

Scuola media "DON ORENGO" e PISCINA Comunale E1267

VIA CONI ZUGNA 2 B - P.ZZA CELLINI 4

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA
FONDO KYOTO - SCUOLA 3



Luglio/2018

COMUNE DI GENOVA
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER



COMUNE DI GENOVA

CASaA
architetti

Scuola media “DON ORENGO” e PISCINA comunale

E1267

VIA CONI ZUGNA 2 – P.ZZA CELLINI 4

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

CASa Associati

Via Cetteo Ciglia 54 – 65128 – Pescara

Tel: 085 4311109 – 349 5394754 – info@casaassociati.it

REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI

Revisione	Data	Realizzazione	Revisione	Approvazione	Descrizione
[A]	[16/04/2018]	Roberta Campanella	Marco Santomauro	Carmela Palmieri	[Prima emissione]
		Andrea Ciarcelluti	Pierluigi Fecondo		
		Gregorio Cocciarficco			
[B]	[22/05/2018]	Roberta Campanella	Marco Santomauro	Carmela Palmieri	[Seconda emissione]
		Andrea Ciarcelluti	Pierluigi Fecondo		
		Gregorio Cocciarficco			
[C]	[19/06/2018]	Roberta Campanella	Marco Santomauro	Carmela Palmieri	[Terza emissione]
		Andrea Ciarcelluti	Pierluigi Fecondo		
		Gregorio Cocciarficco			
[D]	[27/07/2018]	Roberta Campanella	Marco Santomauro	Carmela Palmieri	[Pubblicazione]
		Andrea Ciarcelluti	Pierluigi Fecondo		
		Gregorio Cocciarficco			

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

INDICE.....	I
EXECUTIVE SUMMARY	I
1 INTRODUZIONE	1
1.1 PREMESSA	1
1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA	1
1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO.....	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.....	9
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	13
4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI	15
4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL’INVOLUCRO EDILIZIO.....	15
4.1.1 <i>Involucro opaco</i>	15
4.1.2 <i>Involucro trasparente</i>	17
4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/ CLIMATIZZAZIONE INVERNALE.....	19
4.2.1 <i>Sottosistema di emissione</i>	19
4.2.2 <i>Sottosistema di regolazione</i>	22
4.2.3 <i>Sottosistema di distribuzione</i>	24
4.2.4 <i>Sottosistema di generazione</i>	27
4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA	29
4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE	30
4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE	31
4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DI IMPIANTI DI PRODUZIONE ENERGIA ELETTRICA E COGENERAZIONE	32
5 CONSUMI RILEVATI	34
5.1 CONSUMI ENERGETICI STORICI PER CIASCUN VETTORE E CONNESSIONE ALLE RETI GAS NATURALE ED ELETTRICA.....	34
5.1.1 <i>Energia termica</i>	34
5.1.2 <i>Energia elettrica</i>	36
5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI	40
6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO.....	45
6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO	45
6.1.1 <i>Validazione del modello termico</i>	46
6.1.2 <i>Validazione del modello elettrico</i>	47
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI.....	48
6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI.....	49
7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO.....	51
7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI	51
7.1.1 <i>Vettore termico</i>	51
7.1.2 <i>Vettore elettrico</i>	51
7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL’ANALISI.....	54
7.3 COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI.....	55



7.4	BASILINE DEI COSTI.....	55
8	IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA	57
8.1	DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI	57
8.1.1	<i>Involucro edilizio</i>	57
8.1.2	<i>Impianto riscaldamento</i>	61
8.1.3	<i>Impianto produzione acqua calda sanitaria</i>	66
8.1.4	<i>Impianto di illuminazione ed impianto elettrico</i>	66
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	69
9.3	IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D’INTERVENTO E SCENARI D’INVESTIMENTO	76
9.3.1	<i>Scenario 1: COPERTURA E IMPIANTO TERMICO</i>	79
9.3.2	<i>Scenario 2: INVOLUCRO E IMPIANTO</i>	84
10	CONCLUSIONI	89
10.1	RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA	89
10.2	RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI	89
10.3	CONCLUSIONI E COMMENTI.....	90
	ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA.....	1
	ALLEGATO B – ELABORATI GRAFICI	1
	ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA	1
	ALLEGATO D – REPORT DI INDAGINE ENDOSCOPICA.....	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.....	2
	ALLEGATO I – DATI CLIMATICI.....	2
	ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT.....	2
	ALLEGATO K – SCHEDE ORE.....	2
	ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI	2
	ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK.....	2
	ALLEGATO N – CD-ROM	2

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		1983
Anno di ristrutturazione		2010 (demolizione casa de custode e ristrutturazione ingresso) 2013(fotovoltaico, UTA e solare termico) 2017 (rimozione amianto nell'auditorium)
Zona climatica		[D]
Destinazione d'uso		E.7 Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli
Superficie utile riscaldata	[m ²]	5.500
Superficie disperdente (S)	[m ²]	11.575
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	30.076
Rapporto S/V	[1/m]	0,38
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	6.292
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	-
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	6.292
Tipologia generatore riscaldamento		Generatore tradizionale
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	1.249
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	-
Tipo di combustibile		Gas naturale
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Sistema combinato per la piscina e boiler elettrici per la scuola
Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	198,146
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{th} /anno]	863.766
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	62.630
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	50.676
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	9.662

Nota (1): Valori di Baseline

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

- EEM 1: Isolamento termico ed impermeabilizzazione della copertura;
- EEM 2: Sostituzione infissi (piscina);
- EEM 3: Installazione di generatori modulari a condensazione;
- EEM4: Installazione di valvole termostatiche;
- EEM5: Installazione di circolatori con inverter.

- SCN1: Copertura e impianto termico (EEM 1+3+4+5);
- SCN2: Involucro e impianto termico (EEM 1+2+3+4+5).

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

	CON INCENTIVI													
	%Δ _E	%Δ _{CO2}	ΔC _E	ΔC _{MO}	ΔC _{MS}	I ₀	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP	DSCR	LLCR
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]		
EEM 1	11,4	11,4	8.144	-	-	227.004	14,0	23,9	30	16.869	4,9	0,07	-	-
EEM 2	3,2	3,2	2.296	-	-	94.216	19,9	33,7	30	-10.573	2,4	-0,11	-	-



EEM 3	31,7	31,7	22.559	6.580	1.749	88.044	2,4	2,6	15	242.278	38,4	2,75	-	-
EEM 4	5,4	5,4	3.834	-	-	5.496	1,5	1,6	15	31.331	61,3	5,70	-	-
EEM 5	3,9	3,9	3.153	-	-	12.292	3,9	4,5	15	19.061	3,9	4,5	-	-
SCN 1	52,3	52,3	37.664	6.580	1.749	332.837	2,7	3,1	-	57.937	39,65	0,17	1,252	1,173
SCN 2	55,8	55,8	40.153	6.580	1.749	427.052	10,3	18,8	-	5.761	10,77	0,01	1,047	1,053

Figura 0.1 – Scenario 1: analisi finanziaria

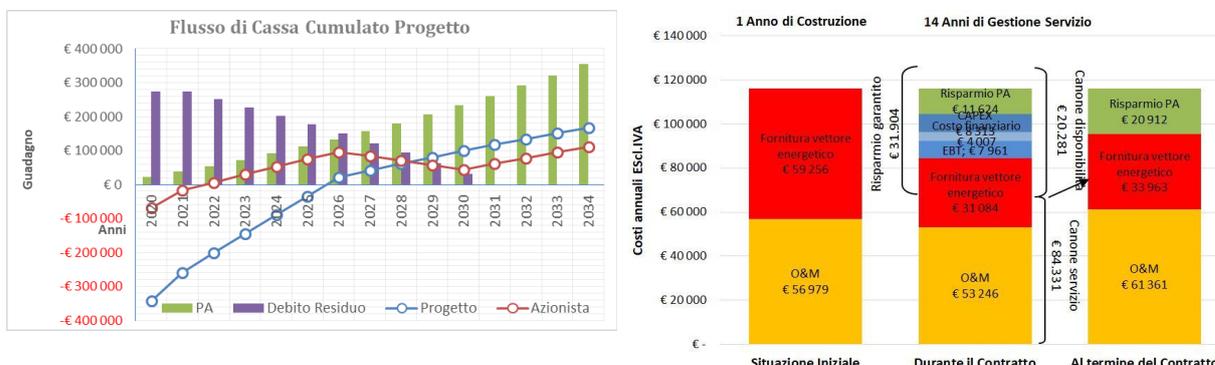
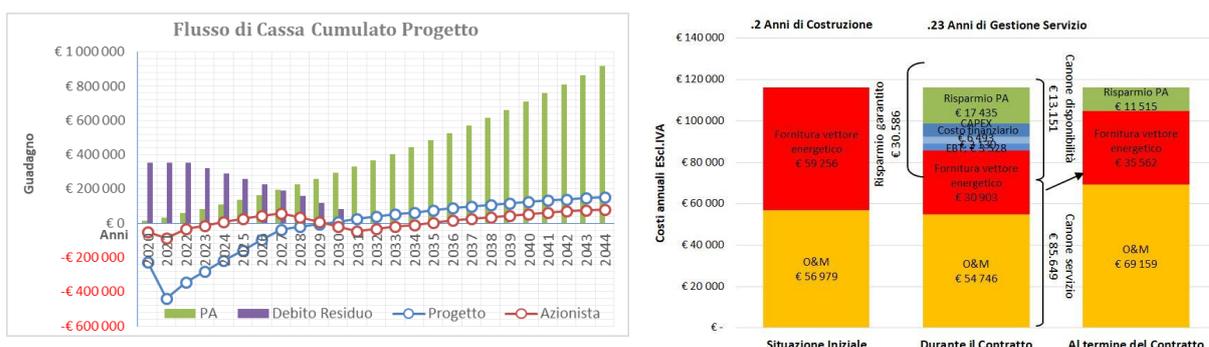


Figura 0.2 – Scenario 2: analisi finanziaria



Dall’analisi effettuata, come riportato nella presente Diagnosi Energetica, emerge che è possibile conseguire un **miglioramento energetico in condizioni standard di almeno due classi energetiche, ed in particolare per l’edificio in esame dalla G alla E**, attraverso entrambi gli scenari proposti e secondo le specifiche tecniche riportate.

In linea generale tutti gli interventi proposti mirano, oltre a rendere più efficiente il sistema involucro-impianto, a risolvere anche criticità dal punto di vista edilizio ed impiantistico; a tal riguardo si fa particolare riferimento alle condizioni di obsolescenza del generatore ed altre parti dell’impianto termico.

L’intervento più favorevole in termini economico-finanziari risulta essere quello che prevede l’efficientamento dell’impianto termico mediante la sostituzione del generatore. Infatti, come avviene tipicamente, anche in questo caso la sostituzione del generatore esistente, con un nuovo sistema a condensazione, risulta essere la EEM che presenta una maggiore convenienza economica (in termini di VAN).

Per quanto concerne il risparmio di CO2 equivalente si stima, per lo scenario 2 che risulta essere quello più performante in termini di ambientali, **una riduzione complessiva di 110.606 kg CO2**.

In termini di energia primaria, nello scenario migliore dal punto di vista energetico, **sarebbe possibile risparmiare 564.781 kWh**.

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

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

Figura 1.1 - Vista di una delle scale esterne



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 CASa Associati, il cui responsabile per il processo di audit è l’arch. Carmela Palmieri, 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.

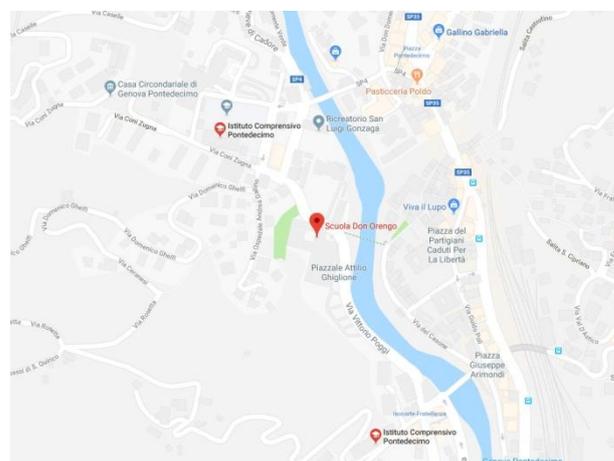
Tabella 1.1 – Soggetti coinvolti nella realizzazione del processo di Audit

NOME E COGNOME	RUOLO	ATTIVITÀ SVOLTA
Carmela Palmieri Marco Santomauro Fabio Armillotta Pierluigi Fecondo Andrea Ciarcelluti Gregorio Cocciarficco		Sopralluogo in sito
Andrea Ciarcelluti Gregorio Cocciarficco		Elaborazione dei dati relativi ai consumi energetici
Roberta Campanella		Elaborazione dei dati geometrici ed alla creazione del modello energetico
Fabio Armillotta		Prove strumentali: Termografie ed endoscopie
Marco Santomauro	Responsabile involucro	Revisione report di diagnosi energetica
Pierluigi Fecondo	Responsabile impianti	Revisione report di diagnosi energetica
Carmela Palmieri	EGE	Approvazione report di diagnosi energetica

1.4 IDENTIFICAZIONE DELL’EDIFICIO

L’immobile oggetto della DE, catastalmente individuato al NCEU sezione PON, F. 4 Mapp. 1221, sub 2 (scuola) e sub 1 (piscina comunale) è sito nel Comune di Genova e più precisamente a Pontedecimo, un quartiere genovese della val Polcevera, posto al limite settentrionale del territorio comunale, alla confluenza dei torrenti Verde e Riccò, convenzionalmente considerata l’inizio del torrente Polcevera. Comune autonomo fino al 1926, Pontedecimo nella nuova ripartizione in vigore dal 2005 è una "unità urbanistica" del Municipio V Valpolcevera. L’edificio è di proprietà del Comune di Genova ed è attualmente adibito a scuola secondaria di primo grado (IC Pontedecimo) e piscina comunale.

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		1983
Anno di ristrutturazione		2010 (demolizione casa de custode e ristrutturazione ingresso)



		2013(fotovoltaico, UTA e solare termico) 2017 (rimozione amianto nell'auditorium)
Zona climatica		[D]
Destinazione d'uso	E.7 Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli	
Superficie utile riscaldata	[m ²]	5.500
Superficie disperdente (S)	[m ²]	11.575
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	30.076
Rapporto S/V	[1/m]	0,38
Superficie netta aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	6.292
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	6.292
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	-
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	6.292
Tipologia generatore riscaldamento	Generatore tradizionale	
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	1.249
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	-
Tipo di combustibile	Gas naturale	
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)	Sistema combinato per la piscina e boiler elettrici per la scuola	
Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	198,146
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{th} /anno]	863.766
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	62.630
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	50.676
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	9.662

Nota (1): Valori di Baseline

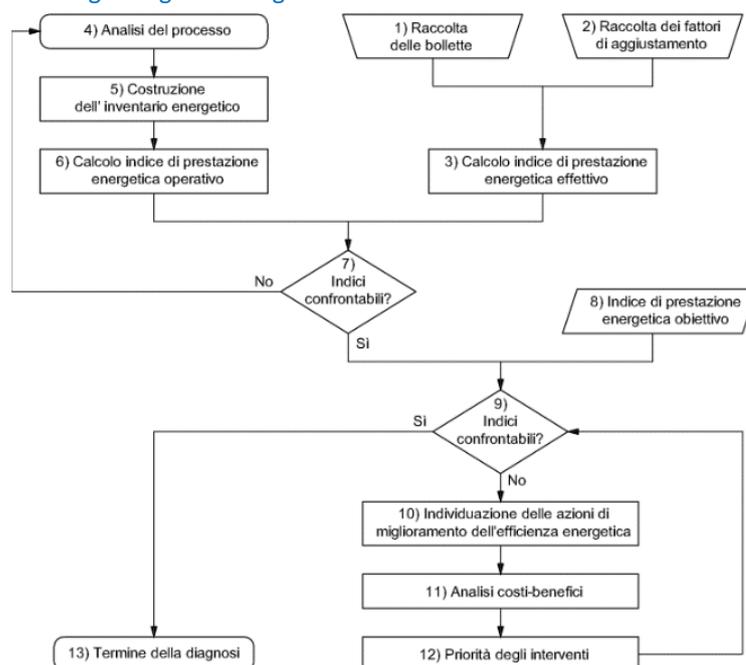
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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

- Acquisizione della documentazione utile, fornita dalla PA, come riportato all'Allegato A – Elenco documentazione fornita dalla committenza;
- Analisi del quadro normativo di riferimento, incluso la verifica dei vincoli ambientali, storici, archeologici e paesaggistici interferenti sull'immobile interessato dall'intervento;
- Visita agli edifici, effettuata in data 5/12/2017 con verifica degli elaborati forniti e rilievo dei dati relativi alle caratteristiche degli elementi disperdenti ed impiantistici costituenti il sistema edificio-impianto;
- Visita alla centrale termica e/o frigorifera, con il supporto del personale incaricato della conduzione e manutenzione degli impianti e rilevamento dei dati utili;
- Preparazione e compilazione delle schede di Audit previste per la diagnosi di livello II di cui all'appendice A delle LGEE - Linee Guida per l'Efficienza Energetica negli Edifici - sett. 2013 - elaborato da AiCARR per Agesi, Assisital, Assopetroli e Assoenergia, e riportate all'Allegato J – Schede di audit;
- Elaborazione del comportamento termico ed elettrico dell'edificio, realizzata utilizzando il software commerciale TERMUS dell'ACCA Software versione 42.h in possesso di certificato di conformità rilasciato dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI) n. 67 del 15/03/17 ai sensi del D.lgs. 192/05 e s.m.i. e riportato all'Allegato F – Certificato CTI Software;
- Analisi dei profili annuali di consumi e costi dei servizi energetici reali dell'edificio, comprensivi della fornitura dei vettori energetici sia elettrici che di gas e degli oneri di O&M, relativamente alle annualità 2014-2015-2016;

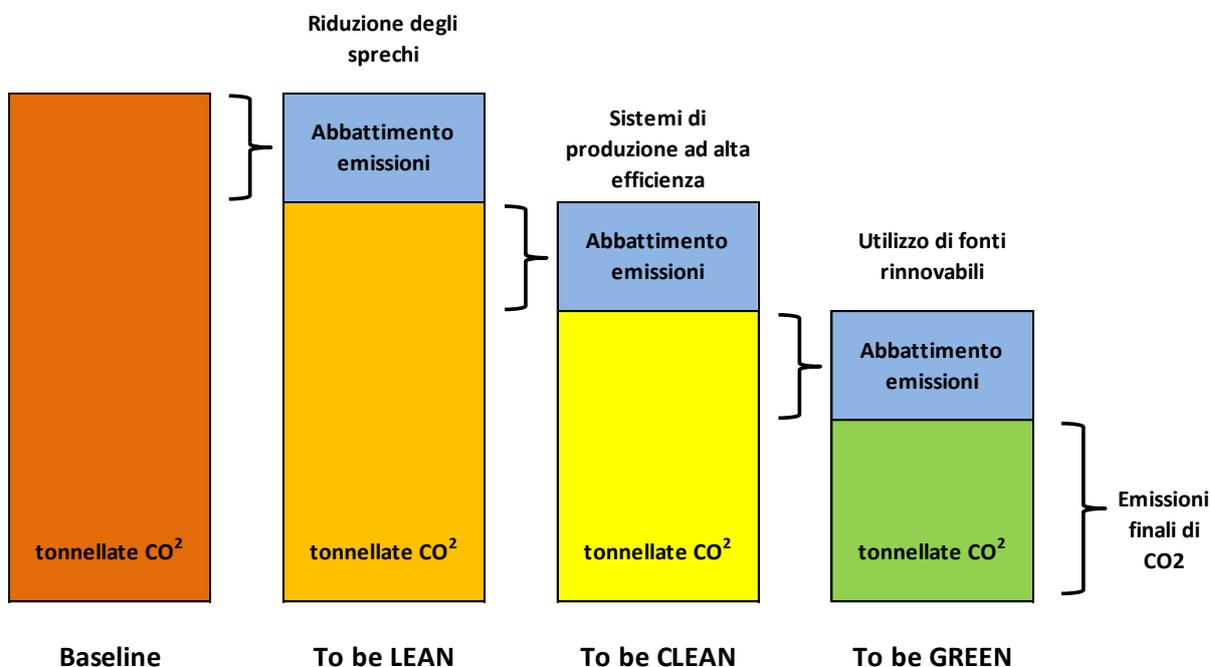
- h) Analisi dei dati climatici reali del sito ove è ubicato l’edificio con conseguente calcolo dei Gradi Giorno reali (GG_{real}), utilizzando le temperature esterne rilevate dalla stazione meteo dell’Università di Genova e riportati all’Allegato I – Dati Climatici;
- i) Individuazione della “baseline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

