

Scuola elementare "RODARI" e Liceo scientifico "LANFRANCONI"

E1066

Piazza Di Vittorio, 6 - Genova

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA
FONDO KYOTO - SCUOLA 3



Luglio/2018

COMUNE DI GENOVA
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER



COMUNE DI GENOVA



Scuola elementare “RODARI” e Liceo scientifico “LANFRANCONI” E1066

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA

FONDO KYOTO - SCUOLA 3
Luglio/2018

COMUNE DI GENOVA
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER
Piazza Di Vittorio, 6 - Genova

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	7
2.3 VERIFICA DEI VINCOLI INTERFERENTI SULLE PARTI DELL'IMMOBILE INTERESSATE DAGLI 'INTERVENTI.....	9
2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO.....	10
3 DATI CLIMATICI	12
3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO.....	12
3.2 DATI CLIMATICI REALI.....	13
3.3 ANALISI DELL'ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO	13
4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI	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.....	18
4.2.1 <i>Sottosistema di emissione</i>	18
4.2.2 <i>Sottosistema di regolazione</i>	19
4.2.3 <i>Sottosistema di distribuzione</i>	20
4.2.4 <i>Sottosistema di generazione</i>	21
4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA	23
4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO/CLIMATIZZAZIONE ESTIVA	24
4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA	24
4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE	24
4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE	25
4.8 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DI IMPIANTI DI PRODUZIONE ENERGIA ELETTRICA O COGENERAZIONE	26
5 CONSUMI RILEVATI	26
5.1 CONSUMI ENERGETICI STORICI PER CIASCUN VETTORE E CONNESSIONE ALLE RETI GAS NATURALE ED ELETTRICA.....	26
5.1.1 <i>Energia termica</i>	26
5.1.2 <i>Energia elettrica</i>	29
5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI	34
6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO.....	38
6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO	38
6.1.1 <i>Validazione del modello termico</i>	39
6.1.2 <i>Validazione del modello elettrico</i>	40
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI.....	40
6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI.....	42
7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO	43



7.1	COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI	43
7.1.1	<i>Vettore termico</i>	43
7.1.2	<i>Vettore elettrico</i>	44
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.....	48
8	IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA	50
8.1	DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI	50
8.1.1	<i>Involucro edilizio</i>	50
8.1.2	<i>Impianto riscaldamento</i>	51
8.1.3	<i>Impianto di illuminazione ed impianto elettrico</i>	52
9	VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA.....	54
9.1	ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI	54
9.2	ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI	58
9.3	IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D'INTERVENTO E SCENARI D'INVESTIMENTO	63
9.3.1	<i>Scenario 1: EEM2+EEM3</i>	65
9.3.2	<i>Scenario 2: EEM1+EEM2+EEM3:</i>	70
10	CONCLUSIONI	76
10.1	RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA	76
10.2	RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI	76
10.3	CONCLUSIONI E COMMENTI.....	76
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		1977
Anno di ristrutturazione		-
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E.7 Edificio scolastico
Superficie utile riscaldata	[m ²]	4.422
Superficie disperdente (S)	[m ²]	7.427
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	17.826
Rapporto S/V	[1/m]	0,42
Superficie netta aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	5.355,1
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	5.926
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	546,25
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	6.472,25
Tipologia generatore riscaldamento		Caldaia a gas
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	632
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	Non presente
Tipo di combustibile		Gas metano
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Combinata con riscaldamento + boiler elettrici
Emissioni CO ₂ di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	63,35
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{th} /anno]	143.309
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	11.414
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	73.012
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	13065

Nota (1): Valori di Baseline

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

- EEM 1: Sostituzione serramenti
- EEM 2: Installazione termovalvole
- EEM 3: Sostituzione corpi illuminanti
- SCN 1: EEM2+EEM3
- SCN 2: EEM1+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

	CON INCENTIVI													
	%Δ _E [%]	%Δ _{CO₂} [%]	ΔC _E [€/anno]	ΔC _{MO} [€/anno]	ΔC _{MS} [€/anno]	I ₀ [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]	DSCR	LLCR
EEM 1	17%	17%	4.114,83	-	-	167.101,58	34,95	54,61	30,00	-77.565,38	-0,01	-0,46		
EEM 2	2%	2%	525,31	4.327,38	-	11.941,66	2,59	2,80	15,00	33.415,17	0,36	2,80		
EEM 3	11%	11%	2.630,23	1.081,85	-	60.137,00	8,16	9,23	8,00	-8.278,14	-0,01	-0,14		
SCN 1	13,00%	13%	3.181,7	5.409,2	0,0	72.078,7	7	8	15	8.577,00	0,0727	0,1362	1,168	1,125
SCN 2	29,33%	29%	7.180,9	5.409,2	0,0	239.180,2	11	20	25	9.151,00	0,0468	0,0398	1,026	1,003

Figura 0.1 Analisi finanziaria ScENARIO 1

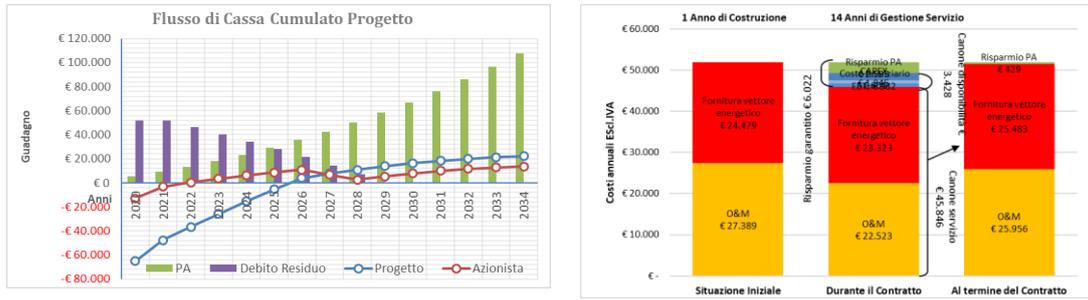
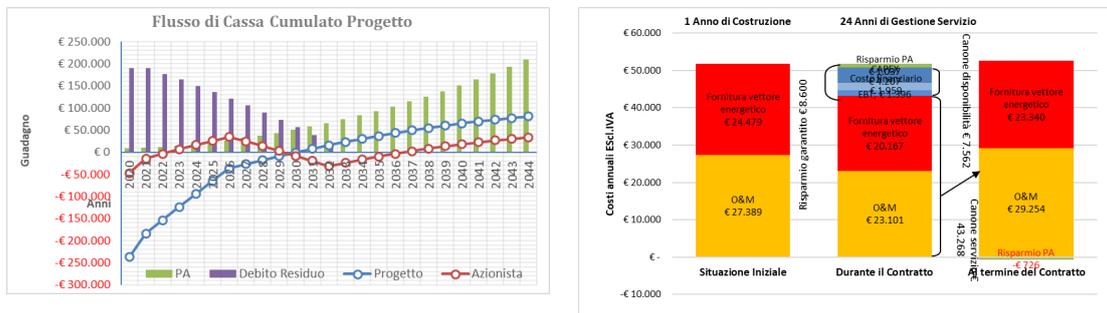


Figura 0.2 Analisi finanziaria ScENARIO 2



Dalle analisi fatte sull'edificio è emerso che entrambi gli scenari risultano vantaggiosi per entrambi i soggetti, ESCO e PA.

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 Sud-Est



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

Il complesso oggetto della DE, catastalmente individuato al NCEU F. 53 Mapp. 707 Sub. 1,2 è sito nel Comune di Genova e più precisamente nella zona di Sestri Ponente.

Il complesso è di proprietà del Comune di Genova ed è attualmente adibito a Liceo e Scuola Elementare.

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		1977
Anno di ristrutturazione		-
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E.7 Edificio scolastico
Superficie utile riscaldata	[m ²]	4.422
Superficie disperdente (S)	[m ²]	7.427
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	17.826
Rapporto S/V	[1/m]	0,42
Superficie netta aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	5.355,1
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	5.908
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	546,25
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	6.472,25
Tipologia generatore riscaldamento		Caldia a gas
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	632
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	Non presente
Tipo di combustibile		Gas metano
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Combinata con riscaldamento + boiler elettrici
Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	63,35

Consumo di riferimento Gas Metano ⁽²⁾	[kWh _{th} /anno]	143.309
Spesa annuale Gas Metano ⁽²⁾	[€/anno]	11.414
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽²⁾	[kWh _{el} /anno]	73.012
Spesa annuale energia elettrica ⁽²⁾	[€/anno]	13.065

Nota (2): Valori di Baseline

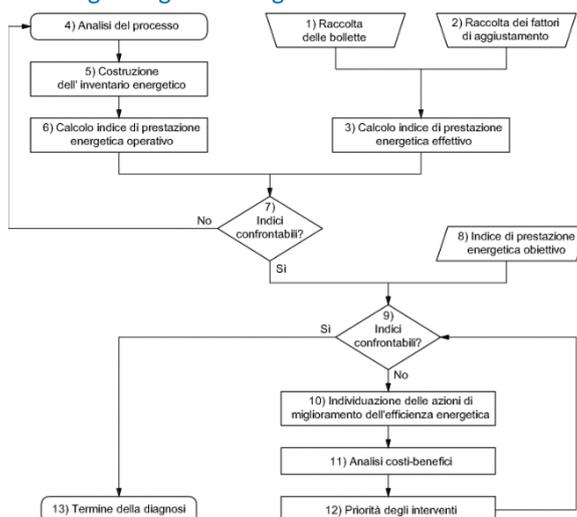
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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 28/11/2017 con verifica degli elaborati forniti e rilievo dei dati relativi alle caratteristiche degli elementi disperdenti ed impiantistici costituenti il sistema edificio-impianto;
- d) Visita alla centrale termica e/o frigorifera, con il supporto del personale incaricato della conduzione e manutenzione degli impianti e rilevamento dei dati utili;
- e) Preparazione e compilazione delle schede di Audit previste per la diagnosi di livello II di cui all'appendice A delle LGEE - Linee Guida per l'Efficienza Energetica negli Edifici - sett. 2013 - elaborato da AiCARR per Agesi, Assistal, Assopetroli e Assoenergia, e riportate all'Allegato J – Schede di audit;
- f) Elaborazione del comportamento termico ed elettrico dell'edificio, realizzata utilizzando il software commerciale Edilclima 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;

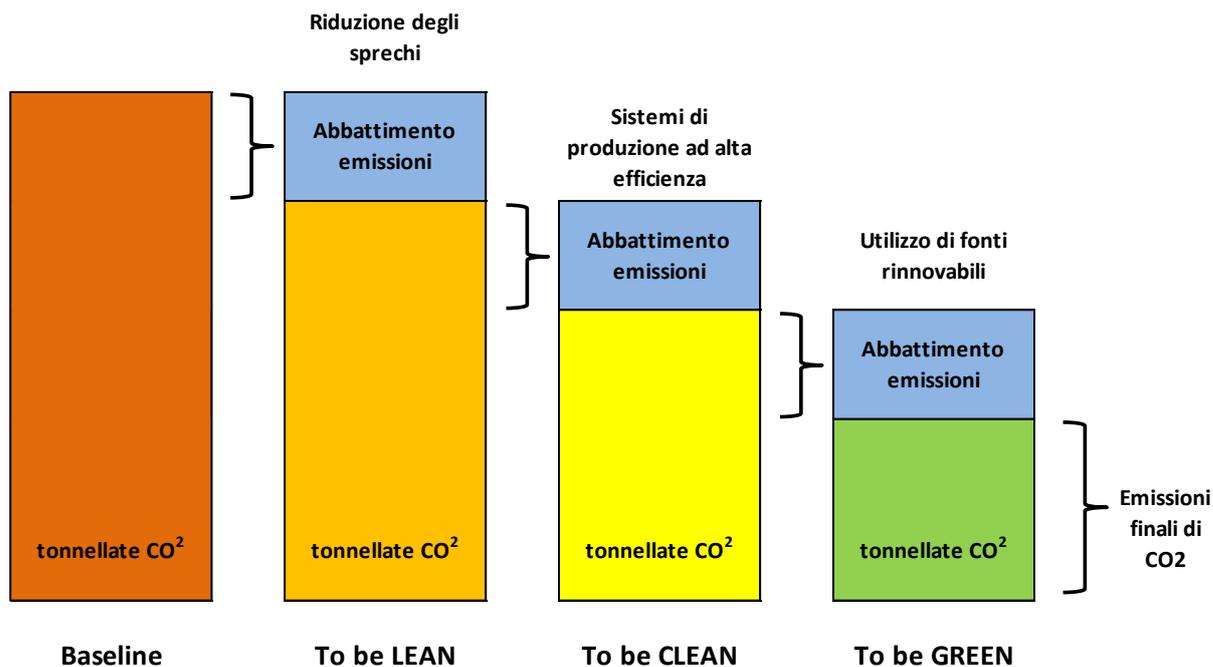
- p) Valutazione economico-finanziaria dei due scenari ottimali previsti, a partire dal "baseline di costi" e con riferimento ai principali indicatori finanziari e di sostenibilità finanziari ed ai possibili sistemi di incentivazione;
- q) Identificazione dell'eventuale canone applicabile nel caso di 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.

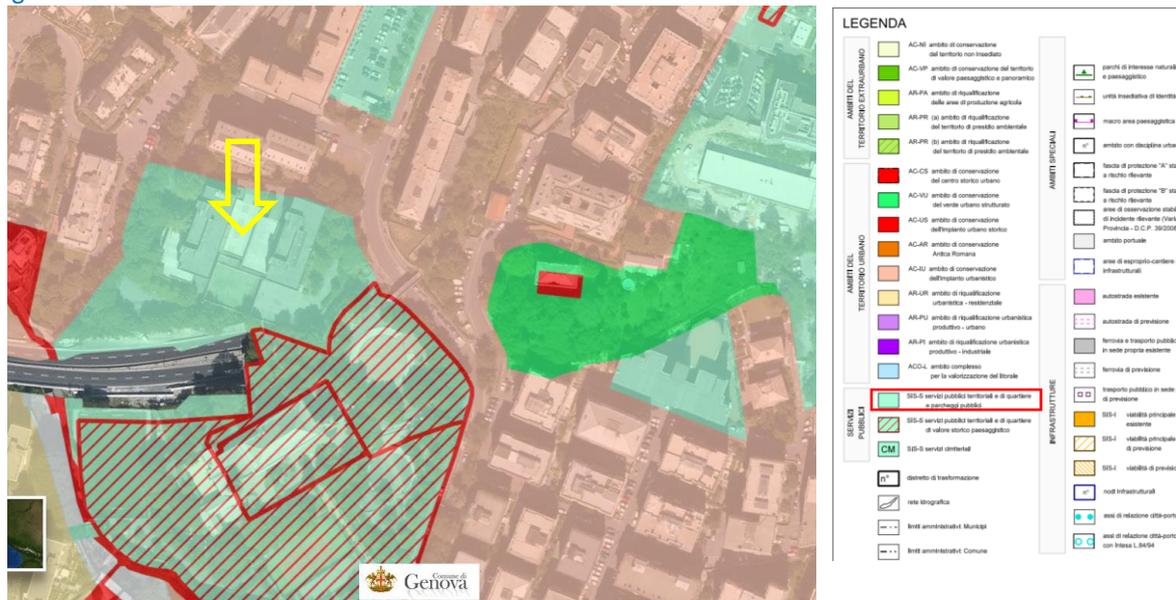
2 DATI DELL'EDIFICIO

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 negli anni '70 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 3 piani fuori terra, nei quali si sviluppano i vari ambienti a servizio dell'attività didattica. Al piano terra sono presenti uffici e aule; ai piani superiori sono dislocate le aule scolastiche ed i laboratori di informatica.

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⁾
Secondo interrato	Palestra, Magazzini	[m ²]	1.629,69	942,6	-
Primo interrato	Cucina, Spegliatoi	[m ²]	1.276,44	1.019,6	-
Terra	Aule e Uffici	[m ²]	866,14	722,3	-
Primo	Aule, Laboratori	[m ²]	1.067,83	867,9	-
Secondo	Aule Laboratori	[m ²]	1.067,83	869,6	-
TOTALE		[m²]	5.907,93	4.422	-

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.

Figura 2.3 - Particolare estratto dalla carta dei vincoli

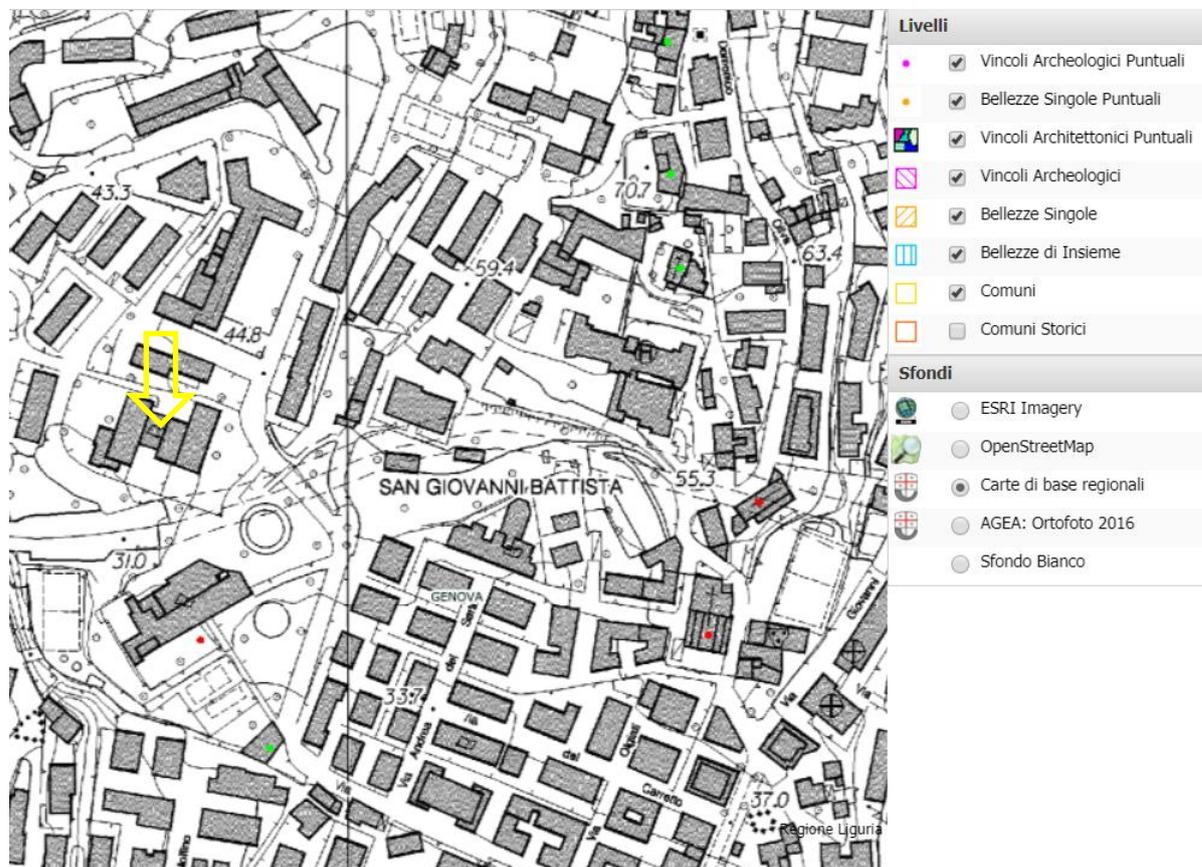


Tabella 2.2 - Misure di efficienza energetica individuate e valutazione delle interferenze con gli attuali vincoli

MISURA DI EFFICIENZA ENERGETICA	VINCOLO INTERESSATO	VALUTAZIONE INTERFERENZA ⁽⁵⁾	MISURA DI TUTELA DA ADOTTARE
EEM 1: Sostituzione serramenti	Nessun Vincolo		
EEM 2: Installazione termovalvole	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.

