

**SCUOLA ELEMENTARE "JESSE MARIO" e SCUOLA
COMUNALE INFANZIA "COLOMBO" e
PRIMAVERA TEMPO PIENO "COLOMBO"
E.250
VIA APPARIZIONE N. 16**

**RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA
FONDO KYOTO - SCUOLA 3**



Luglio/2018

**COMUNE DI GENOVA
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER**



COMUNE DI GENOVA



**SCUOLA ELEMENTARE "JESSE MARIO" e
SCUOLA COMUNALE INFANZIA "COLOMBO" e
PRIMAVERA TEMPO PIENO "COLOMBO"
E.250**

VIA APPARIZIONE N. 16

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA

FONDO KYOTO - SCUOLA 3

Luglio/2018

COMUNE DI GENOVA

STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER

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

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

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

Environment Park.S.p.A

via Livorno n.60 – 10144 Torino - Italia

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

REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI

Revisione	Data	Realizzazione	Revisione	Approvazione	Descrizione
A	15/05/2018	Daniela Di Fazio	Sergio Ravera	Stefano Dotta	Prima Pubblicazione
		Stefano Dotta	Daniela Di Fazio		
		Mauro Cornaglia			
		Angela Baccaro			
		Vincenzo Cuzzola			
B	24/07/2018	Daniela Di Fazio	Sergio Ravera	Stefano Dotta	Seconda Pubblicazione
		Stefano Dotta	Daniela Di Fazio		
		Mauro Cornaglia			
		Angela Baccaro			
		Vincenzo Cuzzola			

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

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



INDICE

PAGINA

EXECUTIVE SUMMARY	I
1 INTRODUZIONE	1
1.1 PREMessa	1
1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA	1
1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO.....	2
1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO.....	2
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO	3
1.6 STRUTTURA DEL REPORT	6
2 DATI DELL'EDIFICIO.....	7
2.1 INFORMAZIONI SUL SITO	7
2.2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE, SOCIO-ECONOMICO E DESTINAZIONE D'USO	7
2.3 VERIFICA DEI VINCOLI INTERFERENTI SULLE PARTI DELL'IMMOBILE INTERESSATE DAGLI 'INTERVENTI.....	8
2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO	9
3 DATI CLIMATICI	11
3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO.....	11
3.2 DATI CLIMATICI REALI.....	12
3.3 ANALISI DELL'ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO	12
4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI	15
4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO.....	15
4.1.1 <i>Involucro opaco</i>	15
4.1.2 <i>Involucro trasparente</i>	17
4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/ CLIMATIZZAZIONE INVERNALE.....	20
4.2.1 <i>Sottosistema di emissione</i>	20
4.2.2 <i>Sottosistema di regolazione</i>	21
4.2.3 <i>Sottosistema di distribuzione</i>	22
4.2.4 <i>Sottosistema di generazione</i>	24
4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA	25
4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE	26
4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE	27
5 CONSUMI RILEVATI	29
5.1 CONSUMI ENERGETICI STORICI PER CIASCUN VETTORE E CONNESSIONE ALLE RETI GAS NATURALE ED ELETTRICA.....	29
5.1.1 <i>Energia termica</i>	29
5.1.2 <i>Energia elettrica</i>	32
5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI	38
6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO.....	42
6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO	42
6.1.1 <i>Validazione del modello termico</i>	43
6.1.2 <i>Validazione del modello elettrico</i>	44
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI.....	44
6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI.....	46
7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO	48
7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI	48
7.1.1 <i>Vettore termico</i>	48
7.1.2 <i>Vettore elettrico</i>	51
7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI.....	57
7.3 COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI.....	57
7.4 BASELINE DEI COSTI.....	58



8	IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA	60
8.1	DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI	60
8.1.1	<i>Involucro edilizio</i>	60
8.1.2	<i>Impianto riscaldamento</i>	61
8.1.3	<i>Impianto produzione acqua calda sanitaria</i>	63
8.1.4	<i>Impianto di illuminazione ed impianto elettrico</i>	63
8.1.5	<i>Impianto di generazione da fonti rinnovabili</i>	65
9	VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA.....	67
9.1	ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	67
9.2	ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	70
9.3	IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D'INTERVENTO E SCENARI D'INVESTIMENTO.....	76
10	CONCLUSIONI	79
	ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA.....	A
	ALLEGATO B – ELABORATI	B
	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	A



EXECUTIVE SUMMARY

Caratteristiche dell'edificio oggetto della DE

Tabella 0.1 - Tabella riepilogativa dei dati dell'edificio

PARAMENTO	U.M.	VALORE
Anno di costruzione edificio		1964
Anno di ristrutturazione		-
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E7 - Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili
Superficie utile riscaldata	[m ²]	3.044,78
Superficie disperdente (S)	[m ²]	5.776,77
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	13.617,14
Rapporto S/V	[1/m]	0,42
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	3.408,80
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	1.246,86
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	4.655,66
Tipologia generatore riscaldamento		Generatore a condensazione
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	432
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	[-]
Tipo di combustibile		Gas naturale
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler elettrici
Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	124.5
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{th} /anno]	168129
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	13.269
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	76.186 ⁽²⁾
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	17.466

Nota (1): Valori di Baseline

Nota (2): Somma delle medie triennali dei POD1 e POD2

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

- EEM 1: Coibentazione coperture piane
- EEM 2: Installazione impianto di termoregolazione
- EEM 3: Efficientamento impianto di illuminazione mediante trasformazione LED
- EEM 4: Utilizzo di generazione da fonti rinnovabili, installazione di un impianto FV (scenario a 15 anni)

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

	CON INCENTIVI												
	%Δ _E	%Δ _{CO2}	ΔC _E	ΔC _{MO}	ΔC _{MS}	I ₀	TRS	TRA	VAN	TIR	IP	DSC R	LLCR
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]		
EEM 1	3,6	3,9	1.048,9	0	0	90.822	33.9	43.5	29059< 0	-1.5	-0.32	n/a	n/a



COMUNE DI GENOVA

EEM 2	0.9	0.9	250,4	0	0	5.236	19,8	25,0	-	2.164< 0	-4	-0,41	n/a	n/a
EEM 3	18	16.8	5271.5	0	0	217328	15.8	17.7	-	122498 <0	-18.9	-0,56	n/a	n/a
EEM 4	21.5	20,1	6311.4	0	0	59.588	9.3	11.8	-	24238> 0	8.6	0.41	n/a	n/a
SCN1*	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
SCN2*	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]

(*) Non è stato possibile individuare degli scenari integrati ottimali che garantiscano i vantaggi economici ed energetici negli intervalli temporali richiesti (15-25 anni)

Dai risultati della diagnosi energetica emerge che l'edificio che ospita la scuola Elementare "Jesse Mario" e la scuola comunale infanzia "Colombo" non presenta possibilità di efficientamento energetico. L'edificio infatti presenta una centrale termica totalmente rinnovata e le caratteristiche strutturali e materiali dell'involucro termico non consentono un isolamento a cappotto delle pareti perimetrali esterne. Inoltre, le singole misure di efficientamento energetico proposte non risultano vantaggiose né economicamente né energeticamente nei limiti temporali richiesti.



1 INTRODUZIONE

1.1 PREMESSA

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

Figura 1.1 - Vista della facciata nord-ovest



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

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

Tabella 1.1 – Soggetti coinvolti nella realizzazione del processo di Audit

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

1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO

L'immobile oggetto della DE, catastalmente individuato al NCEU a seguito dei controlli effettuati dalla società di Audit è risultato avere le seguenti coordinate catastali: Sezione GED. F. 48 Mapp. 1229 Sub. [-] è sito nel Comune di Genova e più precisamente nel quartiere Borogoratti, Valle Sturla.

L'edificio è di proprietà del Comune di Genova ed è attualmente adibito ad attività scolastiche.

Figura 1.2 – Ubicazione dell'edificio



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

Tabella 1.2 - Tabella riepilogativa dei dati dell'edificio

PARAMENTO	U.M.	VALORE
Anno di costruzione edificio		1964
Anno di ristrutturazione		-
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E7 - Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili
Superficie utile riscaldata	[m ²]	3.044,78
Superficie disperdente (S)	[m ²]	5.776,77
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	13.617,14
Rapporto S/V	[1/m]	0,42
Superficie netta aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	3.109,59



COMUNE DI GENOVA

Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	3.516,25
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	1.246,86
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	4.763,11
Tipologia generatore riscaldamento		Generatore a condensazione
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	432
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	[-]
Tipo di combustibile		Gas naturale
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler elettrici
Emissioni CO ₂ di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	124.5
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{st} /anno]	168129
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	13.269
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	76.186 ⁽²⁾
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	17.466

Nota (1): Valori di Baseline

Nota (2): Somma delle medie triennali dei POD1 e POD2

1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

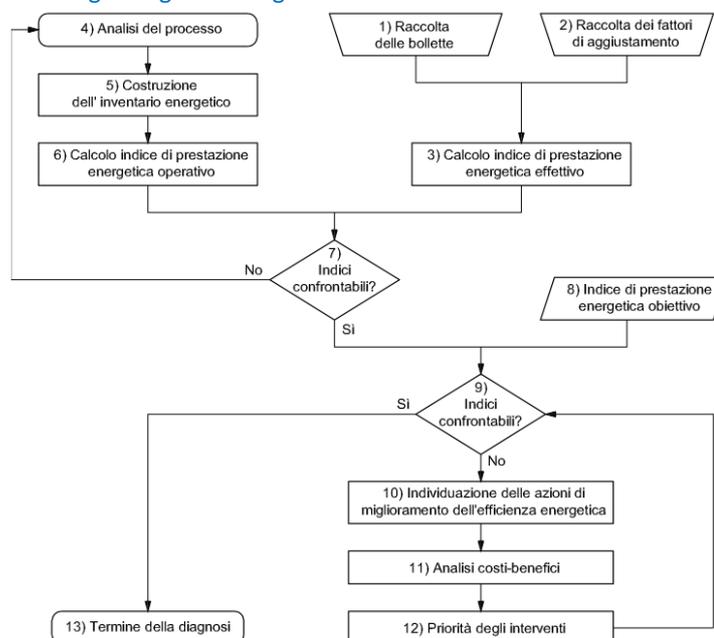
La procedura di realizzazione della DE si è sviluppata nelle seguenti fasi operative:

- a) Acquisizione della documentazione utile, fornita dalla PA, come riportato all'
- b)
- c)
- d) Allegato B – Elaborati; **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**
- e) Analisi del quadro normativo di riferimento, incluso la verifica dei vincoli ambientali, storici, archeologici e paesaggistici interferenti sull'immobile interessato dall'intervento;
- f) Visita agli edifici, effettuata in data 14/12/2017 con verifica degli elaborati forniti e rilievo dei dati relativi alle caratteristiche degli elementi disperdenti ed impiantistici costituenti il sistema edificio-impianto;
- g) Visita alla centrale termica e/o frigorifera, con il supporto del personale incaricato della conduzione e manutenzione degli impianti e rilevamento dei dati utili;
- h) 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, Assital, Assopetroli e Assoenergia, e riportate all'Allegato J – Schede di audit;
- i) Elaborazione del comportamento termico ed elettrico dell'edificio, realizzata utilizzando il software commerciale EDILCLIMA Versione EC700 in possesso di certificato di conformità rilasciato dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI) Certificato CTI N.73 ai sensi del D.lgs. 192/05 e s.m.i. e riportato all'Allegato F – Certificato CTI Software;
- j) 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;
- k) Analisi dei dati climatici reali del sito ove è ubicato l'edificio con conseguente calcolo dei Gradi Giorno reali (GG_{real}), utilizzando le temperature esterne rilevate dalla Stazione Meteo villa Cambiaso dell'Università di Genova e riportati all'Allegato I – Dati climatici;
- l) 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});



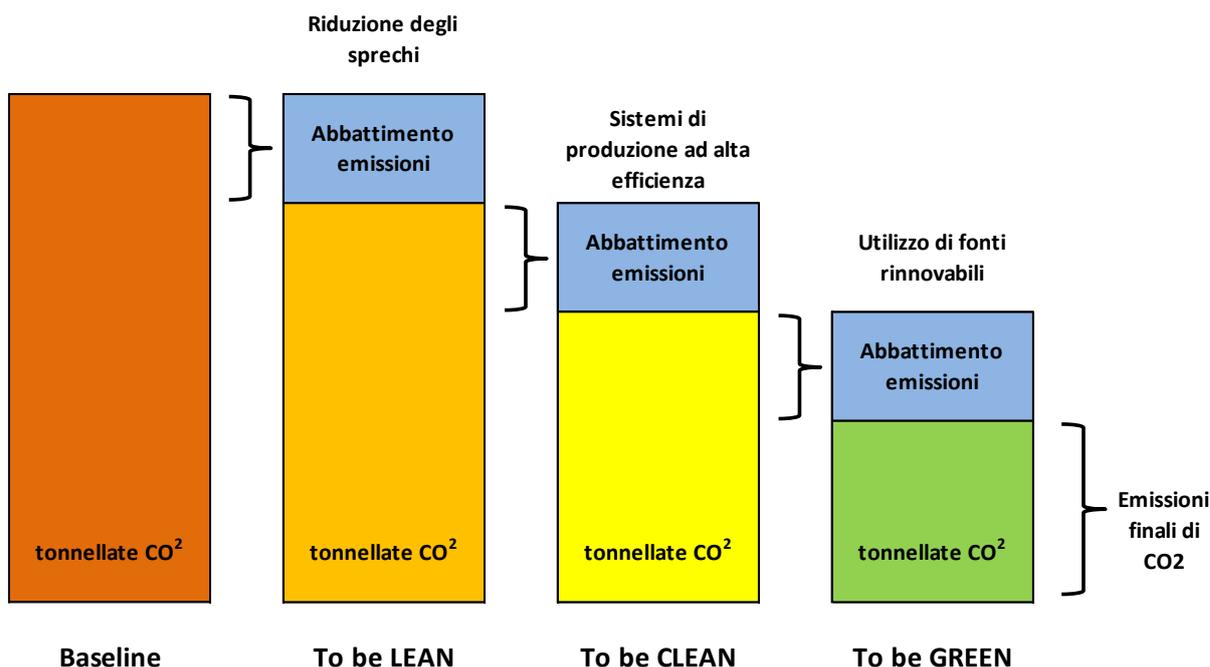
- m) Individuazione della “baseline elettrica” di riferimento (e relative emissioni di CO₂) calcolata sulla media aritmetica dei valori relativi ai consumi elettrici reali per tre le annualità 2014, 2015, 2016;
- n) Validazione del modello elaborato mediante il confronto con le baseline energetiche, al fine di ottenere uno scostamento inferiore al 5%;
- o) Analisi delle possibili EEM necessarie per la riqualificazione energetica del sistema edificio-impianto analizzando gli aspetti tecnici, energetici, ed ambientali.
- p) Simulazione del comportamento energetico dell’edificio a seguito dell’attuazione delle varie EEM proposte singolarmente, ed individuazione della nuova classe energetica raggiungibile;
- q) Definizione di due scenari ottimali a partire dalla combinazione delle singole EEM proposte al fine di conseguire un miglioramento del parametro di efficienza energetica dell’edificio superiore a due classi energetiche e tempi di ritorno inferiore uguale rispettivamente a 25 e a 15 anni.
- r) 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;
- s) 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;
- t) 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;
- u) Realizzazione di una relazione tecnica descrittiva di dettaglio dell’analisi effettuata (Rapporto di DE);
- v) 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, (fonte: London Plan 2011)



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

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

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

Per tanto, nel caso di soluzioni integrate, dapprima si è valutata la fattibilità di ridurre gli sprechi mediante misure sull'involucro e sulla domanda d'utenza (anche relativamente ai sistemi di emissione, regolazione, distribuzione, accumulo), partendo 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:

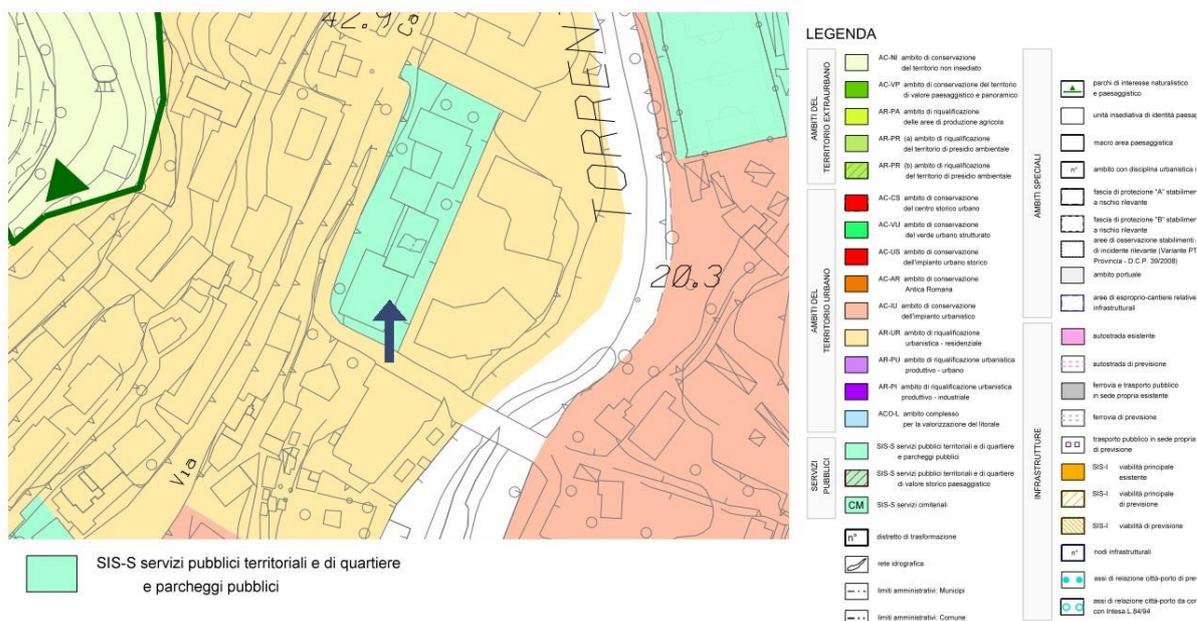
- Una prima parte nella quale sono descritti lo scopo ed i confini della DE e le metodologie di analisi adottate;
- Una seconda parte in cui sono riportate le informazioni dell'edificio rilevate in sede di sopralluogo e le valutazioni effettuate al fine di identificare le caratteristiche tecniche dei 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 SIS-S ambito che disciplina destinazioni d'uso quali: servizi pubblici e parcheggi pubblici. Tra le attività complementari disciplina anche le zone di connettività urbana funzionali per la riqualificazione e conservazione e parcheggi privati pertinenziali o liberi da asseveramento.

Figura 2.1 - Particolare estratto dal Piano Urbanistico Comunale



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

L'edificio ove è ubicata la scuola elementare "Jesse Mario" e la scuola Comunale d'Infanzia "Colombo" risale al 1964, non sono state segnalate ristrutturazioni rilevanti dalla data di costruzione dell'edificio. Ai sensi del DPR 412/93 ricade nella destinazione d'uso E.7 - Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili.

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

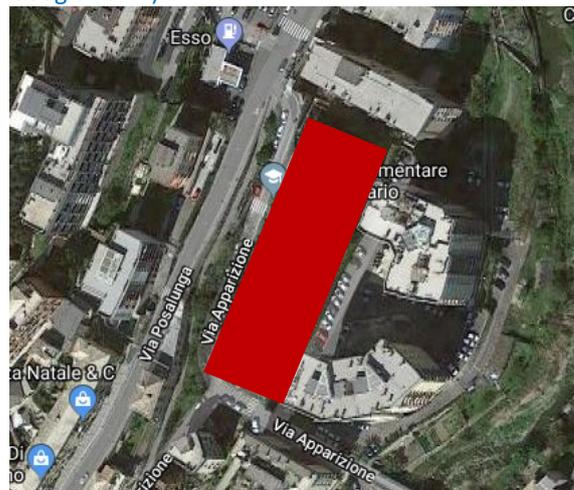
L'ipotesi di intervenire al fine di migliorarne l'efficienza energetica dell'edificio è innanzitutto volta ad una diminuzione delle emissioni di CO₂, la quale rientra negli obiettivi prefissati dal Comune di Genova all'interno del SEAP (Sustainable Energy Action Plan).

L'edificio ospitante il complesso scolastico oggetto della DE è costituito complessivamente da quattro piani fuori terra, nei quali si sviluppano gli spazi adibiti ad aule, laboratori, auditorium, zona mensa e cucina, palestre, sia della scuola elementare sia della scuola materna. Si segnala che la porzione di edificio utilizzata per le attività della scuola dell'infanzia è stata resa inagibile nell'agosto del 2017 per problemi statici.

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

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



Allegato B – Elaborati.

Tabella 2.1 - Suddivisione in piani dell'edificio

PIANO	UTILIZZO	U.M.	SUPERFICIE LORDA COMPLESSIVA ⁽²⁾	SUPERFICIE UTILE RISCALDATA ⁽³⁾	SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA ⁽³⁾
Terra	Aule scuola dell'infanzia, refettorio, cucina, aule scuola elementare, servizi, zone di distribuzione	[m ²]	1103,07	1001,12	0,00
Primo	Aule scuola dell'infanzia, palestra, aule scuola elementare, servizi, zone di distribuzione	[m ²]	1290,76	1144,30	0,00
Secondo	Ingresso principale, atrio aule scuola elementare, zone di distribuzione	[m ²]	551,37	469,72	0,00
Terzo	Aule scuola elementare, aula magna, servizi zone di distribuzione	[m ²]	571,05	494,45	0,00
TOTALE		[m ²]	3.516,25	3.109,59	0,00

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

Borgoratti è un quartiere che si colloca in corrispondenza della valle del torrente Sturla. Si trova al centro tra Bavari a nord e Sturla più a sud. Questi quartieri seguono la direzione del torrente e sono collegate a livello viario. È stato inglobato nel territorio della Grande Genova a metà degli anni 20. Il territorio è compreso nella circoscrizione Levante.



Figura 2.3 - Particolare estratto dalla carta dei vincoli



La verifica è stata effettuata sul portale della Regione Liguria dedicato agli edifici vincolati (www.liguriavincoli.it). L'edificio non presenta alcun vincolo architettonico.

