

Scuola materna privata "Umberto e Margherita" E0828

via Emanuele Ferro 2, Genova

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA

FONDO KYOTO - SCUOLA 3



Luglio/2018

COMUNE DI GENOVA
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER



COMUNE DI GENOVA



**Scuola materna privata "Umberto e Margherita"
E0828
via Emanuele Ferro 2, Genova**

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA

FONDO KYOTO - SCUOLA 3
Luglio/2018

COMUNE DI GENOVA
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER

Comune di Genova – Area Tecnica – Struttura di Staff Energy Manager
Via Di Francia 1 – 18° Piano Matitone – 16149 – Genova
Tel 010 5573560 – 5573855; energymanager@comune.genova.it; www.comune.genova.it

DBA Progetti Spa
SEDE OPERATIVA Viale Felissent 20/D - 31020 Villorba (TV)
SEDE LEGALE: Piazza Roma, 19 - 32045 S. Stefano di Cadore (BL)
[Tel: 04220318811 – info@dbagroup.it – www.dbagroup.it]

REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI

Revisione	Data	Realizzazione	Revisione	Approvazione	Descrizione
0	12/06/2018	Maria Giovanna Passaghe	Francesca Bottega Matteo Zanotto	Alessandro Bertino	Prima Pubblicazione
1	26/07/2018	Maria Giovanna Passaghe	Francesca Bottega Matteo Zanotto	Alessandro Bertino	Prima Pubblicazione

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

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

INDICE	PAGINA
REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI	3
INDICE.....	I
PAGINA.....	I
EXECUTIVE SUMMARY	I
CARATTERISTICHE DELL'EDIFICIO OGGETTO DELLA DE	I
TABELLA 0.1 - TABELLA RIEPILOGATIVA DEI DATI DELL'EDIFICIO	I
1 INTRODUZIONE	1
1.1 PREMESSA	1
1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA	1
1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO.....	1
1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO.....	2
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO	3
1.6 STRUTTURA DEL REPORT	6
2 DATI DELL'EDIFICIO.....	7
2.1 INFORMAZIONI SUL SITO	7
2.2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE, SOCIO-ECONOMICO E DESTINAZIONE D'USO	8
2.3 VERIFICA DEI VINCOLI INTERFERENTI SULLE PARTI DELL'IMMOBILE INTERESSATE DAGLI 'INTERVENTI.....	8
2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO.....	9
3 DATI CLIMATICI	11
3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO.....	11
3.2 DATI CLIMATICI REALI.....	12
3.3 ANALISI DELL'ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO	12
4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI	14
4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO.....	14
4.1.1 <i>Involucro opaco</i>	14
4.1.2 <i>Involucro trasparente</i>	15
4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/ CLIMATIZZAZIONE INVERNALE.....	16
4.2.1 <i>Sottosistema di emissione</i>	16
4.2.2 <i>Sottosistema di regolazione</i>	17
4.2.3 <i>Sottosistema di distribuzione</i>	18
4.2.4 <i>Sottosistema di generazione</i>	19
4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA	20
4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO/CLIMATIZZAZIONE ESTIVA	20
4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA	20
4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE	21
4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE	22
4.8 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DI IMPIANTI DI PRODUZIONE ENERGIA ELETTRICA O COGENERAZIONE	23
5 CONSUMI RILEVATI	23
5.1 CONSUMI ENERGETICI STORICI PER CIASCUN VETTORE E CONNESSIONE ALLE RETI GAS NATURALE ED ELETTRICA.....	23
5.1.1 <i>Energia termica</i>	23
5.1.2 <i>Energia elettrica</i>	26
5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI	29
6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO.....	32
6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO	32
6.1.1 <i>Validazione del modello termico</i>	33
6.1.2 <i>Validazione del modello elettrico</i>	34
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI.....	35



6.3	PROFILI ENERGETICI MENSILI.....	37
7	ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO	39
7.1	COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI	39
7.1.1	<i>Vettore termico</i>	39
7.1.2	<i>Vettore elettrico</i>	39
7.2	TARIFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI.....	41
7.3	COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI.....	42
7.4	BASELINE DEI COSTI.....	42
8	IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA	44
8.1	DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI	44
8.1.1	<i>Involucro edilizio</i>	44
8.1.2	<i>Impianto riscaldamento</i>	45
8.1.3	<i>Impianto di illuminazione ed impianto elettrico</i>	46
9	VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA.....	48
9.1	ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	48
9.2	ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	54
9.3	IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D'INTERVENTO E SCENARI D'INVESTIMENTO.....	59
9.3.1	<i>Scenario 1: EEM1+EEM2</i>	61
9.3.2	<i>Scenario 2: EEM1+EEM2+EEM3:</i>	66
10	CONCLUSIONI	72
10.1	RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA	72
10.2	RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI	72
10.3	CONCLUSIONI E COMMENTI.....	72
	ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA.....	A
	ALLEGATO B – ELABORATI	A
	ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA	1
	ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI	1
	ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI	1
	ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE	1
	ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA	1
	ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI.....	1
	ALLEGATO I – DATI CLIMATICI.....	1
	ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT.....	1
	ALLEGATO K – SCHEDE ORE.....	1
	ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI	1
	ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK.....	1
	ALLEGATO N – CD-ROM	1

EXECUTIVE SUMMARY

Caratteristiche dell'edificio oggetto della DE

Tabella 0.1 - Tabella riepilogativa dei dati dell'edificio

PARAMENTO	U.M.	VALORE
Anno di costruzione edificio		1900
Anno di ristrutturazione		-
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E.7 Edificio scolastico
Superficie utile riscaldata	[m ²]	1.121,29
Superficie disperdente (S)	[m ²]	2.031,82
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	4.921,61
Rapporto S/V	[1/m]	0,41
Superficie netta aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	1.324
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	1.608
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	443
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	2.051
Tipologia generatore riscaldamento		Caldaia a basamento
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	88,56
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	Non presente
Tipo di combustibile		Gasolio
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler elettrici
Emissioni CO ₂ di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	39.824
Consumo di riferimento Gasolio ⁽¹⁾	[kWh _{th} /anno]	79.582
Spesa annuale Gasolio ⁽¹⁾	[€/anno]	11.171
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	39.777
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	7.675

Nota (1): Valori di Baseline

Descrizione delle Misure di efficienza energetiche proposte:

- EEM 1: Sostituzione serramenti
- EEM 2: Sostituzione generatore di calore ed installazione termovalvole
- EEM 3: Sostituzione corpi illuminanti
- SCN1: EEM1 + EEM2
- SCN2: EEM1+EEM2+EEM3

Tabella 0.2 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria delle misure di efficienza energetiche proposte e degli scenari ottimali, caso con incentivi

	CON INCENTIVI													
	% ΔE [%]	% ΔCO_2 [%]	ΔC_E [€/anno]	ΔC_{MO} [€/anno]	ΔC_{MS} [€/anno]	I_0 [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]	DSCR	LLCR
EEM1	14%	24%	3.098	-	-	69.927	20,6	34,9	30	-10.168	2,6%	-0,15	-	-
EEM2	26%	33%	5.635	-	-	23.108	3,2	3,6	15	40.019	27,2%	1,73	-	-
EEM3	6%	6%	1.220	-	-	24.630	9,4	10,6	8	-6.257	-4,9%	-0,25	-	-
SCN 1	41%	46%	8.823	-	-	93.035	4,86	7,05	15	14.995,86	23%	0,16	1,12	1,78
SCN 2	42%	47%	8.904	-	-	117.665	2,40	2,70	25	26.244,08	48%	0,22	1,3	1,25

Figura 0.1 – Scenario 1: analisi finanziaria

E0828 - Scuola materna privata "Umberto e Margherita"

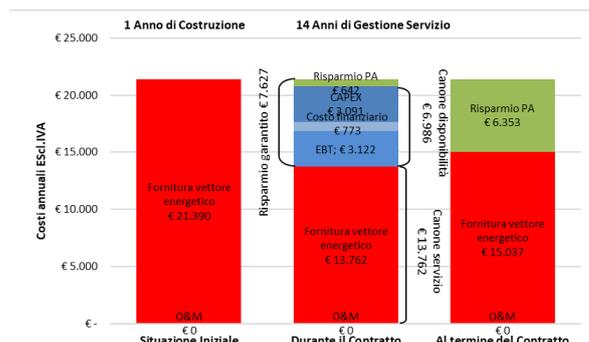
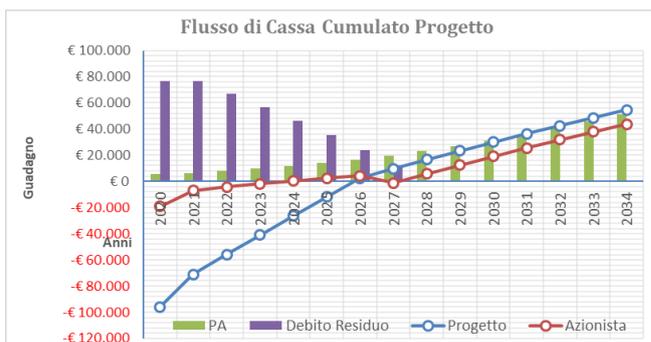
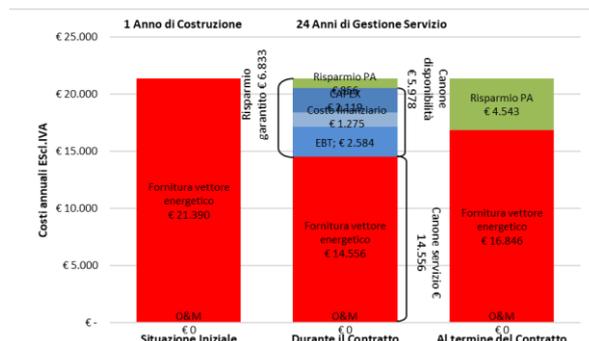
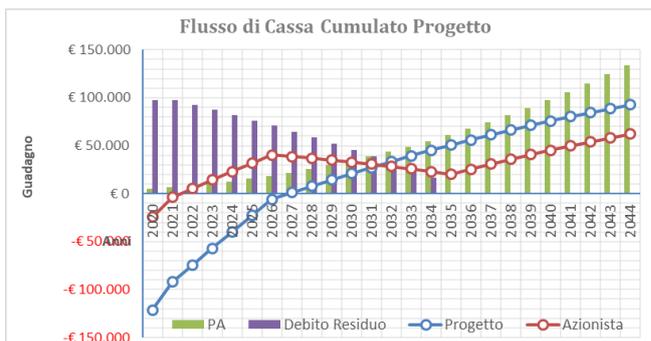


Figura 0.2 – Scenario 2: analisi finanziaria



Dalle analisi fatte sull'edificio è emerso che entrambi gli scenari proposti sono economicamente vantaggiosi per entrambi i soggetti, ESCO e Direzione Scolastica.

1 INTRODUZIONE

1.1 PREMESSA

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

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

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

Figura 1.1 - Vista della facciata Sud-Est



1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA

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

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

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

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

1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO

La presente DE è stata eseguita dalla DBA Progetti Spa, il cui responsabile per il processo di audit è l'ing. Alessandro Bertino, 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
Maria Giovanna Passaghe	Impiegato tecnico	Sopralluogo in sito, Elaborazione dati e creazione del modello energetico
Gianluca Loddi	Impiegato tecnico	Sopralluogo in sito, Elaborazione dati diagnosi energetica
Angela Sposato	Impiegato tecnico	Gestione rapporti con committenza, Elaborazione dati diagnosi energetica
Francesca Bottega	Responsabile involucro	Supervisione attività e report di diagnosi energetica
Matteo Zanotto	Responsabile impianti	Supervisione attività e report di diagnosi energetica
Alessandro Bertino	EGE	Supervisione attività e approvazione report di diagnosi energetica

1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO

L'immobile oggetto della DE, catastalmente individuato al NCEU F. 57 Mapp. 413 Sub. 6 e 8 è sito nel Comune di Genova e più precisamente nella zona di Sestri Ponente.

L'edificio è di proprietà del Comune di Genova ed è attualmente adibito a scuola primaria. Nella seguente tabella sono riportate le principali caratteristiche geometriche ed impiantistiche dell'edificio.

Figura 1.2 – Ubicazione dell'edificio



Tabella 1.2 - Tabella riepilogativa dei dati dell'edificio

PARAMENTO	U.M.	VALORE
Anno di costruzione edificio		1900
Anno di ristrutturazione		-
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E.7 Edificio scolastico
Superficie utile riscaldata	[m ²]	1.121,29
Superficie disperdente (S)	[m ²]	2.031,82
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	4.921,61
Rapporto S/V	[1/m]	0,41
Superficie netta aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	1.324
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	1.608
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	443
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	2.051
Tipologia generatore riscaldamento		Caldaia a basamento
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	88,56
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	Non presente
Tipo di combustibile		Gasolio
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler elettrici
Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	39.824
Consumo di riferimento Gasolio ⁽¹⁾	[kWh _{th} /anno]	79.582

Spesa annuale Gasolio ⁽¹⁾	[€/anno]	11.171
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{vel} /anno]	39.777
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	7.675

Nota (1): Valori di Baseline

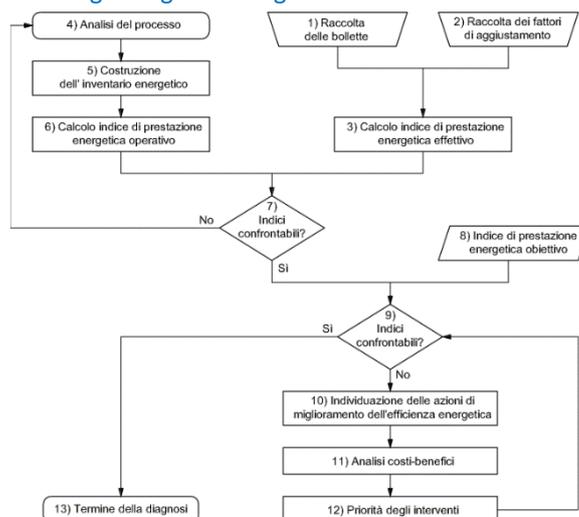
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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

- a) Acquisizione della documentazione utile, fornita dalla PA, come riportato all'Allegato A – Elenco documentazione fornita dalla committenza;
- b) Analisi del quadro normativo di riferimento, incluso la verifica dei vincoli ambientali, storici, archeologici e paesaggistici interferenti sull'immobile interessato dall'intervento;
- c) Visita agli edifici, effettuata in data 20/11/2017 con verifica degli elaborati forniti e rilievo dei dati relativi alle caratteristiche degli elementi disperdenti ed impiantistici costituenti il sistema edificio-impianto;
- d) Visita alla centrale termica e/o frigorifera, con il supporto del personale incaricato della conduzione e manutenzione degli impianti e rilevamento dei dati utili;
- e) Preparazione e compilazione delle schede di Audit previste per la diagnosi di livello II di cui all'appendice A delle LGEE - Linee Guida per l'Efficienza Energetica negli Edifici - sett. 2013 - elaborato da AiCARR per AgeSi, AssisAl, Assopetroli e Assoenergia, e riportate all'Allegato J – Schede di audit;
- f) Elaborazione del comportamento termico ed elettrico dell'edificio, realizzata utilizzando il software commerciale Edilclima EC700 in possesso di certificato di conformità rilasciato dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI) n.73 ai sensi del D.lgs. 192/05 e s.m.i. e riportato all'Allegato F – Certificato CTI Software;
- g) Analisi dei profili annuali di consumi e costi dei servizi energetici reali dell'edificio, comprensivi della fornitura dei vettori energetici sia elettrici che di gas e degli oneri di O&M, relativamente alle annualità 2014-2015-2016;
- h) Analisi dei dati climatici reali del sito ove è ubicato l'edificio con conseguente calcolo dei Gradi Giorno reali (GG_{real}), utilizzando le temperature esterne rilevate dalla stazione meteo Genova-Pegli e riportati all'Allegato I – Dati climatici;
- i) Individuazione della "baseline termica" di riferimento (e relative emissioni di CO₂) tramite opportuna ripartizione del consumo di combustibile tra le varie utenze a servizio dell'edificio e destagionalizzazione dello stesso, utilizzando i relativi GG reali (GG_{real}), e conseguente normalizzazione secondo i GG di riferimento (GG_{rif});
- j) Individuazione della "baseline elettrica" di riferimento (e relative emissioni di CO₂) calcolata sulla media aritmetica dei valori relativi ai consumi elettrici reali per tre le annualità 2014, 2015, 2016;
- k) Validazione del modello elaborato mediante il confronto con le baseline energetiche, al fine di ottenere uno scostamento inferiore al 5%;
- l) Analisi delle possibili EEM necessarie per la riqualificazione energetica del sistema edificio-impianto analizzando gli aspetti tecnici, energetici, ed ambientali.
- m) Simulazione del comportamento energetico dell'edificio a seguito dell'attuazione delle varie EEM proposte singolarmente, ed individuazione della nuova classe energetica raggiungibile;
- n) Definizione di due scenari ottimali a partire dalla combinazione delle singole EEM proposte al fine di conseguire un miglioramento del parametro di efficienza energetica dell'edificio superiore a due classi energetiche e tempi di ritorno inferiori uguale rispettivamente a 25 e a 15 anni.
- o) Analisi costi-benefici e di redditività finanziaria derivanti dalla realizzazione delle EEM previste singolarmente, con riferimento ai principali indicatori finanziari ed ai possibili sistemi di incentivazione;

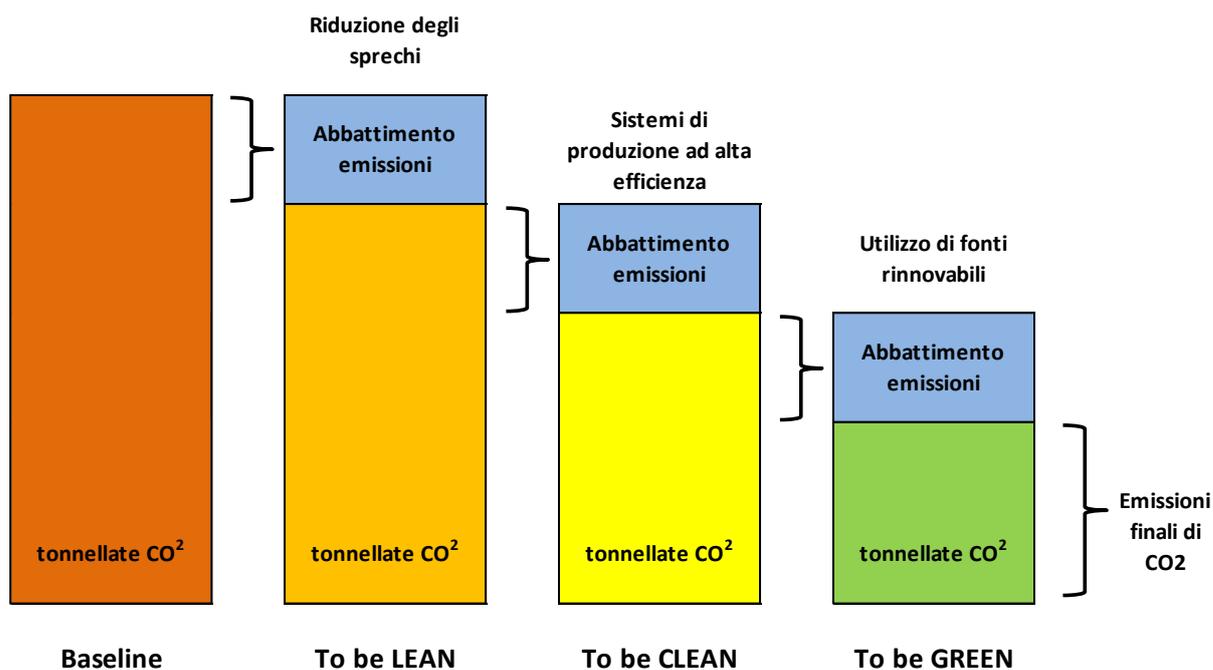
- p) Valutazione economico-finanziaria dei due scenari ottimali previsti, a partire dal "baseline di costi" e con riferimento ai principali indicatori finanziari e di sostenibilità finanziari ed ai possibili sistemi di incentivazione;
- q) Identificazione dell'eventuale canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale attraverso un Energy Performance Contract, con lo scopo di analizzare il possibile interesse nella realizzazione degli interventi studiati, tramite l'intervento di una ESCo;
- r) Realizzazione di una relazione tecnica descrittiva di dettaglio dell'analisi effettuata (Rapporto di DE);
- s) Realizzazione di un report dei Benchmark.

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



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

Figura 1.4 - Principio della Gerarchia Energetica



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

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

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

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

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

- TRS (Tempo di rientro semplice);
- TRA (Tempo di rientro attualizzato);
- VAN (Valore attuale netto);
- TIR (Tasso interno di rendimento);
- IP (indice di profitto).