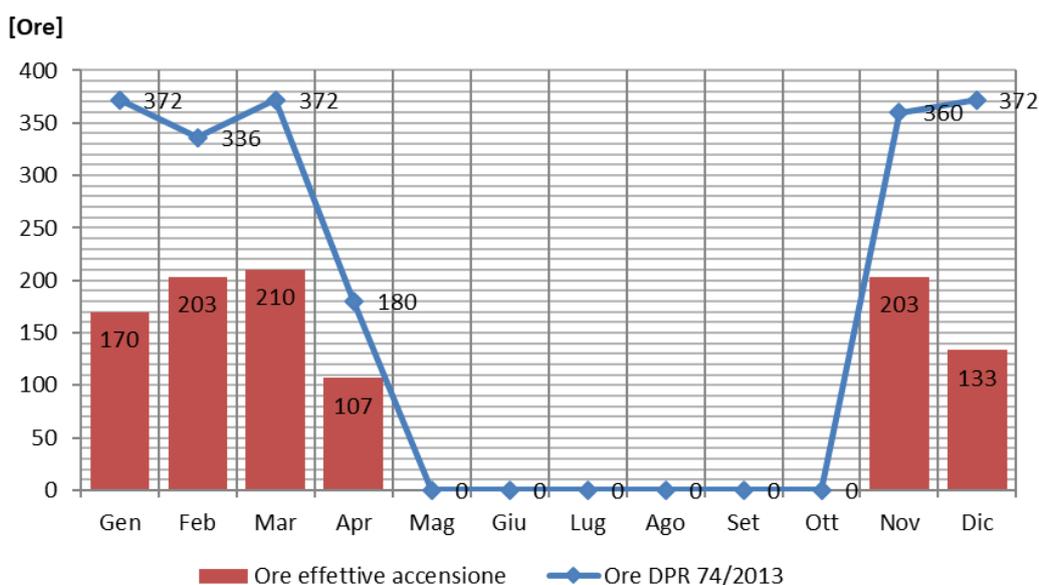
Gli orari di effettivo utilizzo dell'edificio sono stati ricavati tramite interviste agli operatori presenti, mentre i periodi di attivazione e spegnimento degli impianti sono stati rilevati, quando possibile, dal display del sistema di gestione degli stessi presente in centrale termica.

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	06:00 – 16:00
	[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	-	-	5	0	0	0
Agosto	31	23,6	-	-	0	0	0	0
Settembre	30	22,2	-	-	20	0	0	0
Ottobre	31	18,2	-	-	21	0	0	0
Novembre	30	13,3	30	201	20	20	136	16%
Dicembre	31	10	31	310	15	14	137	16%
TOTALE	365	16,7	166	1421	203	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.

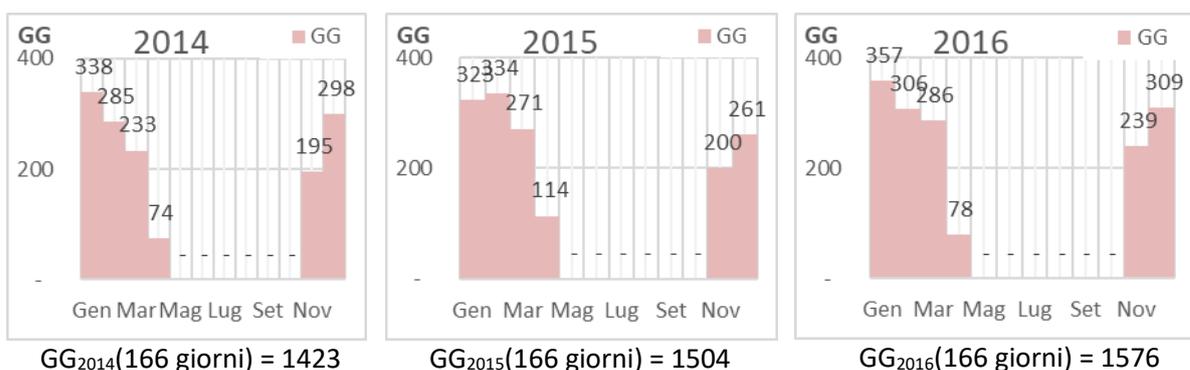
Figura 3.1 – Posizionamento della centralina meteo climatica rispetto all'edificio oggetto di DE



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

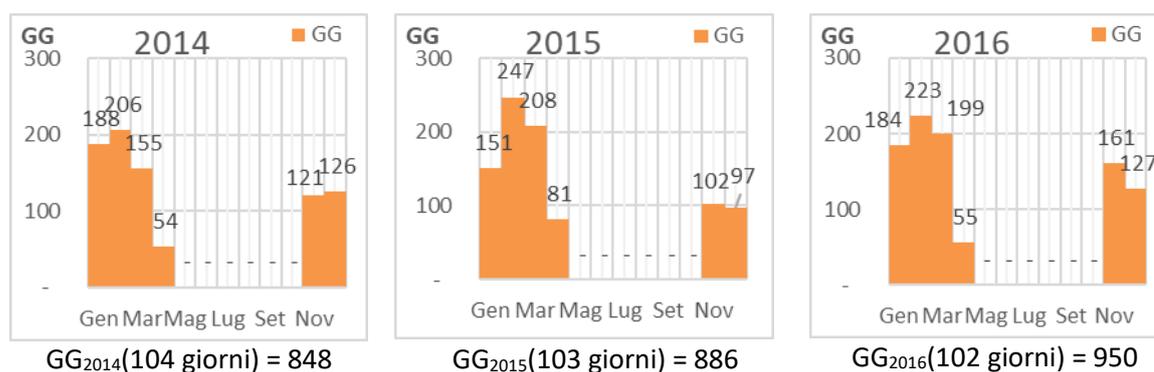


Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG reali sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto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



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.

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.

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 blocchi di calcestruzzo.

Questa soluzione realizzativa incide profondamente sul comportamento termico dell'edificio, sono infatti presenti ponti termici tra telaio e tamponamento che comportano maggiori dispersioni di calore. La totale assenza di isolante incrementa il fabbisogno termico della struttura cui corrispondono maggiori consumi di combustibile.

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 foglie 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

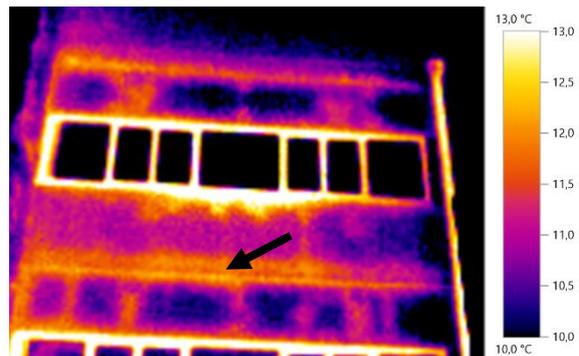
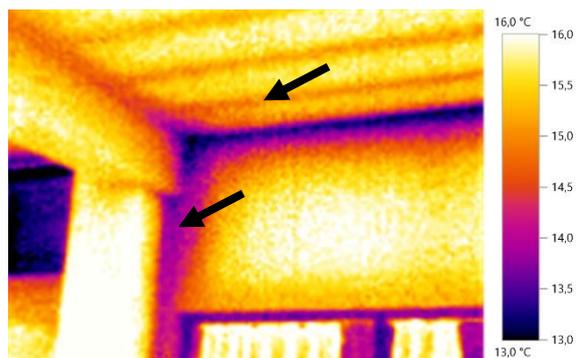


Figura 4.3 – Rilievo termografico della parete e del solaio dall'interno



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. È stato possibile anche analizzando la struttura dall'interno visionare la tipologia di solaio di copertura presente, costituita da pignatte e travetti.

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	30	Assente	2,00	medio
Parete verticale 1	PE 01	35	Assente	1,10	medio
Parete verticale 2	PE 02	15	Assente	2,00	medio
Pavimento controterra	PAV1	54	Assente	0,23	medio

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

4.1.2 Involucro trasparente

L'involucro trasparente che costituisce l'edificio è composto da serramenti con telaio in alluminio non a taglio termico e vetro singolo risalenti all'anno di realizzazione dell'edificio.

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

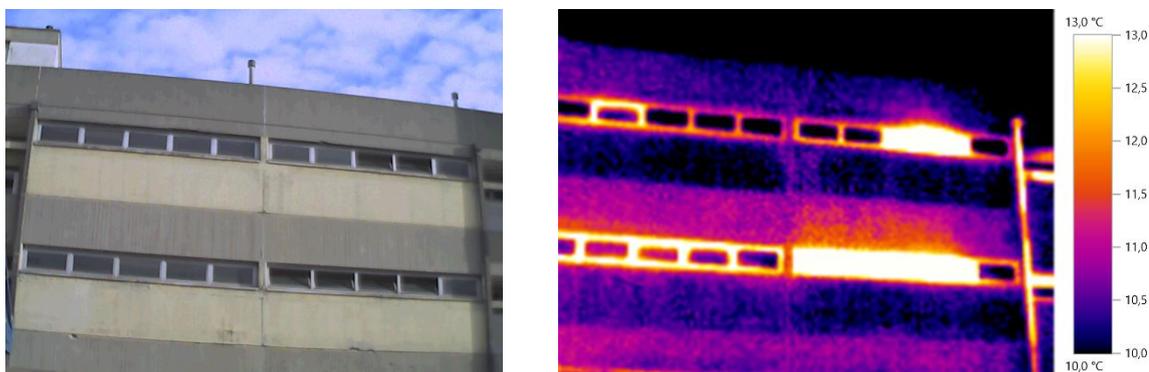
La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

Figura 4.4 - Particolare dei serramenti



- 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 4.5 – 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	550x100	Metallo senza T.T.	singolo	3,518	buono
Serramento verticale	W-02	180x120	Metallo senza T.T.	singolo	3,568	buono
Serramento verticale	W-03	100x200	Metallo senza T.T.	singolo	4,187	buono
Serramento verticale	W-04	305x100	Metallo senza T.T.	singolo	4,952	buono
Serramento verticale	W-05	260x100	Metallo senza T.T.	singolo	4,985	buono
Serramento verticale	W-06	340x120	Metallo senza T.T.	singolo	3,460	buono
Serramento verticale	W-07	390x70	Metallo senza T.T.	singolo	4,985	buono
Serramento verticale	W-08	1000x300	Metallo senza T.T.	singolo	4,929	buono
Serramento verticale	W-09	330x370	Metallo senza T.T.	singolo	4,873	buono
Serramento verticale	W-10	415x100	Metallo senza T.T.	singolo	3,413	buono
Serramento verticale	W-11	110x70	Metallo senza T.T.	singolo	4,850	buono
Serramento verticale	W-12	585x70	Metallo senza T.T.	singolo	5,017	buono
Serramento verticale	W-13	450x70	Metallo senza T.T.	singolo	5,057	buono
Serramento verticale	W-14	50x70	Metallo senza T.T.	singolo	4,998	buono
Serramento verticale	W-15	230x180	Metallo senza T.T.	singolo	5,014	buono
Serramento verticale	W-16	350x200	Metallo senza T.T.	singolo	3,169	buono
Serramento verticale	W-17	250x55	Metallo senza T.T.	singolo	5,144	buono
Serramento verticale	W-18	75x125	Metallo senza T.T.	singolo	5,300	buono
Serramento verticale	W-19	50x200	Metallo senza T.T.	singolo	5,159	buono
Serramento verticale	W-20	150x70	Metallo senza T.T.	singolo	5,000	buono
Serramento verticale	W-21	450x120	Metallo senza T.T.	singolo	3,947	buono
Serramento verticale	W-22	310x70	Metallo senza T.T.	singolo	4,967	buono
Serramento verticale	W-23	200x230	Metallo senza T.T.	doppio	3,309	buono
Serramento verticale	W-24	180x120	Metallo senza T.T.	singolo	3,568	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 due caldaie a basamento installate in centrale termica che vanno ad alimentare il circuito di distribuzione a servizio dei radiatori e degli aerotermini oltre che il circuito di alimentazione dell'acqua calda sanitaria.

4.2.1 Sottosistema di emissione

Il sottosistema di emissione è costituito da principalmente da radiatori di diversa dimensione in relazione alla dimensione e alla destinazione d'uso dell'ambiente servito o da aerotermini nella zona della palestra.

I terminali sono per la maggior parte installati su parete esterna, sotto finestra.

Il rendimento di emissione desunto dal modello di calcolo delle DE è pari a 93%.

Figura 4.6 - Particolare installazione radiatori



Figura 4.7 - Particolare installazione aerotermini



Le caratteristiche dei terminali di emissione installati sono sintetizzate nella Tabella 4.3 per la zona termica 1 e nella Tabella 4.4 per la zona termica 2.

Tabella 4.3 - Riepilogo caratteristiche dei terminali di emissione installati in zona termica 1 (zona prevalente)

PIANO	TIPO DI INSTALLAZIONE	NUMERO	POTENZA TERMICA UNITARIA	POTENZA TERMICA COMPLESSIVA	POTENZA FRIGORIFERA UNITARIA	POTENZA FRIGORIFERA COMPLESSIVA
			[kW]	[kW]	[kW]	[kW]
II° interrato	A parete	12	3,45	≈ 41,4	n.p	n.p
I° interrato	A parete	23	2,54	≈ 58,4	n.p	n.p
Terra	A parete	27	1,95	≈ 52,7	n.p	n.p
Primo	A parete	28	2,24	≈ 62,9	n.p	n.p
Secondo	A parete	28	2,54	≈ 71,3	n.p	n.p
TOTALE	A parete	118	2,43	287	n.p	n.p

Tabella 4.4 - Riepilogo caratteristiche dei terminali di emissione installati in zona termica 2 (zona palestra)

PIANO	TIPO DI INSTALLAZIONE	NUMERO	POTENZA TERMICA UNITARIA	POTENZA TERMICA COMPLESSIVA	POTENZA FRIGORIFERA UNITARIA	POTENZA FRIGORIFERA COMPLESSIVA
			[kW]	[kW]	[kW]	[kW]
II° interrato	A parete alta	8	24	≈ 192	n.p	n.p
TOTALE		8	24	192	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 + zona con sonda di temperatura esterna e monitoraggio della temperatura dei fluidi di ritorno in centrale termica; è presente una valvola a 3 vie di miscelazione sul circuito radiatori, mentre per gli aerotermi la mandata avviene direttamente dal collettore.

L'architettura dell'impianto di climatizzazione prevede due zone termiche; la regolazione agisce quindi sulla temperatura di mandata dell'acqua dalla caldaia, sulla valvola a 3 vie del circuito radiatori e sull'attivazione delle pompe gemellari di mandata dell'impianto. Un terzo circuito in partenza dal collettore serve lo scambiatore a servizio della produzione ACS.

Figura 4.8 - Particolare della pompa di circolazione

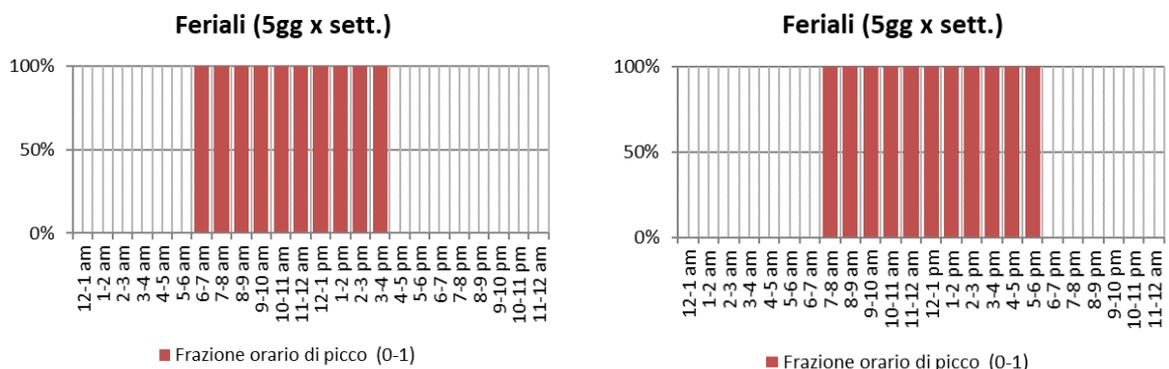


Figura 4.9 – Lettura di temperatura



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

Figura 4.10 - Profilo di funzionamento invernale dell'impianto per le due zone termiche



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

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

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

ZONA TERMICA	TIPO DI REGOLAZIONE	RENDIMENTO
Zona principale	Climatica+zona	96%
Palestra	Climatica+zona	96%

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

4.2.3 Sottosistema di distribuzione

Il sottosistema di distribuzione è costituito dai seguenti elementi:

- 1) Circuito primario di collegamento tra le caldaie e il collettore installati nel locale tecnico al piano secondo interrato;
- 2) Circuiti secondari tra il collettore e le utenze;

Circuito primario: una pompa anticondensa singola a velocità fissa sul circuito primario, le cui caratteristiche sono riportate nella Tabella 4.6.

Tabella 4.6 - Riepilogo caratteristiche pompe

NOME	SERVIZIO	PORTATA ⁽⁶⁾ [m ³ /h]	PREVALENZA ⁽⁶⁾ [kPa]	POTENZA ASSORBITA ⁽⁶⁾ [kW]
Caldaie	P1 Anticondensa	40	19-78	0,87
TOTALE				0,87

Nota (6): Valori ricavati da dati di targa

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

Tabella 4.7 – Temperature di mandata e ritorno del circuito primario

CIRCUITO	TEMPERATURA RILEVATA ⁽⁷⁾	TEMPERATURA CALCOLO
	°C	°C
Caldaia	Mandata - Caldo	60°C
	Ritorno - Caldo	50°C

Nota (7): Valori rilevati il giorno 28/11/2017 alle ore 11.20, in orario di lezione, con una temperatura esterna di circa 15°C

Circuito secondario: sono presenti due zone termiche, ognuna servita da un circuito dedicato dotato di pompa gemellare di circolazione a velocità fissa e funzionamento alternato; inoltre è presente un terzo circuito in partenza dal collettore a servizio della produzione di acqua calda sanitaria. E' presente una ulteriore pompa gemellare a velocità fissa e funzionamento alternato.

Le caratteristiche dei circolatori a servizio del circuito secondario sono riportate nella Tabella 4.8.

Tabella 4.8 - Riepilogo caratteristiche pompe circuito secondario

NOME	SERVIZIO	PORTATA ⁽⁸⁾ [m ³ /h]	PREVALENZA ⁽⁸⁾ [kPa]	POTENZA ASSORBITA ⁽⁸⁾ [kW]
Zona prevalente	P2 mandata acqua calda a radiatori	50	19-58	1,05
Zona palestre	P3 mandata acqua calda a aerotermi	17	19-78	0,41
Produzione ACS	P4 mandata acqua calda a scambiatore	30	28-97	0,88
TOTALE				2,34

Nota (8): Valori ricavati da dati di targa

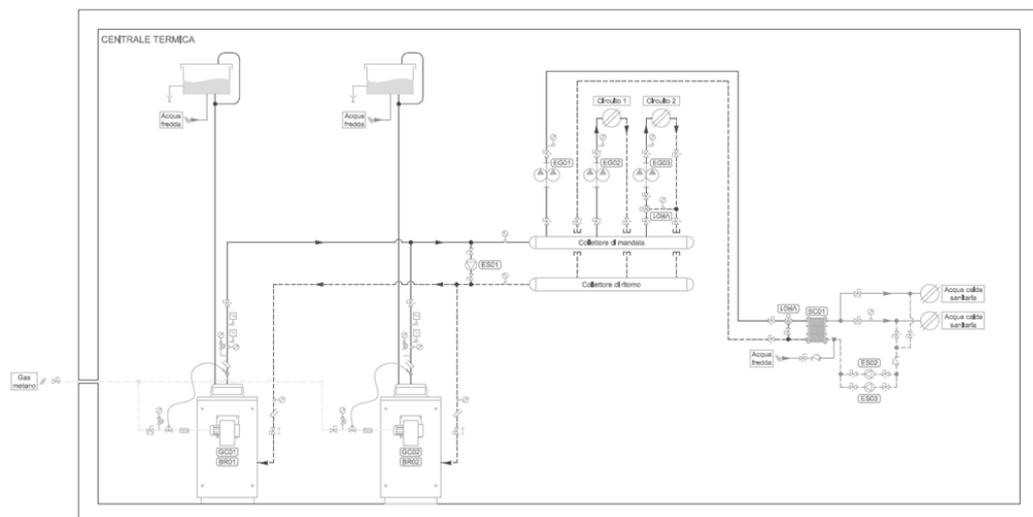
Le temperature del fluido termovettore all'interno del circuito secondario sono riportate nella Tabella 4.9.