Nell'analisi delle EEM non è pertanto necessaria l'identificazione di possibili interferenze.

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: Coibentazione coperture piane	-		-
EEM 1: Installazione impianto di termoregolazione	-		-
EEM 1: Efficientamento impianto di illuminazione mediante trasformazione LED	-		-
EEM 4: Utilizzo di generazione da fonti rinnovabili, installazione di un impianto FV	-		-

Nota (5): Legenda livelli di interferenza:

	Non perseguibile
	Perseguibile tramite adozione misure di tutela indicate
	Interferenza nulla

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

2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO

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

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

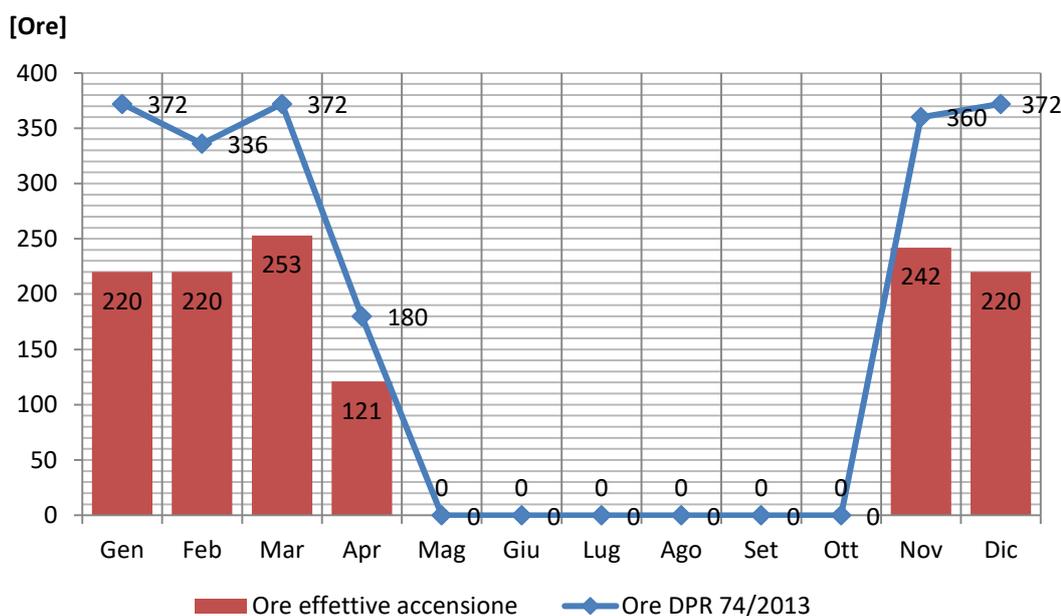


Nella Tabella 2.3 sono pertanto riportati gli orari di funzionamento dell'edificio e gli orari di funzionamento degli impianti termici.

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

PERIODO	GIORNI SETTIMENALI	ORARIO FUNZIONAMENTO EDIFICIO	ORARIO FUNZIONAMENTO IMPIANTO
Dal 1 Novembre al 15 Aprile	Dal lunedì al venerdì	7.30-17.30	7.00 – 18.00
Dal 16 Aprile al 30 Ottobre	Dal lunedì al venerdì	7.30-17.30	[-]

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



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

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

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

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



3 DATI CLIMATICI

3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO

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

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

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

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

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

Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 989 GG calcolati su 116 giorni effettivi di utilizzo dell'impianto di riscaldamento.

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

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

Tabella 3.2 – Profili mensili dei GG_{rif}

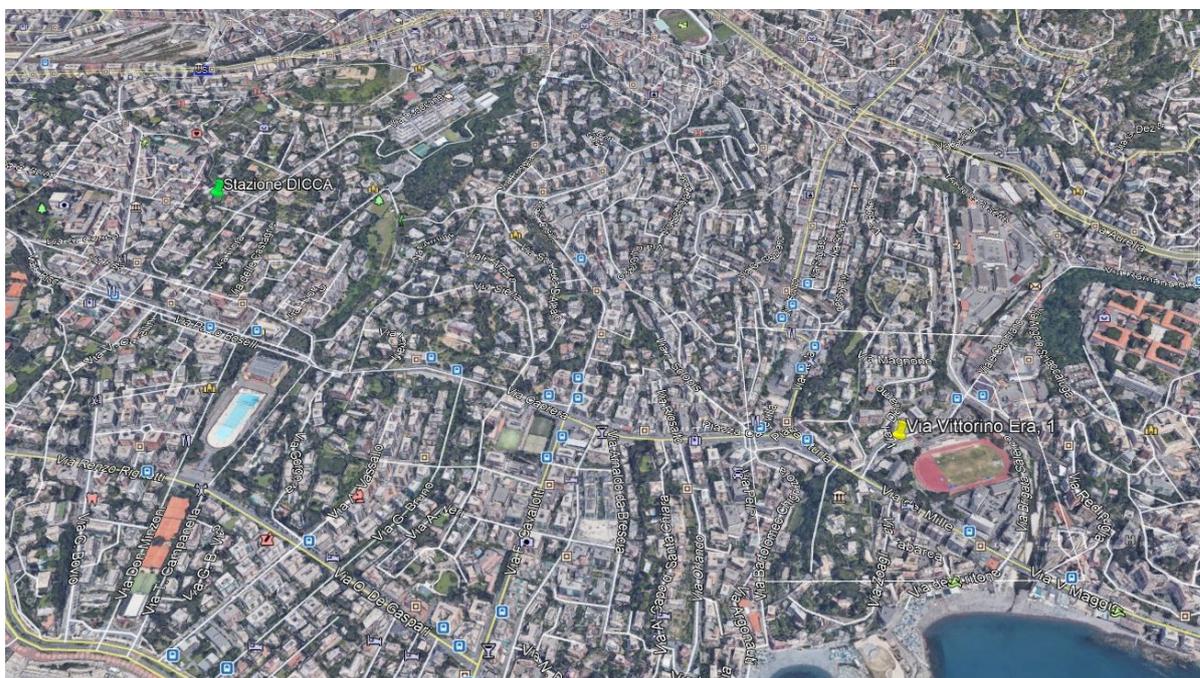
Mese	GIORNI MENSILI	TEMPERATURA ESTERNA UNI 10349:2016 [°C]	GIORNI RISCALDAMENTO [g/m]	GG	GIORNI DI UTILIZZO [g/m]	GIORNI RISCALDAMENTO EFFETTIVI [g/m]	GG _{rif}	PROFILO DI INCIDENZA
Gennaio	31	10,4	31	298	20	20	192	19%
Febbraio	28	10,5	28	266	20	20	190	19%
Marzo	31	11,1	31	276	23	23	205	21%
Aprile	30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

3.2 DATI CLIMATICI REALI

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

I dati climatici utilizzati sono stati rilevati dalla centralina meteo climatica installata presso il Laboratorio di Idraulica del Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica e Ambientale (44° 24'N 8° 58'E Altitudine 40 m), denominata Stazione Meteo villa Cambiaso, in quanto risulta essere la più vicina all'edificio oggetto della DE.

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



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

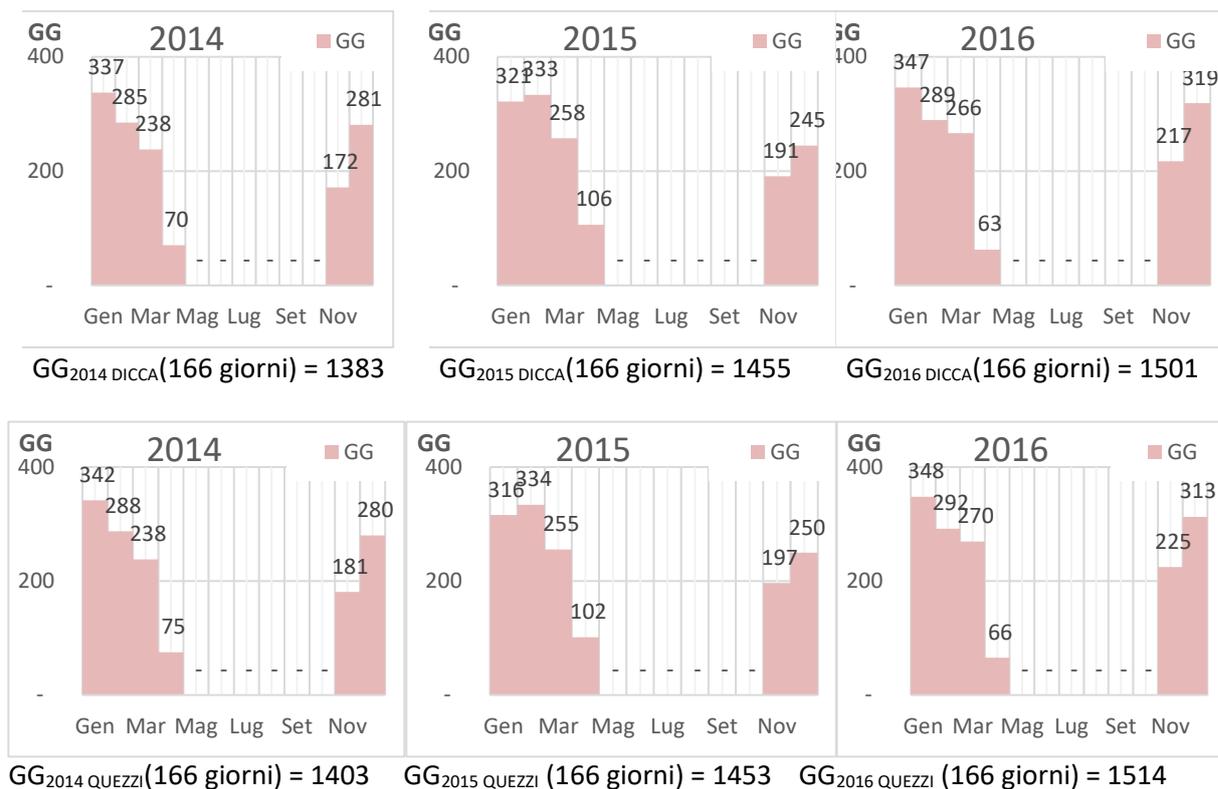
Di seguito si riportano i valori mensili dei GG reali, calcolati in funzione delle temperature esterne medie orarie per il triennio di riferimento (2014 - 2015 – 2016), valutati come la sommatoria, estesa a tutti i giorni del periodo annuale di riscaldamento compreso tra il 1 Novembre e il 15 Aprile,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

Durante la fase di revisione, la PA ha segnalato che tale stazione climatica potrebbe essere affetta da errori nella raccolta dei dati climatici anni 2015 e 2016. Per questa ragione si è verificata la congruità e l'attendibilità dei dati climatici confrontandoli con quelli rilevati dalla stazione ARPAL più vicina all'edificio stesso (QUEZZI, 44° 25'N 8° 58'E Altitudine 200 m).

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



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



Dal confronto tra i GG calcolati sulla base delle temperature rilevate dalle due stazioni climatiche risulta che nell'anno 2014 la differenza è di 20 GG pari all'1,43% nel 2015 la differenza è di 2 GG pari allo 0,14% e nel 2016 la differenza è di 13 GG pari allo 0,86%. Si ritiene pertanto che i dati climatici rilevati dalla stazione DICCA possano essere considerati attendibili.

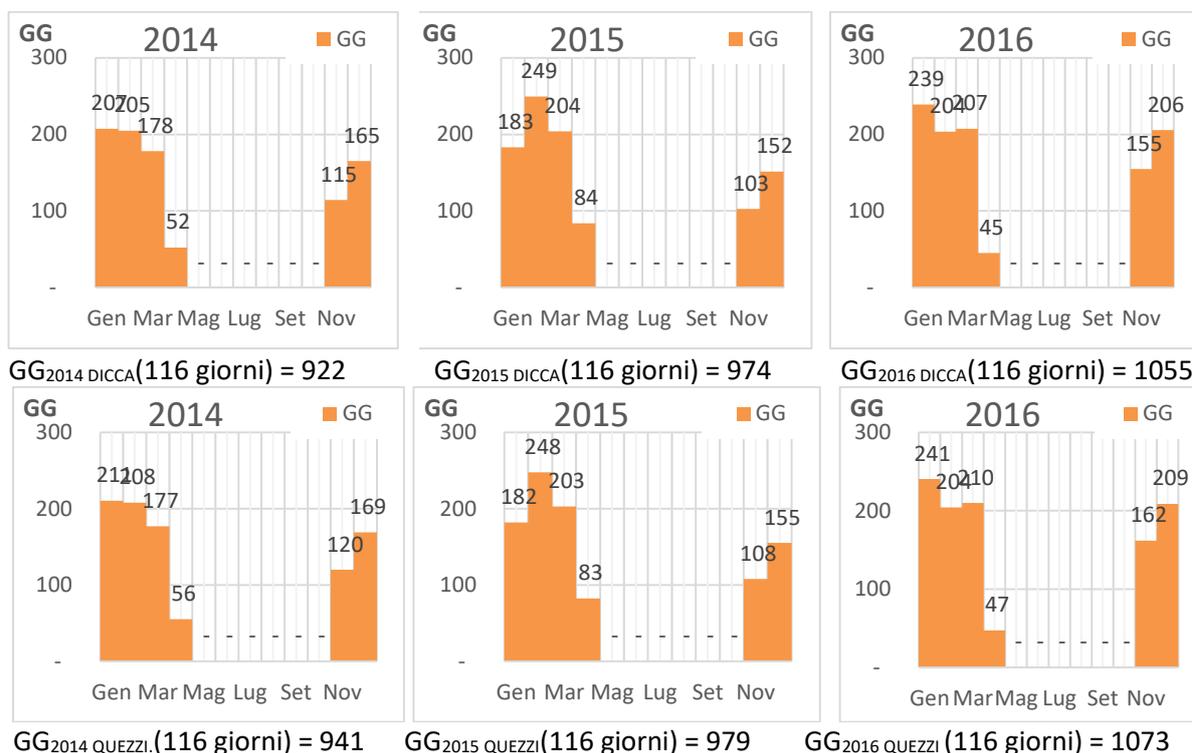
Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG reali sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 922, 974 e 1055 GG calcolati su 116 giorni effettivi di utilizzo dell'impianto di riscaldamento, riferiti rispettivamente agli anni 2014, 2015 e 2016.

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

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



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



Dal confronto tra i GG calcolati sulla base delle temperature rilevate dalle due stazioni climatiche risulta che nei 116 giorni di utilizzo nell'anno 2014 la differenza è di 52 GG pari all'3,26% nel 2015 la differenza è di 21 GG pari all'1,21% e nel 2016 la differenza è di 32 GG pari all'1,77%. Si ritiene, pertanto che anche a seguito di questa ulteriore verifica i dati climatici rilevati dalla stazione DICCA possano essere considerati attendibili.

Tabella 3 Confronto dei Gradi Girono delle due stazioni climatiche: DICCA e QUEZZI

	GG 2014	GG 2015	GG 2016
QUEZZI	1646	1755	1835
DICCA	1594	1734	1803

4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI

4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO

4.1.1 Involucro opaco

L'involucro opaco dell'edificio è stato realizzato con un sistema semiprefabbricato in calcestruzzo e acciaio. I solai sono realizzati in lamiera grata con getto in cls. La struttura portante dell'edificio è realizzata con pilastri in acciaio.

La parete perimetrale esterna si è ipotizzata in calcestruzzo vista la data di costruzione dell'edificio e gli spessori murari rilevati.

Il controsoffitto dell'ultimo piano occupate dalla scuola elementare presentano un coibente termico in lana di vetro dello spessore di 4cm.

Come da fotografia 4.2. la stessa stratigrafia è stata considerata anche nelle porzioni di edificio non agibili e in corrispondenza della palestra.

Figura 4.1 - Particolare della porzione di involucro opaco esterno con rivestimento in calcestruzzo



Figura 4.2 - Particolare della coibentazione della copertura



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

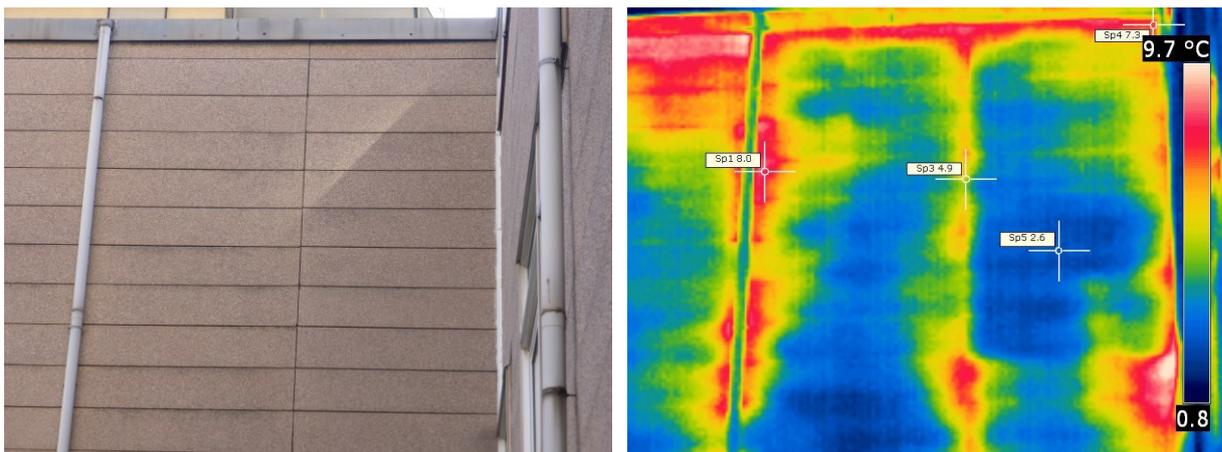
- Rilievo termografico eseguito tramite l'utilizzo di termo camera FLIR ThermaCAM E45 secondo le seguenti modalità si sono misurate le condizioni climatiche esterne (Temperatura dell'aria e umidità relativa), rilevate le caratteristiche di emissività della superficie e la temperatura riflessa sulla superficie.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

Per la determinazione della trasmittanza termica si è fatto riferimento alla UNI/TR 11552:2014 "Abaco delle strutture costituenti l'involucro opaco degli edifici. Parametri termofisici".

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- Il rivestimento esterno in calcestruzzo risulta ancorato alla porzione muraria sottostante
- In corrispondenza degli ancoraggi dei pannelli in calcestruzzo sono rilevate le maggiori dispersioni come in corrispondenza delle finestre
- L'analisi termografica non evidenzia ponti termici interpiano

Figura 4.3 – Rilievo termografico della parete



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

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

Tabella 4.1 – Trasmittanze termiche dei componenti dell'involucro opaco

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	SPESSORE [cm]	ISOLAMENTO	TRASMITTANZA TERMICA [W/mqK]	STATO DI CONSERVAZIONE
Parete verticale	M1	24	Assente	1,574	Buono
Parete verticale	M2	17,3	Presente	0,804	Buono
Parete verticale	M3	24	Assente	1,529	Buono
Parete verticale	M4	16	Assente	1,695	Buono
Parete verticale	M5	16	Assente	1,695	Buono
Pavimento	P1	44,5	Assente	0,717	Buono
Pavimento	P2	33,7	Assente	1,227	Buono
Pavimento	P3	31,7	Assente	1,346	Buono
Pavimento	P4	44,5	Assente	0,743	Buono
Pavimento	P5	44,5	Assente	0,575	Buono
Pavimento	P6	10,7	Assente	2,127	Buono
Copertura	S1	71,7	Presente	0,604	Buono

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

4.1.2 Involucro trasparente

L'involucro trasparente che costituisce l'edificio è composto prevalentemente da serramenti in pvc con vetrocamera in buono stato di conservazione.

Nella struttura sono presenti alcuni serramenti in alluminio senza taglio termico.

Vista l'impossibilità di accedere ad alcuni locali della scuola in precedenza occupati dalla scuola dell'infanzia alcuni serramenti sono stati ipotizzati anche in funzione delle fotografie effettuate durante il sopralluogo.

I serramenti più diffusi sono di tipo a nastro. In alcuni casi è stata realizzata la facciata

Figura 4.4 - Particolare dei serramenti



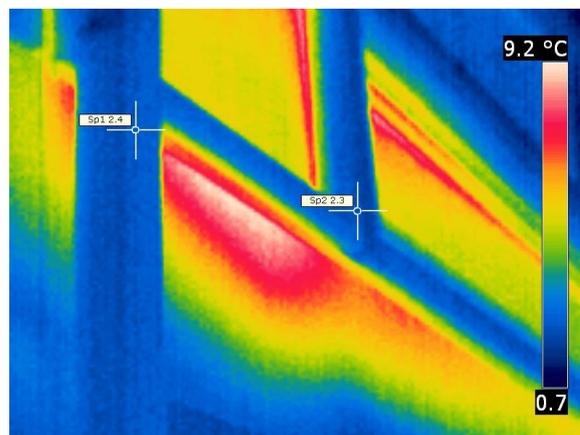
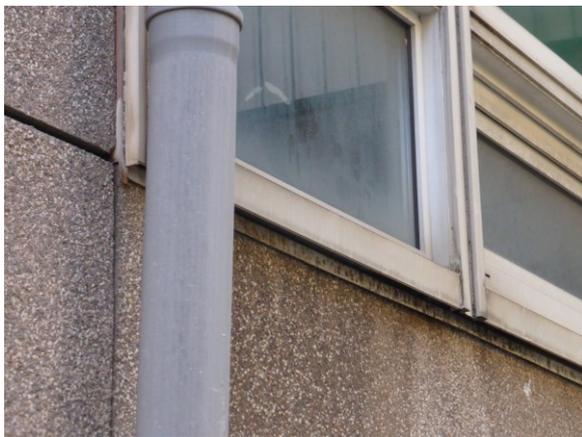
Ai fini di un'identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell'involucro trasparente si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione delle seguenti indagini diagnostiche:

- Rilievo dettagliato di tutti i telai dei serramenti dell'edificio
- Misurazione diretta degli spessori dei vetri dei serramenti mediante spessivetro
- Misuratore laser per le corrette verifiche dimensionali

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- I serramenti in pvc presenti (in buono stato di conservazione) garantiscono sufficienti performance, in termini di contenimento dei consumi energetici, confermate dalle temperature superficiali rilevate sul profilo del serramento

Figura 4.5 – Rilievo termografico dei serramenti



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



Tabella 4.2.