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



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

Figura 1.4 - Principio della Gerarchia Energetica



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

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

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

Per tanto, nel caso di soluzioni integrate, dapprima si è valutata la fattibilità di ridurre gli sprechi mediante misure sull'involucro e sulla domande 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:

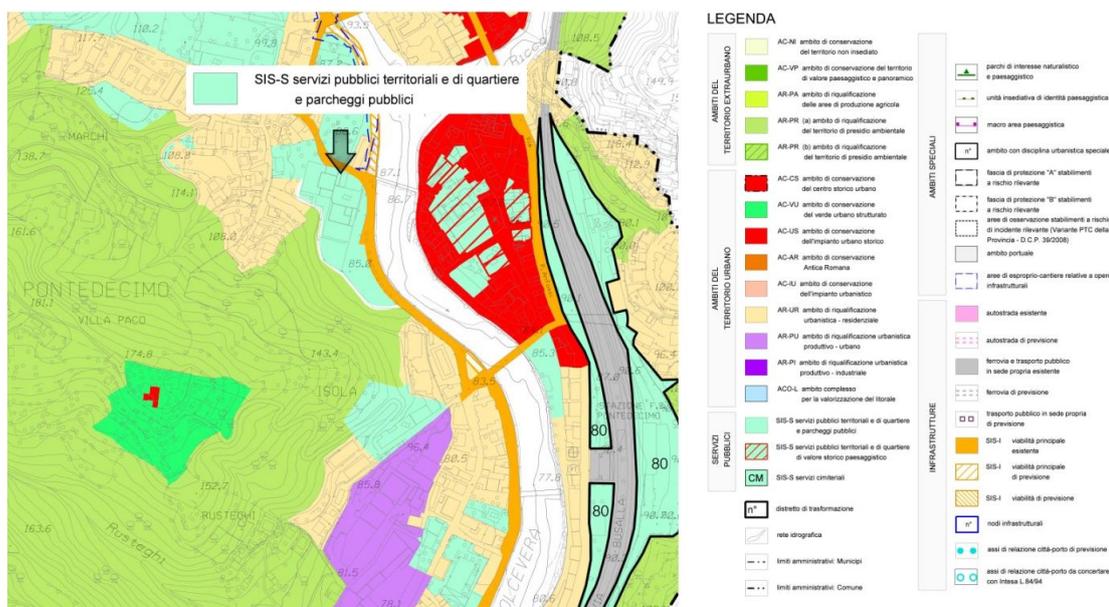
- Una prima parte nella quale sono descritti lo scopo ed i confini della DE e le metodologie di analisi adottate;
- Una seconda parte in cui sono riportate le informazioni dell’edificio rilevate in sede di sopralluogo e le valutazioni effettuate al fine di identificare le caratteristiche tecniche dei 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 (ultimo aggiornamento 25/10/17), classifica l'edificio oggetto della DE in zona SIS-S servizi pubblici territoriali e di quartiere e parcheggi pubblici.

Figura 2.1 - Particolare estratto dal Piano Urbanistico Comunale



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

L'edificio è localizzato a Pontedecimo, che confina a levante con il comune di Serra Riccò, a nord con il comune di Mignanego, a ponente con i comuni di Campomorone e Ceranesi, a sud con San Quirico. L'area di Pontedecimo comprende una piccola porzione nel fondovalle della val Polcevera intorno alla confluenza dei torrenti Verde e Riccò, nei pressi della quale sorge il centro abitato, e la collina di Cesino, che divide le valli dei due torrenti. Fanno parte del quartiere un breve tratto su entrambe le sponde del Polcevera a valle della confluenza e il tratto finale del torrente Verde fino al confine con i comuni di Ceranesi e Campomorone. Nel secondo dopoguerra l'espansione edilizia conseguente all'aumento di popolazione ha finito per occupare quasi tutti gli spazi verdi intorno al primitivo borgo; Pontedecimo si è ingrandito nella valle del torrente Verde, arrivando a formare un'unica conurbazione con il vicino centro di Campomorone, nella valle del torrente Riccò fino alla località Rimessa, al confine con il comune di Mignanego ed in parte anche sul versante collinare di San Cipriano.

L'edificio, che ospita la piscina comunale e la scuola secondaria di I grado Don Oregno (appartenente all'istituto comprensivo Pontedecimo) è un'ex fabbrica trasformata in scuola nel 1983 e successivamente ristrutturata nel 2010, quando è stata demolita la casa del custode per realizzare un nuovo ingresso alla scuola, nel 2013 per l'installazione di un impianto fotovoltaico e uno solare termico con centrale UTA per la piscina (ma non ancora attivo).

L'edificio ospita nel blocco a Nord la scuola e nel blocco a sud la piscina comunale.

Ai sensi del DPR 412/93, attualmente ricade nella destinazione d'uso E.7 – Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli.

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

L'ipotesi di intervenire al fine di migliorare l'efficienza energetica dell'asilo è volta ad una diminuzione delle emissioni di CO₂, e rientra negli obiettivi prefissati dal Comune di Genova all'interno del SEAP (Sustainable Energy Action Plan), ma può anche essere considerata di interesse socio-culturale, poiché trattandosi di una struttura scolastica, sarebbe utile alla sensibilizzazione degli utenti alle tematiche di interesse ambientale ed energetico.

La scuola secondaria di I grado Don Orenco è formata da 14 classi. Pertanto, ogni anno, l'edificio è frequentato da circa 302 bambini, oltre a maestre e collaboratrici scolastiche e gli utenti della piscina comunale. Inoltre, è importante evidenziare come, oltre alla riduzione di emissioni climalteranti e alle finalità di sensibilizzazione sulle tematiche ambientali, l'efficientamento dell'edificio e una corretta gestione e manutenzione del sistema edificio – impianto, comporterebbe il miglioramento delle condizioni di benessere percepite dai bambini e dagli operatori didattici, nonché la riduzione dei consumi specifici di energia termica ed elettrica.

L'edificio, ospitante la scuola media oggetto della DE, è disposto su cinque livelli principali: al piano seminterrato ci sono i locali tecnici, al piano terra ci sono l'atrio di ingresso della scuola, gli uffici di segreteria e presidenza, aula professori, auditorium, refettorio, palestra, spogliatoi e servizi igienici, ingresso piscina, piscina, deposito, spogliatoi di vario tipo, pronto soccorso, servizi igienici; al piano primo ci sono le aule didattiche e i servizi igienici; al secondo ci sono aule didattiche, biblioteca, aule speciali, laboratori e servizi igienici; al terzo piano ci sono aule didattiche, biblioteca, aule speciali, laboratori e servizi igienici.

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



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

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

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

Tabella 2.1 - Suddivisione in piani dell'edificio

PIANO	UTILIZZO	U.M.	SUPERFICIE LORDA COMPLESSIVA ⁽²⁾	SUPERFICIE UTILE RISCALDATA ⁽³⁾	SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA ⁽³⁾
Seminterrato	Locali tecnici	m ²	645	-	-
Terra	Ingresso scuola, uffici di segreteria e presidenza, aula professori, auditorium, refettorio, palestra, spogliatoi e servizi igienici, ingresso piscina, piscina, deposito, spogliatoi di vario tipo, pronto soccorso, servizi igienici	m ²	2.778	2.719	-
Primo	Aule didattiche e servizi igienici	m ²	1.180	1.143	-
Secondo	Aule didattiche, biblioteca, aule speciali, laboratori e servizi igienici	m ²	1.005	985	-
Terzo	Aule didattiche, aule speciali e laboratori, servizi igienici	m ²	673	653	-
Copertura	Locale tecnico	m ²	11	-	-
TOTALE		m²	6.292	5.500	-

Nota (2): Superficie lorda comprensiva delle zone interne climatizzate e non climatizzate, valutate a partire dalle planimetrie progettuali,

opportunamente verificate in fase di sopralluogo

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

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

Dal punto di vista storico l'edificio degli anni 70 e trasformato in scuola nel 1983, non è classificato come **bene di interesse Storico ed Artistico Particolarmente Importante**, pertanto, nell'analisi delle EEM non si è resa necessaria l'identificazione delle possibili interferenze con i vincoli presenti

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 per quanto concerne gli abitanti della Scuola Media. Per quanto riguarda invece gli spazi della piscina questi presentano orari di funzionamento differenziati così come indicato dalla società di gestione della piscina stessa.

Per entrambi gli spazi gli orari di effettivo utilizzo dell'edificio sono stati ricavati tramite intervista al personale didattico e di servizio.

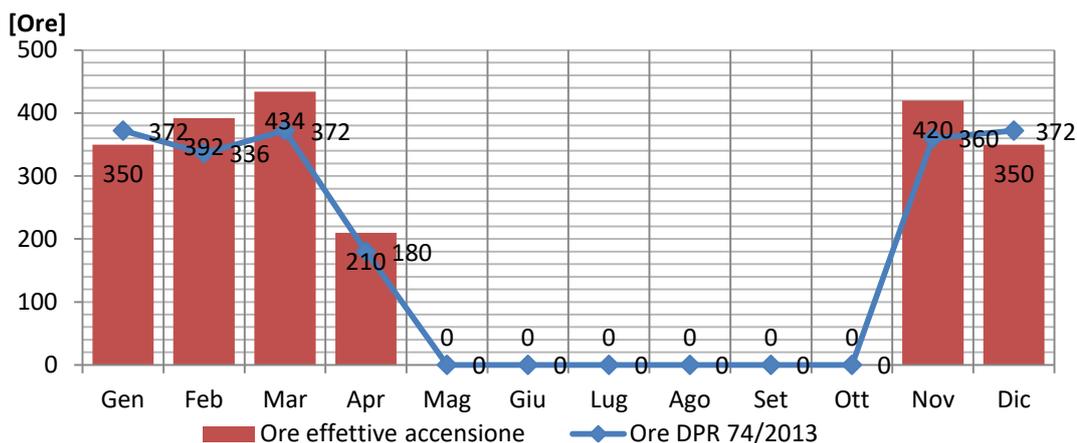
Si precisa che, essendo la centrale termica asservita a tutto l'edificio, e non essendo presenti strumenti di regolazione e controllo per le singole zone, gli orari di accensione dell'impianto coincidono con quelli di utilizzo della piscina.

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

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

PERIODO	GIORNI SETTIMENALI	ORARIO FUNZIONAMENTO EDIFICIO	ORARIO FUNZIONAMENTO IMPIANTO
Dal 01 Gennaio al 15 Aprile	Dal lunedì al venerdì	6.30 – 20.30	6:00 – 20:00
	sabato	8:00 – 15:00	7:00 – 15:00
	domenica	9:00 – 13:00	8:00 – 13:00
Dal 16 Aprile al 31 ottobre	Dal lunedì al venerdì	6.30 – 20.30	spento
	sabato	8:00 – 15:00	spento
	domenica	9:00 – 13:00	spento
Dal 01 Gennaio al 15 Aprile	Dal lunedì al venerdì	6.30 – 20.30	6:00 – 20:00
	sabato	8:00 – 15:00	7:00 – 15:00
	domenica	9:00 – 13:00	8:00 – 13:00
Giorni festivi	Come da calendario	chiuso	spento

Figura 2.3 – Andamento mensile delle ore effettive di utilizzo dell'impianto termico



Dall'analisi effettuata è emerso che gli orari di funzionamento degli impianti non sono strettamente correlati agli orari di espletamento delle attività della scuola, ma dipendono anche dalla presenza di personale all'interno della struttura e soprattutto dall'utilizzo della piscina da parte di società esterne.

Si fa inoltre presente, che le ore di funzionamento dell'impianto sono maggiori a quanto previsto dal DPR 74/2013 per un edificio scolastico. Questo è giustificabile dal fatto che l'impianto serve degli spazi con altra destinazione d'uso.

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

Tabella 2.2, i GG sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 1161 GG su 109 giorni effettivi di utilizzo dell'impianto di riscaldamento.

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

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

Tabella 3.2 – Profili mensili dei GG_{rif}

Mese	GIORNI MENSILI	TEMPERATURA ESTERNA UNI 10349:2016 [°C]	GIORNI RISCALDAMENTO [g/m]	GG	GIORNI DI UTILIZZO [g/m]	GIORNI RISCALDAMENTO EFFETTIVI [g/m]	GG_{rif}	PROFILO DI INCIDENZA
Gennaio	31	10,4	31	298	20	20	192	21,22%
Febbraio	28	10,5	28	266	20	20	190	21,00%
Marzo	31	11,1	31	276	21	21	187	20,66%
Aprile	30	15,3	15	71	20	15	52	5,72%
Maggio	31	18,7	-	-	21	-	-	-
Giugno	30	22,4	-	-	20	-	-	-
Luglio	31	24,6	-	-	20	-	-	-
Agosto	31	23,6	-	-	-	-	-	-
Settembre	30	22,2	-	-	14	-	-	-
Ottobre	31	18,2	-	-	21	-	-	-
Novembre	30	13,3	30	201	20	20	134	14,81%

E1267 – Scuola media “Don Orenco” e Piscina Comunale

Dicembre	31	10,0	31	310	15	15	150	16,58%
TOTALE	365	16,7	166	1421	212	111	905	100%

3.2 DATI CLIMATICI REALI

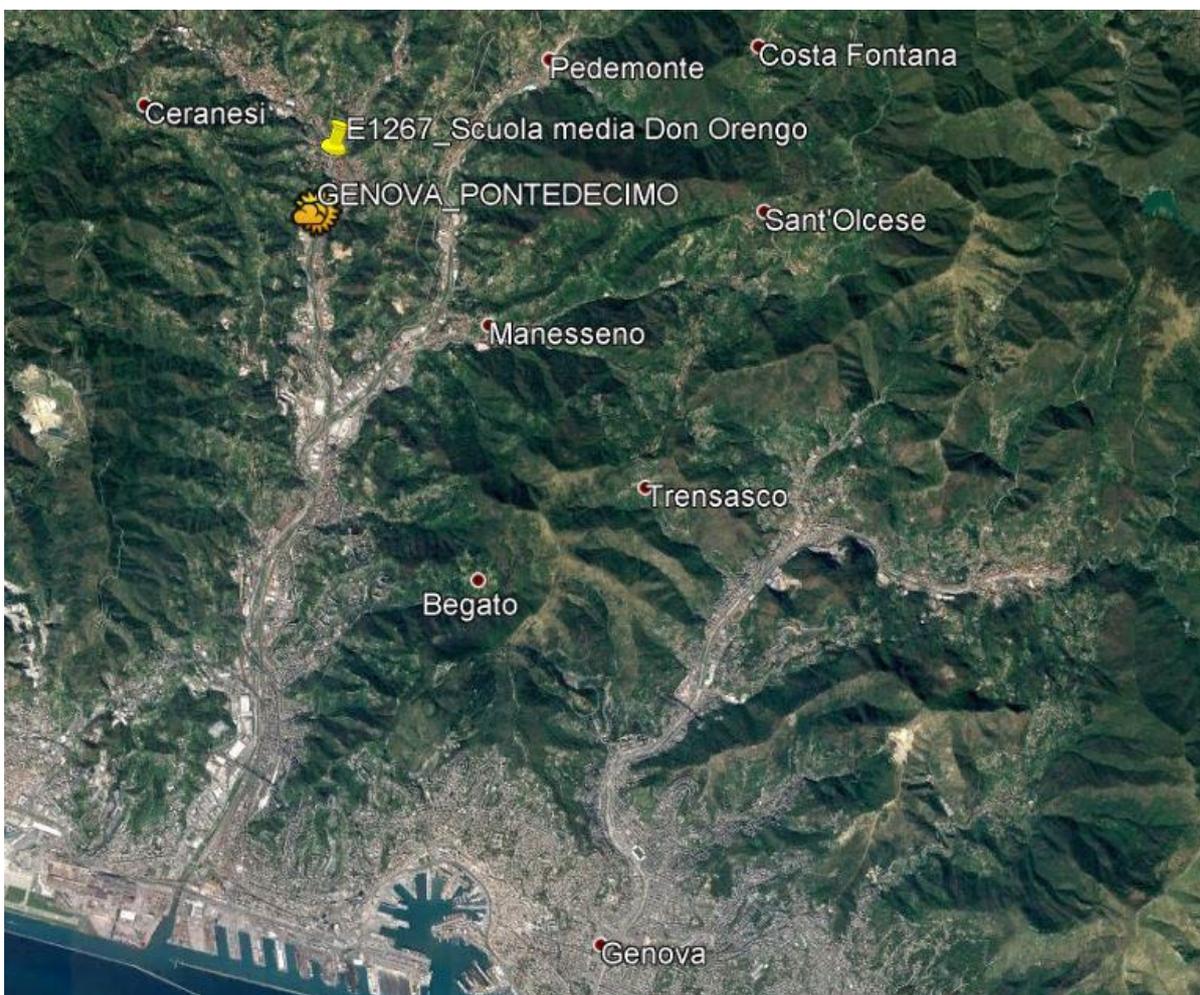
Ai fini della realizzazione dell'analisi energetica si è resa necessaria la definizione delle condizioni climatiche reali, ovvero dei GG calcolati in funzione della temperatura esterna media oraria del sito effettivamente rilevata, con lo scopo di creare una normalizzazione dei consumi in funzione delle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

I dati climatici utilizzati sono stati rilevati dalla centralina meteo climatica GENOVA-PONTEDECIMO (Long. 8° 54' 0.36" – Lat. 44° 29' 18.672" – Altezza sul livello del mare 75m).

In mancanza di specifiche tecniche relative alla tipologia di centralina climatica, si riporta di seguito il link di riferimento da cui sono stati estrapolati i dati climatici utilizzati per il calcolo dei gradi giorno: <http://www.cartografiarl.regione.liguria.it/SiraQualMeteo/script/PubAccessoDatiMeteo.asp>.

Si è deciso di utilizzare come riferimento tale centralina in quanto è l'unica disponibile e fornita dalla PA per l'edificio oggetto della presente DE.

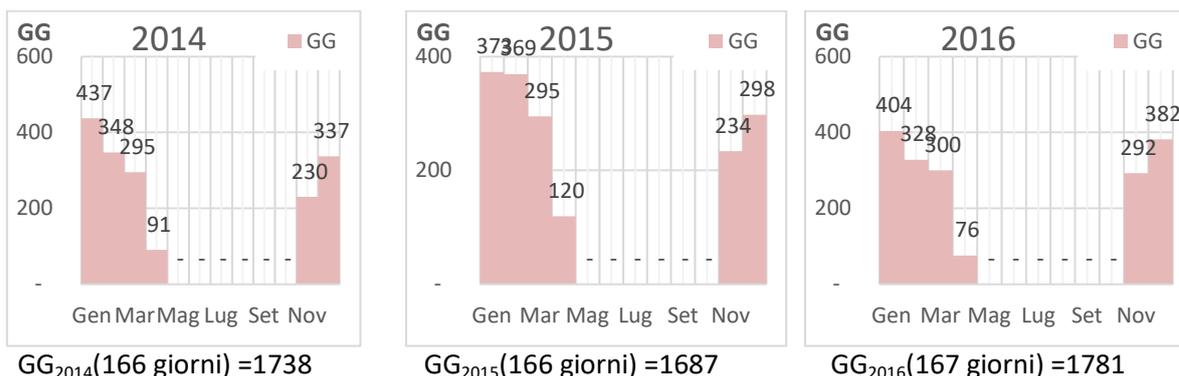
Figura 3.1 – Posizionamento della centralina meteo climatica rispetto all'edificio oggetto di DE



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.