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

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

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

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

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

1.6 STRUTTURA DEL REPORT

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

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

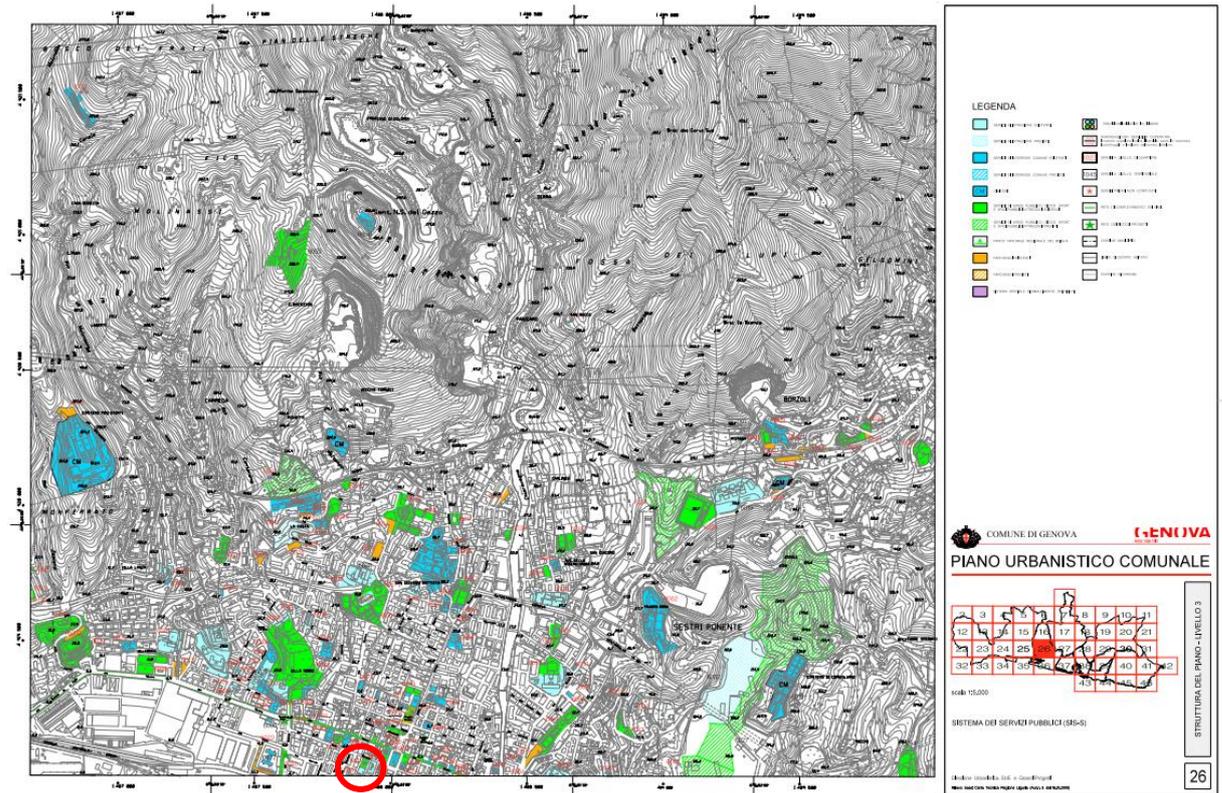
2 DATI DELL'EDIFICIO

2.1 INFORMAZIONI SUL SITO

Lo strumento urbanistico vigente, il P.U.C approvato con DD n° 2015/118.0.0./18 con entrata in vigore il 3/12/2015, classifica l'edificio oggetto della DE in zona F-Servizi, ed in particolare nella sottozona FF, la cui funzione caratterizzante é quella dei servizi pubblici, disciplinata dagli articoli che vanno dall'FF1 all'FF9 riportati nelle Norme di Attuazione di Piano.

La tavola di riferimento è la 26 – "Struttura del Piano – Livello 3", di seguito riportata.

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 materna è stato costruito a inizio '900 ed attualmente ricade nella destinazione d'uso E.7.

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

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

L'edificio ospitante il complesso scolastico oggetto della DE è costituito complessivamente da tre piani fuori terra, nei quali si sviluppano i vari ambienti a servizio dell'attività didattica. Al piano terra sono presenti palestra, uffici, cucina e sala mensa; ai piani superiori sono dislocate le aule scolastiche ed i laboratori di informatica, circa otto ambienti per piano.

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

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

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

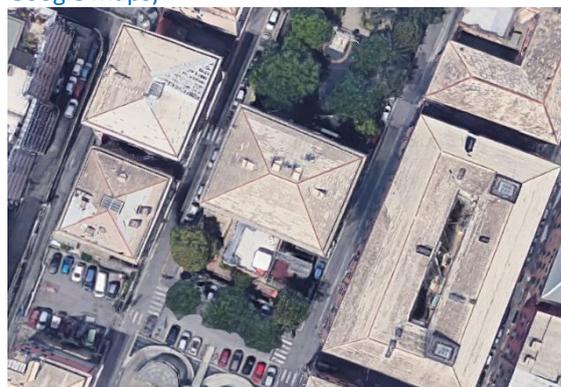


Tabella 2.1 - Suddivisione in piani dell'edificio

PIANO	UTILIZZO	U.M.	SUPERFICIE LORDA COMPLESSIVA ⁽²⁾	SUPERFICIE UTILE RISCALDATA ⁽³⁾	SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA ⁽³⁾
Terra		[m ²]	202	-	-
Primo		[m ²]	517	423	-
Secondo		[m ²]	444	349	-
Terzo		[m ²]	444	349	-
TOTALE		[m ²]	1.607	1.121	-

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

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

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

L'edificio non è soggetto a vincoli architettonici; è invece catalogata come area inondabile.

Figura 2.3 - Particolare estratto dalla carta dei vincoli



MISURA DI EFFICIENZA ENERGETICA	VINCOLO INTERESSATO	VALUTAZIONE INTERFERENZA	MISURA DI TUTELA DA ADOTTARE
EEM 1: Sostituzione serramenti	-		-
EEM 2: Sostituzione Generatore di calore	-		-
EEM 3: Sostituzione apparecchi illuminanti	-		-

Legenda livelli di interferenza:



2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO

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

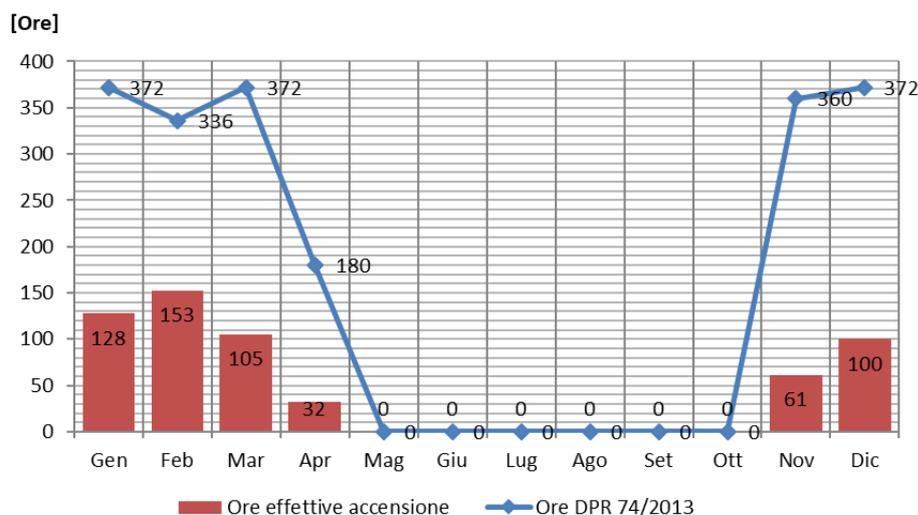
Gli orari di effettivo utilizzo dell'edificio sono stati ricavati tramite interviste agli operatori presenti, mentre i periodi di attivazione e spegnimento degli impianti sono stati rilevati, quando possibile, dal display del sistema di gestione degli stessi presente in centrale termica.

Nella Tabella 2.2 sono pertanto riportati gli orari di funzionamento dell'edificio e gli orari di funzionamento degli impianti termici.

Tabella 2.2 – Orari di funzionamento dell'edificio e orari di funzionamento degli impianti termici.

PERIODO	GIORNI SETTIMENALI	ORARIO FUNZIONAMENTO EDIFICIO	ORARIO FUNZIONAMENTO IMPIANTO
Dal 1 Novembre al 15 Aprile	[dal lunedì al venerdì]	07.30 – 18.00	06:30 – 15:30
	[sabato e domenica]	Chiuso (a meno di aperture straordinarie)	spento
dal 1 Settembre al 30 Ottobre e dal 16 Aprile al 15 Luglio	[dal lunedì al venerdì]	07.30 – 18.00	spento

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



Dall'analisi effettuata è emerso che gli orari di funzionamento degli impianti sono correlati agli orari di espletamento delle lezioni, poiché questi vengono spenti al concludersi delle attività didattiche; nella programmazione degli impianti non è invece considerata la presenza di operatori all'interno della struttura oltre l'orario di lezione per cui gli impianti si spengono prima della totale assenza di persone all'interno del fabbricato.

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 2.2, i GG sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 867 GG calcolati su 103 giorni effettivi di utilizzo dell'impianto di riscaldamento.

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

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

Tabella 3.2 – Profili mensili dei GG_{rif}

Mese	GIORNI MENSILI	TEMPERATURA ESTERNA UNI 10349:2016 [°C]	GIORNI RISCALDAMENTO [g/m]	GG	GIORNI DI UTILIZZO [g/m]	GIORNI RISCALDAMENTO EFFETTIVI [g/m]	GG _{rif}	PROFILO DI INCIDENZA
Gennaio	31	10,4	31	298	20	17	163	19%
Febbraio	28	10,5	28	266	20	20	193	22%
Marzo	31	11,1	31	276	21	21	187	22%
Aprile	30	15,3	15	71	20	11	50	6%
Maggio	31	18,7	-	-	21	0	0	0
Giugno	30	22,4	-	-	20	0	0	0
Luglio	31	24,6	-	-	20	0	0	0
Agosto	31	23,6	-	-	-	0	0	0
Settembre	30	22,2	-	-	20	0	0	0
Ottobre	31	18,2	-	-	21	0	0	0
Novembre	30	13,3	30	201	20	20	136	16%
Dicembre	31	10	31	310	15	14	137	16%
TOTALE	365	16,7	166	1421	218	103	867	100%

3.2 DATI CLIMATICI REALI

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

I dati climatici utilizzati sono stati rilevati dalla centralina meteo climatica di Genova Pegli, indicata in giallo nella Figura 3.1 ed in riferimento alla scuola oggetto di diagnosi (indicata in rosso in figura).

Si è deciso di utilizzare come riferimento tale centraline in quanto è risultata essere quella più vicina al sito oggetto di studio.

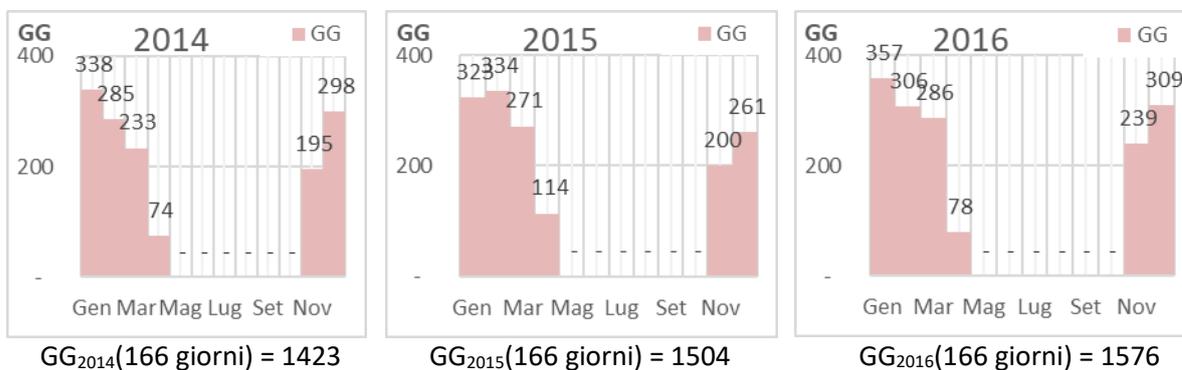
Figura 3.1 – Posizionamento della centralina meteo climatica rispetto all'edificio oggetto di DE



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

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

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

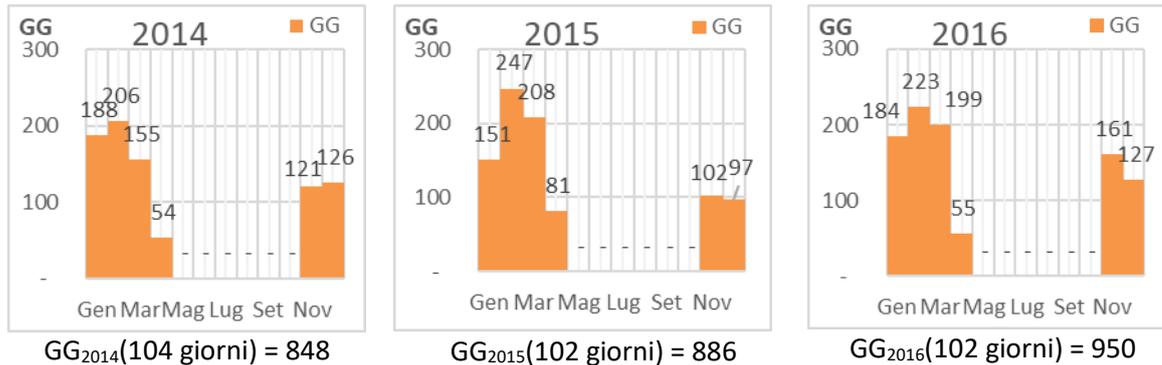


Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.2, i GG reali sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 867 GG calcolati su 103 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. Nelle tre annualità analizzate i giorni di effettivo funzionamento della struttura sono risultati lievemente differenti, poichè legati alla cadenza delle chiusure per festività; la media dei giorni di funzionamento dell'impianto è risultata essere pari a 103 giorni, valore utilizzato per il calcolo dei GG di riferimento.

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 è aumentato nel triennio di riferimento, con un delta di circa 100GG tra il 2014 ed il 2016.

Nel caso in esame si è svolta un'ulteriore analisi per la valutazione dei GG reali propri del periodo di funzionamento dell'impianto per cui è stato possibile reperire i dati di consumo energetico del vettore termico. I dettagli sui rifornimenti di combustibile fatti sono disponibili per la sola stagione di riscaldamento 2015/2016 e per tale ragione si sono dovuti calcolare i GG a cavallo delle due annualità. Il valore ricavato è pari a **861 GG**, questo è stato utilizzato per la normalizzazione dei consumi in nostro possesso.

4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI

4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO

Di seguito è riportata la descrizione dettagliata delle componenti del sistema edificio-impianto, indicando le caratteristiche termofisiche dei componenti dell'involucro edilizio ed i rendimenti dei vari sottosistemi impiantistici presenti, facendo riferimento alle principali criticità di obsolescenza e manutentive riscontrate in sede di sopralluogo.

4.1.1 Involucro opaco

L'involucro edilizio opaco che costituisce l'edificio è caratterizzato da una struttura in muratura portante.

Gli elementi costruttivi utilizzati sono contraddistinti da elevati spessori e capacità termica; questi fattori incidono sul comportamento termico dell'involucro edilizio che vede mitigate le dispersioni di calore verso l'esterno durante la stagione invernale e il surriscaldamento degli ambienti durante il periodo primaverile.

Figura 4.1 - Particolare facciata ovest fabbricato



- Rilievo termografico eseguito tramite l'utilizzo di termo camera facendo attenzione che fossero rispettate le seguenti condizioni:
 - ✓ Condizioni atmosferiche stabili;
 - ✓ Cielo nuvoloso prima e durante la misura (per misure all'aperto);
 - ✓ Assenza di luce solare diretta prima e durante la misura;
 - ✓ Assenza di precipitazioni;
 - ✓ Superficie dell'oggetto di misura asciutta e priva di fonti termiche d'interferenza (es. assenza di fogliame sulla superficie);
 - ✓ Assenza di vento o correnti d'aria;
 - ✓ Assenza di fonti d'interferenza nell'ambiente di misura o nel percorso di trasmissione;
 - ✓ La superficie dell'oggetto di misura è ottimale se ha emissività elevata e nota.
- Rilievo visivo e dimensionale dei componenti con l'individuazione degli spessori dei principali componenti.

Figura 4.2 – Rilievo termografico della parete Nord al secondo piano



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

Le analisi termografiche condotte hanno permesso di identificare le discontinuità di trasmissione termica tra gli elementi opachi di separazione verso l'esterno; ma, considerando le elevate temperature esterne, non è stato possibile utilizzare i dati forniti dall'indagine per definire le effettive prestazioni dei pacchetti costruttivi presenti.

L'individuazione di questi ultimi è stata fatta consultando fonti bibliografiche dove, in relazione dell'anno di costruzione del fabbricato e delle dimensioni degli elementi, vengono riportate le principali soluzioni costruttive tipiche del periodo considerato con l'indicazione dei relativi valori di trasmittanza termica; i dati ricavati sono riportati nella Tabella 4.1.

Tabella 4.1 – Trasmittanze termiche dei componenti dell'involucro opaco

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	SPESSORE [cm]	ISOLAMENTO	TRASMITTANZA TERMICA [W/m ² K]	STATO DI CONSERVAZIONE
Copertura	COP1	25	assente	1,782	medio
Parete verticale	PE	45,5	assente	1,327	medio
Pavimento controterra	PAV	51	assente	0,479	medio

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 principalmente da serramenti con telaio in legno tenero e vetro singolo.

Lo stato di conservazione dei serramenti è scarso e le scarse caratteristiche prestazionali sono causa di rilevanti infiltrazioni d'aria all'interno degli ambienti ed elevate dispersioni termiche, creando un notevole disagio per gli utenti presenti all'interno dell'edificio.

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;
- Rilievo delle caratteristiche dei vetri per mezzo dello spessivetro;
- Rilievo geometrico/dimensionale

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- Il telaio dei serramenti è la parte maggiormente disperdente di tutto l'involucro esterno dell'edificio;

Lo spessore esiguo del vetro nei serramenti in legno tenero è causa non solo di maggiori dispersioni termiche ma anche di uno scarso isolamento acustico delle aule.

Figura 4.4 – Rilievo termografico serramenti sala mensa

Figura 4.3 - Particolare dei serramenti in alluminio





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
Serramento verticale	W1	260x150	Legno tenero	singolo	3,877	scarso
Portafinestra	W2	360x150	Legno tenero	singolo	3,357	scarso
Serramento verticale	W3	260x80	Legno tenero	singolo	3,787	scarso
Serramento verticale	W4	180x150	Legno tenero	singolo	3,847	scarso
Portafinestra	W5	260x150	Legno tenero	singolo	3,444	scarso
Serramento verticale	W6	240x150	Legno tenero	singolo	3,838	scarso

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

4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/CLIMATIZZAZIONE INVERNALE

L'impianto di riscaldamento degli ambienti è costituito da una caldaia a condensazione installata in centrale termica che va ad alimentare il circuito di distribuzione a servizio dei radiatori e degli aerotermini installati nella palestra.

4.2.1 Sottosistema di emissione

Il sottosistema di emissione è costituito da radiatori in ghisa di diversa dimensione in relazione alla dimensione e alla destinazione d'uso dell'ambiente servito, installati sia su parete esterna che su parete interna.

Il rendimento di emissione desunto dal modello di calcolo delle DE è pari a 92,7%.

Figura 4.5 - Particolare radiatori su parete esterna



Figura 4.6 – Particolare radiatore su parete interna



Figura 4.7 - Particolare radiatore servizi igienici



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

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

ZONA TERMICA	TIPOLOGIA DI TERMINALE	RENDIMENTO
Unica	Radiatori	92,7%

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	POTENZA	POTENZA	POTENZA
			TERMICA	TERMICA	FRIGORIFERA	FRIGORIFERA
			UNITARIA	COMPLESSIVA	UNITARIA	COMPLESSIVA
			[kW]	[kW]	[kW]	[kW]
Terra	Radiatore a parete	-	-	-	Np	Np
Primo	Radiatore a parete	10	4,16	41,6	Np	Np
Secondo	Radiatore a parete	15	3,26	48,9	Np	Np
Terzo	Radiatore a parete	10	1,2	12	Np	Np
TOTALE				102,5	np	np

La potenza unitaria dei corpi scaldanti è stata valutata considerando il fabbisogno termico di picco degli ambienti serviti, relazionato al numero di terminali rilevato in fase di sopralluogo.

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

4.2.2 Sottosistema di regolazione

La regolazione del funzionamento dell'impianto avviene attraverso l'impostazione degli orari di funzionamento e delle temperature di set-point, che al momento del sopralluogo (periodo invernale) era impostata a 21°C.

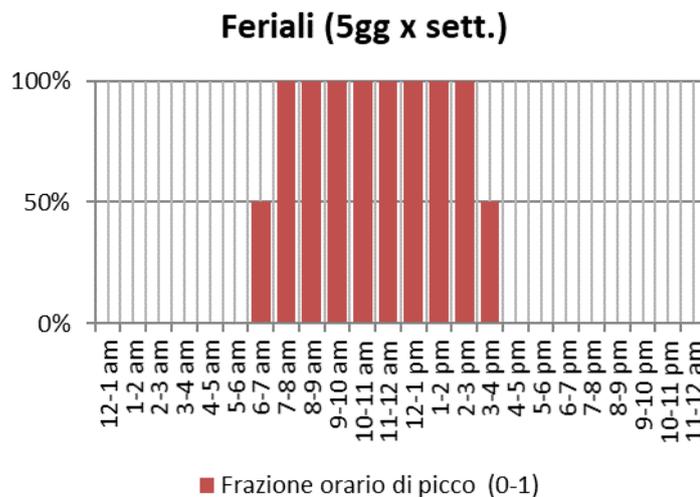
L'architettura dell'impianto di climatizzazione un'unica zona termica e la regolazione, di tipo climatica esterna, agisce sul collettore principale di mandata che alimenta la scuola, questo è dotato di valvola miscelatrice a tre vie, che mitiga la portata proveniente dalla caldaia con il flusso di ritorno dall'impianto.

Figura 4.8 - Particolare dello stacco di mandata dotato di valvola a tre vie



Di seguito sono riportati i profili orari di funzionamento degli impianti

Figura 4.9 - Profilo di funzionamento invernale dell'impianto per entrambe la zona termica considerata



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
Unica	Climatica esterna	79,3%

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 un unico circuito di alimentazione dotato di valvola a tre vie e pompa di circolazione del tipo gemellare, con funzionamento alternato.

Le caratteristiche del circolatore sono riportate nella Tabella 4.6.

