loro, avendo cura di rivestire in modo continuo il supporto. Sugli angoli o nei punti d'incontro tra pavimento e parete verso esterno (parapetti, muretti o altro), è necessario prevedere il rivestimento per almeno 60 cm per lato.

Parallelamente alla posa del materiale isolante si dovrà procedere con la chiusura tramite parete in cartongesso o vetrata dell'accesso al piano secondo dal piano primo ed alla chiusura dei corpi scaldanti del secondo piano.

Prestazioni raggiungibili

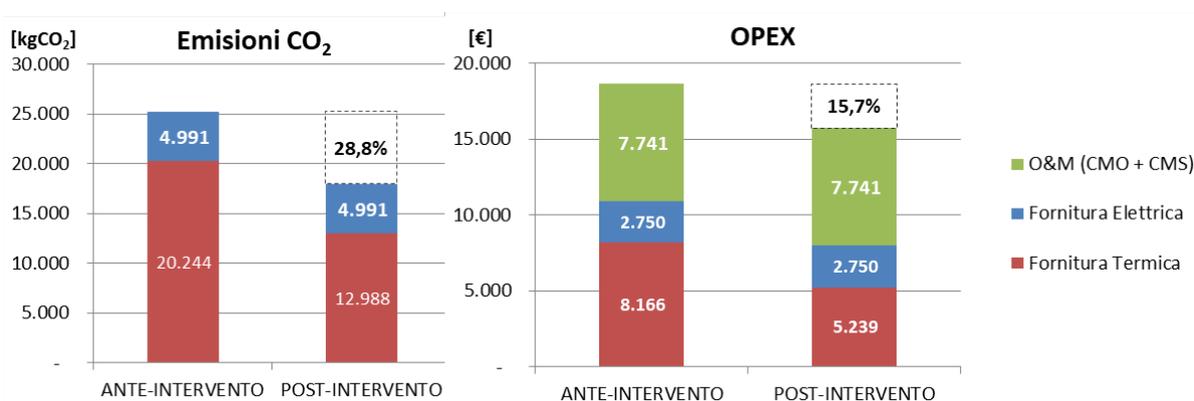
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM1 sono riportati nella Tabella 8.1

Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM1: chiusura del secondo piano ed isolamento solaio sottotetto

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE
EEM1 Trasmittanza	[W/m ² K]	2,27	0,21	90,7%
Q _{teorico}	[kWh]	97.811	62.750	35,8%
EE _{teorico}	[kWh]	10.369	10.369	0,0%
Q _{baseline}	[kWh]	100.219	64.295	35,8%
EE _{Baseline}	[kWh]	10.688	10.688	0,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	20.244	12.988	35,8%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	4.991	4.991	0,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	25.235	17.979	28,8%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	8.166	5.239	35,8%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	2.750	2.750	0,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	10.916	7.989	26,8%
C _{MO}	[€]	6.115	6.115	0,0%
C _{MS}	[€]	1.626	1.626	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	7.741	7.741	0,0%
OPEX	[€]	18.657	15.730	15,7%
Classe energetica	[-]	D	D	stessa classe

Nota (21) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,476 [kgCO₂/kWh] I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,081 [€/kWh] per il vettore termico e 0,257 [€/kWh]

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



EEM4: isolamento a cappotto muratura corpo "palestra"

Generalità

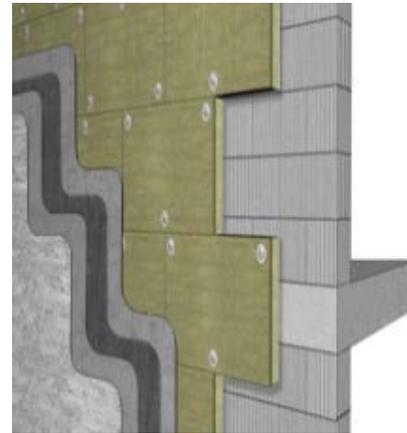
La misura prevede la posa di uno strato di materiale isolante con sistema a cappotto sulla parete verticale opaca del copro aggiunto che ospita la palestra al fine di raggiungere un valore di trasmittanza totale per la struttura conforme da quanto incentivabile attraverso il conto termico vigente.

Caratteristiche funzionali e tecniche

L'isolamento a cappotto consiste nell'applicazione di uno strato di materiale coibente sulle pareti perimetrali verticali all'esterno dell'edificio, in modo da ridurre considerevolmente la dispersione di calore attraverso l'involucro. L'isolamento a cappotto presenta gli ulteriori vantaggi di annullare l'effetto di dissipazione dei ponti termici e di aumentare il comfort interno dell'edificio, grazie ad un innalzamento delle temperature superficiali delle facciate interne.

Polistirene espanso in lastre sinterizzato, conduttività termica
lambda **0,039 W/mK**, 10-13 kg/m³

Spessore isolante: 14 cm



Descrizione dei lavori

Per eseguire una posa del cappotto a regola d'arte è necessario, in primo luogo, fissare al muro, tramite tasselli ad espansione, le basi di partenza. Per la posa del cappotto termico è necessario inoltre selezionare un collante per cappotto idoneo per isolamento termico a cappotto: il collante per cappotto termico si applica con il sistema a cordolo e tre punti centrali, oppure su supporti complanari, con il sistema del collaggio totale con spatola in acciaio inox dentata. Il collante deve ricoprire almeno il 40% della superficie totale del pannello isolante.

Per eseguire correttamente il cappotto termico, durante la posa del cappotto i pannelli isolanti per cappotto devono essere posati a "mattoncino", sfalsati di almeno 25 cm partendo dal basso verso l'alto. Eventuali giunti aperti tra le lastre, durante la posa del cappotto termico, dovranno essere colmati con adeguata schiuma espansa.

I tasselli per l'ancoraggio meccanico, dove necessari, devono essere applicati a due o tre giorni di distanza dalla posa dei pannelli. Durante la posa del cappotto termico i tasselli vanno invece applicati immediatamente in caso di pannelli in EPS con aggiunta di grafite o pannelli in fibra di legno. La tipologia di tassello per la corretta posa del cappotto termico va scelta in base al tipo di supporto su cui si andrà a posare il cappotto termico.

Dopo un periodo di tre, dieci giorni, si applica una prima rasatura di adesivo rasante.

La posa del cappotto termico prevede poi di applicare il primer, una volta che il rasante si è asciugato.

Il rivestimento della facciata deve essere di 1,2 o 1,5 millimetri e deve essere applicato con temperature e umidità idonee, di colore chiaro, usando prodotti vernicianti con indice di riflessione superiore al 25%.

La posa del cappotto termico si conclude infine con l'applicazione di accessori dedicati quali il nastro autoespandente, il profilo per davanzale, giunti di dilatazione.

Prestazioni raggiungibili

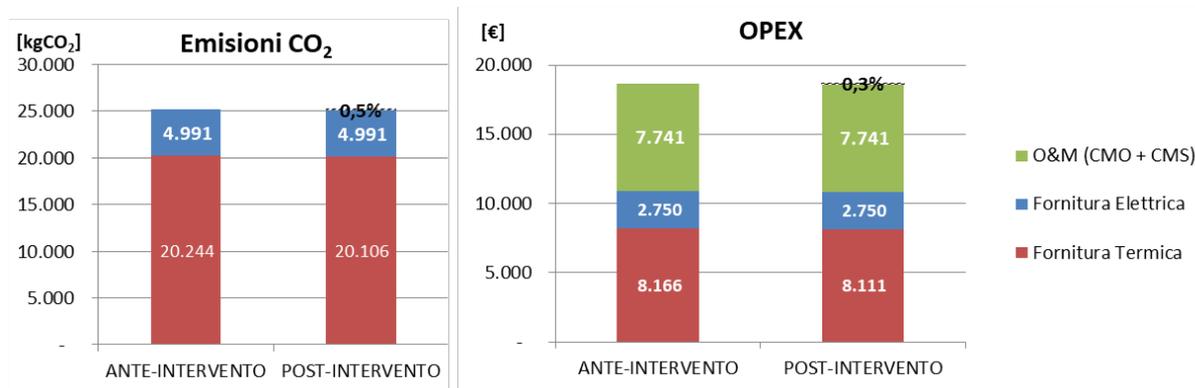
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM4 sono riportati nella Tabella 8.2.

Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM4: isolamento a cappotto muratura corpo “palestra”

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE
EEM4 Trasmittanza	[W/m ² K]	0,7	0,207	70,4%
Q _{teorico}	[kWh]	97.811	97.145	0,7%
EE _{teorico}	[kWh]	10.369	10.369	0,0%
Q _{baseline}	[kWh]	100.219	99.537	0,7%
EE _{Baseline}	[kWh]	10.688	10.688	0,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	20.244	20.106	0,7%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	4.991	4.991	0,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	25.235	25.098	0,5%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	8.166	8.111	0,7%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	2.750	2.750	0,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	10.916	10.860	0,5%
C _{MO}	[€]	6.115	6.115	0,0%
C _{MS}	[€]	1.626	1.626	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	7.741	7.741	0,0%
OPEX	[€]	18.657	18.601	0,3%
Classe energetica	[-]	D	D	stessa classe

Nota (22) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,476 [kgCO₂/kWh]

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,081 [€/kWh] per il vettore termico e 0,257 [€/kWh]

Figura 8.3 – EEM4: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline

EEM5: isolamento solaio di copertura corpo “palestra”

Generalità

La misura prevede la posa di uno strato di materiale isolante all’estradosso della copertura al fine di raggiungere un valore di trasmittanza totale per la struttura orizzontale opaca conforme da quanto incentivabile attraverso il conto termico vigente.

Il sistema comporta l’applicazione al di sopra della struttura esistente, di un nuovo strato isolante, di un nuovo manto impermeabile ed infine e di una eventuale protezione del manto stesso conforme all’uso che tale copertura dovrà avere.

Figura 8.4 - Particolare copertura su cui intervenire.

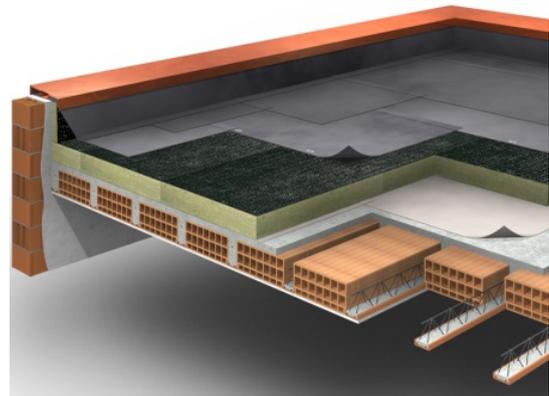


Caratteristiche funzionali e tecniche

Questo tipo di soluzione prevede che l’elemento di tenuta sia posto al di sopra del- l’elemento termoisolante realizzando così una copertura continua. È molto importante in questo caso la scelta della membrana impermeabile in quanto, essendo essa a contatto con gli agenti atmosferici, deve resistere con successo alle sollecitazioni termiche e meccaniche (vento). Perché l’elemento termoisolante mantenga nel tempo le proprie caratteristiche di resistenza alla trasmissione del calore, è molto importante che esso, salvo casi particolari, venga protetto da uno schermo o barriera al vapore posto al di sotto di esso in modo da evitare che l’umidità proveniente dagli ambienti sottostanti ne pregiudichi nel tempo le caratteristiche

Lana di roccia ad alta resistenza meccanica, conduttività termica λ **0,038 W/mK**, 150 kg/m^3

Spessore isolante: 16 cm



Descrizione dei lavori

L’intervento è così articolato:

- verifica della planarità della superficie destinata a ricevere la barriera al vapore ed eliminazione di eventuali asperità;
- posa della barriera al vapore;
- posa a secco dei pannelli isolanti in un unico strato sfalsati, avendo cura di accostarli perfettamente fra loro per non creare ponti termici in corrispondenza dei giunti: si utilizzano, per questo, pannelli con bordi perimetrali a battente;
- stesura dello strato di separazione costituito da un tessuto non tessuto in poliestere
- posa del manto impermeabile.

Prestazioni raggiungibili

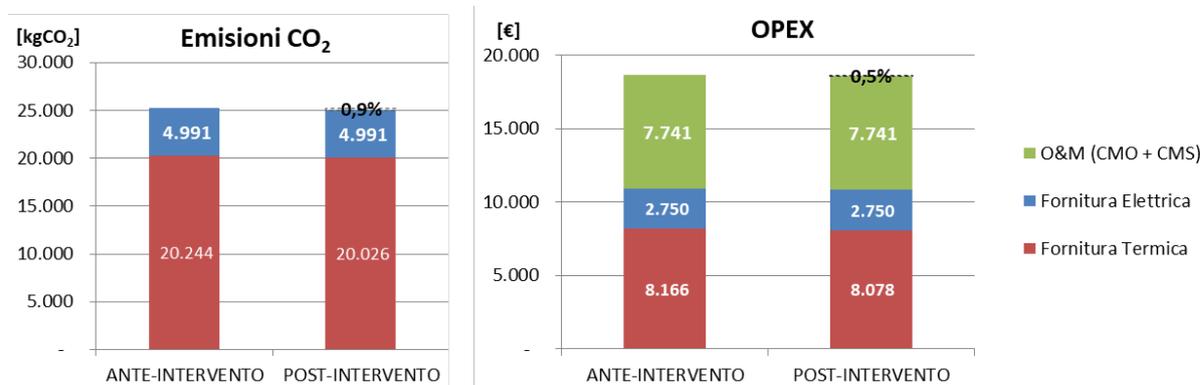
I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione della EEM5 sono riportati nella Tabella 8.1

Tabella 8.3 – Risultati analisi EEM5: isolamento solaio di copertura corpo “palestra”

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE
EEM5 Trasmittanza	[W/m²K]	1,4	0,203	85,5%
Q _{teorico}	[kWh]	97.811	96.756	1,1%
EE _{teorico}	[kWh]	10.369	10.369	0,0%
Q _{baseline}	[kWh]	100.219	99.138	1,1%
EE _{Baseline}	[kWh]	10.688	10.688	0,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	20.244	20.026	1,1%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	4.991	4.991	0,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	25.235	25.017	0,9%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	8.166	8.078	1,1%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	2.750	2.750	0,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	10.916	10.828	0,8%
C _{MO}	[€]	6.115	6.115	0,0%
C _{MS}	[€]	1.626	1.626	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	7.741	7.741	0,0%
OPEX	[€]	18.657	18.569	0,5%
Classe energetica	[-]	D	D	stessa classe

Nota (23) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,476 [kgCO₂/kWh]

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,081 [€/kWh] per il vettore termico e 0,257 [€/kWh]

Figura 8.5 – EEM5: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline

8.1.2 Impianto riscaldamento

EEM2: sostituzione generatore di calore con caldaia a condensazione ed installazione termovalvole

Generalità

Il miglioramento delle prestazioni energetiche del sottosistema di generazione e regolazione dell'impianto termico si può ottenere intervenendo con la sostituzione del generatore di calore di tipo tradizionale con un nuovo generatore a condensazione omologato quattro stelle e contestuale installazione di circolatori ad inverter in classe “A”, di un sistema di regolazione primario efficiente e di termovalvole su ciascun corpo scaldante.