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



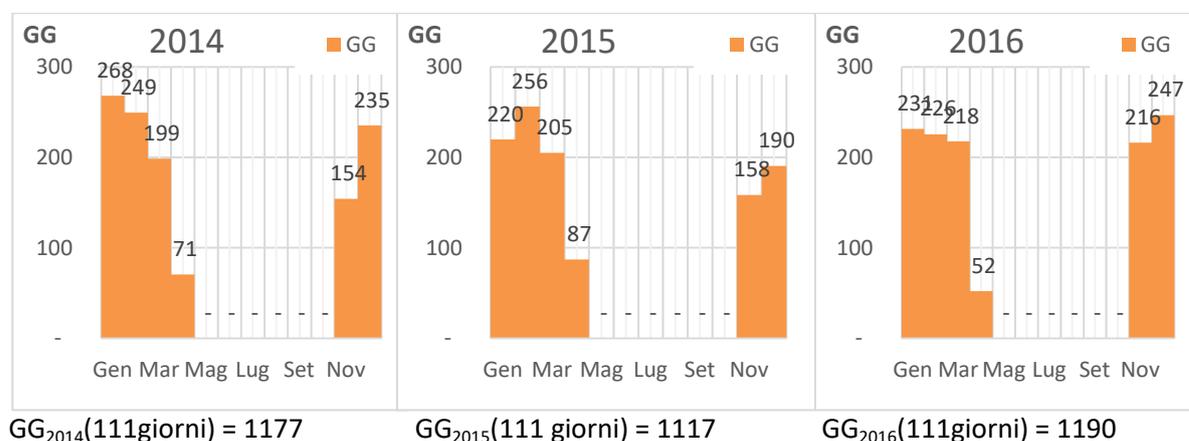
Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Nella Tabella 2.3 sono pertanto riportati gli orari di funzionamento dell'edificio e gli orari di funzionamento degli impianti termici.

Tabella 2.2, i GG reali sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore medio per le tre stagioni termiche analizzate di 1161 GG calcolati su 111 giorni effettivi di utilizzo dell'impianto di riscaldamento.

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

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

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



E1267 – Scuola media “Don Orenco” e Piscina Comunale

Come si può notare dai grafici sopra riportati, l’andamento dei GG evidenzia l’innalzamento medio delle temperature esterne per il sito di riferimento e dunque la necessità di normalizzare i dati di consumo energetico.

Come già specificato nei capitoli precedenti l’edificio in esame presenta due zone termiche con orari di funzionamento differenti. Pertanto si procede alla definizione dei Gradi Giorno reali sulla base dei giorni effettivi di utilizzo della piscina.

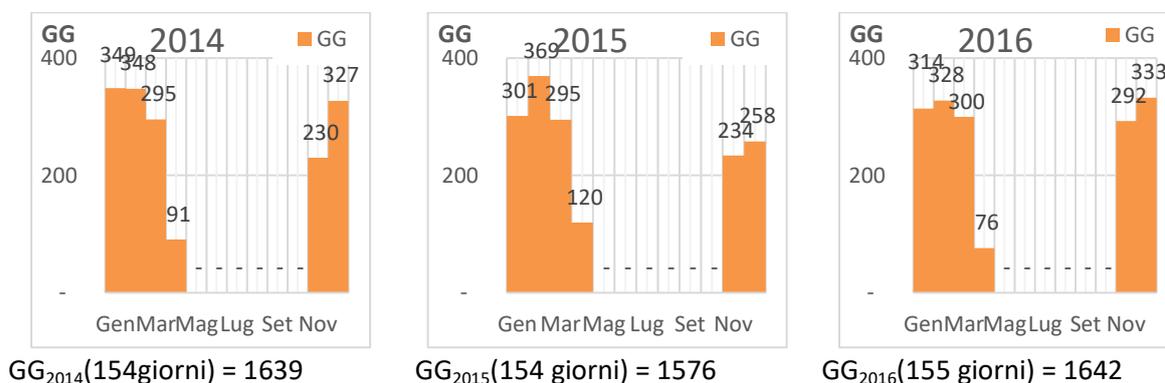
Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell’impianto (i giorni festivi), come riportato nella Nella Tabella 2.3 sono pertanto riportati gli orari di funzionamento dell’edificio e gli orari di funzionamento degli impianti termici.

Tabella 2.2, i GG reali sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell’impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore medio per le tre stagioni termiche analizzate di 1619 GG calcolati su 154 giorni effettivi di utilizzo dell’impianto di riscaldamento.

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

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

Figura 3.4 - Andamento mensile dei GG reali, valutati in condizioni di effettivo utilizzo degli impianti, per il triennio di riferimento



4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI

4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO

4.1.1 Involucro opaco

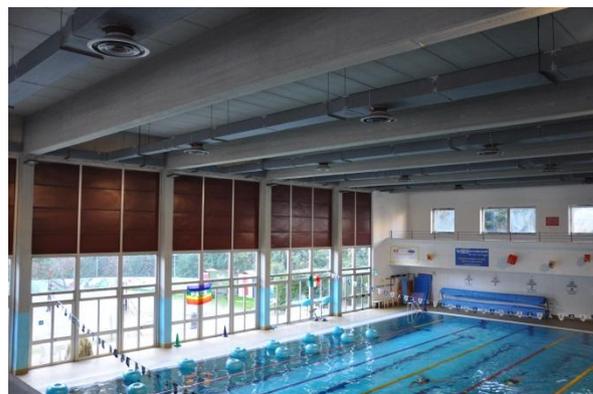
L'involucro edilizio opaco che costituisce l'edificio è sostanzialmente composto da una muratura a cassetta in laterizio con interposto strato isolante in fibra di vetro. La muratura è intonacata su entrambi i lati e, ad ogni piano è uguale su tutti i fronti dell'edificio, ad eccezione dei blocchi della palestra e della piscina, che sono realizzati in cls con fodera interna in laterizio intonacata. Le pareti sottili che invece delimitano le due corti interne intorno alle quali si sviluppa la scuola nel blocco nord e i locali di servizio della piscina nel blocco sud, sono realizzate con pannelli sandwich prefabbricati in resina con isolamento interno. Il solaio di copertura della scuola è piano, privo di isolamento, ed è del tipo in laterocemento come quelli interpiano. I solai della palestra e della piscina sono in lastre prefabbricate di cls.

Figura 4.1 – Vista di una delle aule con problemi di condensa e muffe



Figura 4.2 - Particolare del solaio in lastre di cls della piscina

Questa soluzione realizzativa presenta tutte le problematiche delle strutture a telaio in cls non isolate. L'edificio, complessivamente, si presenta in pessimo stato di conservazione con diffuse problematiche di condense e muffe nelle aule, infiltrazioni di acqua e nell'auditorium (in disuso) anche problematiche di tipo ambientale per la presenza di amianto nella pavimentazione, che è stata rimossa ma non sostituita.



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 termocamera ai sensi della norma UNI EN 13187: 2000 "Prestazione termica degli edifici. Rilevazione qualitativa delle irregolarità termiche negli involucri edilizi. Metodo all'infrarosso".

E1267 – Scuola media “Don Orenco” e Piscina Comunale

- Indagine endoscopica delle strutture a eseguito tramite videoendoscopio flessibile Eumig-6200, Monitor Type Boroscope.

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- Dispersioni dell’involucro edilizio in corrispondenza dei ponti termici geometrici della struttura;
- Dispersioni dell’involucro edilizio in corrispondenza delle zone sottofinestra.

Figura 4.3 – Rilievo termografico della parete del fronte nord



I dettagli delle indagini diagnostiche effettuate sono riportate all’Allegato C – Report di indagine termografica e 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	ISOLAMENTO	TRASMITTANZA TERMICA	STATO DI CONSERVAZIONE
		[cm]		[W/m ² K]	
Solaio controterra	SL13	[34,5]	[assente]	[2,02]	[discreto]
Solaio Copertura piana	SL02	[37,4]	[assente]	[1,58]	[mediocre]
Parete esterna verticale	[MR01]	[31]	[fibra di vetro]	[0,42]	[pessimo]
Parete esterna palestra e piscina	[MR05]	[25]	[assente]	[2,13]	[discreto]
Parete esterna corti interne	[MR25]	[6]	[PUR]	[0,69]	[pessimo]

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

4.1.2 Involucro trasparente

L'involucro trasparente che costituisce l'edificio è composto da serramenti in alluminio con vetro singolo.

Gli infissi, in generale, non presentano un sistema di schermatura esterno e sono in pessime condizioni con problemi di tenuta all'aria e all'acqua, oltre che di elevate dispersioni termiche.

Figura 4.4 - Particolare dei serramenti



E1267 – Scuola media “Don Orenco” e Piscina Comunale

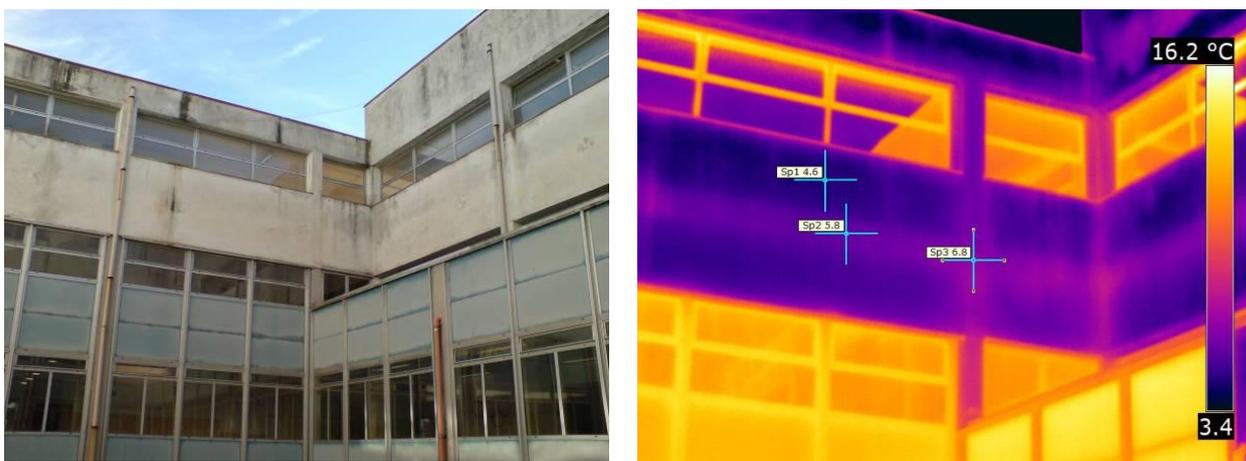
Ai fini di un’identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell’involucro trasparente si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione delle seguenti indagini diagnostiche:

- Rilievo termografico eseguito sensi della norma UNI EN 13187:2000 “Prestazione termica degli edifici. Rilevazione qualitativa delle irregolarità termiche negli involucri edilizi. Metodo all’infrarosso”.

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- Dispersioni termiche in corrispondenza dell’attacco parete-serramento;
- Dispersioni termiche di telaio e vetro.

Figura 4.5 – Rilievo termografico dei serramenti della corte interna alla scuola



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

Tabella 4.2 – Trasmittanze termiche dei componenti dell’involucro trasparente

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	DIMENSIONI [HXL] [cm]	TIPO TELAIO	TIPO VETRO	TRASMITTANZA TERMICA [W/mqK]	STATO DI CONSERVAZIONE
Serramento ad un’anta	WN01	[1,55x1.65]	alluminio	Vetro singolo	5,70	pessimo
Serramento a due ante	WN02	[1.65x1.60]	alluminio	Vetro singolo	5,68	pessimo
Serramento a tre ante con sopra luce	WN04	[2.50x1.65]	alluminio	Vetro singolo	5,68	pessimo
Serramento a sei ante	WN05	[3.00x0.50]	alluminio	Vetro singolo	5,65	pessimo
Serramento a due ante	WN06	[3.40x1.60]	alluminio	Vetro singolo	5,71	pessimo
Serramento a quattro ante	WN11	[3.35x1.20]	alluminio	Vetro singolo	5,69	pessimo
Serramento a sei ante con sopra luce	WN14	[5.10x1.65]	alluminio	Vetro singolo	5,68	pessimo

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

4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/CLIMATIZZAZIONE INVERNALE

L'impianto di riscaldamento degli ambienti è costituito da un sistema misto con fluido termovettore acqua/aria. In centrale termica sono presenti due generatori di calore a basamento alimentati a gas metano, un gruppo di circolazione costituito da circolatori gemellari a giri fissi e giri variabili, un sistema di distribuzione a colonne montanti ed un sistema di emissione a radiatori.

Per la climatizzazione invernale della palestra annessa alla scuola media, della piscina e dei relativi spogliatoi sono installate tre U.T.A. collegate ai generatori presenti in centrale termica.

4.2.1 Sottosistema di emissione

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

- Bocchette ad aria;
- Radiatori su parete esterna non isolata;
- Radiatori su parete interna.

E' necessario sottolineare che al momento del sopralluogo i radiatori erano in funzione.

Figura 4.6 – Particolare dei radiatori installati in una zona di circolazione della scuola media



Figura 4.7 - Particolare delle bocchette di aerazione installate all'interno della piscina



Figura 4.8 - Particolare delle bocchette di aerazione installate all'interno della palestra



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

E1267 – Scuola media “Don Orenco” e Piscina Comunale

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

ZONA TERMICA	TIPOLOGIA DI TERMINALE	RENDIMENTO
Edificio scolastico	Bocchette in sistemi ad aria calda	97%
	Radiatori su parete esterna non isolata	90%
	Radiatori su parete interna	93%
Piscina	Bocchette in sistemi ad aria calda	95%
	Radiatori su parete esterna non isolata	90%
	Radiatori su parete interna	93%

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

Tabella 4.4 - Riepilogo caratteristiche dei terminali di emissione installati

ZONA TERMICA	PIANO	TIPO DI INSTALLAZIONE	NUMERO	POTENZA TERMICA UNITARIA [kW]	POTENZA TERMICA COMPLESSIVA [kW]	POTENZA FRIGORIFERA UNITARIA [kW]	POTENZA FRIGORIFERA COMPLESSIVA [kW]	
Piscina	Terra	Su parete interna	3	1,03	3,09	-	-	
		Su parete esterna non isolata	2	1,03	2,06	-	-	
		Su parete interna	2	0,67	1,34	-	-	
		Su parete esterna non isolata	2	0,67	1,34	-	-	
		Su parete interna	2	0,45	0,90	-	-	
		Bocchette aria spogliatoi	28	0,08	2,21	-	-	
			Bocchette aria piscina	10	1,85	18,50	-	-
	Primo	Su parete esterna non isolata	1	1,03	1,03	-	-	
		Su parete interna	1	1,03	1,03	-	-	
		Su parete esterna non isolata	1	0,77	0,77	-	-	
		Su parete interna	3	0,93	2,79	-	-	
		Su parete interna	2	0,48	0,96	-	-	
		Su parete esterna non isolata	1	0,93	0,93	-	-	
		Su parete interna	1	0,75	0,75	-	-	
Edificio scolastico	Terra	Su parete esterna non isolata	7	0,77	5,39	-	-	
		Su parete esterna non isolata	3	1,03	3,09	-	-	
		Su parete interna	2	0,77	1,54	-	-	
		Su parete interna	16	0,77	12,32	-	-	
		Su parete interna	1	1,44	1,44	-	-	
		Su parete interna	3	1,03	3,09	-	-	
		Su parete esterna non isolata	2	0,37	0,74	-	-	
		Su parete esterna non isolata	1	1,54	1,54	-	-	
		Su parete esterna non isolata	1	0,96	0,96	-	-	
		Su parete interna	1	0,96	0,96	-	-	
		Su parete interna	2	1,60	3,20	-	-	
		Su parete esterna non isolata	1	1,60	1,60	-	-	
		Su parete esterna non isolata	3	2,88	8,64	-	-	
		Su parete esterna non isolata	1	2,22	2,22	-	-	
		Su parete interna	1	2,88	2,88	-	-	



E1267 – Scuola media “Don Orengo” e Piscina Comunale

	Bocchette aria palestra	24	0,52	12,48	-	-
Primo	Su parete interna	1	0,42	0,42	-	-
	Su parete interna	6	0,77	4,62	-	-
	Su parete interna	2	0,56	1,12	-	-
	Su parete esterna non isolata	7	1,23	8,61	-	-
	Su parete interna	2	1,23	2,46	-	-
	Su parete interna	5	0,67	3,35	-	-
	Su parete interna	2	0,75	1,50	-	-
	Su parete interna	1	1,80	1,80	-	-
	Su parete interna	1	1,49	1,49	-	-
		Bocchette aria locale di servizio	2	0,36	0,72	-
Secondo	Su parete esterna non isolata	6	0,42	2,52	-	-
	Su parete interna	1	0,67	0,67	-	-
	Su parete esterna non isolata	4	0,67	2,68	-	-
	Su parete esterna non isolata	1	0,77	0,77	-	-
	Su parete esterna non isolata	1	1,55	1,55	-	-
	Su parete esterna non isolata	3	1,12	3,36	-	-
	Su parete interna	1	0,60	0,60	-	-
	Su parete interna	3	0,42	1,26	-	-
	Su parete interna	3	0,77	2,31	-	-
	Su parete esterna non isolata	3	1,18	3,54	-	-
	Su parete esterna non isolata	2	0,69	1,39	-	-
	Su parete esterna non isolata	3	1,05	3,15	-	-
	Su parete esterna non isolata	1	0,93	0,93	-	-
	Su parete esterna non isolata	1	1,70	1,70	-	-
	Su parete interna	1	0,33	0,33	-	-
	Terzo	Su parete esterna non isolata	5	0,42	2,10	-
Su parete interna		1	0,42	0,42	-	-
Su parete esterna non isolata		1	0,93	0,93	-	-
Su parete interna		1	0,67	0,67	-	-
Su parete esterna non isolata		4	0,67	2,68	-	-
Su parete interna		1	0,77	0,77	-	-
Su parete esterna non isolata		1	1,55	1,55	-	-
Su parete esterna non isolata		1	1,12	1,12	-	-
Su parete interna		1	0,33	0,33	-	-
Su parete interna		1	0,60	0,60	-	-
Su parete esterna non isolata		3	1,12	3,36	-	-
Su parete interna		1	0,60	0,60	-	-
TOTALE		212	-	167,77	-	-

Nota(1): La potenza dei terminali di emissione è stata calcolata sulla base di quanto fornito dalla P.A. e verificata in sede di sopralluogo.

Nota(2): La differenza di temperatura tra i radiatori e ambiente è assunta pari a 19,0°C, in base a quanto rilevato in sede di sopralluogo.

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

4.2.2 Sottosistema di regolazione

La regolazione del funzionamento dell'impianto della scuola media avviene attraverso l'impostazione degli orari di funzionamento, che al momento del sopralluogo (periodo invernale) era impostata per funzionare dalle 6:00 alle 20:00 dal lunedì al venerdì.

Non sono presenti dei termostati ambiente a servizio del funzionamento dei radiatori.

Gli orari di funzionamento dell'impianto a servizio della piscina sono impostati per funzionare dal lunedì al venerdì dalle 6:00 alle 20:00, il sabato dalle 7:00 alle 15:00 e la domenica dalle 8:00 alle 15:00.

