

Scuola materna statale "XVI GIUGNO 44" E0827

Via Santa Maria della Costa, 37 - Genova

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA
FONDO KYOTO - SCUOLA 3



Luglio/2018

COMUNE DI GENOVA
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER



COMUNE DI GENOVA



D B A PROGETTI

**Scuola materna statale "XVI GIUGNO 44"
E0827
Via Santa Maria della Costa, 37 - 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	Angelo Le Pera	Francesca Bottega	Alessandro Bertino	Prima Pubblicazione
			Matteo Zanutto		
[1]	26/07/2018	Angelo Le Pera	Francesca Bottega	Alessandro Bertino	Revisione come richiesta dalla PA in data 11/07/2018
			Matteo Zanutto		

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
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.....	9
2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO.....	10
3 DATI CLIMATICI	12
3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO.....	12
3.2 DATI CLIMATICI REALI.....	13
3.3 ANALISI DELL’ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO	13
4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI	15
4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL’INVOLUCRO EDILIZIO.....	15
4.1.1 <i>Involucro opaco</i>	15
4.1.2 <i>Involucro trasparente</i>	16
4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/ CLIMATIZZAZIONE INVERNALE.....	17
4.2.1 <i>Sottosistema di emissione</i>	17
4.2.2 <i>Sottosistema di regolazione</i>	18
4.2.3 <i>Sottosistema di distribuzione</i>	20
4.2.4 <i>Sottosistema di generazione</i>	21
4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA	21
4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO/CLIMATIZZAZIONE ESTIVA	22
4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA	22
4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE	22
4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE	23
4.8 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DI IMPIANTI DI PRODUZIONE ENERGIA ELETTRICA O COGENERAZIONE	24
5 CONSUMI RILEVATI	24
5.1 CONSUMI ENERGETICI STORICI PER CIASCUN VETTORE E CONNESSIONE ALLE RETI GAS NATURALE ED ELETTRICA.....	24
5.1.1 <i>Energia termica</i>	24
5.1.2 <i>Energia elettrica</i>	27
5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI	31
6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO.....	36
6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO	36
6.1.1 <i>Validazione del modello termico</i>	37
6.1.2 <i>Validazione del modello elettrico</i>	38
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI.....	38
6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI.....	40
7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO	42



7.1	COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI	42
7.1.1	<i>Vettore termico</i>	42
7.1.2	<i>Vettore elettrico</i>	42
7.2	TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL’ANALISI.....	47
7.3	COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI.....	48
7.4	BASELINE DEI COSTI.....	49
8	IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA	51
8.1	DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI	51
8.1.1	<i>Involucro edilizio</i>	51
8.1.2	<i>Impianto riscaldamento</i>	52
8.1.3	<i>Impianto di illuminazione ed impianto elettrico</i>	54
9	VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA.....	55
9.1	ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI	55
9.2	ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI	60
9.3	IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D’INTERVENTO E SCENARI D’INVESTIMENTO	66
9.3.1	<i>Scenario 1: EEM2+EEM3</i>	68
9.3.2	<i>Scenario 2: EEM2+EEM3</i>	73
10	CONCLUSIONI	79
10.1	RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA	79
10.2	RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI	79
10.3	CONCLUSIONI E COMMENTI.....	79
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		1964
Anno di ristrutturazione		-
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E.7 Edificio scolastico
Superficie utile riscaldata	[m ²]	920,98
Superficie disperdente (S)	[m ²]	1.132,54
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	2.984,42
Rapporto S/V	[1/m]	0,38
Superficie netta aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	1.087
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	1.014,47
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	648
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	1.662,47
Tipologia generatore riscaldamento		Caldaia a gas
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	151,5
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	Non presente
Tipo di combustibile		Gas metano
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler elettrici
Emissioni CO ₂ di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	19,23
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{th} /anno]	65.360
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	5.266
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	12.911
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	2.960

Nota (1): Valori di Baseline

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

- EEM 1: Sostituzione serramenti
- EEM 2: Installazione termovalvole e sostituzione generatore di calore
- EEM 3: Sostituzione corpi illuminanti
- SCN 1: EEM2
- SCN 2: EEM2+EEM3

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

	%Δ _E [%]	%Δ _{CO₂} [%]	ΔC _E [€/anno]	ΔC _{MO} [€/anno]	ΔC _{MS} [€/anno]	CON INCENTIVI								
						I ₀ [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]	DSCR	LLCR
EEM 1	25%	27%	2.065,0	-	-	97.457,4	39,3	60,6	30,0	-50.665,7	-0,0197	-0,52		
EEM 2	36%	38%	2.921,7	1.203,8	-	25.778,5	4,4	5,0	15,0	22.972,9	0,1746	0,89		
EEM 3	5%	4%	392,3	-	-	6.529,3	8,7	9,9	8,0	-1.289,8	-0,027	-0,20		
SCN 1	36%	38%	2.931,4	1.203,8	-	25.778,5	6,0	6,8	15,0	13.299,0	0,133	0,52	1,4	1,8
SCN 2	49%	52%	3.991,4	1.203,8	-	32.307,8	13,49	25,12	25,0	-140	0,0398	-0,0011	1,031	0,939

Figura 0.1 – Scenario 1: analisi finanziaria

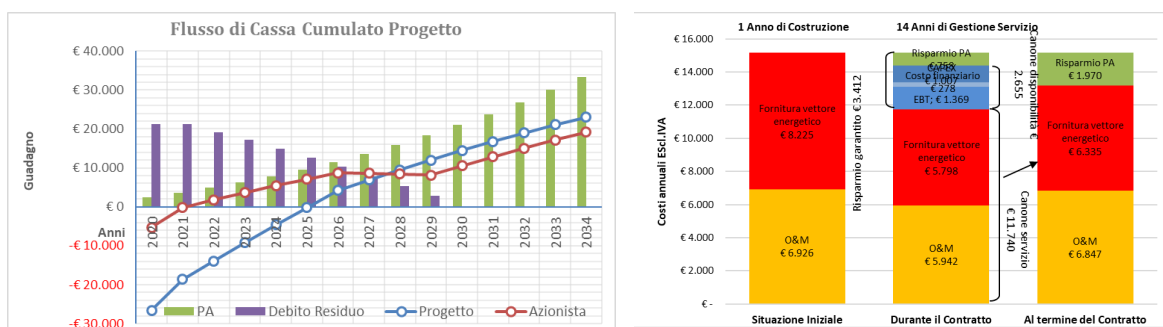
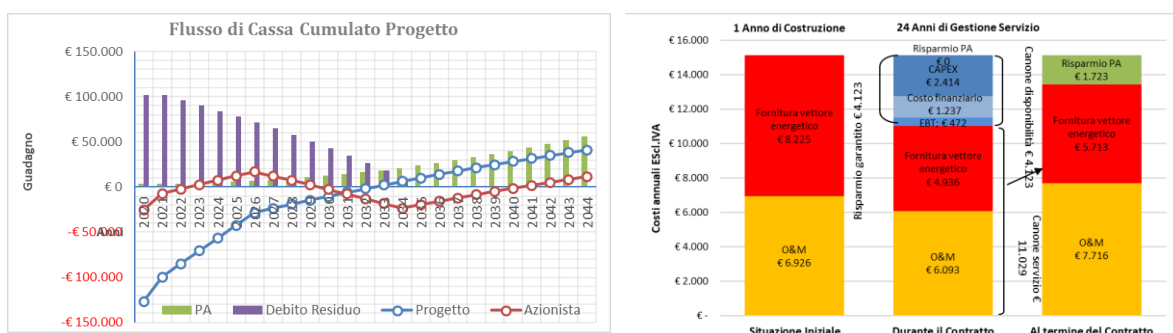


Figura 0.2 – Scenario 2: analisi finanziaria



Dalle analisi fatte sull'edificio è emerso che l'unico scenario economicamente vantaggioso per entrambi i soggetti, ESCO e PA, è quello che prevede la sostituzione del generatore senza l'installazione di corpi illuminanti maggiormente efficienti.

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 gli attuali consumi, in quanto tali edifici risultano essere particolarmente energivori.

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

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

1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA

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

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

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

Scopo della DE è quindi 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.

Figura 1.1 - Vista della facciata Nord-Ovest



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 NCT Sezione C F. 53 Mapp. 610 Sub. 0 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 media inferiore. Nella seguente tabella sono riportate le principali caratteristiche geometriche ed impiantistiche dell'edificio.

Figura 1.2 – Ubicazione dell'edificio

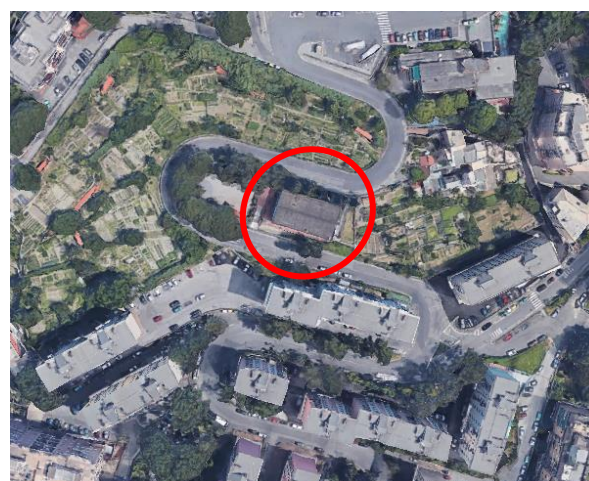


Tabella 1.2 - Tabella riepilogativa dei dati dell'edificio

PARAMENTO	U.M.	VALORE
Anno di costruzione edificio		1964
Anno di ristrutturazione		-
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E.7 Edificio scolastico
Superficie utile riscaldata	[m ²]	920,98
Superficie disperdente (S)	[m ²]	1.132,54
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	2.984,42
Rapporto S/V	[1/m]	0,38
Superficie netta aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	1.087
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	1.014,47
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	648
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	1.662,47
Tipologia generatore riscaldamento		Caldia a gas
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	151,5
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	Non presente
Tipo di combustibile		Gas metano
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler elettrici

Emissioni CO2 di riferimento ⁽²⁾	[t/anno]	19,23
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽²⁾	[kWh _{th} /anno]	65.360
Spesa annuale Gas Metano ⁽²⁾	[€/anno]	5.266
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽²⁾	[kWh _{el} /anno]	12.911
Spesa annuale energia elettrica ⁽²⁾	[€/anno]	2.960

Nota (2): Valori di Baseline

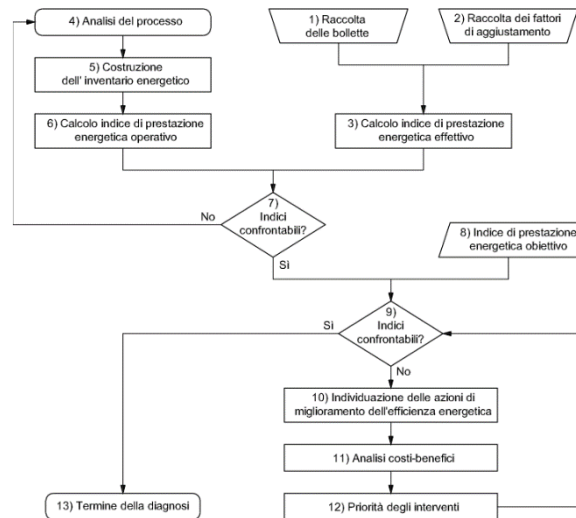
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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 30/11/2017 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, Assista, 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.

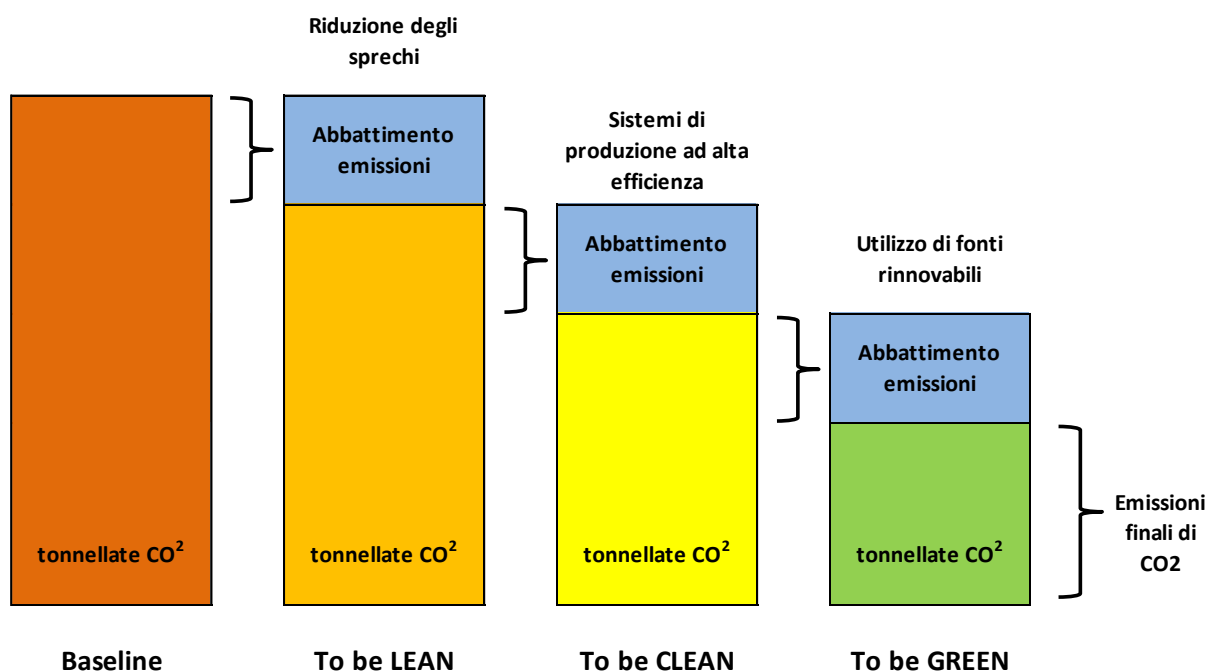
- o) Analisi costi-benefici e di redditività finanziaria derivanti dalla realizzazione delle EEM previste singolarmente, con riferimento ai principali indicatori finanziari ed ai possibili sistemi di incentivazione;
- p) Valutazione economico-finanziaria dei due scenari ottimali previsti, a partire dal “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.

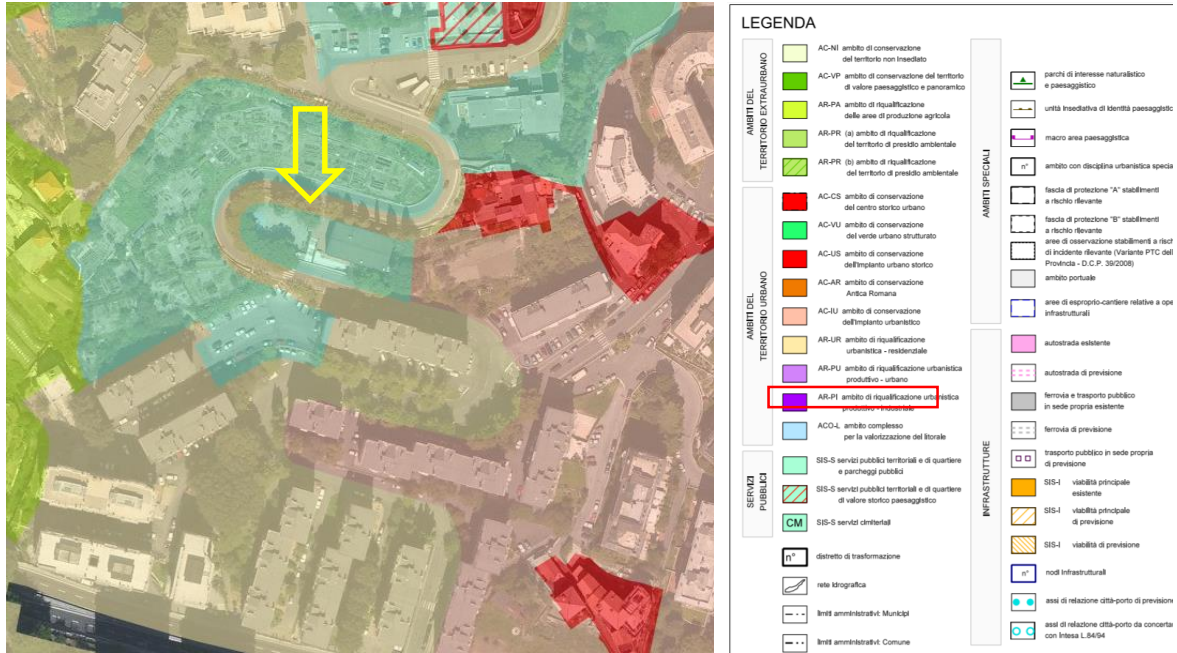
2 DATI DELL'EDIFICIO

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 Elementare è stato costruito a fine anni ’60 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 ingresso, refettorio e cucina; ai piani superiori sono dislocate le aule. Il piano secondo è condiviso con un circolo anziani che occupa un’area di circa 150 mq.

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)

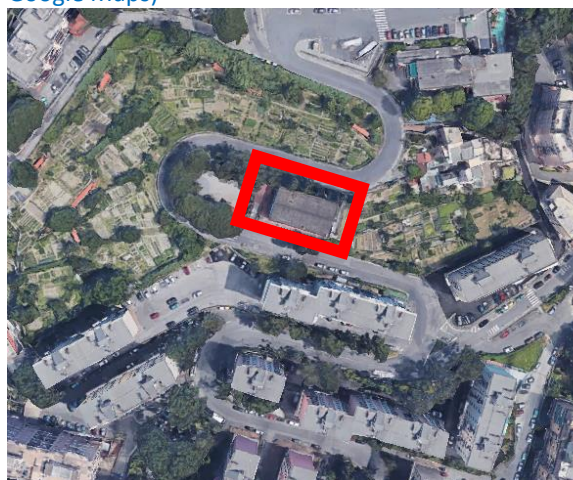


Tabella 2.1 - Suddivisione in piani dell’edificio

PIANO	UTILIZZO	U.M.	SUPERFICIE LORDA COMPLESSIVA ⁽³⁾	SUPERFICIE UTILE RISCALDATA ⁽⁴⁾	SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA ⁽³⁾
Terra	Ingresso, Cucina, Refettorio	[m ²]	335,51	310,36	-
Primo	Aule,	[m ²]	339,48	295,93	-
Secondo	Aule, Circolo anziani	[m ²]	339,48	314,69	-
TOTALE		[m²]	1.014,47	920,98	-

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

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

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

L'edificio non è soggetto a vincoli architettonici.