Tabella 4.9 – Temperature di mandata e ritorno del circuito secondario

CIRCUITO	TEMPERATURA RILEVATA ⁽⁹⁾	TEMPERATURA CALCOLO
		°C
Radiatori	Mandata - Caldo	54°C
	Ritorno - Caldo	39°C
Aerotermini	Mandata - Caldo	58°C
	Ritorno - Caldo	nd
Scambiatore	Entrata - Caldo	55°C
	Uscita - Caldo	nd

Nota (9): Valori rilevati il giorno 28/11/2017 alle ore 11.20, in orario di lezione, con una temperatura esterna di circa 15°C. I valori n.d. sono dovuti all'assenza di termometri dedicati. I valori nel modello sono stati ipotizzati considerando un funzionamento di progetto dell'impianto.

Figura 4.11 - Particolare dello schema di impianto [(Fonte: Tavola 089-S02-001-CENTRALE TERMICA.dwg)]



Il rendimento complessivo del sottosistema di distribuzione è stato assunto nella DE pari a 96,6%. 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 due caldaie a basemento installate in centrale termica, al piano secondo interrato. Le macchine sono una Thermital, modello THE/Q 349 ed una Ferroli, modello Prextherm 300, le cui caratteristiche sono riportate nella seguente Tabella 4.10.

¹ UNI TS 11300-2 2014

Figura 4.12 - Caldaia a basamento



Figura 4.13 - Targhetta caldaia 1

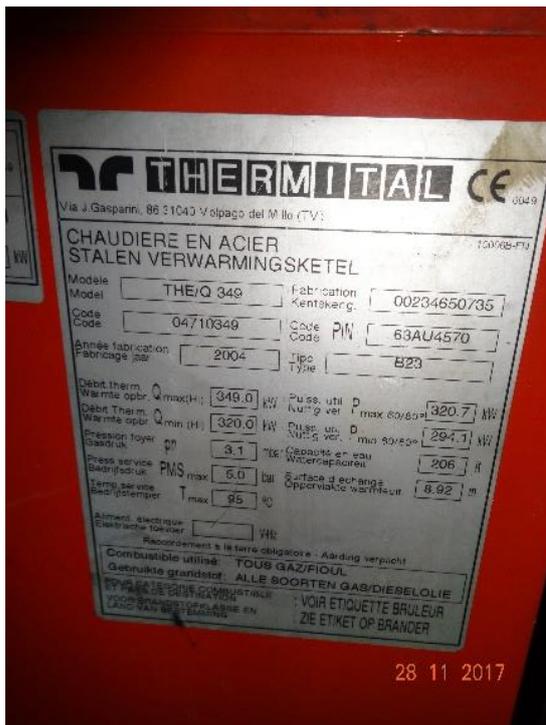


Figura 4.14 - Targhetta caldaia 2



Tabella 4.10 - Riepilogo caratteristiche sistema di generazione

Servizio	MARCA	MODELLO	ANNO DI COSTRUZIONE	POTENZA AL FOCOLARE ⁽¹⁰⁾ [kW]	POTENZA TERMICA UTILE ⁽¹⁰⁾ [kW]	RENDIMENTO ⁽¹⁰⁾	POTENZA ASSORBITA COMPLESSIVA ⁽¹⁰⁾ [kW]
G1 Risc. e ACS	Thermital	THE/Q 349	2004	318-348	332 (60°-70°)	95,8%	0,54 kW
G2 Risc. e ACS	Ferrolti	Prextherm 300	nd	327	300 (60°-70°)	91,6%	0,45 kW

Nota (10): Valori ricavati da dati di targa

Dall'analisi dei fumi il rendimento di combustione è risultato pari al 90,4 % mentre il rendimento da scheda tecnica è pari al 95,8% e 91,6%. Nella DE il rendimento della caldaia è stato assunto pari a 95,57%. Il rendimento complessivo del sottosistema di generazione, in regime di riscaldamento è stato assunto nella DE pari a 90,72%.

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 alle stesse caldaie descritte precedentemente con interposto uno scambiatore a piastre; in alcuni servizi igienici sono inoltre presenti 5 boiler elettrici installati localmente nei servizi igienici stessi.

In particolare, questi ultimi sono a servizio dei soli spogliatoi della palestra del Liceo Lanfranconi, dei bagni al piano secondo della scuola elementare e del vecchio appartamento del custode.

Figura 4.15 - Scambiatore di calore a piastre



Figura 4.16 - Boiler elettrici spogliatoi palestra



I rendimenti caratteristici dei sottosistemi dell'impianto di produzione acqua calda sanitaria sono riportati nella Tabella 4.11.

Tabella 4.11 – Rendimenti dell'impianto di produzione acqua calda sanitaria

SOTTOSISTEMA DI EROGAZIONE ⁽¹²⁾	SOTTOSISTEMA DI DISTRIBUZIONE ⁽¹²⁾	SOTTOSISTEMA DI RICIRCOLO ⁽¹²⁾	SOTTOSISTEMA DI ACCUMULO ⁽¹²⁾	SOTTOSISTEMA DI GENERAZIONE ⁽¹²⁾	RENDIMENTO GLOBALE MEDIO STAGIONALE ⁽¹²⁾
100%	92,6%	100%	-	94,9%	73,4%

Nota (12): UNI TS 11300-2 2014

Sul circuito ACS principale sono inoltre presenti due pompe di ricircolo delle quali la Tabella 4.12 riporta le caratteristiche tecniche.

Tabella 4.12 – Riepilogo caratteristiche pompe ricircolo acqua calda sanitaria

	NOME	SERVIZIO	PORTATA ⁽¹³⁾	PREVALENZA ⁽¹³⁾	POTENZA ASSORBITA ⁽¹³⁾
			[m ³ /h]	[kPa]	[kW]
Ricircolo	PR1	mandata acqua calda a radiatori	5,4	1-6	0,103
	PR2	mandata acqua calda a aerotermi	5,4	1-6	0,103
TOTALE					0,206

² UNI TS 11300-2 2014

Nota (13): Valori ricavati da dati di targa

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 lavagne interattive multimediali presenti e marginalmente a stampanti e distributori bevande/alimenti, nonché alle apparecchiature presenti nel locale cucina.

Tali tipologie di utenze sono state raggruppate insieme ed identificate con la denominazione di forza elettromotrice (FEM) e sono riportate nella Tabella 4.13.

Tabella 4.13 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche

PIANO EDIFICIO	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA NOMINALE	POTENZA COMPLESSIVA	ORE ANNUE DI UTILIZZO
			[W]	[W]	[ore]
Zona termica Scuola	Lavastoviglie	1	10.600	10.600	268,5 (1,3 h/g per 203 gg)
	Scaldavivande	1	1.800	1.800	235,5 (1,2 h/g per 203 gg)
	PC	58	225W	13.050	242,6 (1,2 h/g per 203 gg)
	Cappa cucina	1	1.500	1.500	471,0 (2,3 h/g per 203 gg)
	Cappa laboratorio	1	550	550	471,0 (2,3 h/g per 203 gg)
	Ascensore	1	5.000	5.000	70,7 (0,3 h/g per 203 gg)
	Multifunzione	3	200 W 0,05 W	600	176,6 (0,9 h/g per 203 gg)
	LIM	7	225W 0,06W	1.575	353,3 (1,7 h/g per 203 gg)
	Stereo/TV	1	75 W 0,01 W	75	117,8 (0,6 h/g per 203 gg)
	Carrello termico	1	1.800	1.800	117,8 (0,6 h/g per 203 gg)
	Frigorifero	2	1.000	2.000	8.760 (24 h/g per 365 gg)
	Distributori	2	1.000	2.000	8.760 (24 h/g per 365 gg)
	Centrali allarme	2	115	230	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 al solo impianto di illuminazione poiché durante l'arco della giornata i carichi misurati sono rimasti pressoché costanti.

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

4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE

L'impianto di illuminazione è prettamente costituito da lampade fluorescenti di diversa taglia, in funzione della tipologia di utilizzo dei locali.

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

Figura 4.17 - Particolare corpi illuminanti aula musica



L'elenco e le caratteristiche dei corpi illuminanti sono riportate nella Tabella 4.14.

Tabella 4.14 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

ZONA TERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA UNITARIA [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]
Zona Termica Scuola e Palestra	fluorescenti 2x36W	389	72	28.008
	fluorescenti 2x18W	23	36	828
	fluorescenti 1x18W	12	18	216

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 4.18 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nelle aule



Figura 4.19 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nei laboratori



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

Non presente impianto di produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili

5 CONSUMI RILEVATI

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

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

I vettori energetici analizzati sono i seguenti:

- 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 ⁽¹⁴⁾	1,0549	9,42
Gasolio	11,87 ⁽¹⁴⁾	0,85	n/a	n/a	10,09

Nota (14) Fonte: Prospetto B.19 UNI TS 11300-2:2014

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

- Centrale termica per il riscaldamento degli ambienti e produzione di acqua calda sanitaria;
- Usi cottura;

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

L'analisi dei consumi storici di Gas metano a servizio della mensa si basa sulla base de m³ di gas rilevati dalla società di distribuzione nel biennio 2015-2016 mentre quella riferita ai consumi per l'impianto di riscaldamento e ACS si basa sulla base de m³ annui di gas metano forniti dalla PA e riportati nel file Excel "kyotoBaseline-E1066rev09" (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]
016220050529674	Riscaldamento& ACS	Diverso combustibile	21.788	16642	-	205.243	156.768
03270004221716	Uso cottura	0	0	0	0	0	0

L'utenza relativa al PDR 03270004221716 risulta attiva ma i consumi sono nulli.

Non è stato possibile effettuare un'analisi dei consumi termici fatturati in quanto, il contratto di Servizio Integrato Energia 3 (SIE3) stipulato dalla PA con un soggetto terzo, comprende sia la fornitura del vettore energetico che la conduzione e manutenzione degli impianti. Non è stato quindi possibile effettuare un'analisi dei consumi di fatturazione del vettore energetico in quanto tali fatture non sono a disposizione della PA .

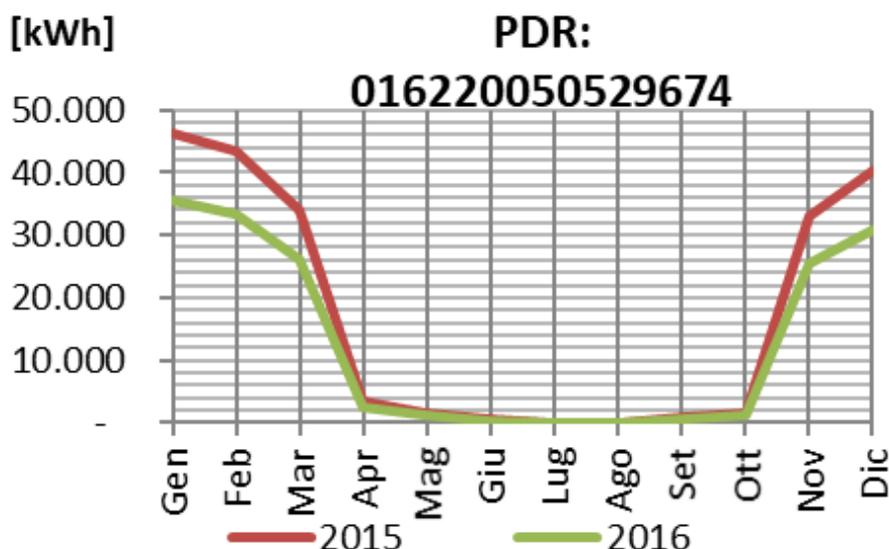
Tuttavia, l'andamento dei consumi stagionali del vettore energetico è stato desunto dal modello energetico dell'edificio, applicando la percentuale mensile di incidenza dei consumi ai totali annui forniti dalla PA; l'andamento mensile dei consumi è riportato nella Tabella 5.3.

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

PDR: 016220050529674	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Mese	[Sm ³]	[Sm ³]	[Sm ³]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen		4.923	3.760	-	46.374	35.421
Feb		4.625	3.532	-	43.563	33.274
Mar		3.620	2.765	-	34.096	26.043
Apr		349	267	-	3.291	2.513
Mag		166	127	-	1.564	1.195
Giu		52	40	-	494	377
Lug		-	-	-	-	-
Ago		-	-	-	-	-
Set		91	69	-	856	654
Ott		166	127	-	1.564	1.195
Nov		3.519	2.688	-	33.146	25.317
Dic		4.278	3.267	-	40.295	30.778
Totale		21.788	16.642	-	205.243	156.768

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

Figura 5.1 – Andamento mensile dei consumi termici fatturati



Dall'analisi effettuata è emerso che il PDR relativo all'utenza Cucina ha consumi nulli durante il triennio di riferimento.

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

In valore assoluto tuttavia i consumi non risultano omogenei nei due anni. Questo indica una configurazione dell'impianto diversa tra il 2015 e 2016 dovuta probabilmente al cambio di gestore dell'impianto. Perciò si è scelto di prendere in considerazione solo l'ultimo anno disponibile.

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;

\overline{Q}_{ACS} = Consumo termico reale per ACS dell'edificio, kWh/anno, valutato come la media dei consumi per l'ACS nel triennio di riferimento; i consumi relativi all'acqua calda sanitaria sono stati calcolati considerando il numero di utenti ed il relativo fabbisogno di ACS (così come definiti dalla UNI TS 11300-2) cui si sono associati profili di richiesta conformi all'effettiva occupazione ed utilizzo del fabbricato

\overline{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 ^{REALI} 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]
2016	950	867	15.587	146.833	154,6	134.004	9.305	-
Media	950	867	15.587	146.833	154,6	134.004	9.305	

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]
\overline{Q}_{ACS}	9.305
\overline{Q}_{ALTRO}	-
$\overline{a}_{rif} \times GG_{rif}$	134.005
$Q_{baseline}$	143.309

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	2015	2016	MEDIA
-----	--------------	------	------	------	-------

		[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
IT001E00096217	Scuola elementare e Liceo	83.738	74.474	71.550	76.587

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-E1066rev.09), dal confronto sono emerse le seguenti differenze:

- i dati delle fatture 2014 sono superiori a quelli del file kyotoBaseline-E1066 del 4,11%
- i dati delle fatture 2015 sono inferiori a quelli del file kyotoBaseline-E1066 del 6,79%
- i dati delle fatture 2016 sono inferiori a quelli del file kyotoBaseline-E1066 del 7,61%

L'individuazione della baseline elettrica di riferimento è calcolata sulla media aritmetica dei valori relativi ai consumi elettrici reali per il biennio 2015 e 2016. Il 2014 non è stato preso in considerazione nel calcolo della baseline in quanto la gestione dell'edificio era diversa.

Si è pertanto definito un consumo $EE_{baseline}$ pari a 73.012 kWh/anno.

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

POD: IT001E00096217	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 14	5.130	1.445	2.247	8.822
Feb - 14	5.153	1.470	1.858	8.481
Mar - 14	4.524	1.451	1.948	7.923
Apr - 14	3.845	1.095	1.683	6.623
Mag - 14	4.269	1.420	1.924	7.613
Giu - 14	2.437	963	1.799	5.199
Lug - 14	1.219	671	1.382	3.272
Ago - 14	1.885	1.510	2.677	6.072
Set - 14	3.231	922	1.586	5.739
Ott - 14	4.777	1.231	1.760	7.768
Nov - 14	4.616	1.171	2.035	7.822
Dic - 14	4.425	1.351	2.628	8.404
Totale	45.511	14.700	23.527	83.738
POD: IT001E00096217	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 15	5.207	1.589	2.725	9.521
Feb - 15	5.388	1.513	2.303	9.204
Mar - 15	5.282	1.549	2.631	9.462
Apr - 15	2.637	888	1.242	4.767
Mag - 15	4.052	1.048	1.904	7.004
Giu - 15	2.997	775	1.459	5.231
Lug - 15	1.079	584	1.258	2.921
Ago - 15	551	447	1.196	2.194
Set - 15	2.632	828	1.683	5.143
Ott - 15	4.603	928	1.331	6.862
Nov - 15	4.856	968	1.341	7.165
Dic - 15	2.894	758	1.348	5.000
Totale	42.178	11.875	20.421	74.474
POD: IT001E00096217	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]

Gen - 16	4.357	978	1.663	6.998
Feb - 16	3.787	858	1.444	6.089
Mar - 16	4.759	992	1.515	7.266
Apr - 16	4.200	980	1.564	6.744
Mag - 16	4.676	910	1.517	7.103
Giu - 16	2.032	660	1.232	3.924
Lug - 16	656	515	1.072	2.243
Ago - 16	790	550	1.176	2.516
Set - 16	3.000	891	1.424	5.315
Ott - 16	5.016	1.042	1.626	7.684
Nov - 16	5.612	1.010	1.565	8.187
Dic - 16	4.480	1.105	1.896	7.481
Totale	43.365	10.491	17.694	71.550

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]
Gennaio	4.782	1.284	2.194	8.260
Febbraio	4.588	1.186	1.874	7.647
Marzo	5.021	1.271	2.073	8.364
Aprile	3.419	934	1.403	5.756
Maggio	4.364	979	1.711	7.054
Giugno	2.515	718	1.346	4.578
Luglio	868	550	1.165	2.582
Agosto	671	499	1.186	2.355
Settembre	2.816	860	1.554	5.229
Ottobre	4.810	985	1.479	7.273
Novembre	5.234	989	1.453	7.676
Dicembre	3.687	932	1.622	6.241
Totale	42.772	11.183	19.058	73.012

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

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

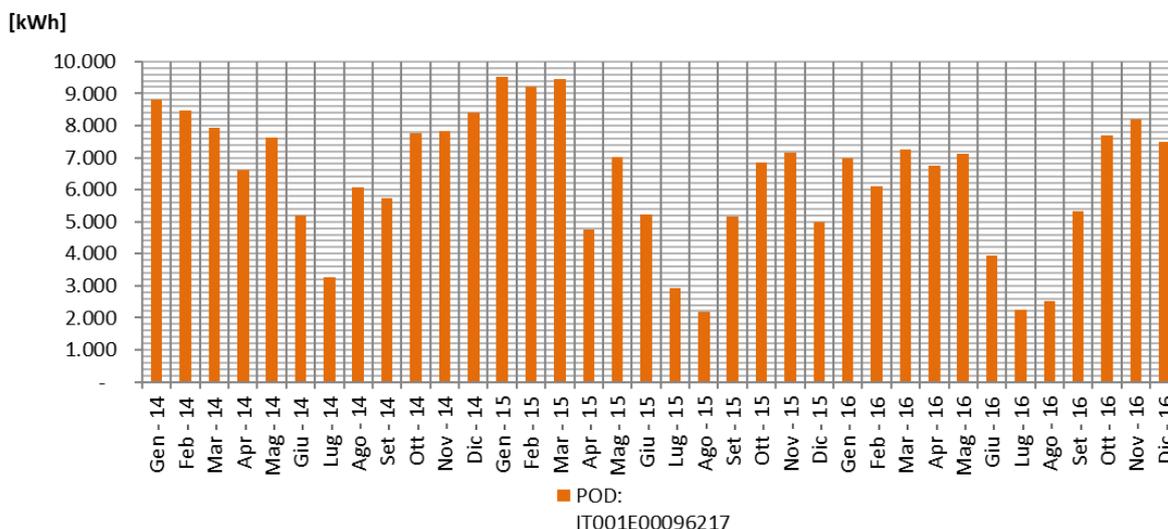
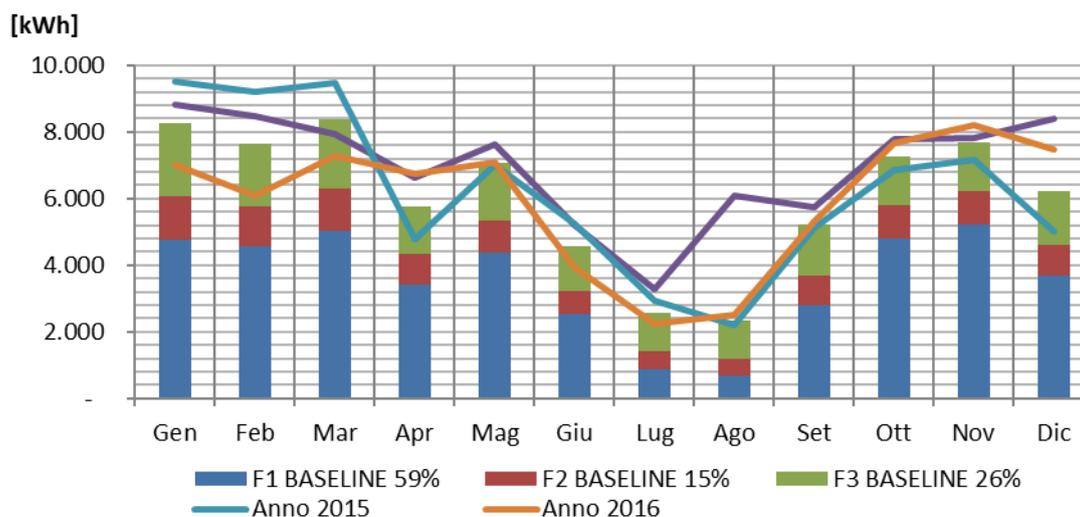


Figura 5.3 – Confronto tra i profili mensili elettrici reali e i valori di Baseline per il triennio di riferimento



E' stato inoltre possibile rappresentare i profili giornalieri dei consumi elettrici accedendo alle informazioni fornite dalla società di distribuzione dell'energia elettrica, il quale rende disponibili i prelievi di energia elettrica con cadenza quarti oraria.