Tabella 4.2 – Trasmittanze termiche dei componenti dell'involucro trasparente

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	DIMENSIONI [HXL]	TIPO TELAIO	TIPO VETRO	TRASMITTANZA TERMICA	STATO DI CONSERVAZIONE
		[cm]			[W/mqK]	
Serramento verticale	W1	290X588	Alluminio	Vetro doppio	4,824	Buono
Serramento verticale	W2	60X185	PVC	Vetro doppio	2,700	Buono
Serramento verticale	W3	196X1075	PVC	Vetro doppio	2,828	Buono
Serramento verticale	W4	197X264	PVC	Vetro doppio	2,736	Buono
Serramento verticale	W5	196X464	PVC	Vetro doppio	2,805	Buono
Porta REI	W6	216X143	Alluminio	-	2,800	Buono
Serramento verticale	W7	230X484	PVC	Vetro doppio	2,755	Buono
Serramento verticale	W8	64X604	PVC	Vetro doppio	2,618	Buono
Serramento verticale	W9	203X163	PVC	Vetro doppio	2,778	Buono
Serramento verticale	W10	203X183	PVC	Vetro doppio	2,750	Buono
Serramento verticale	W11	57X182	PVC	Vetro doppio	2,517	Buono
Serramento verticale	W12	197X283	PVC	Vetro doppio	2,745	Buono
Serramento verticale	W13	57X182	PVC	Vetro doppio	2,779	Buono
Serramento verticale	W14	57X680	Alluminio	Vetro doppio	4,999	Buono
Serramento verticale	W15	203X600	PVC	Vetro doppio	2,930	Buono
Serramento verticale	W16	57X1054	PVC	Vetro doppio	2,899	Buono
Serramento verticale	W17	210X121	Alluminio	-	7,000	Buono
Serramento verticale	W18	57X287	Alluminio	Vetro singolo	6,401	Buono
Serramento verticale	W19	57X383	Alluminio	Vetro singolo	6,193	Buono
Serramento verticale	W20	57X283	PVC	Vetro doppio	2,919	Buono
Serramento verticale	W21	57X484	PVC	Vetro doppio	2,896	Buono
Serramento verticale	W100	103X2384	Alluminio	Vetro doppio	6,013	Buono
Serramento verticale	W101	215X187	PVC	-	2,200	Buono
Serramento verticale	W200	197X1384	PVC	Vetro doppio	2,781	Buono
Serramento verticale	W201	57X986	PVC	Vetro doppio	2,656	Buono
Serramento verticale	W202	197X800	PVC	Vetro doppio	2,785	Buono
Porta REI	W203	205X126	Alluminio	-	2,800	Buono
Serramento verticale	W204	57X1600	PVC	Vetro doppio	2,884	Buono
Serramento verticale	W205	300X196	PVC	Vetro doppio	2,736	Buono
Serramento verticale	W206	57X1186	PVC	Vetro doppio	2,776	Buono
Serramento verticale	W207	300X183	PVC	Vetro doppio	2,806	Buono
Serramento verticale	W208	200X1200	PVC	Vetro doppio	2,841	Buono
Serramento verticale	W209	200X1383	PVC	Vetro doppio	2,843	Buono
Serramento verticale	W210	300X567	PVC	Vetro doppio	2,668	Buono
Serramento verticale	W211	57X400	PVC	Vetro doppio	2,640	Buono
Serramento verticale	W212	200X300	PVC	Vetro doppio	2,732	Buono
Serramento verticale	W213	57X300	PVC	Vetro doppio	2,589	Buono
Serramento verticale	W214	57X300	PVC	Vetro doppio	2,719	Buono
Serramento verticale	W215	57X100	PVC	Vetro doppio	2,550	Buono
Serramento verticale	W216	200X700	PVC	Vetro doppio	2,739	Buono
Serramento verticale	W217	290/197X100/264	PVC	Vetro doppio	2,739	Buono
Serramento verticale	W218	57X587	PVC	Vetro doppio	2,698	Buono
Serramento verticale	W219	57X790	PVC	Vetro doppio	2,744	Buono
Serramento verticale	W220	200X285	PVC	Vetro doppio	3,000	Buono
Serramento verticale	W221	300X200	PVC	Vetro doppio	3,058	Buono



COMUNE DI GENOVA

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	DIMENSIONI [HXL] [cm]	TIPO TELAIO	TIPO VETRO	TRASMITTANZA TERMICA [W/mqK]	STATO DI CONSERVAZIONE
Serramento verticale	W222	200X387	PVC	Vetro doppio	3,094	Buono
Serramento verticale	W223	57X400	PVC	Vetro doppio	2,663	Buono
Serramento verticale	W500	1379X585	PVC	Vetro doppio	2,928	Buono
Serramento verticale	W501	1450X122	Alluminio	-	6,176	Buono
Serramento verticale	W502	660X600	PVC	Vetro doppio	2,882	Buono
Lucernario	W503	60X60	PVC	Vetro singolo	6,392	Buono

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

4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/CLIMATIZZAZIONE INVERNALE

L'impianto di riscaldamento degli ambienti è costituito da una caldaia a condensazione, alimentata a metano ed asservita alla climatizzazione invernale dell'intero edificio.

4.2.1 Sottosistema di emissione

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

- Radiatori su parete esterna non isolata;

I radiatori presenti nelle aule sono provvisti di valvole termostatiche.

Figura 4.6 - Particolare dei radiatori installati sulle pareti nelle aree di circolazione interna



Figura 4.7 - Particolare dei radiatori installati sulle pareti delle aule



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

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

ZONA TERMICA	TIPOLOGIA DI TERMINALE	RENDIMENTO
Scuola Elementare Jesse Mario e Scuola Comunale d'Infanzia Colombo	Radiatori a parete	92%

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

Tabella 4.4 - Riepilogo caratteristiche dei terminali di emissione installati

PIANO	TIPO DI TERMINALE	TIPO DI INSTALLAZIONE	NUMERO	POTENZA TERMICA UNITARIA	POTENZA TERMICA COMPLESSIVA
				[kW]	[kW]
Terra	Radiatore	Installato a parete	39	1.8	70.6
Primo	Radiatore	Installato a parete	43	1.9	80
Secondo	Radiatore	Installato a parete	24	1.5	37
Terzo	Radiatore	Installato a parete	22	2	43.3
TOTALE			128	1.8	231

Nota (6): La potenza termica di ciascun terminale è stata ottenuta secondo le disposizioni della norma EN 442-2, considerando un delta T pari a 50 °C.

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

4.2.2 Sottosistema di regolazione

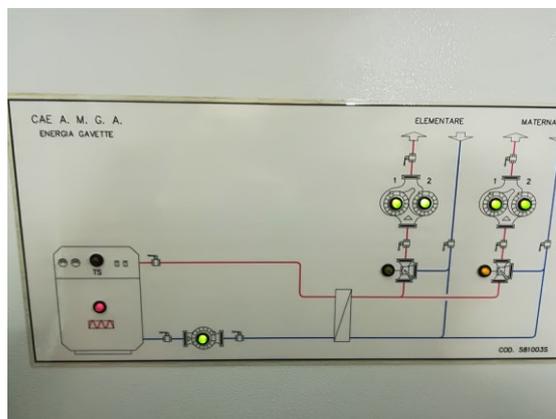
La regolazione del funzionamento dell'impianto termico avviene attraverso l'impostazione degli orari di funzionamento e della curva climatica. La temperatura massima di mandata del sottosistema di generazione è fissata a 70°C.

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

Figura 4.8 - Particolare del pannello di controllo di dell'impianto termico



Figura 4.9 - Particolare del pannello di controllo di dell'impianto termico 2



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



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

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

ZONA TERMICA	TIPO DI REGOLAZIONE	RENDIMENTO
Scuola Elementare Jesse Mario e Scuola Comunale d'Infanzia Colombo	Climatica	96%

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

4.2.3 Sottosistema di distribuzione

Il sottosistema di distribuzione è costituito dai seguenti elementi:

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

Circuito primario

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

Tabella 4.6 – Temperature di mandata e ritorno del circuito primario

CIRCUITO			TEMPERATURA RILEVATA ⁽⁷⁾	TEMPERATURA CALCOLO
			°C	°C
Scuola Elementare Jesse Mario e Scuola Comunale d'Infanzia Colombo	Mandata	Caldo	57	53
Scuola Elementare Jesse Mario e Scuola Comunale d'Infanzia Colombo	Ritorno	Caldo	45	43

Nota (7): Valori rilevati il giorno 21/12/2017 alle ore 15.00, in orario di utilizzo della scuola, con una temperatura esterna di circa 10°C

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

Circuito secondario: sono presenti due pompe di circolazione per ciascuna mandata (calda) dei due circuiti secondari così denominati:

- Circuito radiatori elementare;
- Circuito radiatori materna;

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



Tabella 4.7 - Riepilogo caratteristiche pompe circuito secondario

NOME	SERVIZIO	PORTATA ⁽⁸⁾	PREVALENZA ⁽⁸⁾	POTENZA ASSORBITA ⁽⁹⁾
		m ³ /h	kPa	kW
Scuola Elementare Jesse Mario e Scuola Comunale d'Infanzia Colombo	Grundfos D65-120 F Mandata acqua calda a radiatori elementare	[-]	120	0.9
Scuola Elementare Jesse Mario e Scuola Comunale d'Infanzia Colombo	Grundfos D50-120 F Mandata acqua calda a radiatori materna	[-]	120	0.8
TOTALE		[-]	240	1.7

Nota (8): Valori ricavati da dati di targa

Nota (9): Valori ricavati in sede di sopralluogo

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

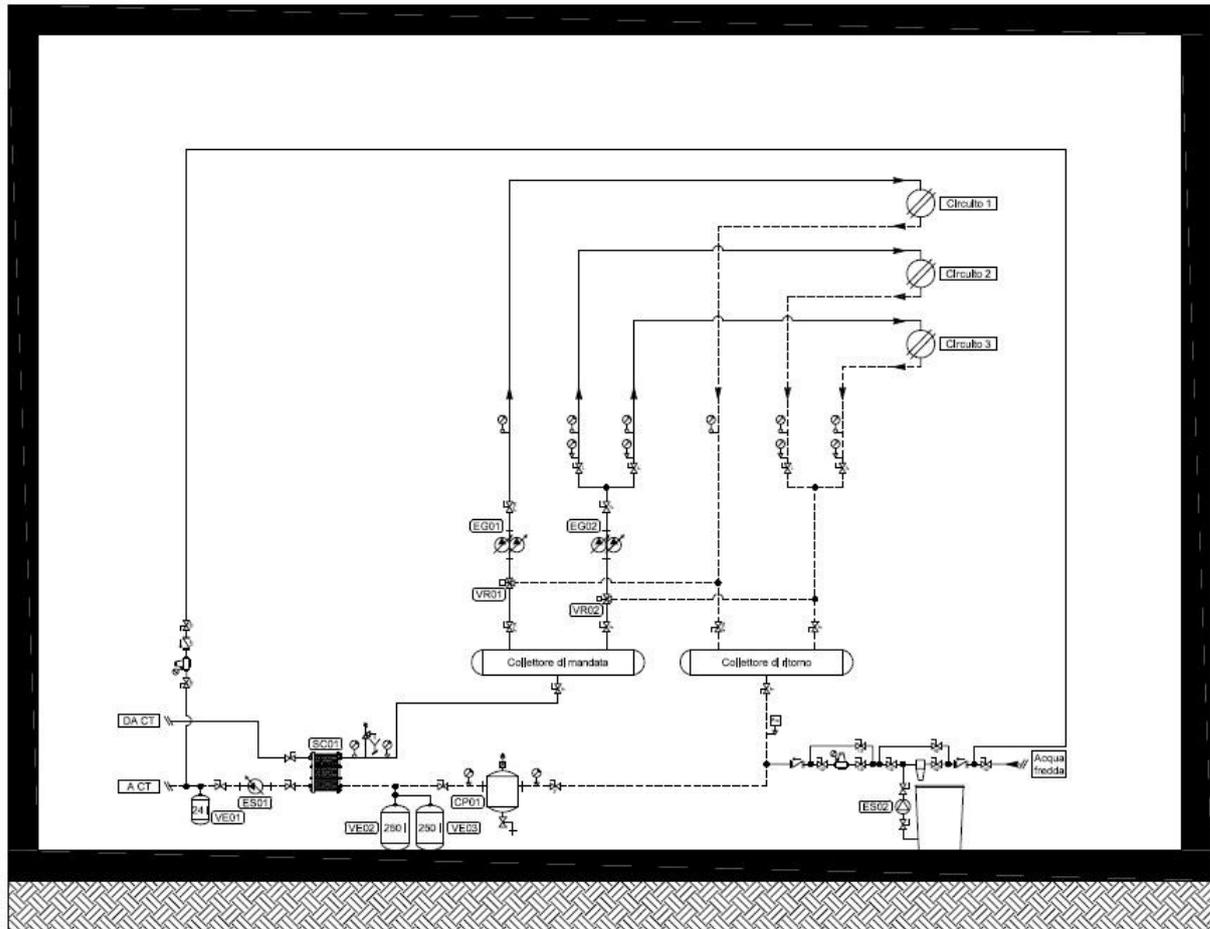
Tabella 4.8 – Temperature di mandata e ritorno del circuito secondario

CIRCUITO	TEMPERATURA RILEVATA ⁽¹⁰⁾	TEMPERATURA CALCOLO
Scuola Elementare Jesse Mario e Scuola Comunale d'Infanzia Colombo Radiatori elementare Mandata	45	39.3
Scuola Elementare Jesse Mario e Scuola Comunale d'Infanzia Colombo Radiatori elementare Ritorno	35	26
Scuola Elementare Jesse Mario e Scuola Comunale d'Infanzia Colombo Radiatori materna Mandata	45	41
Scuola Elementare Jesse Mario e Scuola Comunale d'Infanzia Colombo Radiatori materna Ritorno	35	35

Nota (10): Valori rilevati il giorno 21/12/2017 alle ore 15.00, in orario di utilizzo della scuola, con una temperatura esterna di circa 10°C

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

Figura 4.10 - Particolare dello schema di impianto [(Fonte: Tavola 163-P00-001-SOTTOCENTRALE TERMICA.dwg)]



Il rendimento complessivo del sottosistema di distribuzione pari al 92.9% è stato calcolato tramite la norma UNI TS 11300-2.

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

4.2.4 Sottosistema di generazione

Il sottosistema di generazione è costituito da una centrale termica dotata di un'unica caldaia a condensazione, alimentata a metano, di produzione Unical modello Modulex EXT 440.

Figura 4.11 - Particolare della caldaia Unical Modulex EXT 440

Figura 4.12 - Particolare dello scambiatore di calore a valle del generatore di calore



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

Tabella 4.9 - Riepilogo caratteristiche sistemi di generazione

Servizio	MARCA	MODELLO	ANNO DI COSTRUZIONE	POTENZA AL FOCOLARE ⁽¹¹⁾ kW]	POTENZA TERMICA UTILE ⁽¹¹⁾ kW]	RENDIMENTO ⁽¹²⁾	POTENZA ASSORBITA COMPLESSIVA ⁽¹¹⁾ kW]
Gen 1 Riscaldamento	Unical	Modulex EXT 440	2010	432	424.3	95.8	0.054

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

Nota (12): il valore riportato nella prova fumi dell'impianto risulta superiore a quello calcolato attraverso il modello energetico dell'edificio. Tale scostamento tra i valori di rendimento è dovuto alle differenti condizioni ambientali in cui è stata effettuata la prova fumi rispetto a quelle di calcolo del modello

Il rendimento complessivo del sottosistema di generazione, in regime di riscaldamento è stato calcolato nella DE tramite UNI TS 11300-2 ed è pari al 81.4%.

L'elenco dei componenti del sottosistema di generazione per il riscaldamento degli ambienti rilevati in sede di sopralluogo e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 6.1 e/o 6.2 dell' Allegato J – Schede di audit.

4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA

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

Figura 4.13 - Particolare di un boiler elettrico per la produzione di acqua calda sanitaria

installati all'interno dei servizi igienici con una potenza di 7.8 kW caduno.



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

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

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

Nota (13) Valori di rendimento dei sottosistemi dell'impianto di produzione di ACS calcolati secondo UNI TS 11300-2

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

4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE

Le utenze sottese all'impianto elettrico, oltre a quelle precedentemente descritte, sono costituite essenzialmente da utenze locali quali stampanti, PC ed altri dispositivi in uso del personale e delle attività specifiche della destinazione d'uso.

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

Tabella 4.11 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche

LOCALI TERMICI	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA NOMINALE [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]	ORE ANNUE DI UTILIZZO [ore]
Locale 1_P1	LIM	1	155	155	4944
Locale 114_P3	PC	13	400	5200	618
Locale 118	PC	3	400	1200	1648
Locale 118	Stampante	4	550	2200	4944
Auditorium	Proiettore	1	155	155	4944

Locale ascensore	Ascensore	1	[-]	[-]	[-]
------------------	-----------	---	-----	-----	-----

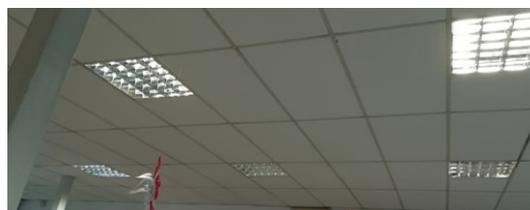
Ai fini di un'identificazione più precisa del funzionamento dei componenti impiantistici si è proceduto, in sede di sopralluogo, al rilevamento dei dati di targa dei singoli dispositivi e all'intervista dell'utenza per meglio comprenderne le modalità di utilizzo. Non si è ritenuto necessario procedere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

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

4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE

L'impianto di illuminazione è costituito da lampade al neon (tubi a fluorescenza) in tutti i locali.

Figura 4.14 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nei locali dell'edificio



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

Tabella 4.12 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

LOCALI TERMICI	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA UNITARIA	POTENZA COMPLESSIVA
			[W]	[W]
1_Piano 3 aule	Neon	144	18	2592
2_Piano 3 locali servizi igienici	Neon	24	18	432
3_Piano 3 corridoi	Neon	44	18	792
4_Piano 3 Auditorium	Neon	64	18	1152
5_Piano 2 aule	Neon	188	18	3384
6_Piano 2 locali servizi igienici	Neon	24	18	432
7_Piano 2 corridoi di distribuzione_	Neon	32	18	576
7_Piano 2 corridoi di distribuzione_	Neon	1	36	36
8_Piano 1 aule scuola elementare_	Neon	156	18	2808
9_Piano 1 servizi igienici_	Neon	24	18	432
10_Piano 1 corridoi_	Neon	40	18	720
11_Piano 1 locale spogliatoio_	Neon	16	18	288
12_Piano 1 palestra_	Neon	16	36	576
13_Piano 1 servizi igienici_	Neon	10	18	180
14_Piano 1 aule scuola materna_	Neon	178	18	3204
15_Vano scala scuola materna	Neon	4	36	144
16_Piano terra aule scuola elementare_	Neon	132	18	2376



17_Piano terra locali servizi igienici_	Neon	36	18	648
18_Piano terra corridoi (verifica tipologia sotto W3)_	Neon	20	18	360
19_Piano terra refettorio_	Neon	60	18	1080
20_Piano terra cucina_	Neon	2	36	72
21_Piano terra locali deposito_	Neon	2	18	36
22_Piano terra locale refettorio_	Neon	2	36	72
23_Piano terra aule speciali palestra_	Neon	54	18	972
24_Piano terra corridoi di distribuzione_	Neon	32	18	576
25_Piano terra ufficio_	Neon	12	18	216
26_Piano terra scuola materna servizi igienici_	Neon	6	18	108
27_Vano scala scuola elementare_	Neon	4	36	144
28_Zona limitrofa vano ascensore_	Neon	n/d	n/d	n/d

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

Durante la fase di sopralluogo si è provveduto a rilevare anche lo stato di conservazione dei corpi illuminanti, che si presentano in buone condizioni. Tramite colloquio col personale didattico si è poi definito la reale modalità di utilizzo di tali sistemi e l'orario di funzionamento.

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

Figura 4.15 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nelle aule





5 CONSUMI RILEVATI

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

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

I vettori energetici analizzati sono i seguenti:

- Gas metano;
- Energia elettrica.

5.1.1 Energia termica

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

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

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

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

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

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

- Centrale termica per il riscaldamento degli ambienti della scuola.