Figura 2.3 - Particolare estratto dalla carta dei vincoli

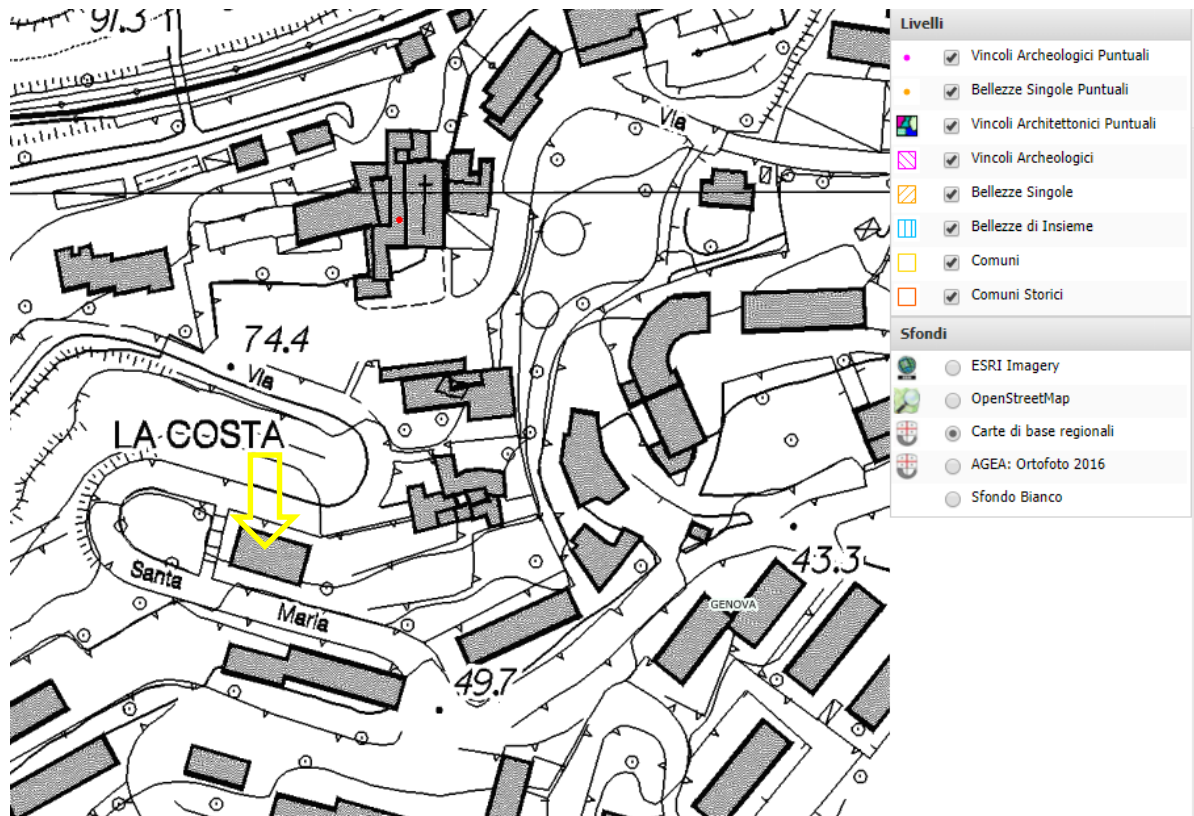


Tabella 2.2 - Misure di efficienza energetica individuate e valutazione delle interferenze con gli attuali vincoli

MISURA DI EFFICIENZA ENERGETICA	VINCOLO INTERESSATO	VALUTAZIONE INTERFERENZA ⁽⁵⁾	MISURA DI TUTELA DA ADOTTARE
EEM 1: Sostituzione serramenti	Nessun Vincolo		
EEM 2: Installazione termovalvole e sostituzione generatore di calore	Nessun Vincolo		
EEM 3: Sostituzione corpi illuminanti	Nessun Vincolo		

Nota (5): Legenda livelli di interferenza:

	Non perseguibile
	Perseguibile tramite adozione misure di tutela indicate
	Interferenza nulla

2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO

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

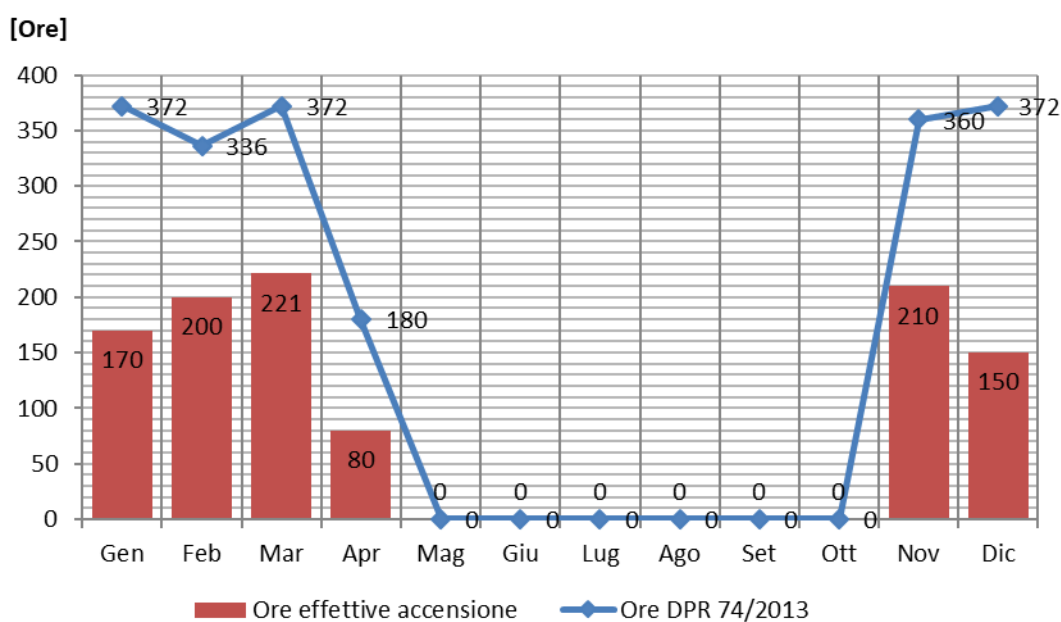
Gli orari di effettivo utilizzo dell’edificio sono stati ricavati tramite interviste agli operatori presenti, mentre i periodi di attivazione e spegnimento degli impianti sono stati rilevati, quando possibile, dal display del sistema di gestione degli stessi presente in centrale termica.

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

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

PERIODO	GIORNI SETTIMENALI	ORARIO FUNZIONAMENTO EDIFICIO	ORARIO FUNZIONAMENTO IMPIANTO
Dal 1 Novembre al 15 Aprile	[dal lunedì al venerdì]	07.30 – 18.00	06.30 – 16:30
	[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.

Dal punto di vista manutentivo, attualmente le condizioni di Conduzione e Manutenzione (O&M) degli impianti a servizio dell’edificio scolastico oggetto della DE sono definite dal contratto Servizio Integrato Energia 3 che prevede l’affidamento ad un unico Gestore, del Servizio Energia, ovvero tutte le attività di gestione, conduzione e manutenzione degli impianti termici, compresa l’assunzione del ruolo di Terzo Responsabile, e di tutti gli impianti ad essi connessi. Tale contratto è stato stipulato a partire da Ottobre 2016 ed ha una durata di 6 anni.

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

3 DATI CLIMATICI

3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO

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

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

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

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

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

Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 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	-	-	10	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	13	137	16%
TOTALE	365	16,7	166	1421	208	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 rosso nella Figura 3.1

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

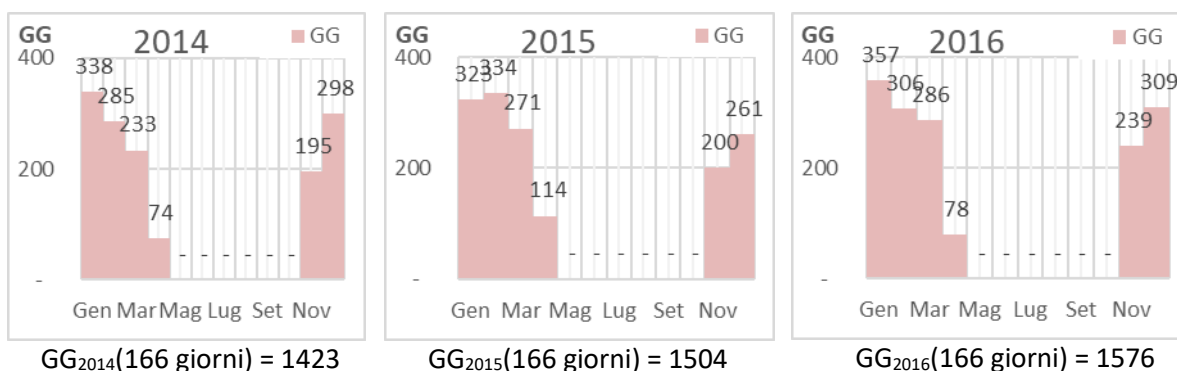
Figura 3.1 – Posizionamento della centralina meteo climatica rispetto all’edificio oggetto di DE



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



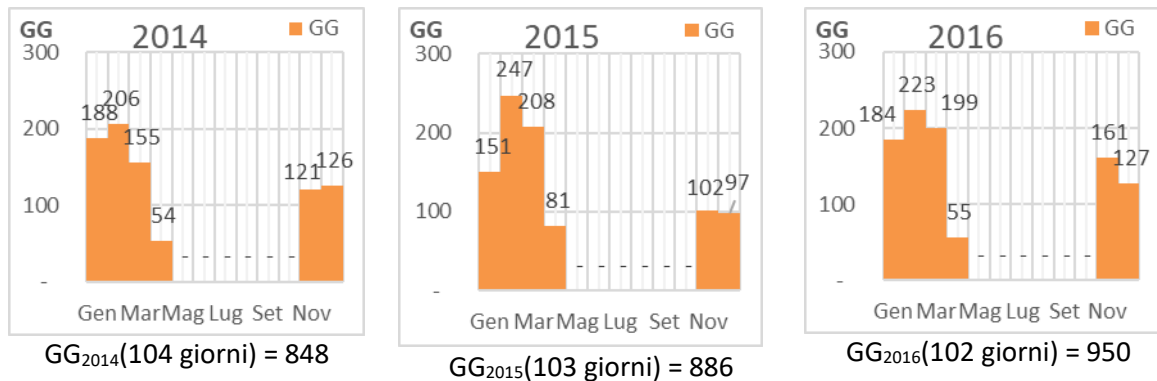
Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell’impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG reali sono stati ricalcolati in funzione

del numero di giorni effettivi di accensione dell’impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 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.

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.

Il numero di giorni effettivi di accensione dell’impianto termico utilizzati in Tabella 3.2 fanno riferimento alla media dei tre anni oggetto di analisi.

4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI

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 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO

4.1.1 Involucro opaco

L'involucro edilizio opaco che costituisce l'edificio è sostanzialmente composto da una struttura intelaiata con tamponamenti in pannelli sandwich preisolati.

Questa è una buona soluzione per quanto riguarda le caratteristiche termiche dell'involucro ed essendo esterna alla pilastratura in acciaio limita anche l'effetto dei ponti termici. Come visibile dalla foto non sono invece evitati i ponti termici derivanti dalla presenza del solaio in cemento armato.

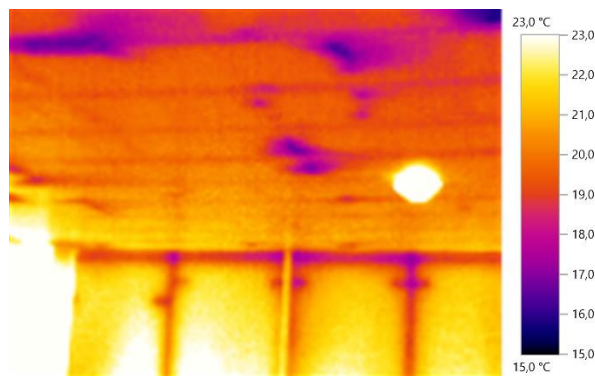
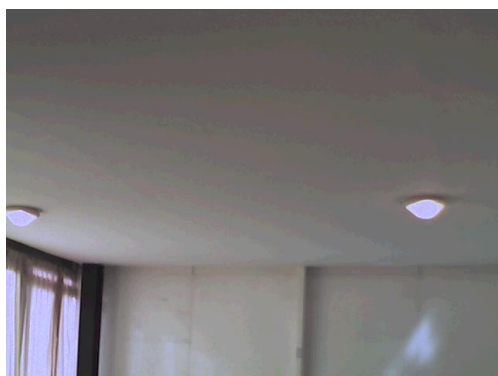
Ai fini di un'identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell'involucro opaco si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione delle seguenti indagini diagnostiche:

- Rilievo termografico eseguito tramite l'utilizzo di termo camera, 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 4.1 - Particolare della porzione di involucro esterno del fabbricato



Figura 4.2 – Rilievo termografico della parete e del solaio dall'interno



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; si tratta di un’indagine puramente qualitativa finalizzata all’individuazione delle componenti edilizie e di eventuali ponti termici presenti. La definizione delle prestazioni dei pacchetti costruttivi 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 ottenuti 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	COP01	66	Assente	1,7	medio
Parete verticale	PE 01	5,5	5 cm	0,6	medio
Pavimento controterra	PAV1	54	Assente	0,42	buono
Pavimento verso ZNR	PAV2	28	Assente	1,4	buono

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

4.1.2 Involucro trasparente

L’involucro trasparente che costituisce l’edificio è composto da serramenti con telaio in alluminio non a taglio termico e vetro singolo, a parte alcuni serramenti che sono stati sostituiti con doppi vetri con intercapedine da 6 mm.

Lo stato di conservazione dei serramenti è buono, tuttavia le caratteristiche termiche sono causa di elevate dispersioni termiche.

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

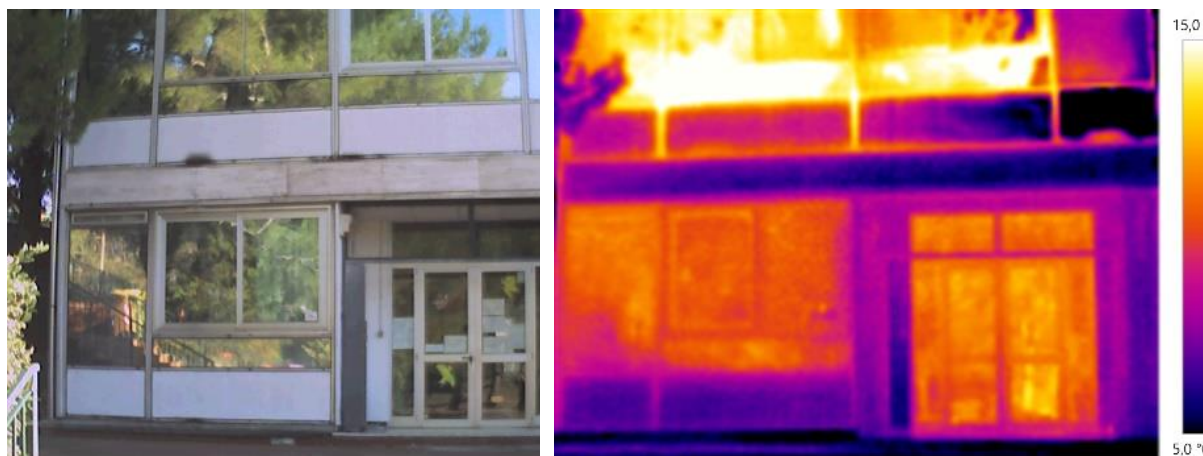
La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- Il telaio dei serramenti è un punto di grande dispersione dell’involucro dell’edificio;
- Lo spessore esiguo del vetro nei serramenti è causa non solo di maggiori dispersioni termiche ma anche di uno scarso isolamento acustico delle aule.

Figura 4.3 - Particolare dei serramenti



Figura 4.4 – Rilievo termografico dei serramenti



Come per l’involucro opaco, non è stato possibile ricavare dalla sola termografia informazioni circa la possibile trasmittanza termica degli elementi vetrati; si sono quindi “ricostruiti” gli elementi rilevati su appositi software di simulazione (EC700) ricavando così i valori di trasmittanza termica per ogni tipologia di serramento individuata in fase di sopralluogo. I risultati sono riportati nella Tabella 4.2 di seguito riportata.

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	W-01	205x240	Metallo a T.T.	doppio	3,01	buono
Serramento verticale	W-02	205x240	Metallo senza T.T.	singolo	5,00	buono
Serramento verticale	W-03	205x120	Metallo senza T.T.	singolo	5,01	buono
Serramento verticale	W-04	80x115	Metallo senza T.T.	smerigliato	5,28	buono
Serramento verticale	W-05	600x27	Metallo senza T.T.	plexiglas	4,64	buono
Serramento verticale	W-06	80x115	Metallo senza T.T.	smerigliato	5,28	buono

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

4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/CLIMATIZZAZIONE INVERNALE

L’impianto di riscaldamento degli ambienti è costituito da una caldaia a basamento installata in centrale termica che va ad alimentare direttamente il circuito di distribuzione a servizio delle piastre radianti.

4.2.1 Sottosistema di emissione

Il sottosistema di emissione è costituito da principalmente da piastre radianti in alluminio con elementi da 27 cm 65 cm di altezza; tali piastre sono posizionate lungo la gran parte del perimetro del fabbricato su parete esterna.

Il rendimento di emissione desunto dal modello di calcolo delle DE è pari a 96,7%.

Figura 4.5 - Particolare installazione radiatori

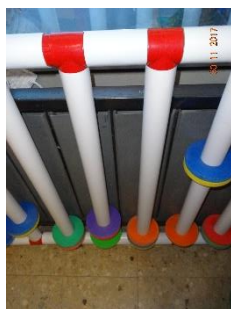


Figura 4.6 - Particolare installazione radiatori



Le caratteristiche dei terminali di emissione installati sono sintetizzate nella Tabella 4.3.

Tabella 4.3 - Riepilogo caratteristiche dei terminali di emissione installati

PIANO	TIPO DI INSTALLAZIONE	NUMERO PIASTRE	POTENZA TERMICA UNITARIA	POTENZA TERMICA COMPLESSIVA	POTENZA FRIGORIFERA UNITARIA	POTENZA FRIGORIFERA COMPLESSIVA
			[kW]	[kW]	[kW]	[kW]
Terra	A parete	256	0,061	≈ 15,7	n.p	n.p
Primo	A parete	279	0,057	≈ 16,1	n.p	n.p
Primo	A parete	303	0,068	≈ 20,8	n.p	n.p
TOTALE	A parete	838	0,063	53	n.p	n.p

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 20°C. La regolazione adottata per la gestione dell'impianto è del tipo climatica con sonda di temperatura esterna e monitoraggio della temperatura dei fluidi di mandata e ritorno in centrale termica; è presente una valvola a 3 vie a monte del circolatore.

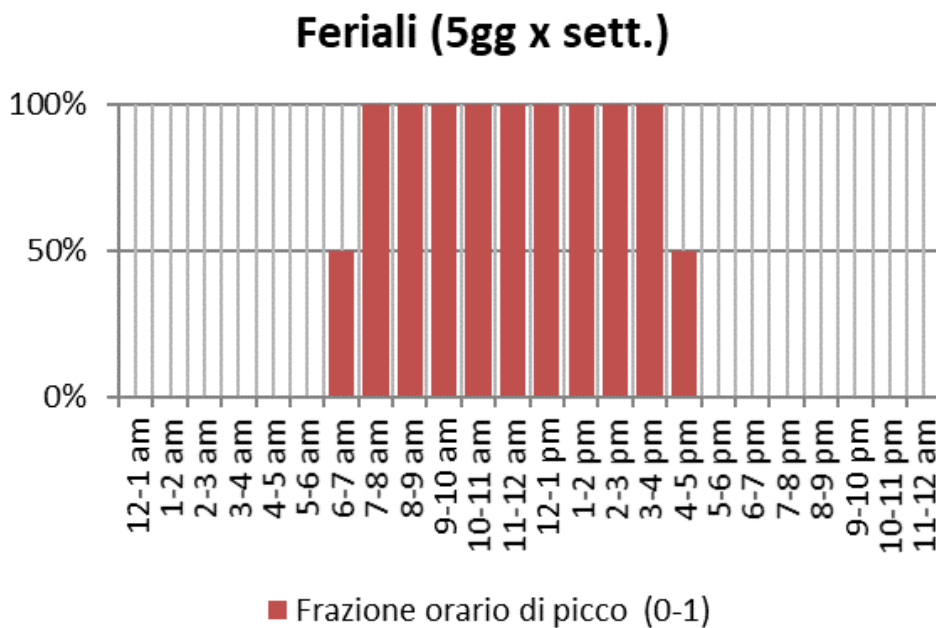
L'architettura dell'impianto di climatizzazione prevede un'unica zona termica; in realtà è fisicamente presente al piano secondo una porzione separata adibita a centro anziani, tuttavia dal punto di vista termico ed energetico l'impianto è unico e la zona termica è quindi unica. La regolazione agisce quindi sulla temperatura di mandata dell'acqua dalla caldaia, sulla valvola a 3 vie del circuito radiatori e sull'attivazione della pompa gemellare di mandata dell'impianto.

Figura 4.7 - Particolare della pompa di circolazione, valvola a 3 vie e lettura di temperatura



Di seguito sono riportati i profili orari di funzionamento degli impianti:

Figura 4.8 - Profilo di funzionamento invernale dell'impianto



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

I rendimenti di regolazione desunti dal modello di calcolo delle DE sono riportati nella Tabella 4.4:

Tabella 4.4 - Rendimenti del sottosistema di regolazione

ZONA TERMICA	TIPO DI REGOLAZIONE	RENDIMENTO
Zona unica	Climatica	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 collegamento tra la caldaia e l’utenza dotato di pompa di circolazione gemellare a velocità fissa e pompa anticondensa singola a velocità fissa, le cui caratteristiche sono riportate nella Tabella 4.5. Alcune porzioni di tubazione in centrale termica appaiono non isolate a seguito dell’intervento di installazione del contabilizzatore.