Si sono pertanto analizzati dei profili giornalieri campione, rappresentativi delle diverse condizioni di utilizzo dell'edificio e di funzionamento dell'impianto.

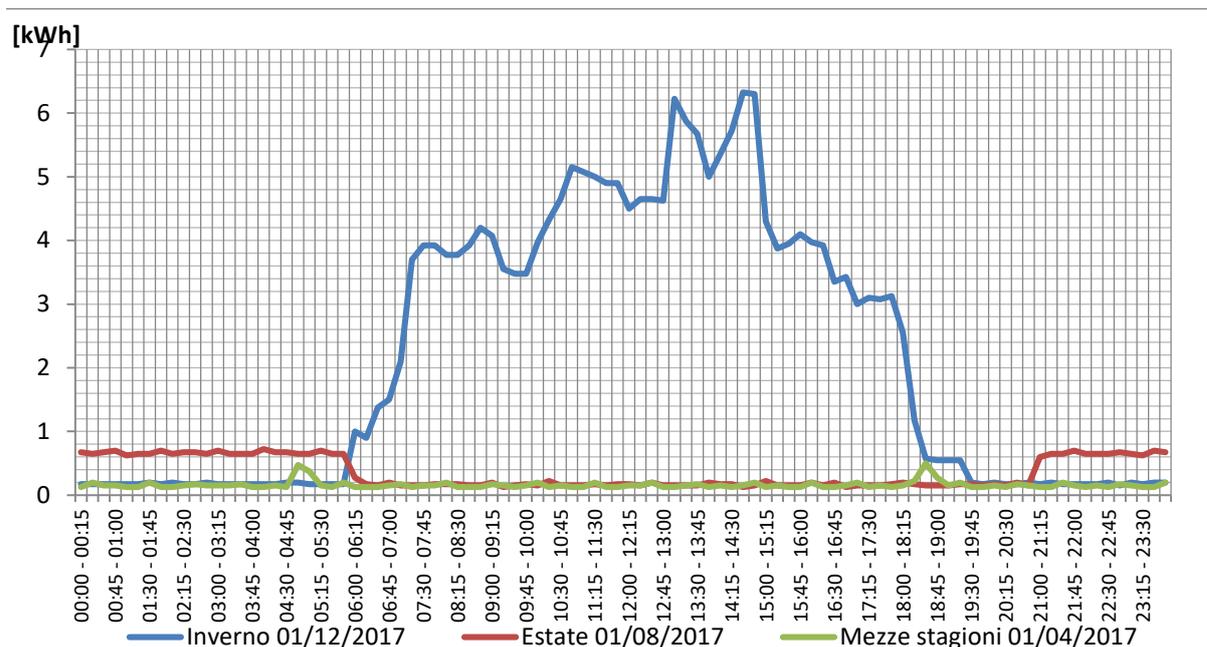
Le giornate analizzate sono riportate nella Tabella 5.9

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

PROFILO	DATA	GIORNO DELLA SETTIMANA	PERIODO	TEMPERATURA ESTERNA MEDIA [°C]
[Profilo 1]	[01/12/2017]	venerdi	Periodo scolastico	11
[Profilo 2]	[01/08/2017]	martedi	Periodo di Vacanze	28
[Profilo 3]	[01/04/2017]	Sabato	Periodo scolastico	16

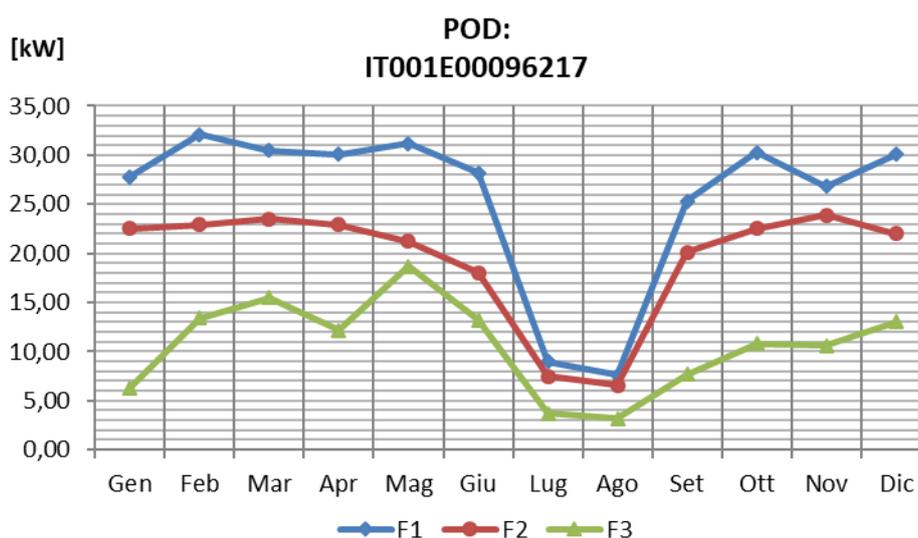
L'andamento dei profili giornalieri di consumo è riportato nei grafici in Figura 5.4.

Figura 5.4 – Profili giornalieri tipo dei consumi elettrici per il POD IT001E00096217



Dai grafici così ottenuti si rileva un andamento dei consumi elevato durante i mesi invernali ed un appiattimento dei consumi nei giorni di chiusura della scuola, non solo durante il periodo estivo. Tali andamenti risultano coerenti rispetto alle caratteristiche delle utenze rilevate in sede di sopralluogo, pertanto si ritiene affidabile quanto analizzato ed un valido punto di partenza per definire le strategie di efficientamento del sito.

Figura 5.5 – Profili di potenza giornalieri per il POD IT001E00096217



Il prelievo di potenza massima è pari a circa 32kW e si verifica durante i mesi di apertura della scuola. Tale potenza richiesta risulta coerente con la potenza massima erogata dal contatore installato e con le utenze elettriche rilevate in fase di sopralluogo.

Tali profili risultano coerenti con l'effettivo utilizzo dell'edificio e delle utenze elettriche presenti.

5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI

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

I fattori di emissione di CO₂ utilizzati sono riportati nella Tabella 5.10 - Fattori di emissione di CO₂. Tabella 5.10.

Tabella 5.10 - Fattori di emissione di CO₂.

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

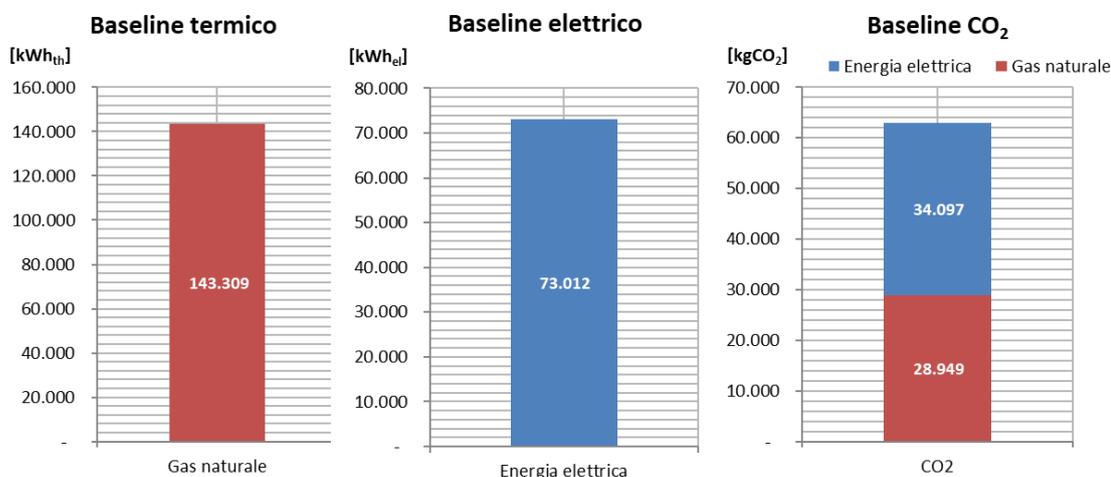
* da "Linee Guida Patto dei Sindaci" per anno 2010

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

Tabella 5.11 – Baseline delle emissioni di CO₂.

COMBUSTIBILE	CONSUMO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE	EMISSIONI DI CO ₂
	[kWh]	[kgCO ₂ /kWh]	[kgCO ₂]
Gas naturale	143.309	0,202	28.949
Energia elettrica	73.012	0,467	34.097
TOTALE			60.045

Figura 5.6 – Rappresentazione grafica della Baseline dei consumi e delle emissioni di CO₂.



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

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

COMBUSTIBILE	$F_{p,ren}$	$F_{p,ren}$	$F_{p,tot}$
Gas naturale	1,05	0	1,05
Energia elettrica da rete	1,95	0,47	2,42

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

Tabella 5.13 – Fattori di riparametrizzazione

PARAMETRO		VALORE	U.M.
FATTORE 1	Superficie netta riscaldata	4.422	m ²
FATTORE 1	Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	5.908	m ²
FATTORE 1	Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate)	19.760	m ³

Nella Tabella 5.14 e

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

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

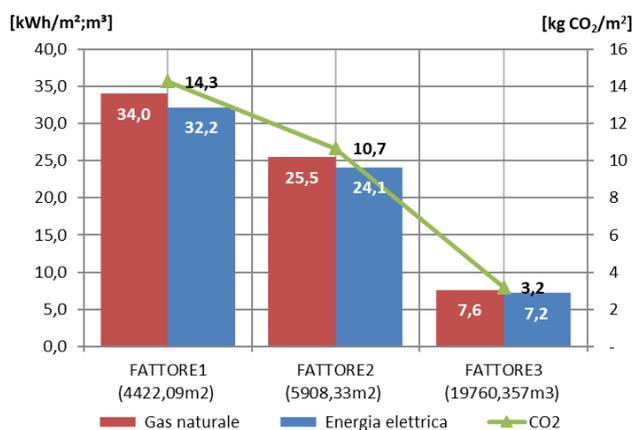
VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA TOTALE	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA NON RINN.	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3	FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3
	[kWh/anno]		[kWh/anno]	[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	143.309	1,05	150.475	34,0	25,5	7,6	6,55	4,90	1,46
Energia elettrica	73.012	2,42	176.689	40,0	29,9	8,9	7,71	5,77	1,73
TOTALE			327.164	74	55	17	14	11	3

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

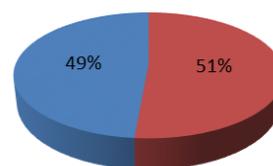
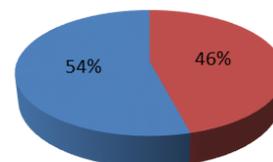
VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE E ENERGIA PRIMARIA NON RINN.	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA NON RINN.	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3	FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3
	[kWh/anno]		[kWh/anno]	[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	143.309	1,05	150.475	34,0	25,5	7,6	6,55	4,90	1,46
Energia elettrica	73.012	1,95	142.373	32,2	24,1	7,2	7,71	5,77	1,73
TOTALE			292.848	66	50	15	14	11	3

Figura 5.7 – Indicatori di performance e relative emissioni di CO₂ valutati in funzione della superficie utile riscaldata

Figura 5.8 – Ripartizione % dei consumi di energia primaria e delle relative emissioni di CO₂



Ripartizione % energia primaria

Ripartizione % emissioni CO₂

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

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

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

La formula definita è sotto riportata:

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

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

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

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

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

Tabella 5.16 – Indicatori di performance energetici

COMBUSTIBILE	IEN _R			IEN _E		
	Wh/(m³ GG anno)			Wh/(m³ anno)		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Gas Naturale	11,60	6,20	4,52	-	-	-
Energia elettrica	-	-	-	12,76	11,34	10,90

E' stato quindi possibile effettuare un raffronto con le classi di merito riportate nelle suddette Linee Guida ENEA - FIRE, ottenendo degli indici di consumo buoni dal 2015 per quanto riguarda il vettore termico mentre per quello elettrico la classificazione è insufficiente per il 2014 e sufficiente per gli anni successivi.

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	139,99	146,46
Climatizzazione invernale	EP_H	kWh/mq anno	114,49	113,84
Produzione di acqua calda sanitaria	EP_w	kWh/mq anno	2,40	2,32
Ventilazione	EP_v	kWh/mq anno		
Raffrescamento	EP_c	kWh/mq anno		
Illuminazione artificiale	EP_L	kWh/mq anno	29,57	23,83
Trasporto di persone e cose	EP_T	kWh/mq anno	0,56	0,45
Emissioni equivalenti di CO ₂	CO_{2eq}	Kg/mq anno	28,96	28,96

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	46.690	462.697,9
Energia Elettrica	-	94.290

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	56,13	52,1
Climatizzazione invernale	EP_H	kWh/mq anno	34,68	34,43
Produzione di acqua calda sanitaria	EP_w	kWh/mq anno	2,4	2,32
Ventilazione	EP_v	kWh/mq anno		
Raffrescamento	EP_c	kWh/mq anno		

Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	19,05	15,35
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	0,19	0,16
Emissioni equivalenti di CO ₂	CO _{2eq}	Kg/mq anno	11,02	11,02

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	15.874,2	-
Energia Elettrica	-	71.311

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]	[%]
149.535	143.309	4%

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]	[%]
71.311	73.012	2%

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

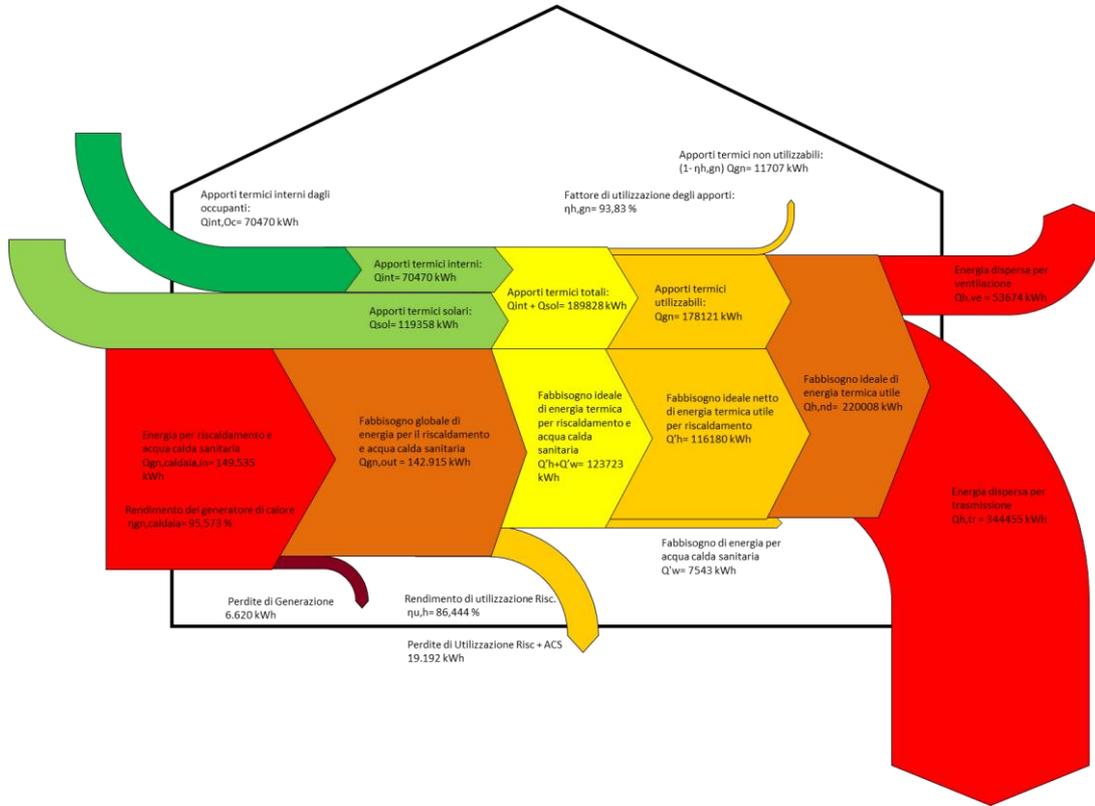
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

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

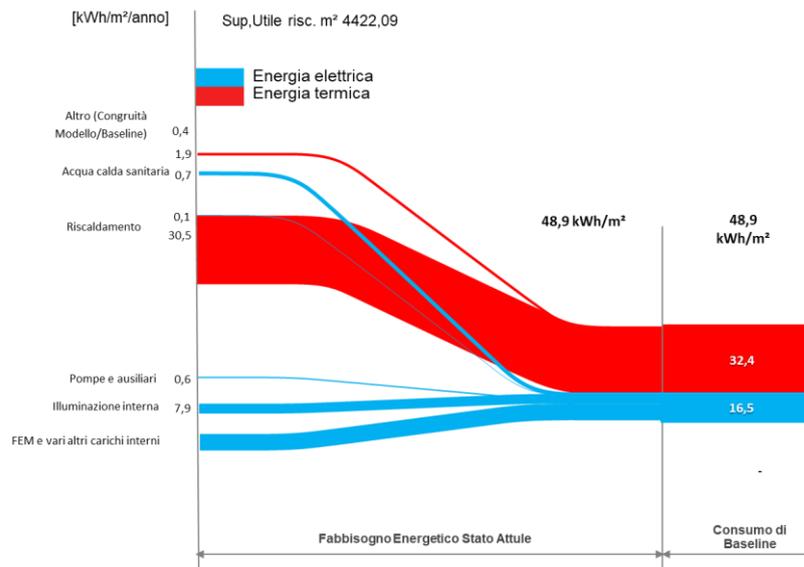
I risultati del bilancio energetico termico sono stati rappresentati nella forma di diagramma di Sankey riportato in Figura 6.1

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



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

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



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

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

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

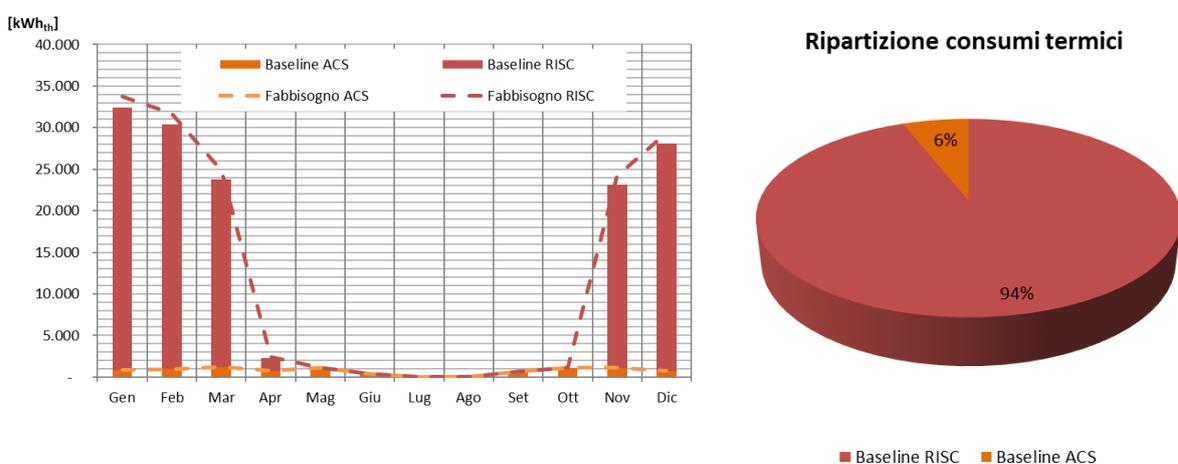
Nel caso in cui, invece i consumi teorici siano inferiori rispetto alla Baseline il termine "Altro – Congruità" rappresenta la differenza per eccesso tra i consumi specifici di Baseline ed i consumi teorici.