Figura 4.6 - Particolare della centralina di controllo di all'interno della centrale termica



Figura 4.7 - Particolare della centralina di controllo dell'UTA a servizio della palestra

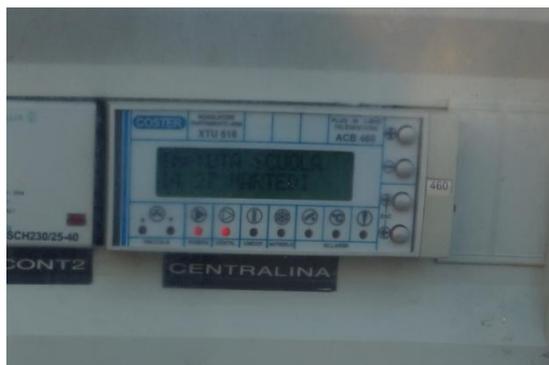


Figura 4.8 - Profilo di funzionamento invernale dell’impianto per la zona termica Edificio scolastico

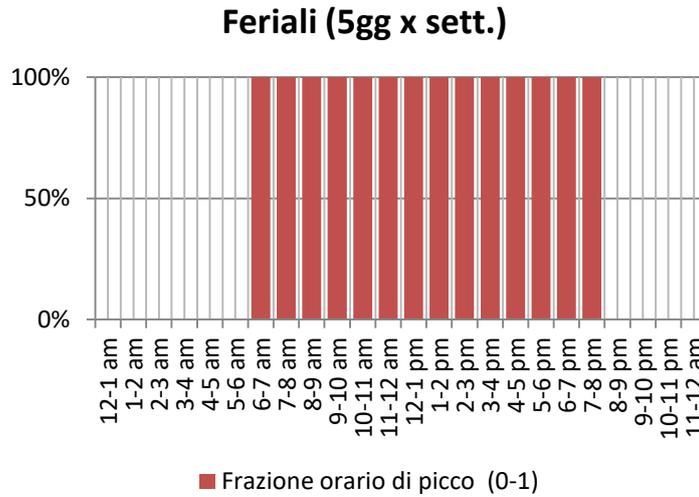
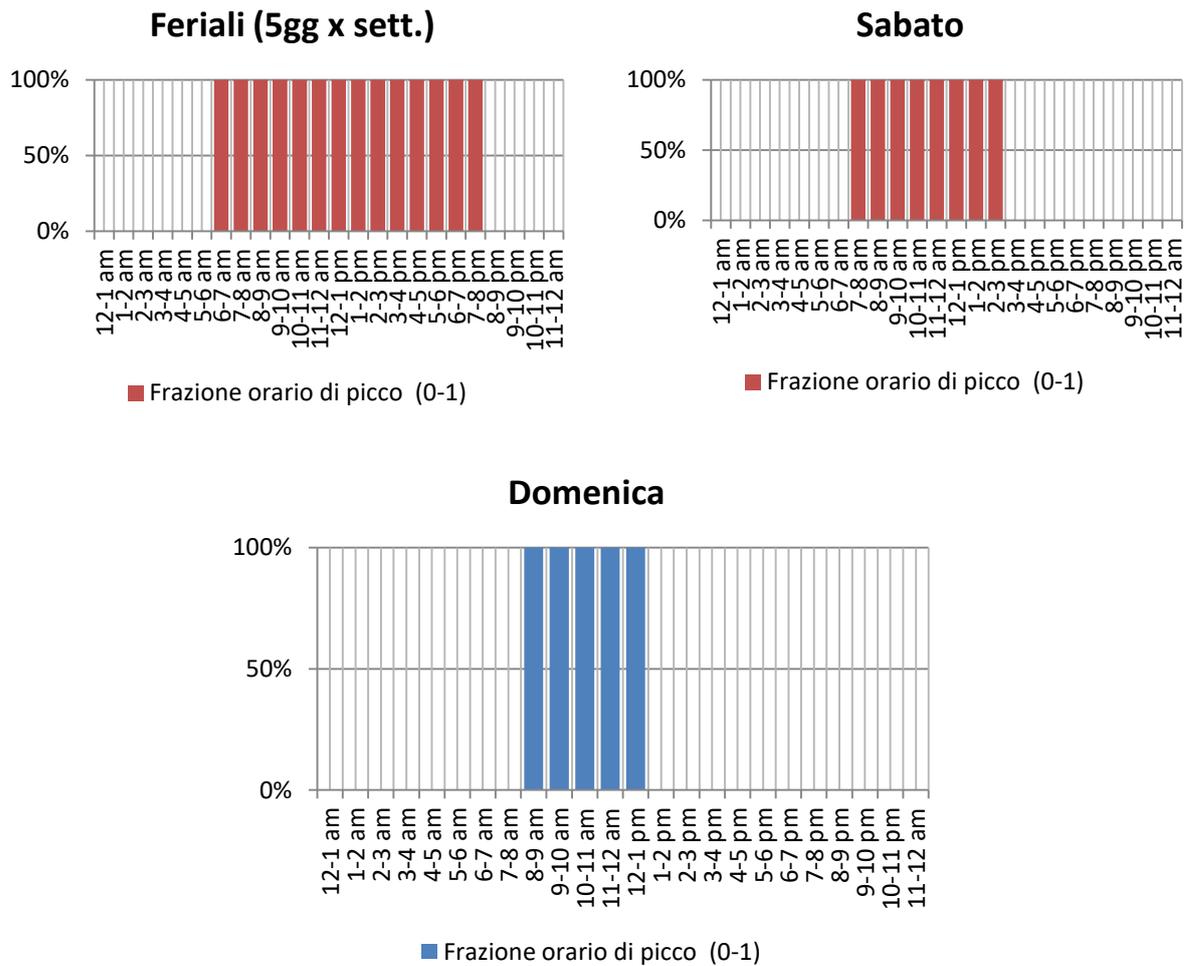


Figura 4.9 - Profili di funzionamento invernale dell’impianto per la zona termica Piscina



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
Edificio scolastico	Climatica centralizzata on/off	87%
Piscina	Climatica centralizzata on/off	90%

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

4.2.3 Sottosistema di distribuzione

Il sottosistema di distribuzione è costituito dai seguenti elementi:

- 1) Circuito primario di collegamento tra i generatori di calore in centrale termica ed i collettori di mandata e ritorno (fluido termovettore acqua).
- 2) Circuiti secondari di mandata alle UTA, all’accumulo per l’ACS degli spogliatoi della piscina, ai radiatori dell’edificio scolastico e della piscina. E’ presente, inoltre, un circuito che alimenta il sistema di riscaldamento dell’acqua nella vasca della piscina.

1) **Circuito primario:** sono presenti due pompe di circolazione a servizio del circuito primario.

Le caratteristiche dei circolatori a servizio del circuito primario sono riportate nella Tabella 4.6.

Tabella 4.6 - Riepilogo caratteristiche pompe circuito primario

NOME		SERVIZIO	PORTATA [m ³ /h]	PREVALENZA [kPa]	POTENZA ASSORBITA [kW]
Circuito primario	P1	Circolazione interna (Circolatore a giri variabili)	n.d. (1)	n.d. (1)	n.d. (1)
Circuito primario	P2	Circolazione interna (Circolatore a giri variabili)	n.d. (1)	n.d. (1)	n.d. (1)
TOTALE			n.d. (1)	n.d. (1)	n.d. (1)

Nota (1): Si precisa che in sede di sopralluogo era in corso una manutenzione all’interno della centrale termica e pertanto non è stato possibile accedere ai dati di targa dei circolatori installati sul circuito primario.

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

Tabella 4.7 – Temperature di mandata e ritorno del circuito primario

CIRCUITO			TEMPERATURA RILEVATA °C	TEMPERATURA CALCOLO °C
Circuito primario	Mandata	Caldo	75 (2)	80 (1)
	Ritorno	Caldo	62 (2)	60 (1)

Nota (1): Valori utilizzati nel modello di calcolo;

Nota (2): Valori ricavati in sede di sopralluogo.

2) **Circuito secondario:** sono presenti otto pompe di circolazione su ciascuna mandata calda per i circuiti secondari più un gruppo pompe di ricircolo per l’acqua calda sanitaria a servizio degli spogliatoi della piscina.

I circuiti secondari sono così denominati:

- Circuito 1: Radiatori Scuola;
- Circuito 2: UTA Palestra;
- Circuito 3.1: ACS Spogliatoi Piscina;
- Circuito 3.2: Ricircolo ACS Spogliatoi Piscina;
- Circuito 4: Scambiatore vasca Piscina;
- Circuito 5: UTA Spogliatoi Piscina;
- Circuito 6: UTA Piscina;
- Circuito 7: Radiatori Piscina.

Le caratteristiche dei circolatori a servizio dei circuiti secondari sono riportate nella Tabella 4.8.

Tabella 4.8 - Riepilogo caratteristiche pompe circuito secondario

	NOME	SERVIZIO	PORTATA m ³ /h	PREVALENZA kPa	POTENZA ASSORBITA kW
Circuito 1	P3	Radiatori Scuola (Circolatore a giri fissi)	n.d.	n.d.	1,45 (1)
Circuito 2	P4	UTA Palestra (Circolatore a giri variabili)	n.d.	n.d.	0,534 (1)
Circuito 2	P5	UTA Palestra (Circolatore a giri variabili)	n.d.	n.d.	0,364 (1)
Circuito 3.1	P6.1	ACS Spogliatoi Piscina (Circolatore a giri variabili)	n.d.	n.d.	0,364 (1)
Circuito 3.2	P6.2	Ricircolo ACS Spogliatoi Piscina (Circolatore a giri fissi)	n.d.	n.d.	n.d. (2)
Circuito 4	P7	Scambiatore vasca Piscina (Circolatore a giri fissi)	n.d.	n.d.	0,950 (1)
Circuito 5	P8	UTA spogliatoi Piscina (Circolatore a giri fissi)	n.d.	n.d.	0,290 (1)
Circuito 6	P9	UTA Piscina (Circolatore a giri variabili)	n.d.	n.d.	1,265 (1)
Circuito 7	P10	Radiatori Piscina (Circolatore a giri fissi)	n.d.	n.d.	0,600 (1)
TOTALE			n.d.	n.d.	5,817 (1)

Nota (1): Valori ricavati da dati di targa

Nota (2): Etichette deteriorate e non leggibili.

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

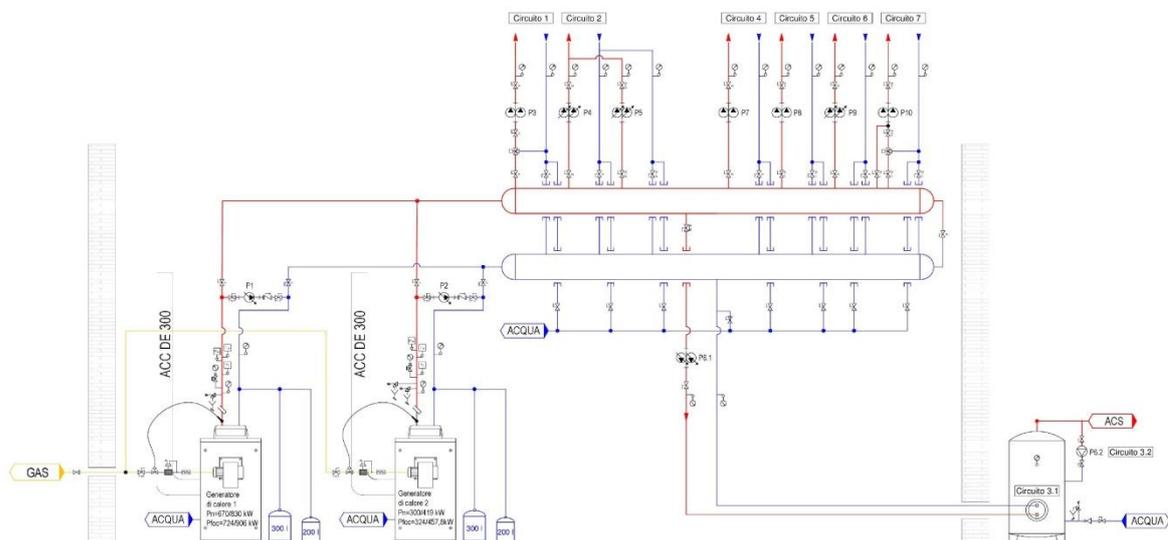
Tabella 4.9 – Temperature di mandata e ritorno dei circuito secondario

	CIRCUITO		TEMPERATURA RILEVATA	TEMPERATURA CALCOLO	
			°C	°C	
Circuito 1		Mandata	Caldo	34 (2)	80 (1)
		Ritorno	Caldo	34 (2)	60 (1)
Circuito 2		Mandata	Caldo	50 (2)	80 (1)
		Ritorno	Caldo	40 (2)	60 (1)
Circuito 3		Mandata	Caldo	44 (2)	50 (1)
		Ritorno	Caldo	40 (2)	40 (1)
Circuito 4		Mandata	Caldo	42 (2)	80 (1)
		Ritorno	Caldo	35 (2)	60 (1)
Circuito 5		Mandata	Caldo	n.d.	80 (1)
		Ritorno	Caldo	n.d.	60 (1)
Circuito 6		Mandata	Caldo	43 (2)	80 (1)
		Ritorno	Caldo	32 (2)	60 (1)
Circuito 7		Mandata	Caldo	39 (2)	80 (1)
		Ritorno	Caldo	30 (2)	60 (1)

Nota (1): Valori utilizzati nel modello di calcolo;

Nota (2): Valori ricavati in sede di sopralluogo.

Figura 4.10 - Particolare dello schema di impianto



Al fine di registrare le temperature dei singoli tratti all'interno della CT si è provveduto ad un rilievo puntuale mediante un termometro del tipo digitale senza contatto ad infrarossi con puntatore laser – CLASSE IIIA.

Il rendimento complessivo del sottosistema di distribuzione è stato assunto nella DE pari all'87%. Tale rendimento è stato calcolato mediante il metodo previsto dalle norme UNI/TS 11300-2 prospetti 21-23.

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

4.2.4 Sottosistema di generazione

Il sottosistema di generazione è costituito da due generatori di calore a basamento installati in centrale termica.

I generatori sono entrambi di produzione ARCA, rispettivamente sono i modelli PRK830 e PRK420. Il riscaldamento degli ambienti della Palestra a servizio della scuola media, della piscina e dei relativi spogliatoi avviene tramite tre UTA collegate ai generatori di calore installati in centrale termica.

Figura 4.11 - Particolare di un generatore installato all'interno della centrale termica



Figura 4.12 - Particolare dell'Uta a servizio della palestra installata in copertura



Figura 4.16 - UTA a servizio della Piscina e degli spogliatoi



Figura 4.17 - Particolare dell'UTA a servizio della Piscina



Le caratteristiche dei sistemi di generazione sono riportate nella Tabella 4.10.

Tabella 4.10 - Riepilogo caratteristiche sistemi di generazione

	Servizio	MARCA	MODELLO	ANNO DI COSTRUZIONE	POTENZA AL FOCOLARE [kW]	POTENZA TERMICA UTILE [kW]	RENDIMENTO	POTENZA ASSORBITA COMPLESSIVA [kW]
Gen 1	Riscaldamento	ARCA	PRK 830	2003	906 (1)	830 (1)	91,4% (1)	0,150 (2)
Bru 1	Riscaldamento	RIELLO	MS2 90S-2	n.d.	-	232 (1)	-	1,50 (1)
Gen 2	Riscaldamento	ARCA	PRK 420	2003	457,8 (1)	419 (1)	91,3% (1)	0,150 (2)
Bru 2	Riscaldamento	RBL	THERMITAL TS 2.50	n.d.	-	115 (1)	-	0,75 (1)
UTA 1	Riscaldamento Palestra	LORAN	CTL I 70	n.d.	-	13,2 (1)	-	0,60 (2)
UTA 2	Riscaldamento Piscina	LORAN	CTL I 70	n.d.	-	18,5 (1)	-	0,60 (2)
UTA 3	Riscaldamento Spogliatoi Piscina	LORAN	CTL 40	n.d.	-	2,20 (1)	-	0,30 (2)

Nota (1): Valori ricavati da dati di targa

Nota (2): Valori desunti da scheda tecnica di generatore con caratteristiche simili e stesso periodo di costruzione

Il rendimento complessivo del sottosistema di generazione, in regime di riscaldamento è stato assunto nella DE pari al 83%.

Dal libretto di centrale, nella sezione relativa alle prove fumi, sono stati rilevati e confrontati i rendimenti di combustione dei generatori installati. Il valore del rendimento di combustione alla data del 29/11/2017 è pari a 91,4% per il generatore 1 ed un valore pari a 91,3% per il generatore 2.

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

4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA

La produzione di acqua calda sanitaria per gli spogliatoi della piscina è eseguita tramite i medesimi generatori di calore deputati al riscaldamento.

Per quanto riguarda la produzione per la scuola media si rileva la presenza di n.2 bollitori elettrici ad accumulo installati localmente nei servizi igienici a ad uso degli studenti e del personale dell’istituto.

Si sottolinea che in sede di sopralluogo è stata rilevata la presenza di un impianto solare termico per produzione di acqua calda sanitaria.

Tale impianto, installato sul piano di copertura della piscina comunale, è costituito da 40 moduli aventi dimensione 122x194 cm.

L’area totale di captazione dell’impianto è pari a 94,70 m².

Al momento del sopralluogo tale impianto non risultava in esercizio.

Figura 4.18 - Particolare di un boiler elettrico per la produzione di acqua calda sanitaria



Figura 4.19 - Particolare dell’impianto solare termico installato in copertura



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

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

SOTTOSISTEMA DI EROGAZIONE	SOTTOSISTEMA DI DISTRIBUZIONE	SOTTOSISTEMA DI RICIRCOLO	SOTTOSISTEMA DI ACCUMULO	SOTTOSISTEMA DI GENERAZIONE	RENDIMENTO GLOBALE MEDIO STAGIONALE
100% (1)	93% (1)	n.d.	n.d.	6% (1)	5,6% (1)

Nota (1) Valori ricavati dal modello di calcolo

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 PC, distributori automatici 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 4.12.

Tabella 4.12 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA NOMINALE [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]	ORE ANNUE DI UTILIZZO [ore]
Edificio scolastico	PC	2	220	440	400
	STAMPANTE	1	80	80	200
	FRIGORIFERO	1	380	380	5520
	DISTRIBUTORE CAFFE'	1	1350	1350	200
	FORNO MICROONDE	1	1000	1000	300
	DISTRIBUTORE CIBI E BEVANDE	1	500	500	5520
	TABELLONE SEGNAPUNTI	1	200	200	200
	ASCENSORE	1	12000	12000	200
Piscina	PC	1	220	220	400
	STAMPANTE	1	80	80	200
	DISTRIBUTORE CAFFE'	1	1350	1350	200
	DISTRIBUTORE CIBI E BEVANDE	1	500	500	4000
	ASCIUGACAPELLI	20	2000	40000	200
	STUFE ELETTRICHE	3	2000	6000	200
	DEUMIDIFICATORE	1	500	500	200
	POMPA RICIRCOLO FILTRI	1	5500	5500	1800

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 di diverse tipologie, ovvero neon, alogene, a basso consumo e LED in funzione della tipologia di utilizzo dei locali:

Le principali tipologie di corpi illuminanti sono di seguito elencati:

- Lampade a neon installate a soffitto nelle zone di circolazione interna, nelle aule e nei servizi igienici della scuola media;
- Lampade a basso consumo installate nella zona di ingresso della scuola media;
- Proiettori alogeni installati all'interno della palestra;
- Proiettori LED installati all'interno della piscina;
- Illuminazione LED all'interno degli spogliatoi e negli spazi di circolazione interna della piscina.

Figura 4.13 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati all'interno di un ufficio della scuola media



L'elenco e le caratteristiche dei corpi illuminanti sono riportate nella Tabella 4.13.

Tabella 4.13 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA UNITARIA [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]
Edificio scolastico	Tubolare	106	72 (2x36)	7632
	Tubolare	106	36 (1x36)	3816
	Tubolare	3	36 (2x18)	108
	Tubolare	9	58 (1x58)	522
	Tubolare	32	116 (2x58)	3712
	Tubolare	3	72 (4x18)	216
	Incandescenza	6	60	360
	Basso consumo	14	40	560
	Tubolare emergenza	21	18 (1x18)	378
	Proiettore alogeno	15	450	6750
Piscina	Plafoniera LED	72	21	1512
	Tubolare	4	36 (2x18)	144
	Tubolare	2	18 (1x18)	36
	Tubolare	1	72 (2x36)	72
	Tubolare	2	36 (1x36)	72
	Basso consumo	4	40	160
	Proiettore LED	9	150	1350
	Tubolare emergenza	34	18 (1x18)	612

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

Figura 4.14 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati in palestra



Figura 4.22 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati in piscina



4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DI IMPIANTI DI PRODUZIONE ENERGIA ELETTRICA E COGENERAZIONE

Attualmente è presente un impianto Fotovoltaico installato sulla copertura opaca al di sopra della palestra, con un potenza di picco di 17,180 kWp. Il suddetto impianto è costituito da 32 moduli con potenza di picco pari a 235Wp e 42 moduli di potenza pari a 230Wp per un totale di 74 moduli policristallini, installati con inclinazione di circa 30° su apposito supporto metallico.