Tabella 4.5 - Riepilogo caratteristiche pompe

NOME	SERVIZIO	PORTATA ⁽⁶⁾ [m ³ /h]	PREVALENZA ⁽⁶⁾ [kPa]	POTENZA ASSORBITA ⁽⁶⁾ [kW]
Caldaia P1	Anticondensa	16,5	15-67	0,39
Caldaia P2	Pompa primario	54	25-110	0,83
TOTALE				1,22

Nota (6): Valori ricavati da dati di targa

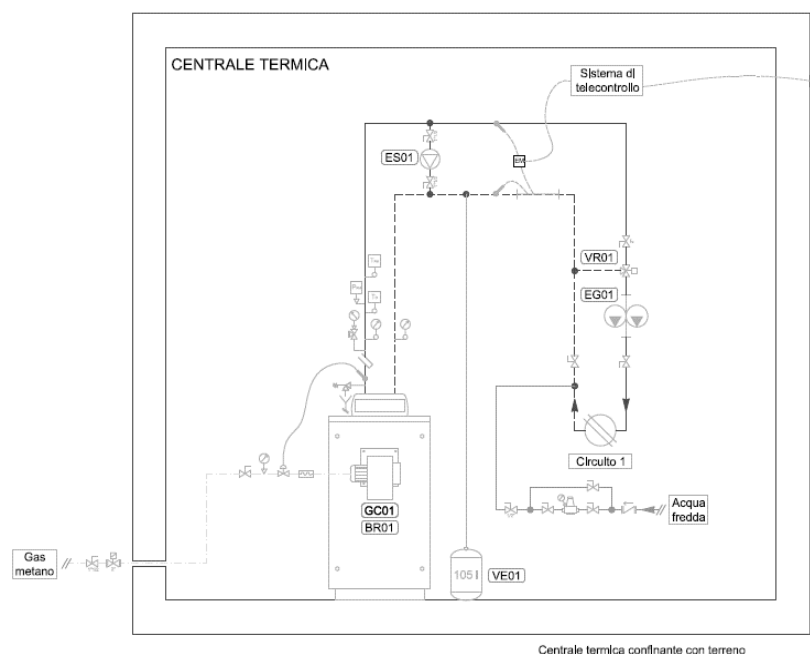
Le temperature del fluido termovettore all’interno del circuito sono riportate nella Tabella 4.6.

Tabella 4.6 – Temperature di mandata e ritorno del circuito

CIRCUITO	TEMPERATURA RILEVATA ⁽⁷⁾ °C	TEMPERATURA CALCOLO °C
Caldaia	Mandata - Caldo	64°C
	Ritorno - Caldo	54°C

Nota (7): Valori rilevati il giorno 30/11/2017 alle ore 10.00, in orario di lezione, con una temperatura esterna di circa 14°C

Figura 4.9 - Particolare dello schema di impianto [(Fonte: Tavola 052-S01-001-CENTRALE TERMICA.dwg)]



Il rendimento complessivo del sottosistema di distribuzione è stato assunto nella DE pari a 98,1%. 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 basemento installata in centrale termica, al piano primo interrato. La macchina è una Riello, modello 3900.130, le cui caratteristiche sono riportate nella seguente Tabella 4.7.

Figura 4.10 - Caldaia a basemento



Figura 4.11 - Targhetta caldaia



Tabella 4.7 - Riepilogo caratteristiche sistema di generazione

Servizio	MARCA	MODELLO	ANNO DI COSTRUZIONE	POTENZA AL FOCOLARE ⁽⁸⁾	POTENZA TERMICA UTILE ⁽⁸⁾	RENDIMENTO ⁽⁸⁾	POTENZA ASSORBITA COMPLESSIVA ⁽⁸⁾
				[kW]	[kW]		[kW]
G1 Riscaldamento	Riello	3900.130	2000	167	151,5 (60°-70°)	92,7%	0,56 kW

Nota (8): Valori ricavati da dati di targa

Dall'analisi dei fumi il rendimento di combustione è risultato pari al 91,4% mentre il rendimento da scheda tecnica è pari al 92,7%. Nella DE il rendimento della caldaia è stato assunto pari a 91,95%. Il rendimento complessivo del sottosistema di generazione, in regime di riscaldamento è stato assunto nella DE pari a 86,8²%.

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

4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA

Il consumo di acqua calda sanitaria è ridotto e la produzione è affidata a cinque boiler elettrici installati localmente nei servizi igienici.

¹ UNI TS 11300-2 2014

² UNI TS 11300-2 2014

Figura 4.12 - Boiler elettrico tipo



Figura 4.13 - Boiler ACS bagno personale e cucina



I rendimenti caratteristici dei sottosistemi dell’impianto di produzione acqua calda sanitaria sono riportati nella Tabella 4.8.

Tabella 4.8 – Rendimenti dell’impianto di produzione acqua calda sanitaria

SOTTOSISTEMA DI EROGAZIONE	SOTTOSISTEMA DI DISTRIBUZIONE	SOTTOSISTEMA DI RICIRCOLO	SOTTOSISTEMA DI ACCUMULO	SOTTOSISTEMA DI GENERAZIONE	RENDIMENTO GLOBALE MEDIO STAGIONALE
100%	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 è presente un impianto di raffrescamento/climatizzazione estiva.

4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA

Non è presente un impianto di ventilazione meccanica.

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 4.9.

Tabella 4.9 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche

ZONA TERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA NOMINALE [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]	ORE ANNUE DI UTILIZZO [ore]
	Multifunzione	2	200	400	439,4 (2,1 h/g per 208 gg)
	PC	7	225	1.575	823,8 (4,0 h/g per 208 gg)
	TV/Stereo	1	75	75	439,4 (2,1 h/g per 208 gg)
	Sistemi monosplit	2	2.500	5.000	109,8 (2,2 h/g per 51 gg)
	Condizionatore portatile	1	1.190	1.190	109,8 (2,2 h/g per 51 gg)
	Distributori	1	1000	1.000	8.760 (24 h/g per 365 gg)
	Centrali allarme	2	115	130	8.760 (24 h/g per 365 gg)

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 alla forza elettromotrice.

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.

Figura 4.14 - Particolare corpi illuminanti aule



L'elenco e le caratteristiche dei corpi illuminanti sono riportate nella Tabella 4.10.

Tabella 4.10 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

ZONA TERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA UNITARIA [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]
Zona termica unica	fluorescenti 4x18W	73	72	5.256
	fluorescenti 2x36W	8	72	576
	fluorescenti 1x26W	4	26	104

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



Figura 4.16 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nei corridoi



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 biennio 2015 e 2016 per il vettore termico, e 2014-2015-2016 per quello elettrico.

I vettori energetici analizzati sono i seguenti:

- Gas metano;
- Energia elettrica;

5.1.1 Energia termica

Il vettore termico utilizzato per la climatizzazione invernale della struttura, la produzione di ACS e la cucina della mensa è il Gas Metano.

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

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

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

Nota (9) Fonte: Prospetto B.19 UNI TS 11300-2:2014

La fornitura di Gas metano avviene tramite la presenza di due contatori a servizio dei seguenti utilizzi:

- Centrale termica per il riscaldamento degli ambienti;
- Uso cottura

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

L’analisi dei consumi storici di gas metano riferita ai consumi per l’impianto di riscaldamento si basa sulla base di m³ annui di gas metano forniti dalla PA e riportati nel file Excel “kyotoBaseline-E0827_rev09” (i valori sono quelli forniti dalla società di distribuzione).

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

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

PDR	Utilizzo	2014	2015	2016	2014	2015	2016
		[Sm ³]	[Sm ³]	[Sm ³]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
16220050522301	Riscaldamento	-	6.512,91	8.179	-	61.352	77.046
03270007483786	Uso Cottura	-	259	111	-	2.440	1.046

Sul file kyotoBaseline-E0827_rev09 per il POD 03270007483786 i consumi risultano nulli per i tre anni. Parallelamente all’analisi dei consumi storici forniti dalla società di distribuzione si è provveduto alla valutazione dei consumi fatturati nel triennio di riferimento.

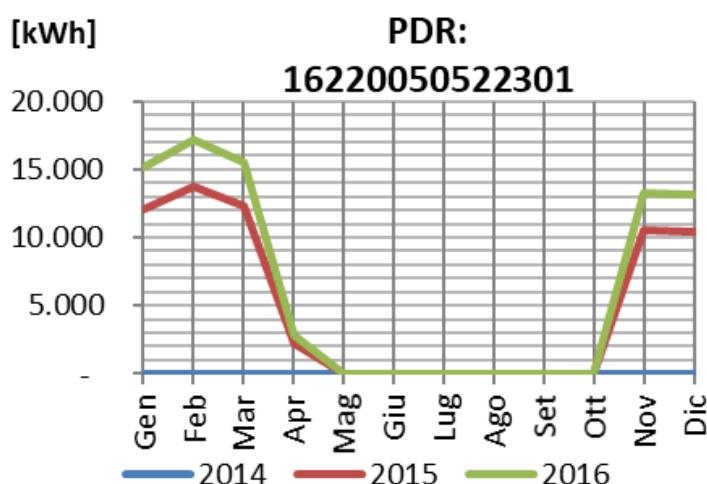
L’andamento dei consumi stagionali del vettore energetico è stato desunto dal modello energetico dell’edificio, applicando la percentuale mensile di incidenza dei consumi ai totali annui forniti dalla PA. L’andamento mensile dei consumi è riportato nella Tabella 5.3.

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

PDR: 16220050522301	2014	2015	2016	2014	2015	2016
	[Sm ³]	[Sm ³]	[Sm ³]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Mese						
Gen		1.285	1.614	-	12.107	15.204
Feb		1.454	1.826	-	13.695	17.198
Mar		1.309	1.644	-	12.334	15.488
Apr		242	303	-	2.275	2.857
Mag		-	-	-	-	-
Giu		-	-	-	-	-
Lug		-	-	-	-	-
Ago		-	-	-	-	-
Set		-	-	-	-	-
Ott		-	-	-	-	-
Nov		1.117	1.402	-	10.520	13.211
Dic		1.106	1.389	-	10.422	13.087
Totale	-	6.513	8.179	-	61.352	77.046

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

Figura 5.1 – Andamento mensile dei consumi termici fatturati



I consumi annuali non hanno subito una sostanziale variazione e gli andamenti sono i medesimi nelle due annualità considerate.

Considerando che i consumi di gas metano a servizio degli impianti di riscaldamento degli ambienti sono soggetti a variazioni dovute all'andamento degli effettivi dati climatici che hanno caratterizzato il triennio di riferimento, si è reso necessario riportare tali consumi ad un comportamento normalizzato e non più strettamente dipendente dalle caratteristiche climatiche dell'anno a cui si riferiscono, con lo scopo di ottenere un consumo destagionalizzato che possa poi essere utilizzato per effettuare la taratura del modello energetico di cui al capitolo 6.1.

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

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

Dove:

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

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

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

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:

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

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

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

\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 con 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 gas metano forniti dalla società di distribuzione.

Tabella 5.4 – Normalizzazione dei consumi annuali di energia termica

ANNO	GG _{REAL} SU 103 GIORNI	GG _{RIF} SU 103 GIORNI	CONSUMO REALE RISC. [Smc]	CONSUMO REALE RISC. [kWh]	α_{rif}	CONSUMO NORMALIZZATO A [867] GG [kWh]	CONSUMO ACS [kWh]	CONSUMO ALTRO [kWh]
2014								-
2015	886	867	6.513	61.352	69,2	60.037		-
2016	950	867	8.179	77.046	81,1	70.315		-
Media	895	867	7.346	69.199	75	65.176		

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 5.5:

Tabella 5.5 – Individuazione della Baseline termica

GRANDEZZA	VALORE [kWh]
\bar{Q}_{ACS}	-
\bar{Q}_{ALTRO}	-
$\bar{\alpha}_{rif} \times GG_{rif}$	65.355
$Q_{baseline}$	65.355

5.1.2 Energia elettrica

La fornitura di energia elettrica avviene tramite la presenza di un contatore il quali risulta a servizio di tutto il fabbricato.

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

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

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

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

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

POD	ZONA SERVITA	2014 [kWh]	2015 [kWh]	2016 [kWh]	MEDIA [kWh]
IT001E00096310	Scuola Materna	13.545	12.454	12.735	12.911
IT001E00122347	Circolo anziani	5.793	7.206	8.011	7.003

Tali consumi sono stati confrontati con i consumi annui elaborati e forniti dalla PA ed (identificati per l’edificio oggetto della DE all’interno del file kyotoBaseline-E0827rev.09), dal confronto sono emerse le seguenti differenze: per il POD IT001E00096310

- i dati delle fatture 2014 sono inferiori a quelli del file kyotoBaseline-E0827 del 5,40%
- i dati delle fatture 2015 sono inferiori a quelli del file kyotoBaseline-E0827 del 3,99%
- i dati delle fatture 2016 sono inferiori a quelli del file kyotoBaseline-E0827 del 10,48%

per il POD IT001E00122347

- i dati delle fatture 2014 sono inferiori a quelli del file kyotoBaseline-E0827 del 7,92%
- i dati delle fatture 2015 sono superiori a quelli del file kyotoBaseline-E0827 del 7,94%
- i dati delle fatture 2016 sono inferiori a quelli del file kyotoBaseline-E0827 del 5,26%
-

L'individuazione della baseline elettrica di riferimento è calcolata sulla media aritmetica dei valori relativi ai consumi elettrici reali per il triennio di riferimento relativi al POD al servizio della scuola.

Si è pertanto definito un consumo $EE_{baseline}$ pari a 12.911 kWh/anno.

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

POD: IT001E00096310	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 14	927	389	525	1.841
Feb - 14	795	423	473	1.691
Mar - 14	730	388	489	1.607
Apr - 14	567	243	405	1.214
Mag - 14	522	278	306	1.106
Giu - 14	493	112	187	792
Lug - 14	247	71	94	411
Ago - 14	67	29	51	147
Set - 14	401	171	210	782
Ott - 14	504	310	324	1.139
Nov - 14	658	290	459	1.407
Dic - 14	547	344	518	1.408
Totale	6.457	3.047	4.040	13.545
POD: IT001E00096310	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 15	729	314	572	1.614
Feb - 15	184	113	155	452
Mar - 15	773	293	541	1.607
Apr - 15	286	186	301	773
Mag - 15	286	186	301	773
Giu - 15	247	201	425	873
Lug - 15	565	68	92	725
Ago - 15	532	82	112	726
Set - 15	605	86	119	810
Ott - 15	1.044	130	120	1.294
Nov - 15	1.216	133	149	1.498
Dic - 15	1.054	112	143	1.309
Totale	7.520	1.904	3.030	12.454
POD: IT001E00096310	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 16	1.234	136	166	1.536
Feb - 16	912	113	133	1.158
Mar - 16	1.116	130	148	1.394
Apr - 16	965	108	129	1.202

Mag - 16	993	113	129	1.235
Giu - 16	652	83	97	832
Lug - 16	162	44	72	278
Ago - 16	78	32	61	171
Set - 16	529	80	94	703
Ott - 16	1.020	130	144	1.294
Nov - 16	1.280	149	193	1.622
Dic - 16	984	131	195	1.310
Totale	9.925	1.249	1.561	12.735

POD: IT001E00122347	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 14	143	60	81	284
Feb - 14	141	75	84	300
Mar - 14	145	77	97	319
Apr - 14	147	63	105	315
Mag - 14	208	111	122	441
Giu - 14	365	83	138	586
Lug - 14	583	167	221	971
Ago - 14	304	130	232	666
Set - 14	385	164	201	750
Ott - 14	213	131	137	481
Nov - 14	136	60	95	291
Dic - 14	151	95	143	389
Totale	2.921	1.216	1.656	5.793
POD: IT001E00122347	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 15	130	56	102	288
Feb - 15	135	83	114	332
Mar - 15	140	53	98	291
Apr - 15	146	56	96	298
Mag - 15	156	66	120	342
Giu - 15	553	294	286	1.133
Lug - 15	771	361	555	1.687
Ago - 15	441	152	295	888
Set - 15	432	194	284	910
Ott - 15	134	77	94	305
Nov - 15	138	78	92	308
Dic - 15	184	89	151	424
Totale	3.360	1.559	2.287	7.206
POD: IT001E00122347	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 16	115	73	90	278
Feb - 16	257	117	169	543
Mar - 16	205	107	143	455

Apr - 16	125	67	90	282
Mag - 16	157	157	115	429
Giu - 16	548	347	369	1.264
Lug - 16	719	281	539	1.539
Ago - 16	366	180	335	881
Set - 16	648	310	400	1.358
Ott - 16	228	98	115	441
Nov - 16	118	59	95	272
Dic - 16	117	62	90	269
Totale	3.603	1.858	2.550	8.011

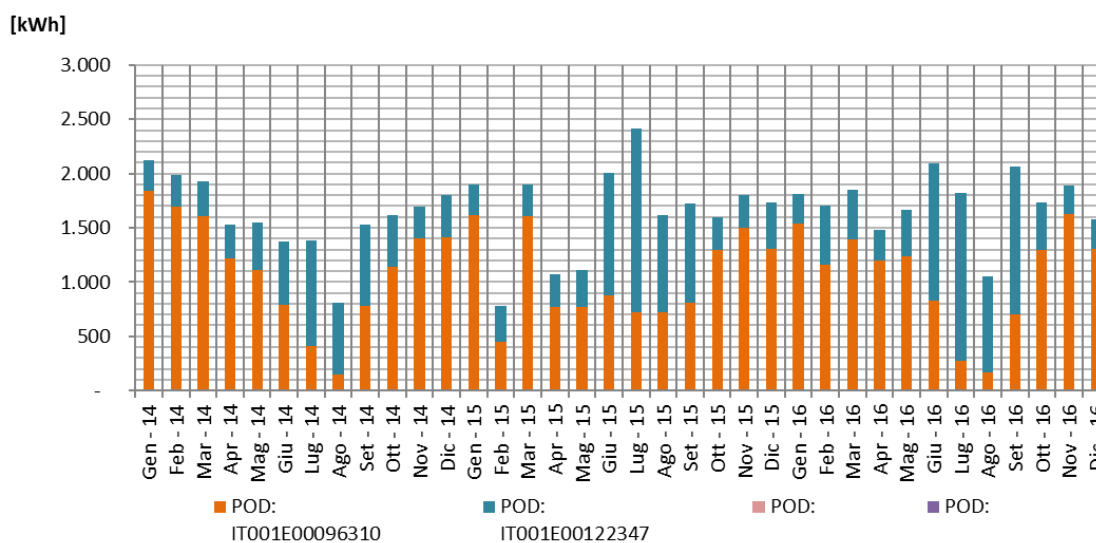
Dall'analisi effettuata è stato possibile definire i profili mensili dei consumi elettrici di Baseline, valutati come la media dei valori mensili analizzati nel triennio di riferimento. Tali valori sono riportati nella Tabella 5.8.

Tabella 5.8 – Consumi mensili di Baseline

BASELINE	F1	F2	F3	TOTALE
Mese	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen	963	280	421	1.664
Feb	630	216	254	1.100
Mar	873	270	393	1.536
Apr	606	179	278	1.063
Mag	600	192	245	1.038
Giu	464	132	236	832
Lug	325	61	86	471
Ago	226	48	75	348
Set	512	112	141	765
Ott	856	190	196	1.242
Nov	1.051	191	267	1.509
Dic	862	196	285	1.342
Totale	7.968	2.067	2.877	12.911

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

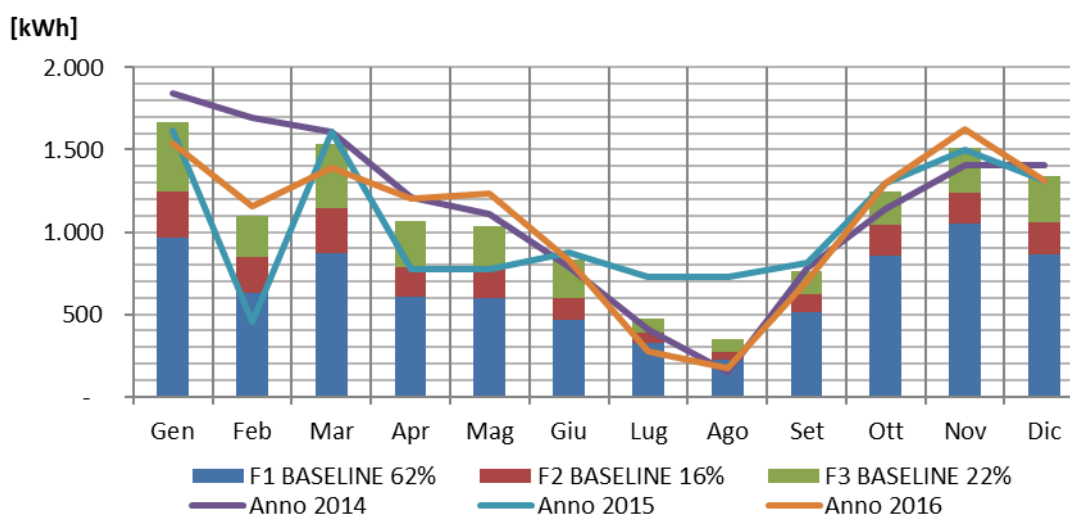
Figura 5.2 – Confronto tra i profili elettrici reali relativi a ciascun POD per il triennio di riferimento



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

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

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



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. È presente una base costante di circa 330 kWh costituita dai consumi dei distributori automatici e della centrale di allarme che hanno un funzionamento continuo durante l'anno.