La caldaia a condensazione- omologata quattro stelle- dovrà garantire temperature di mandata compatibili con la temperatura esterna di progetto riferita al comune di Genova e con il sistema di distribuzione ed emissione esistenti.

Per migliorare la distribuzione del calore si prevede la sostituzione dei vecchi circolatori esistenti con nuove elettropompe ad inverter a portata variabile.

La regolazione della temperatura nel sistema di distribuzione secondaria avverrà grazie a valvole miscelatrici comandate da servomotori modulanti gestite dalla centralina climatica della caldaia.

Su ciascun corpo scaldante verranno sostituite le valvole ed i detentori per permettere l'installazione di testine di termoregolazione a bassa inerzia.

Caratteristiche funzionali e tecniche

La caldaia a condensazione da installarsi sarà del tipo a grande accumulo per limitare il numero di accensioni ed il pendolamento dell'impianto termico. Vista la vetustà dell'impianto termico si provvederà all'installazione di uno scambiatore di calore a pacco alettato smontabile. Si creerà quindi un circuito primario con circolatore ad inverter gestito con un segnale 0-10 dalla centralina di comando installata a bordo della caldaia. Tale pompa garantirà la circolazione dell'acqua primaria tra la caldaia e lo scambiatore mantenendo costante la differenza di temperatura tra mandata e ritorno al variare del carico termico.

La temperatura e gli orari di funzionamento dei circuiti di distribuzione secondari verranno gestite da una centralina climatica che, in funzione della temperatura esterna agirà sui servomotori delle valvole miscelatrici regolando le temperature dei vari circuiti in funzione delle temperature di mandata rilevate.

L'utilizzo degli inverter per la modulare la velocità di rotazione sulle pompe di circolazione consentirà di modificare l'effettiva portata dei circuiti in funzione dei carichi termici e delle prestazioni attese. Tale soluzione consentirà primariamente di ridurre i consumi energetici dei motori di pertinenza in presenza di carichi parziali. L'installazione di un inverter su ogni circolatore permetterà all'impianto di adattarsi alla curva di carico termico richiesta. La logica con cui si opererà sarà quella di parzializzare i dispositivi in funzione dell'effettivo carico termico, inserendo valvole e sonde per la gestione automatica: tale soluzione risulta di estremo vantaggio specialmente nel corso delle stagioni intermedie.

Così facendo, si otterrà un considerevole risparmio energetico dovuto alla minore potenza assorbita dalle apparecchiature installate.

Descrizione dei lavori

I lavori consisteranno nello smantellamento del generatore di calore, delle pompe, delle valvole miscelatrici e della relativa componentistica elettrica. Successivamente verrà installato il nuovo generatore di calore con lo scambiatore e realizzato il circuito primario. Allo scambiatore verranno successivamente collegati i circuiti secondari dotati dei nuovi circolatori e delle nuove valvole miscelatrici. A completamento verranno installati i dispositivi di controllo (termometri, manometri), regolazione (servomotori, sonde) e sicurezza (vasi di espansione, ecc.).

Terminata l'installazione idraulica si provvederà al cablaggio elettrico delle varie apparecchiature e delle centraline di regolazione. La fase terminale comporterà la regolazione, il controllo di funzionamento e l'ottimizzazione del sistema.



Figura 8.6 – Sostituzione generatore con Caldaia condensazione e valvole termostatiche



Prestazioni raggiungibili

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

Tabella 8.4 – Risultati analisi EEM2: sostituzione generatore di calore con caldaia a condensazione ed installazione termovalvole

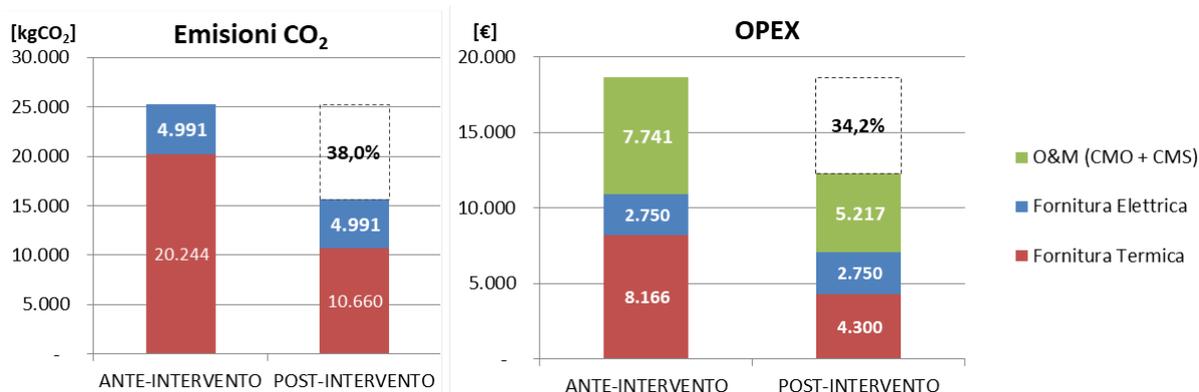
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE
EEM2 Rendimento	[W/m ² K]	92	103	-12,0%
Q _{teorico}	[kWh]	97.811	51.505	47,3%
EE _{teorico}	[kWh]	10.369	10.369	0,0%
Q _{baseline}	[kWh]	100.219	52.773	47,3%
EE _{Baseline}	[kWh]	10.688	10.688	0,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	20.244	10.660	47,3%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	4.991	4.991	0,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	25.235	15.651	38,0%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	8.166	4.300	47,3%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	2.750	2.750	0,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	10.916	7.050	35,4%
C _{MO}	[€]	6.115	4.892	20,0%
C _{MS}	[€]	1.626	325	80,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	7.741	5.217	32,6%
OPEX	[€]	18.657	12.267	34,2%
Classe energetica	[-]	D	C	+1 classe

Nota (24) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,476 [kgCO₂/kWh]

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,081 [€/kWh] per il vettore termico e 0,257 [€/kWh]

Nota (25) La riduzione del 32,6% del costo di manutenzione è dovuto alla minore spesa per le riparazioni e i controlli.

Figura 8.7 – EEM2: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO2 a partire dalla baseline



8.1.3 Impianto produzione acqua calda sanitaria

Nessun intervento simulato

8.1.4 Impianto di ventilazione e climatizzazione estiva

Nessun intervento simulato

8.1.5 Impianto di illuminazione ed impianto elettrico

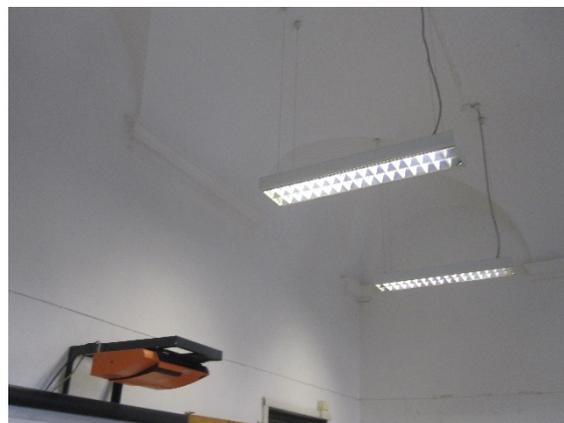
EEM3: relamping

Generalità

Il miglioramento delle prestazioni energetiche dell'impianto di illuminazione si può ottenere sostituendo le attuali lampade fluorescenti con tubi a led.

L'intervento comporta la sostituzione di tutte le lampade della scuola modificando gli apparecchi esistenti in funzione dei nuovi tubi a led.

Figura 8.8 - Particolare impianto illuminazione su cui intervenire.



Caratteristiche funzionali e tecniche

Per evidenziare la convenienza che si ha nell'uso della tecnologia a led si possono citare i seguenti aspetti:

- Risparmio energetico: il consumo dei led è provato nettamente inferiore alle tecnologie tradizionali.
- Durata del ciclo di vita: la durata media di una lampada a LED viene stimata da laboratori specializzati intorno alle 60.000 ore (ovvero 13 anni con un funzionamento di 12 ore/giorno); tale ciclo di vita stimato è tuttavia conservativo; Di fatto si stima che può facilmente raggiungere oltre le 80000 – 100000 ore (ovvero fino a 23 anni con un uso di 12 ore al giorno). Per fare un confronto con le lampade al sodio ad alta pressione queste hanno una durata di 4000 – 5000 ore (tradotto dagli 11 ai 14 mesi sempre con un uso di 12 ore/giorno) e dopo 3000 ore subiscono una riduzione del 40% del flusso luminoso.

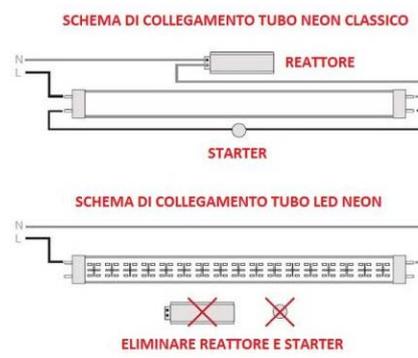
- Qualità della luce: i LED emettono luce bianca che consente di far risaltare in modo ottimale i colori.
- Efficienza luminosa: L'efficienza luminosa di una sorgente di luce è il rapporto tra il flusso luminoso e la potenza in ingresso ed è espressa in lumen/watt. La tecnologia a **LED** proposta ha una efficienza luminosa che va da **90 lm/W** per il modello standard a **111 lm/W**. In confronto le altre tecnologie hanno le seguenti efficienze:
 - 13 lm/W delle lampade ad incandescenza
 - 16 lm/W per le alogene
 - 50 lm/W per le fluorescenti (cosiddette a risparmio energetico)
 - 111 lm/W per i Led.
- Manutenzione: i costi per la manutenzione degli apparati di illuminazione a LED vengono stimati nell'ordine di un decimo rispetto agli impianti di uso comune.
- Salubrità e rischio inquinamento: I LED non contengono gas nocivi alla salute; in tema poi di inquinamento luminoso il led brilla, ma non satura l'ambiente e nulle sono le emissioni di raggi ultravioletti che possono essere dannose per l'uomo in caso di lunghe esposizioni

Descrizione dei lavori

Per quanto riguarda il principio diverso tra NEON e LED per la sostituzione dei primi con i secondi bisogna applicare due modifiche, in quanto il LED pretende i 220V diretti:

- 1) eliminare lo STARTER
- 2) eliminare il REATTORE connettendo tutti e due i fili sullo stesso morsetto

Figura 8.9 - Particolare schema collegamento tubi neon classici e tubo led



Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM3 sono riportati nella tabella che segue.

Tabella 8.5 – Risultati analisi EEM3: relamping

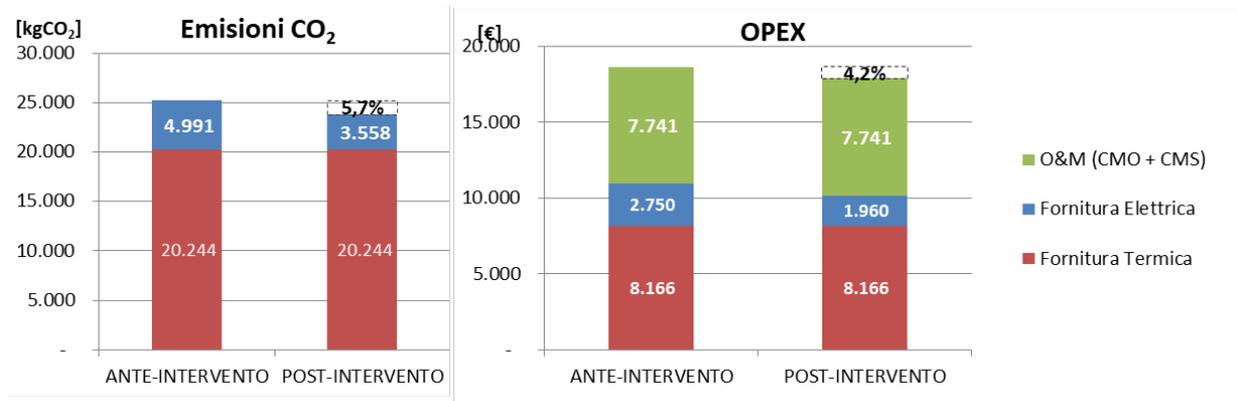
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE
EEM3 Efficienza luminosa	[lm/W]	86	110	-27,9%
$Q_{teorico}$	[kWh]	97.811	97.811	0,0%
$EE_{teorico}$	[kWh]	10.369	7.391	28,7%
$Q_{baseline}$	[kWh]	100.219	100.219	0,0%
$EE_{baseline}$	[kWh]	10.688	7.618	28,7%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	20.244	20.244	0,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	4.991	3.558	28,7%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	25.235	23.802	5,7%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	8.166	8.166	0,0%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	2.750	1.960	28,7%
Fornitura Energia, C_E	[€]	10.916	10.126	7,2%
C_{MO}	[€]	6.115	6.115	0,0%
C_{MS}	[€]	1.626	1.626	0,0%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	7.741	7.741	0,0%

OPEX	[€]	18.657	17.867	4,2%
Classe energetica	[-]	D	D	stessa classe

Nota (26) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,476 [kgCO₂/kWh]

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,081 [€/kWh] per il vettore termico e 0,257 [€/kWh]

Figura 8.10 – EEM3: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



8.1.6 Impianto di generazione da fonti rinnovabili

Nessun intervento simulato in quanto non sussistono le condizioni per la realizzazione di un impianto a fonti rinnovabili.

9 VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA

9.1 ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

EEM1: chiusura del secondo piano ed isolamento solaio sottotetto

Nella Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 1, che consiste nella chiusura (fisica e termica) del secondo piano non utilizzabile e non utilizzato, e posa di uno strato di isolante su quello che diventa il solaio sottotetto.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, come sotto indicati.