Figura 4.15 - Vista dell'impianto fotovoltaico



Tabella 4.14 – Caratteristiche impianto fotovoltaico

TIPO DI IMPIANTO	SUPERFICIE [mq]	TIPO DI MODULI	POTENZA INSTALLATA [kW]	RENDIMENTO IMPIANTO	ENERGIA PRODOTTA [kWh/anno]
Fotovoltaico	120,90 (1)	Policristallini (1)	17,084 (1)	84% (1)	19.213 (2)

Nota (1) Valore calcolato sulla base di considerazioni effettuate in sede di sopralluogo in ragione dei dati rilevati sulle targhe dei componenti impiantisti e sui quadri elettrici

Nota (2) Valore ricavati dal modello di calcolo

In sede di sopralluogo è stata rilevata la presenza di un impianto di cogenerazione del calore. Tale impianto è situato in copertura all’edificio ed è costituito da n.3 generatori a condensazione modulari, installati entro cassonato metallico da esterno. Sulla targa del generatore è stata rilevata una potenza termica nominale (80/60°C) pari a 107,0 kW e una portata termica pari a 110,2kW. Si sottolinea che al momento del sopralluogo tale generatore non era in esercizio.

Figura 4.24 - Vista dell’impianto di cogenerazione a installato in copertura a servizio dell’edificio



Figura 4.25 – Particolare dell’impianto di cogenerazione installato in copertura



Le caratteristiche di tali impianti rilevati in sede di sopralluogo e delle relative caratteristiche tecniche sono riportate nella Sezione 9 dell’Allegato J – Schede di Audit.

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 e la produzione di ACS, 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

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

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

- Centrale termica per il riscaldamento degli ambienti dell'Edificio scolastico, della Piscina comunale e produzione di acqua calda sanitaria per gli spogliatoi della Piscina.

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 [Sm ³]	2015 [Sm ³]	2016 [Sm ³]	2014 [kWh]	2015 [kWh]	2016 [kWh]
3270036802545	Riscaldamento/ Produzione ACS	123.852	109.379	114.175	1.166.685	1.030.350	1.075.529

Essendo attivo per l'edificio il servizio A del SIE3 non si è svolta l'analisi dei consumi storici forniti dalla società di distribuzione in quanto non sono state fornite le bollette (non in possesso della PA). Considerando che i consumi di gas metano a servizio degli impianti di riscaldamento degli ambienti sono soggetti a variazioni dovute all'andamento degli effettivi dati climatici che hanno caratterizzato il triennio di riferimento, si è reso necessario riportare tali consumi ad un comportamento normalizzato e non più strettamente dipendente dalle caratteristiche climatiche dell'anno a cui si

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

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

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

Dove:

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

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

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

Tale consumo è stato valutato scorporando, dal consumo complessivo del contatore che alimenta la centrale termica, il contributo per la produzione di acqua calda sanitaria, valutato considerando che la centrale termica è utilizzata per la produzione di ACS a servizio della piscina. Secondo le UNI TS 11300 tale contributo, valutato in base al numero delle docce ed alla destinazione d'uso dell'edificio è pari al 9% del totale.

Si precisa inoltre che per l'edificio in esame sono presenti due differenti destinazioni d'uso con profili di utilizzo nettamente differenti. Come definito nel capitolo 3 si utilizzeranno due serie di GG per normalizzare i consumi imputabili alla scuola media e i consumi imputabili invece alla piscina. Prima di procedere al calcolo analitico si fa presente che, in condizioni standard come definito dalle UNI TS 11300 alla scuola media è ascrivibile il 44,7% dei consumi totali. Tale dato è coerente con le volumetrie delle due zone e soprattutto con le temperature interne di progetto (20°C per la scuola e 28°C per la piscina).

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

$$Q_{baseline} = \bar{a}_{rif1} \times GG_{rif1} + \bar{a}_{rif2} \times GG_{rif2} + \bar{Q}_{ACS}$$

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;

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 5.3 – Normalizzazione dei consumi annuali di energia termica

EDIFICIO SCOLASTICO

ANNO	GG _{REAL} SU 109 GIORNI	GG _{RIF} SU 109 GIORNI	CONSUMO REALE RISC. [Smc]	CONSUMO REALE RISC. [kWh]	α_{rif}	CONSUMO NORMALIZZATO A 919 GG [kWh]	CONSUMO ACS [kWh]	CONSUMO ALTRO [kWh]
2014	1.177	919	50.379	474.706	403,5	370.971	-	-
2015	1.117	919	44.492	419.235	375,4	345.138	-	-
2016	1.190	919	46.443	437.618	367,7	338.077	-	-
Media	1.161	919	47.105	443.853	382,2	351.451	-	-

Tabella 5.4 – Normalizzazione dei consumi annuali di energia termica

PISCINA

ANNO	GG _{REAL} SU 154 GIORNI	GG _{RIF} SU 154 GIORNI	CONSUMO REALE RISC. [Smc]	CONSUMO REALE RISC. [kWh]	α_{rif}	CONSUMO NORMALIZZATO A 1.303 GG [kWh]	CONSUMO ACS [kWh]	CONSUMO ALTRO [kWh]
2014	1.639	1.303	62.326	587.279	358,2	466.914	105.002	-
2015	1.576	1.303	55.043	518.653	329,1	428.913	92.732	-
2016	1.642	1.303	46.443	437.618	266,4	347.280	96.798	-
Media	1.619	1.303	54.604	514.517	317,7	414.138	98.177	-

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 interventi di efficientamento, quanto più all’aumento delle temperature esterne medie mensili rilevate nel triennio di riferimento.

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}	98.177
$\bar{a}_{rif1} \times GG_{rif1} + \bar{a}_{rif2} \times GG_{rif2}$	765.589
$Q_{baseline}$	863.766

5.1.2 Energia elettrica

La fornitura di energia elettrica avviene tramite la presenza di un contatore il quale risultato a servizio dei seguenti utilizzi:

- Edificio scolastico;
- Piscina.

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

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

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

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

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

POD	ZONA SERVITA	2014 [kWh]	2015 [kWh]	2016 [kWh]	MEDIA [kWh]
IT001E00096947	Edificio scolastico+Piscina	53.685	49.035	55.971	52.897
TOTALE		53.685	49.035	55.971	VALORE MEDIO FATTURATO 52.897

Come si evince dalla Tabella 5.4 i consumi ricavati dall’analisi delle fatture, confrontati con i consumi annuali elaborati e forniti dalla PA ed identificati per l’edificio oggetto della DE all’interno del file “kyotoBaseline-EXXXX”, presentano alcune differenze come di seguito riassunto:

E1267 – Scuola media “Don Orenco” e Piscina Comunale

- Per il 2014 l’analisi delle fatture ha prodotto un dato superiore del 35% circa; (valore desunto dal file “kyotoBaseline-EXXXX”: 39.626 kWh)
- Per il 2015 l’analisi delle fatture ha prodotto un dato inferiore del 5% circa; (valore desunto dal file “kyotoBaseline-EXXXX”: 51.798 kWh)
- Per il 2016 l’analisi delle fatture ha prodotto un dato inferiore dell’8% circa. (valore desunto dal file “kyotoBaseline-EXXXX”: 60.604 kWh)

Il dato medio desumibile dall’analisi delle fatture si discosta dunque dal dato di fornito dalla PA di circa il 4% in più (valore desunto dal file “kyotoBaseline-EXXXX”: 50.676 kWh).

Considerando che lo scostamento fra il dato ottenuto a seguito dell’analisi della fatturazione e quello fornito dalla PA nel file “kyotoBaseline-EXXXX” è inferiore al 10%, si è deciso di utilizzare il dato fornito dalla PA per la validazione del modello energetico. Pertanto, si assume come valore di baseline 50.676 kWh.

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

POD: IT001E00096947	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 14	4.550	1.862	689	7.101
Feb - 14	4.541	2.041	1.106	7.688
Mar - 14	3.960	1.776	946	6.682
Apr - 14	1.661	1.238	2.537	5.436
Mag - 14	2.739	1.567	730	5.036
Giu - 14	1.523	804	443	2.770
Lug - 14	301	210	275	786
Ago - 14	14	88	226	328
Set - 14	1.826	878	420	3.124
Ott - 14	3.574	1.146	459	5.179
Nov - 14	3.121	958	479	4.558
Dic - 14	3.505	1.018	474	4.997
Totale	31.315	13.586	8.784	53.685
POD: IT001E00096947	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 15	4.241	929	457	5.627
Feb - 15	4.027	1.130	428	5.585
Mar - 15	3.974	1.158	381	5.513
Apr - 15	2.671	905	403	3.979
Mag - 15	2.364	956	815	4.135
Giu - 15	1.660	526	524	2.710
Lug - 15	60	265	419	744
Ago - 15	27	254	427	708
Set - 15	1.637	750	419	2.806
Ott - 15	3.466	1.165	510	5.141
Nov - 15	4.749	1.397	491	6.637
Dic - 15	3.768	1.099	583	5.450
Totale	32.644	10.534	5.857	49.035
POD: IT001E00096947	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 16	4.648	1.311	565	6.524

**E1267 – Scuola media “Don Orenco” e Piscina Comunale**

Feb - 16	4.922	1.484	488	6.894
Mar - 16	4.032	1.266	538	5.836
Apr - 16	3.361	1.258	899	5.518
Mag - 16	2.954	827	507	4.288
Giu - 16	1.508	575	527	2.610
Lug - 16	155	330	436	921
Ago - 16	475	714	464	1.653
Set - 16	1.950	1.141	600	3.691
Ott - 16	3.373	1.031	490	4.894
Nov - 16	4.881	1.165	607	6.653
Dic - 16	4.020	1.356	1.113	6.489
Totale	36.279	12.458	7.234	55.971

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 bis.

Tabella 5.8 – Consumi mensili fatturati

	F1	F2	F3	TOTALE
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	4.480	1.367	570	6.417
Febbraio	4.497	1.552	674	6.722
Marzo	3.989	1.400	622	6.010
Aprile	2.564	1.134	1.280	4.978
Maggio	2.686	1.117	684	4.486
Giugno	1.564	635	498	2.697
Luglio	172	268	377	817
Agosto	172	352	372	896
Settembre	1.804	923	480	3.207
Ottobre	3.471	1.114	486	5.071
Novembre	4.250	1.173	526	5.949
Dicembre	3.764	1.158	723	5.645
Totale	33.413	12.193	7.292	52.897

Tabella 5.8 bis – Consumi mensili di Baseline

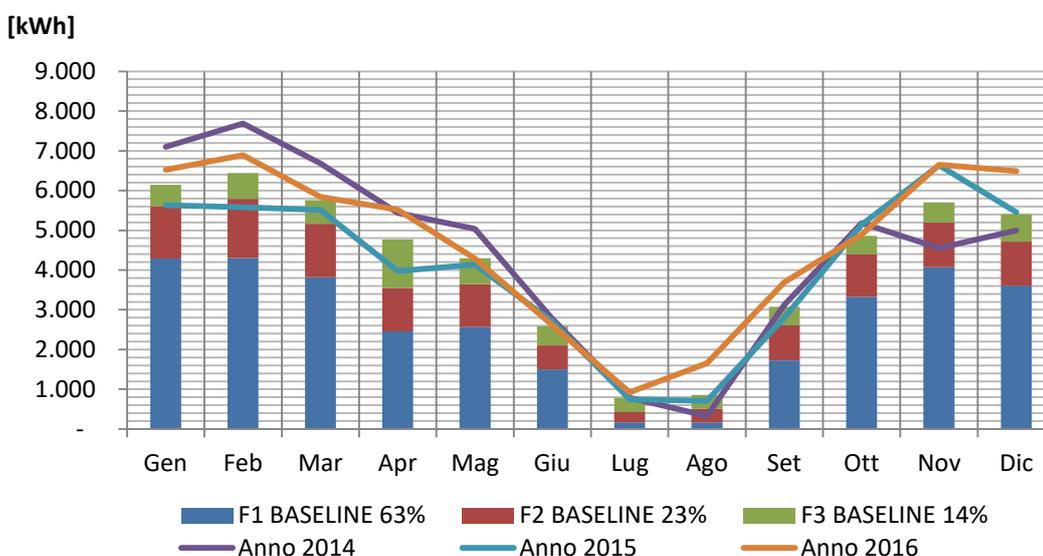
BASELINE	F1	F2	F3	TOTALE
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	4.292	1.310	546	6.148
Febbraio	4.308	1.487	646	6.440
Marzo	3.821	1.341	596	5.758
Aprile	2.457	1.086	1.226	4.769
Maggio	2.573	1.070	655	4.298
Giugno	1.498	608	477	2.583
Luglio	165	257	361	783
Agosto	165	337	357	859
Settembre	1.729	884	460	3.072

E1267 – Scuola media “Don Orenco” e Piscina Comunale

Ottobre	3.325	1.067	466	4.858
Novembre	4.072	1.124	504	5.700
Dicembre	3.606	1.109	693	5.408
Totale	32.010	11.681	6.986	50.676

L'andamento dei consumi elettrici mensili nel triennio di riferimento e di Baseline è riportato nei grafici in Figura 5.1.

Figura 5.1 – Confronto tra i profili mensili elettrici reali e i valori di Baseline per il triennio di riferimento



I profili di prelievo mensili nel triennio di riferimento presentano andamenti coerenti con l'utilizzo del fabbricato. La presenza di una base di consumo sempre presente anche in assenza di utilizzo dell'immobile potrebbe essere imputata ad alcune fra le seguenti cause:

- Presenza di attrezzature elettriche, come peraltro già definite nel paragrafo 4.4 e dettagliatamente nella tabella 4.12, che potrebbero non essere staccate dalla rete quando la scuola è chiusa come ad esempio i distributori automatici, i pc e le stampanti lasciati in standby o i consumi residui dell'ascensore;
- Presenza di punti luce interni che rimangono accesi;
- Presenza di punti luce esterni che vengono accesi anche nei periodi in cui l'edificio non è utilizzato;
- Utilizzo da parte di utenti terzi dell'edificio.

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

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

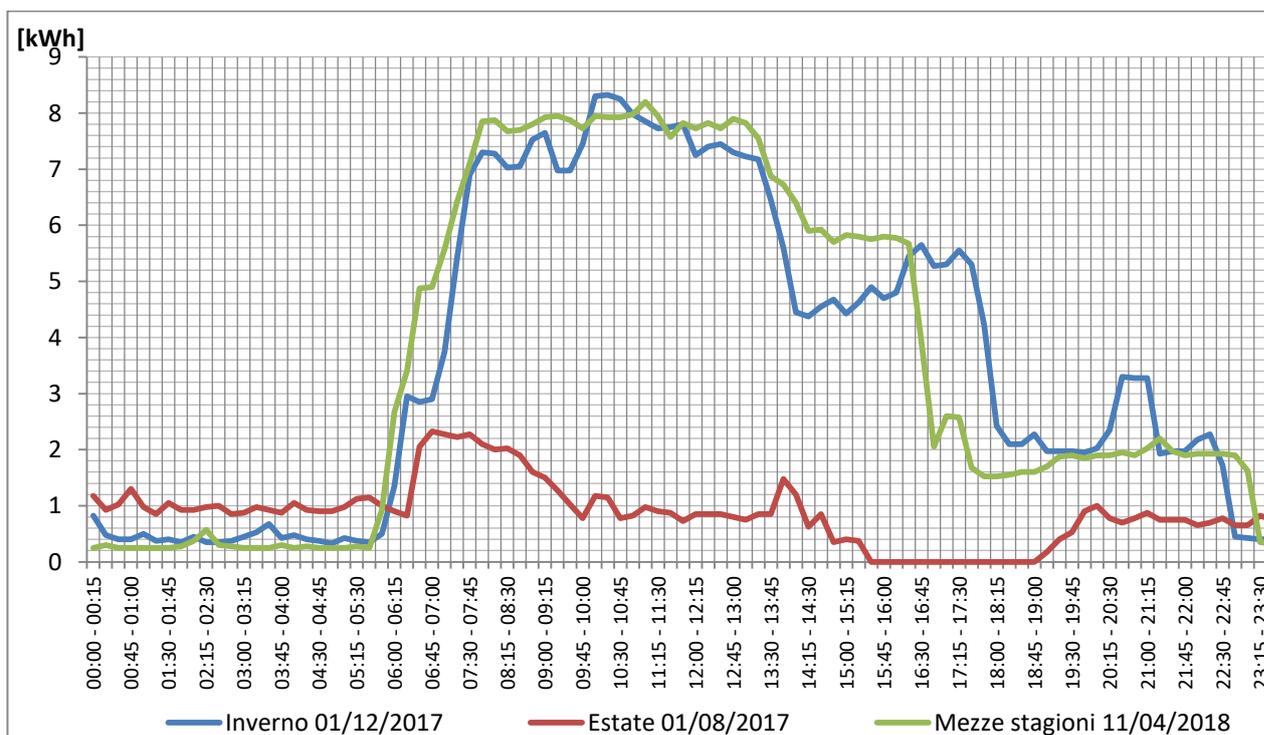
Le giornate analizzate sono riportate nella Tabella 5.9.

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

PROFILO	DATA	GIORNO DELLA SETTIMANA	PERIODO	TEMPERATURA ESTERNA MEDIA [°C]
Profilo 1	01/12/2017	Venerdi	Periodo scolastico	6,0
Profilo 2	01/08/2017	Martedi	Periodo di Vacanze	29,0
Profilo 3	11/04/2018	Mercoledì	Periodo scolastico	12,0

L'andamento dei profili giornalieri di consumo è riportato nei grafici in Figura 5.2.

Figura 5.2 – Profili giornalieri tipo dei consumi elettrici per il POD IT001E00096947



Dai grafici così ottenuti si rileva un andamento dei consumi di tipo “a campana”. Tali andamenti risultano coerenti rispetto alle caratteristiche delle utenze rilevate in sede di sopralluogo.

Il prelievo di potenza massima è pari a 8,33 kWh e si verifica nel periodo invernale alla data 01/12/2017. Tale potenza richiesta risulta coerente con la potenza massima erogata dal contatore installato.

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

5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI

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

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

Tabella 5.10 - Fattori di emissione di CO₂.