5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI

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

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

Tabella 5.9 - Fattori di emissione di CO₂.

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

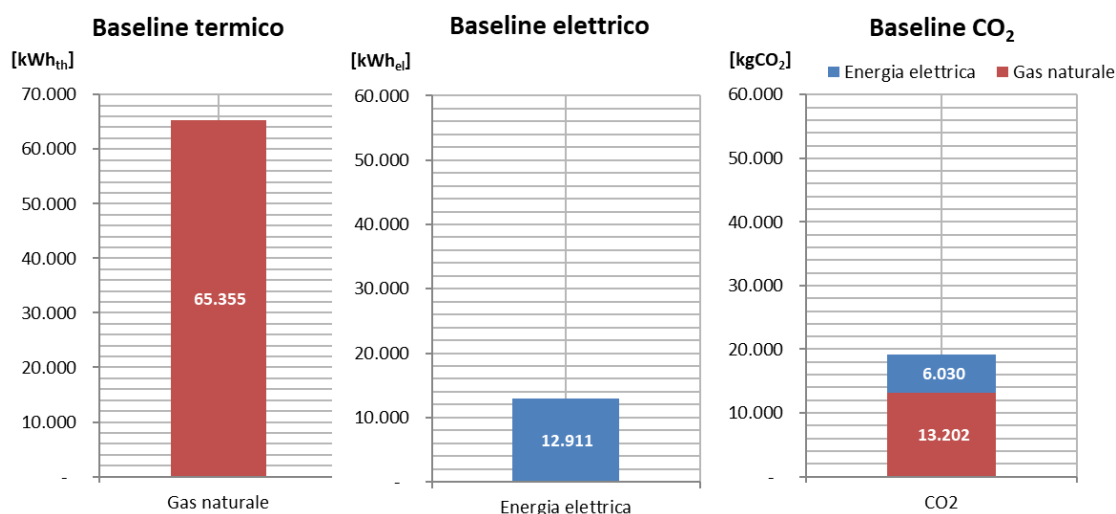
* da “Linee Guida Patto dei Sindaci” per anno 2010

Applicando tali fattori di conversione è stato possibile valutare la Baseline delle emissioni di CO₂, come riportato nella Tabella 5.10 – Baseline delle emissioni di CO₂. Tabella 5.10 e nella Figura 5.4

Tabella 5.10 – Baseline delle emissioni di CO₂.

COMBUSTIBILE	CONSUMO DI BASELINE [kWh]	FATTORE DI CONVERSIONE [kgCO ₂ /kWh]	EMISSIONI DI CO ₂ [kgCO ₂]
Gas naturale	65.355	0,202	13.202
Energia elettrica	12.911	0,467	6.030
TOTALE			19.231

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 5.11 - Fattori di conversione in energia primaria dei vettori energetici

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

La valutazione degli indicatori di performance è stata effettuata parametrizzando i consumi reali di Baseline di cui al Capitolo 5, in funzione dei fattori riportati nella Tabella 5.12.

Tabella 5.12 – Fattori di riparametrizzazione

PARAMETRO		VALORE	U.M.
FATTORE 1	Superficie netta riscaldata	921	m ²
FATTORE 1	Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	1.014	m ²
FATTORE 1	Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate)	3.262	m ³

Nella Tabella 5.13 e Tabella 5.14 sono riportati gli indicatori di performance valutati coerentemente con quanto riportato nella sezione 2.5 dell’Allegato J – Schede di audit.

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

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE E ENERGIA PRIMARIA TOTALE	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA NON RINN.	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3	FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3
	[kWh/anno]		[kWh/anno]	[kWh/m ²]	[kWh/m ²]	[kWh/m ³]	[Kg CO ₂ /m ²]	[Kg CO ₂ /m ²]	[Kg CO ₂ /m ³]
Gas naturale	65.355	1,05	68.623	72,6	67,6	21,0	13,96	13,01	4,05
Energia elettrica	12.911	2,42	31.245	33,0	30,8	9,6	6,38	5,94	1,85
TOTALE			99.868	106	98	31	20	19	6

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

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE E ENERGIA PRIMARIA NON RINN.	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA NON RINN.	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3	FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3
	[kWh/anno]		[kWh/anno]	[kWh/m ²]	[kWh/m ²]	[kWh/m ³]	[Kg CO ₂ /m ²]	[Kg CO ₂ /m ²]	[Kg CO ₂ /m ³]
Gas naturale	65.355	1,05	68.623	72,6	67,6	21,0	13,96	13,01	4,05
Energia elettrica	12.911	1,95	25.177	26,6	24,8	7,7	6,38	5,94	1,85
TOTALE			93.800	99	92	29	20	19	6

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

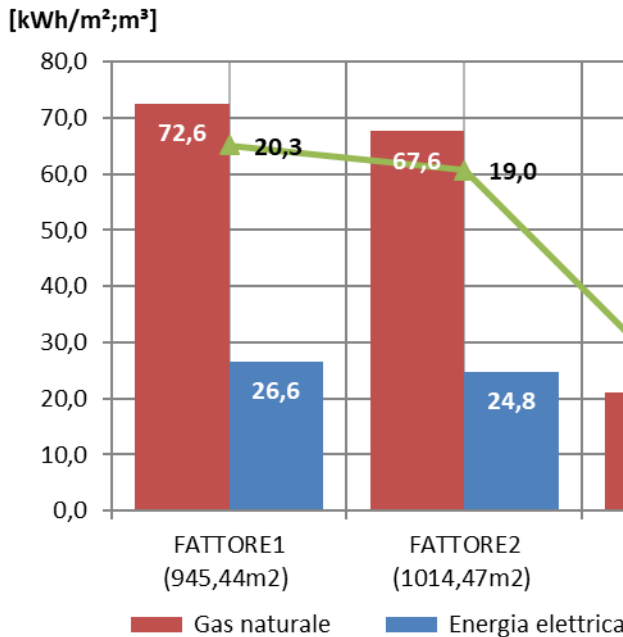
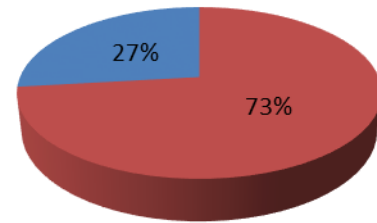
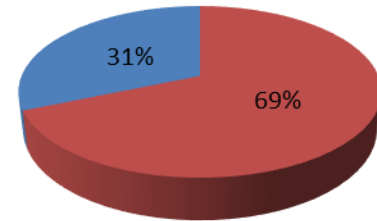


Figura 5.6 – Ripartizione % dei consumi di energia primaria e delle relative emissioni di CO₂

Ripartizione % energia primaria



Ripartizione % emissioni CO₂



■ Gas naturale ■ Energia elettrica

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

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

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

La formula definita è sotto riportata:

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

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

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

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

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

Tabella 5.15 – Indicatori di performance energetici

COMBUSTIBILE	IEN _R			IEN _E		
	Wh/(m ³ GG anno)			Wh/(m ³ anno)		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Gas Naturale	8,51	7,28	5,95	-	-	-
Energia elettrica	-	-	-	10,93	9,93	11,58

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

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	161,31	156,59
Climatizzazione invernale	EP_H	kWh/mq anno	140,11	139,5
Produzione di acqua calda sanitaria	EP_w	kWh/mq anno	5,15	4,15
Ventilazione	EP_v	kWh/mq anno		
Raffrescamento	EP_c	kWh/mq anno		
Illuminazione artificiale	EP_L	kWh/mq anno	16,05	12,94
Trasporto di persone e cose	EP_T	kWh/mq anno		
Emissioni equivalenti di CO2	CO_{2eq}	Kg/mq anno	31,19	31,19

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
	[m ³ /anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	12.085	119.762,35
Energia Elettrica	-	10.392

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

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

Dove:

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

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

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

FABBISOGNO	Corrispondenza UNI TS 11300 [kWhel]
Energia ausiliaria complessiva assorbita dal sottosistema di generazione per la produzione di ACS	$E_{W, aux, gn}$
Energia ausiliaria complessiva assorbita dal sottosistema di generazione per il riscaldamento	$E_{H, aux, gn}$
Fabbisogno di energia elettrica dell’impianto di ventilazione meccanica e dei terminali di emissione	$E_{ve, el} + E_{aux, e}$
Fabbisogno di energia elettrica per gli ausiliari di distribuzione (Riscaldamento e ACS)	$E_{W, aux, d} + E_{W, aux, d}$
Fabbisogno di energia elettrica per l’illuminazione interna dell’edificio	$E_{L, int}$
Fabbisogno di energia elettrica per gli ausiliari degli impianti di climatizzazione	$Q_{c, aux}$
Fabbisogno di energia elettrica per i sistemi di trasporto (+ eventuali altri carichi interni)	$E_T + E_{altro}^{(*)}$
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	90,61	87,48
Climatizzazione invernale	EP_H	kWh/mq anno	76,40	76,03
Produzione di acqua calda sanitaria	EP_w	kWh/mq anno	5,02	4,04
Ventilazione	EP_v	kWh/mq anno		
Raffrescamento	EP_c	kWh/mq anno		

Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	9,19	7,41
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno		
Emissioni equivalenti di CO ₂	CO _{2eq}	Kg/mq anno	17,96	17,96

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	
	[mc/anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	7.123	67.098,66
Energia Elettrica		12.415

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]	[%]
67.094	65.355	3%

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.

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

$EE_{teorico}$	$EE_{baseline}$	Congruità
[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
12.415	12.911	4%

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

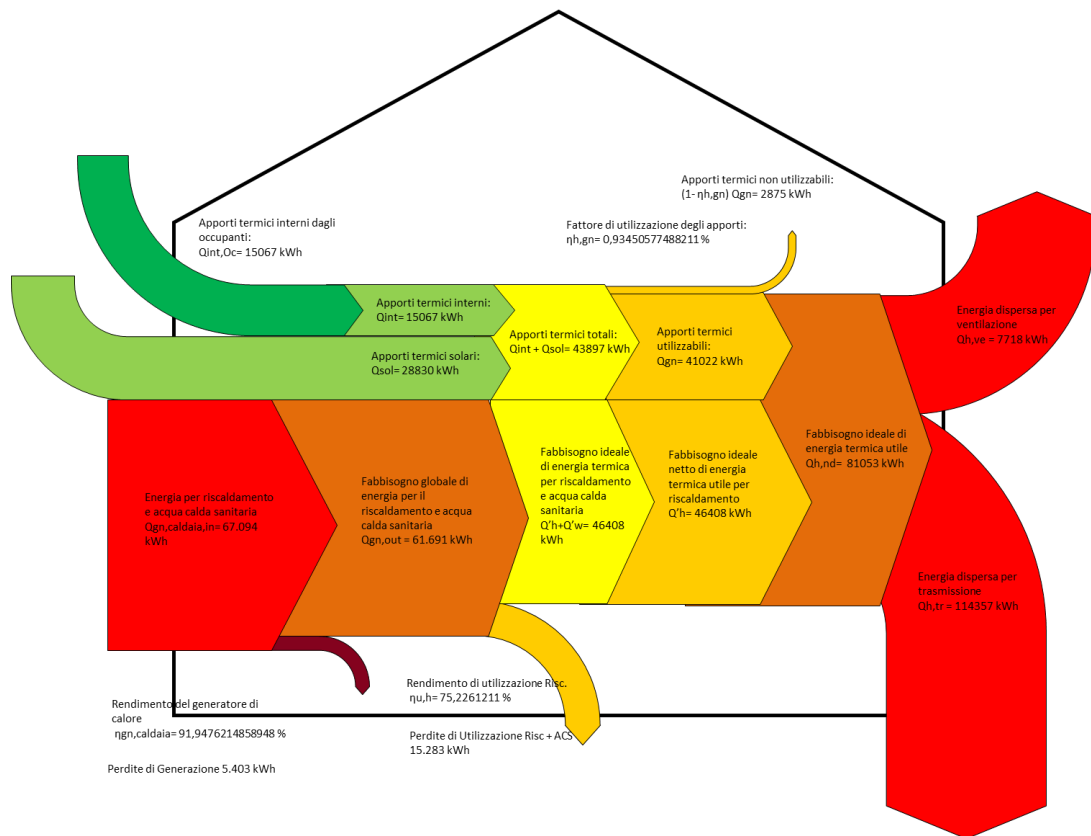
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

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

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

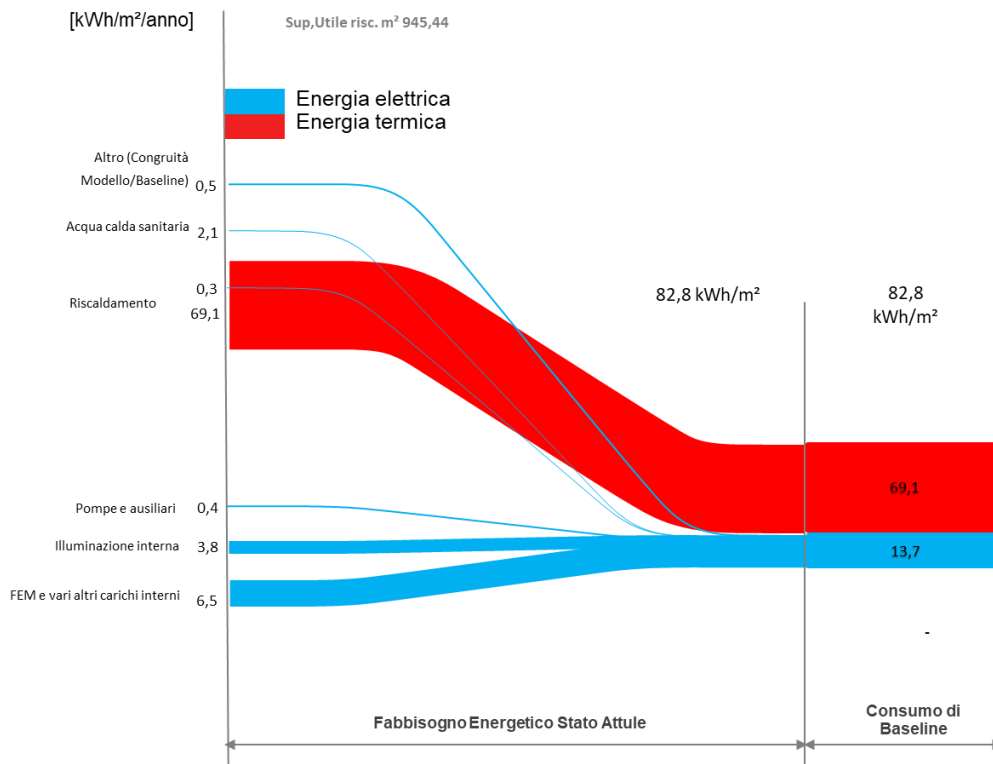
I risultati del bilancio energetico termico sono stati rappresentati nella forma di diagramma di Sankey riportato in Figura 6.1

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



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 $\text{kWh}/(\text{m}^2 \text{ anno})$, 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.

Non sono stati considerati gli apporti interni delle apparecchiature presenti in quanto trascurabili ai fini del calcolo degli apporti interni totali.

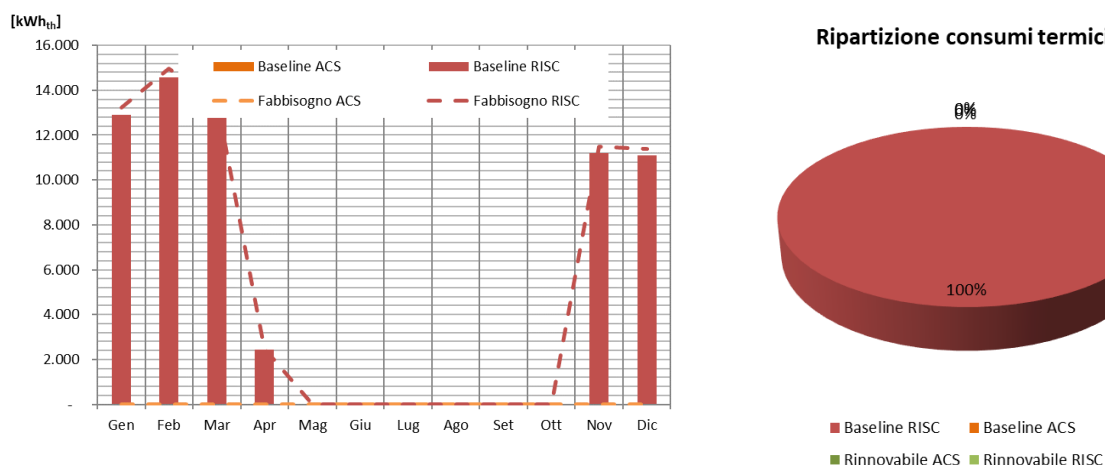
Nel caso in cui, invece i consumi teorici siano inferiori rispetto alla Baseline il termine “Altro – Congruità” rappresenta la differenza per eccesso tra i consumi specifici di Baseline ed i consumi teorici.

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



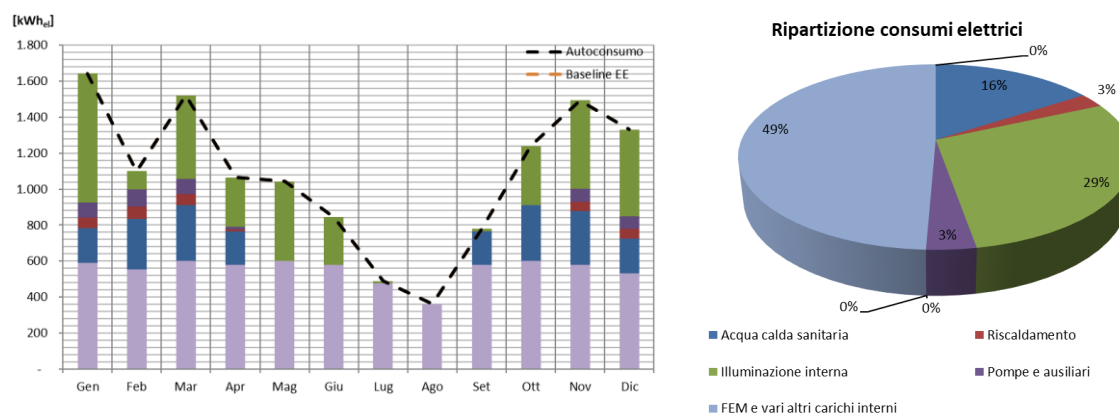
Si può notare come i consumi termici totali siano da attribuirsi all’utilizzo per la climatizzazione dei locali, pertanto gli interventi migliorativi proposti, andranno ad interessare principalmente tali componenti.

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 e poi per l'illuminazione.