L'effettiva ubicazione dei contatori è rappresentata nelle planimetrie riportate all'

Allegato B – Elaborati

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

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

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

PDR	Utilizzo	2014 [mc]	2015 [mc]	2016 [mc]	2014 [kWh]	2015 [kWh]	2016 [kWh]
03270049630679	Riscaldamento	17.310	18.418	17.501	163.060	173.496	164.859

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

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

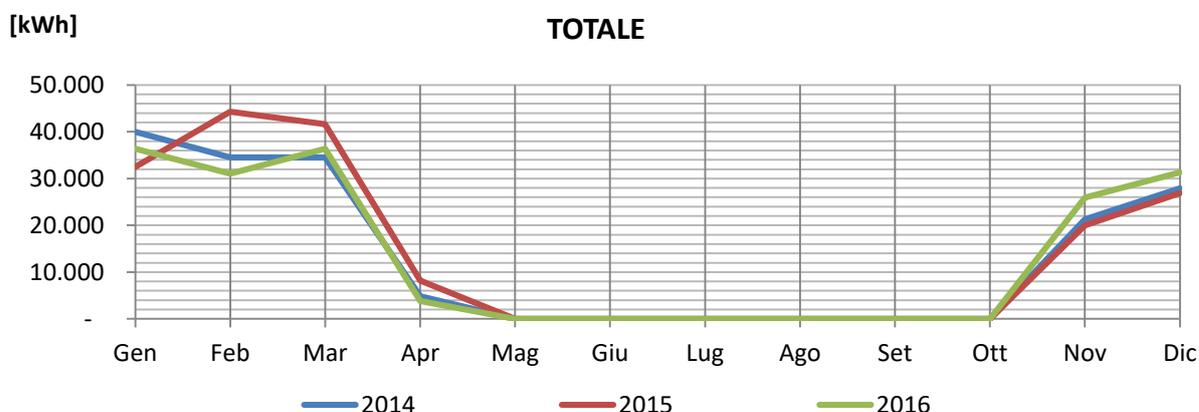


Tabella 5.3 - Consumi mensili di energia termica per il triennio di riferimento – Dati fatturati da società di fornitura

PDR: 03270049630679	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Mese di riferimento	[mc]	[mc]	[mc]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	4.246	3.449	3.865	40.000	32.490	36.404
Febbraio	3.665	4.700	3.293	34.527	44.274	31.023
Marzo	3.665	4.418	3.861	34.522	41.620	36.375
Aprile	517	870	403	4.866	8.192	3.800
Maggio	-	-	-	-	-	-
Giugno	-	-	-	-	-	-
Luglio	-	-	-	-	-	-
Agosto	-	-	-	-	-	-
Settembre	-	-	-	-	-	-
Ottobre	-	-	-	-	-	-
Novembre	2.257	2.125	2.752	21.262	20.017	25.924
Dicembre	2.960	2.856	3.326	27.882	26.905	31.334
Totale	17.310	18.418	17.501	163.060	173.498	164.859

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

Figura 5.1 – Andamento mensile dei consumi termici fatturati



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

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



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

Per effettuare tale processo di normalizzazione si sono utilizzati i GG reali del triennio di riferimento ed i GG di riferimento come valutati al Capitolo 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 esclusivamente ad uso riscaldamento. L'acqua calda sanitaria utilizza un altro vettore energetico.

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

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

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

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

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

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

Tabella 5.4 – Normalizzazione dei consumi annuali di energia termica

ANNO	GG _{REALI} SU 116 GIORNI	GG _{RIF} SU 116GIORNI	CONSUMO REALE RISC. [Smc]	CONSUMO REALE RISC. [kWh]	α_{rif}	CONSUMO NORMALIZZATO A 989 GG [kWh]	CONSUMO ACS [kWh]	CONSUMO ALTRO [kWh]
2014	922	989	17.310	163.107	176,9	175.021	-	-
2015	974	989	18.418	173.547	178,1	176.233	-	-
2016	1.055	989	17.501	164.907	156,3	154.623	-	-
Media	984	989	17.743	167.187	169,9	168.129	-	-

Come si può notare dai dati riportati il comportamento energetico dell'edificio, negli anni considerati, è stato caratterizzato da una generica diminuzione dei consumi: tale riduzione non è dovuta alla realizzazione di importanti interventi di efficientamento. È possibile che tali riduzioni possano essere riconducibili ad un utilizzo diverso dei locali congiuntamente a fattori climatici.

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



Tabella 5.5 – Individuazione della Baseline termica

GRANDEZZA	VALORE
	[Kwh]
\bar{Q}_{ACS}	-
\bar{Q}_{ALTRO}	-
$\bar{a}_{rif} \times GG_{rif}$	168.129
$Q_{baseline}$	168.129

5.1.2 Energia elettrica

La fornitura di energia elettrica avviene tramite la presenza di 2 contatori i quali risultato a servizio dei seguenti utilizzi:

- Scuola elementare "Jesse Mario";
- Scuola comunale infanzia "Colombo";
- Primavera tempo pieno "Colombo".

L'effettiva ubicazione dei contatori è rappresentata nelle planimetrie riportate all'

Allegato B – Elaborati.

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

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

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

POD	ZONA SERVITA	2014	2015	2016	MEDIA
		[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
IT001E00096706	Scuola elementare "Jesse Mario";	132.111	8.411	9.225	49.916
IT001E00096705	Scuola "Colombo"	140.535	24.367	28.219	64.374
TOTALE		272.646	32.778	37.444	114.290

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-E250) e sono emerse le seguenti differenze:

POD1 2014 : 10.562 kWh (92%)
 2015 : 8.248 kWh (-10%)
 2016 : 9.984 kWh (-8%)
 Media : 9.931 kWh (80%)

POD2 2014 : 147.771 kWh (-5%)
 2015 : 27.931 kWh (-15%)
 2016 : 30.426 kWh (-8%)
 Media : 68.709 kWh (-7%)

I consumi rilevati dalla fatturazione sono mediamente più bassi del 7% per il POD2 rispetto quelli rilevati dalla PA. Fa eccezione il POD1 per l'anno 2014 dove in questi consumi sono stati presi in considerazione i conguagli presenti in fatture successive.



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

Si è pertanto definito un consumo $EE_{baseline}$ pari a 76.186 kWh, quello rilevato dall'Auditor nella fase di analisi della fatturazione. Nella media per l'anno 2014 si sono considerati i consumi rilevati dalla PA per via delle anomalie riscontrate e descritte nelle pagine a seguire.

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

POD: IT001E00096706	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	777	119	175	1.071
Febbraio	701	107	158	966
Marzo	13.111	448	17.949	31.508
Aprile	14.457	476	19.918	34.851
Maggio	14.939	497	20.582	36.018
Giugno	10.189	356	13.975	24.520
Luglio	52	36	64	152
Agosto	47	33	71	151
Settembre	64	47	89	200
Ottobre	731	94	128	953
Novembre	660	88	130	878
Dicembre	620	81	142	843
Totale	56.348	2.382	73.381	132.111
POD: IT001E00096706	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	722	79	113	914
Febbraio	667	74	96	837
Marzo	611	82	119	812
Aprile	438	74	114	626
Maggio	623	101	162	886
Giugno	406	79	134	619
Luglio	66	38	67	171
Agosto	51	34	70	155
Settembre	376	68	116	560
Ottobre	755	103	137	995
Novembre	796	87	131	1.014
Dicembre	640	64	118	822
Totale	6.151	883	1.377	8.411
POD: IT001E00096706	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	722	79	113	914
Febbraio	667	74	96	837
Marzo	611	82	119	812
Aprile	438	74	114	626
Maggio	623	101	162	886
Giugno	406	79	134	619
Luglio	66	38	67	171



COMUNE DI GENOVA

Agosto	51	34	70	155
Settembre	376	68	116	560
Ottobre	755	103	137	995
Novembre	796	87	131	1.014
Dicembre	640	64	118	822
Totale	6.151	883	1.377	8.411

POD: IT001E00096705	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	1.398	254	446	2.098
Febbraio	1.263	229	403	1.895
Marzo	2.548	547	906	4.001
Aprile	2.632	570	942	4.144
Maggio	2.609	78.360	34.462	115.431
Giugno	665	286	471	1.422
Luglio	343	233	379	955
Agosto	437	224	391	1.052
Settembre	1.069	223	335	1.627
Ottobre	1.970	276	384	2.630
Novembre	1.901	283	495	2.679
Dicembre	1.836	261	504	2.601
Totale	18.671	81.746	40.118	140.535

POD: IT001E00096705	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	2.087	315	497	2.899
Febbraio	1.938	289	415	2.642
Marzo	1.308	243	389	1.940
Aprile	654	150	274	1.078
Maggio	1.711	386	647	2.744
Giugno	876	285	523	1.684
Luglio	312	175	301	788
Agosto	146	109	221	476
Settembre	1.011	271	486	1.768
Ottobre	2.046	296	433	2.775
Novembre	2.154	307	523	2.984
Dicembre	1.791	257	541	2.589
Totale	16.034	3.083	5.250	24.367

POD: IT001E00096705	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	1.929	271	496	2.696
Febbraio	1.914	260	368	2.542
Marzo	2.040	336	541	2.917
Aprile	1.855	356	551	2.762
Maggio	2.040	347	552	2.939
Giugno	765	299	546	1.610



COMUNE DI GENOVA

Luglio	484	293	509	1.286
Agosto	428	265	495	1.188
Settembre	1.125	313	515	1.953
Ottobre	2.002	344	544	2.890
Novembre	2.231	297	500	3.028
Dicembre	1.662	262	484	2.408
Totale	18.475	3.643	6.101	28.219

Si evidenzia che in entrambi i POD vi è una anomalia nell'anno 2014. Dall'analisi delle bollette risulta per il POD IT001E00096706 l'ultima lettura reale del contatore del 2014 è minore di prima lettura reale 2014. La ragione possibile potrebbe risiedere in un azzeramento del contatore o ad altra causa. Sono inoltre presenti numerosi conguagli che includono elevati consumi energetici. Questo consumo (solo per l'anno 2014) non è stato tenuto in considerazione nel calcolo della baseline da fatturazione ed utilizzando per questo anno quello del file Kyoto fornito dalla PA.

Un'anomalia è stata riscontrata anche per il POD IT001E00096705 dove, sempre grazie all'analisi delle fatturazioni, si è evidenziato che la lettura iniziale rilevata dal gestore ad inizio 2014 è più alta dell'ultima lettura dell'anno, anche senza aver cambiato gestore. Inoltre il picco indicato nel mese di Maggio è dovuto ad una lettura reale del contatore. In questo caso il consumo fornito dalla PA è congruente con quello rilevato dalla fatturazione e per questo è stato tenuto in considerazione nel calcolo della baseline da fatturazione.

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

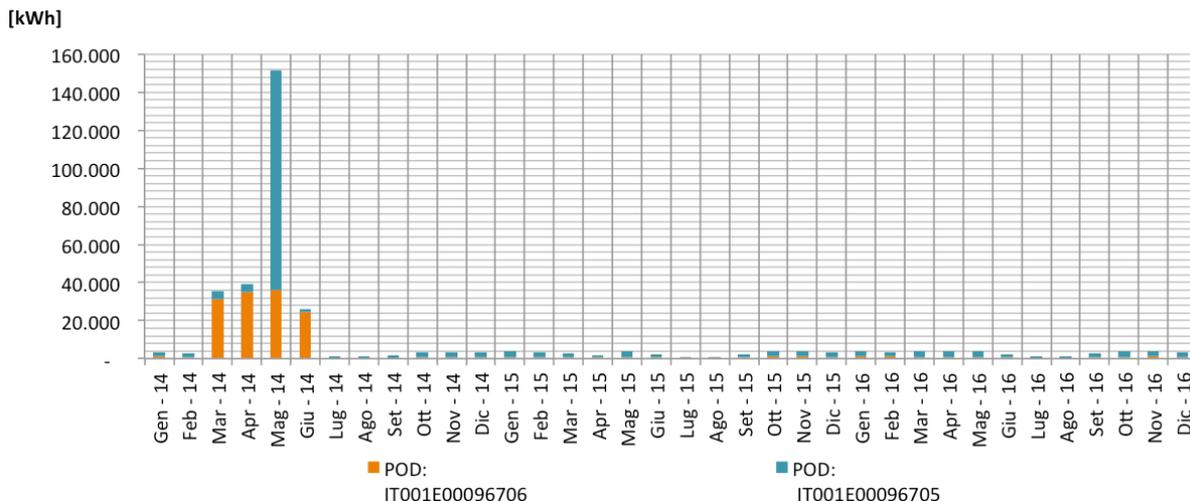
Tali valori sono riportati nella Tabella 5.8.

Tabella 5.8 – Consumi mensili di Baseline

BASELINE	F1	F2	F3	TOTALE
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	2.562	377	620	3.559
Febbraio	2.426	349	517	3.292
Marzo	6.773	579	6.674	14.026
Aprile	6.901	578	7.321	14.800
Maggio	7.547	26.594	18.849	52.991
Giugno	4.440	462	5.260	10.162
Luglio	438	272	464	1.175
Agosto	394	237	445	1.076
Settembre	1.376	331	545	2.253
Ottobre	2.736	399	581	3.716
Novembre	2.837	382	634	3.853
Dicembre	2.404	338	643	3.385
Totale	40.836	30.899	42.554	114.289

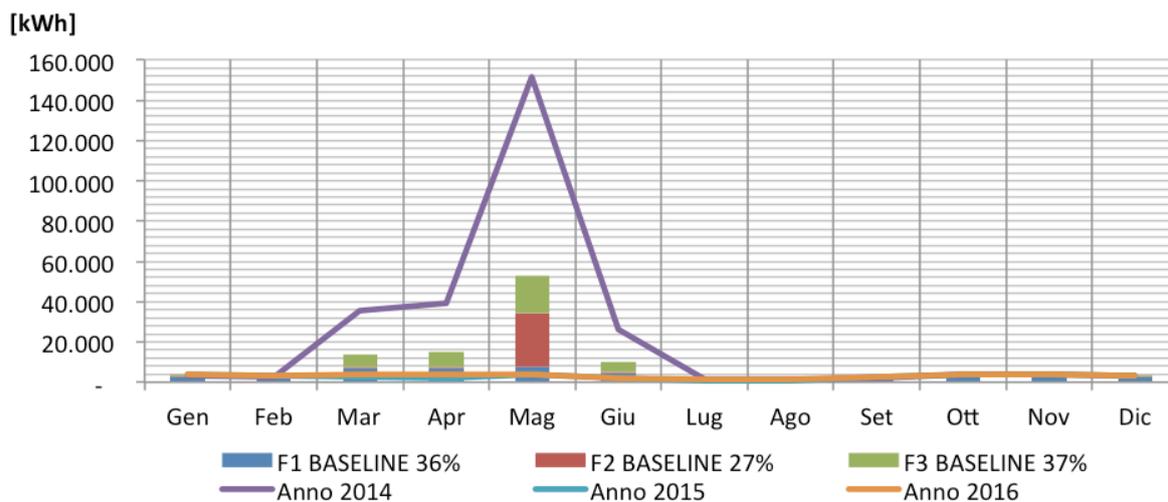
Il profilo così ottenuto è rappresentato nel grafico in Figura 5.2. Le segnalazioni indicate in precedenza danno come risultato un grafico poco leggibile con dei picchi nei mesi iniziali del 2014 per il POD IT001E00096706 ed un picco singolare nel mese di Maggio per il POD IT001E00096705.

Figura 5.2 – Profili mensili di Baseline riferimento



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

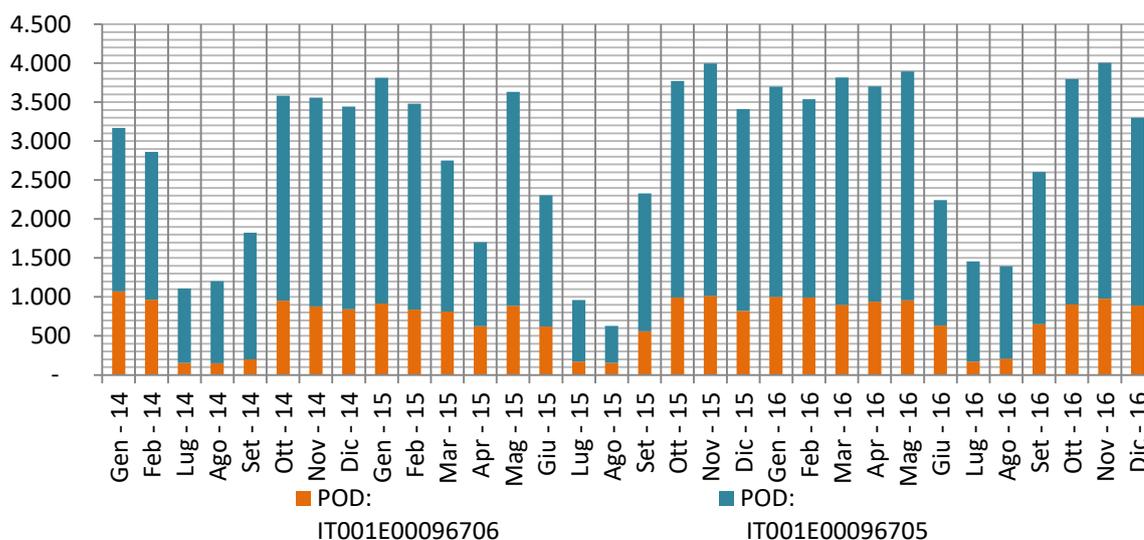
Figura 5.3 – Confronto tra i profili mensili reali per il triennio di riferimento ed i valori di Baseline



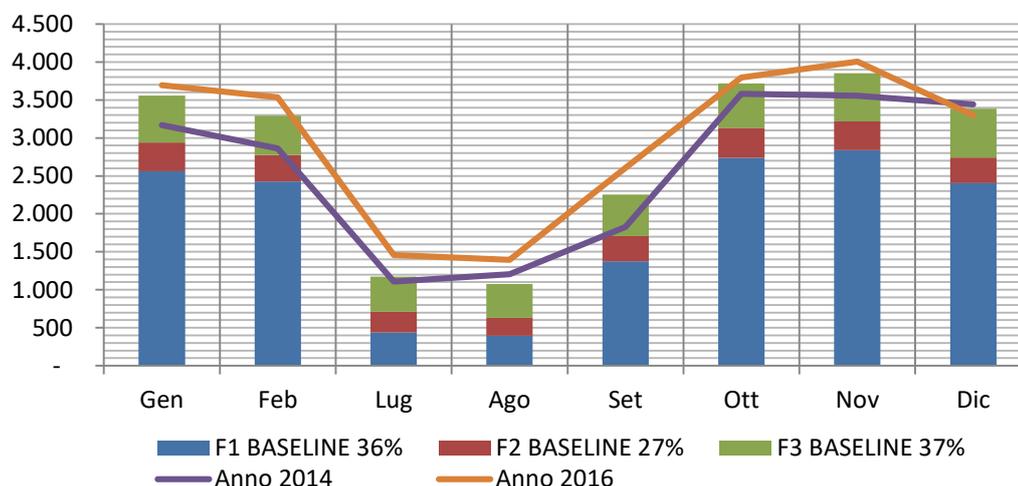
I profili di prelievo mensili nel triennio di riferimento, escludendo le anomalie dei mesi 2014, presentano andamenti coerenti di anno in anno. I minimi consumi si hanno nei mesi estivi di luglio ed agosto quando l'attività della scuola è molto ridotta. Il consumo maggiore si ha per tutti gli altri mesi nella fascia diurna F1 la quale è sempre la componente dominante.



[kWh]



[kWh]



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

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



5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI

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

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

Tabella 5.9 - Fattori di emissione di CO₂.

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

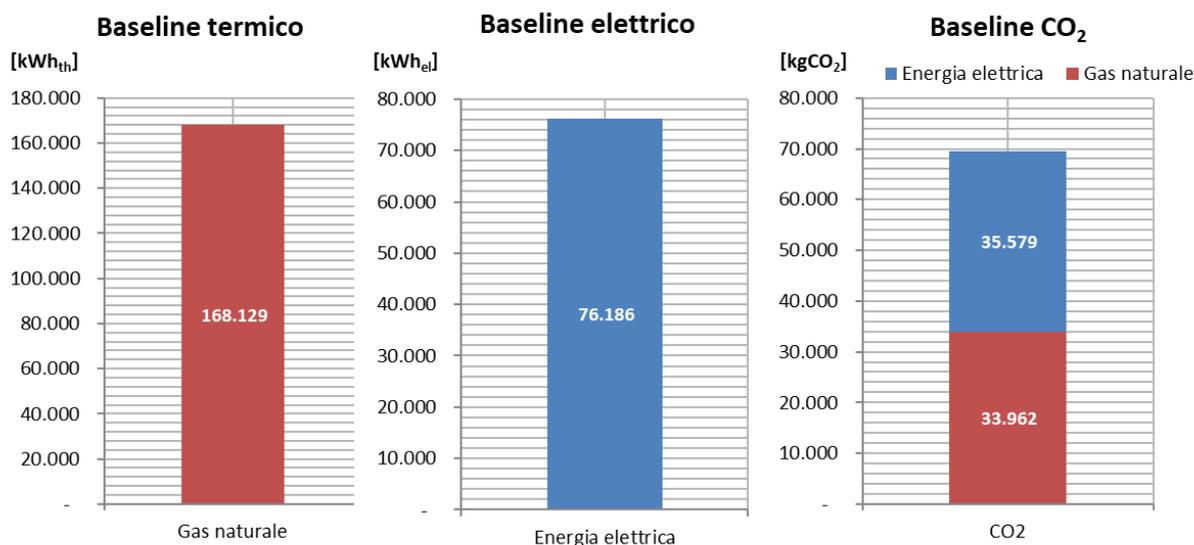
* da "Linee Guida Patto dei Sindaci" per anno 2010

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

Tabella 5.10 – Baseline delle emissioni di CO₂.