COMBUSTIBILE	FATTORE DI CONVERSIONE
	kgCO ₂ /kWh
Energia elettrica	* 0,467
Gas naturale	* 0,202

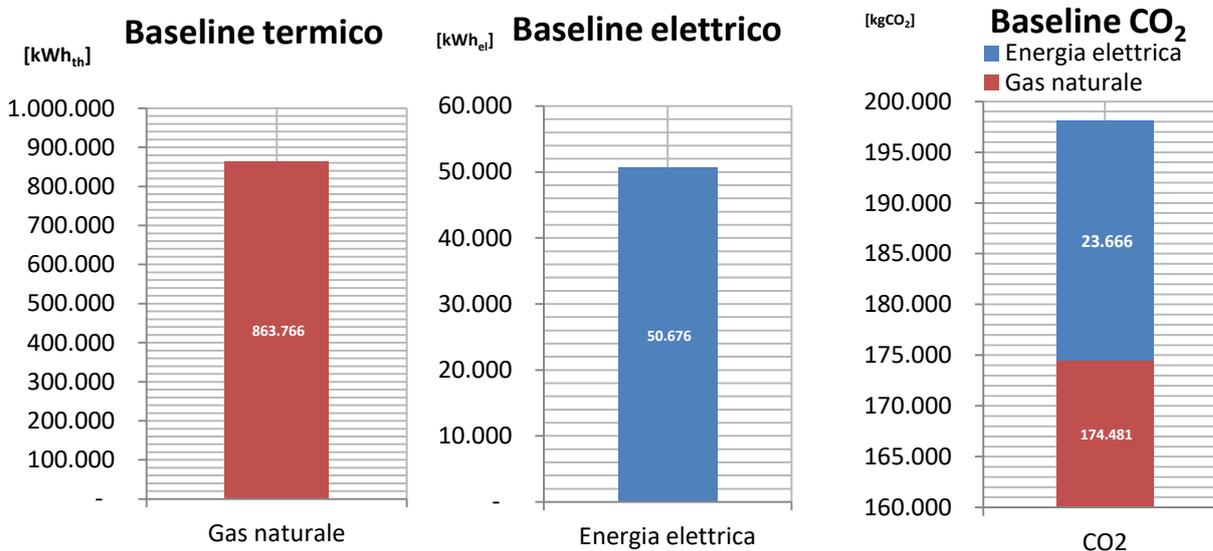
* da “Linee Guida Patto dei Sindaci” per anno 2010

Applicando tali fattori di conversione è stato possibile valutare la Baseline delle emissioni di CO₂, come riportato nella Tabella 5.11 – Baseline delle emissioni di CO₂ e nella Figura 5.3.

Tabella 5.11 – Baseline delle emissioni di CO₂.

COMBUSTIBILE	CONSUMO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE	
	[kWh]	[tCO ₂ /MWh]	[tCO ₂]
Energia elettrica	50.676	* 0,467	23.666
Gas naturale	863.766	* 0,202	174.481

Figura 5.3 – Rappresentazione grafica della Baseline dei consumi e delle emissioni di CO₂.



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

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

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

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

Tabella 5.13 – Fattori di riparametrizzazione

E1267 – Scuola media “Don Orenco” e Piscina Comunale

PARAMETRO		VALORE	U.M.
FATTORE 1	Superficie netta riscaldata	5.500	m ²
FATTORE 1	Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	6.292	m ²
FATTORE 1	Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate)	30.076	m ³

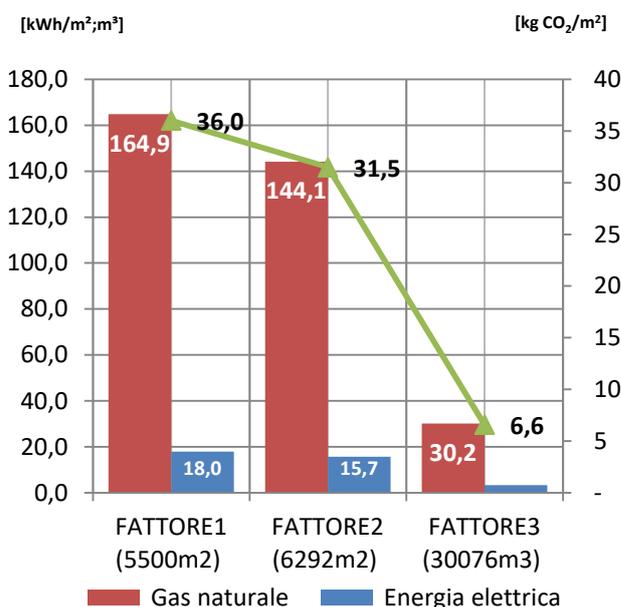
Nella Tabella 5.14 e nella Tabella 5.15 sono riportati gli indicatori di performance valutati coerentemente con quanto riportato nella sezione 2.5 dell’Allegato J – Schede di Audit.

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

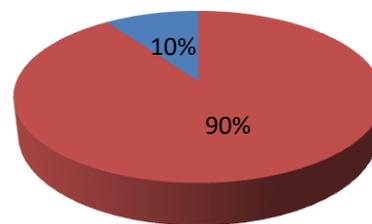
VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA TOTALE	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA TOTALE	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA TOTALE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3	FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3
	[kWh/anno]		[kWh/anno]	[kWh/m ²]	[kWh/m ²]	[kWh/m ³]	[Kg CO ₂ /m ²]	[Kg CO ₂ /m ²]	[Kg CO ₂ /m ³]
Gas naturale	863.766	1,05	906.954	164,9	144,1	30,2	31,72	27,73	5,80
Energia elettrica	50.676	2,42	122.636	22,3	19,5	4,1	4,30	3,76	0,79
TOTALE			1.029.590	187	164	34	36	31	7

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

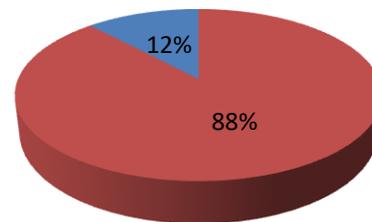
VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA NON RINN.	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA NON RINN.	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3	FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3
	[kWh/anno]		[kWh/anno]	[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	863.766	1,05	906.954	164,9	144,1	30,2	31,72	27,73	5,80
Energia elettrica	50.676	1,95	98.818	18,0	15,7	3,3	4,30	3,76	0,79
TOTALE			1.005.773	183	160	33	36	31	7

Figura 5.4 – Indicatori di performance e relative emissioni di CO₂ valutati in funzione della superficie utile riscaldata

 Figura 5.5 – Ripartizione % dei consumi di energia primaria e delle relative emissioni di CO₂

Ripartizione % energia primaria



Ripartizione % emissioni CO₂



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

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

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

La formula definita è sotto riportata:

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

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

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

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

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

Tabella 5.16 – Indicatori di performance energetici

COMBUSTIBILE	IEN _R			IEN _E		
	Wh/(m ³ GG anno)			Wh/(m ² anno)		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Gas Naturale	19,464	17,189	17,943	-	-	-
Energia elettrica	-	-	-	5,213	6,814	6,667

La valutazione dei consumi energetici specifici (IEN) calcolati per la scuola in esame avviene paragonandoli ai consumi specifici di riferimento relativi ad un campione significativo della realtà nazionale.

Nelle tabelle che seguono sono riportati i consumi specifici di riferimento organizzati per tipologia scolastica e per classe di merito rispetto alla qualità energetica.

In particolare la classe di merito della scuola in esame si individua in base alla collocazione nelle tabelle di riferimento dello IEN calcolato; tali parametri sono riportati nell’Allegato M – Report di Benchmark.

Tabella 5.17 – Classi di merito dei consumi specifici di riferimento per riscaldamento

	Wh _t / m ³ x GG x anno		
	Buono	Sufficiente	Insufficiente
Materne	minore di 18,5	da 18,5 a 23,5	maggiore di 23,5
Elementari	minore di 11,0	da 11,0 a 17,5	maggiore di 17,5
Medie, Secondarie Sup.	minore di 11,5	da 11,5 a 15,5	maggiore di 15,5

Tabella 5.18 – Classi di merito dei consumi specifici di riferimento per energia elettrica

	kWh _e / m ² x anno		
	Buono	Sufficiente	Insufficiente
Materne	minore di 11,0	da 11,0 a 16,5	maggiore di 16,5
Elementari, Medie, Secondarie Sup. tranne Ist.Tecn.Ind. e Ist.Prof.Ind.	minore di 9,0	da 9,0 a 12,0	maggiore di 12,0
Ist.Tecn. Ind., Ist. Prof. Ind.	minore di 12,5	da 12,5 a 15,5	maggiore di 15,5

6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO

6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO

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

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

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

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

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale non rinnovabile	EP _{gl,nren}	kWh/mq anno	350,7540	342,7916
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	306,8742	304,0034
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	30,4905	30,1167
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	12,8069	8,2978
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	0,5823	0,3737
Emissioni equivalenti di CO2	CO _{2eq}	Kg/mq anno	74,400	71,542

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

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
	[m ³ /anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	180 316	1 783 506
Energia Elettrica	-	156 692

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

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

Dove:

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

- $E_{baseline}$ è il consumo energetico reale di baseline dell’edificio assunto rispettivamente pari al $Q_{baseline}$ e a $EE_{baseline}$

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

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

FABBISOGNO	Corrispondenza UNI TS 11300 [kWhel]
Energia ausiliaria complessiva assorbita dal sottosistema di generazione per la produzione di ACS	$E_{W, aux, gn}$
Fabbisogno di energia elettrica per gli ausiliari di distribuzione (Riscaldamento e ACS)	$E_{W, aux, d} + E_{W, aux, d}$
Fabbisogno di energia elettrica per l’illuminazione interna dell’edificio	$E_{L,int}$
Fabbisogno di energia elettrica per i sistemi di trasporto (+ eventuali altri carichi interni)	$E_T + E_{altro}^{(*)}$

Nota (*) Tale contributo non è definito all’interno delle norme UNITS 11300 pertanto è stato valutato dall’Auditor sulla base delle ore di funzionamento dei singoli apparecchi e della loro potenza di targa come indicato nella tabella 4.13 - Elenco caratteristiche altre utenze elettriche.

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 che l’impianto ha una gestione del tipo intermittente e che non è in funzione tutti i giorni della settimana. Inoltre si è considerato che la temperatura interna degli ambienti non è mai pari a quella di progetto e, essendo notevolmente inferiore ai 20°C, questo ha determinato un consumo in termini di energia termica inferiore.

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale non rinnovabile	$EP_{gl,nren}$	kWh/mq anno	179,4110	174,8870
Climatizzazione invernale	EP_H	kWh/mq anno	147,7205	145,2809
Produzione di acqua calda sanitaria	EP_w	kWh/mq anno	28,3552	28,0163
Ventilazione	EP_v	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	EP_c	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	EP_L	kWh/mq anno	2,8615	1,3653
Trasporto di persone e cose	EP_T	kWh/mq anno	0,4737	0,2246

Emissioni equivalenti di CO2	CO _{2eq}	Kg/mq anno	37,125	35,749
------------------------------	-------------------	------------	--------	--------

Gli indici di prestazione energetica sopra riportati corrispondono ad un quantitativo annuo di vettore energetico consumato, riportato nella Tabella 6.5. Inoltre si fa presente che gli indici calcolati sono paragonabili a quelli calcolati nelle tabelle 5.13 e 5.14. Le incongruenze nell'ordine del 10% sono riconducibili alla porzione di energia elettrica imputabile alle FEM così come calcolate nel paragrafo 4.5 e non inserite all'interno del modello di calcolo.

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	CONSUMO
	[mc/anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	91.695	863.766
Energia Elettrica	-	49.117

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

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

$Q_{teorico}$	$Q_{baseline}$	Congruità
[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
863.766	863.766	0,0

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]	[%]
49.117	50.676	3,1

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

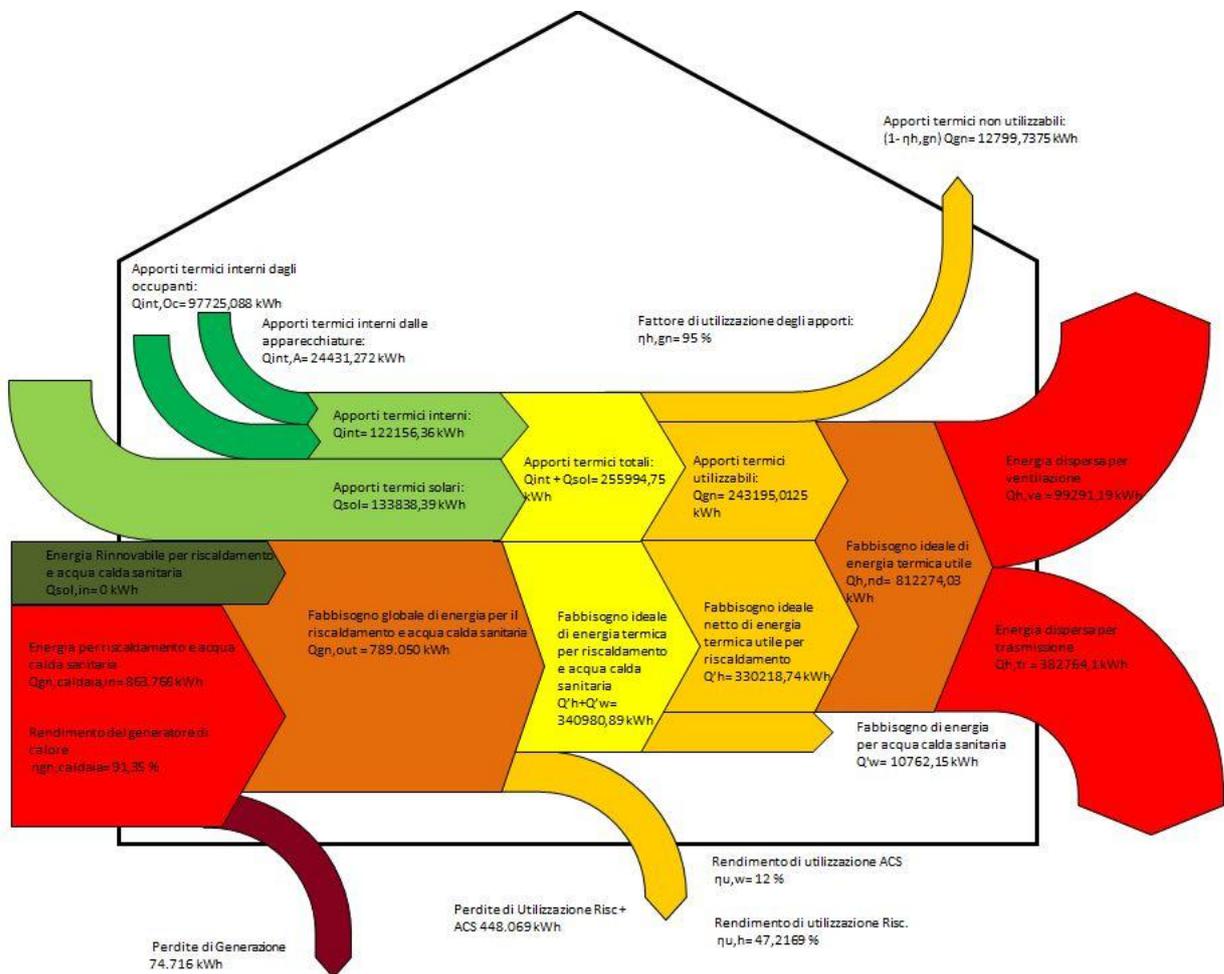
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

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

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

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

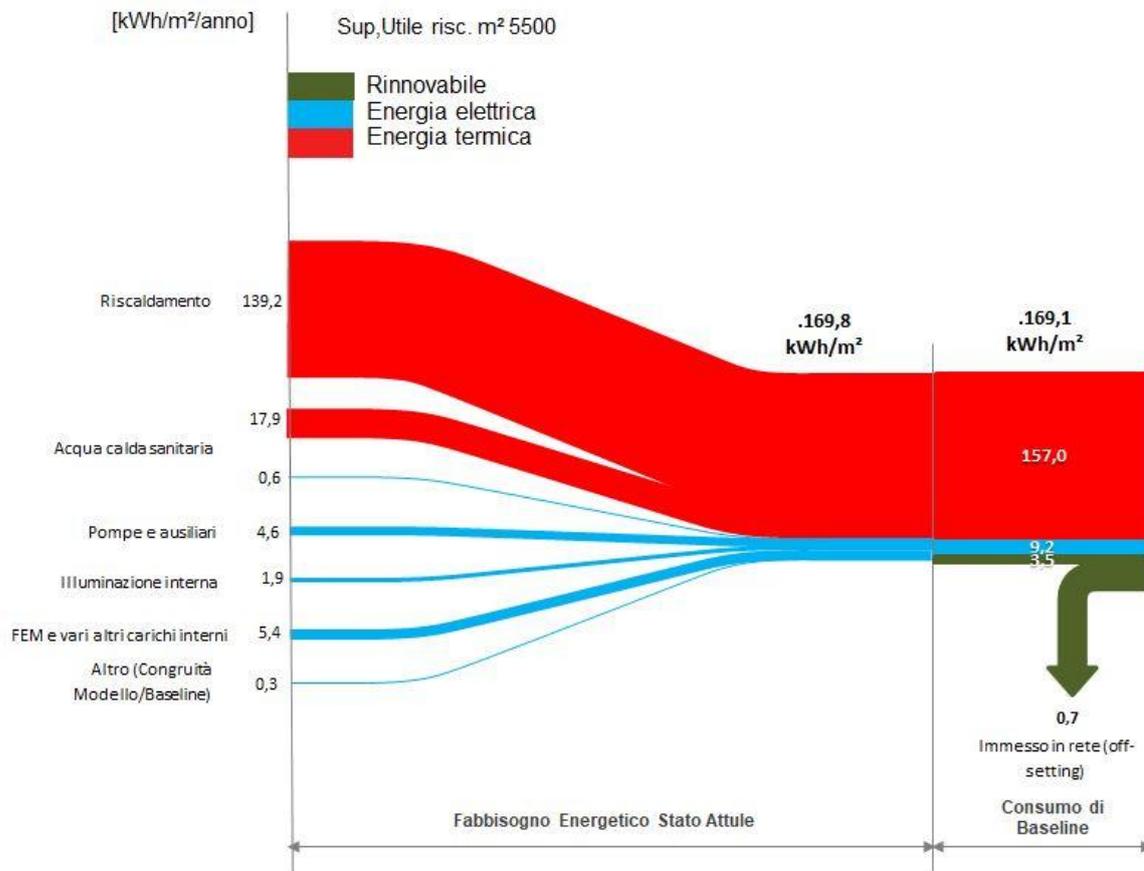
Figura 6.1 – Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio allo stato attuale



Dall'analisi del diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio è possibile notare che le perdite di generazione sono notevoli e che il fabbisogno di energia per la produzione di ACS è da considerarsi importante in quanto il rendimento di generazione del sistema è molto basso.

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

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



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

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

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

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

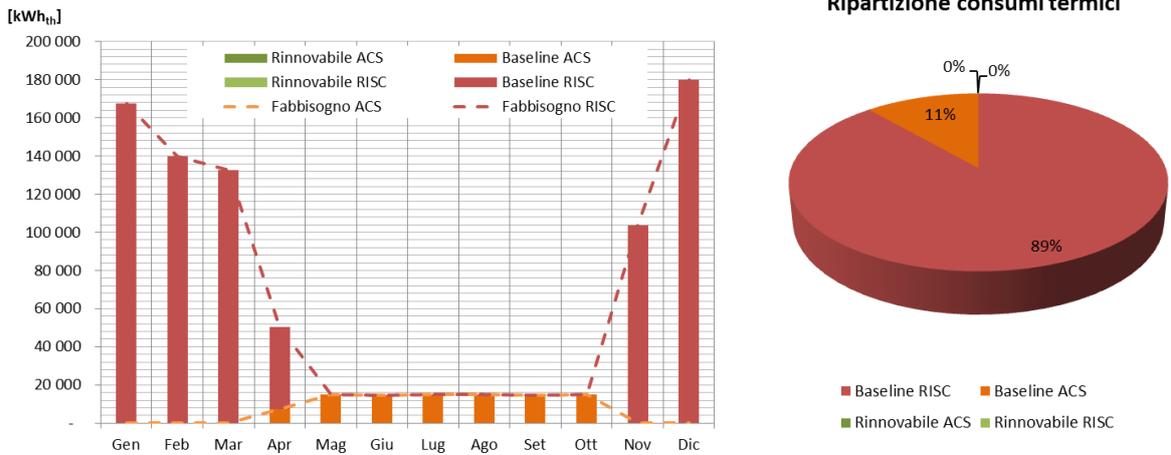
Dall’analisi del diagramma di Sankey relativo al bilancio energetico complessivo dell’edificio è possibile notare che il maggior quantitativo di energia è impiegato per il riscaldamento degli ambienti.