7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO

7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI

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

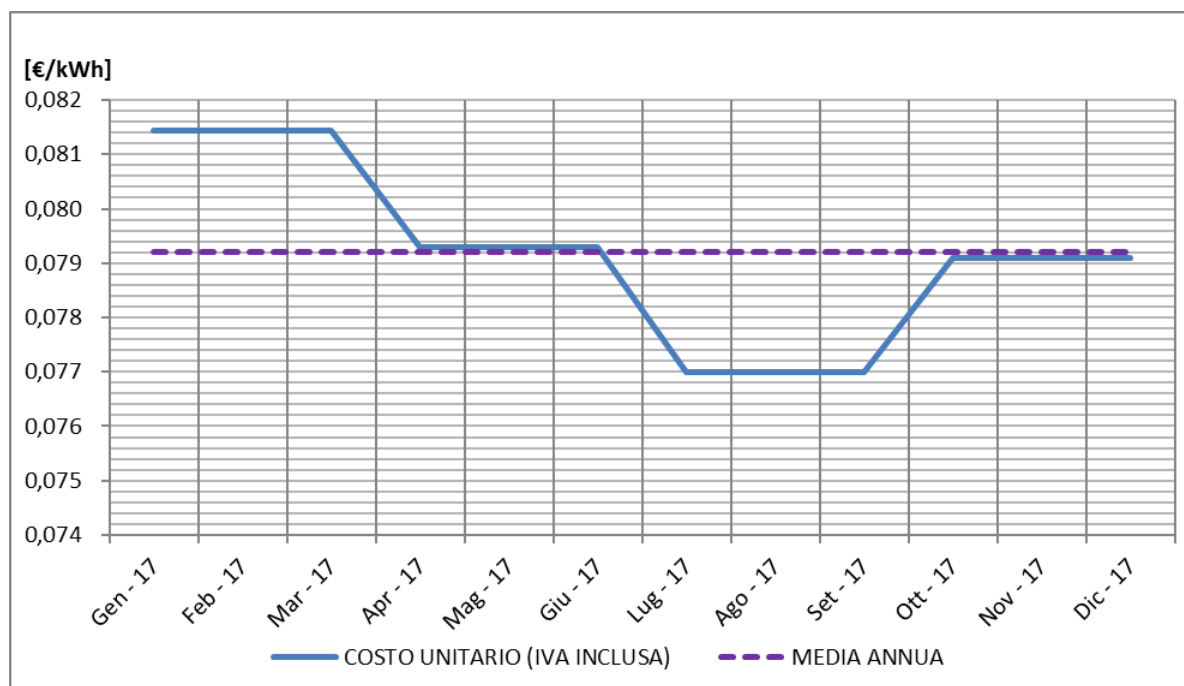
7.1.1 Vettore termico

La fornitura del vettore termico avviene tramite due contratti differenti per i due PDR presenti all'interno dell'edificio, come di seguito elencato:

- PDR 1 – 16220050522301: contratto di Servizio Integrato Energia 3 (SIE3) stipulato dalla PA con un soggetto terzo, comprensivo sia la fornitura del vettore energetico che la conduzione e manutenzione degli impianti. Non è stato quindi possibile effettuare un'analisi dei costi di fatturazione del vettore energetico in quanto tali fatture non sono a disposizione della PA ;

Per le forniture di gas metano gestite tramite il Contratto di Servizio Energia SIE3, non essendo disponibile la fatturazione, è stato considerato il costo unitario del vettore termico definito dall' ARERA per le mensilità dell'anno 2017 per cui è stato possibile ricavare i costi unitari forniti.

Figura 7.1 – Andamento del costo unitario per il 2017



7.1.2 Vettore elettrico

La fornitura del vettore elettrico avviene tramite due POD presenti all'interno dell'edificio, POD – IT001E00096310 e POD IT001E00122347: contratto di fornitura del vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. È stato quindi possibile effettuare un'analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura.

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

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

POD: IT001E00096310	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura			
Dati di intestazione fattura	Comune di Genova. Patrimonio, demanio e sport. Via Francia n.1		
Società di fornitura	Edison Energia SpA	Gala SpA	IREN Mercato SpA
Inizio periodo fornitura	01/2014	04/2015	04/2016
Fine periodo fornitura	03/2015	03/2016	In essere
Potenza elettrica impegnata			
Potenza elettrica disponibile	19 kW		
Tipologia di contratto	Fornitura BT		
Opzione tariffaria ⁽¹⁰⁾	Contatore orario		
Prezzi del fornitura dell'energia elettrica ⁽¹¹⁾ (IVA Esclusa)	0,068€/kWh	0,044€/kWh	0,061€/kWh

Nota (10) per fatturazioni non mensili la spesa economica mensile andrà calcolata suddividendo percentualmente la spesa aggregata in base ai valori di consumo energetico mensile.

Nota (11): 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.

POD: IT001E00122347	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura			
Dati di intestazione fattura	Comune di Genova. Patrimonio, demanio e sport. Via Francia n.1		
Società di fornitura	Edison Energia SpA	Gala SpA	IREN Mercato SpA
Inizio periodo fornitura	01/2014	04/2015	04/2016
Fine periodo fornitura	03/2015	03/2016	In essere
Potenza elettrica impegnata			
Potenza elettrica disponibile	6 kW		
Tipologia di contratto	Fornitura BT		
Opzione tariffaria ⁽¹²⁾	Contatore orario		
Prezzi del fornitura dell'energia elettrica ⁽¹³⁾ (Iva Esclusa)	0,045€/kWh	0,045€/kWh	0,061€/kWh

Nota (12) per fatturazioni non mensili la spesa economica mensile andrà calcolata suddividendo percentualmente la spesa aggregata in base ai valori di consumo energetico mensile.

Nota (13): 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 rierimento

POD: IT001E00096310	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 14	111	30	45	119	67	371	1.841	0,202
Feb - 14	98	26	39	104	59	326	1.691	0,193
Mar - 14	100	27	40	107	60	335	1.607	0,208
Apr - 14	95	25	38	101	57	315	1.214	0,260
Mag - 14	109	29	44	117	66	365	1.106	0,330
Giu - 14	131	35	52	139	79	436	792	0,550
Lug - 14	142	38	57	151	85	473	411	1,152
Ago - 14	155	41	62	165	93	515	147	3,506
Set - 14	145	39	58	155	87	483	782	0,618
Ott - 14	102	27	41	108	61	339	1.139	0,298
Nov - 14	87	23	35	93	52	290	1.407	0,206
Dic - 14	122	32	49	130	73	406	1.408	0,289
Totale	1.396	372	558	1.489	840	4.656	13.545	0,344
POD: IT001E00096310	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 15	113	30	45	121	68	377	1.614	0,234
Feb - 15	100	27	40	106	60	333	452	0,736
Mar - 15	101	27	40	108	61	338	1.607	0,210
Apr - 15	98	26	39	104	59	327	773	0,423
Mag - 15	104	28	42	111	63	347	773	0,449
Giu - 15	123	33	49	131	74	411	873	0,470
Lug - 15	132	35	53	141	80	441	725	0,609
Ago - 15	143	38	57	152	86	475	726	0,655
Set - 15	134	36	53	143	80	446	810	0,550
Ott - 15	99	26	40	106	60	331	1.294	0,256
Nov - 15	86	23	34	92	52	286	1.498	0,191
Dic - 15	119	32	48	127	72	397	1.309	0,303
Totale	1.352	360	541	1.442	813	4.507	12.454	0,362
POD: IT001E00096310	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 16	136	36	54	145	82	454	1.536	0,296
Feb - 16	121	32	48	129	72	402	1.158	0,347
Mar - 16	122	33	49	131	74	408	1.394	0,293

Apr - 16	113	30	45	121	68	378	1.202	0,315
Mag - 16	124	33	50	132	75	414	1.235	0,335
Giu - 16	146	39	58	156	88	487	832	0,586
Lug - 16	159	42	64	170	96	531	278	1,911
Ago - 16	171	46	68	183	103	571	171	3,339
Set - 16	159	42	64	169	96	530	703	0,754
Ott - 16	121	32	48	129	73	404	1.294	0,312
Nov - 16	102	27	41	109	61	339	1.622	0,209
Dic - 16	139	37	56	149	84	465	1.310	0,355
Totale	1.614	430	646	1.722	971	5.383	12.735	0,423

POD: IT001E00122347	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA		IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[kWh]	[€/kWh]
Gen - 14	37	10	15	40	22	124	284	0,436
Feb - 14	33	9	13	35	20	109	300	0,363
Mar - 14	33	9	13	36	20	112	319	0,350
Apr - 14	32	8	13	34	19	105	315	0,334
Mag - 14	36	10	15	39	22	122	441	0,276
Giu - 14	44	12	17	46	26	145	586	0,248
Lug - 14	47	13	19	50	28	158	971	0,163
Ago - 14	52	14	21	55	31	172	666	0,258
Set - 14	48	13	19	52	29	161	750	0,215
Ott - 14	34	9	14	36	20	113	481	0,235
Nov - 14	29	8	12	31	17	97	291	0,333
Dic - 14	41	11	16	43	24	135	389	0,348
Totale	465	124	186	496	280	1.552	5.793	0,268

POD: IT001E00122347	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA		IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[kWh]	[€/kWh]
Gen - 15	38	10	15	40	23	126	288	0,436
Feb - 15	33	9	13	35	20	111	332	0,334
Mar - 15	34	9	13	36	20	113	291	0,387
Apr - 15	33	9	13	35	20	109	298	0,365
Mag - 15	35	9	14	37	21	116	342	0,338
Giu - 15	41	11	16	44	25	137	1.133	0,121
Lug - 15	44	12	18	47	27	147	1.687	0,087
Ago - 15	48	13	19	51	29	158	888	0,178
Set - 15	45	12	18	48	27	149	910	0,163
Ott - 15	33	9	13	35	20	110	305	0,361
Nov - 15	29	8	11	31	17	95	308	0,310

Dic - 15	40	11	16	42	24	132	424	0,312
Totale	451	120	180	481	271	1.502	7.206	0,208
POD: IT001E00122347	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	45	12	18	48	27	151	278	0,544
Feb - 16	40	11	16	43	24	134	543	0,247
Mar - 16	41	11	16	44	25	136	455	0,299
Apr - 16	38	10	15	40	23	126	282	0,447
Mag - 16	41	11	17	44	25	138	429	0,322
Giu - 16	49	13	19	52	29	162	1.264	0,128
Lug - 16	53	14	21	57	32	177	1.539	0,115
Ago - 16	57	15	23	61	34	190	881	0,216
Set - 16	53	14	21	56	32	177	1.358	0,130
Ott - 16	40	11	16	43	24	135	441	0,305
Nov - 16	34	9	14	36	20	113	272	0,416
Dic - 16	46	12	19	50	28	155	269	0,576
Totale	538	143	215	574	324	1.794	8.011	0,224

Nel grafico in Figura 7.2 è riportato l'andamento del costo unitario del vettore elettrico nel triennio di riferimento e per le mensilità dell'anno 2017 per cui è stato possibile ricavare i costi unitari forniti dall'AEEGSI.

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

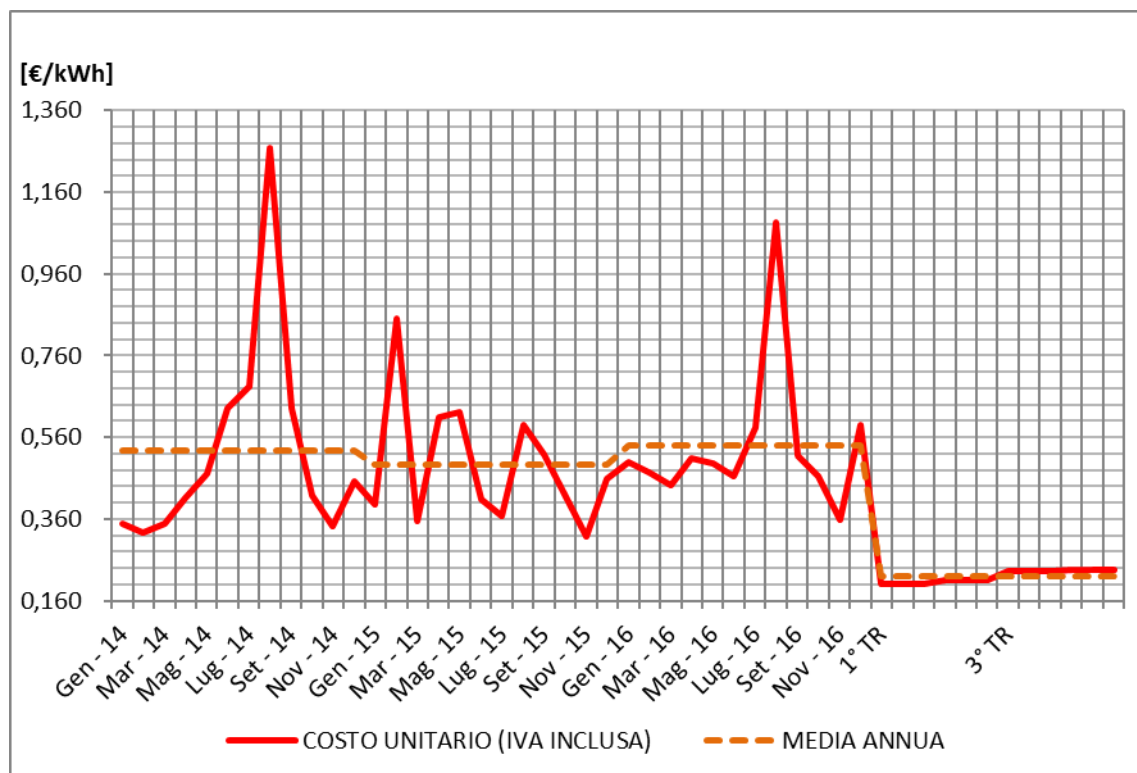
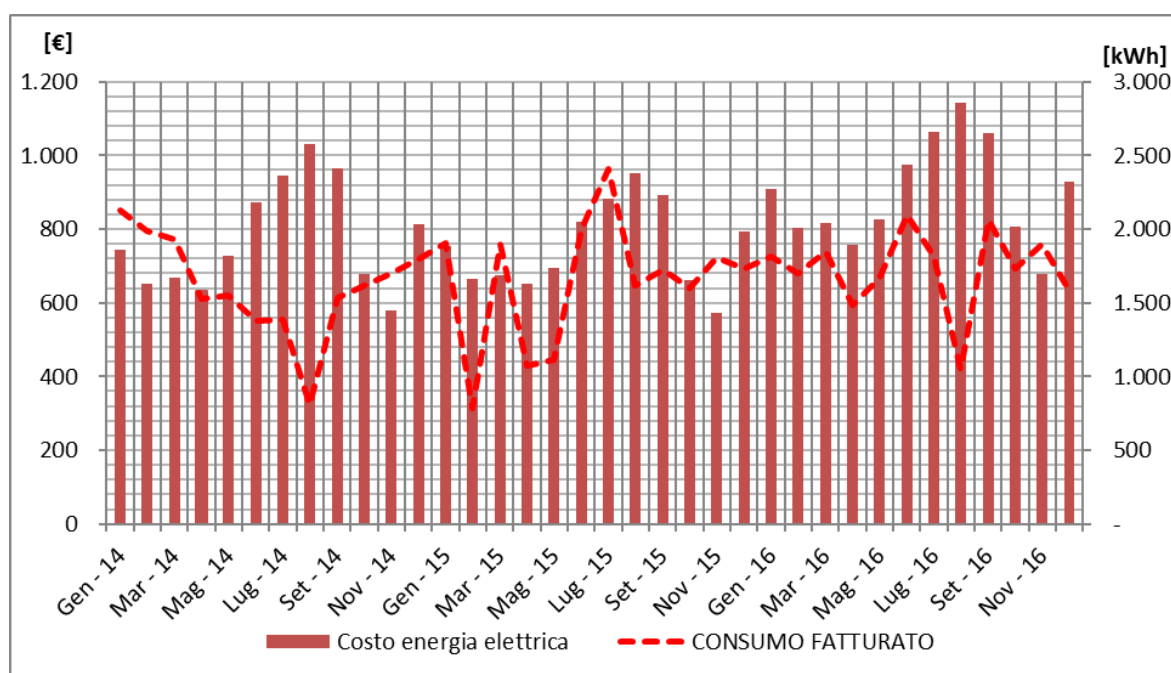


Figura 7.3 – Andamento dei consumi e dei costi dell'energia elettrica



Dall'analisi effettuata risulta evidente che l'andamento dei costi, ad eccezione dell'anno 2014, è omogeneo tra le 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		nd	-	13.545	4.656		nd
2015	61.352	nd	-	12.454	4.507		nd
2016	77.046	nd	-	12.735	5.383		nd
2017			0,0806			0,218	

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	C _{UQ} 0,0806	[€/kWh]
Costo unitario dell'energia elettrica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	C _{UEE} 0,218	[€/kWh]

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

7.3 COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI

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

- L1-042-052

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

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

Tali servizi prevedono il pagamento di un canone annuale da parte della PA pari a 12.692,87 €.

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

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

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

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

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

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

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo per la gestione e manutenzione ordinaria	Corrispettivo annuale relativo al contratto O&M in essere	CM _o 5.472	[€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Media relativa a gli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici	CM _s 1.455	[€/anno]

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

7.4 BASELINE DEI COSTI

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

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

Per la componente energetica vale la seguente formula:

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

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

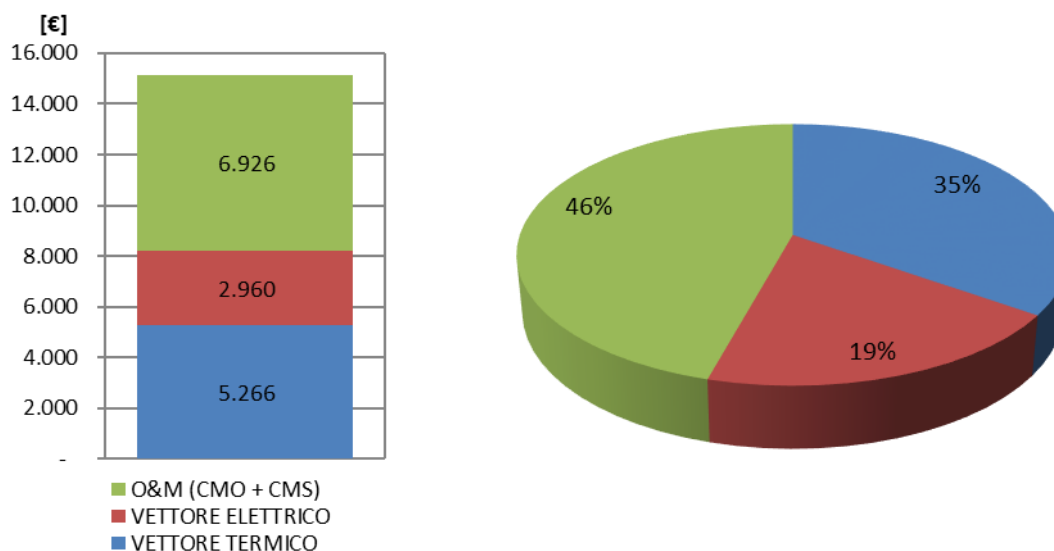
$$C_{baseline} = C_E + C_{MO} + C_{MS}$$

Ne risulta quindi un C_E pari a 8.225 € e un C_{baseline} pari a 15.152 €.

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

VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			O&M (C _{MO} + C _{MS})			TOTALE
Q _{baseline}	C _{uQ}	C _Q	EE _{baseline}	C _{uEE}	C _{EE}	C _M	C _{MO}	C _{MS}	C _Q +C _{EE} +C _M
[kWh]	[€/kWh]	[€]	[kWh]	[€/kWh]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
65.355	0,081	5.266	12.911	0,229	2.960	6.926	5.472	1.455	15.152

Figura 7.4 – Baseline dei costi e loro ripartizione



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 individuati prendendo in considerazione due principali fattori: l’incidenza che gli interventi avrebbero sul bilancio energetico globale del fabbricato ed il costo a questi associato.

Non è stata presa in considerazione la realizzazione di interventi di efficientamento dell’impianto di produzione di ACS poiché l’incidenza sul totale dei consumi è risultata essere limitata.