Tabella 9.1 – Analisi dei costi della EEM1: chiusura del secondo piano ed isolamento solaio sottotetto

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ²]	[€/n° o €/m ²]	[€]	[€]	[€]
Posa isolamento termo-acustico superfici orizzontali (coperture e simili)	Prezziario Regione Liguria - voce: 25.A44.A50.019	397	mq	6,55	5,95	2.363,95	22%	2.884,02
Pannelli rigidi in lana di roccia della densità di 150 kg/mc e lambda pari a 0,037 W/mK	Prezziario Regione Liguria - voce: PR.A17.Y04.010	397x16	mq cm	2,00	1,82	11.549,09	22%	14.089,89
Costi per la sicurezza	-	3%	%			417,39	22%	509,22
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			973,91	22%	1.188,17
TOTALE (I₀ – EEM1)						15.304,35	22%	18.671,31
Incentivi	Conto termico							7.469,00
Durata incentivi	5 anni							
Incentivo annuo								1.493,80

Tabella 9.2– Stima dell'incentivo da Conto Termico

STIMA INCENTIVO CONTO TERMICO	
Percentuale spesa ammissibile	40%
Costo massimo ammissibile	100 €/m ²
Valore massimo incentivo	400.000 €

EEM2: Sostituzione del generatore con caldaia a condensazione ed installazione termovalvole

Nella Tabella 9.3 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 2, che consiste nella sostituzione del generatore di calore standard risalente al 1996 con una caldaia a condensazione ed installazione delle valvole termostatiche sui corpi scaldanti.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, come sotto indicati.

Tabella 9.3 – Analisi dei costi della EEM2: Sostituzione del generatore con caldaia a condensazione ed installazione termovalvole

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO [€/n° o €/m ₂]	PREZZO UNITARIO SCONTATO [€/n° o €/m ₂]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
Caldaia a condensazione a basamento	Prezziario Regione Liguria PR.C76.B10.015	1	cad	10.151,00	9.228,18	9.228,18	22%	11.258,38
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 300 mm	Prezziario Regione Liguria PR.C84.C05.520	1	cad	253,00	230,00	230,00	22%	280,60
Accessori per caldaie a condensazione: Tubi Ø 80mm della lunghezza 1 m	Prezziario Regione Liguria PR.C76.A30.020	5	cad	21,13	19,21	96,05	22%	117,18
Accessori per caldaie a condensazione: Kit scarichi separati per tubi Ø 80mm	Prezziario Regione Liguria PR.C76.A30.015	2	cad	28,46	25,87	51,75	22%	63,13
Sola posa in opera di accessori per impianti di termoregolazione compresi collegamenti elettrici: sonde in genere	Prezziario Regione Liguria 40.F10.H10.030	1	cad	120,60	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	Prezziario Regione Liguria 40.F10.H10.040	1	cad	29,71	27,01	27,01	22%	32,95
Interruttore orario digitale modulare per la programmazione settimanale a due canali	Prezziario Regione Liguria PR.C74.C10.010	1	cad	146,74	133,40	133,40	22%	162,75
Opere edili Operaio Qualificato	Prezziario Regione Liguria RU.M01.A01.030	15	h	34,41	31,28	469,23	22%	572,46
Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezziario Regione Liguria RU.M01.E01.020	40	h	31,88	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.	Prezziario Regione Liguria 20.A15.B10.015	100	m ³ km	4,72	4,29	429,09	22%	523,49
Valvole micrometriche a squadra complete di testa termostatica con elemento sensibile a gas: Ø 15 mm	Prezziario Regione Liguria PR.C17.A15.010	35	cad	35,42	32,20	1.127,00	22%	1.374,94
Circolatori per impianti di riscaldamento e condizionamento a velocità variabile, regolate elettronicamente, classe di protezione IP44, classe energetica A, 230V, del tipo: versione gemellare con attacchi flangiati, Ø 40, PN6-10, prevalenza da 1 a 8 m, portata da 1 a 12 m ³ /h	Prezziario Regione Liguria PR.C47.H10.115	1	cad	1.916,48	1.742,25	1.742,25	22%	2.125,55
Sola posa in opera di pompe e/o circolatori singoli o gemellari per fluidi caldi o freddi, compreso bulloni, guarnizioni e il collegamento	Prezziario Regione Liguria 40.E10.A10.010	1	cad	43,05	39,14	39,14	22%	47,75

alla linea elettrica, escluse le flange.
Per attacchi del diametro nominale
di: fino a 40 mm

Interruttore automatico magnetotermico con potere di interruzione 4,5KA bipolare fino a 32 A - 230 V	Prezziario Regione Liguria PR.E40.B05.210	1	cad	22,69	20,63	20,63	22%	25,17
Costi per la sicurezza	-	3%	%			445,88	22%	543,97
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			1.040,38	22%	1.269,27
TOTALE (I₀ – EEM2)						16.348,89	22%	19.945,65
Incentivi	Conto termico							7.978
Durata incentivi	5 anni							
Incentivo annuo								1.595,60

Nota (27): la chiusura dell'ingresso al piano secondo, come precedentemente descritta, non è stata computata in relazione al vincolo architettonico dell'edificio in quanto concordata e progettata nel rispetto del contesto architettonico e secondo i dettami della Sovrintendenza.

Tabella 9.4– Stima dell'incentivo da Conto Termico

STIMA INCENTIVO CONTO TERMICO	
Percentuale spesa ammissibile	40%
Costo massimo ammissibile	130 €/kW
Valore massimo incentivo	40.000 €

EEM3: relamping

Nella Tabella 9.3 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 3, che consiste nella sostituzione dei tubi fluorescenti con tubi a led.

La realizzazione di tale intervento non consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0.

Tabella 9.5 – Analisi dei costi della EEM3: relamping

DESCRIZIONE	FORTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO [€/n° o €/m ₂]	PREZZO UNITARIO SCONTATO [€/n° o €/m ₂]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
Fornitura tubo led philips per sostituzione tubo 36 W - starter incluso	https://www.lampadadiretta.it/philips/philips-lampade-a-led/tubi-led-philips	167	cad	7,45	6,77	1.131,05	22%	1.379,8
Fornitura tubo led philips per sostituzione tubo 18 W - starter incluso	https://www.lampadadiretta.it/philips/philips-lampade-a-led/tubi-led-philips	10	cad	6,79	6,17	61,73	22%	75,31
Fornitura tubo led philips per sostituzione tubo 58 W - starter incluso	https://www.lampadadiretta.it/philips/philips-lampade-a-led/tubi-led-philips	2	cad	9,85	8,95	17,91	22%	21,85
Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezziario Regione Liguria RU.M01.E01.020	60	h	31,88	28,98	1.738,91	22%	2.121,4
Costi per la sicurezza	-	3%	%			88,49	22%	107,96

Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%	206,47	22%	251,90
TOTALE (I₀-EEM3)				3.244,55	22%	3.958

Nota (28): si è considerata la sola sostituzione delle lampade senza i corpi illuminanti in considerazione del vincolo esistente sull'edificio di conseguenza non si è potuto risalire ad un prezzo inserito in un prezzario ufficiale regionale; si è tuttavia selezionato un fornitore unico facilmente reperibile sul mercato italiano per la quotazione dei pezzi.

EEM4: isolamento a cappotto muratura corpo "palestra"

Nella Tabella 9.4 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 4, che consiste nell'isolamento a cappotto della parete verticale della palestra.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, come sotto indicati.

Tabella 9.6 – Analisi dei costi della EEM4: isolamento a cappotto muratura corpo "palestra"

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ₂]	[€/n° o €/m ₂]	[€]	[€]	[€]
Posa di isolamento termico-acustico superfici verticali (intercapedini e simili)	Prezzario Regione Liguria - voce: 25.A44.A30.010	270,45	mq	13,98	12,71	3.437,17	22%	4.193,35
Pannelli rigidi in lana in polistirene espanso sinterizzato della densità di 10-13 kg/mc	Prezzario Regione Liguria - voce: PR.A17.Y04.010	270,45x16	mq cm	0,33	0,30	1.298,16	22%	1.583,76
Intonaco esterno in malta cementizia	Prezzario Regione Liguria - voce: 1.16.1.A10	270,45	mq	21,79	19,81	5.357,37	22%	6.535,99
Strato aggrappante a base di cemento portland, sabbie classificate e additivi specifici	Prezzario Regione Liguria - voce: 20.A54.A10.010	270,45	mq	5,32	4,84	1.307,99	22%	1.595,75
Strato di fondo a base di calce idrata, cemento portland, sabbie classificate e additivi specifici	Prezzario Regione Liguria - voce: 20.A54.A10.020	270,45	mq	19,79	17,99	4.865,64	22%	5.936,08
Strato di finitura a base di calce idrata, cemento portland, sabbie classificate e additivi specifici	Prezzario Regione Liguria - voce: 20.A54.A10.030	270,45	mq	7,91	7,19	1.944,78	22%	2.372,63
Strollato tirato a fratazzo su pareti verticali o soffitti	Prezzario Regione Liguria - voce: 20.A54.A10.040	270,45	mq	13,48	12,25	3.314,24	22%	4.043,38
Tinteggiatura superfici murarie esterne con idropittura acrilica (prime due mani)	Prezzario Regione Liguria - voce: 0.A90.A20.010	270,45	mq	5,98	5,44	1.470,26	22%	1.793,72
Ponteggio: nolo, montaggio e smontaggio per il primo mese	Prezzario Regione Liguria - voce: 95.B10.S10.010	270,45	mq	14,03	12,75	3.449,47	22%	4.208,35

Noleggio per ponteggio per ogni mese successivo al primo	Prezziario Regione Liguria - voce: 95.B10.S10.015	270,45	mq/mese	1,30	1,18	319,62	22%	389,94
Costi per la sicurezza	-	3%	%			802,94	22%	979,59
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			1.873,53	22%	2.285,71
TOTALE (I₀ – EEM4)						29.441,19	22%	35.918,25
Incentivi	Conto termico							10.818
Durata incentivi	5 anni							
Incentivo annuo								2.163,60

Tabella 9.7– Stima dell’incentivo da Conto Termico

STIMA INCENTIVO CONTO TERMICO	
Percentuale spesa ammissibile	40%
Costo massimo ammissibile	100 €/m ²
Valore massimo incentivo	400.000 €

EEM5: isolamento solaio di copertura corpo “palestra”

Nella Tabella 9.5 è riportata l’analisi dei costi relativi alle EEM 5, che consiste nell’isolamento all’estradosso della copertura della palestra.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l’ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, come sotto indicati.

Tabella 9.8 – Analisi dei costi della EEM5: isolamento solaio di copertura corpo “palestra”

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	PREZZO UNITARIO SCONTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ₂]	[€/n° o €/m ₂]			
Posa isolamento termo-acustico superfici orizzontali (coperture e simili)	Prezziario Regione Liguria - voce: 25.A44.A50.010	106,81	mq	6,55	5,95	636,01	22%	775,93
Membrana elastoplastomerica munita di adesivo incorporata	Prezziario Regione Liguria - voce: PR.A18.A25.039	106,81	mq	5,67	5,15	550,56	22%	671,68
Pannelli rigidi in lana di roccia della densità di 150 kg/mc e lambda pari a 0,037 W/mK	Prezziario Regione Liguria - voce: PR.A17.Y04.010	106,81x16	mq cm	2,00	1,82	3.107,20	22%	3.790,78
Costi per la sicurezza	-	3%	%			128,81	22%	157,15
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			300,56	22%	366,69
TOTALE (I₀ – EEM5)						4.723,14	22%	5.762,23
Incentivi	Conto termico							2.305,00
Durata incentivi	5 anni							
Incentivo annuo								461

Nota (29): il ponteggio non è stato computato in quanto considerato esistente vista la contemporanea realizzazione dell’intervento 4 e 5 nel SCN2.

Tabella 9.9– Stima dell’incentivo da Conto Termico

STIMA INCENTIVO CONTO TERMICO	
Percentuale spesa ammissibile	40%
Costo massimo ammissibile	200 €/m ²
Valore massimo incentivo	400.000 €

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.

In attuazione delle disposizioni di cui all’articolo 7, comma 6 del decreto legislativo 102/2014, le amministrazioni pubbliche che optino, anche per il tramite di una ESCO, per la procedura di prenotazione dell’incentivo del Conto Termico, possono richiedere l’erogazione di una rata di acconto al momento della comunicazione dell’avvio dei lavori e di una rata di saldo a seguito della sottoscrizione della scheda-contratto. A tal fine, il GSE eroga la rata di acconto entro 60 giorni dalla ricezione della comunicazione di avvio dei lavori suddetta. La rata di acconto è pari ai due quinti del beneficio complessivamente riconosciuto, se la durata dell’incentivo è di cinque anni, ovvero al 50%, nel caso in cui la durata sia di due anni.

Gli indicatori economici d’investimento utilizzati sono:

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

Essi sono così definiti:

1) Tempo di ritorno semplice (TRS):

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

Dove:

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

2) Tempo di ritorno attualizzato (TRA):

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

Dove:

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

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

Dove:

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

3) Valore Attuale Netto (VAN) del progetto:

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

Dove:

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

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

5) Indice di Profitto (IP):

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

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

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

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

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

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

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

EEM1: chiusura del secondo piano ed isolamento solaio sottotetto

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

Tabella 9.10 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM1: chiusura del secondo piano ed isolamento solaio sottotetto

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	18.671
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	1.494
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	6,4	4,0
Tempo di rientro attualizzato	TRA	7,6	4,6
Valore attuale netto	VAN	31.324	37.975
Tasso interno di rendimento	TIR	15,4%	20,5%
Indice di profitto	IP	1,68	2,03

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

Figura 9.1 – EEM1: Flusso di cassa non attualizzato (senza incentivi)

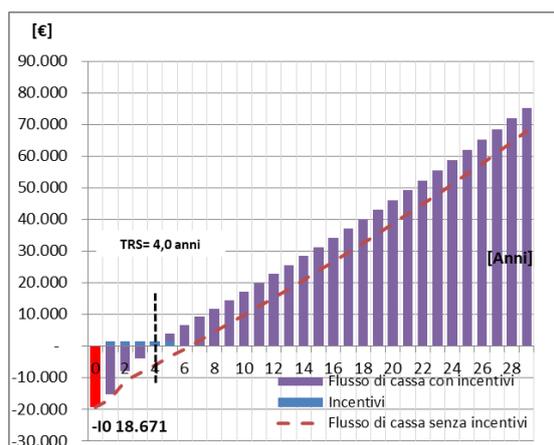
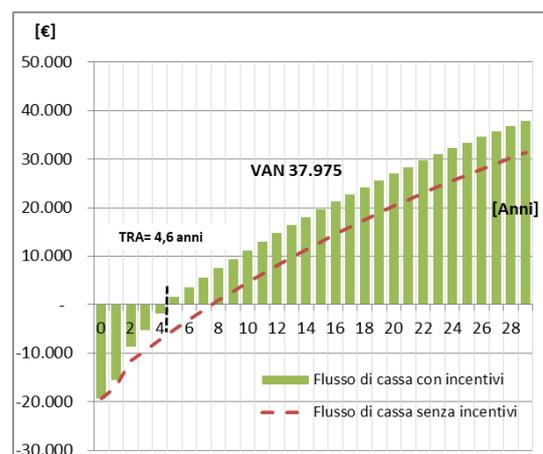


Figura 9.2 – EEM1: Flusso di cassa attualizzato (con incentivi)



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento ha un tempo di ritorno basso ed un VAN nettamente positivo.