6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI

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

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

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



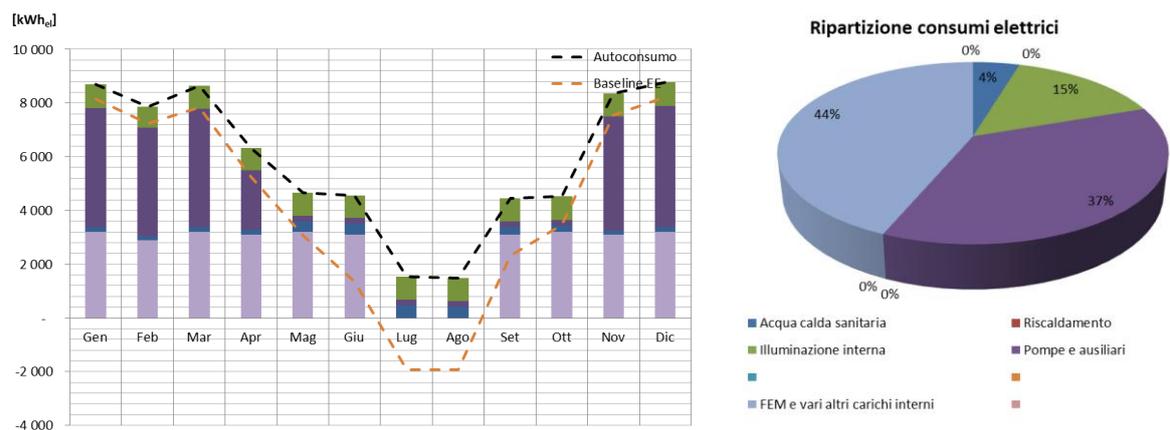
Si può notare come la maggior parte dei consumi termici è da attribuirsi all'utilizzo per il riscaldamento dei locali, pertanto gli interventi migliorativi proposti, andranno ad interessare principalmente i componenti impiantistici deputati a tale scopo.

Anche relativamente all'analisi dei fabbisogni di energia elettrica, la ripartizione tra i vari utilizzi è stata effettuata in funzione degli esiti della modellazione. Si precisa inoltre che alla categoria “FEM e vari altri carichi interni” è stato attribuito il valore di 27.234 kWh, valore derivato dall'utilizzo delle apparecchiature elettriche presenti all'interno della scuola per i tempi stimati e definiti in tabella 4.13 (Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche).

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

I risultati di tale valutazione sono riportati nella Figura 6.4.

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



Si può notare come la maggior parte dei consumi è da attribuirsi a ciò che nella diagnosi viene chiamato FEM. Come specificato nel capitolo 4 all'interno di tale voce sono presenti come utenze elettriche le pompe deputate al filtraggio dell'acqua della piscina che quindi risultano notevoli. Anche il sistema di circolazione dell'impianto di riscaldamento e di produzione di ACS comporta un importante dispendio di energia elettrica.

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 – 3270036802545: 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.

7.1.2 Vettore elettrico

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

- POD 1 – IT001E00096947: 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 7.1 si riportano le principali caratteristiche del contratto di fornitura del vettore elettrico per gli anni di riferimento.

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

POD: IT001E00096947	2014	2015	2015	2016	2016
Indirizzo di fornitura	VIA CONI ZUGNA 2/B GENOVA (GE)				
Dati di intestazione fattura	Comune di Genova (GE)	Comune di Genova (GE)	Comune di Genova (GE)	Comune di Genova (GE)	Comune di Genova (GE)
Società di fornitura	Edison	Edison	GALA	GALA	IREN Mercato S.p.a.
Inizio periodo fornitura	01/01/2014	01/01/2015	01/04/2015	01/01/2016	01/04/2016
Fine periodo fornitura	31/12/2014	31/03/2015	31/12/2015	31/03/2016	31/12/2016
Potenza elettrica impegnata	120,00 kW	120,00 kW	120,00 kW	120,00 kW	38,00 kW
Potenza elettrica disponibile	120,00 kW	120,00 kW	120,00 kW	120,00 kW	120,00 kW
Tipologia di contratto	Forniture in BT (escluso IP)	Forniture in BT (escluso IP)	BTA6	BTA6	CONSIP13 VERDE - L0390
Opzione tariffaria ⁽¹⁾	Tri-oraria	Tri-oraria	Tri-oraria	Tri-oraria	Tri-oraria
Prezzi del fornitura dell'energia elettrica ⁽²⁾	0,07440 €/kWh	0,07647 €/kWh	0,03365 €/kWh	0,02945 €/kWh	0,05035 €/kWh

Nota (1) per fatturazioni non mensili la spesa economica mensile andrà calcolata suddividendo percentualmente la spesa aggregata in base ai valori di consumo energetico mensile.

Nota (2): con prezzo di fornitura s'intende soltanto la quota variabile del servizio di acquisto e vendita, sono escluse le imposte, i corrispettivi per il dispacciamento e lo sbilanciamento, per l'uso della rete, e il servizio di misura e ogni altra voce.

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

E1267 – Scuola media “Don Orenco” e Piscina Comunale

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

POD: IT001E00096 947	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
	FISSA	PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen – 14	538	76	701	89	309	1.712	7.101	0,241
Feb – 14	575	90	649	96	310	1.720	7.688	0,224
Mar – 14	500	78	562	84	269	1.493	6.682	0,223
Apr – 14	371	75	627	68	251	1.392	5.436	0,256
Mag – 14	375	78	562	63	237	1.316	5.036	0,261
Giu – 14	206	43	368	35	143	795	2.770	0,287
Lug – 14	55	8	103	10	39	215	786	0,274
Ago – 14	21	5	52	4	18	100	328	0,306
Set – 14	234	45	369	39	151	838	3.124	0,268
Ott – 14	394	69	557	65	239	1.323	5.179	0,256
Nov – 14	345	61	512	57	214	1.189	4.558	0,261
Dic – 14	380	66	563	62	107	1.179	4.997	0,236
Totale	3.994	695	5.624	671	2.288	13.272	53.685	0,247
POD: IT001E00096 947	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen – 15	430	66	593	70	116	1.276	5.627	0,227
Feb – 15	427	67	600	70	116	1.280	5.585	0,229
Mar – 15	422	66	584	69	114	1.255	5.513	0,228
Apr – 15	155	45	356	50	61	667	3.979	0,168
Mag – 15	160	47	366	52	62	686	4.135	0,166
Giu – 15	107	31	247	34	42	460	2.710	0,170
Lug – 15	30	7	97	9	14	159	744	0,213
Ago – 15	28	7	105	9	15	164	708	0,232
Set – 15	101	32	263	35	43	474	2.806	0,169
Ott – 15	153	51	476	64	74	818	5.141	0,159
Nov – 15	195	75	600	83	95	1.048	6.637	0,158
Dic – 15	159	62	501	68	79	869	5.450	0,159
Totale	2.366	555	4.789	613	832	9.156	49.035	0,187
POD: IT001E00096 947	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen – 16	178	67	550	82	88	964	6.524	0,148
Feb – 16	169	71	673	86	100	1.100	6.894	0,160

E1267 – Scuola media “Don Orengo” e Piscina Comunale

Mar – 16	220	60	514	73	87	953	5.836	0,163
Apr – 16	183	91	470	69	81	894	5.518	0,162
Mag – 16	156	69	396	54	67	742	4.288	0,173
Giu – 16	102	43	266	33	44	487	2.610	0,187
Lug – 16	39	20	136	12	21	227	921	0,246
Ago – 16	64	36	192	21	31	343	1.653	0,208
Set – 16	170	78	349	46	64	707	3.691	0,192
Ott – 16	289	76	446	61	87	959	4.894	0,196
Nov – 16	444	106	583	83	122	1.338	6.653	0,201
Dic – 16	402	102	570	81	115	1.270	6.489	0,196
Totale	2.416	818	5.144	700	908	9.985	55.971	0,178

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

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

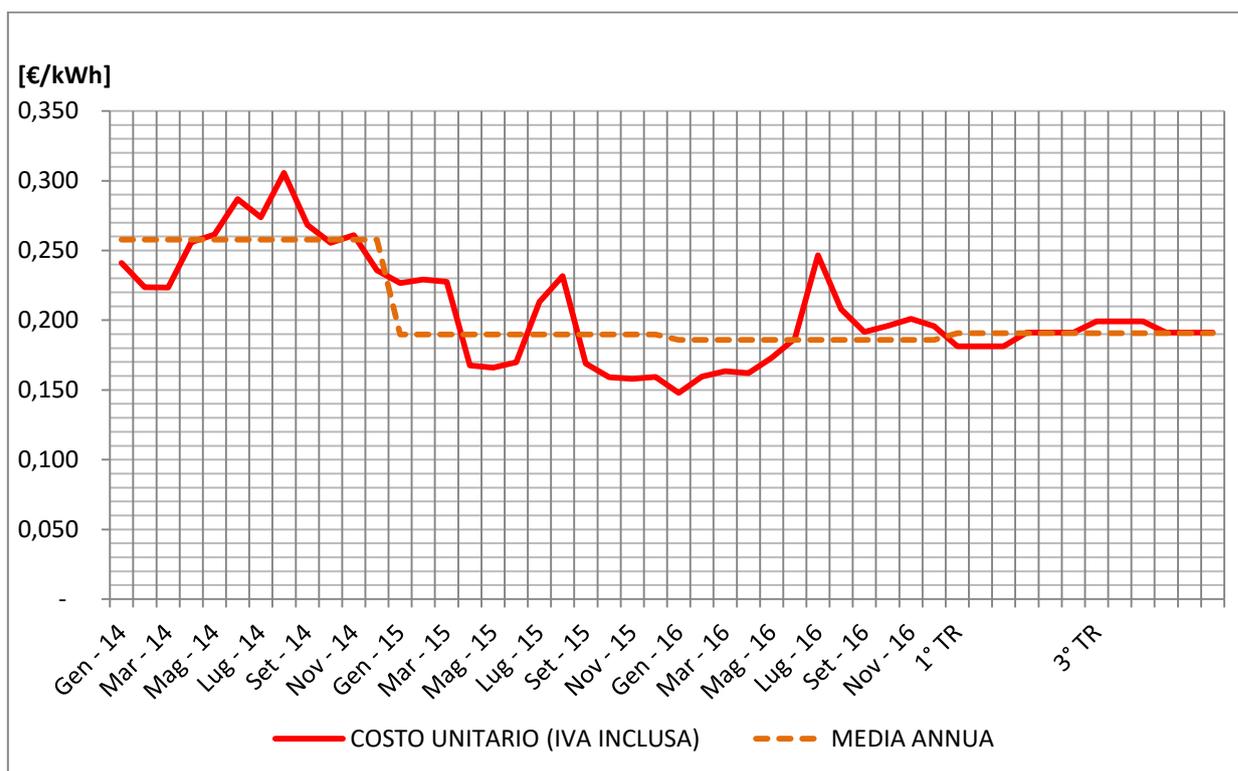
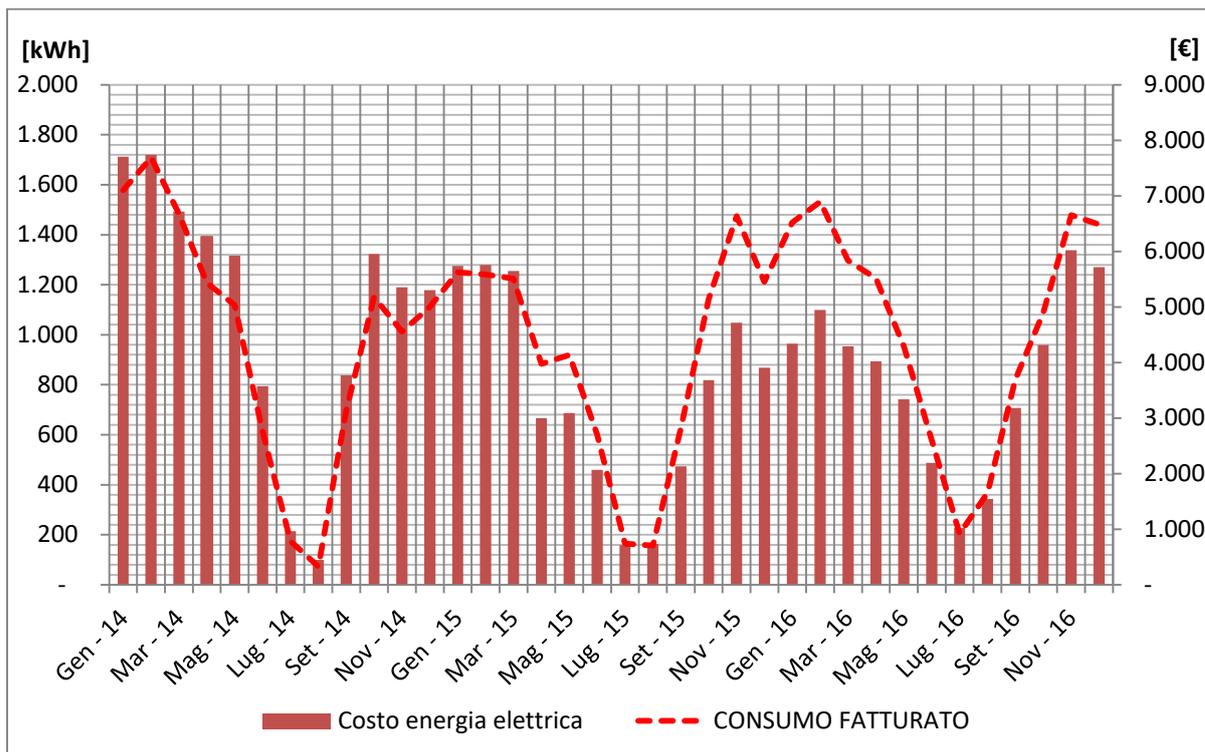


Figura 7.2 – Andamento dei consumi e dei costi dell’energia elettrica



7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL’ANALISI

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

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

Tabella 7.3 – Sintesi dei consumi nel triennio di riferimento

ANNO	VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			TOTALE
	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[€]
2014	n.d.	n.d.	n.d.	53.685	13.272	0,247	n.d.
2015	n.d.	n.d.	n.d.	49.035	9.156	0,187	n.d.
2016	n.d.	n.d.	n.d.	55.971	9.985	0,178	n.d.
2017	-	-	0,0725	-	-	0,186	n.d.
Media	n.d.	n.d.	n.d.	52.897	10.804	0,1995	n.d.

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

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

Definizione	Valore	U.M.
Costo unitario dell’energia termica	Valore relativo all’ultimo anno a disposizione	Cu _Q 0,073 [€/kWh]
Costo unitario dell’energia elettrica	Valore relativo all’ultimo anno a disposizione	Cu _{EE} 0,191 [€/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:

- L1-042-110: servizio SIE3

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

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

Tali servizi prevedono il pagamento di un canone annuale da parte della PA pari a 145.923 €.

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

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

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

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

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

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

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo per la gestione e manutenzione ordinaria	Corrispettivo annuale relativo al contratto O&M in essere	CM_o 65.802	[€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Media relativa a gli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici	CM_s 17.492	[€/anno]

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

7.4 BASELINE DEI COSTI

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

E1267 – Scuola media “Don Orenco” e Piscina Comunale

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:

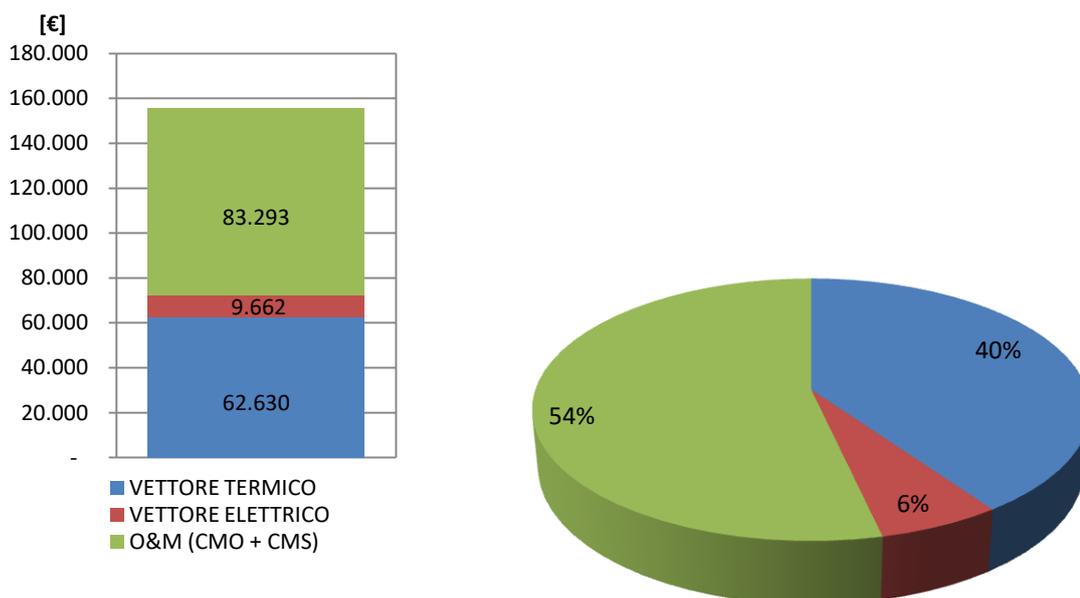
$$C_{baseline} = C_E + C_{MO} + C_{MS}$$

Ne risulta quindi un C_E pari a € 72.292 e un $C_{baseline}$ pari a € 155.585

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

VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO				O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)		TOTALE
$Q_{baseline}$	Cu_Q	C_Q	$EE_{baseline}$	Cu_{EE}	C_{EE}	C_M	C_{MO}	C_{MS}	$CQ+CEE+CM$
[kWh]	[€/kWh]	[€]	[kWh]	[€/kWh]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
863.766	0,073	62.630	50.676	0,191	9.662	83.293	65.802	17.492	155.585

Figura 7.3 – Baseline dei costi e loro ripartizione



8 IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA

8.1 DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI

8.1.1 Involucro edilizio

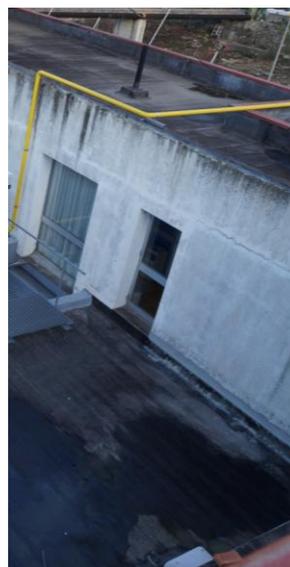
EEM1: Isolamento termico copertura

Generalità

La misura prevede l'isolamento termico del solaio di copertura tramite la stesura di un doppio strato di materiale isolante posato direttamente sul solaio e rivestito con uno strato di guaina bituminosa in modo da migliorare anche le prestazioni di tenuta all'acqua dell'elemento edilizio che allo stato di fatto presenta numerose criticità

L'isolamento termico della copertura consente di ottenere notevoli benefici proporzionali al grado di isolamento e alla superficie di intervento. Fra questi una riduzione dei consumi energetici invernali ed estivi e migliori condizioni di comfort abitativo invernale ed estivo nei locali sottostanti; inoltre mantenendo al caldo gli strati costituenti la struttura si riducono i rischi di condensazione interstiziale e superficiale.

Figura 8.1 – Particolare solaio



Caratteristiche funzionali e tecniche

L'isolamento termico in estradosso del solaio di copertura sarà eseguito mediante feltro in lana di roccia. Di seguito un elenco di alcune caratteristiche:

- Prestazioni termiche: la disponibilità di spessori elevati permette di ottenere un notevole comfort abitativo sia invernale che estivo.
- Controllo del vapore: la carta kraft politenata che ricopre un lato del feltro svolge la funzione di freno vapore, utile in particolari condizioni termo igrometriche.
- Stabilità dimensionale: il pannello non subisce variazioni dimensionali o prestazionali al variare delle condizioni igrometriche dell'ambiente.

Tale misura può ridurre il consumo di energia termica in modo significativo (10-15%).