Tabella 4.6 - Riepilogo caratteristiche pompe circuito primario

	NOME	SERVIZIO	PORTATA ⁽⁴⁾	PREVALENZA ⁽⁴⁾	POTENZA ASSORBITA ⁽⁴⁾
			[m ³ /h]	[kPa]	[kW]
Pompa di circolazione	ES01	mandata acqua calda ai radiatori	22	49	0,290-0,455

Nota (4): Valori ricavati da dati di targa

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

Tabella 4.7 – Temperature di mandata e ritorno del circuito primario

CIRCUITO			TEMPERATURA RILEVATA ⁽⁵⁾	TEMPERATURA CALCOLO
			°C	°C
Circuito radiatori	Mandata	Caldo	68	70
	Ritorno	Caldo	48	40

Nota (5): Valori ricavati in sede di sopralluogo

Il rendimento complessivo del sottosistema di distribuzione è stato assunto nella DE pari a 93,4%

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.

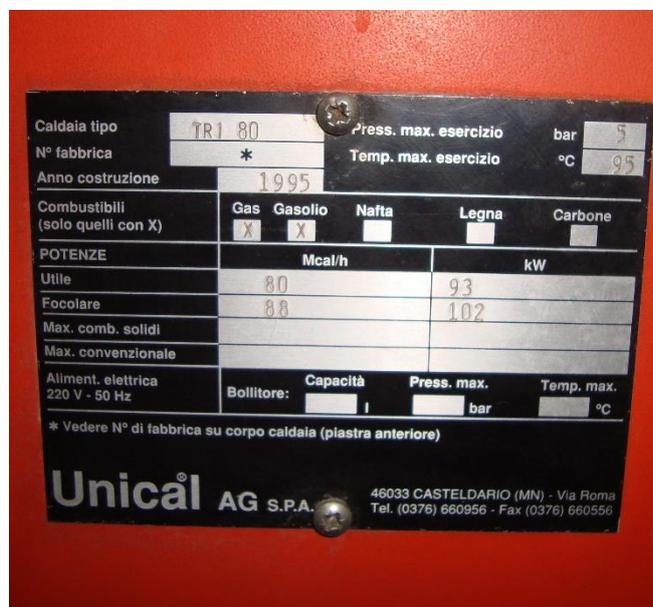
4.2.4 Sottosistema di generazione

Il sottosistema di generazione è costituito da una caldaia a gasolio a basamento, marca Unical e modello TRI 80, installata internamente al locale centrale termica del fabbricato.

Figura 4.10 - Particolare generatore di calore



Figura 4.11 - Particolare targhetta



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

Tabella 4.8 - Riepilogo caratteristiche sistema di generazione

Servizio	MARCA	MODELLO	ANNO DI COSTRUZIONE	POTENZA AL FOCOLARE	POTENZA TERMICA UTILE	RENDIMENTO	POTENZA ASSORBITA COMPLESSIVA	
				[kW]	[kW]		[kW]	
GT1	Riscaldamento	Unical	TRI 80	1995	88 -102	80 - 90	90,1% - 88,2%	nd
BR	Riscaldamento	Baltur	DSG	1994	-	-	-	0,15

Il rendimento complessivo del sottosistema di generazione, in regime di riscaldamento è stato assunto nella DE pari al 80,2%.

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

La produzione dell'acqua calda è affidata a cinque boiler elettrici, di differente capacità, uno per ogni blocco di servizi igienici ed uno dedicato alla cucina.

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

Figura 4.12 - Boiler cucina



Figura 4.13 - Boiler servizi igienici



Tabella 4.9 – Rendimenti dell'impianto di produzione acqua calda sanitaria da UNI TS 11300-2

SOTTOSISTEMA DI EROGAZIONE	SOTTOSISTEMA DI DISTRIBUZIONE	SOTTOSISTEMA DI RICIRCOLO	SOTTOSISTEMA DI ACCUMULO	SOTTOSISTEMA DI GENERAZIONE	RENDIMENTO GLOBALE MEDIO STAGIONALE
100%	92,6%	-	-	38,5%	35,6%

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 impianto di raffrescamento/climatizzazione estiva a servizio del fabbricato.

4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA

Non presente impianto di ventilazione meccanica a servizio del fabbricato.

4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE

Le utenze sottese all'impianto elettrico, oltre a quelle precedentemente descritte, sono legate principalmente alle attività didattiche svolte all'interno degli ambienti; si fa riferimento quindi ai pc del laboratorio di informatica, alle esigue lavagne interattive multimediali presenti e marginalmente a stampanti e distributori bevande/alimenti.

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

TIPOLOGIA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA NOMINALE [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]	ORE ANNUE DI UTILIZZO	ORE/GIORNO
Utenze con profili di funzionamento variabili	Computer	20	200	4000	1104	5,9
	Stampante multifunzione	7	300	2100	74	0,4
	Cappa	2	2000	4000	368	2,0
	Piastra	1	700	700	184	1,0
	Lavastoviglie	1	6600	6600	1104	5,9
	Ascensore	1	5.000	5000	552	2,9
Utenze con profili di funzionamento costanti	Centrali di allarme	1	300	300	~ 8760	~ 24
	Distributori alimenti/bevande	2	600	1.200	~ 8760	~ 24
	frigorifero	2	500	1.000	~ 8760	~ 24
	Congelatore	1	500	500	~ 8760	~ 24

DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA NOMINALE [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]	ORE ANNUE DI UTILIZZO [ore]
Computer	3	150	450	1520
Distributori automatici	1	300	300	8760
Stampante multifunzione	1	1656	1656	19
Centrali di allarme	1	200	200	8760
Rack dati	1	400	400	8760
Cappa	1	1500	1500	380
Affettatrice	1	350	350	76
Microonde	2	1000	2000	38
Frigorifero	2	500	1000	8760
Lavastoviglie	1	1100	1100	380
Congelatore	1	400	400	8760

Ai fini di un'identificazione più precisa del funzionamento dei componenti impiantistici si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione delle seguenti indagini diagnostiche:

- Misure di assorbimento elettrico sulle principali linee di alimentazione dei carichi;
- Rilievo dei dati di targa delle utenze installate

La realizzazione delle suddette indagini ha portato a concludere che i principali carichi elettrici del fabbricato sono imputabili al solo impianto di illuminazione poiché durante l'arco della giornata i carichi misurati sono rimasti pressoché costanti.

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 prettamente costituito da lampade fluorescenti di diversa taglia, in funzione della tipologia di utilizzo dei locali.

Il sistema di gestione dell'impianto di illuminazione è di tipo manuale, con accensione e spegnimento dei corpi illuminanti del tipo on/off e nessuna suddivisione delle accensioni all'interno degli ambienti.

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

Figura 4.14 - Particolare corpi illuminanti aule



Tabella 4.11 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

PIANO EDIFICIO	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA UNITARIA	POTENZA COMPLESSIVA
			[W]	[W]
Piano Terra	fluorescenti 2x58W	10	116	1.160
	fluorescenti 1x58W	36	58	2.088
Piano Primo	fluorescenti 2x58W	5	116	580
	fluorescenti 2x26W	20	52	1.160
Piano Secondo	fluorescenti 1x58W	2	58	116
	Fluorescenti 1x40W	2	40	80
	fluorescenti 2x58W	32	116	3.712
Piano Terzo	fluorescenti 1x58W	3	58	174
	Fluorescenti 1x40W	2	40	80
	fluorescenti 2x58W	30	116	3.480

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

Figura 4.15 - Particolare dei corpi illuminanti corridoi e spazi comuni



Figura 4.16 - Particolare dei corpi illuminanti servizi igienici secondo piano



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

Non presente impianto di produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili

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:

- Gasolio;
- Gas metano;
- Energia elettrica;

5.1.1 Energia termica

Il vettore termico utilizzato per la climatizzazione invernale della struttura è il Gasolio, mentre per la mensa si registra consumo di 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 ⁽⁶⁾	1,0549	9,42
Gasolio	11,87 ^(*)	0,85	n/a	n/a	10,09

Nota (6) Fonte: Prospetto B.19 UNI TS 11300-2:2014

E' presente un unico PDR per la fornitura di gas metano la cui effettiva ubicazione è rappresentata nelle planimetrie riportate all' Allegato B – Elaborati.

L'analisi dei consumi storici di Gas metano a servizio della mensa si basa sulla base de m³ di gas rilevati dalla società di distribuzione nel biennio 2015-2016 mentre quella riferita ai consumi per l'impianto di riscaldamento si basa sui litri di gasolio acquistati per ogni rifornimento predisposto dalla Direzione della scuola, per ognuno dei quali è stata fornita la relativa fattura.

Tali consumi sono riportati nella Tabella 5.2 (per il gas metano) e nella Tabella 5.3 (per il gasolio).

Tabella 5.2 - Consumi annuali di energia termica per il triennio di riferimento – Dati ricavati dalle fatture fornite dalla direzione scolastica

PDR	Utilizzo	2014 [Sm ³]	2015 [Sm ³]	2016 [Sm ³]	2014 [kWh]	2015 [kWh]	2016 [kWh]
03270020858305	Usò cottura	1.816	1.708	2.605	17.107	16.089	24.539

Tabella 5.3 – rifornimenti annuali di energia termica per il triennio di riferimento – Dati forniti dalla Direzione scolastica

Combustibile	Utilizzo	2014	2015	2016	2014	2015	2016
		[litri]	[litri]	[litri]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gasolio	Riscaldamento	9.130	9.000	7.000	92.117	75.550	58.761

L'andamento dei consumi stagionali per riscaldamento del vettore energetico è stato desunto dal modello energetico dell'edificio, applicando la percentuale mensile di incidenza dei consumi ai totali annui forniti dalla Direzione scolastica.

Tale andamento è stato considerato per la sola stagione di riscaldamento 2015/2016 poiché le informazioni circa l'effettiva capienza del serbatoio ad inizio e fine stagione di riscaldamento e quindi i dati sull'effettivo consumo stagionale, erano disponibili solo per tale annualità.

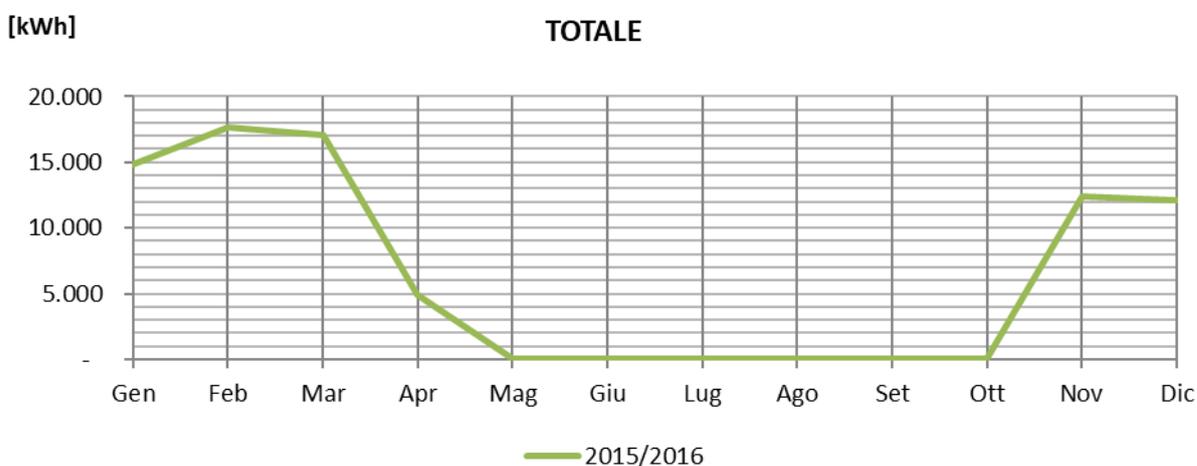
L'andamento mensile dei consumi è riportato nella Tabella 5.4.

Tabella 5.4 - Consumi mensili di energia termica per il triennio di riferimento – Dati fatturati da società di fornitura

Gasolio	Stagione 2015/2016	
	[litri]	[kWh]
Mese		
Novembre 2015	1.231	12.417
Dicembre	1.205	12.153
Gennaio 2016	1.474	14.875
Febbraio 2016	1.745	17.607
Marzo 2016	1.688	17.035
Aprile 2016	490	4.944
Totale	7.833	79.031

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 gasolio 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.

Tale consumo è stato valutato scorporando, dal consumo complessivo del contatore che alimenta la centrale termica, il contributo per la produzione di acqua calda sanitaria, valutato considerando il numero di utenze.

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

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

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; Tale contributo non è stato valutato in quanto i suddetti utilizzi non concorrono nel calcolo della baseline dei consumi energetici.

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

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

La normalizzazione è stata fatta considerando i soli consumi della stagione termica 2015/2016.

Tabella 5.5 – Normalizzazione dei consumi annuali di energia termica

ANNO	GG ^{REALI} SU 103 GIORNI	GG ^{RIF} SU 103 GIORNI	CONSUMO REALE RISC. [litri]	CONSUMO REALE RISC. [kWh]	α_{rif}	CONSUMO NORMALIZZATO A [926] GG [kWh]	CONSUMO ACS [kWh]	CONSUMO ALTRO [kWh]
2015/2016	861	867	7.833	79.031	91,79	79.582	-	-
Media	861	867	7.833	79.031		79.582	-	-

Come si può notare dai dati riportati il comportamento energetico dell'edificio, negli anni considerati, è stato caratterizzato da un andamento costante dei consumi, con lievi scarti in funzione delle diverse condizioni climatiche esterne e dei profili di funzionamento degli impianti.

Si sono pertanto definiti per il calcolo della Baseline i parametri riportati nella Tabella 5.6:

Tabella 5.6 – Individuazione della Baseline termica

GRANDEZZA	VALORE
	[kWh]
\bar{Q}_{ACS}	-
\bar{Q}_{ALTRO}	-
$\bar{\alpha}_{rif} \times GG_{rif}$	79.582
$Q_{baseline}$	79.582

5.1.2 Energia elettrica

La fornitura di energia elettrica avviene tramite la presenza di un contatore il quale risulta a servizio di tutto il fabbricato, la cui effettiva ubicazione è rappresentata nelle planimetrie riportate all' Allegato B – Elaborati.

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

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

Tali consumi annuali sono riportati nella Tabella 5.7 con indicazione del POD di riferimento.

Tabella 5.7 – Elenco POD e relativi consumi annuali per il triennio di riferimento

POD	ZONA SERVITA	2014	2015	2016	MEDIA
		[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
IT001E04352255	Scuola materna	39.680	41.652	37.998	39.777

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 **39.777 kWh/anno**.

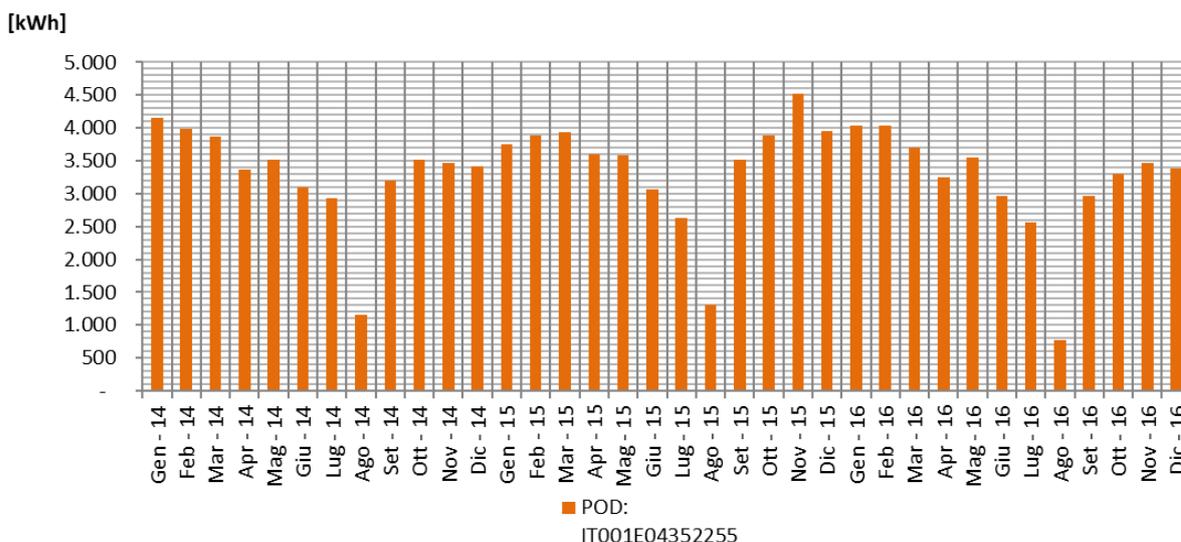
Tabella 5.8 – Consumi mensili di energia elettrica suddivisi per fasce, per il triennio di riferimento

POD: IT001E04352255	F1	F2	F3	TOTALE
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Anno 2014				
Gen - 14	2.815	519	820	4.154
Feb - 14	2.704	539	735	3.978
Mar - 14	2.497	572	799	3.868
Apr - 14	2.127	471	770	3.368
Mag - 14	2.147	560	805	3.512
Giu - 14	1.759	485	860	3.104
Lug - 14	1.726	478	720	2.924
Ago - 14	518	220	423	1.161
Set - 14	2.058	479	668	3.205
Ott - 14	2.260	540	715	3.515
Nov - 14	2.169	509	796	3.474
Dic - 14	2.105	494	818	3.417
Totale	24.885	5.866	8.929	39.680
POD: IT001E00096277	F1	F2	F3	TOTALE
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Anno 2015				
Gen - 15	2.445	529	784	3.758
Feb - 15	2.661	533	687	3.881
Mar - 15	2.590	544	803	3.937
Apr - 15	2.347	462	796	3.605
Mag - 15	2.182	549	847	3.578
Giu - 15	1.731	518	824	3.073
Lug - 15	1.527	453	651	2.631
Ago - 15	572	257	484	1.313
Set - 15	2.240	530	755	3.525
Ott - 15	2.587	560	732	3.879
Nov - 15	3.014	625	882	4.521

Dic - 15	2.394	560	997	3.951
Totale	26.290	6.120	9.242	41.652
POD: IT001E00096277	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 16	2.574	587	883	4.044
Feb - 16	2.762	536	733	4.031
Mar - 16	2.531	494	681	3.706
Apr - 16	2.131	474	643	3.248
Mag - 16	2.424	479	645	3.548
Giu - 16	1.852	442	672	2.966
Lug - 16	1.476	436	645	2.557
Ago - 16	411	134	233	778
Set - 16	1.877	461	627	2.965
Ott - 16	2.187	463	649	3.299
Nov - 16	2.409	441	619	3.469
Dic - 16	2.188	484	715	3.387
Totale	24.822	5.431	7.745	37.998

Si riporta di seguito un confronto grafico tra i profili elettrici reali relativi per il triennio di riferimento:

Figura 5.2 – Confronto tra i profili elettrici reali relativi al POD analizzato per il triennio di riferimento



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

Tali valori sono riportati nella Tabella 5.9.

Tabella 5.9 – Consumi mensili di Baseline

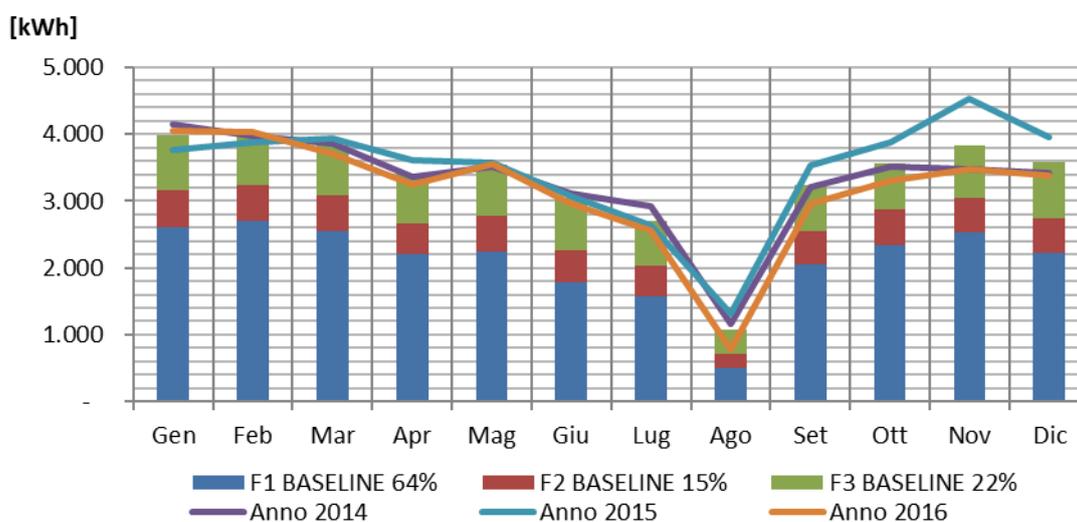
BASELINE	F1	F2	F3	TOTALE
Mese	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	2.611	545	829	3.985
Febbraio	2.709	536	718	3.963
Marzo	2.539	537	761	3.837
Aprile	2.202	469	736	3.407
Maggio	2.251	529	766	3.546

E0828 - Scuola materna privata "Umberto e Margherita"

Giugno	1.781	482	785	3.048
Luglio	1.576	456	672	2.704
Agosto	500	204	380	1.084
Settembre	2.058	490	683	3.232
Ottobre	2.345	521	699	3.564
Novembre	2.531	525	766	3.821
Dicembre	2.229	513	843	3.585
Totale	25.332	5.806	8.639	39.777

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

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

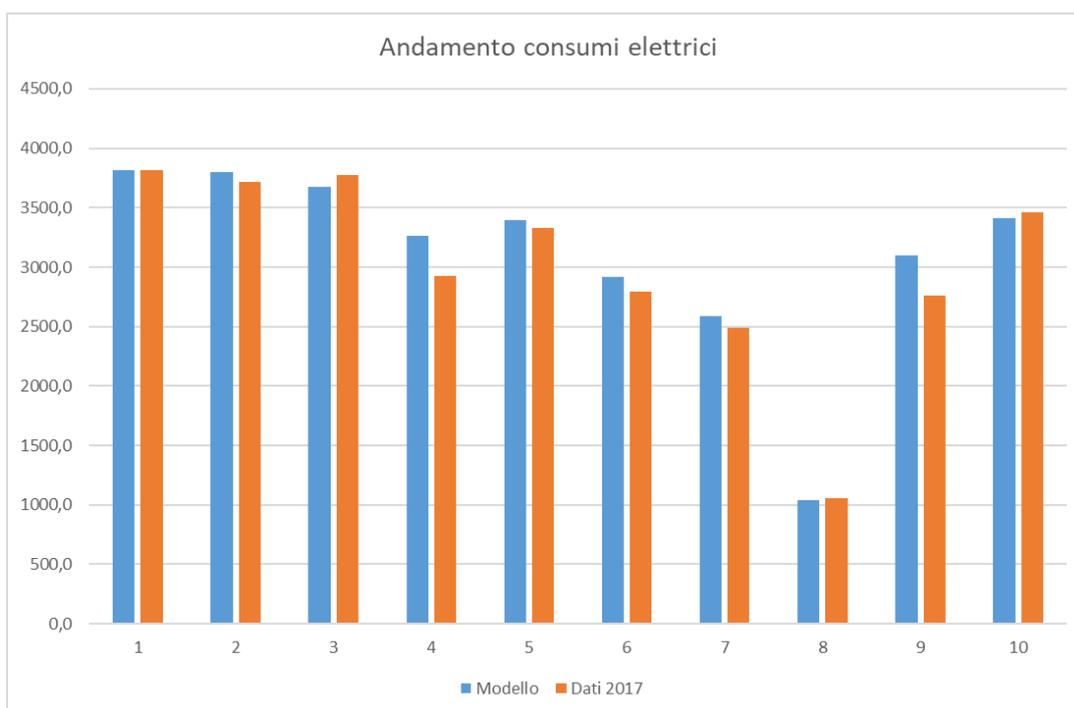


I profili di prelievo mensili nel triennio di riferimento presentano andamenti omogenei con punte nei mesi invernali e consumi minimi durante i mesi estivi.