COMBUSTIBILE	CONSUMO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE	
	[kWh]	[tCO ₂ /MWh]	[tCO ₂]
Gas naturale	168.129	0,202	33.962
Energia elettrica	76.186	0,467	35.579

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





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

Tabella 5.11 - Fattori di conversione in energia primaria dei vettori energetici

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

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

Tabella 5.12 – Fattori di riparametrizzazione

PARAMETRO		VALORE	U.M.
FATTORE 1	Superficie netta riscaldata	3.045	m ²
FATTORE 1	Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	3045	m ³
FATTORE 1	Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate)	13.617	m ³

Nella Tabella 5.13 e

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

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

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA TOTALE	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA TOTALE	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA TOTALE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3	FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3
	[kWh/anno]		[kWh/anno]	[kWh/m ²]	[kWh/m ²]	[kWh/m ³]	[Kg CO ₂ /m ²]	[Kg CO ₂ /m ²]	[Kg CO ₂ /m ³]
Gas naturale	168.129	1,05	176.535	58,0	58,0	13,0	11,15	11,15	2,49
Energia elettrica	76.186	2,42	184.370	60,6	60,6	13,5	11,69	11,69	2,61
TOTALE			360.906	119	119	27	23	23	5

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

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE 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	168.129	1,05	176.535	58,0	58,0	13,0	11,15	11,15	2,49
Energia elettrica	76.186	1,95	148.563	48,8	48,8	10,9	11,69	11,69	2,61
TOTALE			325.098	107	107	24	23	23	5

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

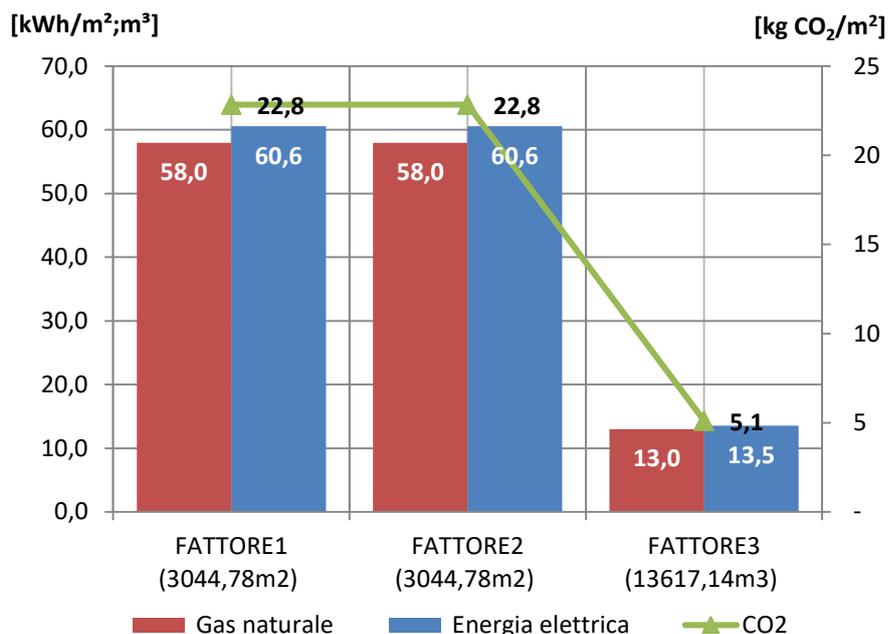
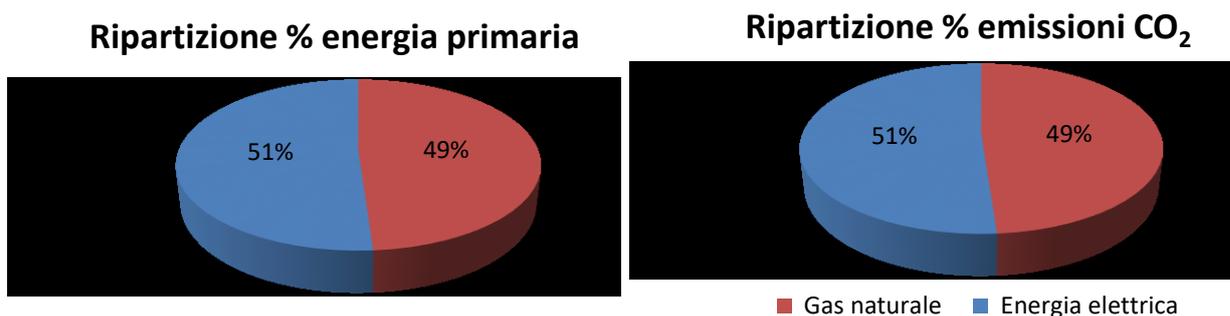


Figura 5.6 – Ripartizione % dei consumi specifici di energia primaria e delle relative emissioni di CO₂



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

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

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

La formula definita è sotto riportata:

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

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



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

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

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

Tabella 5.15 – Indicatori di performance energetici

COMBUSTIBILE	IEN _r			IEN _e		
	Wh/(m ³ GG anno)			Wh/(m ² anno)		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Gas Naturale	7,26	7,31	6,41	-	-	-
Energia elettrica	-	-	-	3,38	3,47	3,48

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

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



6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO

6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO

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

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

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

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

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE	U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	U.M.
Globale	EP _{gl}	165	kWh/mq anno	176	kWh/mq anno
Climatizzazione invernale	EP _H	123.5	kWh/mq anno	124.7	kWh/mq anno
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	7.25	kWh/mq anno	9	kWh/mq anno
Ventilazione	EP _v	[-]	kWh/mq anno	[-]	kWh/mq anno
Raffrescamento	EP _c	[-]	kWh/mq anno	[-]	kWh/mq anno
Illuminazione artificiale	EP _L	33.1	kWh/mq anno	41	kWh/mq anno
Trasporto di persone e cose	EP _T	[-]	kWh/mq anno	[-]	kWh/mq anno
Emissioni equivalenti di CO ₂	CO _{2eq}	32.8	Kg/mq anno	35	Kg/mq anno

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

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	
	[Nm ³ /anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	34569	360795
	[kWh/anno]	[kWh/anno]
Energia Elettrica	72632	141632

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



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

Dove:

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

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

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

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE	U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	U.M.
Globale	EP _{gl}	105.3	kWh/mq anno	116	kWh/mq anno
Climatizzazione invernale	EP _H	63.7	kWh/mq anno	64.4	kWh/mq anno
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	7.25	kWh/mq anno	9	kWh/mq anno
Ventilazione	EP _v	[-]	kWh/mq anno	[-]	kWh/mq anno
Raffrescamento	EP _c	[-]	kWh/mq anno	[-]	kWh/mq anno
Illuminazione artificiale	EP _L	33.2	kWh/mq anno	41.2	kWh/mq anno
Trasporto di persone e cose	EP _T	1.1	kWh/mq anno	1.4	kWh/mq anno
Emissioni equivalenti di CO2	CO _{2eq}	19.9	Kg/mq anno	22	Kg/mq anno

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

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
	[Nm ³ /anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	17.761	185.372
	[kWh/anno]	[kWh/anno]
Energia Elettrica	76.338	148.859

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



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

Q_{teorico}	Q_{baseline}	Congruità
[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
176.544	168.129	4.77%

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

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

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

Q_{teorico}	Q_{baseline}	Congruità
[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
176.544	168.129	2,81%

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]	[%]
76.338	76.186	0.2%

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

6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

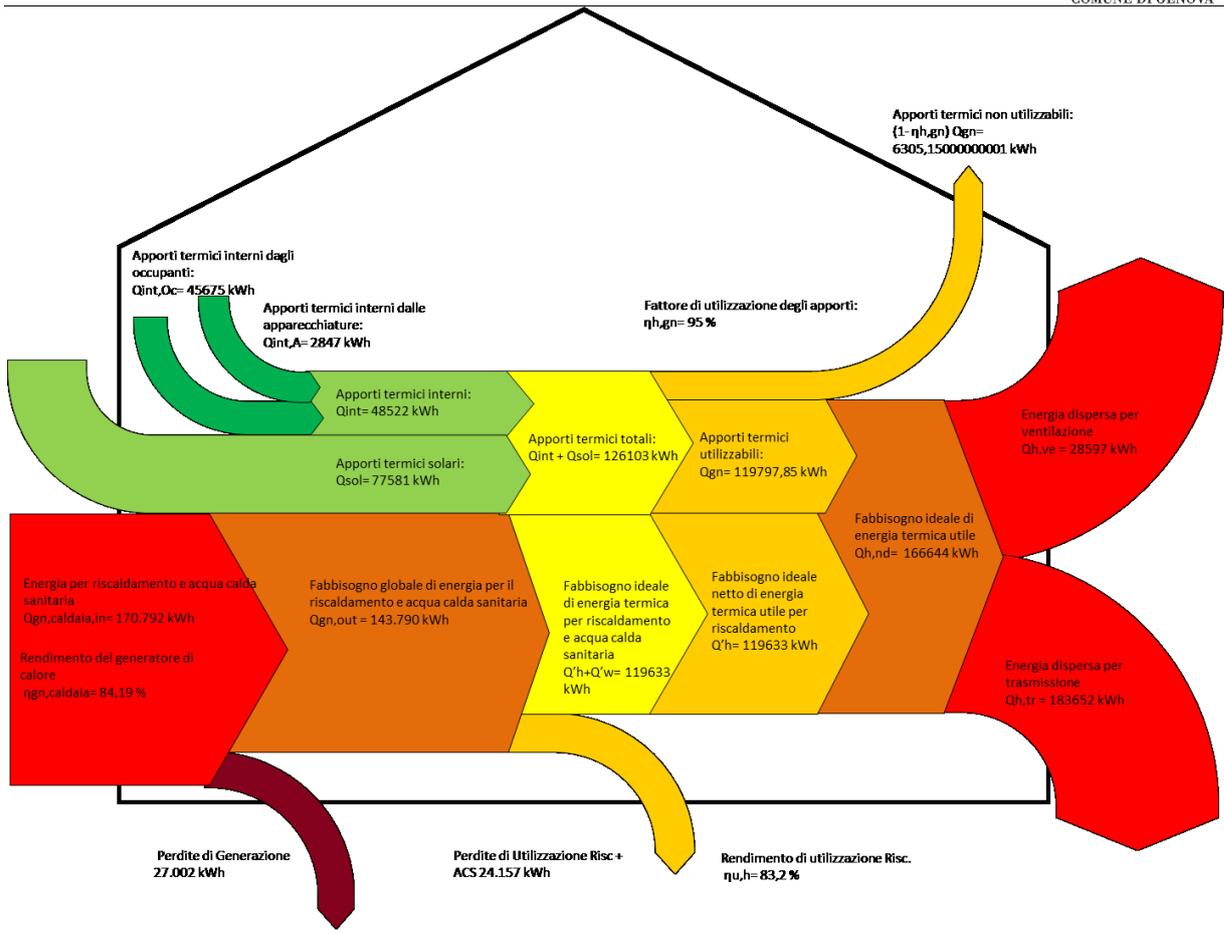
Al fine di valutare la prestazione energetica del sistema edificio-impianti si è reso necessario predisporre i risultati della modellazione energetica nella forma di un bilancio energetico che descriva l'andamento dei flussi energetici caratteristici dell'edificio in modo da valutare in maniera puntuale 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.

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

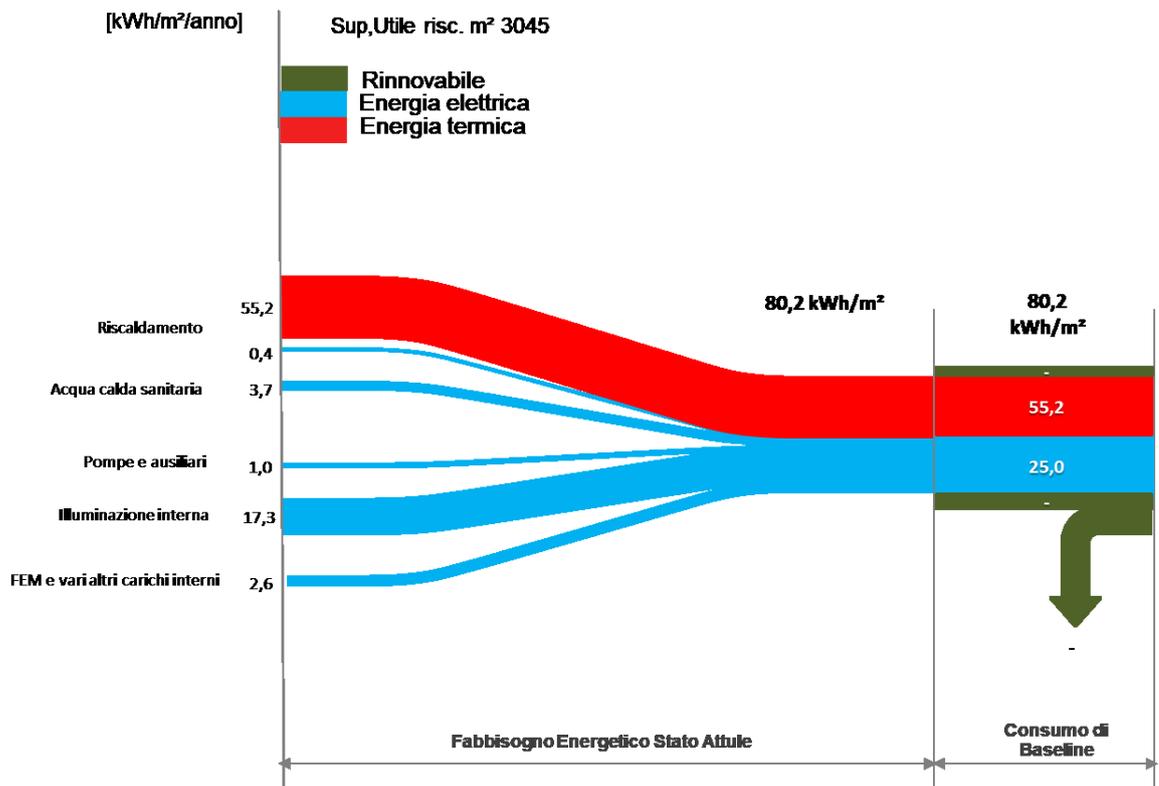
I risultati del bilancio energetico termico sono stati rappresentati nella forma di diagramma di Sankey riportato in Figura 6.1

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



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

Figura 6.2 – Bilancio energetico complessivo dell'edificio



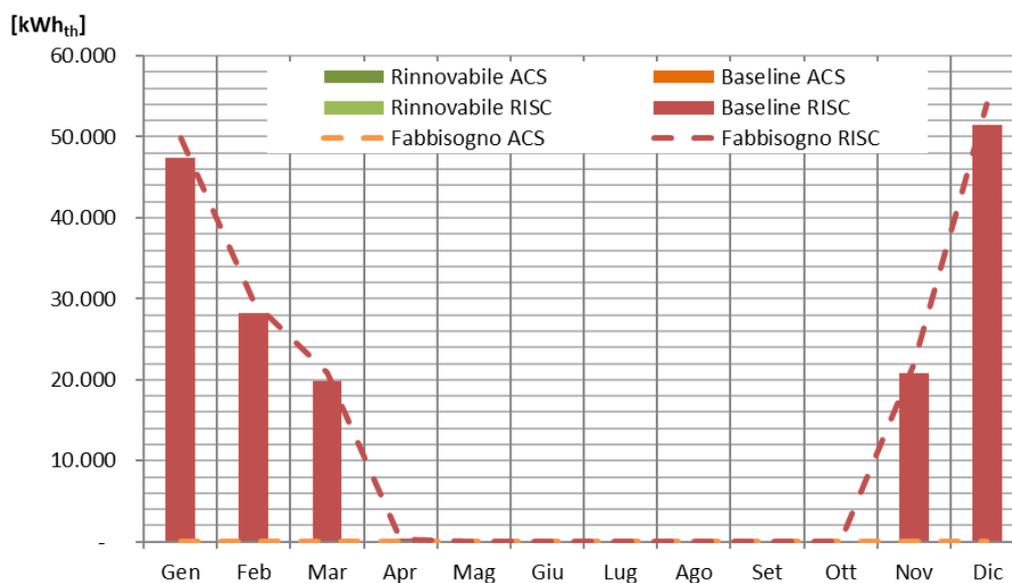


6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI

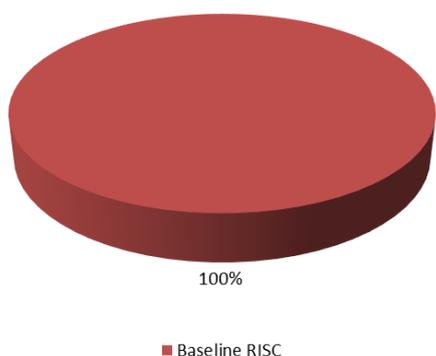
La creazione di un modello energetico consente di effettuare una più corretta ripartizione dei consumi energetici in funzione dei diversi utilizzi.

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

Figura 6.3 – Andamento mensile dei consumi termici ricavati dalla modellazione



Ripartizione consumi termici

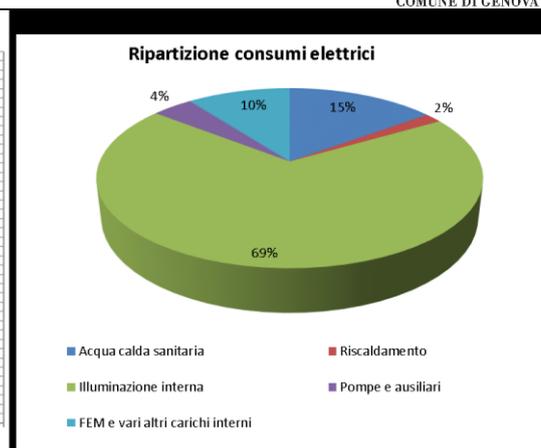
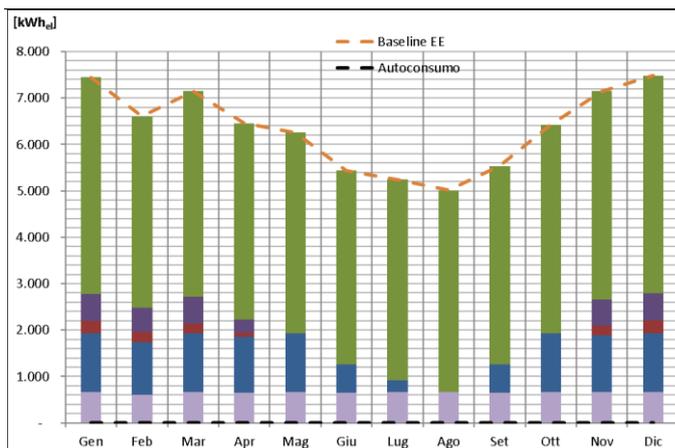


Si può notare come la maggior parte dei consumi termici sia da attribuirsi all'utilizzo per la climatizzazione dei locali, pertanto gli interventi migliorativi proposti andranno ad interessare principalmente i componenti di tale sistema.

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

La ripartizione dei fabbisogni energetici elettrici ricavati dalla modellazione è riportata in Figura 6.4

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



Si può notare come la maggior parte dei consumi sia da attribuirsi al servizio di illuminazione interna dell'edifici, pertanto gli interventi migliorativi proposti andranno ad interessare principalmente i componenti di tale sistema.



7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO

7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI

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

7.1.1 Vettore termico

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

- PDR 1 – 03270049630679: 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.

Nella tabella Tabella 7.1 si riporta l'andamento del costo del vettore termico nel triennio di riferimento, suddiviso nelle varie componenti.

Tabella 7.1 – Andamento del costo del vettore termico nel triennio di riferimento

PDR: 03270049630679	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWh]	[€/kWh]
Gennaio						3.278	40.000	0,082
Febbraio						2.830	34.527	0,082
Marzo						2.829	34.522	0,082
Aprile						399	4.866	0,082
Maggio						-	-	-
Giugno						-	-	-
Luglio						-	-	-
Agosto						-	-	-
Settembre						-	-	-
Ottobre						-	-	-
Novembre						1.743	21.262	0,082
Dicembre						2.285	27.882	0,082
Totale	-	-	-	-	-	13.363	163.060	0,082
PDR: 03270049630679	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWh]	[€/kWh]
Gennaio						2.652	32.490	0,082
Febbraio						3.614	44.274	0,082
Marzo						3.398	41.620	0,082
Aprile						669	8.192	0,082



COMUNE DI GENOVA

Maggio	-	-	-	-	-	-	-	-
Giugno	-	-	-	-	-	-	-	-
Luglio	-	-	-	-	-	-	-	-
Agosto	-	-	-	-	-	-	-	-
Settembre	-	-	-	-	-	-	-	-
Ottobre	-	-	-	-	-	-	-	-
Novembre						1.634	20.017	0,082
Dicembre						2.196	26.905	0,082
Totale	-	-	-	-	-	14.163	173.498	0,082
PDR: 03270049630679	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[kWh]	[€/kWh]
Gennaio						2.980	36.404	0,082
Febbraio						2.539	31.023	0,082
Marzo						2.977	36.375	0,082
Aprile						311	3.800	0,082
Maggio						-	-	-
Giugno						-	-	-
Luglio						-	-	-
Agosto						-	-	-
Settembre						-	-	-
Ottobre						-	-	-
Novembre						2.122	25.924	0,082
Dicembre						2.565	31.334	0,082
Totale	-	-	-	-	-	13.493	164.859	0,082

Per le forniture di gas metano gestite tramite il Contratto di Servizio Energia SIE3, non essendo disponibile la fatturazione, è stato considerato il costo unitario del vettore termico definito dal file gas-MTutela_Rev02, implementato sul file Grafici_Template.

Nel grafico in Figura 7.1 è riportato l'andamento del costo unitario del vettore termico nel triennio di riferimento e per le mensilità dell'anno 2017 per cui è stato possibile ricavare i costi unitari forniti dall'AEEGSI.