EEM2: Sostituzione del generatore con caldaia a condensazione ed installazione termovalvole

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

Tabella 9.11 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM2: Sostituzione del generatore con caldaia a condensazione ed installazione termovalvole

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	19.946
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	15
Incentivo annuo	B	€/anno	1.596
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	3,3	2,5
Tempo di rientro attualizzato	TRA	3,6	2,7
Valore attuale netto	VAN	41.778	48.881
Tasso interno di rendimento	TIR	28,7%	35,4%
Indice di profitto	IP	2,09	2,45

I flussi di cassa rappresentativi dell'analisi sono riportati nelle figure seguenti.

Figura 9.3 – EEM2: Flusso di cassa non attualizzato (senza incentivi)

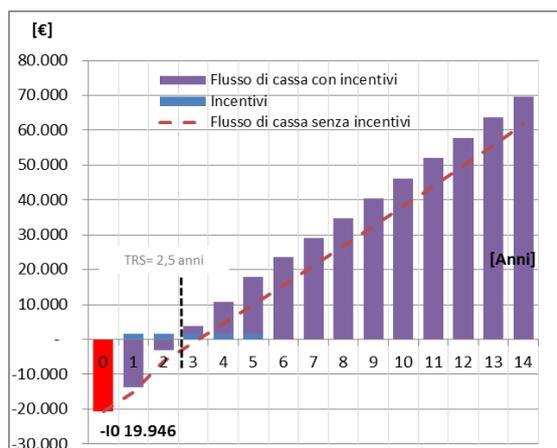
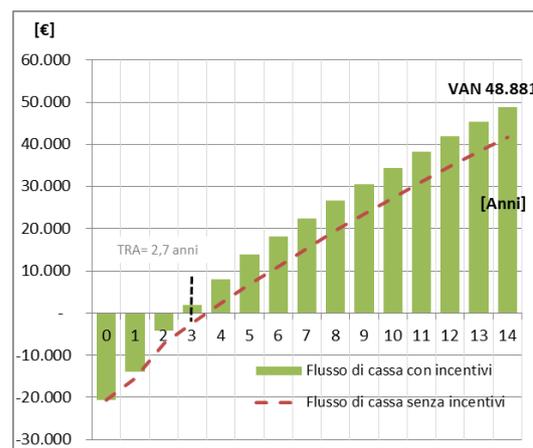


Figura 9.4 – EEM2: Flusso di cassa attualizzato (con incentivi)



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento ha un tempo di ritorno basso ed un VAN nettamente positivo.

EEM3: relamping

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

Tabella 9.12 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM3: relamping

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	3.958
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	-
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	5,1	5,1
Tempo di rientro attualizzato	TRA	5,8	5,8
Valore attuale netto	VAN	652	652
Tasso interno di rendimento	TIR	8,4%	8,4%
Indice di profitto	IP	0,16	0,16

I flussi di cassa rappresentativi dell'analisi sono riportati nelle figure seguenti.

Figura 9.5 – EEM3: Flusso di cassa non attualizzato (senza incentivi)

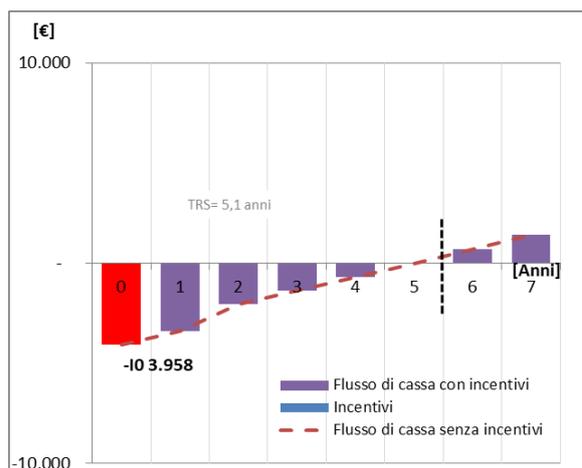
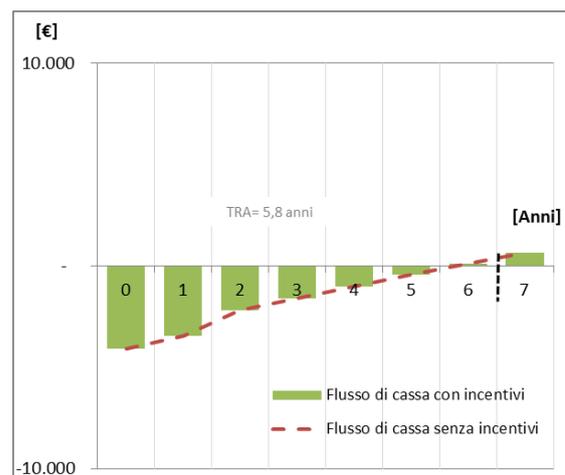


Figura 9.6 – EEM3: Flusso di cassa attualizzato (con incentivi)



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento ha un tempo di ritorno basso ed un VAN positivo.

EEM4: isolamento a cappotto muratura corpo “palestra”

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

Tabella 9.13 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM4: isolamento a cappotto muratura corpo “palestra”

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	35.918
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	2.164
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	137,6	58,8
Tempo di rientro attualizzato	TRA	161,1	67,2
Valore attuale netto	VAN	- 30.107	- 20.475
Tasso interno di rendimento	TIR	-13,4%	-10,5%
Indice di profitto	IP	-0,84	-0,57

I flussi di cassa rappresentativi dell’analisi sono riportati nelle figure seguenti.

Figura 9.7 – EEM4: Flusso di cassa non attualizzato (senza incentivi)

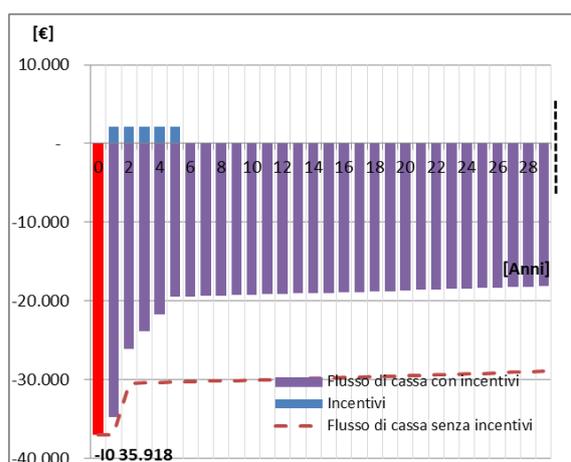
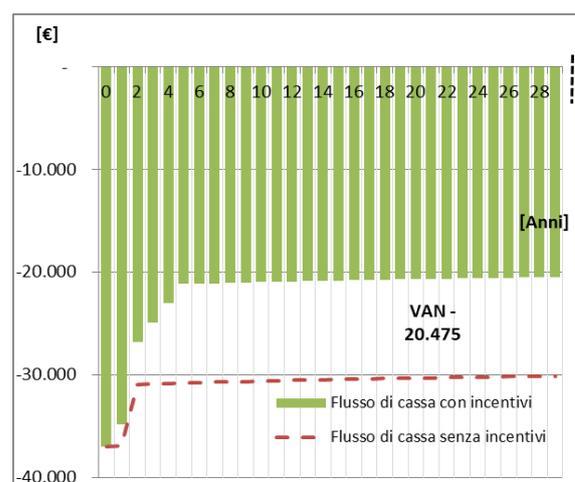


Figura 9.8 – EEM4: Flusso di cassa attualizzato (con incentivi)



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento non risulta economicamente vantaggioso.

EEM5: isolamento solaio di copertura corpo “palestra”

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

Tabella 9.14 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM5: isolamento solaio di copertura corpo “palestra”

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	5.762
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	461
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	50,1	30,4
Tempo di rientro attualizzato	TRA	74,5	40,1
Valore attuale netto	VAN	- 3.547	1.494
Tasso interno di rendimento	TIR	-3,7%	-0,1%
Indice di profitto	IP	-0,62	-0,26

I flussi di cassa rappresentativi dell’analisi sono riportati nelle figure seguenti.

Figura 9.9 – EEM5: Flusso di cassa non attualizzato (senza incentivi)

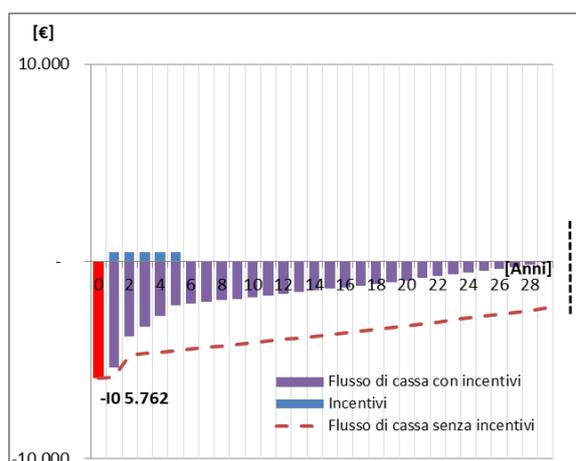
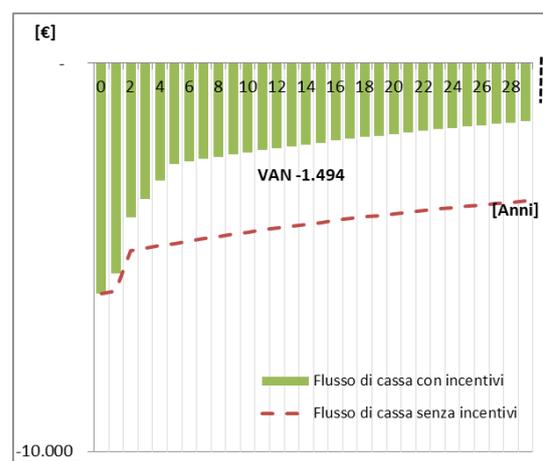


Figura 9.10 – EEM5: Flusso di cassa attualizzato (con incentivi)



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento non risulta economicamente vantaggioso.

Sintesi

La sintesi della valutazione economico – finanziaria delle EEM proposte è riportata nelle Tabella 9.15 e Tabella 9.16.

Tabella 9.15 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso senza incentivi

	SENZA INCENTIVI											
	% Δ_E	% Δ_{CO_2}	ΔC_E	ΔC_{MO}	ΔC_{MS}	I_0	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP
	[%]	[%]	[€/a]	[€/a]	[€/a]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]
EEM 1	27%	29%	2.927	0	0	18.671	6,41	7,64	30	31.324	15%	1,68
EEM 2	35%	38%	3.866	1.223	1.300	19.946	3,28	3,61	15	41.778	29%	2,09
EEM 3	7%	6%	790	0	0	3.958	5,13	5,83	8	652	8%	0,16
EEM 4	1%	1%	56	0	0	35.918	137,62	161,12	30	-30.107	-13%	-0,84
EEM 5	1%	1%	88	0	0	5.762	50,05	74,55	30	-3.547	-4%	-0,62

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 i primi due interventi sono quelli più vantaggiosi mentre gli interventi che riguardano solo l'involucro della palestra seppur di metratura importante hanno tempi di ritorno ed indici di opportunità deludenti.

Tabella 9.16 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso con incentivi

	CON INCENTIVI											
	% Δ_E	% Δ_{CO_2}	ΔC_E	ΔC_{MO}	ΔC_{MS}	I_0	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP
	[%]	[%]	[€/a]	[€/a]	[€/a]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]
EEM 1	27%	29%	2.927	0	0	18.671	4,00	4,62	30	37.975	21%	2,03
EEM 2	35%	38%	3.866	1.223	1.300	19.946	2,53	2,73	15	48.881	35%	2,45
EEM 3	7%	6%	2.545	0	0	3.958	5,13	5,83	8	652	8%	0,16
EEM 4	1%	1%	56	0	0	35.918	58,78	67,18	30	-20.475	10,53%	-0,57
EEM 5	1%	1%	88	0	0	5.762	30,37	40,10	30	-1.494	0%	-0,26

Dall'analisi dei risultati emerge che, grazie agli incentivi del conto termico, gli interventi EEM1 e EEM2 diventano ancora più vantaggiosi rispetto alla situazione precedente ma gli interventi sull'involucro della palestra restano non convenienti.

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

A seguito dell'analisi delle singole misure di efficienza energetica è stato possibile la definizione di due scenari ottimali a partire dalla combinazione delle singole EEM 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 sarà verificato un tempo di ritorno semplice, $TRS \leq 15$ anni;
- Scenario ottimale 2, (SCN2), per il quale è sarà verificato un tempo di ritorno semplice, $TRS \leq 25$ anni.

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

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

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

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

Dove:

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

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

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

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

Essi sono così definiti:

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

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

Dove:

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

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

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

Dove:

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

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

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

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

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

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

- **Scenario 1:** Tale scenario consiste nella realizzazione di EEM 1 e EEM 2
- **Scenario 2:** Tale scenario consiste nella realizzazione di tutti e 5 gli interventi considerati.

9.3.1 Scenario 1: EEM1 + EEM2

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

- EEM 1: chiusura del secondo piano ed isolamento solaio sottotetto
- EEM 2: Sostituzione del generatore con caldaia a condensazione ed installazione termovalvole.