Per il sito non è stato possibile rappresentare i profili giornalieri dei consumi elettrici poiché non erano disponibili le informazioni fornite dalla società di distribuzione dell'energia elettrica in quanto è presente un contatore con potenza inferiore a 55 kW.

E' presente una base costante di circa 1.000 kWh costituita dai consumi dei distributori automatici, di alcuni elettrodomestici presenti nella cucina e della centrale di allarme che presentano un funzionamento continuo durante l'anno.

Di seguito si riporta il grafico di confronto tra l'andamento mensile dei consumi relativa al 2017 (fornito dalla direzione scolastica fino ad ottobre 2017) e l'andamento ricavato dall'analisi delle annualità precedenti.



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

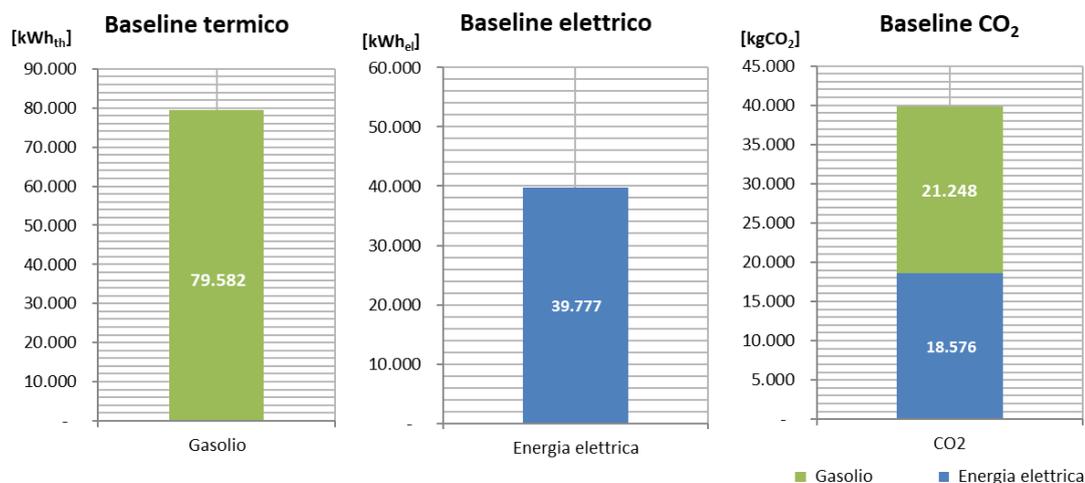
* da "Linee Guida Patto dei Sindaci" per anno 2010

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 5.4

Tabella 5.11 – Baseline delle emissioni di CO₂.

COMBUSTIBILE	CONSUMO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE	EMISSIONI DI CO ₂
	[kWh]	[kgCO ₂ /kWh]	[kgCO ₂]
Gasolio	79.582	0,267	21.248
Energia elettrica	56.652	0,467	18.576

TOTALE	39.824
---------------	---------------

Figura 5.4 – Rappresentazione grafica della Baseline dei consumi e delle emissioni di CO₂.

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

Tabella 5.12 - Fattori di conversione in energia primaria dei vettori energetici

COMBUSTIBILE	F _{P,ren}	F _{P,ren}	F _{P,tot}
Gasolio	1,07	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	1.121	m ²
FATTORE 1	Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	1.324	m ²
FATTORE 1	Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate)	7.288	m ³

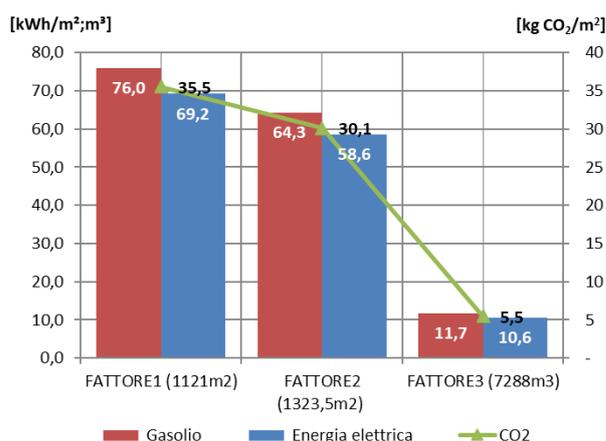
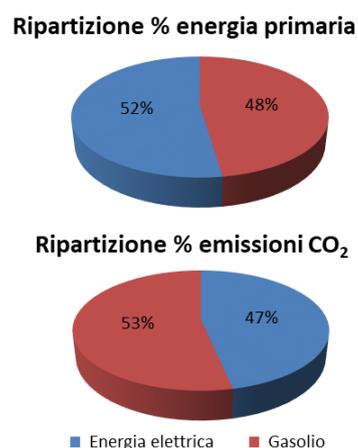
Nella Tabella 5.14 e Tabella 5.15 sono riportati gli indicatori di performance valutati coerentemente con quanto riportato nella sezione 2.5 dell’Allegato J – Schede di audit.

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

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE E ENERGIA PRIMARIA TOTALE	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA TOTALE	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3	FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3
	[kWh/anno]		[kWh/anno]	[kWh/m ²]	[kWh/m ²]	[kWh/m ³]	[Kg CO ₂ /m ²]	[Kg CO ₂ /m ²]	[Kg CO ₂ /m ³]
Gasolio	79.582	1,07	85.153	76,0	64,3	11,7	18,95	16,05	2,92
Energia elettrica	39.777	2,42	96.260	85,9	72,7	13,2	16,57	14,04	2,55
TOTALE			181.412	162	137	25	36	30	5

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 E 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]
Gasolio	79.582	1,07	85.153	75,9	64,3	11,7	18,95	16,05	2,92
Energia elettrica	39.777	1,95	77.565	69,2	58,6	10,6	16,57	14,04	2,55
TOTALE			162.717	145	123	22	36	30	5

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

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


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

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

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

La formula definita è sotto riportata:

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

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

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

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

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

Tabella 5.16 – Indicatori di performance energetici

COMBUSTIBILE	IEN _R	IEN _E
--------------	------------------	------------------

	Wh/(m ³ GG anno)			Wh/(m ³ anno)		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Gasolio	-	-	15,6	-	-	-
Energia elettrica	-	-	-	28,24	29,65	27,04

E' stato quindi possibile effettuare un raffronto con le classi di merito riportate nelle suddette Linee Guida ENEA - FIRE, ottenendo degli indici di consumo buoni per quanto riguarda il vettore termico mentre per quello elettrico la classificazione è insufficiente.

C'è da evidenziare però come il considerare i gradi giorno convenzionali della località e non quelli reali, legati all'effettiva occupazione/funzionamento dell'edificio/impianto, tenda a rendere maggiormente positivo il dato sulle performance energetiche di tutto il sistema.

Il confronto tra i benchmark della scuola oggetto di studio e quelli identificati dall'ENEA sono meglio esplicitati 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 TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale non rinnovabile	EP _{gl,nren}	kWh/mq anno	187,53	175,23
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	130,5	129,28
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	11,73	9,45
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	41,49	33,43
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	3,81	3,07
Emissioni equivalenti di CO2	CO _{2eq}	Kg/mq anno	49.943	49.943

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

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
	[kg/anno]	[kWh/anno]
Gasolio	10.967	103.309,14
Energia Elettrica	-	29.334

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

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

Dove:

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

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

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

FABBISOGNO	Corrispondenza UNI TS 11300 [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)	$E_T + E_{altro}^{(*)}$
Energia elettrica esportata dall'impianto a fonti rinnovabili	$E_{exp,el}$

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 gli effettivi giorni di utilizzo del fabbricato e cercando di modellare quanto più fedelmente i profili di

funzionamento delle utenze elettriche e le modalità di accensione e set point dei sistemi di climatizzazione.

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale non rinnovabile	$EP_{gl,nren}$	kWh/mq anno	113,77	107
Climatizzazione invernale	EP_H	kWh/mq anno	80,87	80,49
Produzione di acqua calda sanitaria	EP_w	kWh/mq anno	11,73	9,45
Ventilazione	EP_v	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	EP_c	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	EP_L	kWh/mq anno	21,17	17,06
Trasporto di persone e cose	EP_T	kWh/mq anno	-	-
Emissioni equivalenti di CO ₂	CO_{2eq}	Kg/mq anno	30.584	30.584

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

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	CONSUMO
	[kg/anno]	[kWh/anno]
Gasolio	6.968	65.638,56
Energia Elettrica	-	16.142

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]	[%]
82.712	79.582	96%

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.

Per la definizione del modello teorico di fabbisogno elettrico si sono analizzate tutte le utenze rilevate in fase di sopralluogo, associando a ciascuna di esse dei profili di funzionamento che fossero i più rappresentativi della condizione reale di funzionamento del fabbricato.

In prima istanza si è definita la "base elettrica" andando ad evidenziare tutte quelle utenze che, durante tutto l'arco dell'anno non subiscono interruzioni nel loro funzionamento ed in particolare:

- Distributori automatici
- Congelatore/frigorifero
- Centrali di allarme

Associando a ciascuna di esse un consumo medio giornaliero, ricavato o dai dati del produttore o da bibliografia.

I consumi relativi alle utenze legate al funzionamento degli impianti di climatizzazione e produzione di ACS sono stati ricavati imputando tutte le caratteristiche tecniche dei componenti impiantistici nel modello energetico sviluppato con il software di calcolo EC700; i consumi associati a queste utenze sono infatti direttamente correlati ai profili di funzionamento degli impianti interessati.

Per quanto riguarda invece sistemi di illuminazione e carichi elettrici ausiliari, si sono modellati dei profili di funzionamento annui rispondenti a quanto rilevato in fase di sopralluogo.

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

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

$EE_{teorico}$	$EE_{baseline}$	Congruità
[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
38.097	39.777	4%

I calcoli sviluppati sono riportati nell'Allegato B – Elaborati

6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

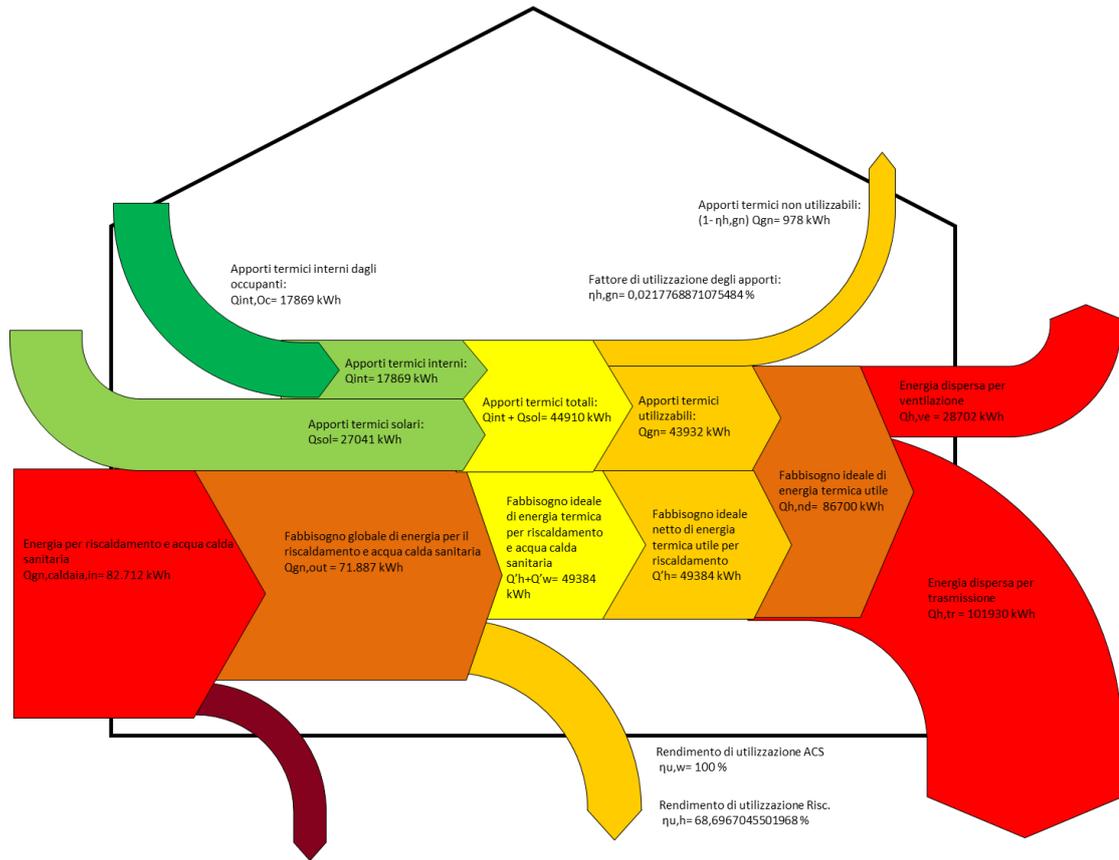
Al fine di valutare la prestazione energetica del sistema edificio-impianti si è reso necessario predisporre i risultati della modellazione energetica nella forma di un bilancio energetico che descriva l'andamento dei flussi energetici caratteristici dell'edificio in modo da valutare in maniera puntuale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

Nella redazione del modello non sono stati considerati gli apporti interni derivanti dalle apparecchiature presenti all'interno dei locali scolastici in quanto trascurabili ai fini del calcolo degli apporti interni totali.

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

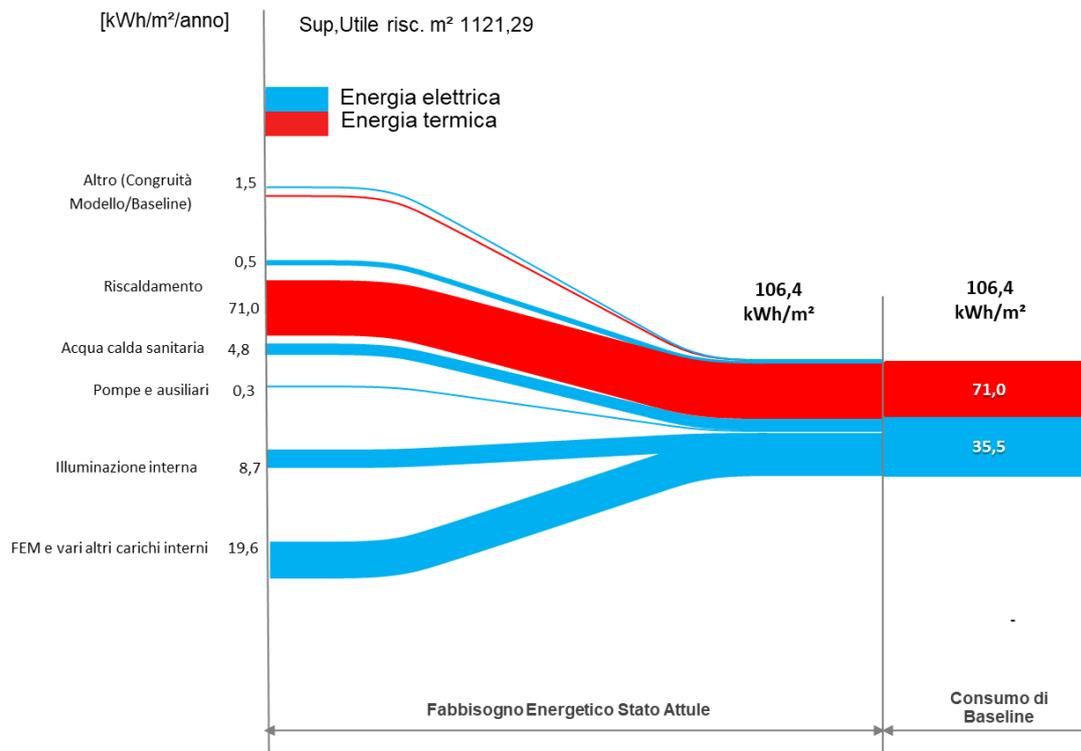
I risultati del bilancio energetico termico sono stati rappresentati nella forma di diagramma di Sankey riportato in Figura 6.1

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



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

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



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

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

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

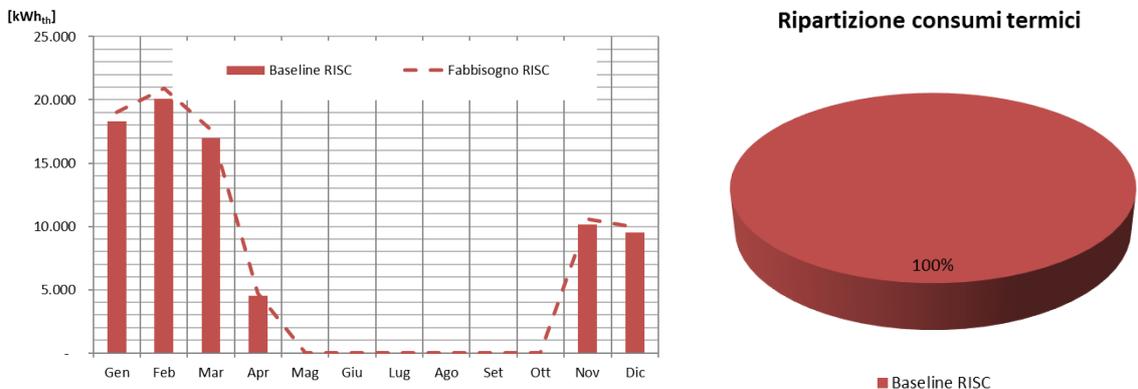
Nel caso in cui, invece i consumi teorici siano inferiori rispetto alla Baseline il termine "Altro – Congruità" rappresenta la differenza per eccesso tra i consumi specifici di Baseline ed i consumi teorici.

6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI

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

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

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



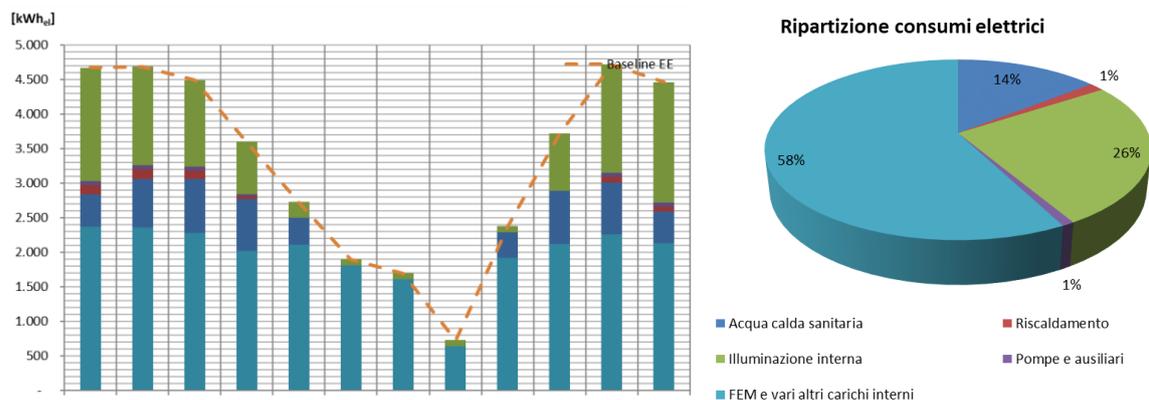
Si può notare come tutti i consumi termici siano da attribuirsi all'utilizzo per la climatizzazione dei locali, pertanto gli interventi migliorativi proposti, andranno ad interessare principalmente tali componenti.

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

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

I risultati di tale valutazione sono riportati nella Figura 6.4.

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



Si può notare come la maggior parte dei consumi sia da attribuirsi alla forza motrice utilizzata per le utenze della mensa e successivamente per l'illuminazione.

Come anticipato nei paragrafi precedenti si rileva:

- una base di consumo di energia elettrica legata alle utenze costantemente attive;
- un aumento dei carichi della FEM durante i periodi di funzionamento della scuola, legato in particolar modo all'attività della cucina;
- un consumo legato all'illuminazione considerevole durante i mesi invernali e autunnali;
- un esiguo contributo degli ausiliari elettrici dell'impianto di riscaldamento durante la stagione invernale.

7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO

7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI

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

7.1.1 Vettore termico

La fornitura del vettore termico avviene per mezzo di rifornimenti periodici, in funzione del controllo del livello di riempimento del serbatoio.