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

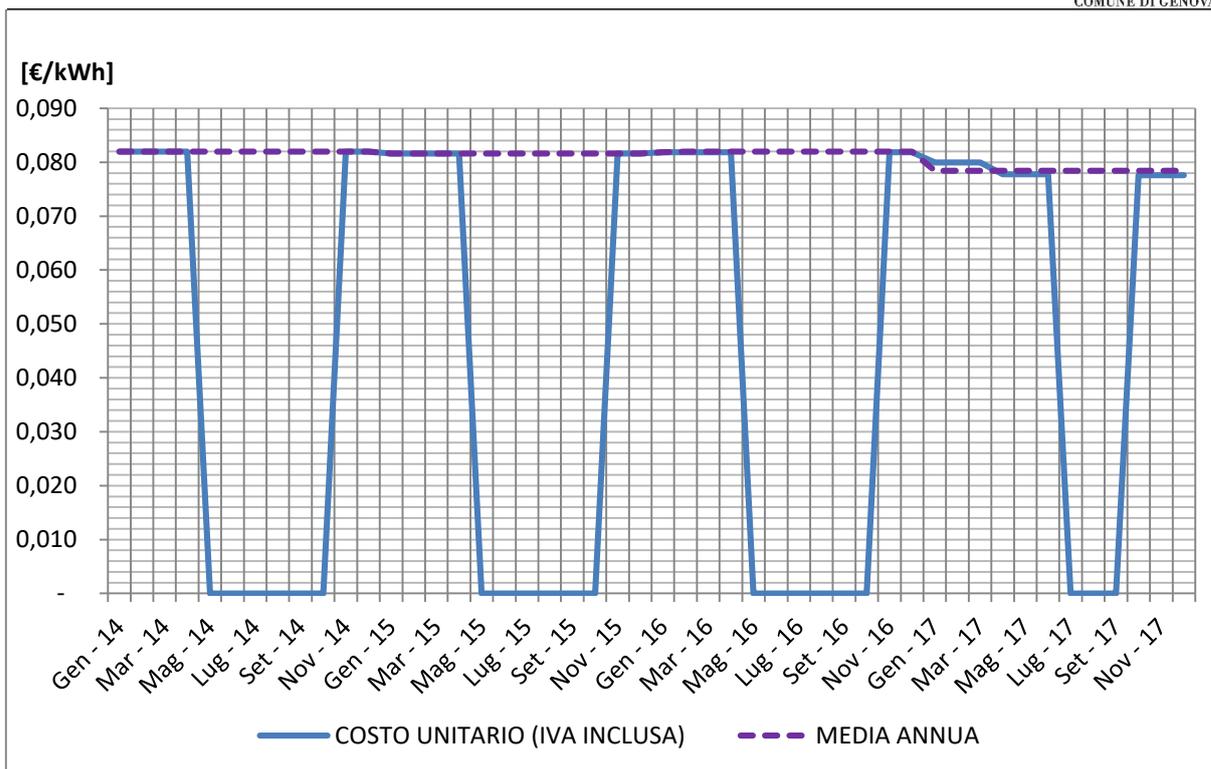
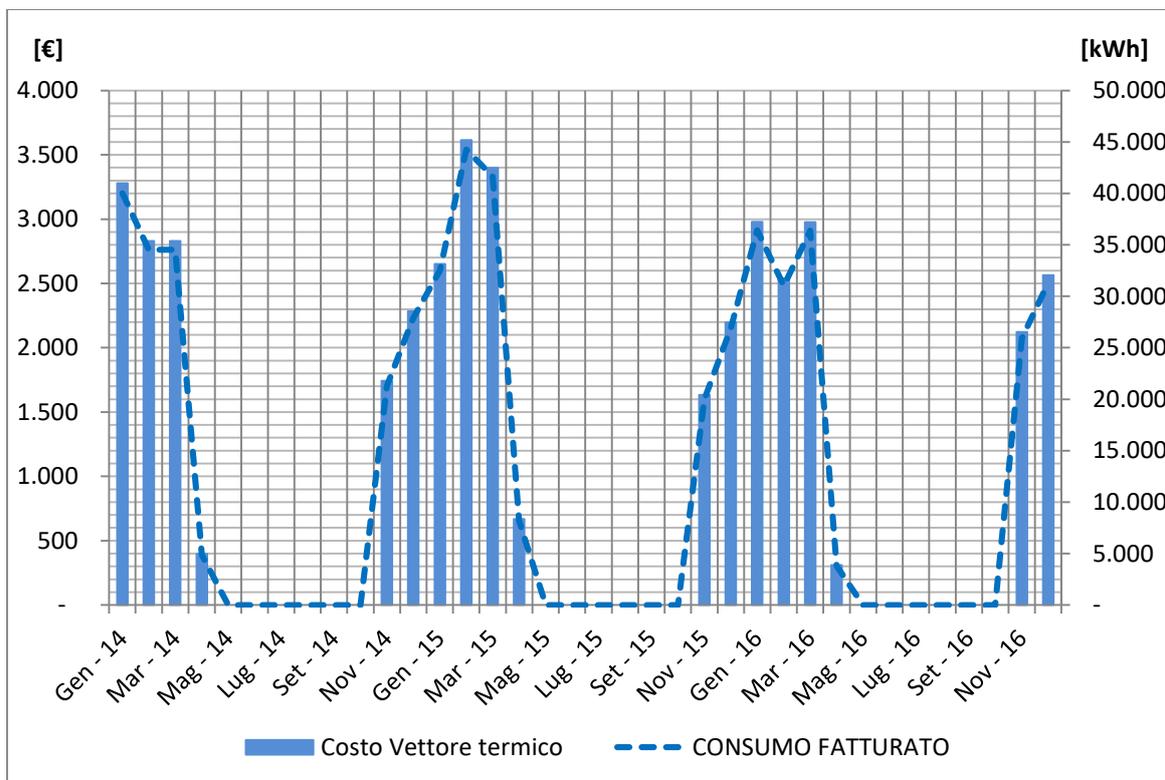


Figura 7.2 – Andamento del costo unitario del vettore termico per il triennio di riferimento e per il 2017



Dall'analisi effettuata risulta evidente che l'andamento dei costi è oscillante con picchi nei mesi della stagione di riscaldamento, essendo questa la componente dominante che ha come costo medio definito a monte così come indicato dalla stazione appaltante attraverso l'uso del foglio di calcolo fornito "gas-Mtutela_Rev02".



7.1.2 Vettore elettrico

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

- POD 1 – IT001E00096706: contratto di fornitura del vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. E' stato quindi possibile effettuare un'analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura.
- POD 2 – IT001E00096705: contratto di fornitura del vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. E' stato quindi possibile effettuare un'analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura.

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

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

POD: IT001E00096706	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura			
Dati di intestazione fattura	Via Apparizione n. 16 Genova (GE)	Via Apparizione n. 16 Genova (GE)	Via Apparizione n. 16 Genova (GE)
Società di fornitura	Edison	Gala	Iren
Inizio periodo fornitura	01/10/2013	01/04/2015	01/04/2016
Fine periodo fornitura	31/03/2015	31/03/2016	-
Potenza elettrica impegnata	18 kW	15 kW	15 kW
Potenza elettrica disponibile	18 kW	18 kW	18 kW
Tipologia di contratto	Forniture in BT (escluso IP)	380 V	BT, Allacciamento 380 V
Opzione tariffaria ⁽¹⁾	Trioraria	Trioraria	Trioraria
Prezzi del fornitura dell'energia elettrica ⁽²⁾	0,077	0,071	0,089

POD: IT001E00096705	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura			
Dati di intestazione fattura	Via Apparizione n. 1 Genova (GE)	Via Apparizione n. 16 Genova (GE)	Via Apparizione n. 16 Genova (GE)
Società di fornitura	Edison	Gala	Iren
Inizio periodo fornitura	01/10/2013	01/04/2015	01/04/2016
Fine periodo fornitura	31/03/2015	31/03/2016	-
Potenza elettrica impegnata	31 kW	27 kW	27 kW
Potenza elettrica disponibile	31 kW	31 kW	31 kW
Tipologia di contratto	Forniture in BT (escluso IP)	380 V	BT, Allacciamento 380 V
Opzione tariffaria ⁽¹⁵⁾	Trioraria	Trioraria	Trioraria
Prezzi del fornitura dell'energia elettrica ⁽¹⁶⁾	0,078	0,072	0,081

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.



Dalle informazioni riportate nelle tabelle si può desumere che per la fornitura dell'elettricità varia il gestore di anno in anno modificando a sua volta il prezzo tariffario medio.

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

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

POD: IT001E00096706	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURAT O	COSTO UNITARIO
Anno 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[kWh]	[€/kWh]
Gennaio	14	2	58	3	8	86	200	0,431
Febbraio	14	3	58	3	8	85	200	0,426
Marzo	14	3	58	3	8	85	200	0,425
Aprile	14	4	58	2	8	543	2.610	0,208
Maggio	14	3	58	3	8	86	200	0,432
Giugno						-	-	-
Luglio						-	-	-
Agosto	14	3	59	3	8	91	200	0,457
Settembre	14	3	59	3	8	92	107	0,863
Ottobre	74	14	94	12	19	243	1.509	0,161
Novembre	67	13	89	11	18	198	878	0,225
Dicembre	63	12	108	11	19	-25.565	-121.854	0,210
Totale	303	60	699	51	111	-24.055	-115.750	0,208
POD: IT001E00096706	VENDITA	DISPACCIA MENTO	RETE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURAT O	COSTO UNITARIO
Anno 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[kWh]	[€/kWh]
Gennaio	67	12	110	11	20	220	914	0,241
Febbraio	58	11	99	10	18	197	837	0,235
Marzo	59	12	105	11	19	206	881	0,233
Aprile	29	8	103	8	15	162	626	0,258
Maggio	25	7	99	7	14	153	583	0,262
Giugno	25	7	101	8	14	155	601	0,257
Luglio	29	-	80	7	12	128	563	0,228
Agosto	27	-	25	6	6	64	493	0,130
Settembre	7	-	15	2	2	27	151	0,177
Ottobre	22	7	106	8	14	156	610	0,256
Novembre	42	-	123	13	18	196	1.022	0,192
Dicembre	45	-	125	13	18	201	1.037	0,194
Totale	435	64	1.091	104	169	1.864	8.318	0,224
POD: IT001E00096706	VENDITA	DISPACCIA MENTO	RETE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURAT O	COSTO UNITARIO
Anno 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[kWh]	[€/kWh]
Gennaio	31	-	106	9	15	160	696	0,229
Febbraio	48	-	128	14	19	210	1.145	0,183
Marzo	40	-	104	13	16	173	1.053	0,164



Aprile								
Maggio	104	-	252	24	38	417	1.895	0,220
Giugno	38	-	101	8	15	162	632	0,256
Luglio	12	-	65	2	8	88	172	0,509
Agosto	13	-	68	3	8	92	207	0,445
Settembre	48	-	103	8	16	174	651	0,267
Ottobre	74	-	123	11	21	229	904	0,254
Novembre	88	-	129	12	23	251	977	0,257
Dicembre	76	-	122	11	21	231	893	0,258
Totale	571	-	1.302	115	199	2.186	9.225	0,237

POD: IT001E00096706	VENDITA	DISPACCIA MENTO	RETE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURAT O	COSTO UNITARIO
Anno 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[kWh]	[€/kWh]
Cong. Marzo 1	-4	-	-21	-1	-3	-29	-87	0,329
Cong. Marzo 2	55	-	-	-	6	61	-	-

POD: IT001E00096705	VENDITA	DISPACCIA MENTO	RETE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURAT O	COSTO UNITARIO
Anno 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[kWh]	[€/kWh]
Gennaio	125	21	196	22	36	401	1.753	0,229
Febbraio	126	23	196	22	37	403	1.754	0,230
Marzo	125	23	196	22	37	402	1.754	0,229
Aprile	124	31	200	22	38	413	1.031	0,401
Maggio	8.184	1.950	11.514	1.417	2.307	25.791	115.564	0,223
Giugno	104	24	148	18	29	1.626	7.410	0,219
Luglio						-	-	-
Agosto	76	17	168	13	27	302	1.052	0,287
Settembre	124	26	213	20	38	421	1.627	0,259
Ottobre	204	39	296	33	57	628	2.630	0,239
Novembre	203	39	300	33	58	633	2.679	0,236
Dicembre						-	-	-
Totale	9.395	2.192	13.428	1.623	2.664	31.021	137.254	0,226

POD: IT001E00096705	VENDITA	DISPACCIA MENTO	RETE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURAT O	COSTO UNITARIO
Anno 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[kWh]	[€/kWh]
Gennaio	400	77	602	36	147	1.262	5.500	0,230
Febbraio	181	35	289	66	54	624	2.642	0,236
Marzo	-7.832	-1.880	-11.011	-1.355	-2.208	-24.284	-108.363	0,224
Aprile	51	13	119	13	20	216	1.078	0,200
Maggio	85	24	183	24	32	347	1.908	0,182
Giugno	82	24	183	24	31	344	1.914	0,180
Luglio	76	-	202	18	30	325	1.439	0,226
Agosto	93	-	275	22	39	429	1.742	0,246
Settembre	21	-	123	6	15	165	457	0,362



Ottobre	65	20	183	22	29	319	1.773	0,180
Novembre	115	-	318	35	47	515	2.787	0,185
Dicembre	133	-	338	38	51	560	3.026	0,185
Totale	-6.530	-1.687	-8.196	-1.051	-1.714	-19.178	-84.097	0,228
POD: IT001E00096705	VENDITA	DISPACCIA MENTO	RETE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURAT O	COSTO UNITARIO
Anno 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWh]	[€/kWh]
Gennaio	89	-	187	25	30	331	1.983	0,167
Febbraio	129	-	290	38	46	503	3.029	0,166
Marzo	89	-	187	25	30	331	3.143	0,105
Aprile								-
Maggio	312	-	604	71	99	1.086	5.701	0,191
Giugno	95	-	206	20	32	353	1.610	0,219
Luglio	91	-	181	16	29	317	1.286	0,246
Agosto	79	-	178	16	27	300	1.245	0,241
Settembre	137	-	228	24	39	424	1.896	0,224
Ottobre	233	-	307	36	58	634	2.890	0,219
Novembre	270	-	318	38	62	684	3.028	0,226
Dicembre	204	-	270	30	50	554	2.408	0,230
Totale	1.726	-	2.959	338	502	5.517	28.219	0,195

POD: IT001E00096705	VENDITA	DISPACCIA MENTO	RETE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURAT O	COSTO UNITARIO
Anno 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWh]	[€/kWh]
Cong. Marzo	144	-	-	-	14	158	-	-
Cong. Febbraio	89	-	187	25	30	331	226	1,462

Nel

grafico

in



Figura 7.3 – Andamento del costo unitario del vettore elettrico per il triennio di riferimento e per il 2017

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'AEESI.



Figura 7.3 – Andamento del costo unitario del vettore elettrico per il triennio di riferimento e per il 2017

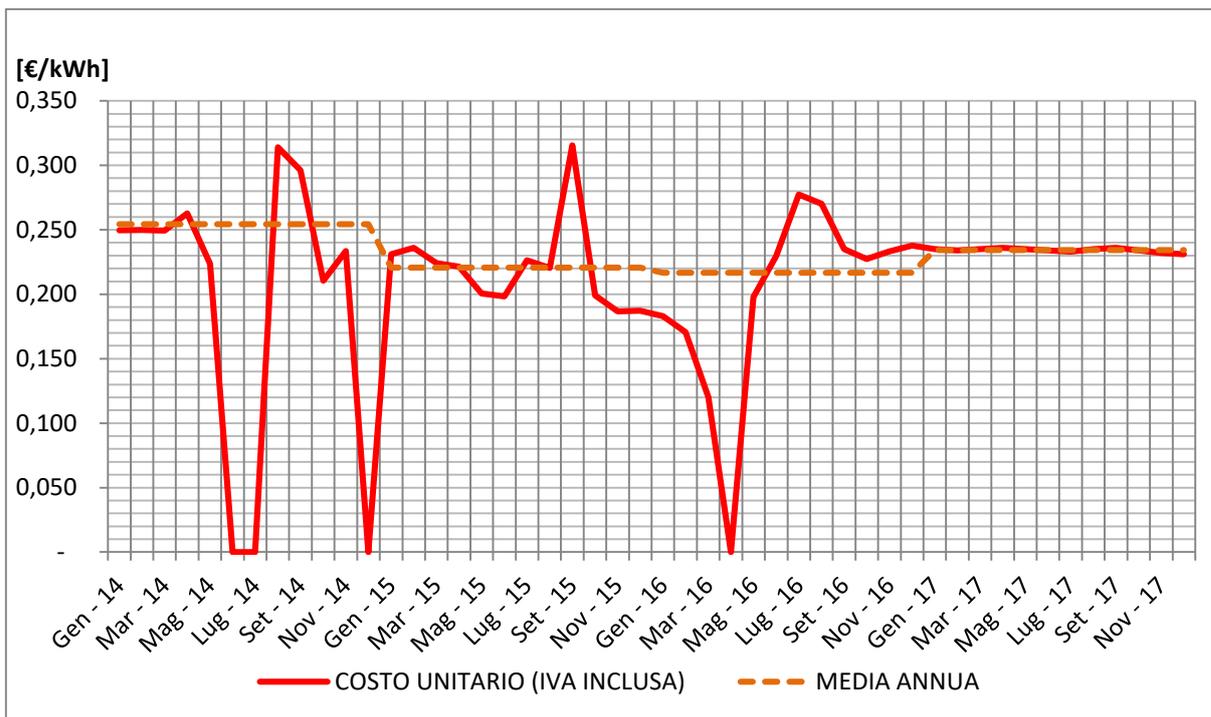
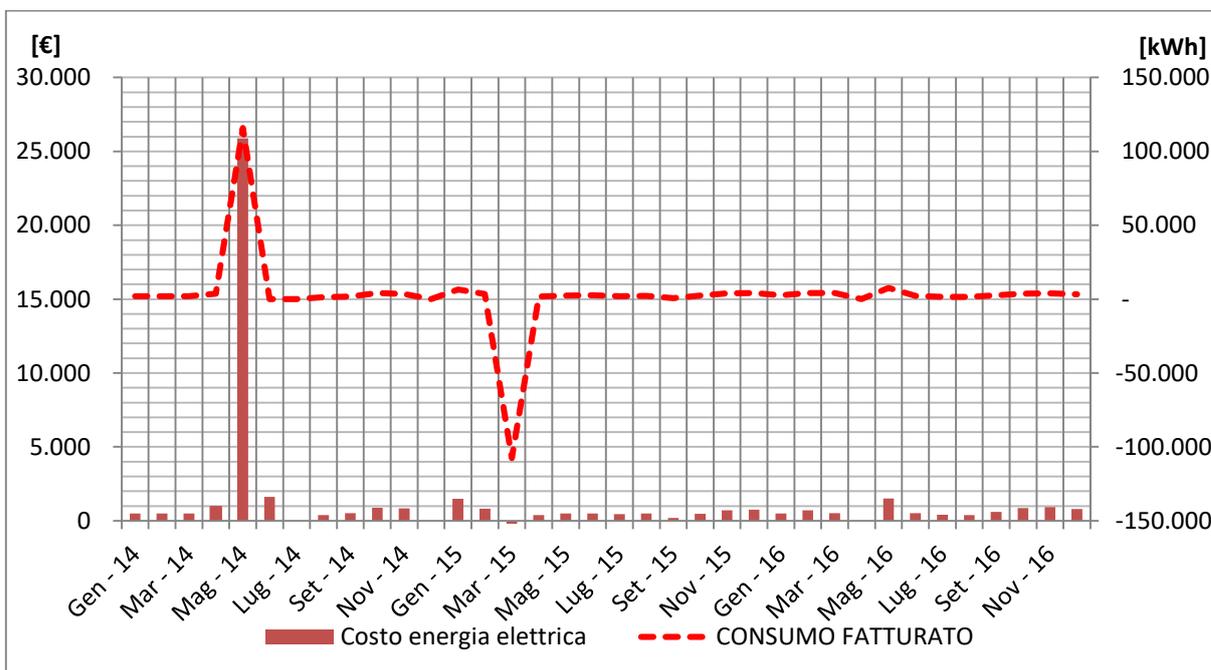


Figura 7.4 – Andamento dei consumi e dei costi dell'energia elettrica



Dall'analisi effettuata risulta evidente che l'andamento dei costi segue la tendenza dei consumi fatturati "anomali" degli anni 2014 e 2015 così come spiegato nel capitolo 5 di questa diagnosi. Infatti un consumo anomalo dovuto probabilmente ad un errore sul rilievo dei consumi si ripercuote anche nella valutazione economica.



7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI

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

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

Tabella 7.4 - Sintesi dei consumi nel triennio di riferimento

ANNO	VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			TOTALE
	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[€]
2014	163.060	13.363	0,082	21.504	6.966	0,32	20.330
2015	173.498	14.163	0,082	- 75.779	- 17.314	0,23	- 3.151
2016	164.859	13.493	0,082	37.444	7.703	0,21	21.196
2017			0,079			0,211	
Media	169.178	13.828	0,082	- 5.610	- 882	0,25	12.792

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

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo unitario dell'energia termica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	C _{UQ}	0,079 [€/kWh]
Costo unitario dell'energia elettrica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	C _{UEE}	0,211 [€/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:

- L1-042-163: servizio SIE3

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

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

Nel caso di impianti oggetto di contratto di sola conduzione e manutenzione il costo della manutenzione ordinaria C_{MO} è stato assunto pari al valore del contratto (C_{SIE3}) come fornito all'interno del file kyotoBaseline-E250.



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

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

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

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

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

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

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo per la gestione e manutenzione ordinaria	Corrispettivo annuale relativo al contratto O&M in essere	C_{MO}	10.475 [€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Media relativa a gli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici	C_{MS}	2.784 [€/anno]

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

Tali servizi prevedono il pagamento di un canone annuale da parte della PA pari a 13.259 € per la sola manutenzione e 26.528 € con la quota energia.

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:

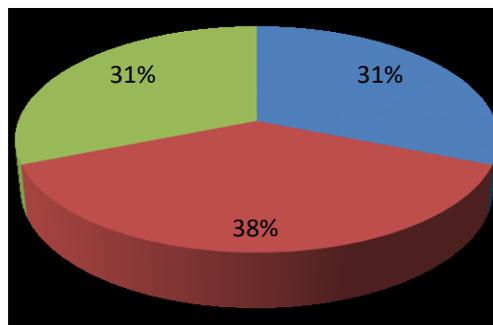
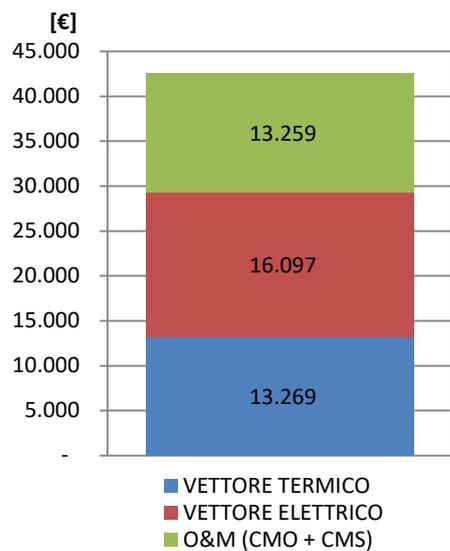
$$C_{baseline} = C_E + C_{MO} + C_{MS}$$

Ne risulta quindi un C_E pari a 29.366 € e un $C_{baseline}$ pari a 42.625€



Figura 7.5 – Confronto tra i costi medi e di baseline

Figura 7.6 – Ripartizione costi di baseline



8 IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA

8.1 DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI

8.1.1 Involucro edilizio

EEM1: Coibentazione copertura piana della scuola con polistirene XPS ad alta densità e getto di completamento sp=16cm+5cm

Generalità

La misura prevede di coibentare le coperture piane della scuola con polistirene XPS ad elevata densità (sp=16cm) e getto di completamento (sp=4cm). La finitura superficiale dell'estradosso sarà con guaina impermeabilizzante.