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 alluminio 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 in alluminio 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

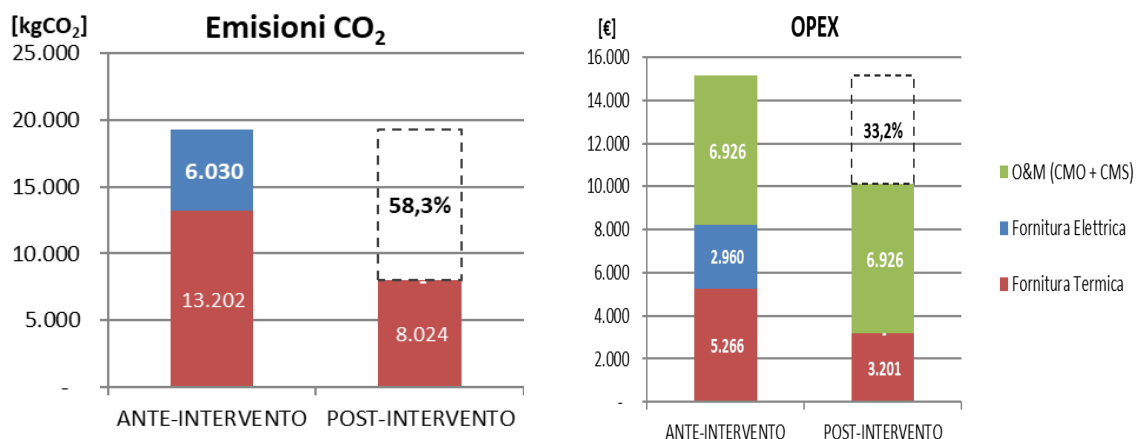
CALCOLO RISPARMIO	U. M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM1 - Trasmittanza	[W/m ² K]	5	1,2	76,0%
Q _{teorico}	[kWh]	67.094	26.312	60,8%
EE _{teorico}	[kWh]	12.415	12.415	0,0%
Q _{baseline}	[kWh]	65.355	39.725	39,2%

EE _{Baseline}	[kWh]	12.911	-	100,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	13.202	8.024	39,2%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	6.030	-	100,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	19.231	8.024	58,3%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	5.266	3.201	39,2%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	2.960	-	100,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	8.225	3.201	61,1%
C _{MO}	[€]	5.472	5.472	0,0%
C _{MS}	[€]	1.455	1.455	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	6.926	6.926	0,0%
OPEX	[€]	15.152	10.127	33,2%
Classe energetica	[-]	G	F	+1 classi

Nota (14) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 per il vettore elettrico

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,081 [€/kWh] per il vettore termico e 0,229 [€/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: Installazione Termovalvole e sostituzione generatore di calore

Generalità

Uno degli interventi proposti vede l'installazione di valvole termostatiche sui corpi scaldanti presenti all'interno dell'edificio e la sostituzione dell'impianto termico obsoleto.

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

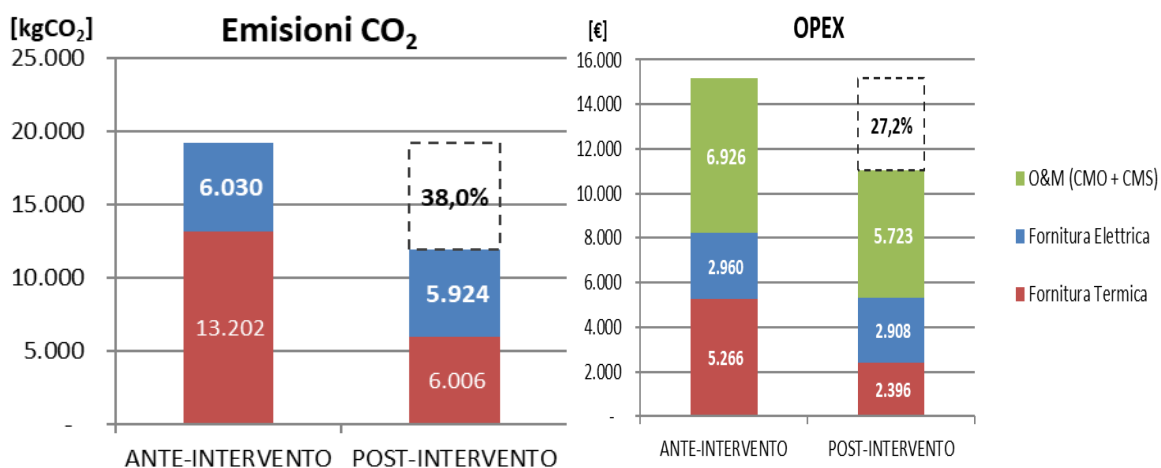
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM1 sono riportati nella Tabella 8.2 e nella Figura 8.3

Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM2 – Installazione termovalvole e sostituzione generatore di calore

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM3 - Rendimento	%	89%	98%	+10,11 %
Q _{teorico}	[kWh]	67.094	30.525	54,5%
EE _{teorico}	[kWh]	12.415	12.198	1,7%
Q _{baseline}	[kWh]	65.355	29.734	54,5%
EE _{baseline}	[kWh]	12.911	12.686	1,7%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	13.202	6.006	54,5%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	6.030	5.924	1,7%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	19.231	11.930	38,0%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	5.266	2.396	54,5%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	2.960	2.908	1,7%
Fornitura Energia, C_E	[€]	8.225	5.304	35,5%
C _{MO}	[€]	5.472	4.268	22,0³%
C _{MS}	[€]	1.455	1.455	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	6.926	5.723	17,4%
OPEX	[€]	15.152	11.026	27,2%
Classe energetica	[-]	F	F	-

Nota (15) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 per il vettore elettrico

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,081 [€/kWh] per il vettore termico e 0,229 [€/kWh] per il vettore elettrico

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

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 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.

Durante il sopralluogo si è infatti rilevata una disomogeneità delle condizioni termiche che porta a condizioni di disconfort in parte dei locali della scuola.

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.

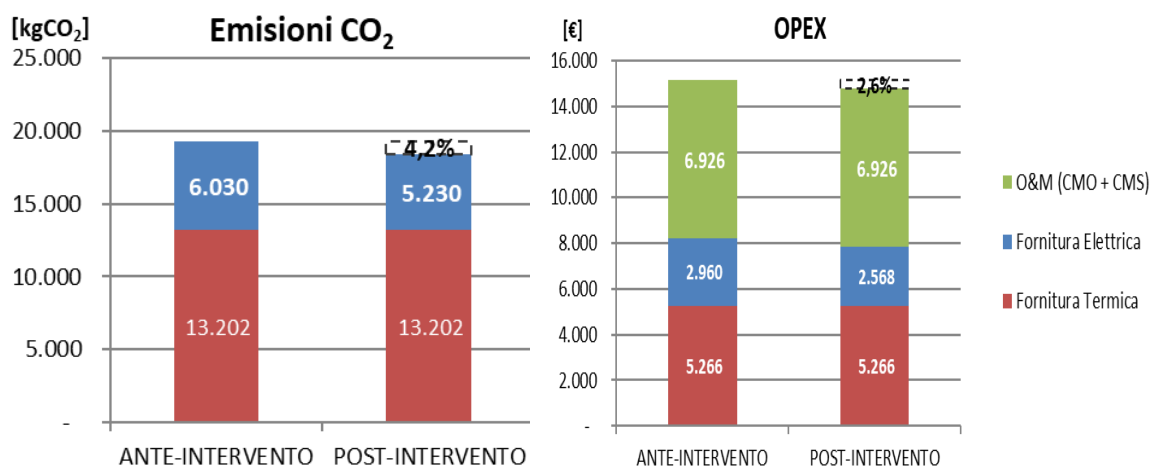
Tabella 8.3 – Risultati analisi EEM3 – Sostituzione corpi illuminanti

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM3 - Potenza installata	[W/m ² K]	72	42	41,7%
Q _{teorico}	[kWh]	67.094	67.094	0,0%
EE _{teorico}	[kWh]	12.415	10.769	13,3%
Q _{baseline}	[kWh]	65.355	65.355	0,0%
EE _{Baseline}	[kWh]	12.911	11.200	13,3%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	13.202	13.202	0,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	6.030	5.230	13,3%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	19.231	18.432	4,2%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	5.266	5.266	0,0%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	2.960	2.568	13,3%
Fornitura Energia, C_E	[€]	8.225	7.833	4,8%
C _{MO}	[€]	5.472	5.472	0,0%
C _{MS}	[€]	1.455	1.455	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	6.926	6.926	0,0%
OPEX	[€]	15.152	14.760	2,6%
Classe energetica	[-]	F	F	0 classi

Nota (16) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 per il vettore elettrico

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,081 [€/kWh] per il vettore termico e 0,229 [€/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.

Tabella 9.1 – Analisi dei costi della EEM1 – Sostituzione serramenti

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	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 Prezziario Regione Liguria	333,0	m2	30,1	27,4	9.115,4	22%	11.120,8
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 Prezziario DEI ⁽¹⁷⁾	101	cad	520,0	472,7	47.775,7	22%	58.286,4

	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 = 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	73,0	m	7,6	6,9	503,7	22%	614,5
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	50	m3	11,8	10,7	534,5	22%	652,1
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	333	mq	48,5	44,1	14.691,8	22%	17.924,0
	Costi per la sicurezza	-	3%	%			2.178,6	22%	2.657,9
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			5.083,5	22%	6.201,8
TOTALE (I₀ – EEM1)							79.883,1	22%	97.457,4

Nota (17) E' stato preso in considerazione il valore presente nel Prezziario DEI anziché la voce presente nel Prezziario Regione Liguria in quanto il valore di trasmittanza del componente, presente nel suddetto listino, risulta superiore al valore necessario al fine di accedere all'incentivo del Conto Termico.

EEM2: Installazione Termovalvole e sostituzione generatore di calore

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

Tabella 9.2 – Analisi dei costi della EEM2 – Installazione termovalvole e sostituzione generatore di calore

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
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	Prezzario Regione Liguria	1	cad	8.918,3	8.107,5	8.107,5	22%	9.891,2
PR.C84.C05.505 Sistema fumario prefabbricato a sezione circolare, con giunti maschio-femmina con profilo conico a elementi modulari a doppia parete acciaio inox (parete interna AISI316L e parete esterna AISI304), coibentazione 25mm in lana di roccia pressata, senza guarnizioni di tenuta Coppa di scarico condensa Ø 180 mm	Prezzario Regione Liguria	1	cad	179,6	163,3	163,3	22%	199,2
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	392,8	357,1	357,1	22%	435,6
PR.C76.A30.020 Accessori per caldaie a condensazione: Tubi Ø 80mm della lunghezza 1 m	Prezzario Regione Liguria	20	h	21,1	19,2	384,2	22%	468,7



E0827 – Scuola Materna statale “XVI Giugno 44”

PR.C76.A30.015	Accessori per caldaie a condensazione: Kit scarichi separati per tubi Ø 80mm	Prezzario Regione Liguria	5	28,5	25,9	129,4	22%	157,8
40.F10.H10.030	Sola posa in opera di accessori per impianti di termoregolazione compresi collegamenti elettrici: sonde in genere	Prezzario Regione Liguria	1	120,6	109,6	109,6	22%	133,8
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	29,7	27,0	27,0	22%	33,0
PR.C74.C10.010	Interruttore orario digitale modulare per la programmazione settimanale a due canali	Prezzario Regione Liguria	1	146,7	133,4	133,4	22%	162,7
PR.C74.E05.030	Sonde di temperatura e umidità: sola temperatura, per impianti civili e industriali per esterno	Prezzario Regione Liguria	1	76,5	69,5	69,5	22%	84,8
RU.M01.A01.030	Opere edili Operaio Qualificato	Prezzario Regione Liguria	40	34,4	31,3	1.251,3	22%	1.526,6
RU.M01.E01.020	Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezzario Regione Liguria	40	31,9	29,0	1.159,3	22%	1.414,3
20.A15.B10.015	Trasporto a discarica o a centro di riciclaggio di materiali di risulta provenienti da scavi e/o demolizioni, misurato su autocarro in partenza, esclusi gli eventuali oneri di discarica o smaltimento, eseguito con piccolo mezzo di trasporto con capacità di carico fino a 3 t. per ogni chilometro del tratto oltre i primi 5 km e fino al decimo km.	Prezzario Regione Liguria	200	4,7	4,3	858,2	22%	1.047,0
PR.C17.A15.010	Valvole micrometriche a squadra complete di testa termostatica con elemento sensibile a gas: Ø 15 mm	Prezzario Regione Liguria	50	35,4	32,2	1.610,0	22%	1.964,2
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	Prezzario Regione Liguria	1	4.587,2	4.170,2	4.170,2	22%	5.087,6

da 1 a 12 m, portata da
1 a 58 m³/h

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	97,3	88,5	88,5	22%	108,0
PR.E40.B05.210	Interruttore automatico magnetotermico con potere di interruzione 4,5KA bipolare fino a 32 A - 230 V	Prezzario Regione Liguria	1	22,7	20,6	20,6	22%	25,2
RU.M01.E01.020	Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezzario Regione Liguria	20	31,9	29,0	570,0	22%	695,4
	Costi per la sicurezza	-	3%	%		576,3	22%	703,0
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%		1.344,6	22%	1.640,4
TOTALE (I₀– EEM1)						21.129,9	22%	25.778,5
	Incentivi	[Conto termico]						7.800,0
	Durata incentivi							5,0
	Incentivo annuo							1.560,0

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

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO	PREZZO	TOTALE	TOTALE	
				UNITARIO PREZZARIO	UNITARIO SCONTATO	(IVA ESCLUSA)	IVA (IVA INCLUSA)	
				[€/n° o €/m ²]	[€/n° o €/m ²]	[€]	[%]	
043128	Apparecchio di illuminazione a led per controsoffitti modulari e in cartongesso, anche per sostituzione apparecchi a lampade fluorescenti 4 x 18 W, con alimentatore esterno, temperatura di colore 4000 K, bordo perimetrale in alluminio, classe di isolamento 1, grado di protezione IP 20, alimentazione 230 V 50 Hz, classe energetica A, potenza 42 W, equivalente a 100 W a fluorescenza	38	DEI Imp. Ele. 2017	105,4	95,8	3.641,4	22%	4.442,55
205015c	Rimozione di plafoniera per lampade fluorescenti, inclusi gli oneri della rimozione dei sostegni a muro o a soffitto e	38	DEI Imp. Ele. 2017	11,6	10,6	401,1	22%	401,07

l'avvicinamento al luogo di deposito provvisorio nell'ambito del cantiere, escluso l'onere di carico, trasporto e scarico a discarica autorizzata: 4 x 18 W

Operaio edile qualificato	DEI Imp. Ele. 2016	19 €/ora	26,8	24,3	462,6	22%	564,33
Operaio edile comune	DEI Imp. Ele. 2016	19 €/ora	24,1	21,9	416,6	22%	508,27
Costi per la sicurezza	-	3%	%		147,7	22%	180,13
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%		354,9	22%	432,92
TOTALE (I₀ – EEM1)					5.424,2	22%	6.529,28
Incentivi	[Conto termico]						2.611,71
Durata incentivi							5,00
Incentivo annuo							522,34

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}: superficie oggetto dell'intervento (m²) – pari a circa **451 mq**
- $C = \frac{\text{spesa sostenuta in €}}{\text{superficie oggetto di intervento}}$ costo specifico sostenuto – pari a **14,5 €/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, l’ 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

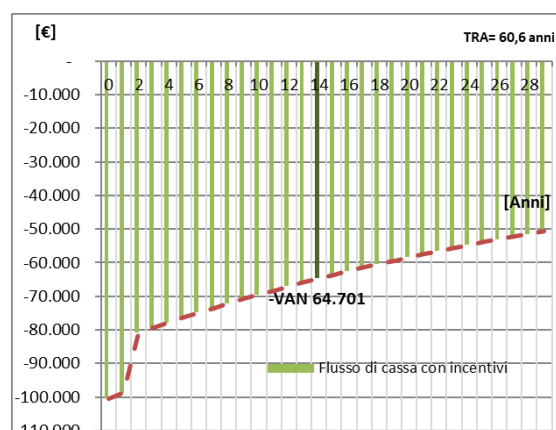
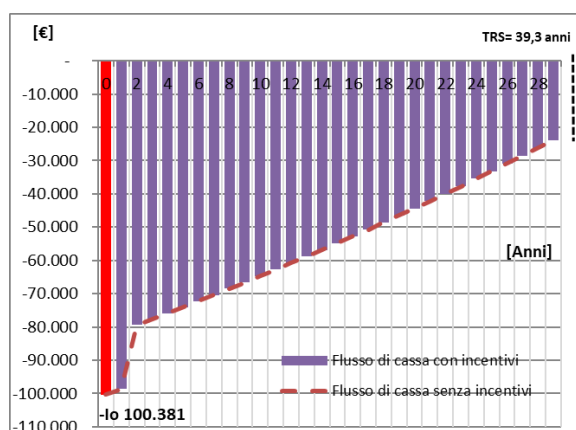
PARMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	97.457
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	30
Incentivo annuo	B	€/anno	-
Durata incentivo	n_B	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	39,3	39,3
Tempo di rientro attualizzato	TRA	60,6	60,6
Valore attuale netto	VAN	- 50.666	- 50.666
Tasso interno di rendimento	TIR	-2,0%	-2,0%
Indice di profitto	IP	-0,52	-0,52

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, pur essendo relativo all’involucro del fabbricato, risulta economicamente non vantaggioso con tempi di ritorno superiori ai 30 anni.

EEM2: Installazione termovalvole e sostituzione generatore di calore

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 termovalvole e sostituzione generatore di calore

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	25.778
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	6,3	4,4
Tempo di rientro attualizzato	TRA	7,6	5,0
Valore attuale netto	VAN	16.028	22.973
Tasso interno di rendimento	TIR	12,7%	17,5%
Indice di profitto	IP	0,62	0,89

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

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

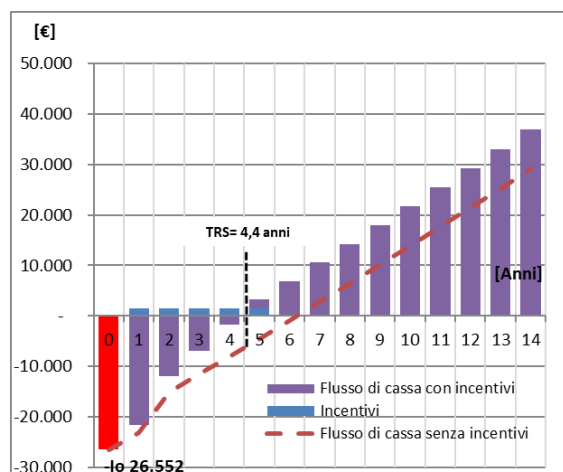
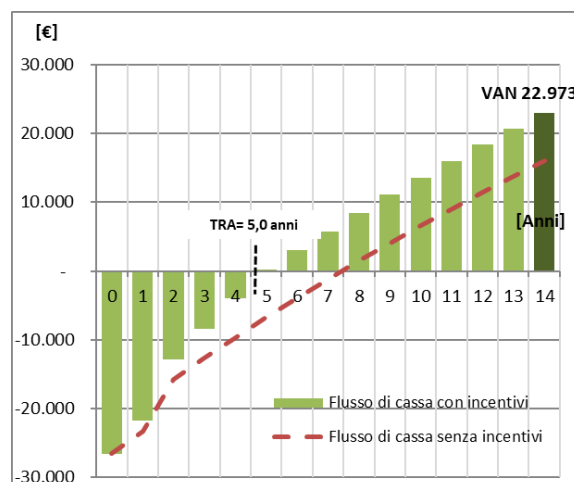


Figura 9.4 – EEM2: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento risulta economicamente vantaggioso con tempi di ritorno inferiori ai 3 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	€	6.529
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	522
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	15,2	8,8
Tempo di rientro attualizzato	TRA	17,3	9,9
Valore attuale netto	VAN	- 3.617	- 1.292
Tasso interno di rendimento	TIR	-15,9%	-2,7%
Indice di profitto	IP	-0,55	-0,20

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

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

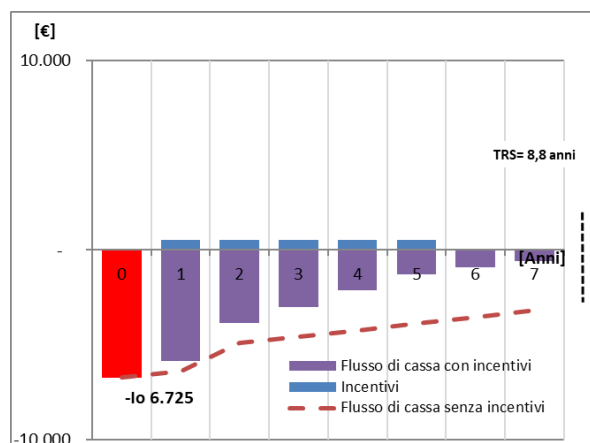
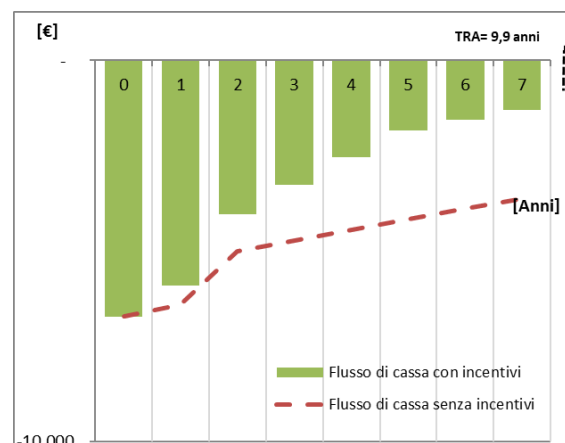


Figura 9.6 – EEM2: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento, attraverso la forma incentivante del conto termico, risulta economicamente non vantaggioso con tempi di ritorno di circa 18 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	ΔC_{MO}	ΔC_{MS}	I_0	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]
EEM 1	25%	27%	2.064,95	-	-	97.457,42	39	61	30	-50.665,73	-0,02	-0,52
EEM 2	36%	38%	2.921,66	1.203,82	-	25.778,47	6	8	15	16.028,01	0,13	0,62
EEM 3	5%	4%	391,92	-	-	6.529,28	15	17	8	-3.617,17	-0,16	-0,55

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 e sostituzione generatore di calore 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	ΔC_{MO}	ΔC_{MS}	I_0	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]
EEM 1	25%	27%	2.065,0	-	-	97.457,4	39,3	60,6	30,0	-50.665,7	-0,02	-0,52
EEM 2	36%	38%	2.921,7	1.203,8	-	25.778,5	4,4	5,0	15,0	22.972,9	0,17	0,89
EEM 3	5%	4%	391,9	-	-	6.529,3	8,8	9,9	8,0	-1.291,8	-0,03	-0,20

Dall’analisi dei risultati emerge che grazie all’accesso alla forma incentivante del conto termico tutti gli interventi risultano essere economicamente convenienti.