6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI

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

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

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



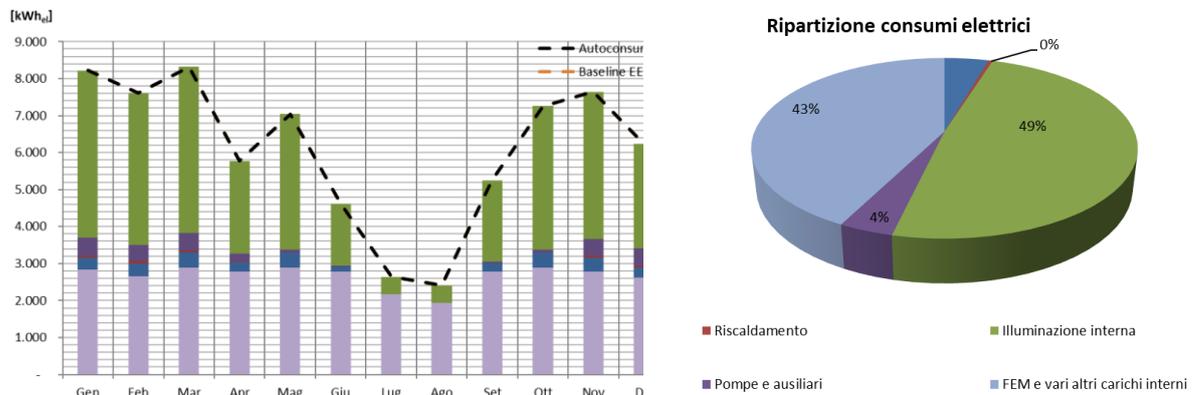
Si può notare come la maggior parte dei consumi termici sia da attribuirsi all'utilizzo per la climatizzazione dei locali, pertanto gli interventi migliorativi proposti, andranno ad interessare principalmente tali componenti.

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 all'illuminazione e successivamente alla forza motrice.

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.

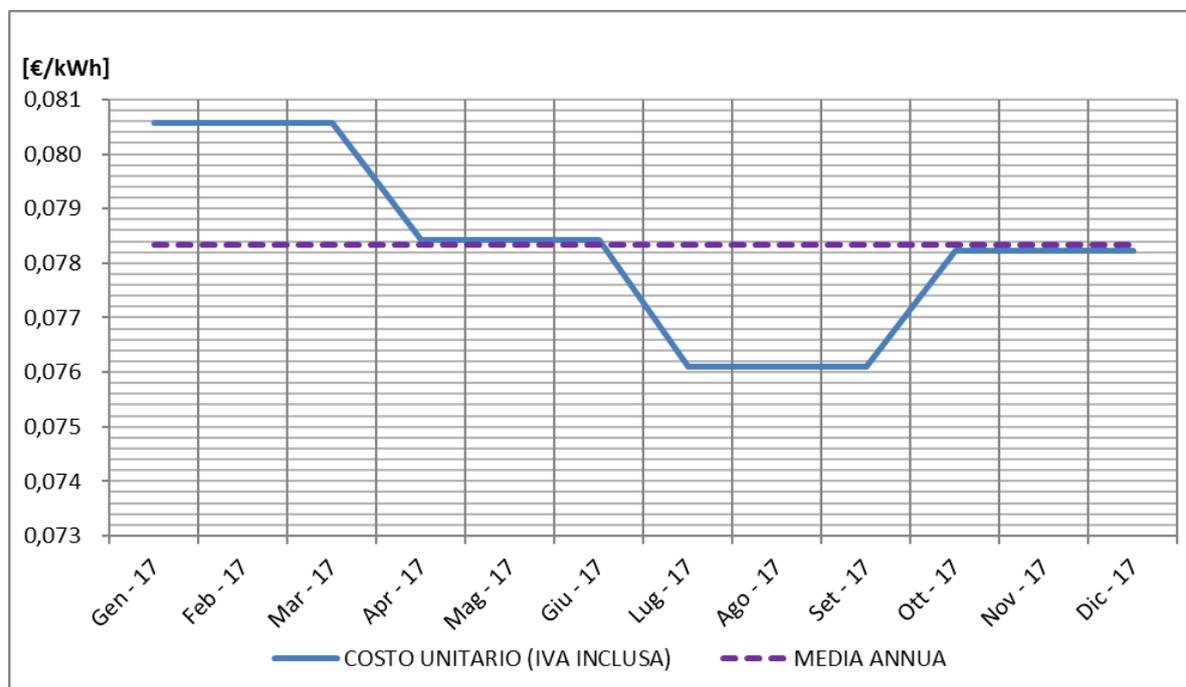
7.1.1 Vettore termico

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

- PDR 1:016220050529674: 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 ;
- PDR 2: 03270004221716: contratto di fornitura del solo vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. Questa utenza risulta attiva ma con consumi pari a zero.

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 del vettore termico per il triennio di riferimento e per il 2017



7.1.2 Vettore elettrico

La fornitura del vettore elettrico avviene tramite un unico POD presente all'interno dell'edificio, POD – IT001E00096217: 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: IT001E00096217	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	57kW		
Tipologia di contratto			
Fornitura BT			
Opzione tariffaria ⁽¹⁵⁾			
Contatore orario			
Prezzi di fornitura dell'energia elettrica ⁽¹⁶⁾ (IVA ESCLUSA)	0,074€/kWh	0,055€/kWh	0,068€/kWh

Nota (15) per fatturazioni non mensili la spesa economica mensile andrà calcolata suddividendo percentualmente la spesa aggregata in base ai valori di consumo energetico mensile.

Nota (16): con prezzo di fornitura s'intende soltanto la quota variabile del servizio di acquisto e vendita, sono escluse le imposte, i corrispettivi per il dispacciamento e lo sbilanciamento, per l'uso della rete, e il servizio di misura e ogni altra voce.

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

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

POD: IT001E00096217	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA 10%	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 14	670	105	832	110	172	1.889	8.822	0,214
Feb - 14	650	111	803	106	167	1.837	8.481	0,217
Mar - 14	602	104	751	99	156	1.712	7.923	0,216
Apr - 14	502	118	659	83	136	1.498	6.623	0,226
Mag - 14	575	133	740	95	154	1.696	7.613	0,223
Giu - 14	380	91	521	65	106	1.163	5.199	0,224
Lug - 14	239	57	328	41	67	732	3.272	0,224
Ago - 14	429	99	579	76	118	1.301	6.072	0,214
Set - 14	428	93	573	72	117	1.282	5.739	0,223
Ott - 14	585	115	775	97	157	1.729	7.768	0,223
Nov - 14	576	116	778	98	157	1.725	7.822	0,221
Dic - 14	595	125	821	105	165	1.810	8.404	0,215
Totale	6.232	1.267	8.159	1.047	1.670	18.375	83.738	0,219
POD: IT001E00096217	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA 10%	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 15	655	126	895	119	179	1.974	9.521	0,207
Feb - 15	609	123	869	115	172	1.888	9.204	0,205
Mar - 15	595	126	879	118	172	1.891	9.462	0,200
Apr - 15	283	51	369	60	76	839	4.767	0,176
Mag - 15	404	106	573	88	117	1.287	7.004	0,184
Giu - 15	294	51	404	65	82	897	5.231	0,171
Lug - 15	162	41	234	37	47	520	2.921	0,178
Ago - 15	123	33	174	27	36	393	2.194	0,179
Set - 15	257	52	408	64	78	859	5.143	0,167
Ott - 15	307	109	607	86	111	1.219	6.862	0,178
Nov - 15	256	117	632	90	109	1.204	7.165	0,168
Dic - 15	225	52	414	63	75	830	5.000	0,166
Totale	4.168	988	6.459	931	1.255	13.800	74.474	0,185
POD: IT001E00096217	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA 10%	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 16	481	104	553	87	123	1.348	6.998	0,193

Feb - 16	413	112	587	93	120	1.325	6.089	0,218
Mar - 16	379	107	573	91	115	1.264	7.266	0,174
Apr - 16	351	161	471	84	107	1.175	6.744	0,174
Mag - 16	402	171	496	89	116	1.274	7.103	0,179
Giu - 16	233	124	279	49	68	753	3.924	0,192
Lug - 16	157	46	165	28	40	435	2.243	0,194
Ago - 16	161	52	183	31	43	471	2.516	0,187
Set - 16	427	130	372	68	100	1.095	5.315	0,206
Ott - 16	617	188	537	96	144	1.581	7.684	0,206
Nov - 16	657	200	572	105	153	1.687	8.187	0,206
Dic - 16	626	191	523	94	143	1.577	7.481	0,211
Totale	4.903	1.586	5.310	915	1.271	13.985	71.550	0,195

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

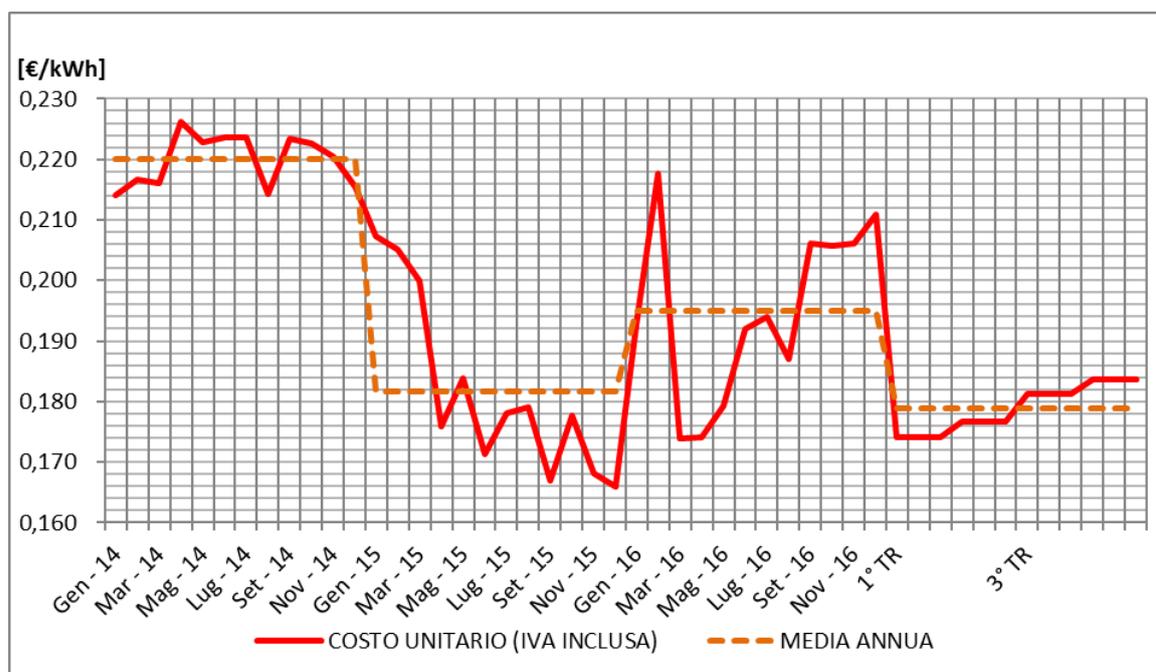
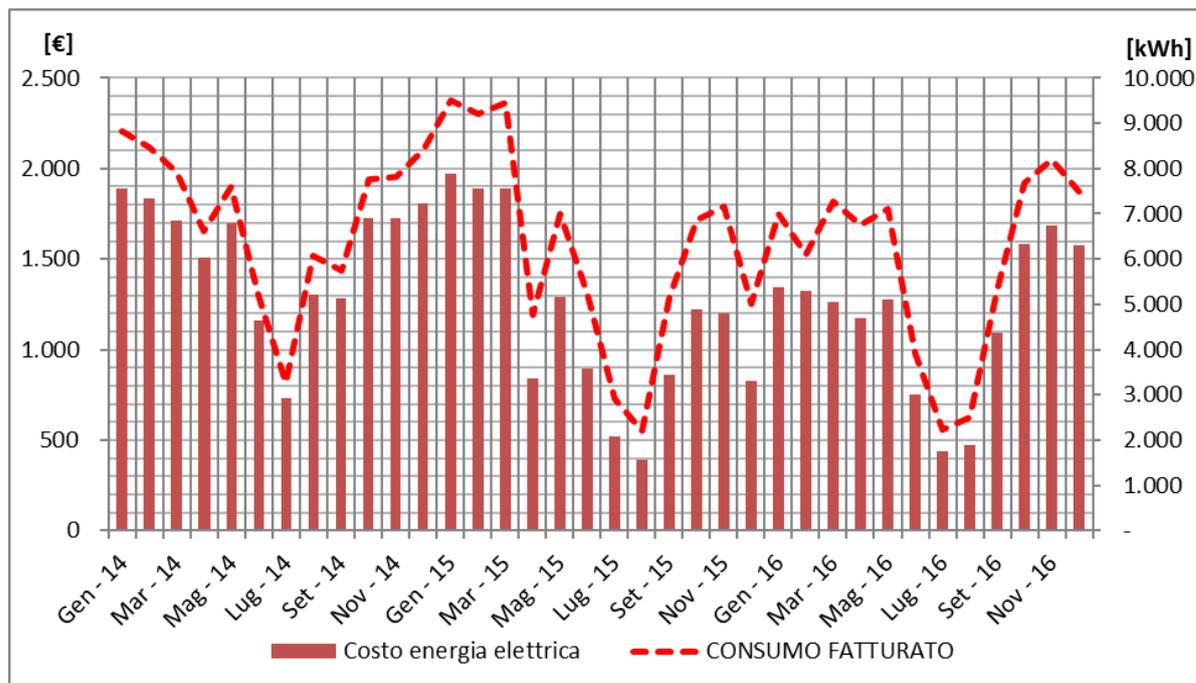


Figura 7.3 – Andamento dei consumi e dei costi dell'energia elettrica



Dall'analisi effettuata risulta evidente che l'andamento dei costi, ad eccezione dell'anno 2014, è omogeneo tra le quattro annualità considerate.

7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI

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

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

Tabella 7.3 – Sintesi dei consumi nel triennio di riferimento

ANNO	VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			TOTALE
	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[€]
2014				83.738	18.375	0,219	
2015	205.243	nd	-	74.474	13.800	0,185	nd
2016	156.768	nd	-	71.550	13.985	0,195	nd
2017	-		0,080	-		0,179	

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}	0,080 [€/kWh]
Costo unitario dell'energia elettrica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	C _{UEE}	0,179 [€/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:

- L1-042-089

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 38.803€.

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:

$$\begin{aligned} C_{MS} &= 0.21 \times C_M \\ C_{MO} &= 0.79 \times C_M \end{aligned}$$

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	C_{MO} 21.637	[€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Media relativa a gli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici	C_{MS} 5.752	[€/anno]

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

7.4 BASELINE DEI COSTI

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

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

Per la componente energetica vale la seguente formula:

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

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

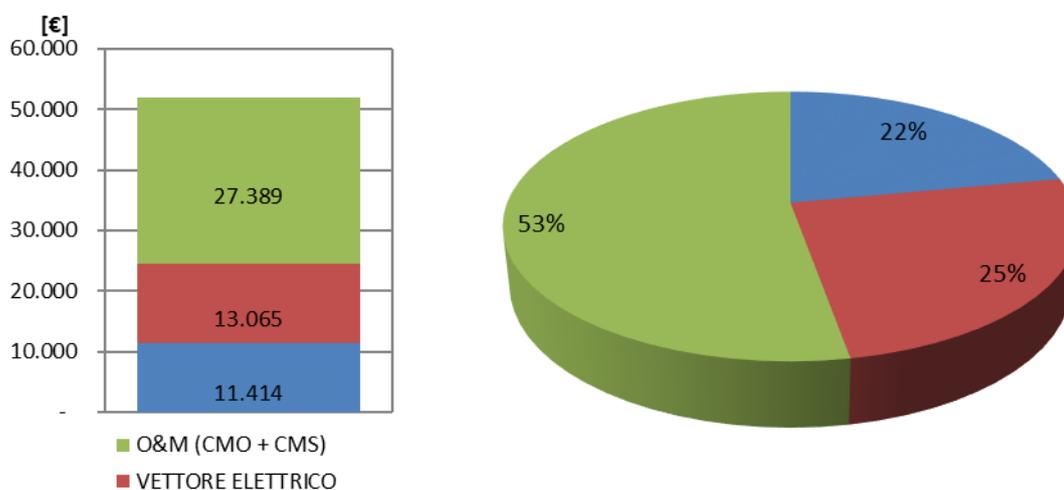
$$C_{baseline} = C_E + C_{MO} + C_{MS}$$

Ne risulta quindi un C_E pari a 24.479 € e un $C_{baseline}$ pari a 51.868 €.