L'efficientamento della copertura consente di ridurre le dispersioni dell'involucro opaco senza compromettere la struttura prefabbricata dell'edificio.

Figura 8.1 - Particolare della copertura



Caratteristiche funzionali e tecniche

L'orizzontamento a seguito dei lavori di riqualificazione risulterà maggiormente efficiente sotto l'aspetto energetico, la tipologia di lavori non crea particolari interferenze con le attività svolte all'interno.

Descrizione dei lavori

L'intervento consiste nella fornitura e posa di pannelli in XPS ad alta densità tipo "Styrodur" dello spessore di 16 cm. La posa dell'isolante potrà avvenire direttamente al di sopra del manto impermeabilizzante già esistente, al di sopra dello strato isolante verrà poi realizzato un getto di pendenza in cls su cui verrà realizzato il nuovo manto impermeabilizzante.

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

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

Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM1 – Coibentazione coperture piane

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM1 Trasmittanza termica	[W/m ² K]	0,604	0,169	72,0%
Q _{teorico}	[kWh]	170.792	157.291	7,9%
EE _{teorico}	[kWh]	76.328	76.328	0,0%
Q _{baseline}	[kWh]	168.129	154.838	7,9%
EE _{Baseline}	[kWh]	76.186	76.186	0,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	33.962	31.277	7,9%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	35.579	35.579	0,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	69.541	66.856	3,9%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	13.269	12.220	7,9%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	16.097	16.097	0,0%

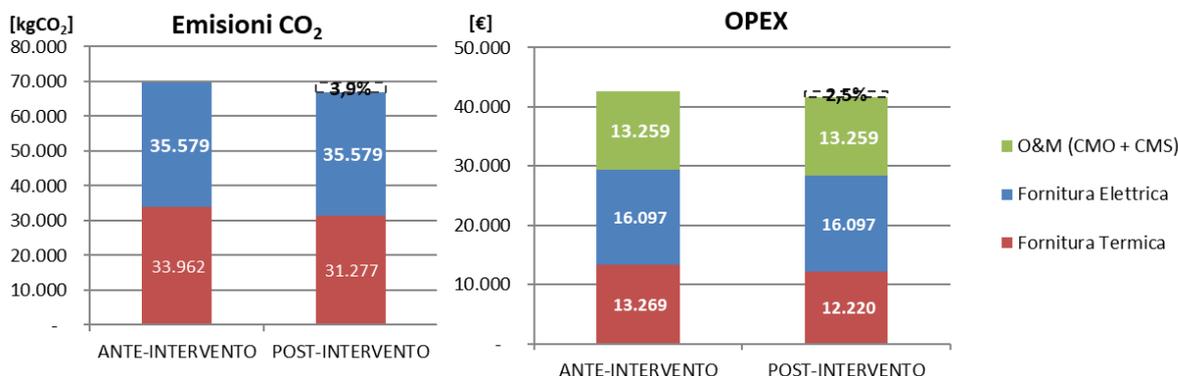


Fornitura Energia, C _e	[€]	29.366	28.317	3,6%
C _{MO}	[€]	10.475	10.475	0,0%
C _{MS}	[€]	2.784	2.784	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	13.259	13.259	0,0%
OPEX	[€]	42.625	41.576	2,5%
Classe energetica	[-]	E	D	+1 classe

Nota (17) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico gas naturale e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico – elettricità.

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,079 [€/kWh] per il vettore termico gas naturale e 0,211 [€/kWh] per il vettore elettrico – elettricità IVA inclusa.

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



8.1.2 Impianto riscaldamento

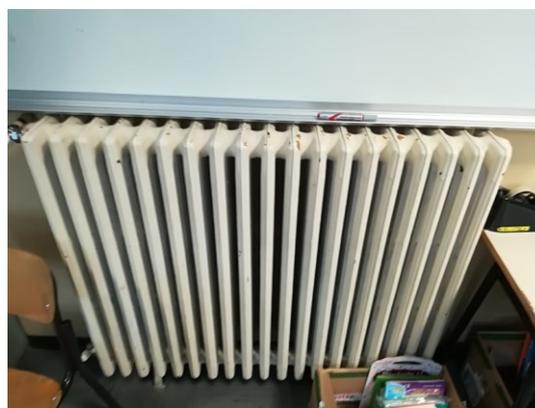
EEM2: Termoregolazione

Generalità

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

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

Figura 8.3 - Particolare della radiatore



Caratteristiche funzionali e tecniche

Il sistema di termoregolazione è composto di tre parti:

- Valvola termostatica: che regola la portata del fluido in entrata nei radiatori,
- Testina: con la sua regolazione consente di gestire la temperatura ambiente,



- Detentore: cordolo che chiude il circuito del fluido del termosifone.

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

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

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

Descrizione dei lavori

Si prevede l'installazione di n°59 unità, una per ciascun radiatore presente nei diversi locali dell'edificio.

Prestazioni raggiungibili

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

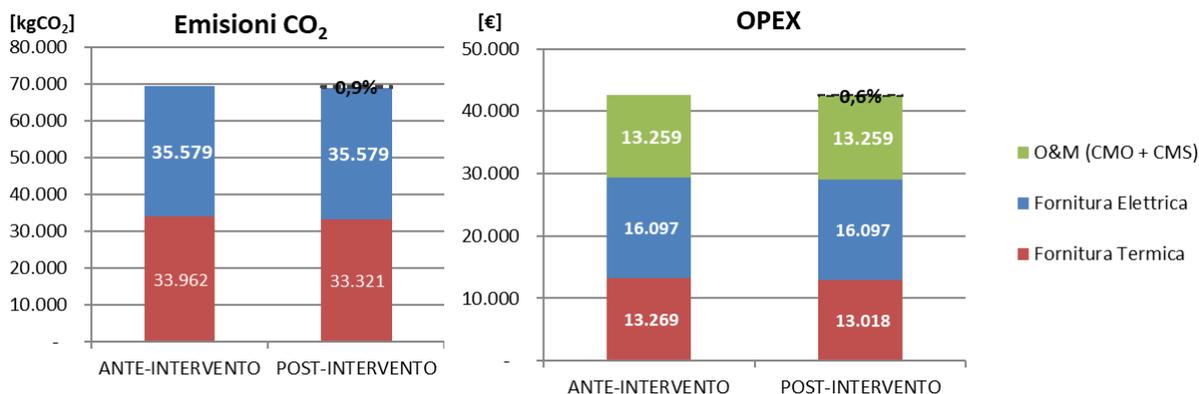
Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM3 – Termoregolazione

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM2 Efficienza sottosistema di regolazione	[%]	96,30%	98%	-2,1%
Q _{teorico}	[kWh]	170.792	167.569	1,9%
EE _{teorico}	[kWh]	76.328	76.328	0,0%
Q _{baseline}	[kWh]	168.129	164.956	1,9%
EE _{Baseline}	[kWh]	76.186	76.186	0,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	33.962	33.321	1,9%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	35.579	35.579	0,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	69.541	68.900	0,9%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	13.269	13.018	1,9%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	16.097	16.097	0,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	29.366	29.115	0,9%
C _{MO}	[€]	10.475	10.475	0,0%
C _{MS}	[€]	2.784	2.784	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	13.259	13.259	0,0%
OPEX	[€]	42.625	42.374	0,6%
Classe energetica	[-]	E	D	+1 classe

Nota (17) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico gas naturale e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico – elettricità.

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,079 [€/kWh] per il vettore termico gas naturale e 0,211 [€/kWh] per il vettore elettrico – elettricità IVA inclusa.

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



8.1.3 Impianto produzione acqua calda sanitaria

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

8.1.4 Impianto di illuminazione ed impianto elettrico

EEM3: Efficiamento impianto di illuminazione mediante trasformazione a LED

Generalità

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

Caratteristiche funzionali e tecniche

L'attuale sistema di illuminazione è costituito da tubi al neon con potenza variabile tra i 18 ed i 36 W. Si propone di efficientare tale sistema mediante l'installazione di lampade tubolari a LED in tutti i locali della struttura.

Le nuove lampade a LED, di potenza variabile tra i 13 ed i 22 W garantiscono prestazioni ed efficienza più elevate, oltre che una migliore qualità del livello di illuminamento.

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

Descrizione dei lavori

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

Figura 8.4 - Particolare di una lampada fluorescente attualmente installata





Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM3 sono riportati nella Figura 8.2 e nella Figura 8.5

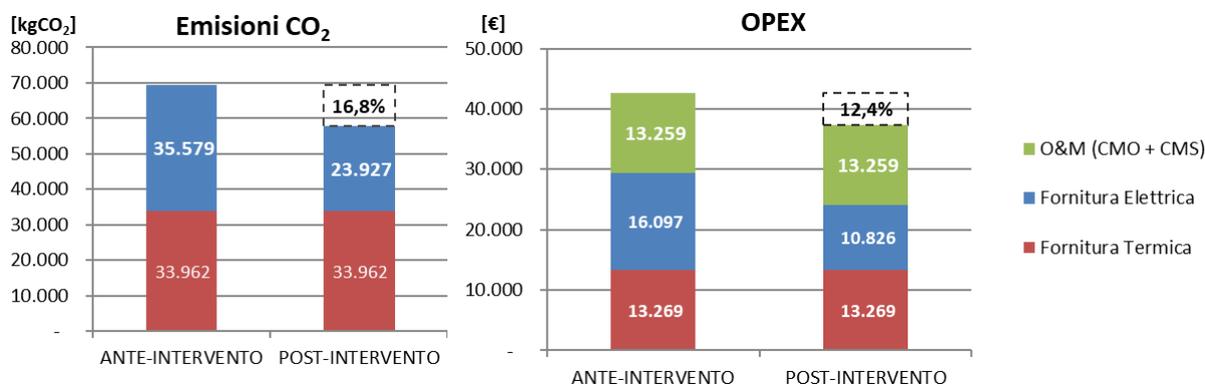
Tabella 8.3 – Risultati analisi EEM3 – Installazione Impianto Illuminazione LED

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM3	[%]			
$Q_{teorico}$	[kWh]	170.792	170.792	0,0%
$EE_{teorico}$	[kWh]	76.328	51.332	32,7%
$Q_{baseline}$	[kWh]	168.129	168.129	0,0%
$EE_{baseline}$	[kWh]	76.186	51.237	32,7%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	33.962	33.962	0,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	35.579	23.927	32,7%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	69.541	57.890	16,8%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	13.269	13.269	0,0%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	16.097	10.826	32,7%
Fornitura Energia, C_E	[€]	29.366	24.094	18,0%
C_{MO}	[€]	10.475	10.475	0,0%
C_{MS}	[€]	2.784	2.784	0,0%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	13.259	13.259	0,0%
OPEX	[€]	42.625	37.353	12,4%
Classe energetica	[-]	E	E	+0 classi

Nota (17) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico gas naturale e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico – elettricità.

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,079 [€/kWh] per il vettore termico gas naturale e 0,211 [€/kWh] per il vettore elettrico – elettricità IVA inclusa.

Figura 8.5– EEM3: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



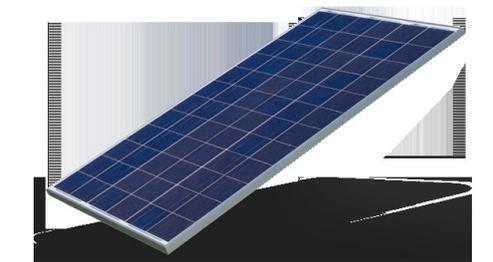
8.1.5 Impianto di generazione da fonti rinnovabili

Generalità

La misura prevede l'installazione di moduli fotovoltaici sulla copertura dell'edificio. Si è tenuto conto dell'esposizione e dell'effettiva superficie utile disponibile al netto delle ombre dei corpi (alberi o strutture murali) disposti in prossimità.

Tale intervento è stato ipotizzato per lo scenario a 25 anni.

Figura 8.6 – Esempio di un modulo fotovoltaico



Caratteristiche funzionali e tecniche

Il dimensionamento e l'installazione dell'impianto fotovoltaico consente di coprire i consumi elettrici dell'edificio. Come si è visto l'assorbimento maggiore è nelle ore diurne, momento in cui è possibile ottenere anche la massima produzione (unica variabile sarebbe poi l'aspetto climatico). La potenza disponibile è stata ipotizzata secondo alcune caratteristiche al contorno quali l'orientamento, l'inclinazione dei pannelli e le superfici disponibili. La massima potenza nominale si ottiene con un'esposizione diretta del pannello al Sole, con un irraggiamento nominale di 1000 Watt/metro quadro, 25°C di temperatura, posizione perpendicolare ai raggi del sole, e assenza di ombreggiamenti. Nella realtà i pannelli producono energia anche in condizioni di luce indiretta e con irraggiamento inferiore, ma in misura molto minore.

Nell'edificio in questione si è ipotizzato di installare un impianto fotovoltaico di 18 kWp.

Descrizione dei lavori

La posa comprende un modulo fotovoltaico a struttura rigida in silicio monocristallino/policristallino comprensivo dei sostegni alla struttura del tetto. Ad esso sono associati un inverter bidirezionale, filtri e controllore di isolamento ed un quadro di controllo.

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM4 sono riportati nella Tabella 8.4. L'origine riferimento non è stata trovata e nella Figura 8.2.

Tabella 8.4 – Risultati analisi EEM4 – Installazione impianto fotovoltaico 18 kWp scenario 25 anni

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM4	[%]			
Q _{teorico}	[kWh]	170.792	170.792	0,0%
EE _{teorico}	[kWh]	76.328	46.401	39,2%
Q _{baseline}	[kWh]	168.129	168.129	0,0%
EE _{baseline}	[kWh]	76.186	46.315	39,2%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	33.962	33.962	0,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	35.579	21.629	39,2%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	69.541	55.591	20,1%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	13.269	13.269	0,0%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	16.097	9.786	39,2%
Fornitura Energia, C_E	[€]	29.366	23.054	21,5%
C _{MO}	[€]	10.475	10.475	0,0%

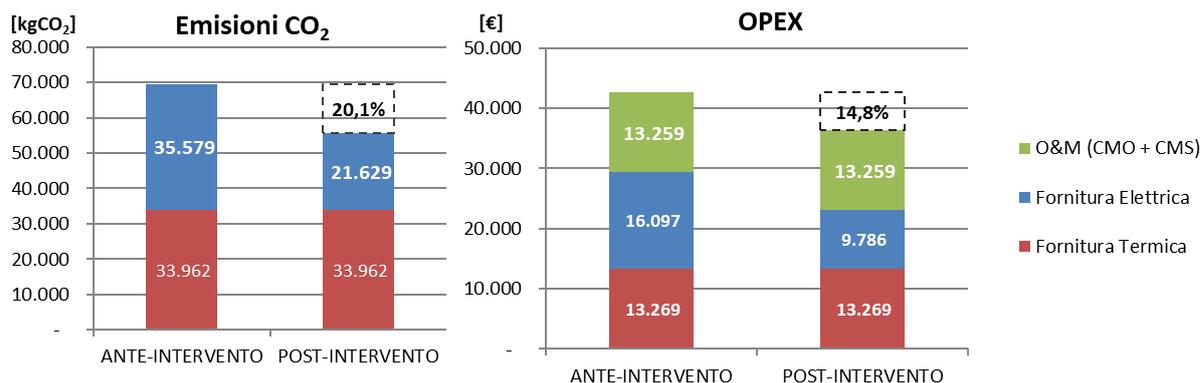


C _{MS}	[€]	2.784	2.784	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	13.259	13.259	0,0%
OPEX	[€]	42.625	36.313	14,8%
Classe energetica	[-]	E	E	+1 classe

Nota (17) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico gas naturale e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico – elettricità.

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,079 [€/kWh] per il vettore termico gas naturale e 0,211 [€/kWh] per il vettore elettrico – elettricità IVA inclusa.

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





9 VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA

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

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

9.1 ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

EEM1: Coibentazione copertura piana

Nella Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 1, che consiste nella realizzazione della coibentazione delle coperture piane con polistirene estruso XPS e gatto di completamento con impermeabilizzazione finale (sp=16+5cm).

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati come di seguito descritto:

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

Tabella 9.1 – Analisi dei costi della EEM1: Coibentazione copertura piana

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO SCONTATO DEL 10%	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ²]	[€]	[€]	[€]
Pannelli in polistirene espanso estruso (XPS) con o senza pelle, resistenza a compressione pari a 300 kpa (secondo la norma UNI EN 13164), euroclasse E di resistenza al fuoco, marchiatura CE, lambda pari a 0,038 W/mK. Per isolamento termico interno ed esterno spessore 160 mm	Prezzario Regione Piemonte	1268,82	m2	€ 24,91	€ 31.605,15	22%	€ 38.558,29
solo posa di isolamento termico-acustico su superfici orizzontali eseguito in rotoli di materiale isolante di qualsiasi spessore posti in opera mediante fissaggio con chiodi di materiale plastico con giunti convenientemente fissati accostati e nastrati con nastro adesivo plastificato	Prezzario Regione Liguria	1268,82	m2	€ 4,34	€ 5.502,06	22%	€ 6.712,52
massetto semplice o armato per formazione di pendenze su coperture piane o simili costituito da impasto cementizio dosato a 300 kg di cemento 32.5R dello spessore medio di 5 cm	Prezzario Regione Liguria	1268,82	m2	€ 12,75	€ 16.183,22	22%	€ 19.743,53
solo posa in opera di membrane bituminose semplici, autoprotette, mediante rinvenimento a fiamma su superfici pianeggianti o con pendenza fino a 30 gradi di inclinazione	Prezzario Regione Liguria	1268,82	m2	€ 7,01	€ 8.893,27	22%	€ 10.849,80



Membrana elastoplastomerica armata con lamina di alluminio minima 60 micron accoppiata a feltro di vetro rinforzato e stabilizzato imputrscibile . Spessore 3 mm	Prezzario Regione Liguria	1268,82	m2	€ 3,44	€ 4.360,13	22%	€ 5.319,35
Ponteggiature "di facciata", in elementi metallici prefabbricati e/o "giunto-tubo", compreso il montaggio e lo smontaggio finale, i piani di lavoro, idonea segnaletica, impianto di messa a terra, compresi gli eventuali oneri di progettazione, escluso: mantovane, illuminazione notturna e reti di protezione - Montaggio, smontaggio e noleggio per il primo mese di utilizzo.	Prezzario Regione Liguria	96	m2	€ 12,98	€ 1.246,25	22%	€ 1.520,43
Costi per la sicurezza	-	3%	%		€ 1.996,32	22%	€ 2.435,50
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%		€ 4.658,07	22%	€ 5.682,84
TOTALE (I₀ – EEM1)					€ 74.444	22%	€ 90.822
Incentivi	[Conto termico]						€ 36.328,91
Durata incentivi							5
Incentivo annuo							€ 7.265,78

EEM2: Termoregolazione

Nella Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 2, è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 3, si ipotizza di realizzare un sistema di termoregolazione all'interno e per tutto l'edificio.

Tale intervento, se considerato da solo, non consente l'ottenimento di nessun incentivo del Conto Termico.

Tabella 9.2– Analisi dei costi della EEM2: Installazione impianto di termoregolazione

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO SCONTATO DEL 10%	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ²]	[€]	[€]	[€]
Valvole micrometriche a squadra complete di testa termostatica con elemento sensibile a gas: Ø 20 mm	Prezzario Regione Liguria	59	cad	€ 37,61	€ 2.218,94	22%	€ 2.707,10
Detentori in bronzo per tubi del diametro di: 20 mm a squadra	Prezzario Regione Liguria	59	cad	€ 9,20	€ 542,80	22%	€ 662,22
Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezzario Regione Liguria	39	h	€ 28,98	€ 1.139,95	22%	€ 1.390,74
Costi per la sicurezza	-	3%	%		€ 117,05	22%	€ 142,80
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%		€ 273,12	22%	€ 333,20
TOTALE (I₀ – EEM2)					€ 4.292	22%	€ 5.236
Incentivi	[Conto termico]						0
Durata incentivi							0
Incentivo annuo							0

EEM3: Efficientamento impianto di illuminazione mediante trasformazione a LED

Nella Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 3, si ipotizza di sostituire i corpi illuminanti (lampade e plafoniere) di tutti gli elementi dell'edificio.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati come di seguito descritto:



La tabella 5 delle regole applicative del D.M. 16 febbraio 2016 prevedono che gli incentivi per tale intervento siano il 40% della spesa ammissibile con un costo massimo ammissibile di 35 €/m² e di un valore massimo dell'incentivo non superiore ai 70.000 €. Nella **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** sono riportati i risultati della quantificazione dell'incentivo al 40%.

Tabella 9.3– Analisi dei costi della EEM3: Installazione impianto di illuminazione LED

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO SCONTATO DEL 10% [€/n° o €/m ²]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
Rimozione e smaltimento di corpo illuminante	Milano	1327	cad	€ 5,21	€ 6.912,46	22%	€ 8.433,21
Plafoniera a tenuta stagna per installazione diretta a parete o a soffitto - monolampada led 4000K 2800 lm potenza 13 W - lunghezza 690 mm	Milano	1298	cad	€ 89,96	€ 116.772,80	22%	€ 142.462,82
Lampade lineari a LED non dimmerabili 9 - 10W con durata >= 40000 h	Prezzario Regione Piemonte	1298	cad	€ 26,10	€ 33.877,80	22%	€ 41.330,92
Plafoniera a tenuta stagna per installazione diretta a parete o a soffitto - monolampada led 4000K 2800 lm potenza 22 W - lunghezza 1300 mm	Milano	29	cad	€ 111,92	€ 3.245,63	22%	€ 3.959,67
Lampade lineari a LED non dimmerabili 19-20W con durata >= 40000 h	Prezzario Regione Piemonte	29	cad	€ 39,12	€ 1.134,43	22%	€ 1.384,00
Costi per la sicurezza	-	3%	%		€ 4.858,29	22%	€ 5.927,12
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%		€ 11.336,02	22%	€ 13.829,94
TOTALE (I₀ – EEM3)					€ 54.452	22%	€ 217.328
Incentivi	[Conto termico]						€ 42.626,92
Durata incentivi							5
Incentivo annuo							€ 8.525,38

EEM4: Installazione impianto fotovoltaico

Nella Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 4, si ipotizza di realizzare una sostituzione del generatore esistente e tradizionale con una caldaia a condensazione più efficiente.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati come di seguito descritto:

La tabella 8 delle regole applicative del D.M. 16 febbraio 2016 prevedono che gli incentivi per tale intervento siano il 40% della spesa ammissibile con un costo massimo ammissibile di 130 €/kWt e di un valore massimo dell'incentivo non superiore ai 40.000 €. Nel caso in cui vengano previsti oltre all'isolamento termico delle superfici opache di tipologia 1.A la percentuale incentivata della spesa ammissibile è pari al 55%. Nella tabella 9.4 sono riportati i risultati della quantificazione dell'incentivo al 40%.