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

A seguito dell’analisi delle singole misure di efficienza energetica è stato possibile la definizione di due scenari ottimali a partire dalla combinazione delle singole EEM proposti, di cui sia stata accertata la fattibilità tecnica ed economica, che consentano un miglioramento del 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, $TRS \leq 15$ anni;
- Scenario ottimale 2, (SCN2), per il quale è verificato un tempo di ritorno semplice, $TRS \leq 25$ anni.

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

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

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

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

Dove:

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

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

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

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

Essi sono così definiti:

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

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

Dove:

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

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

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

Dove:

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

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

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

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

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

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

- **Scenario 1: EEM2+EEM3:** Tale scenario consiste nella realizzazione di sostituzione di serramenti e corpi illuminanti e l’installazione di termovalvole e sostituzione generatore di calore
- **Scenario 2: EEM1+EEM2+EEM3 :** Tale scenario consiste nella realizzazione di sostituzione di corpi illuminanti e l’installazione di termovalvole e sostituzione generatore di calore

9.3.1 Scenario 1: EEM2+EEM3

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

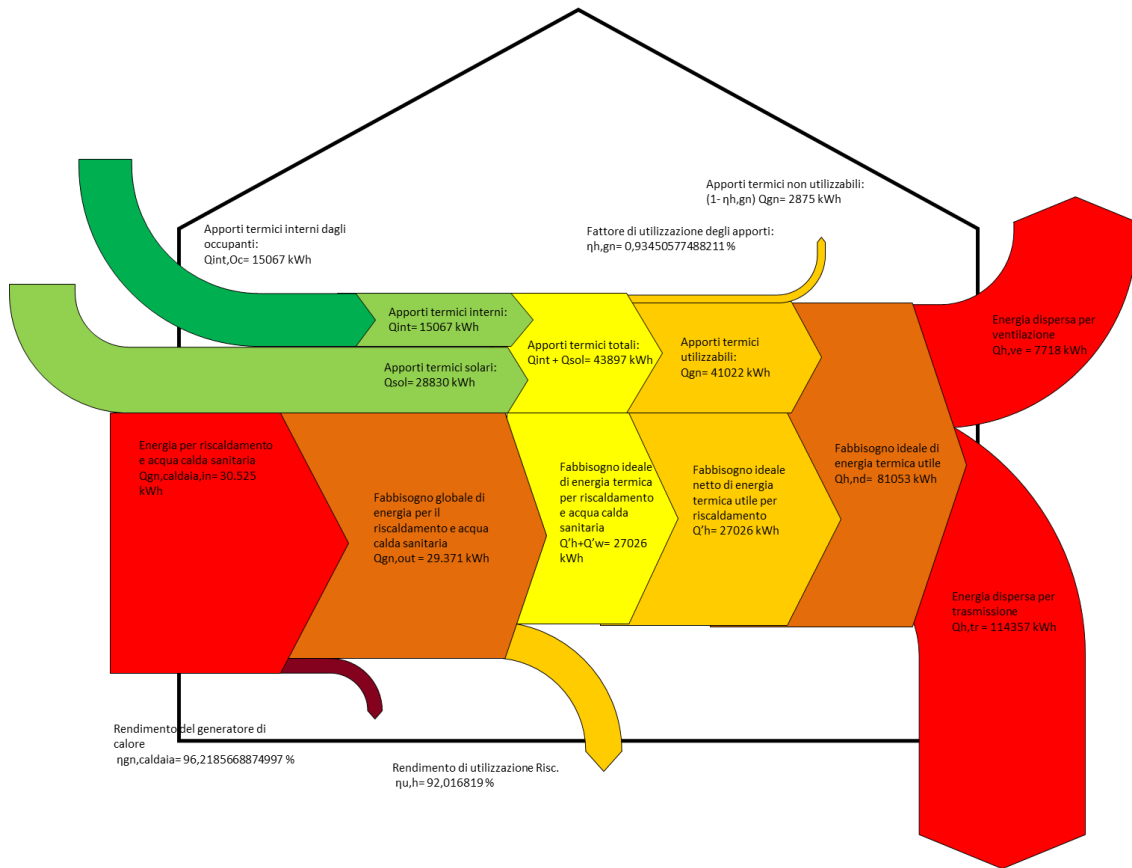
- EEM2: installazione di termovalvole e sostituzione generatore di calore

Tabella 9.9 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 1

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE		TOTALE
	(IVA ESCLUSA)	IVA AI 22%	(IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM2 Fornitura & Posa	19.209	4.226	23.435
Costi per la sicurezza	576	127	703
Costi per la progettazione	1.345	296	1.640
TOTALE (I₀)	21.130	4.649	25.778
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO}	C _{MS}	C _M
	(IVA INCLUSA)	(IVA INCLUSA)	(IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM2 O&M	4.268,10	1.454,56	5.722,67
TOTALE (C_M)	4.268,10	1.454,56	5.722,67
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE	
		(IVA INCLUSA)	
		[€]	
Incentivi	[Conto termico]	7.800	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		1.560	

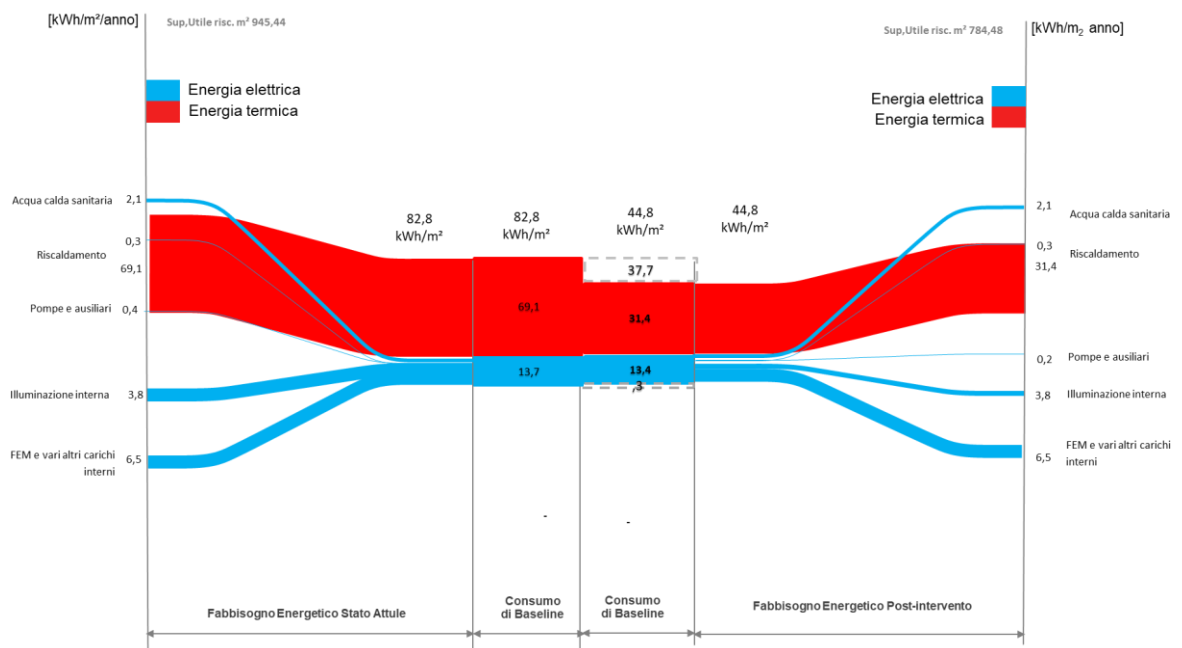
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di sankey relativo alle situazioni post-intervento.

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

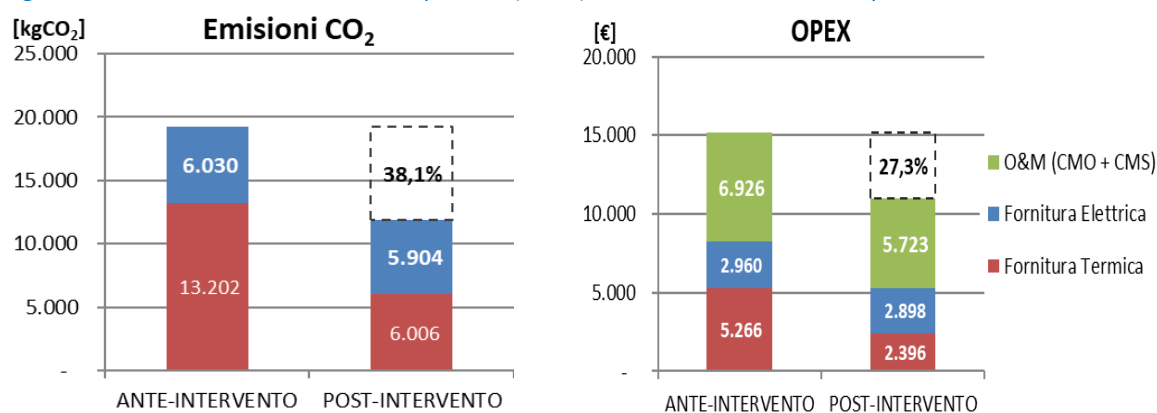


I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella Tabella 9.10 e nella Figura 9.9

Tabella 9.10 – Risultati analisi SCN1 –EEM2

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM3 - Rendimento	%	89	96	-7,9%
EM3 - Potenza installata	[W/m ² K]	72	42	41,7%
Q _{teorico}	[kWh]	67.094	30.525	54,5%
EE _{teorico}	[kWh]	12.415	12.157	2,1%
Q _{baseline}	[kWh]	65.355	29.734	54,5%
EE _{baseline}	[kWh]	12.911	12.643	2,1%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	13.202	6.006	54,5%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	6.030	5.904	2,1%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	19.231	11.911	38,1%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	5.266	2.396	54,5%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	2.960	2.898	2,1%
Fornitura Energia, C_E	[€]	8.225	5.294	35,6%
C _{MO}	[€]	5.472	4.268	22,0%
C _{MS}	[€]	1.455	1.455	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	6.926	5.723	17,4%
OPEX	[€]	15.152	11.017	27,3%
Classe energetica	[-]	G	F	+1 classi

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–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	2.020,00
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	9,00
Anni Equity	n_E	14,00
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_o	25.778,47
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	0,03
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	773,35
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	26.551,82
%CAPEX a Debito	D	0,80
%CAPEX a Equity	E	0,20
Debito	I_D	21.241,46
Equity	I_E	5.310,36
Fattore di annualità Debito	FA_D	7,61
Rata annua debito	q_D	2.792,49
Costo finanziamento, $(D+INT_D)$	$q_D * n_D$	25.132,38
Costi per interessi debito, INT_D	$INT_D = q_D * n_D - D$	3.890,92

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

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	8.225,43
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	6.926,49
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	15.151,92
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	0,00
Riduzione% costi fornitura Energia	%ΔC_E	0,36
Riduzione% costi O&M	%ΔC_M	0,17
Obiettivo riduzione spesa PA	%$C_{Baseline}$	0,05
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	3.412,24
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	757,60
Risparmio PA durante la concessione	14%	33.363,12
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	4.948,06
N° di Canoni annuali	anni	14,00
Utile lordo della ESCO	%CAPEX	0,72
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	1.369,35

Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	277,92
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	1.007,37
Canone O&M €/anno	C_{nM}	5.941,99
Canone Energia €/anno	C_{nE}	5.797,70
Canone Servizi €/anno IVA escl.	C_{nS}	11.739,68
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	C_{nD}	2.654,64
Canone Totale €/anno IVA escl.	C_n	14.394,33
Aliquota IVA %	IVA	0,22
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	4.648,58
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_b	7.800,00
Durata Incentivi, anni	n_b	5,00
Inizio erogazione Incentivi, anno		2.022,00

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.	6,04
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	6,82
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	13.299,09
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC	0,13
Indice di Profitto	IP	0,52
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	2,09
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	2,36
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	9.499,79
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke	0,55
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3	1,41
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1	1,85
Indice di Profitto Azionista	IP	0,37

Figura 9.10 –SCN1: Flussi di cassa del progetto

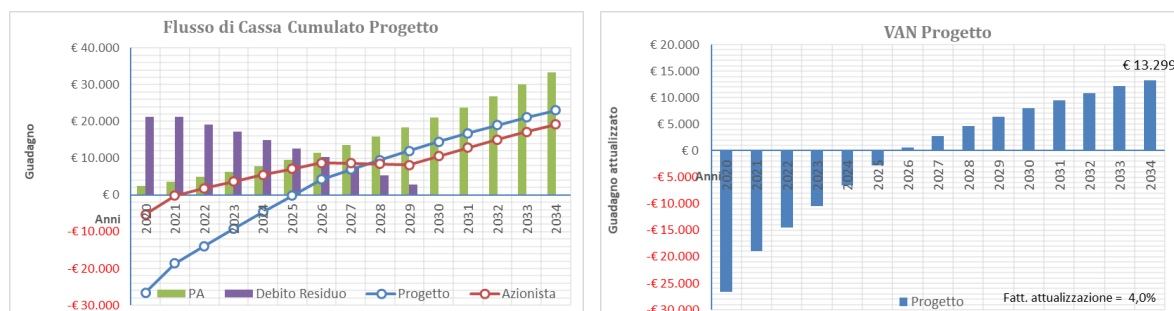
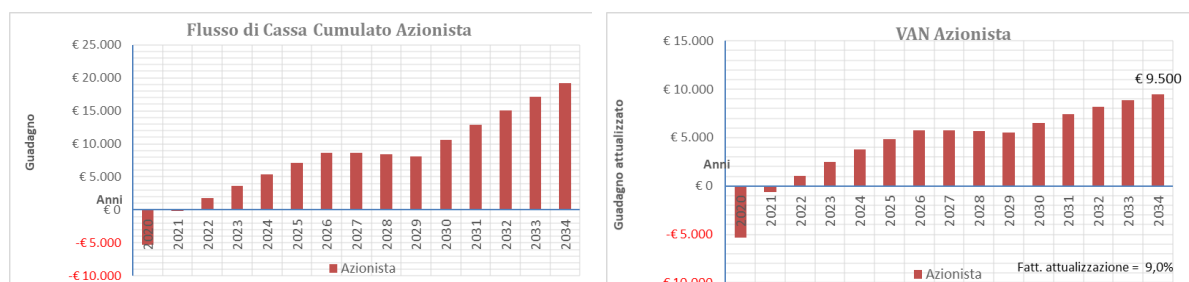


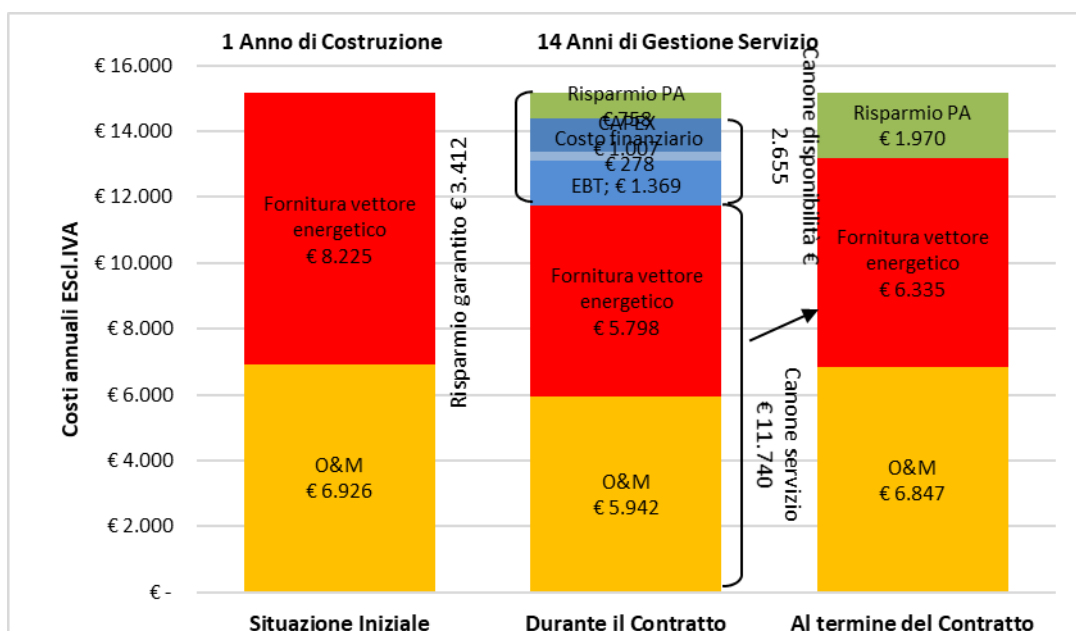
Figura 9.11 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



Dall'analisi effettuata è emerso che lo scenario di interventi risulta conveniente entrambi i soggetti, PA 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: EEM2+EEM3:

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

- EEM1: sostituzione serramenti
- EEM2: sostituzione corpi illuminanti

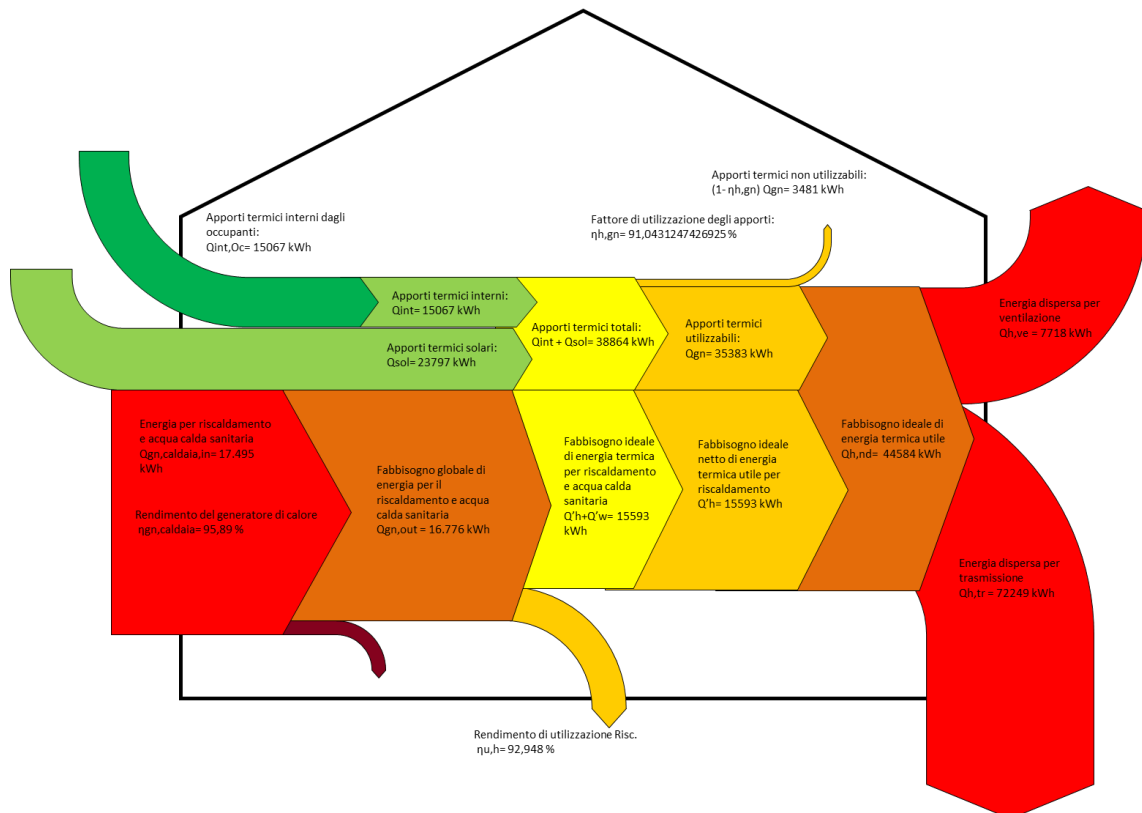
Tabella 9.14 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 1