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}	Cu _Q	C _Q	EE _{baseline}	Cu _{EE}	C _{EE}	C _M	C _{MO}	C _{MS}	C _Q +C _{EE} +C _M
[kWh]	[€/kWh]	[€]	[kWh]	[€/kWh]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
143.309	0,080	11.414	73.012	0,179	13.065	27.389	21.637	5.752	51.868

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

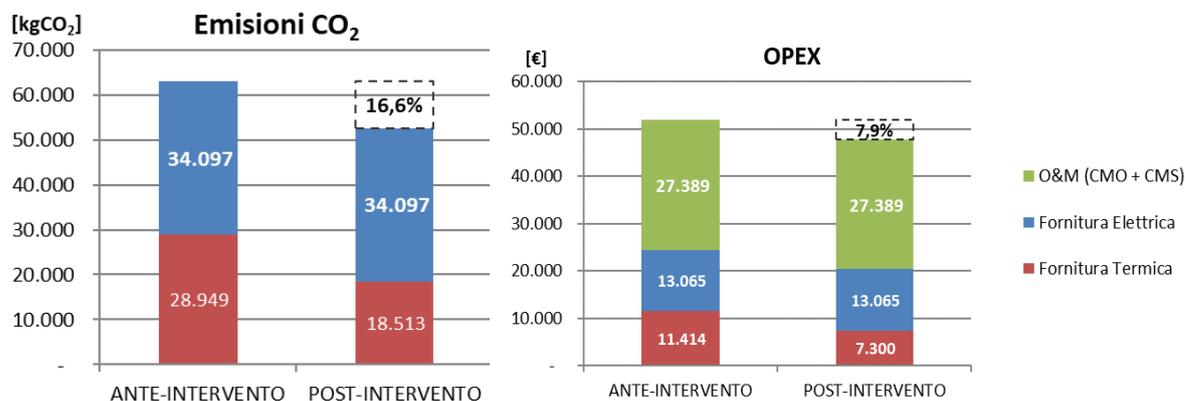
CALCOLO RISPARMIO	U. M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM1 [Parametro caratteristico dell'intervento]	[W/m ² K]	5,0438	1,2	76,2%
Q _{teorico}	[kWh]	149.535	95.629	36,0%
EE _{teorico}	[kWh]	71.311	71.311	0,0%
Q _{baseline}	[kWh]	143.309	91.648	36,0%

EE _{Baseline}	[kWh]	73.012	73.012	0,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	28.949	18.513	36,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	34.097	34.097	0,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	63.045	52.609	16,6%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	11.414	7.300	36,0%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	13.065	13.065	0,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	24.479	20.364	16,8%
C _{MO}	[€]	21.637	21.637	0,0%
C _{MS}	[€]	5.752	5.752	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	27.389	27.389	0,0%
OPEX	[€]	51.868	47.753	7,9%
Classe energetica		D	D	0 Classi

Nota (17) 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: 0,080 [€/kWh] per il vettore termico e 0,179 [€/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

Generalità

Uno degli interventi proposti vede l'installazione di valvole termostatiche sui corpi scaldanti presenti all'interno dell'edificio.

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

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM2 sono riportati nella Tabella 8.2 e nella Figura 8.3

Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM2 – Installazione termovalvole

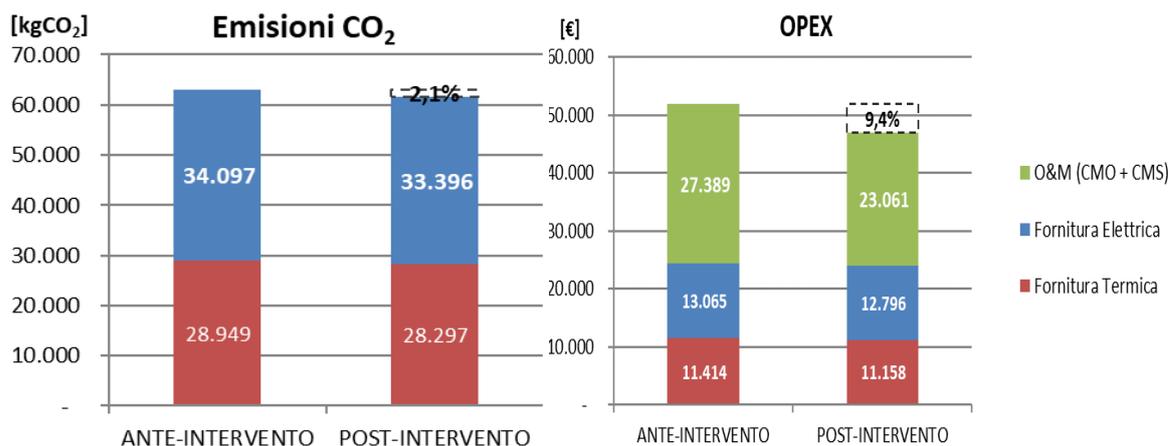
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM2 [Rendimento di regolazione]	η	96,00%	99%	3,1%

$Q_{teorico}$	[kWh]	149.535	146.170	2,3%
$EE_{teorico}$	[kWh]	71.311	69.846	2,1%
$Q_{baseline}$	[kWh]	143.309	140.084	2,3%
$EE_{Baseline}$	[kWh]	73.012	71.512	2,1%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	28.949	28.297	2,3%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	34.097	33.396	2,1%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO ₂]	63.045	61.693	2,1%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	11.414	11.158	2,3%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	13.065	12.796	2,1%
Fornitura Energia, C_E	[€]	24.479	23.954	2,1%
C_{MO}	[€]	21.637	17.310	20,0³%
C_{MS}	[€]	5.752	5.752	0,0%
O&M (C_{MO} + C_{MS})	[€]	27.389	23.061	15,8%
OPEX	[€]	51.868	47.015	9,4%
Classe energetica		D	D	0 Classi

Nota (18) 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: 0,080 [€/kWh] per il vettore termico e 0,179 [€/kWh] per il vettore elettrico

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



8.1.3 Impianto di illuminazione ed impianto elettrico

EEM3: Sostituzione Corpi illuminanti

Generalità

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

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.

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

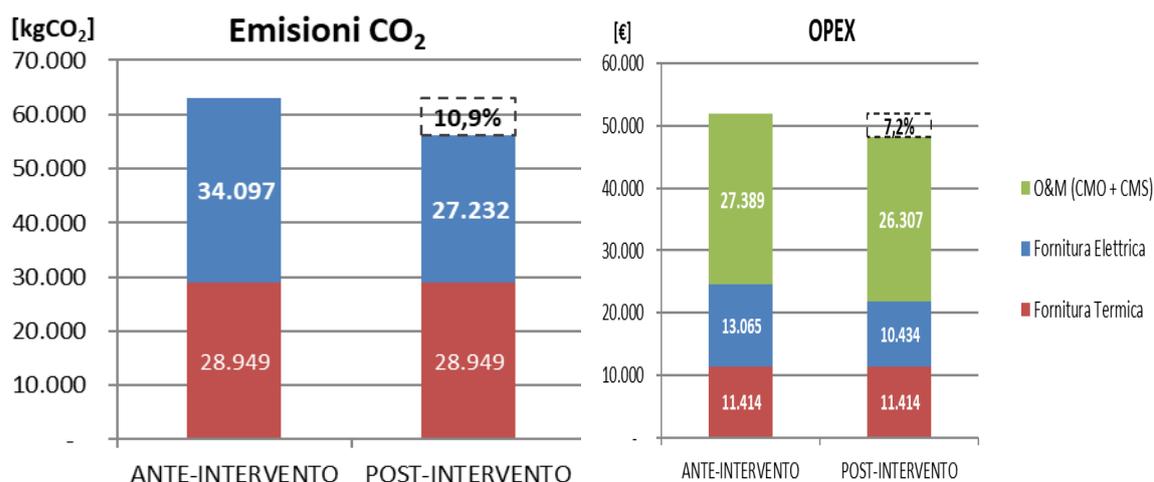
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM3 [Potenza corpi illuminanti]	[W]	72	36	50,0%
Q_{teorico}	[kWh]	149.535	149.535	0,0%
E_{Eteorico}	[kWh]	71.311	56.955	20,1%
Q_{baseline}	[kWh]	143.309	143.309	0,0%
E_{Ebaseline}	[kWh]	73.012	58.313	20,1%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	28.949	28.949	0,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	34.097	27.232	20,1%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO ₂]	63.045	56.181	10,9%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	11.414	11.414	0,0%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	13.065	10.434	20,1%
Fornitura Energia, C_E	[€]	24.479	21.849	10,7%
C_{MO}	[€]	21.637	20.555	5,0⁴%
C_{MS}	[€]	5.752	5.752	0,0%
O&M (C_{MO} + C_{MS})	[€]	27.389	26.307	4,0%
OPEX	[€]	51.868	48.156	7,2%
Classe energetica		D	D	0 Classi

Nota (19) 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: 0,080 [€/kWh] per il vettore termico e 0,179 [€/kWh] per il vettore elettrico

⁴ Oltre alla riduzione dei consumi energetici si è considerata una riduzione dei costi legati alla manutenzione ordinaria, questo perché la vita utile dei corpi illuminanti LED è più elevata rispetto a quella delle lampade fluorescenti, per cui la loro sostituzione avverrà meno frequentemente

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	FORTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
25.A05.F10.020	Prezziario Regione Liguria	499	m2	€ 30,11	€ 27,37	13.648,18	22%	16.650,78
205071d	Prezziario DEI ⁽²⁰⁾	185	cad	€ 520	€ 472,73	87.454,55	22%	106.694,55

	di sicurezza contro le false manovre e quant'altro necessario per il funzionamento e vetrocamera con canalina a bordo caldo, permeabilità all'aria classe 4 secondo la norma UNI EN 12207, tenuta all'acqua classe E 750 secondo la norma UNI 12208, resistenza al vento C3/B3 secondo la norma UNI 12210: vetrocamera 33.1-16-33.1 bassoemissivo con gas argon, $U_w = 1,2$ W/mqK, $U_g = 1,1$ W/mqK, $U_f = 1,2$ W/mqK, $R_w = 35$ 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	89,3	m	€ 7,59	€ 6,90	€ 616,29	22%	€ 751,88
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	74,79	m3	€ 11,77	€ 10,70	€ 800,26	22%	€ 976,32
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	498,6	mq	€ 48,53	€ 44,12	21.997,55	22%	26.837,01
	Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 3.735,50	22%	€ 4.557,32
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 8.716,18	22%	10.633,74
TOTALE (I₀ – EEM1)							136.968,51	22%	167.101,58
	Incentivi	[Conto termico]							66.840,63
	Durata incentivi								5
	Incentivo annuo								13.368,13

Nota (20) 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

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

Tabella 9.2 – Analisi dei costi della EEM2 – Installazione termovalvole

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)	
PR.C17.A15.010	Valvole micrometriche a squadra complete di testa termostatica con elemento sensibile a gas: Ø 15 mm	Prezzario Regione Liguria	109	cad	€ 35,42	€ 32,20	€ 3.509,80	22%	€ 4.281,96
PR.C47.H10.145	Sola posa in opera di pompe e/o circolatori singoli o gemellari per fluidi caldi o freddi, compreso bulloni, guarnizioni e il collegamento alla linea elettrica, escluse le flange. Per attacchi del diametro nominale di: maggiore di 80 mm fino a 100 mm	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 4.587,21	€ 4.170,19	€ 4.170,19	22%	€ 5.087,63
40.E10.A10.030	Interruttore automatico magnetotermico con potere di interruzione 4,5KA bipolare fino a 32 A - 230 V	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 63,62	€ 57,84	€ 57,84	22%	€ 70,56
PR.E40.B05.210	Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezzario Regione Liguria	39	h	€ 22,69	€ 20,63	€ 20,63	22%	€ 25,17
RU.M01.E01.020	Costi per la sicurezza	-	3%	%	€ 31,88	€ 28,98	€ 1.139,95	22%	€ 1.390,74
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 266,95	22%	€ 325,68
TOTALE (I₀ – EEM1)						€ 622,89	22%	€ 759,92	

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 UNITARIO PREZZARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)	
				[€/n° o €/m ₂]	[€/n° o €/m ₂]	[€]	[%]	[€]	
045161b	Plafoniera stagna rettangolare, corpo in policarbonato autoestinguento, schermo in policarbonato autoestinguento trasparente prismatico internamente, installata a parete, plafone o a sospensione, apparecchio con grado di	DEI Imp. Ele. 2017	292	cad	105,4	95,8	7.981,56	22%	4.137,51

protezione IP 66, lampade LED
 temperatura di colore 4000 K,
 alimentazione 230 V c.a.:
 bilampada: lunghezza 1.300 mm,
 36 W, 5.830 lm

205015e	Rimozione di plafoniera per lampade fluorescenti, inclusi gli oneri della rimozione dei sostegni a muro o a soffitto e l'avvicinamento al luogo di deposito provvisorio nell'ambito del cantiere, escluso l'onere di carico, trasporto e scarico a discarica autorizzata: 2 x 36 W	DEI Imp. Ele. 2017	292	cad	12,2	11,1	3.233,24	22%	3.944,55
M01003a	Operaio edile qualificato	DEI Imp. Ele. 2016	146	€/ora	26,8	24,3	3.554,44	22%	4.336,41
M01004a	Operaio edile comune	DEI Imp. Ele. 2016	146	€/ora	24,1	21,9	3.201,38	22%	3.905,69
	Costi per la sicurezza	-	3%	%			1.139,12	22%	1.389,72
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			2.737,68	22%	3.339,97
TOTALE (I₀ - EEM1)							1.847,42	22%	1.053,85
Incentivi		[Conto termico]							27.694,70
Durata incentivi									5,00
Incentivo annuo									5.538,94

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 **2.747,49 mq**
- $C = \frac{\text{spesa sostenuta in €}}{\text{superficie oggetto di intervento}}$ costo specifico sostenuto – pari a **18,6 €/m²**
- C_{max} è il valore massimo di C ed è definito dalla tabella 5 del Decreto.

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

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

9.2 ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

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

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

Gli indicatori economici d'investimento utilizzati sono:

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

Essi sono così definiti:

1) Tempo di ritorno semplice (TRS):

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

Dove:

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

2) Tempo di ritorno attualizzato (TRA):

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

Dove:

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

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

Dove:

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

3) Valore Attuale Netto (VAN) del progetto:

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

Dove:

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

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

5) Indice di Profitto (IP):

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

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

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

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

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

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

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

EEM1: Sostituzione serramenti

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

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

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	167.102
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	34,9	34,9
Tempo di rientro attualizzato	TRA	54,6	54,6
Valore attuale netto	VAN	- 77.565	- 77.565
Tasso interno di rendimento	TIR	-1,1%	-1,1%
Indice di profitto	IP	-0,46	-0,46

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

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

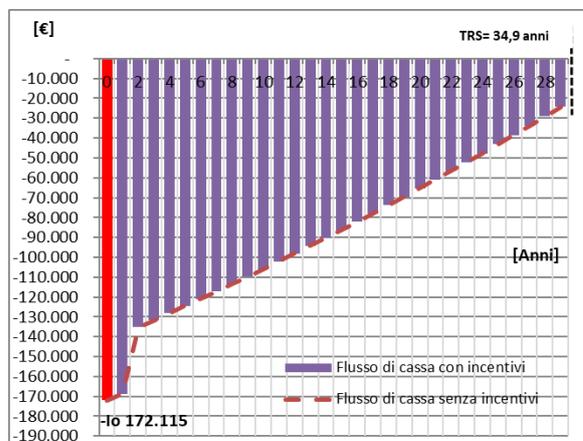
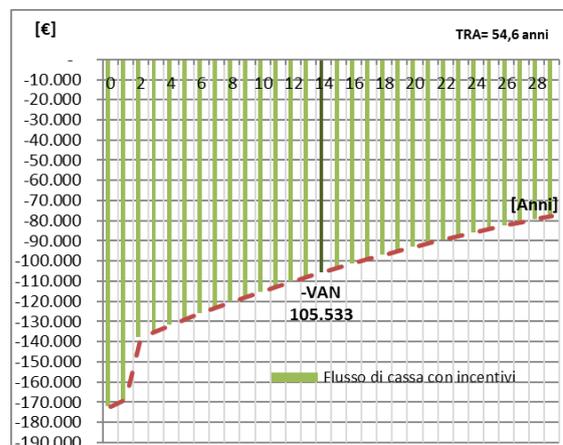


Figura 9.2 – EEM1: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento risulta economicamente non vantaggioso con tempi di ritorno superiori ai 30 anni.

EEM2: Installazione termovalvole

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

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

PARMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	11.942
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	15
Incentivo annuo	B	€/anno	-
Durata incentivo	n_b	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	2,6	2,6
Tempo di rientro attualizzato	TRA	2,8	2,8
Valore attuale netto	VAN	33.415	33.415
Tasso interno di rendimento	TIR	36,0%	36,0%
Indice di profitto	IP	2,80	2,80

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

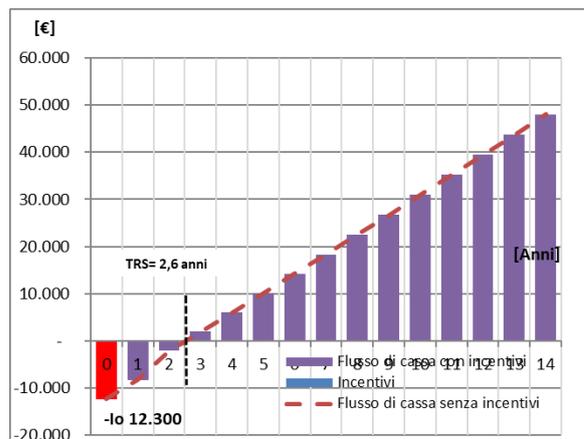
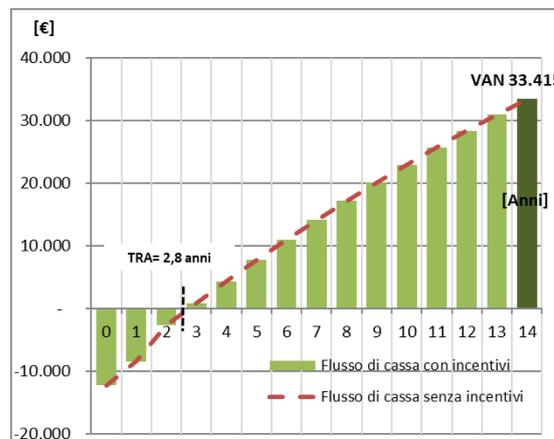


Figura 9.4 – EEM2: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



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 EEM3– Sostituzione corpi illuminanti

PARMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	60.137
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	8
Incentivo annuo	B	€/anno	5.539
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	15,0	8,2
Tempo di rientro attualizzato	TRA	17,1	9,2
Valore attuale netto	VAN	- 32.937	- 8.278
Tasso interno di rendimento	TIR	-15,7%	-0,6%
Indice di profitto	IP	-0,55	-0,14

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

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

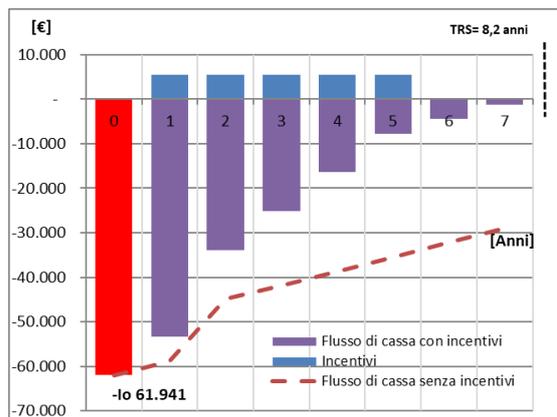
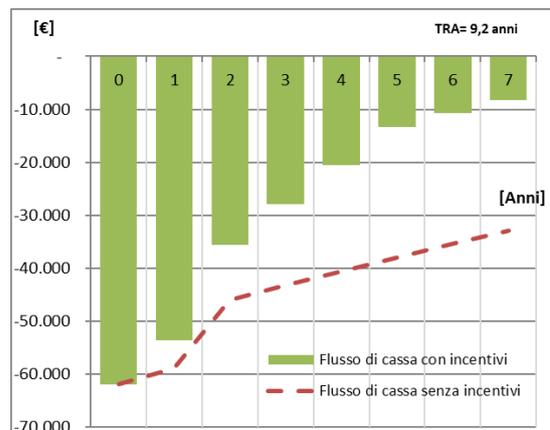


Figura 9.6 – EEM3: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento, attraverso la forma incentivante del conto termico, risulta economicamente vantaggioso con tempi di ritorno di circa 11 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											
	%ΔE [%]	%ΔCO2 [%]	ΔCE [€/anno]	ΔCMO [€/anno]	ΔCMS [€/anno]	Io [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]
EEM 1	17%	17%	4.114,8	-	-	167.101,6	34,9	54,6	30,0	-77.565,4	-0,0	-0,5
EEM 2	2%	2%	525,3	4.327,4	-	11.941,7	2,6	2,8	15,0	33.415,2	0,4	2,8
EEM 3	11%	11%	2.630,2	1.081,8	-	60.137,0	15,0	17,1	8,0	-32.936,5	-0,2	-0,5

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

- %ΔE è il valore percentuale di riduzione dei consumi energetici rispetto al baseline energetico complessivo (termico + elettrico);
- %ΔCO2 è il valore percentuale di riduzione delle emissioni di CO2 rispetto al baseline dell'emissioni complessivo (termico + elettrico);
- ΔCE è il risparmio economico annuo attribuibile alla riduzione dei consumi energetici (termico + elettrico); assume valori positivi;
- ΔCMO 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;
- ΔCMS 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;
- Io è il valore dell'investimento iniziale per la realizzazione dell'intervento; assume valori negativi;

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

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

	CON INCENTIVI											
	%ΔE [%]	%ΔCO2 [%]	ΔCE [€/anno]	ΔCMO [€/anno]	ΔCMS [€/anno]	Io [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]
EEM 1	17%	17%	4.114,83	-	-	167.101,58	34,95	54,61	30,00	-77.565,38	-0,01	-0,46
EEM 2	2%	2%	525,31	4.327,38	-	11.941,66	2,59	2,80	15,00	33.415,17	0,36	2,80
EEM 3	11%	11%	2.630,23	1.081,85	-	60.137,00	8,16	9,23	8,00	-8.278,14	-0,01	-0,14

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 proposte, di cui sia stata accertata la fattibilità tecnica ed economica, che consentano un miglioramento del parametro di efficienza energetica dell'edificio superiore a due classi.