Tabella 9.17 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 1

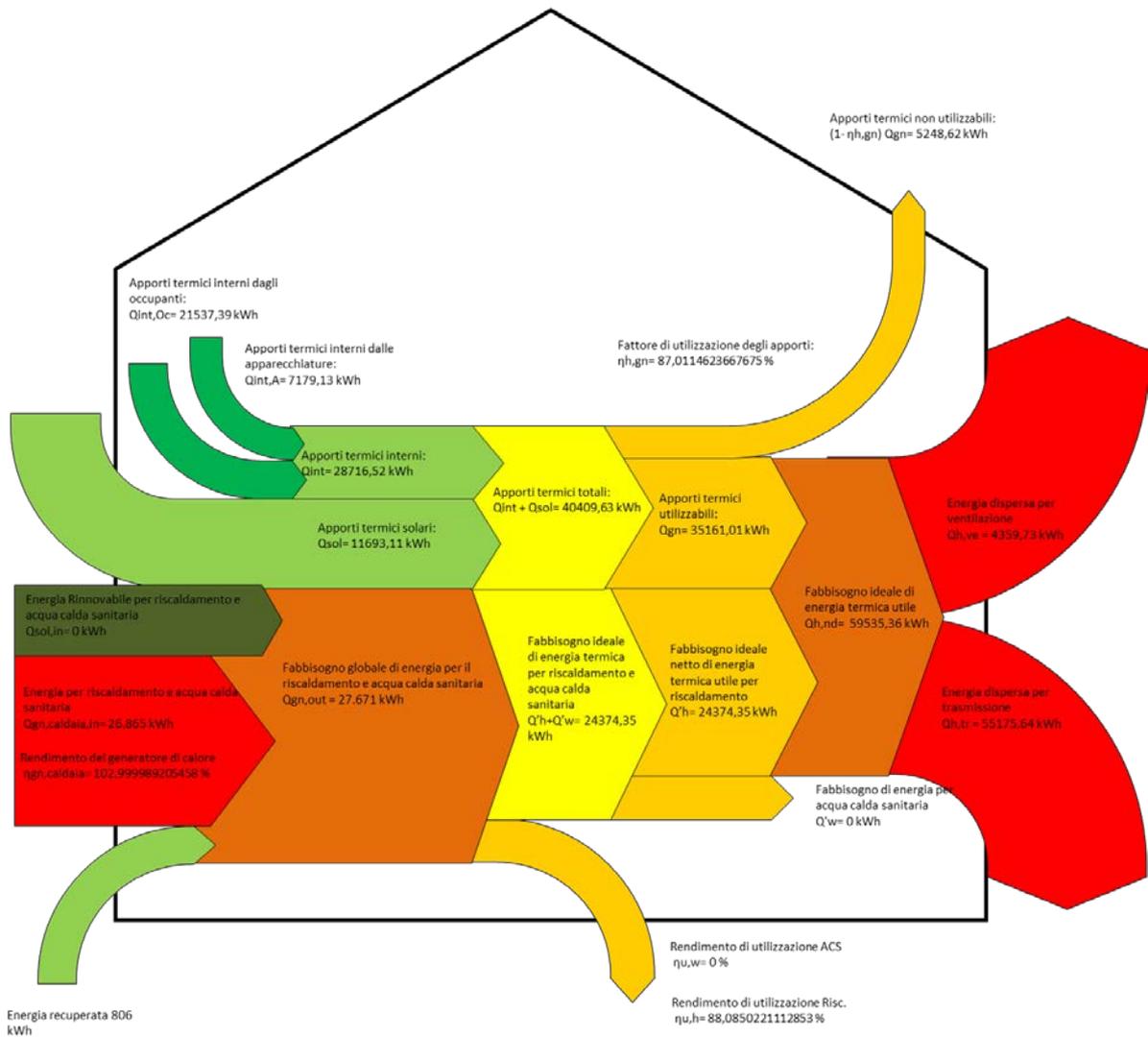
VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA AI 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 Fornitura & Posa	13.913,05	22%	16.973,92
EEM2 Fornitura & Posa	14.862,63	22%	18.132,41
Costi per la sicurezza	863,27	22%	1.053,19
Costi per la progettazione	2.014,30	22%	2.457,44
TOTALE (I₀)	31.653,24	22%	38.616,95
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO} (IVA INCLUSA)	C _{MS} (IVA INCLUSA)	C _M (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 O&M	0,00	0,00	0,00
EEM2 O&M	1.223	1.300	2.523,00
TOTALE (C_M)	1.223	1.300	2.523,00
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	
		[€]	
Incentivi	Conto termico	22.653,00	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		4.530,6	

Tabella 9.18– Stima dell’incentivo da Conto Termico

STIMA INCENTIVO CONTO TERMICO	
Percentuale spesa ammissibile per ognuno degli interventi	55%
Costo massimo ammissibile per EEM1	100 €/m ²
Costo massimo ammissibile per EEM2	130 €/kW
Valore massimo incentivo EEM1	400.000 €
Valore massimo incentivo EEM2	40.000 €

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 9.11 – Scenario 1: Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico post intervento



Dai diagrammi in figura 9.11 e 9.12 si può notare un miglioramento nel fabbisogno di energia termica dell'edificio ed un aumento di rendimento del generatore.

Figura 9.12 – Scenario 1: Bilancio energetico complessivo dell'edificio post intervento

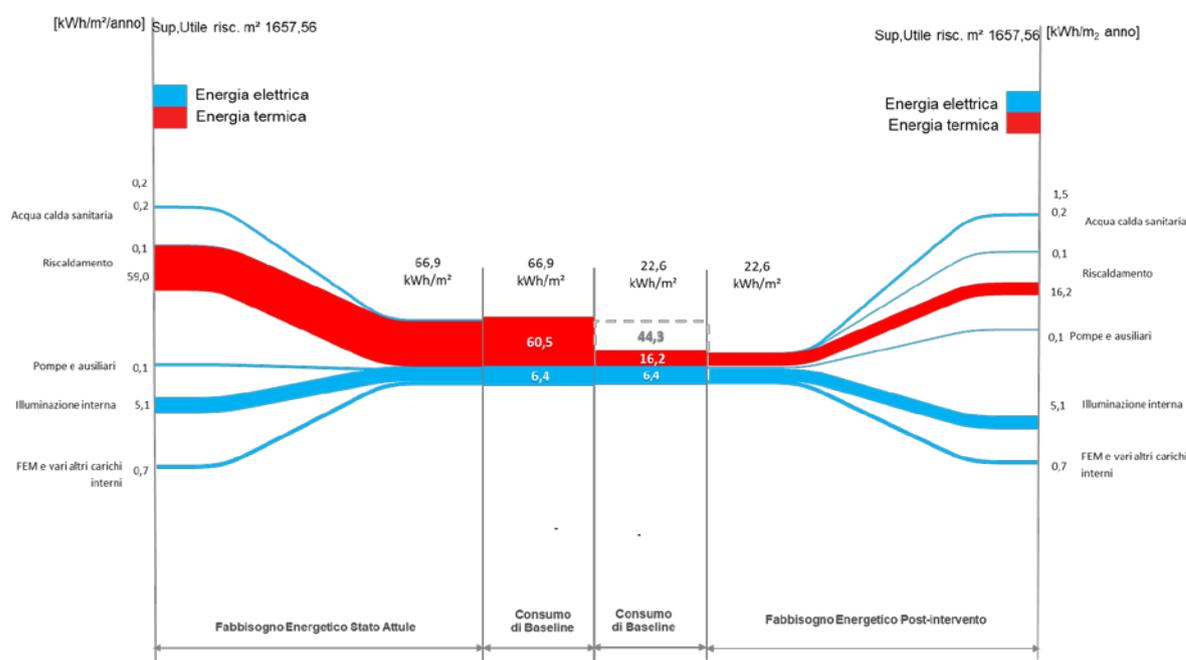
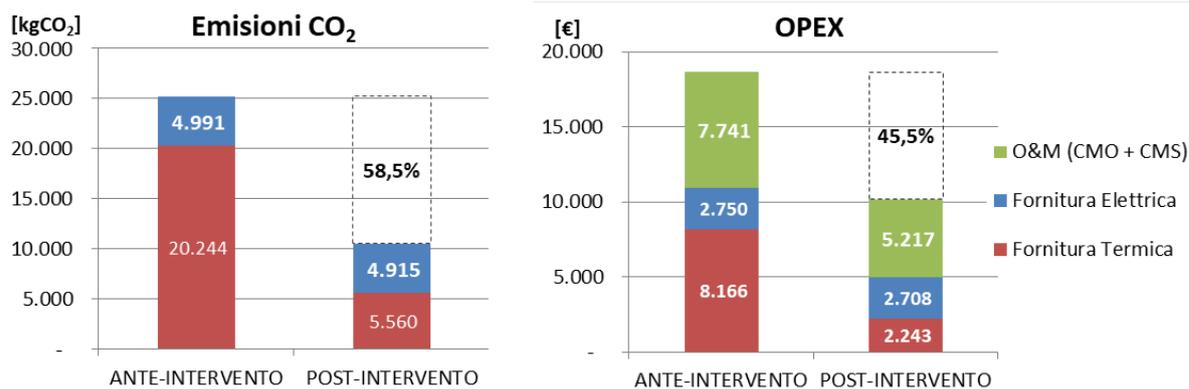


Tabella 9.19– Risultati analisi SCN1

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM1 [trasmissione]	[W/m²K]	2,27	0,21	90,7%
EEM2 [rendimento]	[%]	92	103	-12,0%
Q _{teorico}	[kWh]	97.811	26.865	72,5%
EE _{teorico}	[kWh]	10.369	10.210	1,5%
Q _{baseline}	[kWh]	100.219	27.527	72,5%
EE _{baseline}	[kWh]	10.688	10.524	1,5%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	20.244	5.560	72,5%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	4.991	4.915	1,5%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	25.235	10.475	58,5%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	8.166	2.243	72,5%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	2.750	2.708	1,5%
Fornitura Energia, C_E	[€]	10.916	4.951	54,6%
C _{MO}	[€]	6.115	4.892	20,0%
C _{MS}	[€]	1.626	325	80,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	7.741	5.217	32,6%
OPEX	[€]	18.657	10.168	45,5%
Classe energetica	[-]	D	C	+1classi

Figura 9.13 – 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 9.20,

Tabella 9.21 e Tabella 9.22 e nelle successive figure.

Tabella 9.20 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN1

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	n_i	1
Anni Gestione Servizio	n_s	14
Anni Concessione	n	15
Anno inizio Concessione	n_0	2020
Anni dell'ammortamento	n_A	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	k_{cdp}	2,00%
Costo Capitale Azienda	WACC	4,00%
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{cdp})$	$k_{progetto}$	4,00%
Inflazione ISTAT	f	0,50%
deriva dell'inflazione	f'	0,70%
%, interessi debito	k_D	3,82%
%, interessi equity	k_E	9,00%
Aliquota IRES	IRES	24,0%
Aliquota IRAP	IRAP	3,9%
Aliquota fiscale	τ	27,90%
Anni debito (finanziamento)	n_D	5
Anni Equity	n_E	14
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_0	€ 38.617
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 1.159
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 39.775
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€ 31.820
Equity	I_E	€ 7.955
Fattore di annualità Debito	FA_D	4,55
Rata annua debito	q_D	€ 7.001
Costo finanziamento,(D+INT _D)	$q_D * n_D$	€ 35.004
Costi per interessi debito, INT _D	$INT_D = q_D * n_D - D$	€ 3.184

Tabella 9.21 – Parametri Economici dell’analisi di redditività dello SCN1

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€ 8.948
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€ 6.345
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€ 15.292
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$	54,6%
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$	32,6%
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$	5,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€ 6.408
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€ 765
Risparmio PA durante la concessione	14%	€ 35.998
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€ 8.326
N° di Canoni annuali	anni	14
Utile lordo della ESCO	$\% CAPEX$	151,91%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	€ 4.316
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€ 227
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€ 1.100
Canone O&M €/anno	CnM	€ 4.440
Canone Energia €/anno	CnE	€ 4.444
Canone Servizi €/anno IVA escl.	CnS	€ 8.884
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	CnD	€ 5.644
Canone Totale €/anno IVA escl.	Cn	€ 14.528
Aliquota IVA %	IVA	22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€ 6.964
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€ 17.409
Durata Incentivi, anni	n_B	5
Inizio erogazione Incentivi, anno		2022

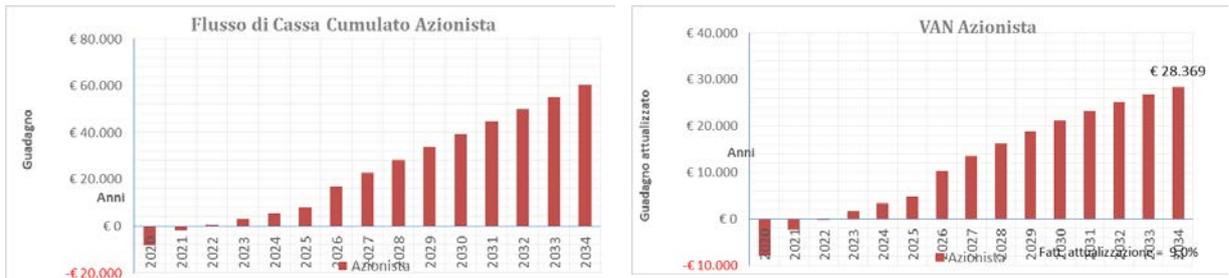
Tabella 9.22 – Risultati dell’analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN1

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	4,82
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	5,25
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€ 41.942
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC	21,26%
Indice di Profitto	IP	108,61%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	2,74
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	3,13
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€ 28.369
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke	53,11%
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3	1,253
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1	3,707
Indice di Profitto Azionista	IP	73,46%

Figura 9.14 –SCN1: Flussi di cassa del progetto



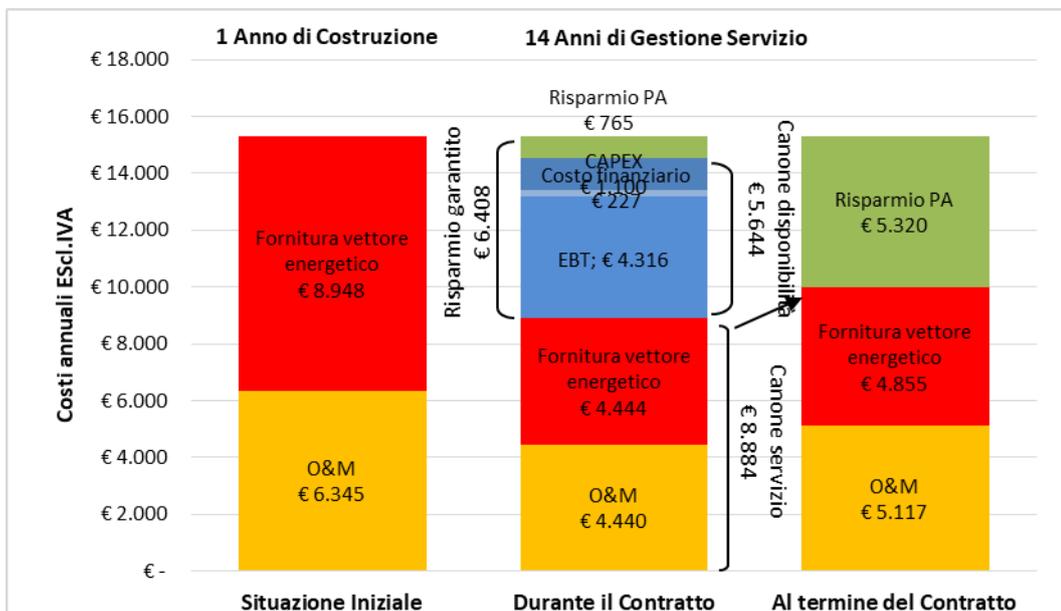
Figura 9.15 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento ha un tempo di ritorno semplice lato ESCO di 2,74 anni ed uno attualizzato di 3,13 anni con il salto di una sola classe. Il salto di due classi non è stato possibile in quanto gli interventi prevedono un efficientamento gestionale/energetico che consiste nella chiusura dei terminali di riscaldamento del secondo piano non utilizzabile con un conseguente cambio del volume e dell’edificio di riferimento. Inoltre l’ipotesi di una sostituzione del generatore a gas con una pompa di calore elettrica risulta non consigliabile visto la tipologia delle strutture ed il volume dell’edificio.