Tabella 9.4 – Analisi dei costi della EEM4: Installazione impianto fotovoltaico

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO SCONTATO DEL 10% [€/n° o €/m ²]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
Fornitura e posa di impianto fotovoltaico costituito da: 1. Modulo fotovoltaico a struttura rigida in silicio monocristallino/policristallino	Prezzario Regione Lombardia	18	kWp	€ 2.466,80	€ 44.402,40	22%	€ 54.170,93



(compreso: sostegno e struttura per qualsiasi tipo di tetto in materiale anticorrosivo inossidabile; cablaggi, condutture, connettori e scatole IP 65, diodi di bypass, involucro in classe II con struttura sandwich e telaio anodizzato).
 2. Inverter bidirezionale, filtri e controllore di isolamento.
 3. Quadro di parallelo inverter.
 4. Oneri relativi a tutte le pratiche documentali e fiscali necessarie.
 5. Dichiarazioni di conformità, garanzie, manuale.
 Sono comprese nel prezzo le assistenze murarie
 Con potenza complessiva per singolo impianto: da 7 fino a 20 kWp

Costi per la sicurezza	-	3%	%	€ 1.332,07	22%	€ 1.625,13
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%	€ 3.108,17	22%	€ 3.791,96
TOTALE (I₀ – EEM4)				€ 48.843	22%	€ 59.588
Incentivi		[Conto termico]				0
Durata incentivi						0
Incentivo annuo						0

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: Coibentazione delle coperture piane

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



Tabella 9.5 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM1– Coibentazione coperture piane

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE	
Investimento Iniziale	I_0	€	90.822
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	30
Incentivo annuo	B	€/anno	7.266
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	60,5	33,9
Tempo di rientro attualizzato	TRA	87,3	43,5
Valore attuale netto	VAN	- 61.405	- 29.059
Tasso interno di rendimento	TIR	-5,1%	-1,5%
Indice di profitto	IP	-0,68	-0,32

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

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

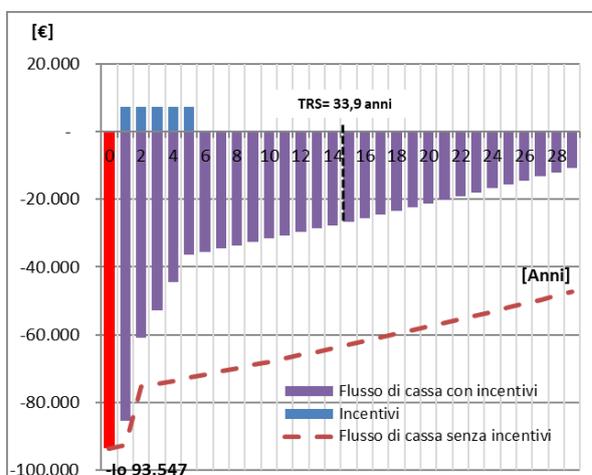
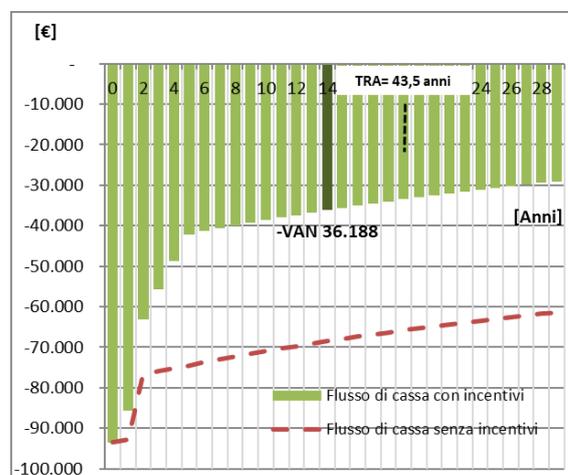


Figura 9.2 – EEM1: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento di coibentazione delle coperture piane ha un TRS di 33,9 anni considerando di ottenere l’incentivo previsto dal Conto Termico pari al 40% dei costi, questo intervento può essere preso in considerazione esclusivamente sul lungo periodo. Nel caso in cui non vi fossero incentivi a disposizione il tempo di ritorno risulta pari a TRS è di 60,5 anni.

EEM2: Termoregolazione

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

Tabella 9.6 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM2– Installazione impianto di termoregolazione

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE	
Investimento Iniziale	I_0	€	5.236



COMUNE DI GENOVA

Oneri Finanziari % _{lo}	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	19,8	19,8
Tempo di rientro attualizzato	TRA	25,0	25,0
Valore attuale netto	VAN	- 2.164	- 2.164
Tasso interno di rendimento	TIR	-4,0%	-4,0%
Indice di profitto	IP	-0,41	-0,41

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

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

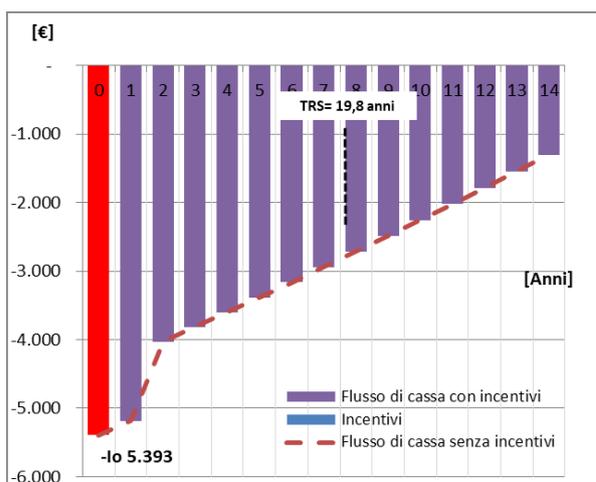
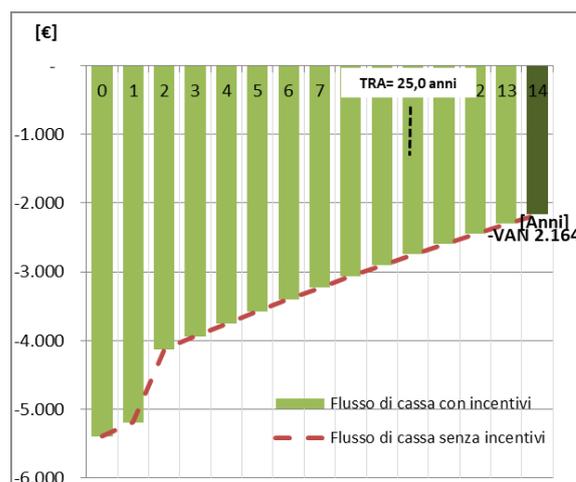


Figura 9.4 – EEM2: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento della termoregolazione ha un TRS di 19,9 anni considerando che come singolo intervento non è previsto il contributo del Conto Termico, può essere preso in considerazione solamente se aggregato con la sostituzione del generatore che però non è stato proposto per questa diagnosi. Dalla tabella 9.6 si evidenzia anche che tale intervento non ha una convenienza economica, dimostrato dal VAN con segno negativo.

EEM3: Efficientamento impianto di illuminazione mediante trasformazione a LED

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

Tabella 9.7 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM3– Efficientamento sistema di illuminazione

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I ₀	€ 217.328
Oneri Finanziari % _{lo}	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	8.525
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	25,2	15,8
Tempo di rientro attualizzato	TRA	28,2	17,7
Valore attuale netto	VAN	- 160.452	- 122.498
Tasso interno di rendimento	TIR	-28,1%	-18,9%
Indice di profitto	IP	-0,74	-0,56

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

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

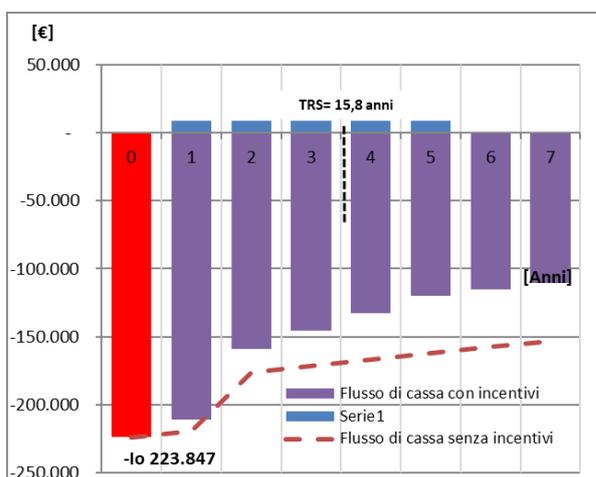
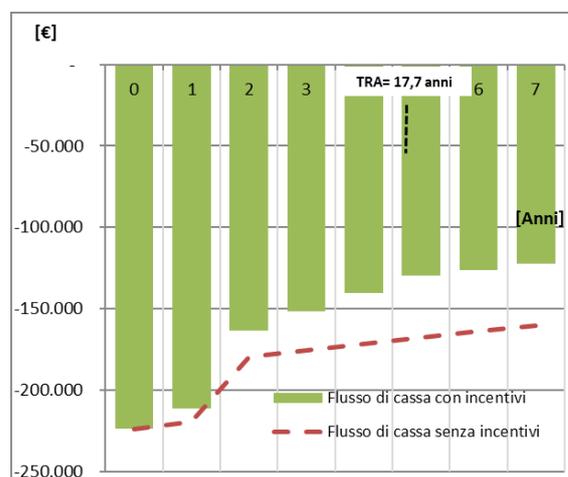


Figura 9.6 – EEM3: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento di sostituzione dei sistemi di illuminazione esistenti con nuovi a LED ha un TRS di 15,8 anni considerando di ottenere l'incentivo previsto dal Conto Termico pari al 40% dei costi. Pertanto tale intervento può essere preso in considerazione su scenari di lungo periodo. Nel caso in cui non vi fossero incentivi a disposizione il tempo di ritorno risulta essere troppo alto anche prendendo in considerazione scenari su lungo periodo in quanto il TRS è di 25,2 anni. Tuttavia è necessario valutare il fatto che la vita utile di tali sistemi è di circa 8 anni e pertanto dovrebbe essere prevista una loro sostituzione su periodi superiori, in questo caso gli interventi potrebbero non essere più convenienti come è dimostrato dal valore del VAN negativo sia nel caso non incentivato che incentivato.

EEM4: Utilizzo di generazione da fonti rinnovabili – installazione di un impianto fotovoltaico (scenario a 15 anni)

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

Tabella 9.8 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM4– Installazione impianto fotovoltaico su scenario 15 anni

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	Io	€ 59.588



Oneri Finanziari % _{lo}	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n _{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	20
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	9,3	9,3
Tempo di rientro attualizzato	TRA	11,8	11,8
Valore attuale netto	VAN	24.238	24.238
Tasso interno di rendimento	TIR	8,6%	8,6%
Indice di profitto	IP	0,41	0,41

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

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

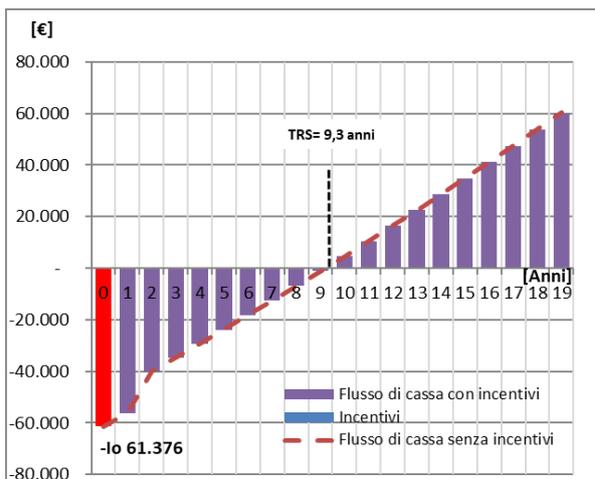
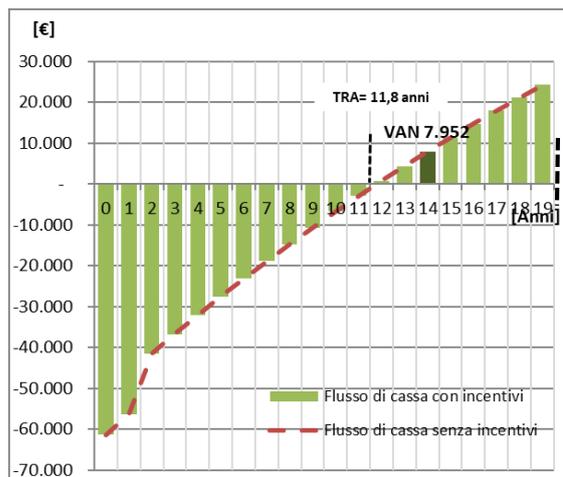


Figura 9.8 – EEM4: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento installazione di un impianto fotovoltaico ha un TRS di 9,3 anni senza incentivi dal Conto Termico. Per questo non c'è alcuna differenza tra lo scenario senza e con incentivo. La valutazione economica risultante consente un risparmio energetico anche a fronte di una spesa con importo pieno. Questa seconda strategia si fonda sulla baseline dello stato originale.

Sintesi

La sintesi della valutazione economico – finanziaria delle EEM proposte è riportata nelle Tabella 9.9 e Dall'analisi dei risultati emerge che solo l'installazione di un impianto fotovoltaico è sostenibile sul medio/breve periodo, tutti gli altri interventi hanno tempi di ritorno semplice superiori ai 19 anni. Tabella 9.10.

Tabella 9.9 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso senza incentivi

SENZA INCENTIVI										
%Δ _E	%Δ _{CO2}	ΔC _E	ΔC _{MO}	ΔC _{MS}	I ₀	TRS	TRA	VAN	TIR	IP



	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]
EEM 1	3,6	3,9	1.048,9	0,0	0,0	-90.822	60,5	87,3	-61.405<0	-5,1	-0,68
EEM 2	0,9	0,9	250,4	0,0	0,0	-5.236	19,8	25,0	2.164>0	-0,4	-0,41
EEM 3	18	16,8	5.272	0,0	0,0	-	25,2	28,2	-160.452<0	-28,1	-0,74
EEM 4 a 15 anni	21,5	20,1	6.311	0,0	0,0	-59.588	9,3	11,8	24.238>0	8,6	0,41

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

- $\% \Delta_E$ è il valore percentuale di riduzione dei consumi energetici rispetto al baseline energetico complessivo (termico + elettrico);
- $\% \Delta_{CO_2}$ è il valore percentuale di riduzione delle emissioni di CO_2 rispetto al baseline dell'emissioni complessivo (termico + elettrico);
- Δ_{CE} è il risparmio economico annuo attribuibile alla riduzione dei consumi energetici (termico + elettrico); assume valori positivi;
- Δ_{CMO} 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;
- Δ_{CMS} è la variazione di costo annuo attribuibile al nuovo costo previsto per la manutenzione straordinaria; assume valori positivi per un decremento e valori negativi per un incremento;
- I_0 è il valore dell'investimento iniziale per la realizzazione dell'intervento; assume valori negativi;

Dall'analisi dei risultati emerge che solo l'installazione di un impianto fotovoltaico è sostenibile sul medio/breve periodo, tutti gli altri interventi hanno tempi di ritorno semplice superiori ai 19 anni.

Tabella 9.10 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso con incentivi

	CON INCENTIVI										
	$\% \Delta_E$ [%]	$\% \Delta_{CO_2}$ [%]	Δ_{CE} [€/anno]	Δ_{CMO} [€/anno]	Δ_{CMS} [€/anno]	I_0 [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]
EEM 1	3,6	3,9	1.048,9	0,0	0,0	-90.822	33,9	43,5	-29.059<0	-1,5	-0,32
EEM 2	0,9	0,9	250,4	0,0	0,0	-5.236	19,8	25,0	2.164>0	-0,4	-0,41
EEM 3	18	16,8	5.272	0,0	0,0	-	15,8	17,7	-122.498<0	-18,9	-0,56
EEM 4 a 15 anni	21,5	20,1	6.311	0,0	0,0	-59.588	9,3	11,8	24.238>0	8,6	0,41

Dall'analisi dei risultati emerge che l'installazione di un impianto fotovoltaico ha tempi di ritorno inferiore ai 15 anni con VAN positivi e tempo di ritorno semplice di 9,3.

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

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

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

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



- Scenario ottimale 1, (SCN1), per il quale è verificato un tempo di ritorno semplice, TRS ≤ 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 soluzioni 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).

Le singole misure di efficienza energetica EEM simulate non presentano vantaggi in termini di riduzione dei costi e dei consumi energetici nei tempi di ritorno sopra descritti. Non è stato possibile individuare, pertanto, scenari ottimali integrati che permettano di ottenere dei miglioramenti significativi in termini di prestazione energetica e riduzione dei costi di baseline.



10 CONCLUSIONI

Dai risultati della diagnosi energetica emerge che l'edificio che ospita la scuola Elementare "Jesse Mario" e la scuola comunale infanzia "Colombo" non presenta possibilità di efficientamento energetico. L'edificio infatti presenta una centrale termica totalmente rinnovata e le caratteristiche strutturali e materiali dell'involucro termico non consentono un isolamento a cappotto delle pareti perimetrali esterne. Inoltre, le singole misure di efficientamento energetico proposte non risultano vantaggiose né economicamente né energeticamente nei limiti temporali richiesti.



ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA

Titolo	Data	Nome file
01_Planimetrie	08.11.17	01_Involucro E00250, PIAN1, PIAN2, PIAN3, PIANC, PIANI
		02_Termici 163-P00-001-SOTTOCENTRALE TERMICA, 163-P00-AE-CENTRALE TERMICA, L1-042- 163-P00, L1-042-163-P01, L1-042-163-P02, L1-042-163-P03, L1-042-163-P00-Checklist, L1-042-163-P01-Checklist, L1-042-163-P02- Checklist, L1-042-163-P03-Checklist
		03_Elettrici_vuoto
02_Manutenzioni	08.11.17	01_Involucro vuoto
		02_Termici vuoto
		03_Elettrici vuoto
		04_FER vuoto
03_Consumi (Bollette elettricità 2014)	24.07.2018	5700065495, 5700176145, 5700098218 5700134957, 5700214975, 5700248944 5750081967, 5700291206, 5700345541 5700411327, 5700373449, 5700493139 5700493139, 5700065499, 5700176200 5700098221, 5700477402, 5700134954 5700477402, 5700477402, 5700214973 5700477402, 5700477402, 5700345571 5700373395, 5700477402, 5700291259 5700477402, 5700477402, 5700411457 5700477402
		5700493139, 5700544142, 5750081967 5700544142, 5750081967, E000140844 E000163929, E000175672, E000337522 E000234065, E000281520, E000386676, E000432863, E000483582, E000018557 E000084135, E000163929, E000084135, E000310245, E000150590, 5700510846 5750081986, 5700544221, E000140843, E000163928, E000175671, E000337521, E000234064, E000281519, E000386675, E000432862, E000483581, E000018556 E000084133, E000310244, E000150589
03_Consumi (Bollette elettricità 2015)	24.07.2018	E000150590, E000084136, E000218120 E000218121, E000334604, E000238237 E000218121, E000334604, E000150590 E000238237, E000278554, E000334604 E000238237, 011640025276, 011640087947 011640025276, 011640048519, 011640060830, 011640074903 011640126640, 011740042571, 011640100078, 011740001581
		E000150589, E000084134, E000334603, E000238236, E000334603, E000150589 E000194172, E000194172, E000238236 E000278553, E000334603, 011640025276 011640087948, 011640025276, 011640048519, 011640060830, 011640074903, 011640126640, 011740042571, 011640100078, 011740001581



ALLEGATO B – ELABORATI

Titolo	Data	Nome file
Allegato B Elaborati	27.07.18	
Tavola con indicazione di impianti e zone termiche (dwg, PDF)		DE_Lotto.9.E250_Elaborati_C
		DE_Lotto.9.E250_Elaborati_P1
		DE_Lotto.9.E250_Elaborati_P2
		DE_Lotto.9.E250_Elaborati_P3
		DE_Lotto.9.E250_Elaborati_T
Planimetria catastale		DE_Lotto.9-E250_Elaborati_Plan_Catastale.pdf
Foto Sopralluogo		
File Grafici		DE_Lotto.9-E250-AllegatoB-Grafici



ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

Titolo	Data	Nome file
Allegato C E250	14.05.18	Allegato C E250.doc



ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI

Titolo	Data	Nome file
ALLEGATO D Report relativi ad altre prove diagnostiche strumentali	14.05.18	Lotto.9_Report prove diagnostiche strumentali_E250.doc



ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI

Titolo	Data	Nome file
ALLEGATO E Relazione di dettaglio dei calcoli	14.05.18	DE_E250_Baseline – Calcoli.rtf



ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

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



ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

Titolo	Data	Nome file
APE STATO DI FATTO	14/05/18	DE_E250_APE_Baseline.rtf



ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

Titolo	Data	Nome file



ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

Titolo	Data	Nome file
ALLEGATO I Dati climatici	14.05.18	GG_Lotto.9-E250.xls



ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

Titolo	Data	Nome file
ALLEGATO J Schede Audit	14.05.18	E250_Scheda Audit_Template_rev2.xls



ALLEGATO K – SCHEDE ORE

Titolo	Data	Nome file
ALLEGATO K Schede ORE	14.05.18	Schede ORE_E 250.doc



ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI

Titolo	Data	Nome file
ANALISI PEF	14/05/18	E250_AnalisiPEF.xlsx



ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

Titolo	Data	Nome file
ALLEGATO M Report di Benchmark	14.05.18	Lotto.9_benchmark E250.doc



ALLEGATO N – CD-ROM