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

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

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

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

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

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

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

Dove:

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

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

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

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

Essi sono così definiti:

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

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

Dove:

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

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

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

Dove:

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

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

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

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

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

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

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

9.3.1 Scenario 1: EEM2+EEM3

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

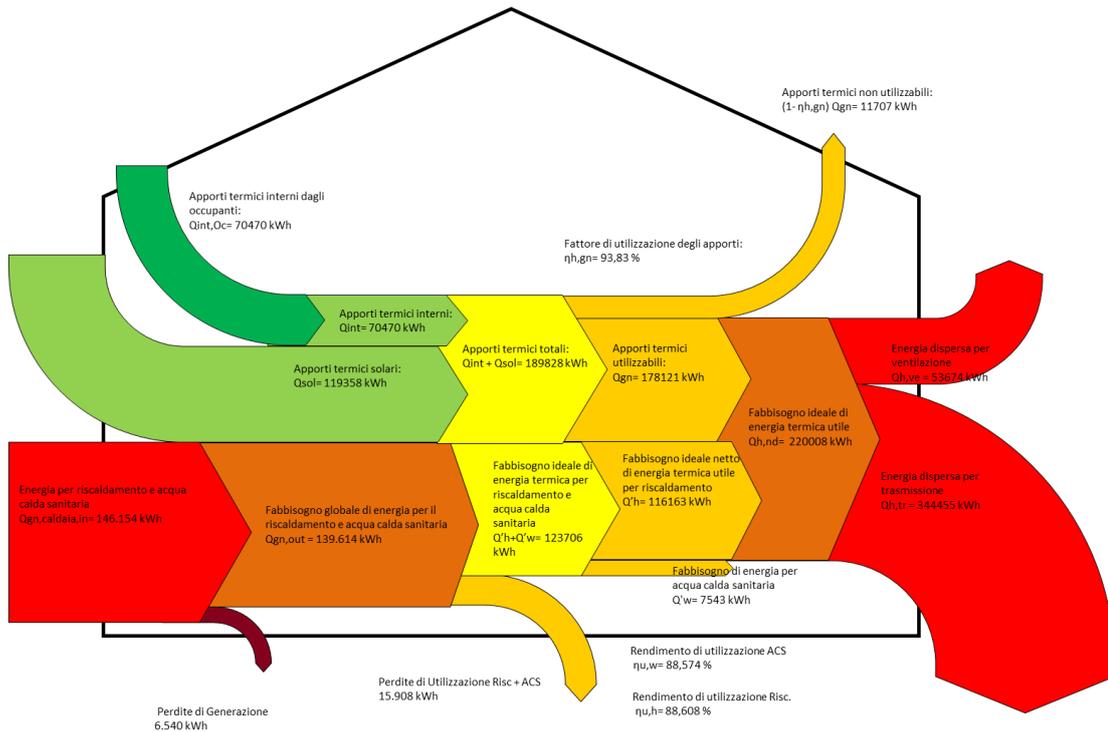
- EEM2: sostituzione corpi illuminanti
- EEM3: installazione di termovalvole

Tabella 9.9 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 1

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE	IVA AI 22%	TOTALE
	(IVA ESCLUSA)		(IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM2 Fornitura & Posa	37.971	8.354	46.324
EEM3 Fornitura & Posa	8.898	1.958	10.856
Costi per la sicurezza	1406,07	309,34	1715,41
Costi per la progettazione	3360,57	739,33	4099,90
TOTALE (I₀)	51.636	11.360	62.996
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO}	C _{MS}	C _M
	(IVA INCLUSA)	(IVA INCLUSA)	(IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM2 O&M	20.555,08	5.751,59	26.306,66
EEM3 O&M	17.309,54	5.752	23.061
TOTALE (C_M)	16.227,7	5.751,6	21.979,3
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE	
		(IVA INCLUSA)	
		[€]	
Incentivi	[Conto termico]	27.694,70	
Durata incentivi		5,00	
Incentivo annuo		5.538,94	

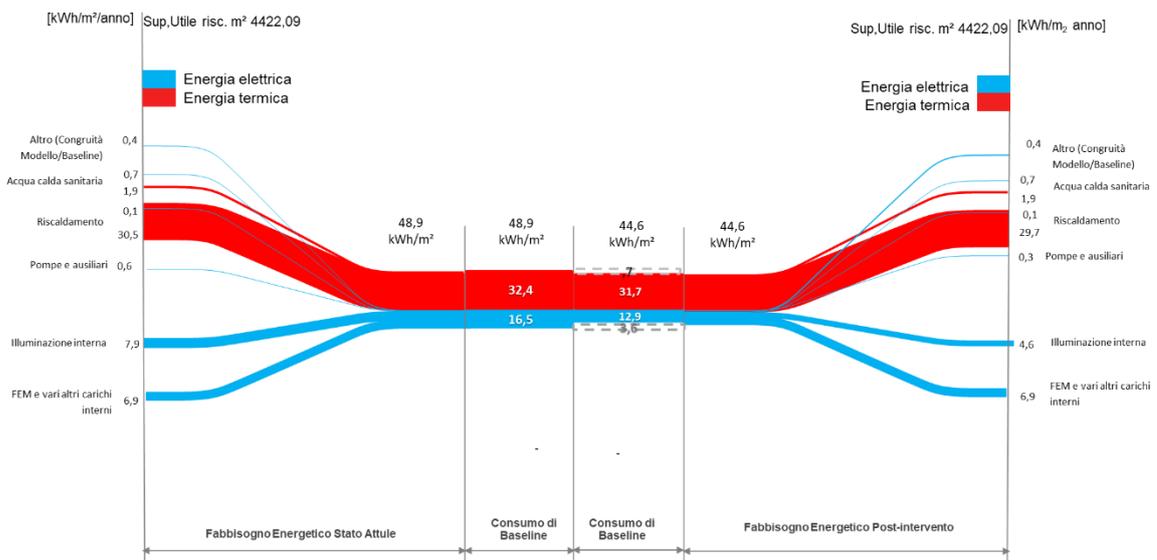
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di sankey relativo alle situazioni post-intervento.

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 fabbisogno globale di energia per il riscaldamento è diminuito. **Non sono stati considerati gli apporti interni delle apparecchiature presenti in quanto trascurabili ai fini del calcolo degli apporti interni totali.**

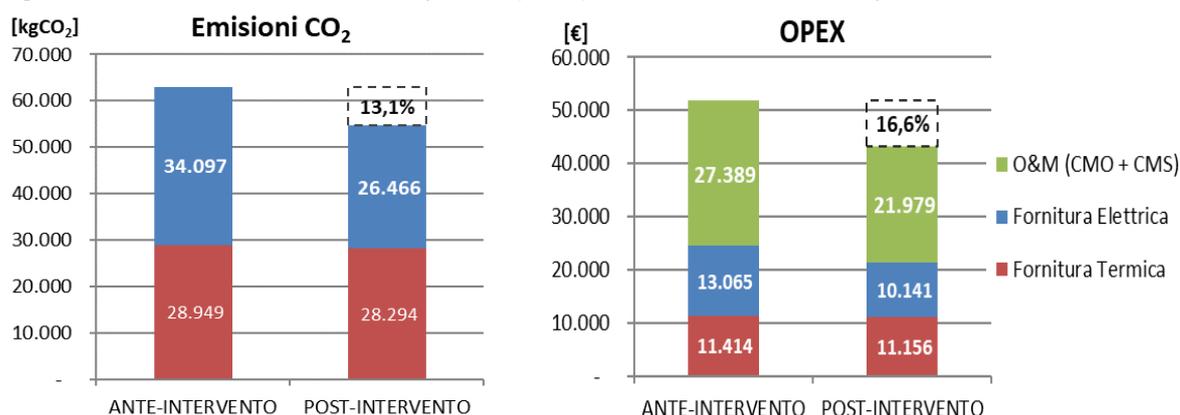
Figura 9.8 – SCN1: Bilancio energetico complessivo dell'edificio post intervento



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+EEM3

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM1 [Rendimento di regolazione]	%	96	99	+3,1%
EM1 [Potenza corpi illuminanti]	[W]	72	36	50,0%
Q _{teorico}	[kWh]	149.535	146.154	2,3%
EE _{teorico}	[kWh]	71.311	55.353	22,4%
Q _{baseline}	[kWh]	143.309	140.069	2,3%
EE _{Baseline}	[kWh]	73.012	56.673	22,4%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	28.949	28.294	2,3%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	34.097	26.466	22,4%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO ₂]	63.045	54.760	13,1%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	11.414	11.156	2,3%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	13.065	10.141	22,4%
Fornitura Energia, C _E	[€]	24.479	21.297	13,0%
C _{MO}	[€]	21.637	16.228	25,0%
C _{MS}	[€]	5.752	5.752	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	27.389	21.979	19,8%
OPEX	[€]	51.868	43.277	16,6%
Classe energetica	[-]	D	D	0 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+EEM3

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	n_i	1
Anni Gestione Servizio	n_s	14
Anni Concessione	n	15
Anno inizio Concessione	n_o	2020
Anni dell'ammortamento	n_A	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	k_{CdP}	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	8
Anni Equity	n_E	14
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_o	62.996
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	0,03
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	1.890
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	64.886
%CAPEX a Debito	D	0,8
%CAPEX a Equity	E	0,2
Debito	I_D	51.908
Equity	I_E	12.977
Fattore di annualità Debito	FA_D	7
Rata annua debito	q_D	7.540
Costo finanziamento, $(D+INT_D)$	$q_D * n_D$	60.319
Costi per interessi debito, INT_D	$INT_D = q_D * n_D - D$	8.411

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

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	24.479
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	27.389
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	51.868
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	0,00
Riduzione% costi fornitura Energia	%ΔC_E	0,13
Riduzione% costi O&M	%ΔC_M	0,21
Obiettivo riduzione spesa PA	%$C_{Baseline}$	0,05
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	6.022
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	2.593
Risparmio PA durante la concessione	14%	107.420
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	10.624
N° di Canoni annuali	anni	14
Utile lordo della ESCO	%CAPEX	0,21
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	982

Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	601
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	1.845
Canone O&M €/anno	CnM	22.523
Canone Energia €/anno	CnE	23.323
Canone Servizi €/anno IVA escl.	CnS	45.846
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	CnD	3.428
Canone Totale €/anno IVA escl.	Cn	49.275
Aliquota IVA %	IVA	0,22
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	11.360
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	27.695
Durata Incentivi, anni	n_B	5
Inizio erogazione Incentivi, anno		2022

Tabella 9.13 – Risultati dell’analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN1

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	7
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	8
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	8.577
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC	0,07
Indice di Profitto	IP	0,14
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	3
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	3,43
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	6.324
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke	0,28
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3	1,17
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1	1,12
Indice di Profitto Azionista	IP	0,10

Figura 9.10 –SCN1: Flussi di cassa del progetto



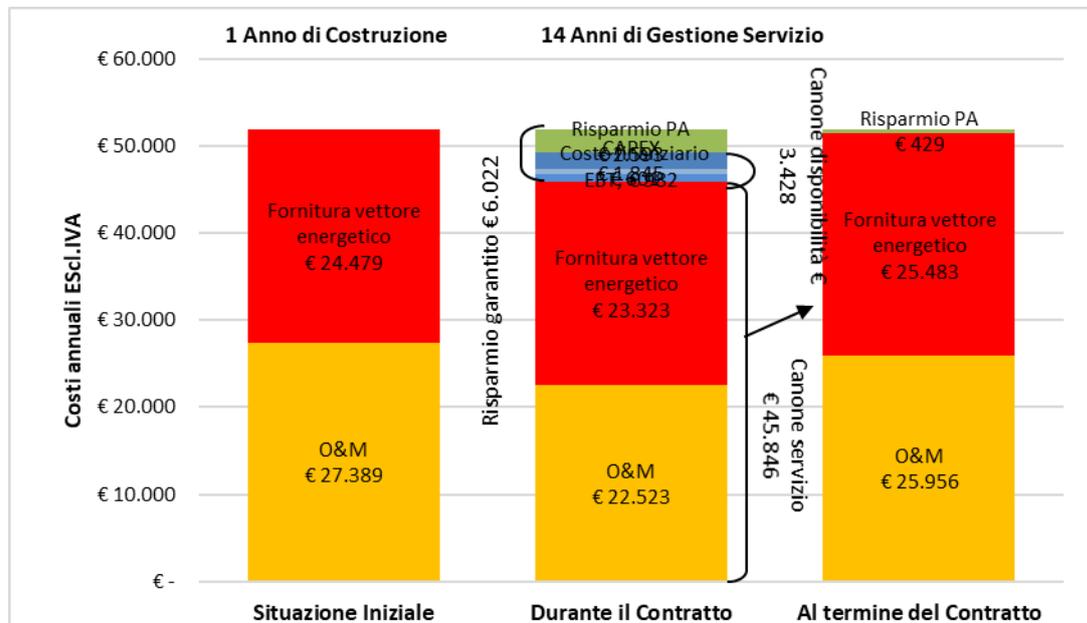
Figura 9.11 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



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: EEM1+EEM2+EEM3:

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

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

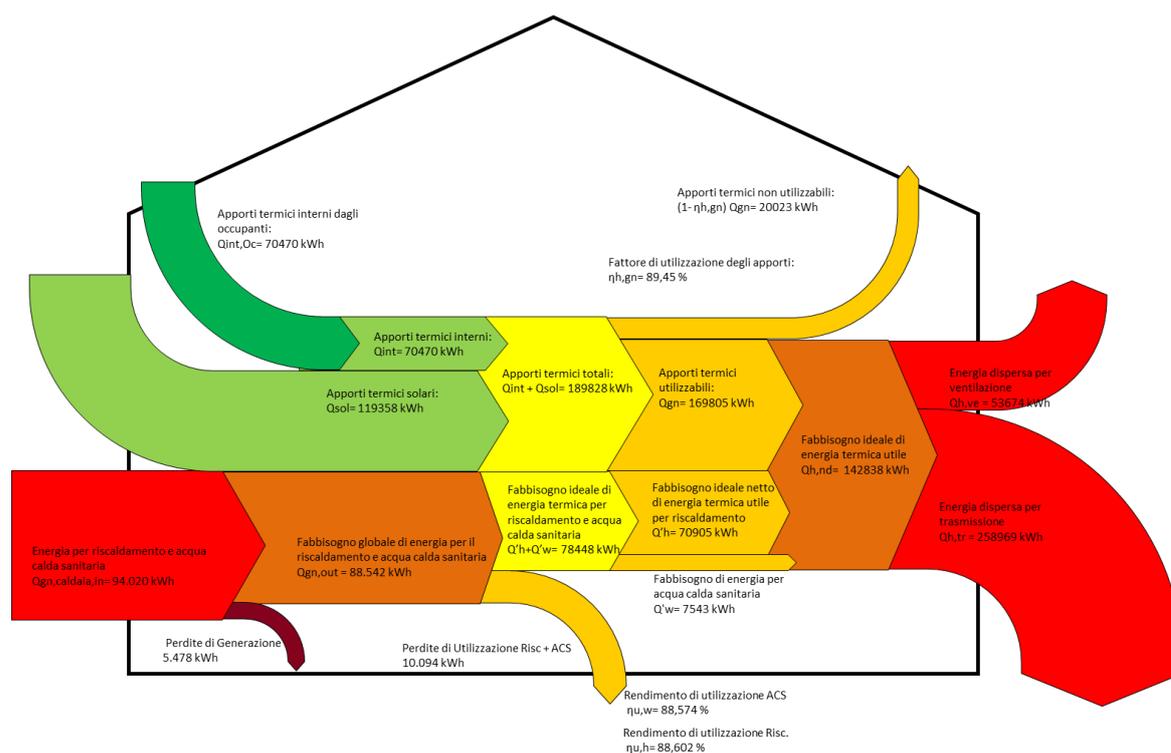
Tabella 9.14 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 2

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE	IVA Al 22%	TOTALE
	(IVA ESCLUSA)		(IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 Fornitura & Posa	124.517	27.394	151.911
EEM2 Fornitura & Posa	37.971	8.354	46.324
EEM3 Fornitura & Posa	8.898	1.958	10.856
Costi per la sicurezza	5141,58	1131,15	6272,72

Costi per la progettazione	12076,75	2656,88	14733,63
TOTALE (I₀)	188.604	41.493	230.097
VOCE MANUTENZIONE	C_{MO}	C_{MS}	C_M
	(IVA INCLUSA)	(IVA INCLUSA)	(IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 O&M	21.636,9	5.751,6	27.388,5
EEM2 O&M	20.555,08	5.751,59	26.306,66
EEM3 O&M	17.309,54	5.752	23.061
TOTALE (C_M)	16.227,7	5.751,6	21.979,3
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE	
		(IVA INCLUSA)	
		[€]	
Incentivi	[Conto termico]	94.535,33	
Durata incentivi		5,00	
Incentivo annuo		18.907,07	

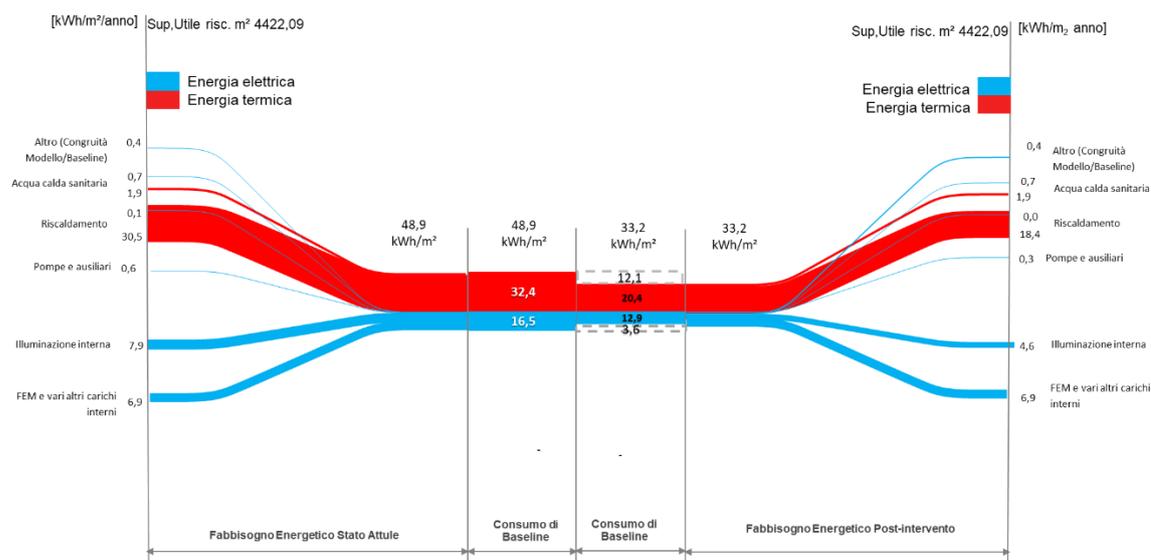
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di sankey relativo alle situazioni post-intervento.