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 9.16.

Figura 9.16 – Scenario 1: Schema di Energy Performance Contract



9.3.2 Scenario 2: EEM1+ EEM2+ EEM3+ EEM4+ EEM5

La realizzazione dello scenario 2 consiste nella combinazione di tutti gli interventi considerati:

- EEM1: chiusura del secondo piano ed isolamento solaio sottotetto;
- EEM2: Sostituzione del generatore con caldaia a condensazione ed installazione termovalvole;
- EEM3: relamping;
- EEM4: isolamento a cappotto muratura corpo “palestra”;
- EEM5: isolamento solaio di copertura corpo “palestra”.

Tabella 9.23 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 2

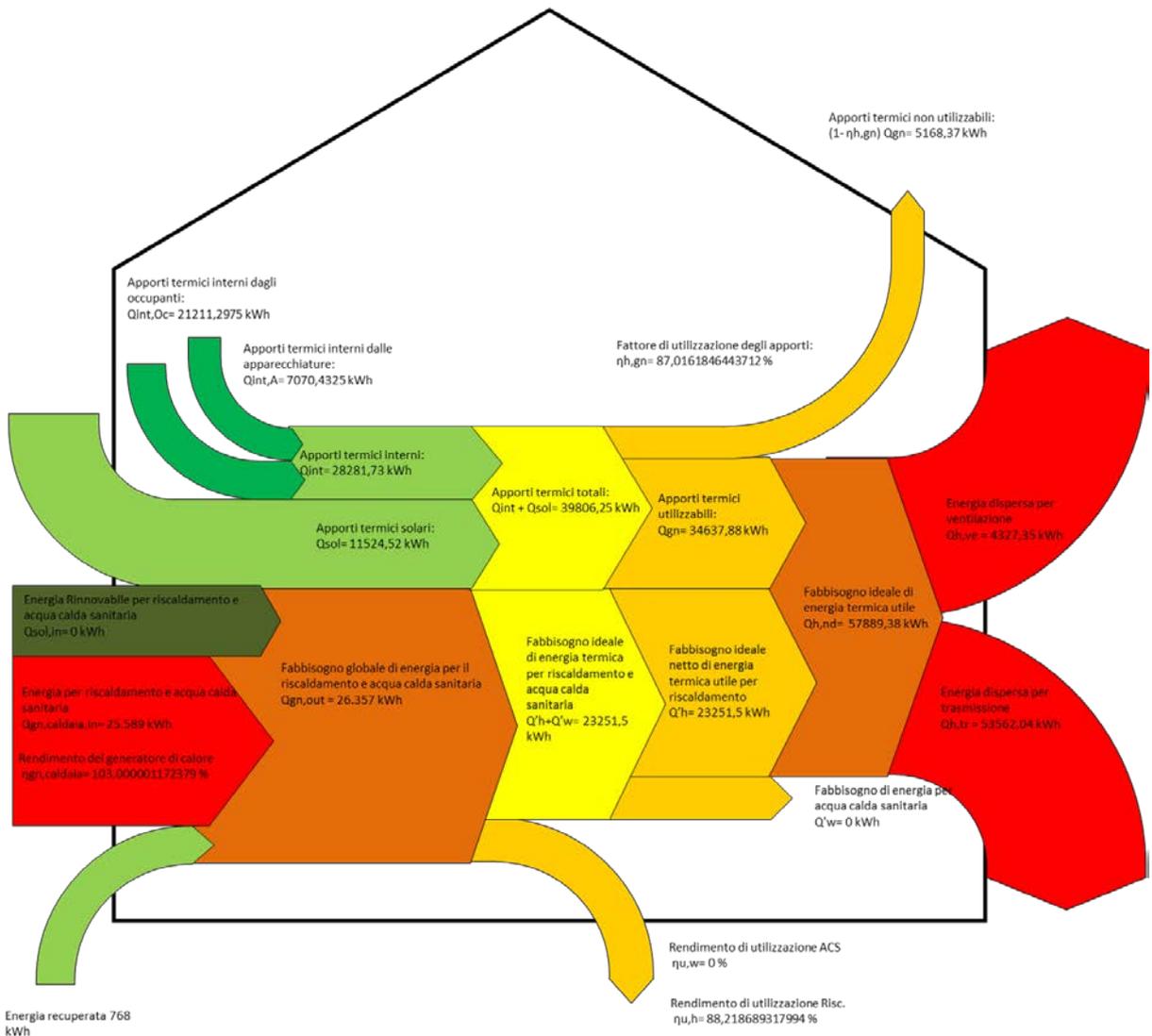
VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA AL 22% [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
EEM1 Fornitura & Posa	13.913,05	22%	16.973,92
EEM2 Fornitura & Posa	14.862,63	22%	18.132,41
EEM3 Fornitura & Posa	2.949,59	22%	3.598,50
EEM4 Fornitura & Posa	15.304,35	22%	32.652,95
EEM5 Fornitura & Posa	4.293,76	22%	5.238,39
Costi per la sicurezza	1.883,51	22%	2.297,88
Costi per la progettazione	4.394,86	22%	5.361,73
TOTALE (I₀)	57.601,75	22%	84.255,78
VOCE MANUTENZIONE	C _{Mo} (IVA INCLUSA) [€]	C _{MS} (IVA INCLUSA) [€]	C _M (IVA INCLUSA) [€]
EEM1 O&M	0,00	0,00	0,00
EEM2 O&M	1.223	1.300	2.523,00
EEM3 O&M	0,00	0,00	0,00
EEM4 O&M	0,00	0,00	0,00
EEM5 O&M	0,00	0,00	0,00
TOTALE (C_M)	1.223	1.300	2.523,00
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]	
Incentivi	Conto termico	44.164	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		8.832,80	

Tabella 9.24– Stima dell’incentivo da Conto Termico

STIMA INCENTIVO CONTO TERMICO	
Percentuale spesa ammissibile per ognuno degli interventi	55%
Costo massimo ammissibile per EEM1	100 €/m ²
Costo massimo ammissibile per EEM2	130 €/kWt
Costo massimo ammissibile per EEM4	100 €/m ²
Costo massimo ammissibile per EEM5	200 €/m ²
Valore massimo incentivo EEM1	400.000 €
Valore massimo incentivo EEM2	40.000 €
Valore massimo incentivo EEM4	400.000 €
Valore massimo incentivo EEM5	400.000 €

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 9.17 – Scenario 2: Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico post intervento



Dai diagrammi in figura 9.17 e 9.18 si può notare un miglioramento nel fabbisogno di energia termica dell'edificio, un aumento di rendimento del generatore ed una dimensione dei consumi elettrici.

Figura 9.18 – Scenario 2: Bilancio energetico complessivo dell'edificio post intervento

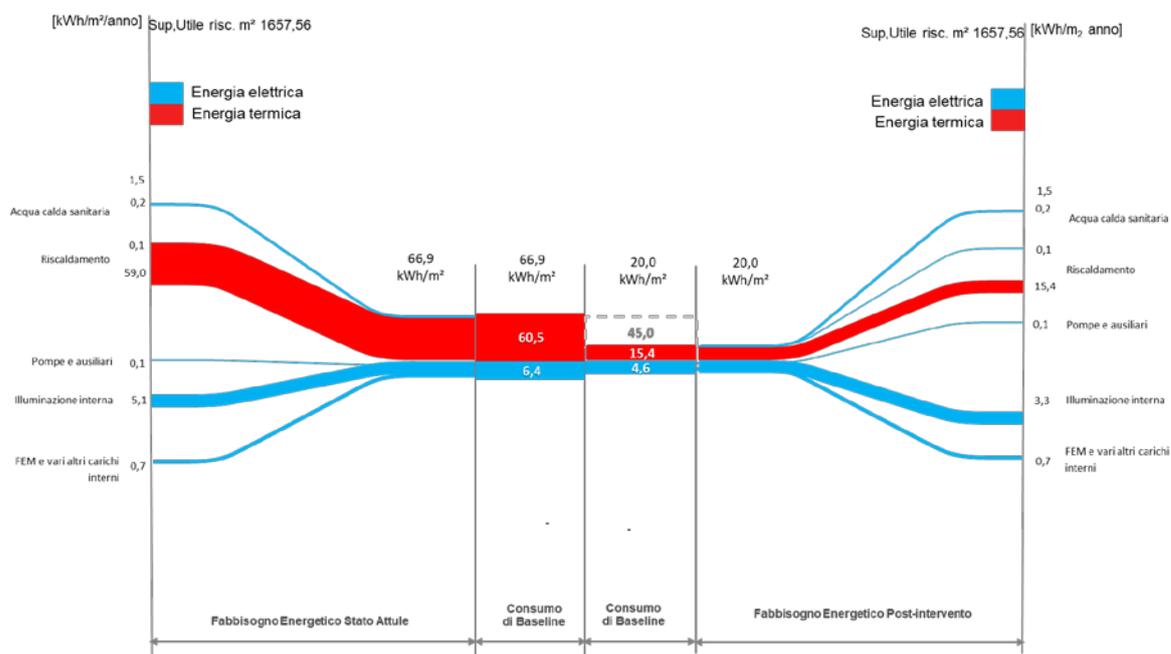
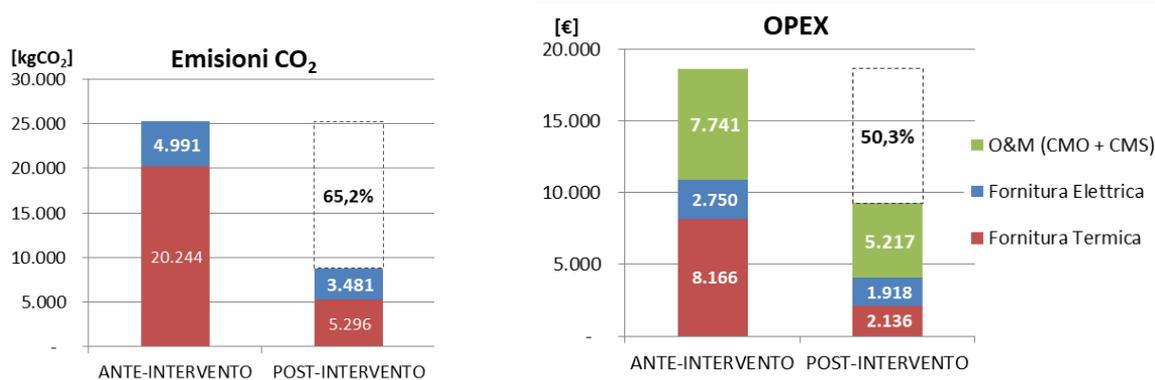


Tabella 9.25– Risultati analisi SCN2

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM1 [trasmittanza]	[W/m²K]	2,27	0,21	90,7%
EEM2 [rendimento]	[%]	73	97	-32,9%
EEM3 [efficienza luminosa]	[lm/W]	84	110	-31,0%
EEM4 [trasmittanza]	[W/m²K]	0,7	0,207	70,4%
EEM5 [trasmittanza]	[W/m²K]	1,4	0,203	85,5%
$Q_{teorico}$	[kWh]	97.811	25.589	73,8%
$EE_{teorico}$	[kWh]	10.369	7.232	30,3%
$Q_{baseline}$	[kWh]	100.219	26.219	73,8%
$EE_{baseline}$	[kWh]	10.688	7.455	30,3%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	20.244	5.296	73,8%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	4.991	3.481	30,3%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	25.235	8.778	65,2%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	8.166	2.136	73,8%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	2.750	1.918	30,3%
Fornitura Energia, C_E	[€]	10.916	4.054	62,9%
C_{MO}	[€]	6.115	4.892	20,0%
C_{MS}	[€]	1.626	325	80,0%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	7.741	5.217	32,6%
OPEX	[€]	18.657	9.272	50,3%
Classe energetica	[-]	D	C	+1classi

Figura 9.19 – 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 9.26

Tabella 9.27 Tabella 9.28, e n

Tabella 9.21 alle successive figure.