In funzione delle fatture analizzate si è definito un prezzo unitario per il vettore energetico pari a 0,1404 €/kWh.

7.1.2 Vettore elettrico

La fornitura del vettore elettrico avviene tramite un unico POD presente all'interno dell'edificio, POD – IT001E04352255: contratto di fornitura del vettore energetico, stipulato direttamente dalla Direzione scolastica con la società di fornitura. È stato quindi possibile effettuare un'analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura.

Nella Tabella 7.1 si riportano le principali caratteristiche del contratto di fornitura del vettore elettrico per gli anni di riferimento.

Tabella 7.1 – Caratteristiche dei contratti di fornitura del vettore elettrico per il triennio di riferimento

POD: IT001E00012345	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura			
Dati di intestazione fattura	COOP CSTA Scrl		
Società di fornitura	Sorgenia SpA	Enel	
Inizio periodo fornitura	01/2014	-	04/2015
Fine periodo fornitura	-	03/2015	In essere
Potenza elettrica impegnata	nd		
Potenza elettrica disponibile	25kW		
Tipologia di contratto	Forniture in BT		
Opzione tariffaria ⁽⁷⁾	Contatore orario		
Prezzi del fornitura dell'energia elettrica ⁽⁸⁾	0,13 €/kWh	0,126 €/kWh	0,132 €/kWh

Nota (7) per fatturazioni non mensili la spesa economica mensile andrà calcolata suddividendo percentualmente la spesa aggregata in base ai valori di consumo energetico mensile.

Nota (8): 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.

Nella Tabella 7.2 si riporta l'andamento del costo del vettore elettrico nel triennio di riferimento, suddiviso nelle varie componenti.

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

POD: IT001E04352255	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]
Gen - 14	528	14	318	52	200	1.112	4.154	0,268
Feb - 14	503	14	304	50	192	1.062	3.978	0,267



E0828 - Scuola materna privata "Umberto e Margherita"

Mar - 14	490	16	295	48	187	1.036	3.868	0,268
Apr - 14	446	19	286	42	174	966	3.368	0,287
Mag - 14	457	14	277	44	174	966	3.512	0,275
Giu - 14	405	14	249	39	155	862	3.104	0,278
Lug - 14	379	14	236	37	146	811	2.924	0,277
Ago - 14	176	14	94	15	66	364	1.161	0,313
Set - 14	420	14	256	40	161	891	3.205	0,278
Ott - 14	452	14	290	44	176	977	3.515	0,278
Nov - 14	450	14	282	43	174	964	3.474	0,277
Dic - 14	445	14	277	43	171	951	3.417	0,278
Totale	5.151	173	3.165	496	1.977	10.962	39.680	0,276
POD: IT001E04352255	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]
Gen - 15	482	13	293	47	184	1.020	3.758	0,271
Feb - 15	487	13	302	49	187	1.038	3.881	0,267
Mar - 15	462	13	306	49	183	1.013	3.937	0,257
Apr - 15	420	14	282	45	167	929	3.605	0,258
Mag - 15	418	14	283	45	167	927	3.578	0,259
Giu - 15	359	14	248	38	145	804	3.073	0,262
Lug - 15	304	14	216	33	125	692	2.631	0,263
Ago - 15	170	14	110	16	68	378	1.313	0,288
Set - 15	416	14	289	44	168	931	3.525	0,264
Ott - 15	438	14	326	48	182	1.010	3.879	0,260
Nov - 15	505	14	380	57	210	1.166	4.521	0,258
Dic - 15	459	14	332	49	188	1.042	3.951	0,264
Totale	4.920	166	3.368	521	1.974	10.949	41.652	0,263
POD: IT001E04352255	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 16	517	12	275	51	188	1.042	4.044	0,258
Feb - 16	511	12	274	50	186	1.034	4.031	0,256
Mar - 16	467	12	252	46	171	949	3.706	0,256
Apr - 16	427	12	221	41	154	855	3.248	0,263
Mag - 16	466	12	242	44	168	932	3.548	0,263
Giu - 16	391	12	202	37	141	783	2.966	0,264
Lug - 16	348	12	174	32	124	690	2.557	0,270
Ago - 16	129	12	49	9	44	243	778	0,312
Set - 16	410	12	206	38	146	812	2.965	0,274
Ott - 16	435	12	225	41	157	871	3.299	0,264
Nov - 16	459	12	237	43	165	917	3.469	0,264
Dic - 16	450	12	231	42	162	898	3.387	0,265
Totale	5.010	145	2.588	475	1.808	10.025	37.998	0,264

Nel grafico in Figura 7.1 è riportato l'andamento del costo unitario del vettore elettrico nel triennio di riferimento e per le mensilità dell'anno 2017, fino al mese di Ottobre, per cui è stato possibile ricavare i costi unitari dalle fatture fornite dalla Direzione Scolastica.

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

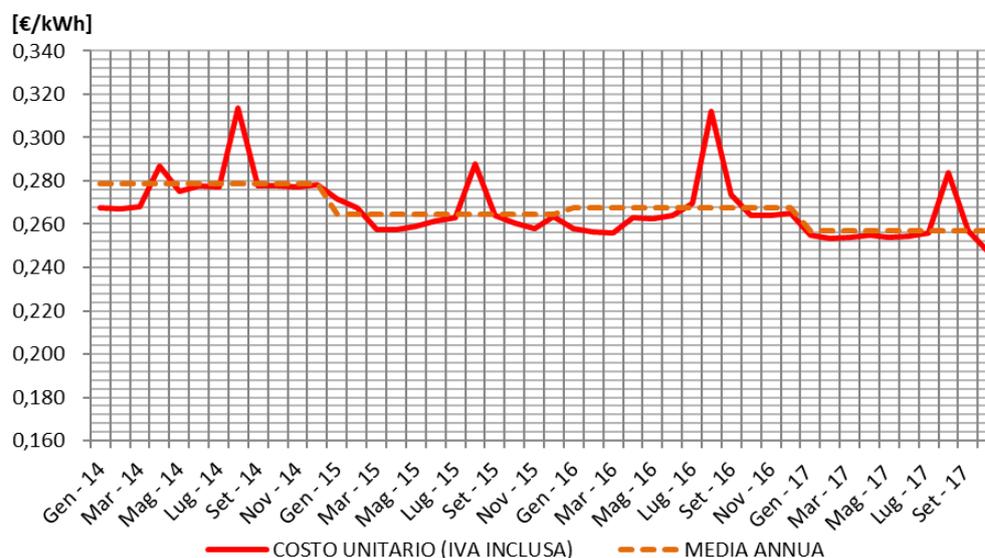
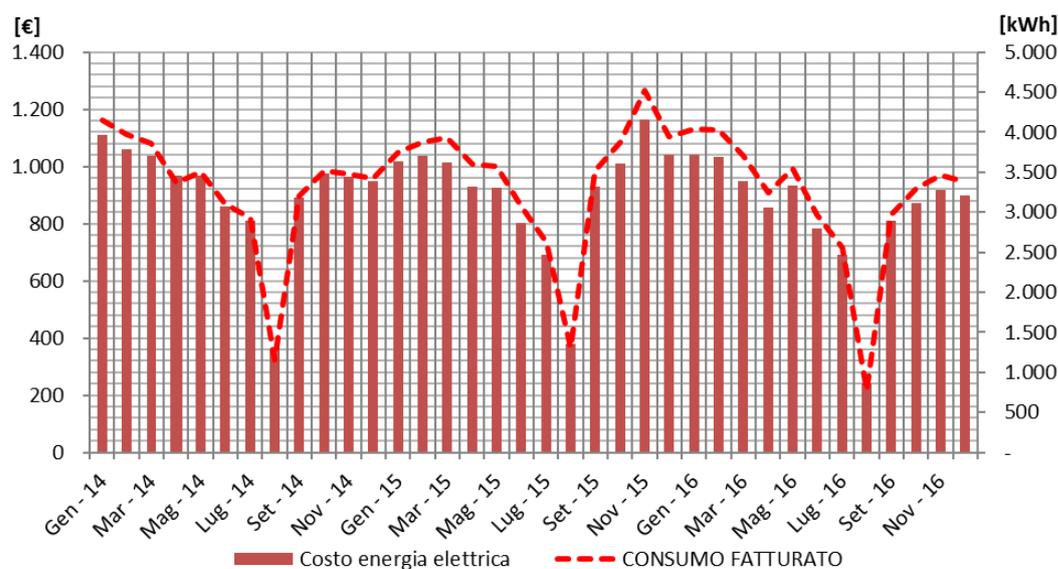


Figura 7.2 – Andamento dei consumi e dei costi dell'energia elettrica



Dall'analisi effettuata risulta evidente che l'andamento dei costi è omogeneo tra le quattro annualità considerate.

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

Tabella 7.3 – Sintesi dei consumi nel triennio di riferimento

ANNO	VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			TOTALE
	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[kWh]	[€]	[€/kWh]	
2014	92.117	8.028	0,087	39.680	10.962	0,276	18.990

2015	75.550	6.774	0,089	41.652	10.949	0,263	17.723
2016	58.761	4.829	0,082	37.998	10.025	0,264	14.854
2017	-	-	0,14	-	-	0,255	-

Ai fini del calcolo della Baseline dei costi si sono pertanto assunti i valori di riportati nella Tabella 7.4.

Tabella 7.4 – Valori di costo individuati per il calcolo della Baseline

Definizione		Valore	U.M.
Costo unitario dell'energia termica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	Cu _Q	0,14 [€/kWh]
Costo unitario dell'energia elettrica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	Cu _{EE}	0,255 [€/kWh]

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

7.3 COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI

Per il sito oggetto di analisi non è presente un contratto di conduzione e manutenzione dell'impianto termico, non è quindi definibile un canone annuale relativo alla conduzione e gestione dell'impianto termico, comprensiva della manutenzione ordinaria, preventiva, programmata e straordinaria. Gli interventi proposti considereranno dunque i soli vantaggi derivanti dalla riduzione dei consumi energetici.

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:

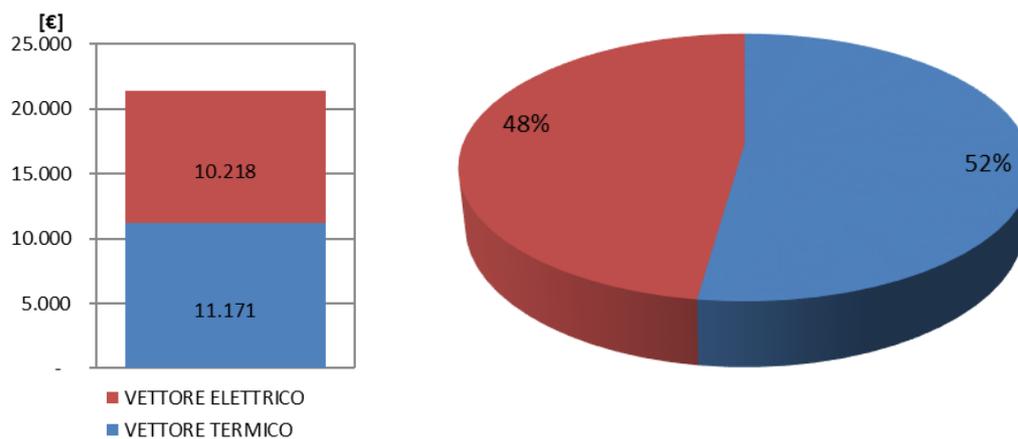
$$C_{baseline} = C_E + C_{MO} + C_{MS}$$

Essendo nulla la componente relativa alla manutenzione ne risulta quindi un C_E equivalente al C_{baseline} pari a 21.390 €.

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

VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			O&M (C _{MO} + C _{MS})			TOTALE
Q _{baseline}	Cu _Q	C _Q	EE _{baseline}	Cu _{EE}	C _{EE}	C _M	C _{MO}	C _{MS}	C _Q +C _{EE} +C _M
[kWh]	[€/kWh]	[€]	[kWh]	[€/kWh]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
79.582	0,140	11.171	39.777	0,257	10.218	-	-	-	21.390

Figura 7.3 – Baseline dei costi e loro ripartizione

E0828 - Scuola materna privata "Umberto e Margherita"

8 IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA

8.1 DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI

Gli interventi di efficientamento definiti per l'edificio oggetto di analisi sono stati individuando prendendo in considerazione due principali fattori: l'incidenza che gli interventi avrebbero sul bilancio energetico globale del fabbricato ed il costo a questi associato.

Per tale ragione ci si è concentrati sui consumi legati all'impianto di riscaldamento invernale, prevedendo in particolare il riarmodernamento dell'impianto di riscaldamento, con la sostituzione dell'attuale caldaia a gasolio con una caldaia a condensazione alimentata a metano, e la riduzione del fabbisogno termico dell'edificio con la sostituzione degli attuali serramenti con elementi più performanti.

8.1.1 Involucro edilizio

EEM1: Sostituzione Serramenti

Generalità

Uno degli interventi proposti vede la sostituzione dei serramenti, ormai obsoleti, rilevati in fase di sopralluogo.

Si propone la rimozione dei serramenti vetro singolo e telaio in legno tenero con elementi in PVC con vetrocamera e telaio a taglio termico. Le prestazioni termiche del componente saranno rispondenti a quanto previsto dalla normativa vigente per le nuove costruzioni, così che l'intervento possa anche beneficiare del contributo del Conto Termico.

Figura 8.1 – Particolare dei serramenti esistenti



Descrizione dei lavori

Rimozione infissi per la successiva posa in opera di serramenti in PVC.

La rimozione degli infissi esistenti avviene manualmente, attraverso il sollevamento degli stessi verso l'alto ed il loro spostamento all'interno dell'ambiente. Viene rimossa poi la ferramenta esistente (cerniere, maniglie) con l'ausilio di attrezzature elettriche portatili (avvitatori elettrici). Vengono quindi ripuliti i telai fissi in legno da eventuali chiodi, vecchie pitture e stuccature con attrezzature manuali ed elettriche portatili e, a copertura degli stessi, vengono posti in opera manualmente mediante sigillatura siliconica gli imbotti di PVC. I telai mobili, analogamente alla struttura fissa, vengono sollevati ed alloggiati in opera nelle relative cerniere con utensili manuali. Si posiziona quindi il vetro che viene movimentato a mano ed infilato nell'apposito alloggiamento, parte integrante dell'infisso, bloccato tramite staffetta fermavetro e sigillato internamente tramite silicone.

Prestazioni raggiungibili

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

Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM1 – Sostituzione serramenti

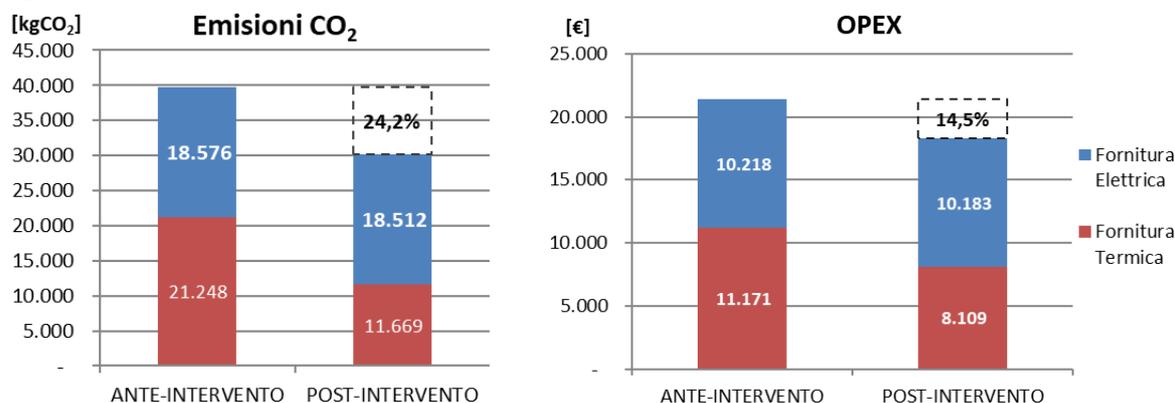
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM1 – trasmittanza termica	[W/m ² K]	3,8	1,2	68,4%
Q _{teorico}	[kWh]	82.712	60.039	27,4%
EE _{teorico}	[kWh]	38.097	37.965	0,3%
Q _{baseline}	[kWh]	79.582	57.767	27,4%

EE _{Baseline}	[kWh]	39.777	39.639	0,3%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	21.248	11.669	45,1%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	18.576	18.512	0,3%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO ₂]	39.824	30.180	24,2%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	11.171	8.109	27,4%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	10.218	10.183	0,3%
Fornitura Energia, C _E	[€]	21.390	18.292	14,5%
C _{MO}	[€]	-	-	-
C _{MS}	[€]	-	-	-
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	-	-	-
OPEX	[€]	21.390	18.292	14,5%
Classe energetica		E	E	- classi

Nota (9) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,267 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 per il vettore elettrico

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,14 [€/kWh] per il vettore termico e 0,255 [€/kWh] per il vettore elettrico

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



8.1.2 Impianto riscaldamento

EEM2: Sostituzione generatore di calore ed installazione Termovalvole

Generalità

Uno degli interventi proposti vede la sostituzione del generatore di calore a gasolio che, seppur in buono stato manutentivo risulta essere ormai obsoleto; si prevede l'installazione di una caldaia a condensazione alimentata a metano e contestualmente l'installazione di valvole termostatiche sui corpi scaldanti presenti all'interno dell'edificio che consentirà una gestione energeticamente più efficiente dell'impianto.

L'intervento ha la finalità di rendere maggiormente confortevoli gli ambienti interni del fabbricato, dando la possibilità agli occupanti di definire il livello di temperatura interna desiderato evitando così situazioni di sovrariscaldamento o di scarso comfort termico che spesso si è rilevato durante le attività di sopralluogo.

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM2 sono riportati nella Tabella 8.2 e nella Figura 8.3. Oltre ai risparmi riconducibili alla riduzione del consumo energetico è stata considerata una riduzione relativa ai costi manutentivi ad ora sostenuti dalla PA, questo perché la presenza di un nuovo generatore di calore più performante e la gestione autonoma, da parte degli occupanti, delle

condizioni di comfort interno riduce l'intervento straordinario della ditta manutentiva per cambiare le condizioni di settaggio dell'impianto.

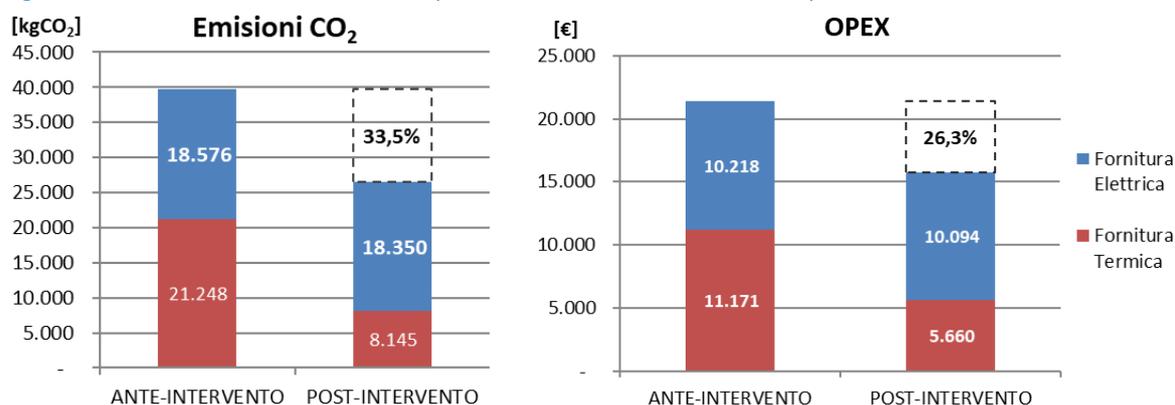
Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM2 – Installazione termovalvole

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM2 - rendimento	η	81	100	-23,5%
Q_{teorico}	[kWh]	82.712	41.906	49,3%
EE_{teorico}	[kWh]	38.097	37.634	1,2%
Q_{baseline}	[kWh]	79.582	40.320	49,3%
EE_{baseline}	[kWh]	39.777	39.294	1,2%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	16.076	8.145	49,3%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	18.576	18.350	1,2%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO ₂]	34.651	26.495	23,5%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	11.171	5.660	49,3%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	10.218	10.094	1,2%
Fornitura Energia, C_E	[€]	21.390	15.754	26,3%
C_{MO}	[€]	-	-	-
C_{MS}	[€]	-	-	-
O&M (C_{MO} + C_{MS})	[€]	-	-	-
OPEX	[€]	21.390	15.754	26,3%
Classe energetica	[-]	E	D	+1 classe

Nota (10) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,267 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 per il vettore elettrico

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,14 [€/kWh] per il vettore termico e 0,255 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 8.3 – EEM2: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



8.1.3 Impianto di illuminazione ed impianto elettrico

EEM3: Sostituzione Corpi illuminanti

Generalità

Durante le attività di sopralluogo svolte sono stati rilevati tutti i corpi di illuminazione presenti nell'edificio, per la quasi totalità di tipo fluorescente. Si propone dunque la sostituzione degli elementi con profili di utilizzo prolungati con soluzioni a LED, così da limitare il consumo di energia elettrica del fabbricato.

Caratteristiche funzionali e tecniche

L'intervento riguarda in particolare le aule e gli spazi comuni dell'edificio, come atri e corridoi, caratterizzati da profili di accensione degli apparecchi più prolungati rispetto ad altre zone funzionali, dove si prevede la sostituzione delle lampade esistenti con lampade ad alta efficienza; una maggiore efficienza implica, a parità di lumen, una minore potenza e una riduzione del calore emesso in ambiente.

È consigliabile prevedere un progetto illuminotecnico degli spazi, in modo da comprendere come possa essere gestita l'illuminazione in termini di comfort. Allo stato attuale verrà proposta una sostituzione 1:1 degli elementi presenti.