Figura 9.13 – SCN2: Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico post intervento



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

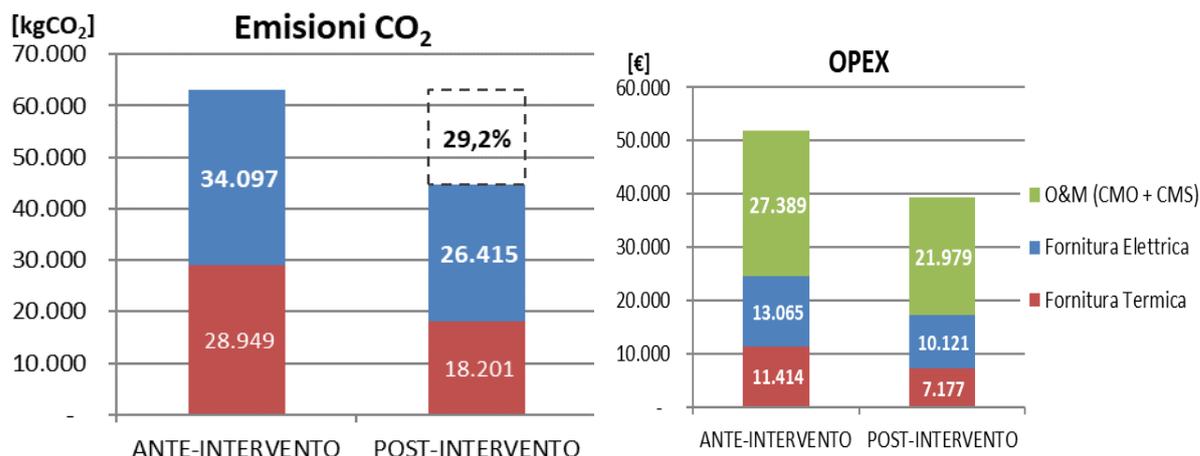
Figura 9.14 – SCN2: Bilancio energetico complessivo dell'edificio post intervento



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+EEM3

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM1 [Trasmittanza media serramenti]	[W/m²K]	5,0438	1,2	76,2%
EM2 [Rendimento di regolazione]	%	96	99	3,1%
EM3 [Potenza corpi illuminanti]	[W]	72	36	50,0%
Q _{teorico}	[kWh]	149.535	94.020	37,1%
EE _{teorico}	[kWh]	71.311	55.246	22,5%
Q _{baseline}	[kWh]	143.309	90.106	37,1%
EE _{baseline}	[kWh]	73.012	56.564	22,5%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	28.949	18.201	37,1%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	34.097	26.415	22,5%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	63.045	44.617	29,2%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	11.414	7.177	37,1%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	13.065	10.121	22,5%
Fornitura Energia, C_E	[€]	24.479	17.298	29,3%
C _{MO}	[€]	21.637	16.228	25,0%
C _{MS}	[€]	5.752	5.752	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	27.389	21.979	19,8%
OPEX	[€]	51.868	39.278	24,3%
Classe energetica	[-]	D	D	0 classi

Figura 9.15 – SCN2: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline

E' stato quindi possibile presentare un modello semplificato di Piano Economico Finanziario (PEF) indicativo, i cui calcoli di dettaglio sono riportati all'Allegato L – Piano Economico Finanziario scenari. I risultati dell'analisi sono riportati nella Tabella 9.16, Tabella 9.17 e Tabella 9.18 e nelle successive figure.

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

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	n_i	1
Anni Gestione Servizio	n_s	24
Anni Concessione	n	25
Anno inizio Concessione	n_o	2020
Anni dell'ammortamento	n_A	10
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	12
Anni Equity	n_E	24
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_o	230.097
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	0,03
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	6.903
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	237.000
%CAPEX a Debito	D	0,8
%CAPEX a Equity	E	0,2
Debito	I_D	189.600
Equity	I_E	47.400
Fattore di annualità Debito	FA_D	10
Rata annua debito	q_D	19.719
Costo finanziamento,(D+INT _D)	$q_D * n_D$	236.627
Costi per interessi debito, INT _D	INT_D=q_D*n_D-D	47.027

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

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	24.479
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	27.389
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	51.868
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	0,00
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$	0,29
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$	0,21
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$	0,02
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	8.600
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	1.037
Risparmio PA durante la concessione	14%	208.789
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	17.356
N° di Canoni annuali	anni	24
Utile lordo della ESCO	%CAPEX	0,14
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	1.396
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	1.959
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	4.207
Canone O&M €/anno	C_{nM}	23.101
Canone Energia €/anno	C_{nE}	20.167
Canone Servizi €/anno IVA escl.	C_{nS}	43.268
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	C_{nD}	7.562
Canone Totale €/anno IVA escl.	C_n	50.831
Aliquota IVA %	IVA	0,22
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	41.493
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	94.535
Durata Incentivi, anni	n_B	5
Inizio erogazione Incentivi, anno		2022

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.	11
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	19,8
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	9151
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC	0,05
Indice di Profitto	IP	0,04
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC , Anni	T.R.S.	10
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	17,6
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	3.583
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke	0,13
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3	1,03
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1	1,00
Indice di Profitto Azionista	IP	0,02

Figura 9.16 –SCN2: Flussi di cassa del progetto

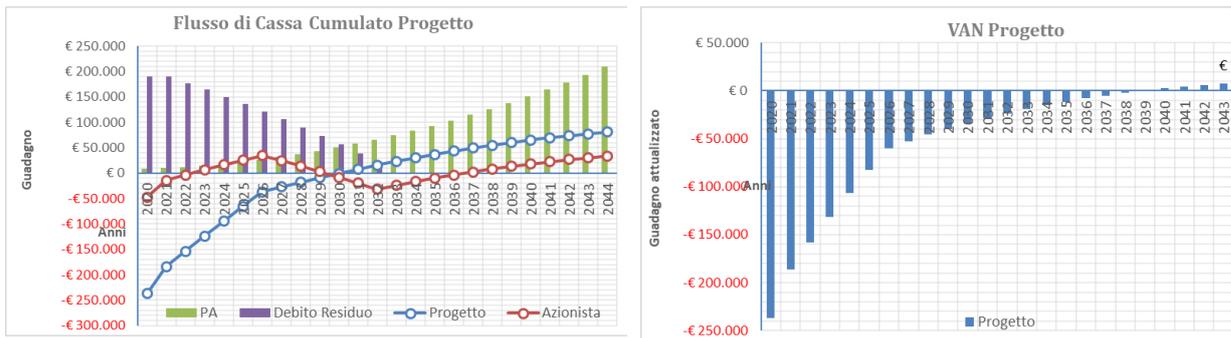
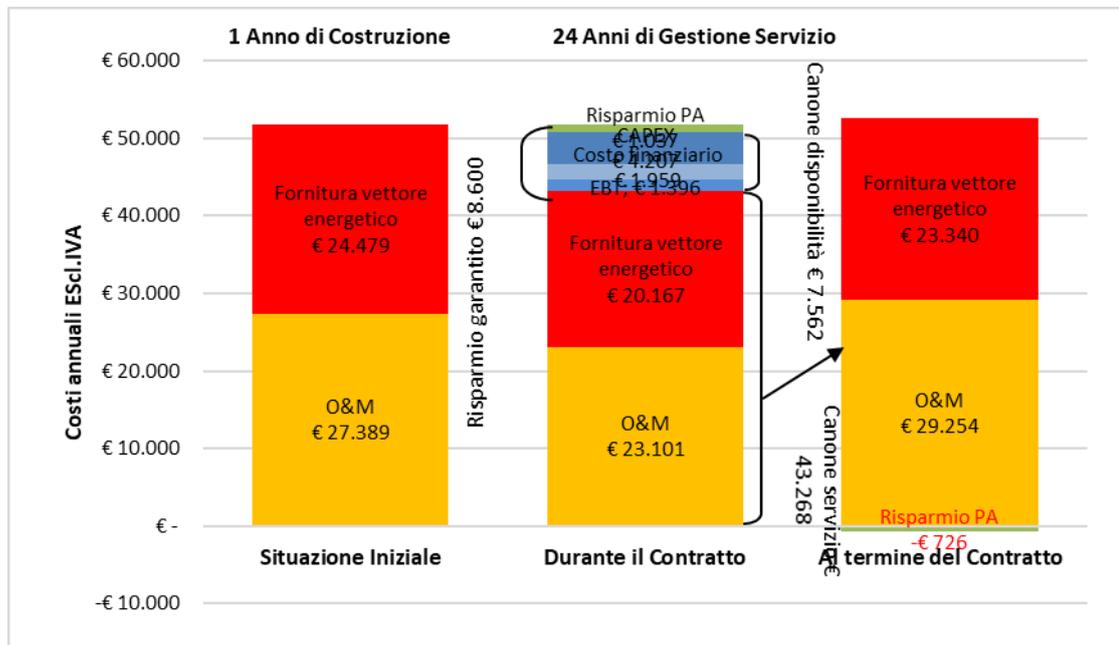


Figura 9.17 –SCN2: Flussi di cassa dell'azionista



Dall'analisi effettuata è emerso che lo scenario di interventi risulta conveniente per entrambi i due operatori.

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



10 CONCLUSIONI

10.1 RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA

Dalle analisi e dai sopralluoghi effettuati presso la *Scuola elementare "RODARI" e Liceo scientifico "LANFRANCONI"* è risultato che presenta livelli buoni di performance energetica negli ultimi due anni.

Stesso discorso può essere fatto in riferimento agli indici di performance relativi al consumo di energia elettrica, che sono risultati essere sufficienti.

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.

Entrambi gli scenari proposti consentono un rientro degli interventi in tempi conformi alle richieste della committenza; lo scenario 2, che prevede interventi anche sull'involucro, a causa dei costi elevati di realizzazione a fronte di limitati saving energetici risulta essere meno conveniente da un punto di vista del risparmio per la PA.

10.3 CONCLUSIONI E COMMENTI

La scuola è risultata essere, dal punto di vista impiantistico, in un buono stato manutentivo con componenti caratterizzati da buoni rendimenti.

Per quanto concerne l'involucro gli standard prestazionali sono decisamente inferiori, con soluzioni costruttive con bassi livelli di isolamento termico; la maggior parte dei serramenti presenti risale infatti agli anni '70 ed è del tipo a vetro singolo e telaio in alluminio.

Tutti questi fattori fanno sì che l'edificio sia, per quanto riguarda le numerose superfici finestrate, particolarmente disperdente e che un ulteriore efficientamento del fabbricato non può prescindere dalla sostituzione di questi elementi; 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	E01066.dwg
Planimetrie Involucro	TAVOLA PIANI	26/11/2017	E01066S.dwg
Planimetrie Involucro	TAVOLA IMPRONTA EDIFICIO CIVILE	26/11/2017	PIANT-P.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 SOTTO STRADA EDIFICIO SCOLASTICO/SOCIALE	26/11/2017	PIAN2SS.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 Involucro	TAVOLA U.I.U. CIVILE	26/11/2017	UIU002.dwg
Planimetrie Termici	CENSIMENTO – CENTRALE TERMICA	26/11/2017	089-S02-001-CENTRALE TERMICA.dwg
Planimetrie Termici	CENSIMENTO – PIANO 00	26/11/2017	L1-042-084-P00.dwg
Planimetrie Termici	CENSIMENTO – PIANO 01	26/11/2017	L1-042-084-P01.dwg
Planimetrie Termici	CENSIMENTO – PIANO 02	26/11/2017	L1-042-084-P02.dwg
Planimetrie Termici	CENSIMENTO – PIANO SOTTO STRADA	26/11/2017	L1-042-084-S01.dwg
Planimetrie Termici	CENSIMENTO – PIANO SOTTO STRADA	26/11/2017	L1-042-084-S02.dwg
Checklist Termici	L1-042-089-P00-Checklist	26/11/2017	L1-042-089-P00-Checklist.xlsx
Checklist Termici	L1-042-089-P01-Checklist	26/11/2017	L1-042-089-P01-Checklist.xlsx
Checklist Termici	L1-042-089-P02-Checklist	26/11/2017	L1-042-089-P02-Checklist.xlsx
Checklist Termici	L1-042-089-S01-Checklist	26/11/2017	L1-042-089-S01-Checklist.xlsx
Checklist Termici	L1-042-089-S02-Checklist	26/11/2017	L1-042-089-S02-Checklist.xlsx
Bollette EE	POD:IT001E00096217 Fattura dal 01-10-13 al 31-01-14	08/11/2017	5700065495
Bollette EE	POD:IT001E00096217 Fattura dal 01-01-14 al 28-02-14	08/11/2017	5700098218
Bollette EE	POD:IT001E00096217 Fattura dal 01-02-14 al 31-03-14	08/11/2017	5700134957
Bollette EE	POD:IT001E00096217 Fattura dal 01-03-14 al 30-04-14	08/11/2017	5700176145
Bollette EE	POD:IT001E00096217 Fattura dal 01-04-14 al 30-04-14	08/11/2017	5700214975
Bollette EE	POD:IT001E00096217 Fattura dal 01-06-14 al 30-06-14	08/11/2017	5700248944
Bollette EE	POD:IT001E00096217 Fattura dal 01-08-14 al 31-08-14	08/11/2017	5700291206
Bollette EE	POD:IT001E00096217 Fattura dal 01-08-14 al 30-09-14	08/11/2017	5700345541
Bollette EE	POD:IT001E00096217 Fattura dal 01-09-14 al 30-11-14	08/11/2017	5700411327
Bollette EE	POD:IT001E00096217 Fattura dal 01-10-14 al 31-10-14	08/11/2017	5700373449
Bollette EE	POD:IT001E00096217 Fattura dal 01-01-15 al 31-01-15	08/11/2017	5700493139
Bollette EE	POD:IT001E00096217 Fattura dal 01-01-15 al 31-01-15	08/11/2017	5700544142
Bollette EE	POD:IT001E00096217 Fattura dal 01-02-15 al 28-02-15	08/11/2017	5750081967
Bollette EE	POD:IT001E00096217 Fattura dal 01-05-15 al 31-05-15	08/11/2017	E000175672
Bollette EE	POD:IT001E00096217 Fattura dal 01-06-15 al 30-06-15	08/11/2017	E000234065
Bollette EE	POD:IT001E00096217 Fattura dal 01-06-15 al 30-06-15	08/11/2017	E000281520
Bollette EE	POD:IT001E00096217 Fattura dal 01-07-15 al 31-07-15	08/11/2017	E000386676
Bollette EE	POD:IT001E00096217 Fattura dal 01-08-15 al 31-08-15	08/11/2017	E000386676
Bollette EE	POD:IT001E00096217 Fattura dal 01-09-15 al 30-09-15	08/11/2017	E000386676
Bollette EE	POD:IT001E00096217 Fattura dal 01-10-15 al 30-10-15	08/11/2017	E000432863
Bollette EE	POD:IT001E00096217 Fattura dal 01-12-15 al 31-12-15	08/11/2017	E000084135
Bollette EE	POD:IT001E00096217 Fattura dal 01-12-15 al 31-01-16	08/11/2017	E000150590
Bollette EE	POD:IT001E00096217 Fattura dal 01-02-16 al 28-02-16	08/11/2017	E000150590
Bollette EE	POD:IT001E00096217 Fattura dal 01-04-16 al 30-04-16	08/11/2017	011640011738
Bollette EE	POD:IT001E00096217 Fattura dal 01-04-16 al 30-09-16	08/11/2017	011640087941
Bollette EE	POD:IT001E00096217 Fattura dal 01-05-16 al 31-05-16	08/11/2017	011640025275
Bollette EE	POD:IT001E00096217 Fattura dal 01-06-16 al 30-06-16	08/11/2017	011640048519
Bollette EE	POD:IT001E00096217 Fattura dal 01-07-16 al 31-07-16	08/11/2017	011640060830
Bollette EE	POD:IT001E00096217 Fattura dal 01-08-16 al 31-08-16	08/11/2017	011640074903
Bollette EE	POD:IT001E00096217 Fattura dal 01-08-16 al 30-11-16	08/11/2017	011640126636

Titolo		Data	Nome file
Bollette EE	POD:IT001E00096217 Fattura dal 01-10-16 al 31-10-16	08/11/2017	011640100078
Bollette GAS	PDR: 03270004221716 Fattura dal 01-01-15 al 31-03-15	08/11/2017	20151916
Bollette GAS	PDR: 03270004221716 Fattura dal 01-04-15 al 30-06-15	08/11/2017	P150007518
Bollette GAS	PDR: 03270004221716 Fattura dal 01-07-15 al 31-07-15	08/11/2017	P150015576
Bollette GAS	PDR: 03270004221716 Fattura dal 01-12-15 al 31-12-15	08/11/2017	P160003881
Bollette GAS	PDR: 03270004221716 Fattura dal 01-12-16 al 31-12-16	08/11/2017	EX03011/2017

ALLEGATO B – ELABORATI

Titolo	Descrizione	Data	Nome file
Fotografie da sopralluogo	Fotografie da sopralluogo	06/2018	ALLEGATO B_Lotto.6 – E1066_Foto da 1 a 16
Contatori	Planimetria scala 1:100 - 1:200 con posizione impianti e contatori	07/2018	ALLEGATO B_Lotto.6 – E0876_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 – E0876_ZoneTermiche
Impianto Elettrico	Diagramma a blocchi impianto elettrico conforme allo stato di fatto	07/2018	ALLEGATO B_Lotto.6 – E0876_Impianto Elettrico
Impianto termico	Diagramma a blocchi impianto termico conforme allo stato di fatto	07/2018	ALLEGATO B_Lotto.6 – E0876_ImpiantoTermico
Calcolo Elettrico	Dettaglio di calcolo del modello elettrico	07/2018	ALLEGATO B_Lotto.6 – E0876_CalcoloElettrico

ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

Titolo	Data	Nome file
Report di indagine termografica	06/2018	ALLEGATO C_Lotto.6 – E1066

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 – E1066

ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI

Titolo	Data	Nome file
Relazione di dettaglio dei calcoli	06/2018	ALLEGATO E_Lotto.6 – E1066

ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

Titolo	Data	Nome file
Certificato CTI software	06/2018	ALLEGATO F_Lotto.6 – E1066

ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

Titolo	Data	Nome file
Attestato di prestazione energetica	06/2018	ALLEGATO G_Lotto.6 – E1066

ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

Titolo	Data	Nome file
Bozza di APE scenari	06/2018	ALLEGATO H_Lotto.6 – E1066

ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

Titolo	Data	Nome file
Dati climatici	06/2018	GG_Lotto6-E1066

ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

Titolo	Data	Nome file
Schede di audit	06/2018	Lotto.6-E1066_Schede-Audit

ALLEGATO K – SCHEDE ORE

Titolo	Data	Nome file
Schede ORE	06/2018	ALLEGATO K_Lotto.6 – E1066

ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI

Titolo	Data	Nome file
Piano economico finanziario scenari	06/2018	Lotto.6-E1066_analisi-PEF

ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

Titolo	Data	Nome file
Report di benchmark	06/2018	ALLEGATO M_Lotto.6 – E1066

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.]