Tabella 9.26 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN2

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	n_i	1
Anni Gestione Servizio	n_s	24
Anni Concessione	n	25
Anno inizio Concessione	n_0	2020
Anni dell'ammortamento	n_A	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	k_{CdP}	2,00%
Costo Capitale Azienda	WACC	4,00%
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CdP})$	$k_{progetto}$	4,00%
Inflazione ISTAT	f	0,50%
deriva dell'inflazione	f'	0,70%
%, interessi debito	k_D	3,82%
%, interessi equity	k_E	9,00%
Aliquota IRES	IRES	24,0%
Aliquota IRAP	IRAP	3,9%
Aliquota fiscale	τ	27,90%
Anni debito (finanziamento)	n_D	10
Anni Equity	n_E	24
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_0	€ 84.256
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 2.528
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 86.783
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€ 69.427
Equity	I_E	€ 17.357
Fattore di annualità Debito	FA _D	8,30
Rata annua debito	q_D	€ 8.363
Costo finanziamento, (D+INT _D)	$q_D * n_D$	€ 83.628

Costi per interessi debito, INT ₀	$INT_0 = q_0 * n_0 - D$	€	14.202
--	-------------------------	---	--------

Tabella 9.27 – Parametri Economici dell'analisi di redditività dello SCN2

PARAMETRI ECONOMICI			
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€	8.948
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€	6.345
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{baseline}$	€	15.292
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€	-
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$		62,9%
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$		32,6%
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{baseline}$		5,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€	6.870
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€	765
Risparmio PA durante la concessione	14%	€	82.454
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€	10.380
N° di Canoni annuali	anni		24
Utile lordo della ESCO	%CAPEX		104,44%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	€	3.776
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€	592
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€	1.737
Canone O&M €/anno	C_{nM}	€	4.554
Canone Energia €/anno	C_{nE}	€	3.868
Canone Servizi €/anno IVA escl.	C_{nS}	€	8.422
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	C_{nD}	€	6.105
Canone Totale €/anno IVA escl.	C_n	€	14.528
Aliquota IVA %	IVA		22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€	15.194
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€	29.896
Durata Incentivi, anni	n_B		5
Inizio erogazione Incentivi, anno			2022

Tabella 9.28 – Risultati dell'analisi di redditività e sostenibilità finanziaria dello SCN2

INDICATORI DI REDDITIVITA' DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.		7,22
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		9,39
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€	48.448
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC		11,08%
Indice di Profitto	IP		57,50%
INDICATORI DI REDDITIVITA' DELLA ESCO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.		2,83
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		3,32
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€	26.075
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke		35,42%
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3		1,262
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1		2,386
Indice di Profitto Azionista	IP		30,95%

Figura 9.20 –SCN2: Flussi di cassa del progetto



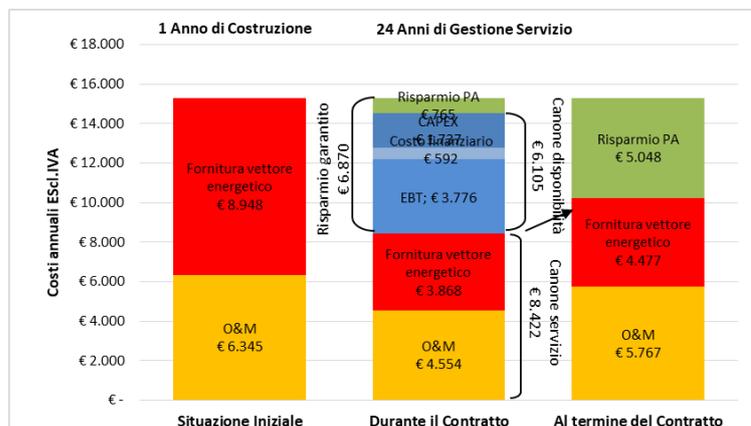
Figura 9.21 – SCN2: Flussi di cassa dell'azionista



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento ha un tempo di ritorno semplice lato ESCO di 2,83 anni ed uno attualizzato di 3,32 anni con il salto di una sola classe. Il salto di due classi non è stato possibile in quanto gli interventi prevedono un efficientamento gestionale/energetico che consiste nella chiusura dei terminali di riscaldamento del secondo piano non utilizzabile con un conseguente cambio del volume e dell’edificio di riferimento. Inoltre l’ipotesi di una sostituzione del generatore a gas con una pompa di calore elettrica risulta non consigliabile visto la tipologia delle strutture ed il volume dell’edificio.

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 9.16.

Figura 9.22 – Scenario 1: Schema di Energy Performance Contract



10 CONCLUSIONI

10.1 RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA

La classe di merito che si ottiene confrontando gli indici di performance energetica dell'edificio oggetto di analisi con la classificazione riportata nelle Linee Guida ENEA – FIRE è BUONO sia per l'indice IEN_R che per l'indice IEN_E .

COMBUSTIBILE	IEN_R			IEN_E		
	Wh/(m ³ GG anno)			kWh/(m ³ anno)		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Gas Naturale	4,86	5,31	8,12			
Energia elettrica				5,23	5,22	5,62

10.2 RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI

Lo scenario 1 (SNC1) prevede il salto di 1 classe energetica mediante la chiusura del secondo piano inutilizzato e l'isolamento del solaio sottotetto, la sostituzione sistema di generazione obsoleto con caldaia a condensazione e installazione valvole termostatiche.

Lo scenario 2 (SNC2) prevede il salto di 1 classe energetica mediante la chiusura del secondo piano inutilizzato e l'isolamento del solaio sottotetto, la sostituzione sistema di generazione obsoleto con caldaia a condensazione e installazione valvole termostatiche, il relamping, l'isolamento a cappotto della palestra e l'isolamento della copertura della palestra.

Nel caso con incentivi, in termini di sostenibilità finanziaria degli investimenti, entrambi gli scenari risultano convenienti con VAN positivi, LLCR maggiore di 1,0 e DSCR intorno a 1,3.

CON INCENTIVI														
	% Δ_E	% Δ_{CO2}	ΔC_E	ΔC_{MO}	ΔC_{MS}	I_0^1	TRS	TRA	anni	VAN	TIR	IP	DSCR	LLCR
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[n]	[€]	[%]	[-]	[-]	[-]
SCN1	55%	58%	5.965	1223	1300	38.617	2,74	3,13	15	28.369	53%	0,73	1,25	3,71
SCN2	65%	30%	16.458	6030	832	84.256	2,83	3,32	25	26.075	35%	0,31	1,26	2,39

Nel caso senza incentivi, in termini di sostenibilità finanziaria degli investimenti, entrambi gli scenari risultano convenienti con VAN positivi, LLCR maggiore di 1,0 ma DSCR minori di 1,0.

SENZA INCENTIVI														
	% Δ_E	% Δ_{CO2}	ΔC_E	ΔC_{MO}	ΔC_{MS}	I_0	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP	DSCR	LLCR
	[%]	[%]	[€/a]	[€/a]	[€/a]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]	[-]	[-]
SCN 1	55%	58%	5.965	1223	1300	38.617	7,06	7,66	15	15.944	28%	0,41	0,97	3,09
SCN 2	65%	30%	16.458	6030	832	84.256	14,25	19,44	25	4.738	11%	0,06	0,97	2,21

Si sottolinea che gli scenari SCN1 e SCN2 sono stati definiti in modo da rispettare il vincolo della committenza sui tempi di ritorno, rispettivamente inferiori a 15 e 25 anni, tuttavia non è stato possibile rispettare il miglioramento in APE di due classi in quanto gli interventi prevedono un efficientamento gestionale/energetico che consiste nella chiusura dei terminali di riscaldamento del secondo piano non utilizzabile con un conseguente cambio del volume e dell'edificio di riferimento.

10.3 CONCLUSIONI E COMMENTI

L'analisi dei consumi di energia termica ed elettrica e dei possibili scenari di intervento dell'edificio oggetto di DE ha portato alle seguenti conclusioni:

- gli impianti per la produzione e la distribuzione di energia presentano bassi rendimenti
- è stata constatata la presenza di strutture prive di isolamento
- non è stato constatato il riscaldamento di locali utilizzati a magazzino ove non si ha permanenza di persone

In questo caso non si ha un impiego di risorse energetiche maggiore di quello necessario ma si sono verificati effetti negativi sul comfort degli utenti, per questo motivo si ritiene prioritario intervenire sul miglioramento delle prestazioni dell'involucro.

Si sottolinea che gli scenari SCN1 e SCN2 sono stati definiti in modo da rispettare il vincolo della committenza sui tempi di ritorno, rispettivamente inferiori a 15 e 25 anni, tuttavia non è stato possibile rispettare il miglioramento in APE di due classi in quanto gli interventi prevedono un efficientamento gestionale/energetico che consiste nella chiusura dei terminali di riscaldamento del secondo piano non utilizzabile con un conseguente cambio del volume e dell'edificio di riferimento. Inoltre l'ipotesi di una sostituzione del generatore a gas con una pompa di calore elettrica risulta non consigliabile visto la tipologia delle strutture ed il volume dell'edificio.

Si propone l'attuazione di un Piano di Misure e Verifiche (PMV) in accordo con il protocollo EVO (Efficiency Valuation Organization) per accertare i risparmi energetici conseguiti dopo l'implementazione delle raccomandazioni.

Per poter massimizzare i benefici delle EEM proposte si suggerisce la realizzazione di campagne di sensibilizzazione degli utenti finali volte a:

- favorire un uso più razionale dell'energia incrementando la consapevolezza delle proprie azioni sul risparmio energetico
- migliorare la gestione dei sistemi di regolazione, come ad esempio le valvole termostatiche, attraverso l'informazione agli utenti circa il loro funzionamento.

ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA

	Titolo	Data	Nome file
1	TAVOLA DI INQUADRAMENTO COMPLESSO/EDIFICIO	10/1997	E01334
2	TAVOLA PIANO 1 EDIFICIO	11/1999	PIAN1
3	TAVOLA PIANO 2. EDIFICIO	11/1999	PIAN2
4	TAVOLA PIANO 1 AMM EDIFICIO	11/1999	PIAN1A
5	TAVOLA PIANO TERRA-AMM EDIFICIO	11/1999	PIANTA
6	TAVOLA PIANO 1 SEMINTERRATO. EDIFICIO	11/1999	PIAN1SS
7	TAVOLA PIANO TERRA EDIFICIO	11/1999	PIANT
8	TAVOLA PIANO COPERTURA EDIFICIO	11/1999	PIANC
9	SCHEDA CENTRALE TERMICA	06/2017	118-S01-001-CENTRALE TERMICA
10	CENSIMENTO PIANO TERRA	06/2017	L1-042-118-P00
11	CENSIMENTO PIANO 1	06/2017	L1-042-118-P01
12	CENSIMENTO PIANO 2	06/2017	L1-042-118-P02
13	CENSIMENTO PIANO TERRA-CHECKLIST	05/2017	L1-042-118-P00 - Checklist
14	CENSIMENTO PIANO 1-CHECKLIST	05/2017	L1-042-118-P01 - Checklist
15	CENSIMENTO PIANO 2-CHECKLIST	05/2017	L1-042-118-P02 - Checklist
16	CENSIMENTO PIANO S1-CHECKLIST	05/2017	L1-042-118-S01 – Checklist
17	FATTURA DEL 06/03/2014	03/2014	2014-5700065564
18	FATTURA DEL 20/03/2014	03/2014	2014-5700098307
19	FATTURA DEL 23/04/2014	03/2014	2014-5700134925
20	FATTURA DEL 27/05/2014	03/2014	2014-5700176154
21	FATTURA DEL 23/06/2014	03/2014	2014-5700215021
22	FATTURA DEL 21/07/2014	03/2014	2014-5700248900
23	FATTURA DEL 08/08/2014	03/2014	2014-5700261247
24	FATTURA DEL 12/09/2014	03/2014	2014-5700291352
25	FATTURA DEL 14/10/2014	03/2014	2014-5700345888
26	FATTURA DEL 13/11/2014	03/2014	2014-5700373864
27	FATTURA DEL 12/12/2014	03/2014	2014-5700411636
28	FATTURA DEL 24/02/2015	03/2014	2014-5700448440
29	FATTURA DEL 06/03/2014	03/2014	2014-5700065538
30	FATTURA DEL 20/03/2014	03/2014	2014-5700098302
31	FATTURA DEL 23/04/2014	03/2014	2014-5700134899
32	FATTURA DEL 27/05/2014	03/2014	2014-5700176161
33	FATTURA DEL 23/06/2014	03/2014	2014-5700215014
34	FATTURA DEL 21/07/2014	03/2014	2014-5700248906
35	FATTURA DEL 08/08/2014	03/2014	2014-5700261840
36	FATTURA DEL 12/09/2014	03/2014	2014-5700291401
37	FATTURA DEL 14/10/2014	03/2014	2014-5700345900
38	FATTURA DEL 13/11/2014	03/2014	2014-5700373668
39	FATTURA DEL 12/12/2014	03/2014	2014-5700411760
40	FATTURA DEL 24/02/2015	03/2014	2014-5700449630
41	FATTURA DEL 06/03/2014	03/2014	2014-5700065497
42	FATTURA DEL 20/03/2014	03/2014	2014-5700098222
43	FATTURA DEL 23/04/2014	03/2014	2014-5700134953
44	FATTURA DEL 27/05/2014	03/2014	2014-5700176198
45	FATTURA DEL 23/06/2014	03/2014	2014-5700214976
46	FATTURA DEL 21/07/2014	03/2014	2014-5700248943
47	FATTURA DEL 08/08/2014	03/2014	2014-5700261513
48	FATTURA DEL 12/09/2014	03/2014	2014-5700291175
49	FATTURA DEL 14/10/2014	03/2014	2014-5700345592
50	FATTURA DEL 13/11/2014	03/2014	2014-5700373692
51	FATTURA DEL 12/12/2014	03/2014	2014-5700411925
52	FATTURA DEL 06/03/2015	09/2017	2015-5700493128
53	FATTURA DEL 17/03/2015	09/2017	2015-5700544377



E1334 – Scuola Media Barabino

54	FATTURA DEL 13/04/2015	09/2017	2015-5750081935
55	FATTURA DEL 07/05/2015	09/2017	2015-E000140840
56	FATTURA DEL 11/03/2016	09/2017	2015-E000163924
57	FATTURA DEL 03/06/2015	09/2017	2015-E000175668
58	FATTURA DEL 02/09/2015	09/2017	2015-E000337518
59	FATTURA DEL 01/07/2015	09/2017	2015-E000234061
60	FATTURA DEL 03/08/2015	09/2017	2015-E000281516
61	FATTURA DEL 02/10/2015	09/2017	2015-E000386672
62	FATTURA DEL 02/11/2015	09/2017	2015-E000432860
63	FATTURA DEL 01/12/2015	09/2017	2015-E000483579
64	FATTURA DEL 02/01/2016	09/2017	2015-E000018554
65	FATTURA DEL 02/02/2016	09/2017	2015-E000084129
66	FATTURA DEL 16/06/2016	09/2017	2015-E000310242
67	FATTURA DEL 06/03/2015	09/2017	2015-5700492869
68	FATTURA DEL 17/03/2015	09/2017	2015-5700544104
69	FATTURA DEL 13/04/2015	09/2017	2015-5750082199
70	FATTURA DEL 07/05/2015	09/2017	2015-E000140845
71	FATTURA DEL 11/03/2016	09/2017	2015-E000163930
72	FATTURA DEL 03/06/2015	09/2017	2015-E000175673
73	FATTURA DEL 02/09/2015	09/2017	2015-E000337523
74	FATTURA DEL 01/07/2015	09/2017	2015-E000234066
75	FATTURA DEL 03/08/2015	09/2017	2015-E000281521
76	FATTURA DEL 02/10/2015	09/2017	2015-E000386677
77	FATTURA DEL 02/11/2015	09/2017	2015-E000432864
78	FATTURA DEL 01/12/2015	09/2017	2015-E000483583
79	FATTURA DEL 02/01/2016	09/2017	2015-E000018558
80	FATTURA DEL 02/02/2016	09/2017	2015-E000084137
81	FATTURA DEL 16/06/2016	09/2017	2015-E000310246
82	FATTURA DEL 03/03/2016	09/2017	2015-E000150591
83	FATTURA DEL 06/03/2015	09/2017	2015-5700493045
84	FATTURA DEL 17/03/2015	09/2017	2015-5700544523
85	FATTURA DEL 13/04/2015	09/2017	2015-5750082155
86	FATTURA DEL 07/05/2015	09/2017	2015-E000140840
87	FATTURA DEL 07/07/2015	09/2017	2015-E000243843
88	FATTURA DEL 03/06/2015	09/2017	2015-E000175668
89	FATTURA DEL 02/09/2015	09/2017	2015-E000337522
90	FATTURA DEL 01/07/2015	09/2017	2015-E000234061
91	FATTURA DEL 03/08/2015	09/2017	2015-E000281516
92	FATTURA DEL 02/09/2015	09/2017	2015-E000337518
93	FATTURA DEL 02/10/2015	09/2017	2015-E000386672
94	FATTURA DEL 11/03/2016	09/2017	2015-E000163924
95	FATTURA DEL 02/11/2015	09/2017	2015-E000432860
96	FATTURA DEL 01/12/2015	09/2017	2015-E000483579
97	FATTURA DEL 02/01/2016	09/2017	2015-E000018554
98	FATTURA DEL 02/02/2016	09/2017	2015-E000084129
99	FATTURA DEL 16/06/2016	09/2017	2015-E000310242
100	FATTURA DEL 03/03/2016	09/2017	2015-E000150586
101	FATTURA DEL 03/03/2016	01/2018	2016-E000150586
102	FATTURA DEL 02/02/2016	01/2018	2016-E000084130