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE		TOTALE
	(IVA ESCLUSA)	IVA AL 22%	
	[€]	[€]	[€]
EEM1 Fornitura & Posa	72.621	15.977	88.598
EEM2 Fornitura & Posa	19.209	4.226	23.435
Costi per la sicurezza	2.903	639	3.541
Costi per la progettazione	6.783	1.492	8.275
TOTALE (I₀)	106.437	23.416	129.853

VOCE MANUTENZIONE	C_{MO} (IVA INCLUSA) [€]	C_{MS} (IVA INCLUSA) [€]	C_M (IVA INCLUSA) [€]
EEM1 O&M	5.471,9	1.454,6	6.926,5
EEM2 O&M	4.268,10	1.454,56	5.722,67
TOTALE (C_M)	4.268,10	1.454,56	5.722,67
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]	
Incentivi	[Conto termico]	46.783	
Durata incentivi		5,00	
Incentivo annuo		9.356,6	

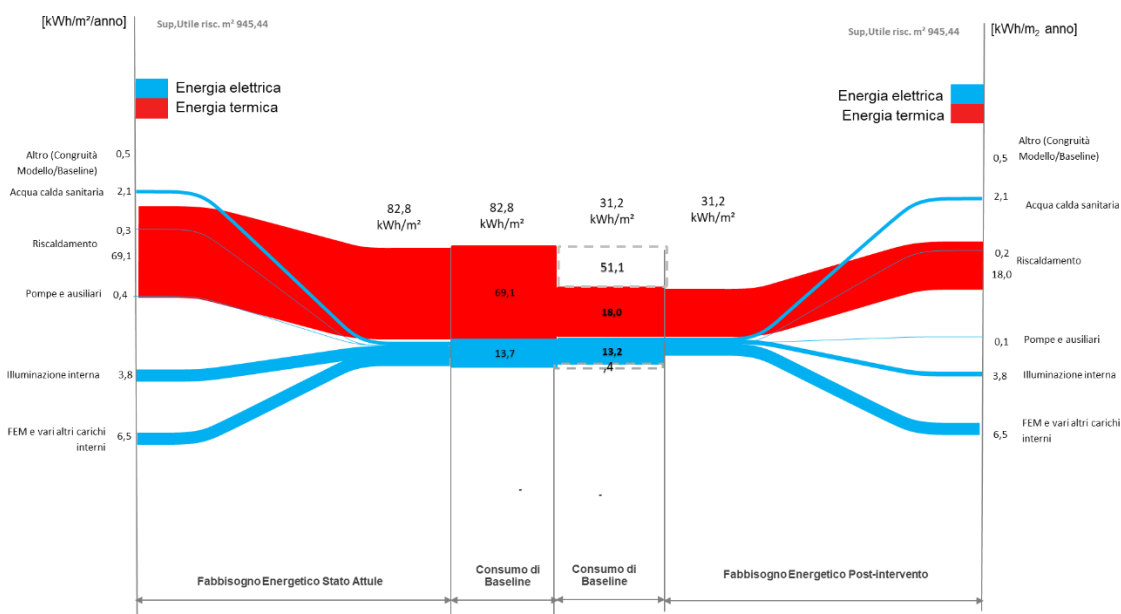
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di sankey relativo alle situazioni post-intervento.

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.

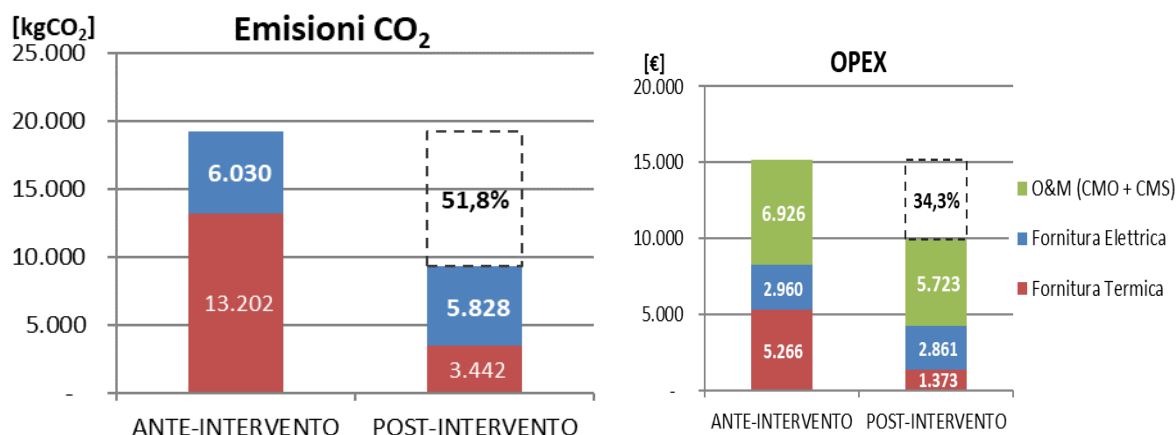
Figura 9.14 – SCN2: Bilancio energetico complessivo dell’edificio post intervento



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

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM1 - Trasmittanza	[W/m²K]	5	1,2	76,0%
EM3 - Rendimento	%	89	98	-10,1%
EM3 - Potenza installata	[W/m²K]	72	42	41,7%
Q _{teorico}	[kWh]	67.094	17.495	73,9%
EE _{teorico}	[kWh]	12.415	12.000	3,3%
Q _{baseline}	[kWh]	65.355	17.042	73,9%
EE _{baseline}	[kWh]	12.911	12.480	3,3%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	13.202	3.442	73,9%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	6.030	5.828	3,3%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	19.231	9.270	51,8%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	5.266	1.373	73,9%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	2.960	2.861	3,3%
Fornitura Energia, C_E	[€]	8.225	4.234	48,5%
C _{MO}	[€]	5.472	4.268	22,0%
C _{MS}	[€]	1.455	1.455	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	6.926	5.723	17,4%
OPEX	[€]	15.152	9.957	34,3%
Classe energetica	[-]	G	E	+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

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	2.020,00
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	14,00
Anni Equity	n_E	24,00
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_o	123.235,89
Oneri Finanziari (costi indiretti)	$\%Of$	0,03
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	3.697,08
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	126.932,97
%CAPEX a Debito	D	0,80
%CAPEX a Equity	E	0,20
Debito	I_D	101.546,37
Equity	I_E	25.386,59
Fattore di annualità Debito	FA_D	10,83
Rata annua debito	q_D	9.374,63

Costo finanziamento, (D+INT _D)	$q_D * n_D$	131.244,86
Costi per interessi debito, INT _D	$INT_D = q_D * n_D - D$	29.698,48

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

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	8.225,43
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	6.926,49
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	15.151,92
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	0,00
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$	0,49
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$	0,17
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$	0,00
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	4.122,71
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	0,00
Risparmio PA durante la concessione	14%	56.151,11
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	7.005,45
N° di Canoni annuali	anni	24,00
Utile lordo della ESCO	%CAPEX	0,09
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	471,64
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	1.237,44
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	2.413,63
Canone O&M €/anno	C_{nM}	6.092,95
Canone Energia €/anno	C_{nE}	4.936,26
Canone Servizi €/anno IVA escl.	C_{nS}	11.029,22
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	C_{nD}	4.122,71
Canone Totale €/anno IVA escl.	C_n	15.151,92
Aliquota IVA %	IVA	0,22
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	22.222,87
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	46.783,00
Durata Incentivi, anni	n_B	5,00
Inizio erogazione Incentivi, anno		2.022,00

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

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	13,49
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	25,12
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	-139,94
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC	0,04
Indice di Profitto	IP	0,00
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	10,60
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	25,42
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	-1.260,80
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke	0,07
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3	1,03
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1	0,94

Figura 9.16 –SCN1: Flussi di cassa del progetto

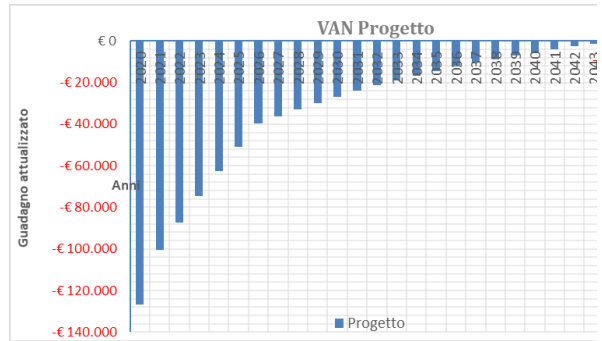
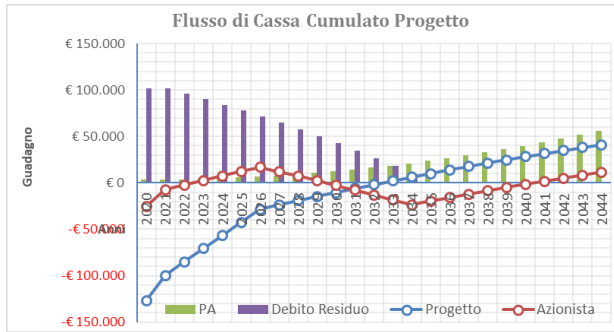
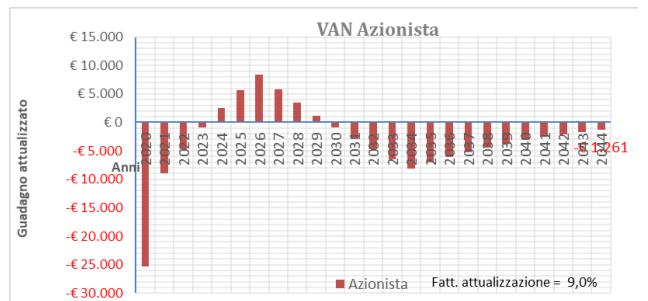
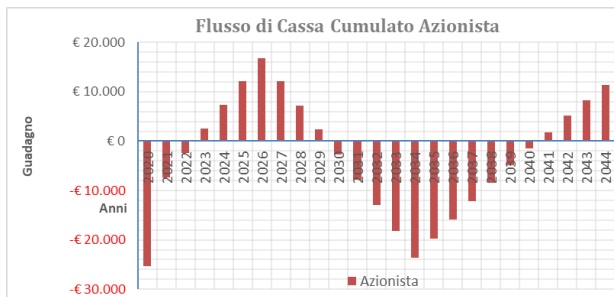


Figura 9.17 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



Dall’analisi effettuata è emerso che lo scenario di interventi non risulta conveniente per nessuno dei due operatori.

10 CONCLUSIONI

10.1 RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA

Dalle analisi e dai sopralluoghi effettuati presso la Scuola Materna statale “XVI Giugno 44” è risultato che l’edificio, presenta livelli buoni di performance energetica per quanto riguarda il consumo di energia termica.

La situazione è invece differente per quanto riguarda gli indici di performance relativi al consumo di energia elettrica, che sono risultati essere solo 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, in particolare per quanto riguarda il sottosistema di regolazione e la sostituzione del generatore ormai obsoleto con un a condensazione ad alta efficienza. Tuttavia solo uno degli scenari di intervento proposti, in particolare lo scenario 1, consente un rientro degli interventi in tempi conformi alle richieste della committenza; lo scenario 2, che prevede interventi anche sull’impianto di illuminazione, a causa dei costi elevati di realizzazione a fronte di limitati saving energetici risulta essere non conveniente.

10.3 CONCLUSIONI E COMMENTI

La scuola, per quanto concerne l’involucro, presenta standard prestazionali sufficienti, con soluzioni costruttive che possono essere ritenute accettabili; la maggior parte dei serramenti presenti, invece, è del tipo a vetro singolo e telaio in alluminio.

Tutti questi fattori fanno sì che l’edificio sia, per quanto riguarda le numerosi superfici finestate, particolarmente disperdente e che un ulteriore efficientamento del fabbricato non può prescindere dalla sostituzione di questi elementi; questa tipologia di intervento richiede tuttavia elevati importi, spesso non conciliabili con i tempi di ritorno attesi dalla Committenza.

ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA

Titolo		Data	Nome file
Planimetrie Involucro	TAVOLA DI INQUADRAMENTO	26/11/2017	E00827.dwg
Planimetrie Involucro	TAVOLA PIANO PRIMO EDIFICIO SCOLASTICO/SOCIALE	26/11/2017	PIAN1.dwg
Planimetrie Involucro	TAVOLA PIANO SOTTO STRADA EDIFICIO SCOLASTICO/SOCIALE	26/11/2017	PIAN1SS.dwg
Planimetrie Involucro	TAVOLA PIANO SECONDO 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
Planimetrie Termici	CENSIMENTO – CENTRALE TERMICA	26/11/2017	052-S01-001-CENTRALE TERMICA.dwg
Planimetrie Termici	CENSIMENTO – PIANO 00	26/11/2017	L1-042-052-P00.dwg
Planimetrie Termici	CENSIMENTO – PIANO 01	26/11/2017	L1-042-052-P01.dwg
Planimetrie Termici	CENSIMENTO – PIANO 02	26/11/2017	L1-042-052-P02.dwg
Planimetrie Termici	CENSIMENTO – PIANO SOTTO STRADA	26/11/2017	L1-042-052-S01.dwg
Checklist Termici	L1-042-052-P00-Checklist	26/11/2017	L1-042-052-P00-Checklist.xlsx
Checklist Termici	L1-042-052-P01-Checklist	26/11/2017	L1-042-052-P01-Checklist.xlsx
Checklist Termici	L1-042-052-P02-Checklist	26/11/2017	L1-042-052-P02-Checklist.xlsx
Checklist Termici	L1-042-052-PS01-Checklist	26/11/2017	L1-042-052-S01-Checklist.xlsx
Bollette EE	POD:IT001E00122347 Fattura dal 01-10-13 al 31-01-14	08/11/2017	5700065512
Bollette EE	POD:IT001E00096310 Fattura dal 01-12-15 al 31-12-15	08/11/2017	E000084133
Bollette EE	POD:IT001E00096310 Fattura dal 01-12-15 al 31-01-16	08/11/2017	E000150589
Bollette EE	POD:IT001E00096310 Fattura dal 01-03-16 al 31-03-16	08/11/2017	E000194172
Bollette EE	POD:IT001E00096310 Fattura dal 01-04-16 al 30-04-16	08/11/2017	011640025275
Bollette EE	POD:IT001E00096310 Fattura dal 01-04-16 al 30-09-16	08/11/2017	011640087941
Bollette EE	POD:IT001E00096310 Fattura dal 01-06-16 al 30-06-16	08/11/2017	011640048519
Bollette EE	POD:IT001E00096310 Fattura dal 01-07-16 al 31-07-16	08/11/2017	011640060830
Bollette EE	POD:IT001E00096310 Fattura dal 01-08-16 al 31-08-16	08/11/2017	011640074903
Bollette EE	POD:IT001E00096310 Fattura dal 01-08-16 al 30-11-16	08/11/2017	011640126636
Bollette EE	POD:IT001E00096310 Fattura dal 01-12-16 al 31-12-16	08/11/2017	11740001581
Bollette EE	POD:IT001E00122347 Fattura dal 01-12-15 al 31-01-16	08/11/2017	E000150586
Bollette EE	POD:IT001E00122347 Fattura dal 01-02-16 al 21-02-16	08/11/2017	E000334601
Bollette Gas	PDR:IT001E00122347 Fattura dal 01-03-16 al 31-03-16	08/11/2017	E000194169
Bollette Gas	PDR:IT001E00122347 Fattura dal 01-06-16 al 30-06-16	08/11/2017	011640049213
Bollette Gas	PDR:IT001E00122347 Fattura dal 01-07-16 al 31-07-16	08/11/2017	011640060827
Bollette Gas	PDR:IT001E00122347 Fattura dal 01-08-16 al 31-08-16	08/11/2017	011640074901
Bollette Gas	PDR:IT001E00122347 Fattura dal 01-08-16 al 30-11-16	08/11/2017	011640122873
Bollette Gas	PDR:IT001E00122347 Fattura dal 01-10-16 al 31-10-16	08/11/2017	011640108898
Bollette Gas	PDR:03270007483786 Fattura dal 01-04-15 al 30-06-15	08/11/2017	P150007518
Bollette Gas	PDR:03270007483786 Fattura dal 01-07-15 al 31-07-15	08/11/2017	P150015576
Bollette Gas	PDR:03270007483786 Fattura dal 01-08-15 al 31-08-15	08/11/2017	P150019771
Bollette Gas	PDR:03270007483786 Fattura dal 01-09-15 al 30-09-15	08/11/2017	P150032667
Bollette Gas	PDR:03270007483786 Fattura dal 01-10-15 al 31-10-15	09/11/2017	P150037967
Bollette Gas	PDR:03270007483786 Fattura dal 01-11-15 al 30-11-15	10/11/2017	P150048624
Bollette Gas	PDR:03270007483786 Fattura dal 01-12-15 al 31-12-15	11/11/2017	P160003881
Bollette Gas	PDR:03270007483786 Fattura dal 01-01-16 al 31-01-16	12/11/2017	P160012671
Bollette Gas	PDR:03270007483786 Fattura dal 01-02-16 al 29-02-16	13/11/2017	P160023980
Bollette Gas	PDR:03270007483786 Fattura dal 01-03-16 al 31-03-16	14/11/2017	P160031417
Bollette Gas	PDR:03270007483786 Fattura dal 01-04-16 al 30-04-16	15/11/2017	EX15066/2016
Bollette Gas	PDR:03270007483786 Fattura dal 01-12-16 al 31-12-16	16/11/2017	EX03011/2017

ALLEGATO B – ELABORATI

Titolo	Descrizione	Data	Nome file
Fotografie da sopralluogo	Fotografie da sopralluogo	06/2018	ALLEGATO B_Lotto.6 – E0827_Foto da 1 a 13
Contatori	Planimetria scala 1:100 - 1:200 con posizione impianti e contatori	07/2018	ALLEGATO B_Lotto.6 – E0866_Contatori
Zone termiche	Planimetria scala 1:100 - 1:200 con individuazione delle diverse zone termiche, degli spazi riscaldati e non riscaldati e delle diverse destinazioni d'uso	07/2018	ALLEGATO B_Lotto.6 – E0866_ZoneTermiche
Impianto Elettrico	Diagramma a blocchi impianto elettrico conforme allo stato di fatto	07/2018	ALLEGATO B_Lotto.6 – E0866_Impianto Elettrico
Impianto termico	Diagramma a blocchi impianto termico conforme allo stato di fatto	07/2018	ALLEGATO B_Lotto.6 – E0866_ImpiantoTermico
Calcolo Elettrico	Dettaglio di calcolo del modello elettrico	07/2018	ALLEGATO B_Lotto.6 – E0866_CalcoloElettrico

ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

Titolo	Data	Nome file
Report di indagine termografica	06/2018	ALLEGATO C_Lotto.6 – E0827

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 – E0827

ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI

Titolo	Data	Nome file
Relazione di dettaglio dei calcoli	06/2018	ALLEGATO E_Lotto.6 – E0827

ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

Titolo	Data	Nome file
Certificato CTI software	06/2018	ALLEGATO F_Lotto.6 – E0827

ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

Titolo	Data	Nome file
Attestato di prestazione energetica	06/2018	ALLEGATO G_Lotto.6 – E0827

ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

Titolo	Data	Nome file
Bozza di APE scenari	06/2018	ALLEGATO H_Lotto.6 – E0827

ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

Titolo	Data	Nome file
Dati climatici	06/2018	GG_Lotto6-E0827

ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

Titolo	Data	Nome file
Schede di audit	06/2018	Lotto.6-E0827_Schede-Audit

ALLEGATO K – SCHEDE ORE

Titolo	Data	Nome file
Schede ORE	06/2018	ALLEGATO K_Lotto.6 – E0827

ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI

Titolo	Data	Nome file
Piano economico finanziario scenari	06/2018	Lotto.6-E0827_analisi-PEF

ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

Titolo	Data	Nome file
Report di benchmark	06/2018	ALLEGATO M_Lotto.6 – E0827

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.]