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM3 sono riportati nella Tabella 8.3 e nella Figura 8.4. Oltre alla riduzione dei consumi energetici si è considerata una riduzione dei costi legati alla manutenzione ordinaria, questo perché la vita utile dei corpi illuminanti LED è più elevata rispetto a quella delle lampade fluorescenti, per cui la loro sostituzione avverrà meno frequentemente.

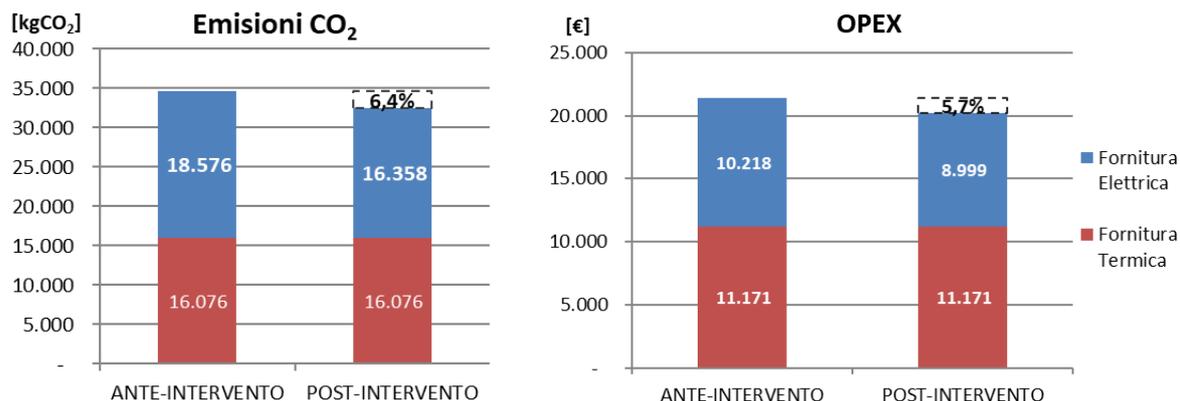
Tabella 8.3 – Risultati analisi EEM3 – Sostituzione corpi illuminanti

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM3 – potenza installata	[W]	75,3	33,3	55,8%
Q_{teorico}	[kWh]	82.712	82.712	0,0%
E_{teorico}	[kWh]	38.097	33.549	11,9%
Q_{baseline}	[kWh]	79.582	79.582	0,0%
E_{baseline}	[kWh]	39.777	35.029	11,9%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO₂]	16.076	16.076	0,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO₂]	18.576	16.358	11,9%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	34.651	32.434	6,4%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	11.171	11.171	0,0%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	10.218	8.999	11,9%
Fornitura Energia, C_E	[€]	21.390	20.170	5,7%
C_{MO}	[€]	-	-	-
C_{MS}	[€]	-	-	-
O&M (C_{MO} + C_{MS})	[€]	-	-	-
OPEX	[€]	21.390	20.170	5,7%
Classe energetica	[-]	E	E	-

Nota (11) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,267 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 per il vettore elettrico

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,14 [€/kWh] per il vettore termico e 0,255 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 8.4 – EEM3: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



9 VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA

9.1 ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

EEM1: Sostituzione serramenti

Nella Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 1, che consiste nella sostituzione dei serramenti esistenti.

La scelta di ricorrere al prezzario DEI piuttosto che al Prezzario Regione Liguria è stata quindi dettata dall'esigenza di prevedere delle soluzioni tecnologiche che, per le caratteristiche prestazionali offerte, consentissero l'accesso a forme incentivanti quali il "Conto Termico".

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, (intervento 1.B - art. 4, comma 1, lettera b), i quali possono essere quantificati come di seguito descritto:

Tabella 9.1 – Analisi dei costi della EEM1 – Sostituzione serramenti

CODICE	DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO [€/n° o €/m ₂]	PREZZO UNITARIO SCONTATO [€/n° o €/m ₂]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA [%]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
25.A05.F10.020	Rimozione senza recupero di serramenti, in legno o metallo compresa rimozione telaio a murare, per misurazione minima 2 m ²	Prezzario Regione Liguria	210,5	m2	€ 30,11	€ 27,37	€ 5.763,05	22%	€ 7.030,93
205071d	Serramento realizzato con profili estrusi di pvc prodotti secondo la norma DIN 7748, esenti da cadmio, autoestinguenti, classe 1 di reazione al fuoco, a 5 camere rinforzati con profili in acciaio zincato spessore 15/10, guarnizioni in TPE coestruse e saldate negli angoli, completo di controtelaio, esclusa la posa dello stesso, compresi maniglie, cerniere, meccanismi di manovra, dispositivi di sicurezza contro le false manovre e quant'altro necessario per il funzionamento e vetrocamera con canalina a bordo caldo, permeabilità all'aria classe 4 secondo la norma UNI EN 12207, tenuta all'acqua classe E 750 secondo la norma UNI 12208, resistenza al vento C3/B3 secondo la norma UNI 12210: vetrocamera 33.1-16-33.1 bassoemissivo con gas argon, Uw = 1,2 W/mqK, Ug =	Prezzario DEI	77	cad	€ 520,00	€472,73	€ 36.316,73	22%	€ 44.306,41

1,1 W/mqK, Uf = 1,2 W/mqK,
 Rw = 35 dB: portafinestra a 2
 ante, a telaio fisso, 120 x 240
 cm (2,88 mq)

PR.A23.B10.020	Controtelaio per finestre, portefinestre e simili, in legno.	Prezziario Regione Liguria	58,0	m	€ 7,59	€ 6,90	€ 400,48	22%	€ 488,58
25.A15.C10.020	Trasporto eseguito con autocarro, motocarro o simili, della portata fino a 1000 kg, di materiali di risulta da scavi e/o demolizioni, per ogni km del tratto entro i primi 5. Misurato in banco	Prezziario Regione Liguria	31,581	m3	€ 11,77	€ 10,70	€ 337,92	22%	€ 412,26
25.A80.A30.010	Solo posa in opera di finestra o portafinestrain alluminio, PVC, legno, acciaio esclusa la fornitura e posa di controtelaio in acciaio.	Prezziario Regione Liguria	210,54	mq	€ 48,53	€ 44,12	€ 9.288,64	22%	€ 11.332,14
	Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 1.563,20	22%	€ 1.907,11
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 3.647,48	22%	€ 4.449,92
TOTALE (I₀ – EEM1)							€ 57.317	22%	€ 69.927

EEM2: Sostituzione generatore di calore ed installazione Termovalvole

Nella Figura 9.2 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 2, che consiste nella sostituzione del generatore di calore e nell'installazione di termovalvole sui radiatori esistenti.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, intervento 1 (intervento 1.C - Art. 4, comma 1, lettera c).

Tabella 9.2 – Analisi dei costi della EEM2 – Sostituzione caldaia ed installazione termovalvole

CODICE	DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
					[€/n° o €/m ²]	[€/n° o €/m ²]	[€]	[%]	[€]
PR.C76.B10.010	Caldaie a condensazione a basamento, corpo in lega di alluminio-silicio-magnesio con scambiatore primario a basso contenuto d'acqua, classe 5 NOx, rendimento energetico a 4 stelle in base alle direttive europee, bruciatore modulante con testata metallica ad irraggiamento, compreso il pannello di comando montato sul mantello di rivestimento, della potenza termica nominale di: 150 Kw circa	Prezziario Regione Liguria	1	cad	€8.918,25	€ 8.107,50	€ 8.107,50	22%	€ 9.891,15
PR.C84.C05.515	Sistema fumario prefabbricato a sezione circolare, con giunti maschio-femmina con profilo conico a elementi modulari a doppia	Prezziario Regione Liguria	1	cad	€ 232,76	€ 211,60	€ 211,60	22%	€ 258,15

	parete acciaio inox (parete interna AISI316L e parete esterna AISI304), coibentazione 25mm in lana di roccia pressata, senza guarnizioni di tenuta Coppa di scarico condensa Ø 250 mm								
40.C10.B10.120	Sola posa in opera di bruciatore per caldaie, compresi la lavorazione della piastra di collegamento alla caldaia, la sola posa della rampa gas e del dispositivo di controllo tenuta valvola, i collegamenti elettrici, i collegamenti alla tubazione del combustibile a metano o gasolio: per generatori di calore da 101 Kw a 350 Kw	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 392,78	€ 357,07	€ 357,07	22%	€ 435,63
PR.C76.A30.020	Accessori per caldaie a condensazione: Tubi Ø 80mm della lunghezza 1 m	Prezzario Regione Liguria	15	cad	€ 21,13	€ 19,21	€ 288,14	22%	€ 351,53
PR.C76.A30.015	Accessori per caldaie a condensazione: Kit scarichi separati per tubi Ø 80mm	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 28,46	€ 25,87	€ 25,87	22%	€ 31,56
40.F10.H10.030	Sola posa in opera di accessori per impianti di termoregolazione compresi collegamenti elettrici: sonde in genere	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 120,60	€ 109,64	€ 109,64	22%	€ 133,76
40.F10.H10.040	Sola posa in opera di accessori per impianti di termoregolazione compresi collegamenti elettrici: interruttore orologio da inserire in quadro elettrico	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 29,71	€ 27,01	€ 27,01	22%	€ 32,95
PR.C74.C10.010	Interruttore orario digitale modulare per la programmazione settimanale a due canali	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 146,74	€ 133,40	€ 133,40	22%	€ 162,75
PR.C74.E05.030	Sonde di temperatura e umidità: sola temperatura, per impianti civili e industriali per esterno	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 76,47	€ 69,52	€ 69,52	22%	€ 84,81
RU.M01.A01.030	Opere edili Operaio Qualificato	Prezzario Regione Liguria	15	h	€ 34,41	€ 31,28	€ 469,23	22%	€ 572,46
RU.M01.E01.020	Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezzario Regione Liguria	40	h	€ 31,88	€ 28,98	€ 1.159,27	22%	€ 1.414,31
20.A15.B10.015	Trasporto a scarica 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 scarica o smaltimento, eseguito con piccolo mezzo di trasporto con capacità	Prezzario Regione Liguria	100	m³km	€ 4,72	€ 4,29	€ 429,09	22%	€ 523,49

	di carico fino a 3 t. per ogni chilometro del tratto oltre i primi 5 km e fino al decimo km.								
PR.C17.A15.010	Valvole micrometriche a squadra complete di testa termostatica con elemento sensibile a gas: Ø 15 mm	Prezzario Regione Liguria	35	cad	€ 35,42	€ 32,20	€1.127,00	22%	€ 1.374,94
PR.C47.H10.145	Circolatori per impianti di riscaldamento e condizionamento a velocità variabile, regolate elettronicamente, classe di protezione IP44, classe energetica A, 230V, del tipo: versione gemellare con attacchi flangiati, Ø 80, PN6, prevalenza da 1 a 12 m, portata da 1 a 58 m³/h	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 4.587,21	€ 4.170,19	€ 4.170,19	22%	€ 5.087,63
40.E10.A10.040	Sola posa in opera di pompe e/o circolatori singoli o gemellari per fluidi caldi o freddi, compreso bulloni, guarnizioni e il collegamento alla linea elettrica, escluse le flange. Per attacchi del diametro nominale di: maggiore di 80 mm fino a 100 mm	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 97,34	€ 88,49	€ 88,49	22%	€ 107,96
PR.E40.B05.210	Interruttore automatico magnetotermico con potere di interruzione 4,5KA bipolare fino a 32 A - 230 V	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 22,69	€ 20,63	€ 20,63	22%	€ 25,17
RU.M01.E01.020	Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezzario Regione Liguria	15	h	€ 31,88	€ 28,98	€ 425,07	22%	€ 518,58
	Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 516,56	22%	€ 630,20
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 1.205,31	22%	€ 1.470,48
TOTALE (I₀ - EEM1)							€ 18.941	22%	€ 23.108
	Incentivi	[Conto termico]							€ 7.800
	Durata incentivi								5
	Incentivo annuo								€ 1.560

Il contributo dato dall'incentivo "Conto Termico" è stato calcolato considerando la seguente relazione

$$I_{tot} = \%_{spesa} \cdot C \cdot P_{n\ int}$$

Dove si si è indicato con:

- I_{tot} : incentivo totale dell'intervento cumulato per l'intera durata, che verrà ripartito e corrisposto in 5 rate annuali costanti, oppure, in un'unica soluzione per gli aventi diritto (le PAe le ESCo che operano per loro conto, ad esclusione delle Cooperative di abitanti e delle Cooperative sociali).
- I_{max} : valore massimo raggiungibile dall'incentivo totale (tabella 5 del Decreto)

- %_{spesa}: percentuale incentivata della spesa totale sostenuta per l'intervento (tabella 5 del Decreto)
- P_{n int}: somma delle potenze termiche del focolare dei generatori di calore installati, da intendersi riferita al potere calorifico inferiore, espressa in kW – pari a circa **150kW**
- $C = \frac{\text{spesa sostenuta in } \text{€}}{\text{superficie oggetto di intervento}}$ costo specifico sostenuto – pari a **156€/kW**
- C_{max} è il valore massimo di C ed è definito dalla tabella 5 del Decreto.

[Tabella 5 – Allegato II - DM 16.02.16]			
Tipologia di intervento	Percentuale incentivata della spesa ammissibile (% _{spesa})	Costo massimo ammissibile C _{max}	Valore massimo dell'incentivo I _{max} [€]
Generatori di calore a condensazione con P _{n int} ≤ 35 kW _t	40 (**)	160 €/kW _t	3.000
Generatori di calore a condensazione con P _{n int} > 35 kW _t	40 (**)	130 €/kW _t	40.000

EEM3: Sostituzione corpi illuminanti

Nella Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM3, che consiste nella sostituzione dei corpi illuminanti esistenti.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, intervento 1 (intervento 1.F - art. 4, comma 1, lettera f).

Tabella 9.3 – Analisi dei costi della EEM3 – Sostituzione corpi illuminanti

CODICE	DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO [€/n° o €/m ₂]	PREZZO UNITARIO SCONTATO [€/n° o €/m ₂]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA [%]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
045160d	Plafoniera stagna rettangolare, corpo in policarbonato autoestinguento, schermo in policarbonato autoestinguento trasparente prismaticizzato internamente, installata a parete, plafone o a sospensione, apparecchio con grado di protezione IP 66, lampade LED temperatura di colore 4000 K, alimentazione 230 V c.a.: monolampada: lunghezza 1.600 mm, 28 W, 4.540 lm	DEI Imp. Ele. 2017	27	cad	€ 162,61	€ 147,83	€ 3.991,34	22%	€ 4.869,43
043168c	Plafoniera stagna rettangolare, corpo in policarbonato autoestinguento, schermo in policarbonato autoestinguento trasparente prismaticizzato internamente, per installazione a parete, plafone o a sospensione, apparecchio con grado di protezione IP 66, lampade LED temperatura di colore 4000 K, alimentazione 230 V c.a.: monolampada: lunghezza 1.600 mm, 24 W, 3.890 lm	DEI Imp. Ele. 2017	20	cad	€ 105,41	€ 95,83	€ 1.916,55	22%	€ 2.338,19

045161c	Plafoniera stagna rettangolare, corpo in policarbonato autoestinguento, schermo in policarbonato autoestinguento trasparente prismatizzato internamente, installata a parete, plafone o a sospensione, apparecchio con grado di protezione IP 66, lampade LED temperatura di colore 4000 K, alimentazione 230 V c.a.: bilampada: lunghezza 1.600 mm, 48 W, 7.780 lm	DEI Imp. Ele. 2017	60	cad	€ 185,50	€168,64	€ 10.118,18	22%	€ 12.344,18
205015f	Rimozione di plafoniera per lampade fluorescenti, inclusi gli oneri della rimozione dei sostegni a muro o a soffitto e l'avvicinamento al luogo di deposito provvisorio nell'ambito del cantiere, escluso l'onere di carico, trasporto e scarico a discarica autorizzata: 1 x 58 W	DEI Imp. Ele. 2017	27	cad	€ 11,36	€ 10,33	€ 278,84	22%	€ 340,18
205015b	Rimozione di plafoniera per lampade fluorescenti, inclusi gli oneri della rimozione dei sostegni a muro o a soffitto e l'avvicinamento al luogo di deposito provvisorio nell'ambito del cantiere, escluso l'onere di carico, trasporto e scarico a discarica autorizzata: 2 x 18 W	DEI Imp. Ele. 2017	20	cad	€ 10,09	€ 9,17	€ 183,45		€ 183,45
205015g	Rimozione di plafoniera per lampade fluorescenti, inclusi gli oneri della rimozione dei sostegni a muro o a soffitto e l'avvicinamento al luogo di deposito provvisorio nell'ambito del cantiere, escluso l'onere di carico, trasporto e scarico a discarica autorizzata: 2 x 58 W	DEI Imp. Ele. 2017	60	cad	€ 13,39	€ 12,17	€ 730,36		€ 730,36
M01003a	Operaio edile qualificato	DEI Imp. Ele. 2016	27	€/ora	€ 26,78	€ 24,35	€ 657,33	22%	€ 801,94
M01004a	Operaio edile comune	DEI Imp. Ele. 2016	27	€/ora	€ 24,12	€ 21,93	€ 592,04	22%	€ 722,28
	Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 554,04	22%	€ 675,93
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 1.331,55	22%	€ 1.624,49
TOTALE (I₀ - EEM1)							€ 20.354	22%	€ 24.630
Incentivi	[Conto termico]								€ 9.852,18
Durata incentivi								5	
Incentivo annuo								€ 1.970,44	

Il contributo dato dall'incentivo "Conto Termico" è stato calcolato considerando la seguente relazione

$$I_{tot} = \%spesa \cdot C \cdot S_{int}$$

Dove si si è indicato con:

- I_{tot} : incentivo totale dell'intervento cumulato per l'intera durata, che verrà ripartito e corrisposto in 5 rate annuali costanti, oppure, in un'unica soluzione per gli aventi diritto (le PA e le ESCo che operano per loro conto, ad esclusione delle Cooperative di abitanti e delle Cooperative sociali).
- I_{max} : valore massimo raggiungibile dall'incentivo totale (tabella 5 del Decreto)
- $\%spesa$: percentuale incentivata della spesa totale sostenuta per l'intervento (tabella 5 del Decreto)

- S_{int} : superficie12 oggetto dell'intervento (m2) – pari a circa **965mq**
- $C = \frac{\text{spesa sostenuta in €}}{\text{superficie oggetto di intervento}}$ costo specifico sostenuto – pari a **25,5 €/mq**
- C_{max} è il valore massimo di C ed è definito dalla tabella 5 del Decreto.

Poiché il costo specifico dell'intervento supera il valore C_{max} il calcolo dell'incentivo è stato effettuato con il valore C_{max} riportato in tabella per l'intervento considerato.

[Tabella 5 – Allegato II - DM 16.02.16]		
Tipologia di intervento	Costo massimo ammissibile (C_{max})	Valore massimo dell'incentivo I_{max} [€]
Sostituzione di corpi illuminanti comprensivi di lampade per l'illuminazione degli interni e delle pertinenze esterne – installazione di lampade ad alta efficienza	15 €/m ²	30.000
Sostituzione di corpi illuminanti comprensivi di lampade per l'illuminazione degli interni e delle pertinenze esterne – installazione di lampade a led	35 €/m ²	70.000

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.

Gli indicatori economici d'investimento utilizzati sono:

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

Essi sono così definiti:

1) Tempo di ritorno semplice (TRS):

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

Dove:

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

2) Tempo di ritorno attualizzato (TRA):

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

Dove:

- I_0 è il valore dell'investimento iniziale;

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

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

Dove:

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

3) Valore Attuale Netto (VAN) del progetto:

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

Dove:

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

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

5) Indice di Profitto (IP):

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

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

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

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

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

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

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

EEM1: Sostituzione serramenti

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

Tabella 9.4 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM1– Sostituzione serramenti

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	69.927
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%

Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	30
Incentivo annuo	B	€/anno	-
Durata incentivo	n_B	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	20,6	20,6
Tempo di rientro attualizzato	TRA	34,9	34,9
Valore attuale netto	VAN	- 10.168	- 10.168
Tasso interno di rendimento	TIR	2,6%	2,6%
Indice di profitto	IP	-0,15	-0,15

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

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

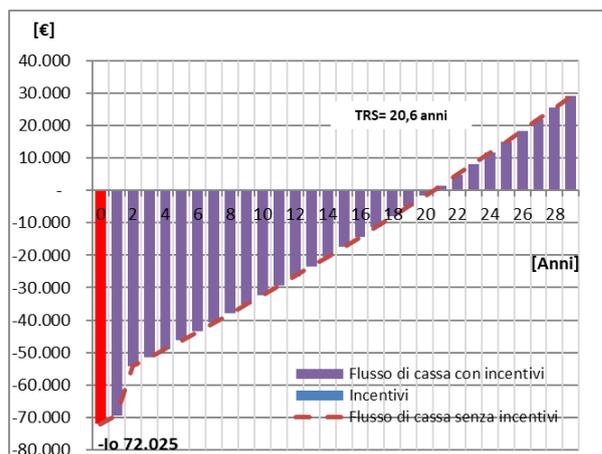
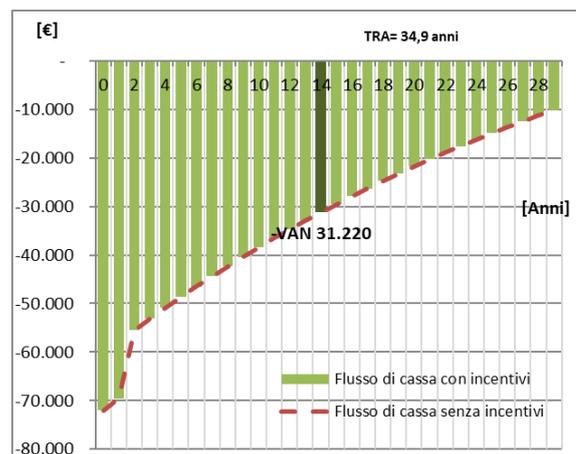


Figura 9.2 – EEM1: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento, considerando i flussi di cassa attualizzati, presenta dei tempi di ritorno elevati e superiori ai 30 anni; solo ricorrendo alle forme incentivati e quindi realizzando l'intervento congiuntamente all'installazione delle termovalvole, l'intervento risulterebbe economicamente vantaggioso con tempi di ritorno inferiori ai 25 anni.