*E1334 – Scuola Media Barabino*

103	FATTURA DEL 17/06/2016	01/2018	2016-E000334601
104	FATTURA DEL 01/04/2016	09/2017	2015-E000194169
105	FATTURA DEL 02/05/2016	01/2018	2016-E000238234
106	FATTURA DEL 28/06/2016	01/2018	2016-011640025272
107	FATTURA DEL 13/10/2016	01/2018	2016-011640087934
108	FATTURA DEL 25/07/2016	01/2018	2016-011640048513
109	FATTURA DEL 24/08/2016	01/2018	2016-011640060827
110	FATTURA DEL 26/09/2016	01/2018	2016-011640074901
111	FATTURA DEL 17/12/2016	01/2018	2016-011640122876
112	FATTURA DEL 14/03/2017	01/2018	2016-011730000569
113	FATTURA DEL 30/11/2016	01/2018	2016-011640108898
114	FATTURA DEL 16/01/2017	01/2018	2016-011740001578
115	FATTURA DEL 03/03/2016	01/2018	2016-E000150591
116	FATTURA DEL 02/02/2016	01/2018	2016-E000084138
117	FATTURA DEL 17/06/2016	01/2018	2016-E000334605
118	FATTURA DEL 02/05/2016	01/2018	2016-E000238238
119	FATTURA DEL 01/04/2016	09/2017	2015-E000194174
120	FATTURA DEL 01/06/2016	09/2017	2015-E000278555
121	FATTURA DEL 28/06/2016	01/2018	2016-011640025275
122	FATTURA DEL 13/10/2016	01/2018	2016-011640087947
123	FATTURA DEL 25/07/2016	01/2018	2016-011640048519
124	FATTURA DEL 24/08/2016	01/2018	2016-011640060830
125	FATTURA DEL 26/09/2016	01/2018	2016-011640074903
126	FATTURA DEL 19/12/2016	01/2018	2016-011640126640
127	FATTURA DEL 14/03/2017	01/2018	2016-011740042571
128	FATTURA DEL 15/11/2016	01/2018	2016-011640100078
129	FATTURA DEL 16/01/2017	01/2018	2016-011740001581
130	FATTURA DEL 03/03/2016	01/2018	2016-E000150586
131	FATTURA DEL 02/02/2016	01/2018	2016-E000084130
132	FATTURA DEL 17/06/2016	01/2018	2016-E000334601
133	FATTURA DEL 02/05/2016	01/2018	2016-E000238234
134	FATTURA DEL 01/04/2016	09/2017	2015-E000194169
135	FATTURA DEL 01/06/2016	09/2017	2015-E000278551
136	FATTURA DEL 16/05/2017	09/2017	2015-011740079819
137	FATTURA DEL 25/05/2016	09/2017	2015-011640018113
138	FATTURA DEL 28/06/2016	01/2018	2016-011640025272
139	FATTURA DEL 25/07/2016	01/2018	2016-011640049213
140	FATTURA DEL 24/08/2016	01/2018	2016-011640060827
141	FATTURA DEL 26/09/2016	01/2018	2016-011640074901
142	FATTURA DEL 13/10/2016	09/2017	2015-011640087935
143	FATTURA DEL 01/12/2016	09/2017	2015-011630003240
144	FATTURA DEL 17/12/2016	01/2018	2016-011640122877
145	FATTURA DEL 16/01/2017	01/2018	2016-011740001578
146	FATTURA DEL 16/02/2017	09/2017	2015-011740023036

ALLEGATO B – ELABORATI

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO B – ELABORATI PLANIMETRICI	03/2018	DE_Lotto.2-E1334_revA-AllegatoB-ElaboratoPlanimetricoP0 DE_Lotto.2-E1334_revA-AllegatoB-ElaboratoPlanimetricoP1 DE_Lotto.2-E1334_revA-AllegatoB-ElaboratoPlanimetricoP2 DE_Lotto.2-E1334_revA-AllegatoB-ElaboratoPlanimetricoP3
02	ANALISI FATTURE FORNITURA	03/2018	DE_Lotto.2-E1334_revA-AllegatoB-AnalisiFattureFornituraElettrica
03	ALLEGATO B- DEFINIZIONE DEL MODELLO ELETTRICO	04/2018	DE_Lotto.2-E1334_revA-AllegatoB-DefinizioneDelModelloElettrico
04	ALLEGATO B –DETTAGLIO DEI CALCOLI DELLE SINGOLE EEM	04/2018	E1334 Grafici_Template_rev13

ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA	03/2018	DE_Lotto.2-E1334_revA-AllegatoC-ReportDiIndagineTermografica

ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI

Il presente allegato è finalizzato ad illustrare l'utilizzo o motivare il mancato utilizzo degli strumenti di diagnostica strumentale dichiarati nella Proposta Tecnica (Relazione illustrativa sulla metodologia di lavoro e gestione della commessa).

RISORSE STRUMENTALI DEDICATE ALL'APPALTO

Le risorse strumentali in dotazione dedicate all'appalto, descritte nel suddetto documento, sono di seguito elencate.

N.	Strumento
01	DISTANZIOMETRO LASER LEICA Disto A2
02	SPESSIVETRO MERLIN GLAZER GMGlass
03	LUXMETRO DELTA-OHM HD 2102.2
04	TERMOFLUSSIMETRO EXTRATECH THERMOZIG SN20/21/22/23/24
05	TERMOCAMERA FLIR T335
06	TERMOIGROMETRO EXTECH MO297
07	Centralina Microclimatica DELTA-OHM HD 32.3
08	PINZA AMPEROMETRICA FLUKE 345

STRUMENTAZIONE E CAMPAGNE DI MISURA

MISURE METRICHE

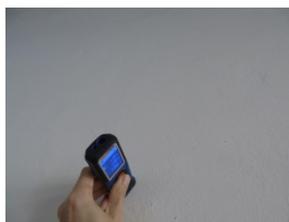
Distanziometro e bindella metrica

Durante i sopralluoghi ci si è avvalsi di metro laser e bindella metrica al fine di verificare le misure planimetriche del fabbricato e rilevare le dimensioni dei serramenti, le quote e gli spessori dei componenti edilizi.

A seconda del tipo di misura da rilevare è stato utilizzato il primo o il secondo strumento, sulla base della praticità di impiego.

Tali strumenti, per loro natura, non producono un output ma restituiscono valori da leggere istantaneamente; ad ogni modo il modello tridimensionale dell'edificio elaborato con il software di calcolo è da considerarsi come il risultato delle misure effettuate, riproducendo fedelmente tutte le caratteristiche plani-volumetriche reali.

Di seguito si riporta una fotografia che documenta l'utilizzo degli strumenti durante il sopralluogo presso l'edificio oggetto di DE.



Spessivetro

Durante i sopralluoghi ci si è avvalsi di uno spessivetro al fine di rilevare le caratteristiche dimensionali dei vetri.

Analogamente alle altre misure metriche, lo strumento, per sua natura, non produce un output ma restituisce valori da visualizzare istantaneamente; gli esiti delle misure sono riportati nel paragrafo 4.1.2.

Di seguito si riporta una fotografia che documenta l'utilizzo dello strumento durante il sopralluogo presso l'edificio oggetto di DE.



MISURE ILLUMINOTECNICHE

Durante il sopralluogo non sono stati rilevate palesi situazioni di inadeguatezza del livello di illuminamento e non sono state riscontrate segnalazioni di particolari criticità in merito da parte degli utenti intervistati. Non essendo l'illuminamento un parametro di input della modellazione energetica e non essendo la progettazione illuminotecnica ambito del presente lavoro, si è ritenuto non necessario, stante l'assenza di anomalie, un approfondimento diagnostico attraverso l'utilizzo di un luxmetro.

ANALISI TERMOGRAFICA

Si veda ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA.

RILIEVO TERMOFLUSSIMETRO

Metodi di calcolo e misura della trasmittanza

L'acquisizione dei dati necessari per la diagnosi energetica di un edificio esistente risulta spesso problematica a causa delle difficoltà di reperimento dei dati progettuali. Per questo motivo, in assenza di informazioni precise, risulta indispensabile effettuare delle misure strumentali sul campo. Per quanto concerne la valutazione della trasmittanza termica dell'involucro edilizio si procede tenendo conto dei seguenti possibili scenari:

Condizione	Metodo
Stratigrafia della struttura nota (sono disponibili i disegni aggiornati del progetto architettonico o della relazione di legge 10/91)	La trasmittanza viene calcolata in accordo con la norma UNI EN ISO 6946
Stratigrafia della struttura non nota ma edificio riconducibile ad una determinata tipologia edilizia di cui si conoscono le stratigrafie	La trasmittanza viene stimata avvalendosi di opportuni abachi di riferimento (ES: raccomandazioni CTI, norma UNI / TS 11300)
Stratigrafia della struttura non nota	Si esegue un foro nella struttura (endoscopio o carotaggio) per determinare la stratigrafia e si procede al calcolo in accordo con la norma UNI EN ISO 6946 Si determina la trasmittanza mediante misura in opera (termoflussimetria) in accordo con la norma ISO 9869

Nel caso non sia possibile determinare la stratigrafia della struttura o non siano note le proprietà termofisiche dei materiali utilizzati, il rilievo termoflussimetrico risulta essere l'unica metodologia di indagine non invasiva.

Stima della trasmittanza della muratura dell'edificio oggetto di audit

Nel caso in esame le strutture del fabbricato sono riconducibili a tipologie edilizie di cui si conoscono le stratigrafie, grazie alla ridondanza di informazioni a disposizione:

Tipo di informazione	Dettaglio
Informazioni reperite sull'edificio	Epoca costruttiva
Evidenze di sopralluogo	Riscontro acustico (suono pieno/vuoto) Spessori murari rilevati con bindella metrica
Rilievo termografico	Osservazione diretta della trama muraria attraverso la tecnica della termografia attiva Osservazione indiretta della composizione muraria attraverso l'analisi dei ponti termici caratteristici della tipologia edilizia

RILIEVI TERMOIGROMETRICI

Durante il sopralluogo sono state effettuate misure di temperatura e umidità relativa sia all'esterno sia all'interno degli ambienti, aventi le seguenti finalità:

- 1) individuazione di eventuali anomalie legate al comfort termoigrometrico;
- 2) individuazione di eventuali anomalie legate alla regolazione degli impianti termici;
- 3) quantificazione dei parametri di settaggio della termocamera.

Per quanto concerne i primi due punti, le misurazioni istantanee effettuate tramite il termoigrometro sono risultate congruenti con quanto dichiarato dagli utenti, pertanto non si è ritenuto necessario procedere all'installazione della centralina climatica per acquisire dati in continuo.

Per l'ultimo punto, il termoigrometro rappresenta infine l'unico strumento idoneo, in quanto la termocamera richiede come dati di input i valori di temperatura e umidità relativa registrati istantaneamente al momento del rilievo.

Di seguito si riporta la fotografia che documenta l'utilizzo del termoigrometro durante il sopralluogo presso l'edificio oggetto di DE.



MISURE ELETTRICHE

Durante il sopralluogo è stato effettuato un censimento di dettaglio di tutte le utenze elettriche presenti all'interno del fabbricato. Ove possibile sono stati rilevati i dati di targa riportanti la potenza o l'assorbimento nominale. Tali dati sono stati utilizzati, congiuntamente agli orari di utilizzo, per stimare il consumo annuo di ciascuna utenza. Per le apparecchiature sprovviste di targa non è stato ad ogni modo necessario effettuare rilievi strumentali, infatti, trattandosi di dispositivi di comune utilizzo nelle scuole è stato possibile avvalersi di valori di letteratura e/o derivanti dall'esperienza pregressa in attività svolte in edifici aventi una dotazione analoga.

ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI	04/2018	DE_Lotto.2-E1334_revA-AllegatoE-RelazioneDiCalcolo
02	ALLEGATO E – EXCEL DETTAGLIO DEI CALCOLI	04/2018	DE_Lotto.2-E1334_revA-AllegatoE-DettagliDiCalcolo

ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE	03/2017	DE_Lotto.2-E1334_revA-AllegatoF-CertificatoDiConformita

ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA	03/2018	DE_Lotto.2-E1334_revA-AllegatoG-ApeStatoDiFatto

ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARIO 1	04/2018	DE_Lotto.2-E1334_revA-AllegatoH-ApeScenario1
02	ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARIO 2	04/2018	DE_Lotto.2-E1334_revA-AllegatoH-ApeScenario2

ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO I – DATI CLIMATICI	04/2018	DE_Lotto.2-E1334_revA-AllegatoI-Dati climatici

ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT	04/2018	DE_Lotto.2-E1334_revA-AllegatoJ-SchedaAudit

ALLEGATO K – SCHEDE ORE

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO K – SCHEDE ORE	03/2018	DE_Lotto.2-E1334_revA-AllegatoK-SchedeOre

ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI	04/2018	DE_Lotto.2-E1334_revA-AllegatoL- AnalisiPEF_con incentivi DE_Lotto.2-E1334_revA-AllegatoL- AnalisiPEF_senza incentivi

ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK	04/2018	DE_Lotto.2-E1334_revA-AllegatoM-ReportDiBenchmark

ALLEGATO N – CD-ROM