EEM2: Sostituzione generatore di calore ed installazione termovalvole

L'analisi di convenienza effettuata per la EEM2 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

Tabella 9.5 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM1– Sostituzione serramenti

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	23.108
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	1.560
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	4,2	3,2
Tempo di rientro attualizzato	TRA	4,7	3,6
Valore attuale netto	VAN	33.083	40.028
Tasso interno di rendimento	TIR	21,8%	27,3%
Indice di profitto	IP	1,43	1,73

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

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

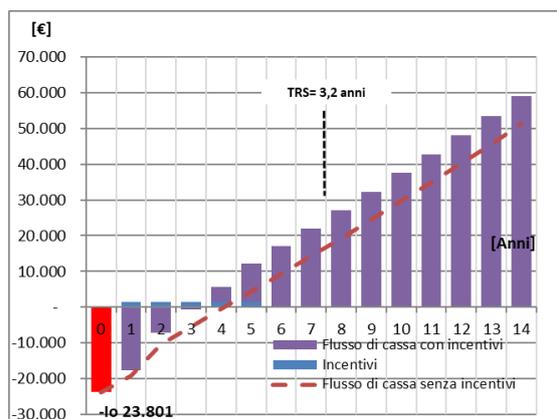
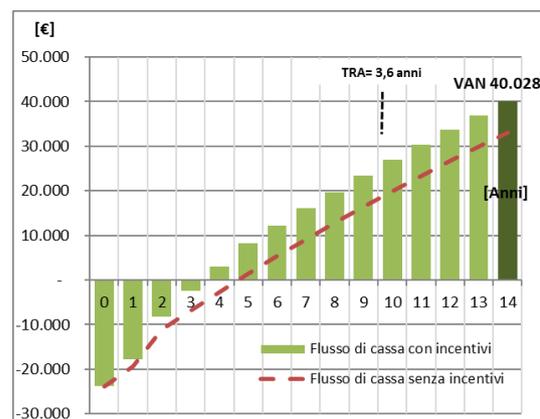


Figura 9.4 – EEM2: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento risulta economicamente vantaggioso con tempi di ritorno inferiori ai 4 anni.

EEM3: Sostituzione corpi illuminanti

L'analisi di convenienza effettuata per la EEM3 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

Tabella 9.6 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM1– Sostituzione serramenti

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	24.630
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	1.970
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	17,3	9,4
Tempo di rientro attualizzato	TRA	19,6	10,6
Valore attuale netto	VAN	- 15.029	- 6.257
Tasso interno di rendimento	TIR	-19,0%	-4,9%
Indice di profitto	IP	-0,61	-0,25

I flussi di cassa rappresentativi dell'analisi sono riportati nelle Figura 9.9 e Figura 9.10Figura 9.8.

Figura 9.5 –EEM2: Flussi di Cassa, con e senza incentivi

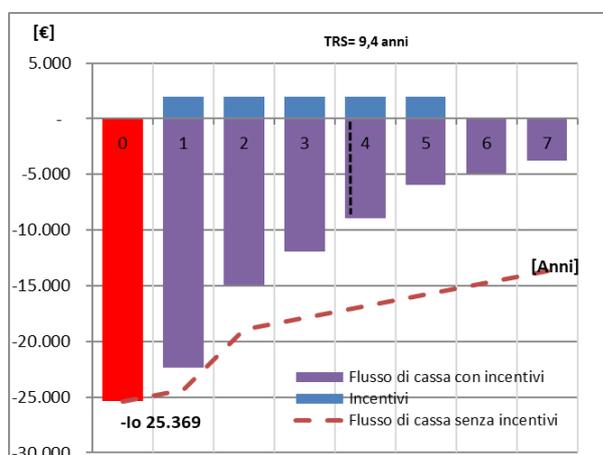
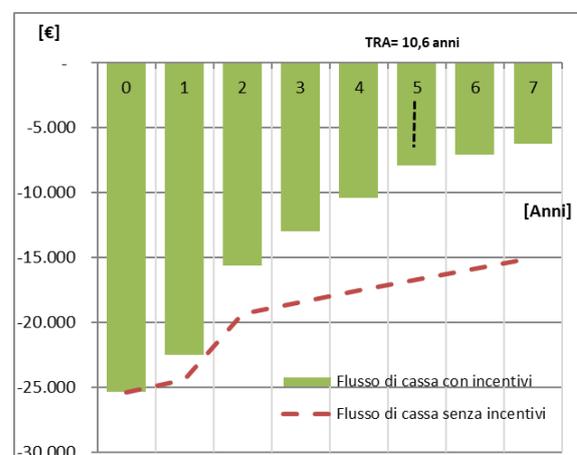


Figura 9.6 – EEM2: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento, pur con l'accesso alla forma incentivante del conto termico, non risulta economicamente vantaggioso poiché i tempi di ritorno sono superiori agli 8 anni.

Sintesi

La sintesi della valutazione economico – finanziaria delle EEM proposte è riportata nelle Tabella 9.7 e Tabella 9.8.

Tabella 9.7 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso senza incentivi

	SENZA INCENTIVI											
	% Δ_E [%]	% Δ_{CO_2} [%]	ΔC_E [€/anno]	ΔC_{MO} [€/anno]	ΔC_{MS} [€/anno]	I_0 [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]
EEM 1	15%	24%	3.097	0	0	69.927	20,6	34,9	30	-10.168	2,6%	-0,15
EEM 2	26%	33%	5.634	0	0	23.108	4,2	4,7	15	33.074	21,8%	1,43
EEM 3	6%	6%	1.210	0	0	24.630	17,3	19,6	8	-15.029	-19,0%	-0,61

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

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

Dall'analisi dei risultati emerge che senza l'accesso alle forme incentivanti solo l'intervento delle termovalvole sarebbe economicamente sostenibile.

Tabella 9.8 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso con incentivi

	CON INCENTIVI											
	% Δ_E [%]	% Δ_{CO_2} [%]	ΔC_E [€/anno]	ΔC_{MO} [€/anno]	ΔC_{MS} [€/anno]	I_0 [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]
EEM 1	15%	24%	3.097	-	-	69.927	20,6	34,9	30	-10.168	2,6%	-0,15

EEM 2	26%	33%	5.634	-	-	23.108	3,2	3,6	15	40.019	27,2%	1,73
EEM 3	6%	6%	1.210	-	-	24.630	9,4	10,6	8	-6.257	-4,9%	-0,25

Dall'analisi dei risultati emerge che l'unico intervento economicamente conveniente, risulta essere l'ammodernamento dell'impianto di riscaldamento, mentre la sostituzione dei corpi illuminanti, seppur con il contributo del conto termico, non trova un ritorno economico entro gli 8 anni relativi alla vita utile degli apparecchi.

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

A seguito dell'analisi delle singole misure di efficienza energetica è stato possibile la definizione di due scenari ottimali a partire dalla combinazione delle singole EEM proposte, di cui sia stata accertata la fattibilità tecnica ed economica, che consentano un miglioramento del parametro di efficienza energetica dell'edificio superiore a due classi.

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

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

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

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

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

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

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

Dove:

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

L'ultima dimensione di analisi è la valutazione della sostenibilità finanziaria. Infatti, non tutti gli investimenti economicamente convenienti risultano poi fattibili dal punto di vista finanziario. La

sostenibilità finanziaria di un progetto può essere espressa anche in termini di bancabilità ricorrendo a degli indicatori capaci di valutare il margine di sicurezza su cui i soggetti finanziatori possono contare per essere garantiti sul puntuale pagamento del servizio del debito.

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

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

Essi sono così definiti:

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

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

Dove:

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

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

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

Dove:

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

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

Nell'ambito della riqualificazione energetica degli edifici scolastici, il presente rapporto di DE sarà inoltre fondamentale per dotare la Pubblica Amministrazione (PA) di un'analisi tecnico-economica di dettaglio delle EEM identificate all'interno degli scenari ottimali, con lo scopo di consentire l'individuazione dei possibili strumenti di finanziamento delle stesse, sia tramite finanziamento proprio, sia tramite proposte di *Energy Performance Contract* (EPC) da parte di Società di Servizi Energetici (*Energy Service Company* – ESCO) 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: EEM1+EEM2:** Tale scenario consiste nella realizzazione di sostituzione di serramenti e l'ammodernamento dell'impianto di riscaldamento
 - **Scenario 2: EEM1+EEM2+EEM3:** Tale scenario consiste nella realizzazione di sostituzione di corpi illuminanti, serramenti e l'ammodernamento dell'impianto di riscaldamento.

9.3.1 Scenario 1: EEM1+EEM2

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

- EEM1: sostituzione serramenti
- EEM2: sostituzione generatore di calore ed installazione di termovalvole

Tabella 9.9 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 1

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE		TOTALE
	(IVA ESCLUSA)	IVA AI 22%	(IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 Fornitura & Posa	52.107	11.463	63.570
EEM2 Fornitura & Posa	17.219	3.788	21.007
Costi per la sicurezza	2.080	458	2.537
Costi per la progettazione	4.853	1.068	5.920
TOTALE (I₀)	76.258	16.777	93.035
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO}	C _{MS}	C _M
	(IVA INCLUSA)	(IVA INCLUSA)	(IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 O&M	-	-	-
EEM2 O&M	-	-	-
TOTALE (C_M)	-	-	-
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE	
		(IVA INCLUSA)	
		[€]	
Incentivi	[Conto termico]	35.771	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		7.154	

il presente scenario, che vede la sostituzione dei serramenti congiuntamente all'installazione delle valvole termostatiche, consente l'accesso alla forma incentivante del Conto Termico anche per gli elementi di involucro

Il contributo dato dall'incentivo "Conto Termico" per la sostituzione dei serramenti è stato calcolato considerando la seguente relazione

$$I_{tot} = \%_{spesa} \cdot C \cdot S_{int}$$

Dove si si è indicato con:

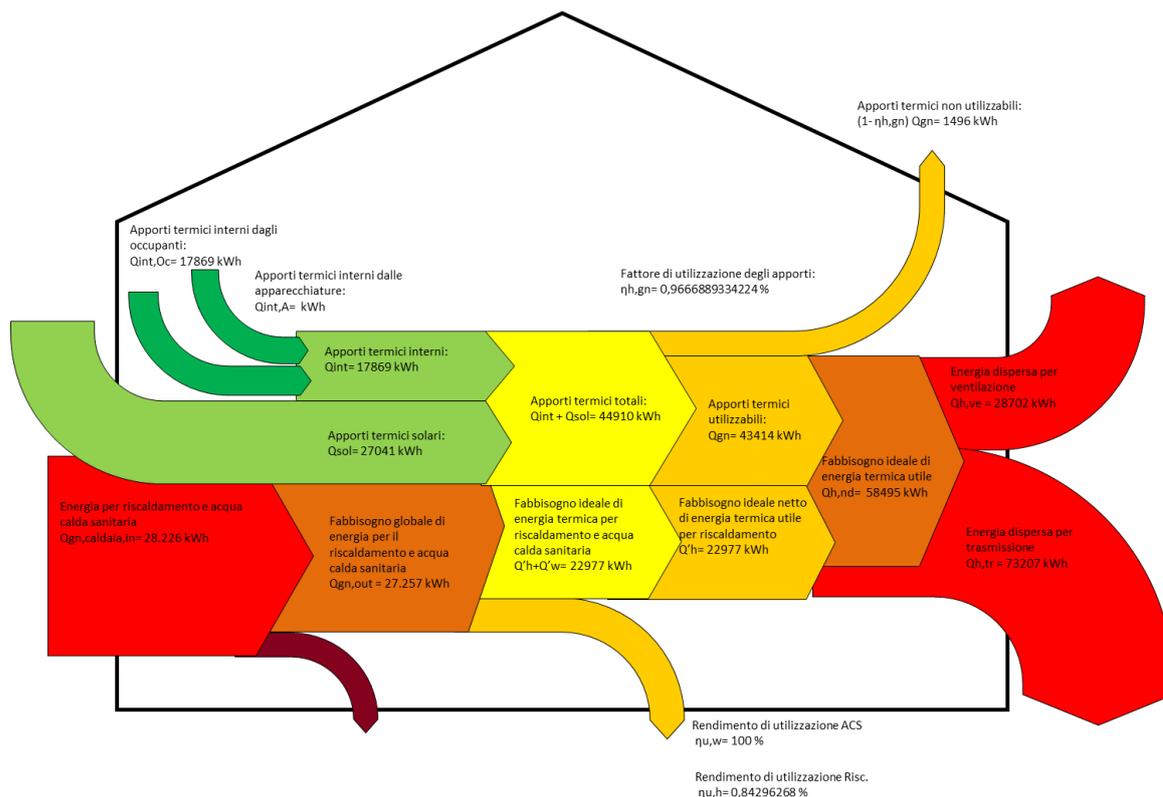
- I_{tot}: incentivo totale dell'intervento cumulato per l'intera durata, che verrà ripartito e corrisposto in 5 rate annuali costanti, oppure, in un'unica soluzione per gli aventi diritto (le PAe le ESCo che operano per loro conto, ad esclusione delle Cooperative di abitanti e delle Cooperative sociali).
- I_{max}: valore massimo raggiungibile dall'incentivo totale (tabella 5 del Decreto)

- $\%_{spesa}$: percentuale incentivata della spesa totale sostenuta per l'intervento (tabella 5 del Decreto)
- S_{int} : superficie oggetto dell'intervento (m²) – pari a circa **210mq**
- $C = \frac{\text{spesa sostenuta in } \text{€}}{\text{superficie oggetto di intervento}}$ costo specifico sostenuto – pari a **332€/mq**
- C_{max} è il valore massimo di C ed è definito dalla tabella 5 del Decreto.

[Tabella 5 – Allegato II - DM 16.02.16]			
Tipologia di intervento	Percentuale incentivata della spesa ammissibile ($\%_{spesa}$)	Costo massimo (C_{max})	Valore massimo dell'incentivo I_{max} [€]
Sostituzione di chiusure trasparenti, comprensive di infissi, se installate congiuntamente a sistemi di termoregolazione o valvole termostatiche ovvero in presenza di detti sistemi al momento dell'intervento	40 (**)	350 €/m ² per le zone climatiche A, B, C	75.000
	40 (**)	450 €/m ² per le zone climatiche D, E, F	100.000

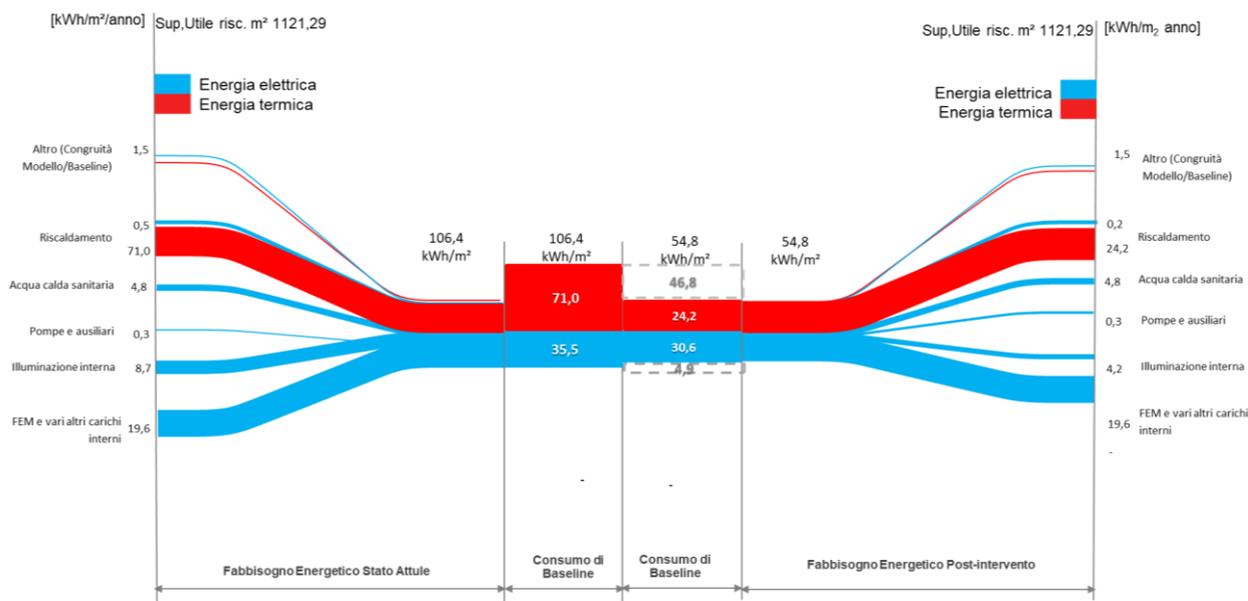
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di sankey relativo alle situazioni post-intervento.

Figura 9.7 – SCN1: Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico post intervento



Dall'analisi dei diagrammi di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio post intervento è possibile notare che il contributo relativo all'energia dispersa per trasmissione è notevolmente diminuito, insieme al fabbisogno globale di energia per il riscaldamento.

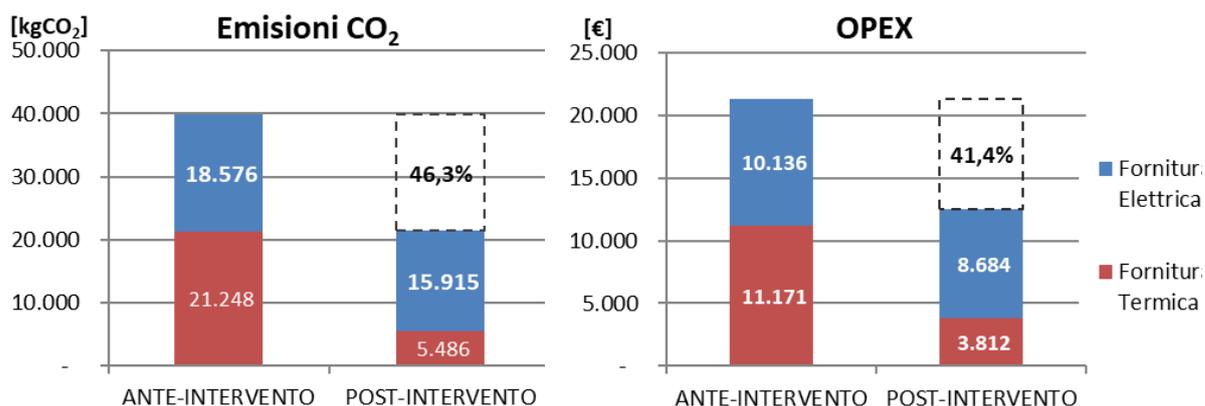
Figura 9.8 – SCN1: Bilancio energetico complessivo dell'edificio post intervento



I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella Tabella 9.10 e nella Figura 9.9

Tabella 9.10 – Risultati analisi SCN1 – EEM1+EEM2

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM1 – trasmittanza termica	[W/m²K]	3,8	1,2	68,4%
EM2 - rendimento	η	75,3	100,0	-32,7%
Q_{teorico}	[kWh]	82.712	28.226	65,9%
EE_{teorico}	[kWh]	38.097	32.639	14,3%
Q_{baseline}	[kWh]	79.582	27.158	65,9%
EE_{baseline}	[kWh]	39.777	34.078	14,3%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	21.248	5.486	74,2%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	18.576	15.915	14,3%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO ₂]	39.824	21.400	46,3%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	11.171	3.812	65,9%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	10.136	8.684	14,3%
Fornitura Energia, C_E	[€]	21.307	12.496	41,4%
C_{MO}	[€]	-	-	-
C_{MS}	[€]	-	-	-
O&M (C_{MO} + C_{MS})	[€]	-	-	-
OPEX	[€]	21.390	12.567	41,2%
Classe energetica	[-]	E	D	+1 Classe

Figura 9.9 - 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 9.11, Tabella 9.12 e Tabella 9.13 e nelle successive figure.

Tabella 9.11 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN1– EEM1+EEM2

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	n_i	1,00
Anni Gestione Servizio	n_s	14,00
Anni Concessione	n	15,00
Anno inizio Concessione	n_o	2020
Anni dell'ammortamento	n_A	10,00
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	k_{CdP}	0,02
Costo Capitale Azienda	WACC	0,04
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CdP})$	$k_{progetto}$	0,04
Inflazione ISTAT	f	0,01
deriva dell'inflazione	f'	0,01
%, interessi debito	k_D	0,04
%, interessi equity	k_E	0,09
Aliquota IRES	IRES	0,24
Aliquota IRAP	IRAP	0,04
Aliquota fiscale	τ	0,28
Anni debito (finanziamento)	n_D	7,00
Anni Equity	n_E	14,00
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_o	93.034,86
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	0,03
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	2.791,05
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	95.825,91
%CAPEX a Debito	D	0,80
%CAPEX a Equity	E	0,20
Debito	I_D	76.660,73
Equity	I_E	19.165,18
Fattore di annualità Debito	FA_D	6,13
Rata annua debito	q_D	12.497,16
Costo finanziamento,(D+INT _D)	$q_D * n_D$	87.480,15
Costi per interessi debito, INT _D	INT_D=q_D*n_D-D	10.819,43

Tabella 9.12 – Parametri Economici dell'analisi di redditività dello SCN1

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	21.389,80
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	0,00
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	21.389,80
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	0,00
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$	0,41
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$	0,00
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$	0,03
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	7.627,32
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	641,69
Risparmio PA durante la concessione	14%	51.102,00
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	10.557,19
N° di Canoni annuali	anni	14,00
Utile lordo della ESCO	%CAPEX	0,46
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	3.121,51
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	772,82
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	3.091,30
Canone O&M €/anno	C_{nM}	0,00
Canone Energia €/anno	C_{nE}	13.762,48
Canone Servizi €/anno IVA escl.	C_{nS}	13.762,48
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	C_{nD}	6.985,63
Canone Totale €/anno IVA escl.	C_n	20.748,11
Aliquota IVA %	IVA	0,22
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	16.776,78
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	35.770,94
Durata Incentivi, anni	n_B	5,00
Inizio erogazione Incentivi, anno		2022

Tabella 9.13 – 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.	6,82
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	8,70
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	25.820,56
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC	0,09
Indice di Profitto	IP	0,28
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC , Anni	T.R.S.	4,86
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	7,05
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	14.995,86
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke	0,23
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3	1,12
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1	1,78
Indice di Profitto Azionista	IP	0,16

Figura 9.10 –SCN1: Flussi di cassa del progetto



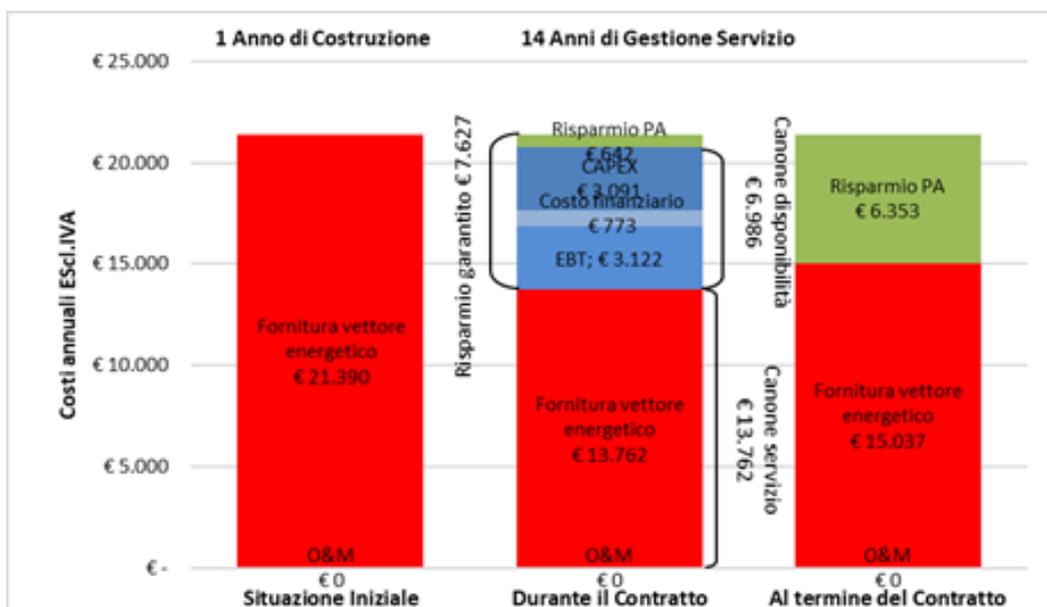
Figura 9.11 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



Dall'analisi effettuata è emerso che lo scenario di interventi risulta conveniente entrambi i soggetti, Direzione scolastica ed ESCO.

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 9.12.

Figura 9.12 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



9.3.2 Scenario 2: EEM1+EEM2+EEM3:

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

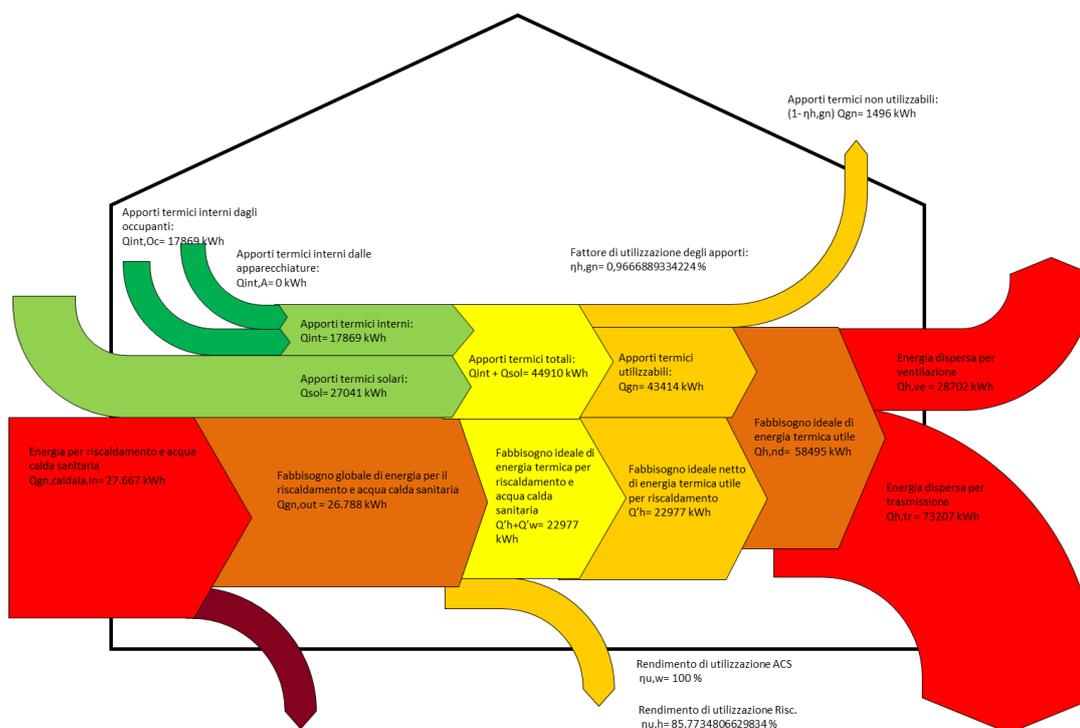
- EEM1: sostituzione serramenti
- EEM2: sostituzione generatore di calore ed installazione di termovalvole
- EEM3: sostituzione corpi illuminanti

Tabella 9.14 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 1

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE		TOTALE (IVA INCLUSA)
	(IVA ESCLUSA)	IVA AI 22%	
	[€]	[€]	[€]
EEM1 Fornitura & Posa	52.107	11.463	63.570
EEM2 Fornitura & Posa	17.219	3.788	21.007
EEM3 Fornitura & Posa	18.468	4.063	22.531
Costi per la sicurezza	2.634	579	3.213
Costi per la progettazione	6.184	1.361	7.545
TOTALE (I₀)	96.612	21.255	117.866
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO}		C _M
	(IVA INCLUSA)	(IVA INCLUSA)	
	[€]	[€]	[€]
EEM1 O&M	-	-	-
EEM2 O&M	-	-	-
EEM3 O&M	-	-	-
TOTALE (C_M)	-	-	-
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE	
		(IVA INCLUSA)	
		[€]	
Incentivi	[Conto termico]	45.623	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		9.125	

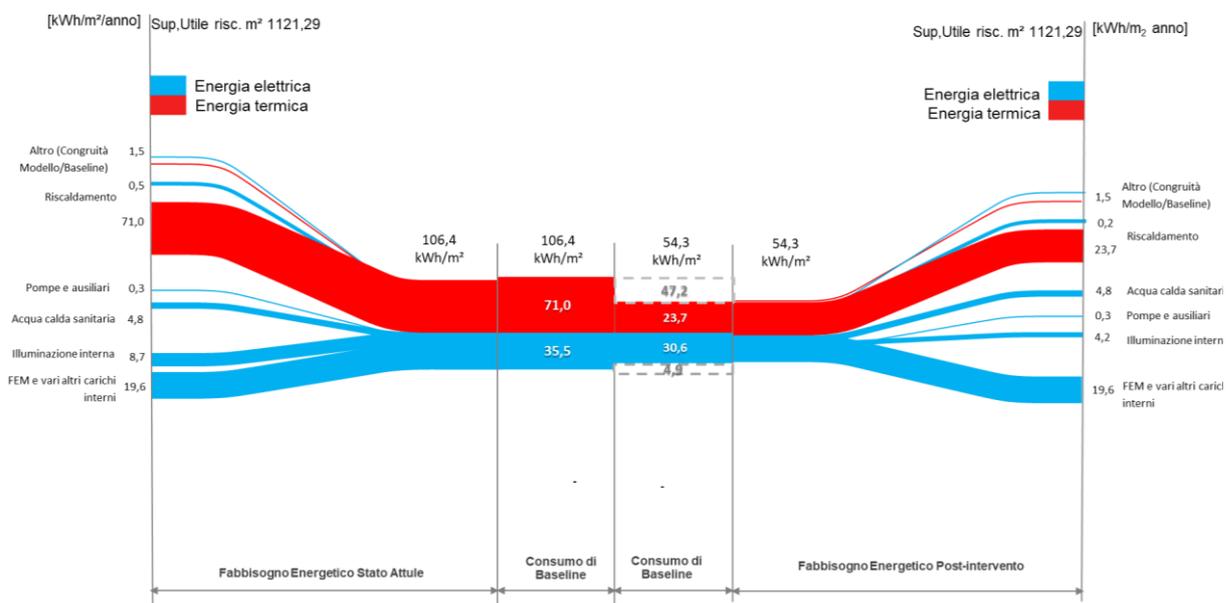
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di sankey relativo alle situazioni post-intervento.

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



Dall'analisi dei diagrammi di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio post intervento è possibile notare che il contributo relativo all'energia dispersa per trasmissione è notevolmente diminuito, insieme al fabbisogno globale di energia per il riscaldamento.

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

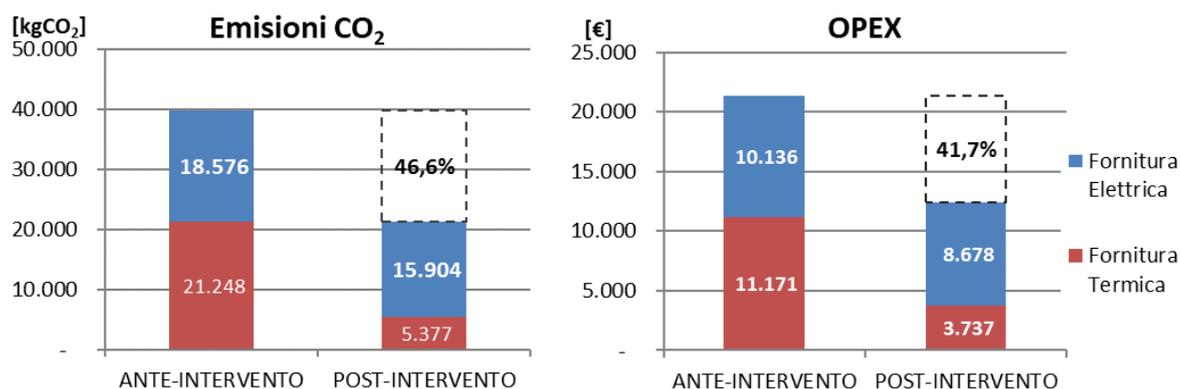


I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario 2 sono riportati nella Tabella 9.15 e nella Tabella 9.15

Tabella 9.15 – Risultati analisi SCN2 – EEM1+EEM2+EEM3

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM1 – trasmittanza termica	[W/m²K]	3,8	1,2	68,4%
EM2 - rendimento	[W]	75,3	33,3	55,8%
EM3 – potenza installata	η	81	100	-23,5%
Q _{teorico}	[kWh]	82.712	27.667	66,6%
EE _{teorico}	[kWh]	38.097	32.618	14,4%
Q _{baseline}	[kWh]	79.582	26.620	66,6%
EE _{baseline}	[kWh]	39.777	34.056	14,4%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	21.248	5.377	74,7%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	18.576	15.904	14,4%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO ₂]	39.824	21.282	46,6%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	11.171	3.737	66,6%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	10.136	8.678	14,4%
Fornitura Energia, C _E	[€]	21.307	12.415	41,7%
C _{MO}	[€]	-	-	-
C _{MS}	[€]	-	-	-
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	-	-	-
OPEX	[€]	21.390	12.486	41,6%
Classe energetica	[-]	E	C	+2 classi

Figura 9.15 – 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 9.16, Tabella 9.17 e Tabella 9.18 e nelle successive figure.

Tabella 9.16 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN2– EEM1+EEM2+EEM3

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	n_i	1,00
Anni Gestione Servizio	n_s	24,00
Anni Concessione	n	25,00
Anno inizio Concessione	n_o	2020
Anni dell'ammortamento	n_A	10,00
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	k_{CdP}	0,02
Costo Capitale Azienda	WACC	0,04
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CdP})$	$k_{progetto}$	0,04
Inflazione ISTAT	f	0,01
deriva dell'inflazione	f'	0,01
%, interessi debito	k_D	0,04
%, interessi equity	k_E	0,09
Aliquota IRES	IRES	0,24
Aliquota IRAP	IRAP	0,04
Aliquota fiscale	τ	0,28
Anni debito (finanziamento)	n_D	15,00
Anni Equity	n_E	24,00
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_o	117.866,34
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	0,03
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	3.535,99
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	121.402,33
%CAPEX a Debito	D	0,80
%CAPEX a Equity	E	0,20
Debito	I_D	97.121,87
Equity	I_E	24.280,47
Fattore di annualità Debito	FA_D	11,41
Rata annua debito	q_D	8.514,55
Costo finanziamento,(D+INT _D)	$q_D * n_D$	127.718,18
Costi per interessi debito, INT _D	INT_D=q_D*n_D-D	30.596,31

Tabella 9.17 – Parametri Economici dell'analisi di redditività dello SCN2

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	21.389,80
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	0,00
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	21.389,80
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	0,00
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$	0,42
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$	0,00
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$	0,04
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	6.833,47
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	855,59
Risparmio PA durante la concessione	14%	133.996,70
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	12.000,20
N° di Canoni annuali	anni	24,00
Utile lordo della ESCO	%CAPEX	0,51
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	2.583,88
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	1.274,85
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	2.119,16
Canone O&M €/anno	C_{nM}	0,00
Canone Energia €/anno	C_{nE}	14.556,33
Canone Servizi €/anno IVA escl.	C_{nS}	14.556,33
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	C_{nD}	5.977,88
Canone Totale €/anno IVA escl.	C_n	20.534,21
Aliquota IVA %	IVA	0,22
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	21.254,59
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	49.287,94
Durata Incentivi, anni	n_B	5,00
Inizio erogazione Incentivi, anno		2022

Tabella 9.18 – Risultati dell'analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN2

INDICATORI DI REDDITIVITÀ DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	7,84
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	11,02
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	37.264,66
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC	0,09
Indice di Profitto	IP	0,32
INDICATORI DI REDDITIVITÀ DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	2,40
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	2,70
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	26.244,08
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke	0,48
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3	1,30
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1	1,25
Indice di Profitto Azionista	IP	0,22

Figura 9.16 – SCN2: Flussi di cassa del progetto

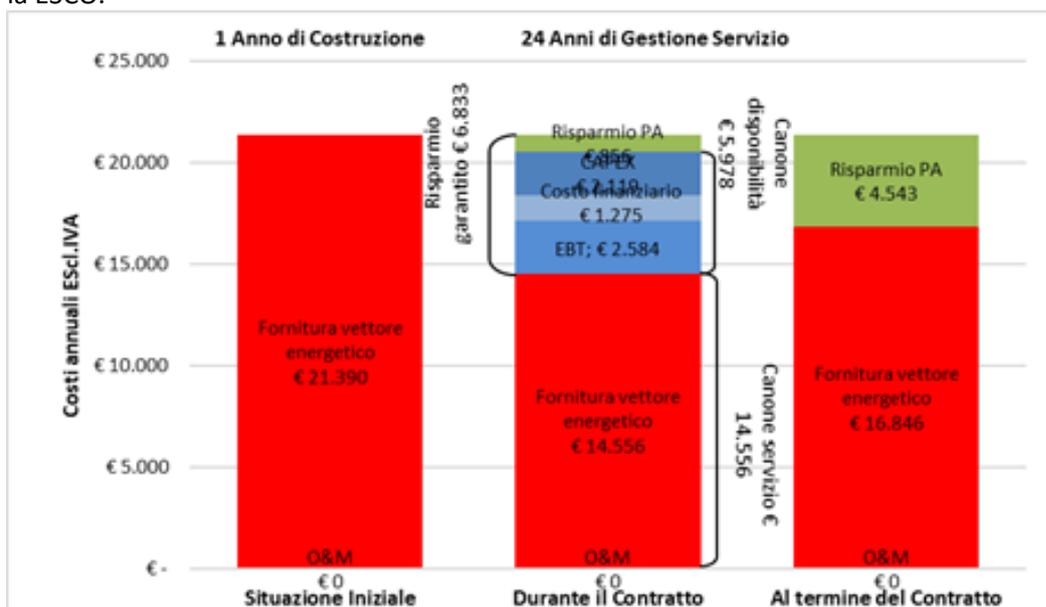
E0828 - Scuola materna privata "Umberto e Margherita"



Figura 9.17 – SCN2: Flussi di cassa dell'azionista



Dall'analisi effettuata è emerso che lo scenario di interventi risulta conveniente sia per la PA che per la ESCO.



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 Allegato L – Piano Economico Finanziario scenari

10 CONCLUSIONI

10.1 RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA

Dalle analisi e dai sopralluoghi effettuati presso la Scuola materna privata "Umberto e Margherita" è risultato che l'edificio, presenta buoni margini di efficientamento; in particolare l'impianto di riscaldamento che, pur presentandosi in buone condizioni manutentive, è ormai obsoleto e presenta elementi caratterizzati da limitate performance.

La situazione è invece differente per quanto riguarda gli indici di performance relativi al consumo di energia elettrica, che sono risultati essere insufficienti.

10.2 RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI

Gli interventi di efficientamento previsti per la struttura interessano l'involucro, l'impianto di illuminazione e l'impianto di climatizzazione, dalla sostituzione del generatore all'efficientamento dei sottosistemi di distribuzione, regolazione ed emissione.

Poiché l'edificio, pur trovandosi in buone condizioni manutentive, risulta essere dotato di elementi costruttivi ed impiantistici obsoleti, entrambi gli scenari di intervento proposti consentono un rientro degli interventi in tempi conformi alle richieste della committenza.

10.3 CONCLUSIONI E COMMENTI

La scuola è risultata essere, dal punto di vista impiantistico, in un buono stato manutentivo ma con componenti caratterizzati da scarsi rendimenti a causa della loro vetustà.

Per quanto concerne l'involucro gli standard prestazionali sono decisamente inferiori, con soluzioni costruttive che limitano gli interventi di efficientamento adottabili (muratura esterna portante) ed elementi obsoleti con bassi livelli di isolamento termico; la maggior parte dei serramenti presenti risale infatti agli anni '70 ed è del tipo a vetro singolo e telaio in legno tenero.

Tutti questi fattori fanno sì che l'edificio sia, per quanto riguarda le numerose superfici finestrate, particolarmente disperdente e che un ulteriore efficientamento del fabbricato non può prescindere dalla sostituzione di questi elementi.

ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA

	Titolo	Data	Nome file
Planimetrie Involucro	TAVOLA DI INQUADRAMENTO	26/11/2017	E00828.dwg
Planimetrie Involucro	TAVOLA PIANO PRIMO EDIFICIO SCOLASTICO/SOCIALE	26/11/2017	PIAN1.dwg
Planimetrie Involucro	TAVOLA PIANO SECONDO EDIFICIO SCOLASTICO/SOCIALE	26/11/2017	PIAN2.dwg
Planimetrie Involucro	TAVOLA PIANO TERZO EDIFICIO SCOLASTICO/SOCIALE	26/11/2017	PIAN2.dwg
Planimetrie Involucro	TAVOLA PIANO COPERTURA EDIFICIO SCOLASTICO/SOCIALE	26/11/2017	PIANC.dwg
Planimetrie Involucro	TAVOLA PIANO TERRA EDIFICIO SCOLASTICO / SOCIALE	26/11/2017	PIANT.dwg

ALLEGATO B – ELABORATI

Titolo	Descrizione	Data	Nome file
Fotografie da sopralluogo	Fotografie da sopralluogo	06/2018	ALLEGATO B_Lotto.6 – E828_Foto da 1 a 18
Estratto PUC	Estratto Piano Urbanistico comunale	06/2018	ALLEGATO B_Lotto.6 – E828_PUC
Schema impianto	Schema a blocchi impianto elettrico	06/2018	ALLEGATO B_Lotto.6 – E828_Schema_EI
Forniture energetiche	Localizzazione in planimetria dei contatori a servizio del fabbricato	06/2018	ALLEGATO B_Lotto.6 – E828_Contatori

ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

Titolo	Data	Nome file
Report di indagine termografica	06/2018	ALLEGATO C_Lotto.6 – E828

ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI

Titolo	Data	Nome file
Report relativi ad altre prove diagnostiche strumentali	06/2018	ALLEGATO D_Lotto.6 – E828

ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI

Titolo	Data	Nome file
Relazione di dettaglio dei calcoli	06/2018	ALLEGATO E_Lotto.6 – E828

ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

Titolo	Data	Nome file
Certificato CTI software	06/2018	ALLEGATO F_Lotto.6 – E828

ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

Titolo	Data	Nome file
Attestato di prestazione energetica	06/2018	ALLEGATO G_Lotto.6 – E828

ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

Titolo	Data	Nome file
Bozza di APE scenari	06/2018	ALLEGATO H_Lotto.6 – E828

ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

Titolo	Data	Nome file
Dati climatici	06/2018	GG_Lotto6-E828

ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

Titolo	Data	Nome file
Schede di audit	06/2018	Lotto.6-E828_Schede-Audit

ALLEGATO K – SCHEDE ORE

Titolo	Data	Nome file
Schede ORE	06/2018	ALLEGATO K_Lotto.6 – E828

ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI

Titolo	Data	Nome file
Piano economico finanziario scenari	06/2018	Lotto.6-E828_analisi-PEF

ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

Titolo	Data	Nome file
Report di benchmark	06/2018	ALLEGATO M_Lotto.6 – E828

ALLEGATO N – CD-ROM

[Allegare CD-ROM o altro supporto di archiviazione digitale contenente tutta la documentazione relativa al Rapporto di Diagnosi Energetica e suoi allegati, in formato WORD, EXCEL e PDF con firma digitale certificata per gli elaborati documentali e formato DWG compatibile con i più diffusi software CAD per gli elaborati grafici.]