Descrizione dei lavori

Dopo aver opportunamente pulito da impurità il piano di posa si procede alla posa, con continuità, di pannelli ben accostati tra loro a giunti sfalsati per costituire il primo strato. Dopo aver terminato con il primo strato si procede alla stesura del secondo strato di isolante facendo attenzione a sfalsare i giunti rispetto al sottostante strato. Infine si procede all'impermeabilizzazione mediante uno strato di guaina bituminosa.

Prestazioni raggiungibili

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

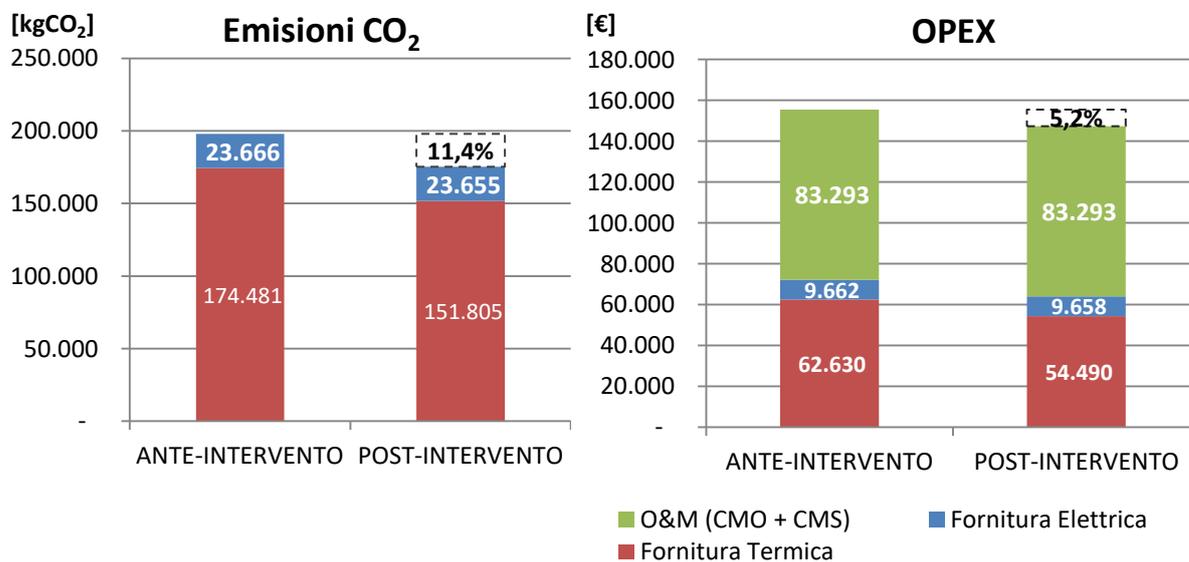
Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM1 – Isolamento termico copertura

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM1 - Trasmittanza termica	[W/m²K]	1,515	0,21	86,1%
Q _{teorico}	[kWh]	863 766	751 509	13,0%
EE _{teorico}	[kWh]	49 117	49 094	0,0%
Q _{baseline}	[kWh]	863 766	751 509	13,0%
EE _{Baseline}	[kWh]	50 676	50 653	0,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	174 481	151 805	13,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	23 666	23 655	0,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	198 146	175 460	11,4%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	62 630	54 490	13,0%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	9 662	9 658	0,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	72 292	64 148	11,3%
C _{MO}	[€]	65 802	65 802	0,0%
C _{MS}	[€]	17 492	17 492	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	83 293	83 293	0,0%
OPEX	[€]	155 585	147 441	5,2%
Classe energetica	[-]	G	G	-

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,073 [€/kWh] per il vettore termico e 0,191 [€/kWh] per il vettore elettrico.

Nota (2) La classe energetica indicata si riferisce alle condizioni adattate.

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



EEM2: Sostituzione infissi

Generalità

La misura prevede la sostituzione degli infissi attualmente presenti e delimitanti il volume riscaldato della piscina al fine di ridurre le dispersioni termiche attraverso l’involucro trasparente di questa porzione di edificio.

L’installazione di infissi in PVC con vetrocamera e trattamento basso emissivo consente di ridurre le dispersioni per trasmissione dell’involucro trasparente, portando anche al miglioramento delle condizioni di comfort termico e alla riduzione dei consumi termici per la climatizzazione invernale.

Figura 8.3 – Particolare della facciata esterna della piscina



Caratteristiche funzionali e tecniche

L’installazione di infissi in PVC richiede la valutazione delle prestazioni energetiche dello stato di conservazione della finestra esistente, al fine di individuare la fattibilità tecnica e la convenienza economica dell’intervento.

Tale misura può ridurre la trasmissione dell’involucro trasparente in modo significativo (5-10%).

Descrizione dei lavori

La posa deve essere effettuata da personale tecnico specializzato che rilasci una garanzia del prodotto rispetto alle specifiche tecniche.

La manutenzione deve essere realizzata con tecniche e prodotti compatibili con la resistenza chimica, fisica e meccanica del materiale e devono essere seguite le procedure di pulizia indicate dai produttori.

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione della EEM2 sono riportati nella Tabella 8.12 e nella Figura 8.24.

Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM2 – Sostituzione infissi

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM2 - Trasmittanza termica	[W/m ² K]	5,639	1,622	71,2%
Q _{teorico}	[kWh]	863 766	832 106	3,7%
EE _{teorico}	[kWh]	49 117	49 116	0,0%
Q _{baseline}	[kWh]	863 766	832 106	3,7%
EE _{baseline}	[kWh]	50 676	50 675	0,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	174 481	168 085	3,7%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	23 666	23 665	0,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	198 146	191 751	3,2%

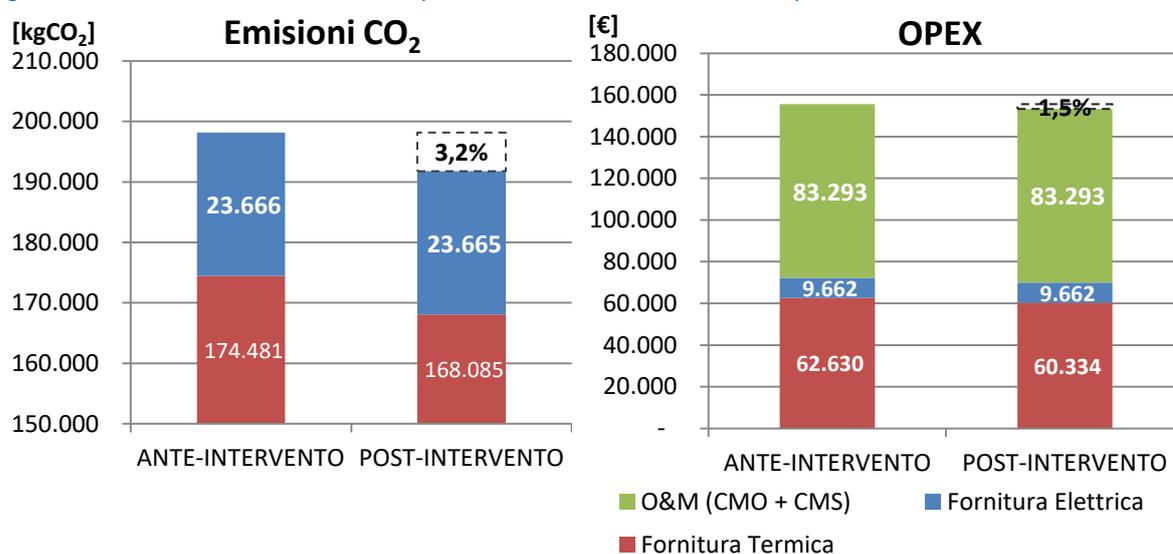
E1267 – Scuola media “Don Orenco” e Piscina Comunale

Fornitura Termica, C _Q	[€]	62 630	60 334	3,7%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	9 662	9 662	0,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	72 292	69 996	3,2%
C _{MO}	[€]	65 802	65 802	0,0%
C _{MS}	[€]	17 492	17 492	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	83 293	83 293	0,0%
OPEX	[€]	155 585	153 289	1,5%
Classe energetica	[-]	G	G	-

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,073 [€/kWh] per il vettore termico e 0,191 [€/kWh] per il vettore elettrico.

Nota (2) La classe energetica indicata si riferisce alle condizioni adattate.

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



8.1.2 Impianto riscaldamento

EEM3: Installazione generatore di calore a condensazione

Generalità

La misura prevede l'installazione di un gruppo di sette caldaie modulari murali a condensazione a servizio dell'impianto di riscaldamento al fine di garantire rendimenti del sistema di generazione maggiori ed in linea con il nuovo quadro normativo.

L'installazione di un generatore modulare a gas a condensazione consente di ridurre il consumo di combustibile per il riscaldamento e la produzione di ACS grazie al principio della condensazione associato alla modulazione di tali nuovi generatori.

Si precisa inoltre che la riduzione della potenza installata comporta una riduzione proporzionale dei costi di manutenzione dell'impianto dato che questo è stabilito proprio proporzionalmente ad esso.

Figura 8.5 – Particolare della centrale termica



Caratteristiche funzionali e tecniche

L'installazione di una caldaia a condensazione richiede la valutazione delle prestazioni dello stato di conservazione della rete di distribuzione e della possibilità di installare valvole regolatrici della portata sui corpi scaldanti, al fine di individuare la fattibilità tecnica e la convenienza economica dell'intervento.

Tale misura può ridurre il consumo di energia termica in modo significativo (20-30%).

La potenza termica utile e la portata termica del nuovo generatore devono essere scelte in funzione ed in relazione all'attuale configurazione dell'impianto termico, alla potenza del generatore attualmente installato ed alla possibilità di avere fabbisogni inferiori a seguito di altri tipi di intervento di efficientamento energetico.

Descrizione dei lavori

La posa del nuovo generatore deve essere effettuata da personale tecnico specializzato che rilasci una garanzia di conformità di installazione del prodotto rispetto alle specifiche tecniche ed una dichiarazione secondo quanto stabilito dalla normativa vigente in materia (DM 37/08).

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM3 sono riportati nella Tabella 8.5 e nella Figura 8.6.

Tabella 8.5 – Risultati analisi EEM3 – Installazione generatore di calore a condensazione

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM3 - Rendimento di generazione	[-]	91,4	107,2	14,7%
$Q_{teorico}$	[kWh]	863 766	552 671	36,0%
$EE_{teorico}$	[kWh]	49 117	49 107	0,0%
$Q_{baseline}$	[kWh]	863 766	552 671	36,0%
$EE_{baseline}$	[kWh]	50 676	50 666	0,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	174 481	111 640	36,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	23 666	23 661	0,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	198 146	135 301	31,7%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	62 630	40 073	36,0%

E1267 – Scuola media “Don Orenco” e Piscina Comunale

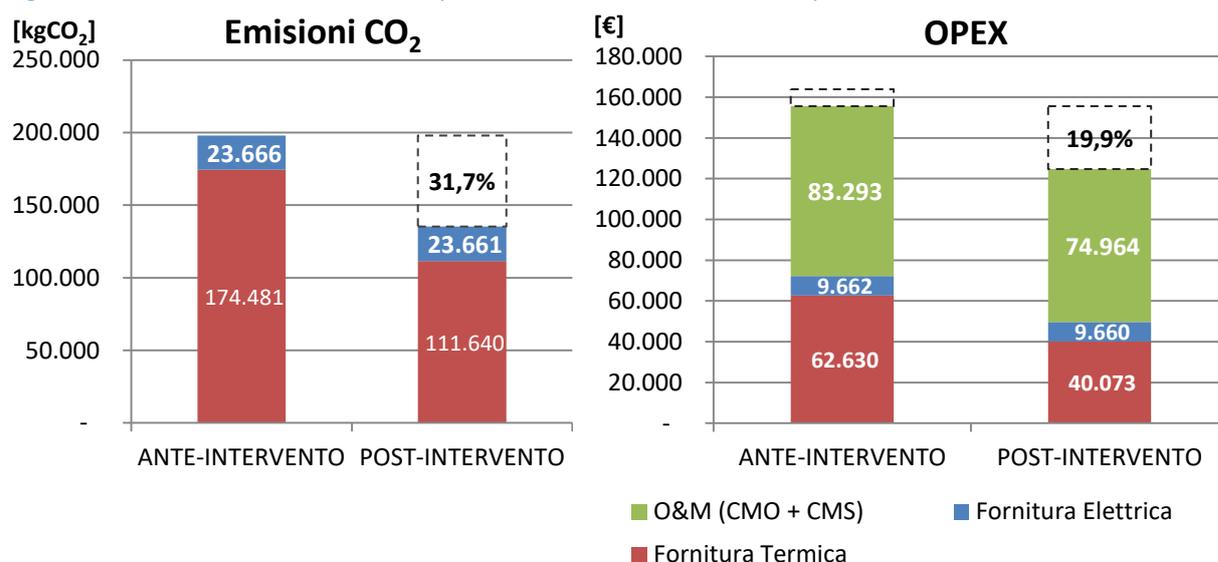
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	9 662	9 660	0,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	72 292	49 733	31,2%
C _{MO}	[€]	65 802	59 221	10,0%
C _{MS}	[€]	17 492	15 742	10,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	83 293	74 964	10,0%
OPEX	[€]	155 585	124 697	19,9%
Classe energetica	[-]	G	G	-

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,073 [€/kWh] per il vettore termico e 0,191 [€/kWh] per il vettore elettrico.

Nota (2) La classe energetica indicata si riferisce alle condizioni adattate e non a quelle standard come previsto dalla UNI TS 11300.

La riduzione dei costi di manutenzione O&M è dovuta al fatto che la potenza del gruppo termico installato a seguito dell'intervento proposto è inferiore a quella dell'attuale, sulla base del quale è stato stimato il canone di manutenzione secondo quanto appreso dal servizio calore del Comune di Genova. Inoltre, come indicato in una *Guida all'efficienza energetica negli edifici scolastici* (ENEA, M.A.T.T.M, M.I.U.R. e Presidenza del Consiglio dei Ministri), si evidenzia che i costi di O&M non sono inferiori al 20% della somma dei costi di approvvigionamento di combustibile ed energia elettrica.

Figura 8.6 – EEM3: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



EEM4: Installazione valvole termostatiche

Generalità

La misura prevede l'installazione di valvole termostatiche su tutti i radiatori presenti all'interno dell'edificio.

Le valvole termostatiche sono tipicamente impiegate per la regolazione del fluido ai radiatori degli impianti di riscaldamento. Abbinata a un comando termostatico o elettrotermico, mantengono costante, al valore impostato, la temperatura ambiente del locale in cui sono installate. In questo modo si evitano indesiderati incrementi di temperatura e si ottengono consistenti risparmi energetici.

Queste valvole sono dotate di un particolare codolo con tenuta idraulica in gomma che permette il collegamento al radiatore in modo veloce e sicuro, senza l'ausilio di altro mezzo sigillante.

Figura 8.7 – Particolare terminali di emissione



Caratteristiche funzionali e tecniche

In base al tipo di corpo scaldante, al diametro e materiale del tubo saranno predisposte le seguenti tipologie di valvole termostatiche con i relativi detentori:

- Valvola termostatica per radiatori predisposta per comandi termostatici ed elettrotermici. Attacchi a squadra per tubo ferro 3/8", 1/2" e 3/4". Attacco al radiatore 3/8" e 1/2" M con codolo fornito di guarnizione di tenuta in EPDM, 3/4" con codolo senza guarnizione di tenuta. Corpo in ottone. Cromato. Cappuccio in ABS bianco RAL 9010. Doppia tenuta sull'asta di comando con O-Ring in EPDM. Campo di temperatura d'esercizio 5÷100°C. Pressione massima d'esercizio 10 bar.
- Valvola termostatica per radiatori predisposta per comandi termostatici ed elettrotermici. Attacchi diritti per tubo ferro 3/8", 1/2" e 3/4". Attacco al radiatore 3/8" e 1/2" M con codolo fornito di guarnizione di tenuta in EPDM, 3/4" M con codolo senza guarnizione di tenuta. Corpo in ottone. Cromato. Cappuccio in ABS bianco RAL 9010. Doppia tenuta sull'asta di comando con O-Ring in EPDM. Campo di temperatura d'esercizio 5÷100°C. Pressione massima d'esercizio 10 bar.
- Valvola termostatica per radiatori predisposta per comandi termostatici ed elettrotermici. Attacchi a squadra per tubo rame e plastica semplice e multistrato 23 p.1,5 M. Attacco al radiatore 3/8" e 1/2" M con codolo fornito di guarnizione di tenuta in EPDM. Corpo in ottone. Cromato. Cappuccio in ABS bianco RAL 9010. Doppia tenuta sull'asta di comando con O-Ring in EPDM. Campo di temperatura d'esercizio 5÷100°C. Pressione massima d'esercizio 10 bar.
- Valvola termostatica per radiatori predisposta per comandi termostatici ed elettrotermici. Attacchi diritti per tubo rame e plastica semplice e multistrato 23 p.1,5 M. Attacco al radiatore 3/8" e 1/2" M con codolo fornito di guarnizione di tenuta in EPDM. Corpo in ottone. Cromato. Cappuccio in ABS bianco RAL 9010. Doppia tenuta sull'asta di comando con O-Ring in EPDM. Campo di temperatura d'esercizio 5÷100°C. Pressione massima d'esercizio 10 bar.

Tutte le valvole termostatiche sono dotate di coperchio antimanomissione e anti vandalismo. Tale misura può ridurre il consumo di energia termica (10-15%).

Descrizione dei lavori

La posa delle valvole deve essere effettuata da personale tecnico specializzato che rilasci una garanzia di conformità di installazione del prodotto rispetto alle specifiche tecniche ed una dichiarazione secondo quanto stabilito dalla normativa vigente in materia (DM 37/08). Inoltre si dovrà provvedere ad un lavaggio dell'intero impianto per evitare che le impurità depositatesi nel corso degli anni vadano a danneggiare le componenti delle nuove valvole.

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM4 sono riportati nella Tabella 8.4 e nella Figura 8.8

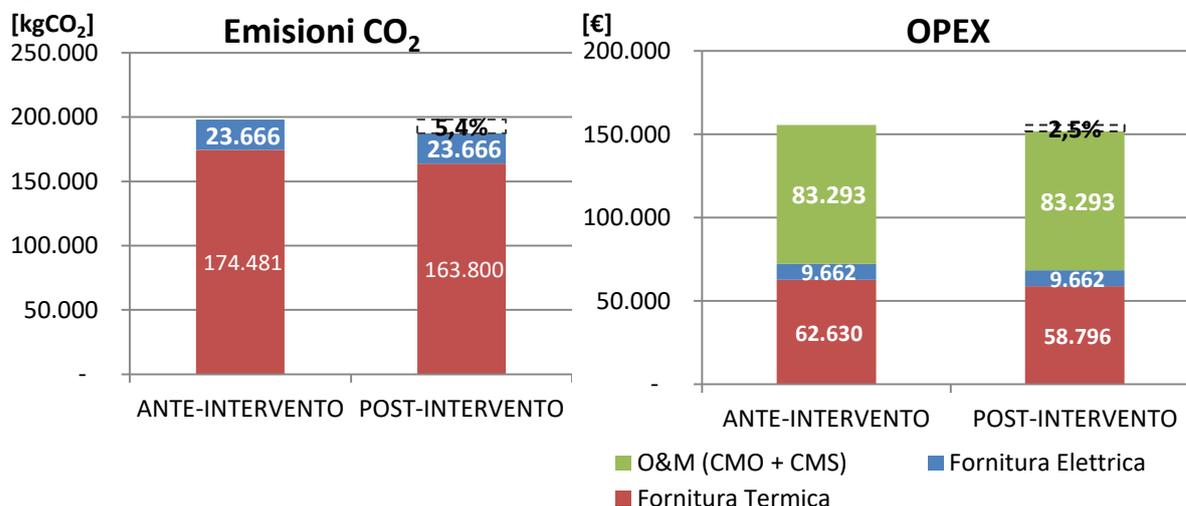
Tabella 8.4 – Risultati analisi EEM4 – Installazione valvole termostatiche

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM4 - Rendimento di regolazione	[-]	82	92	10,9%
$Q_{teorico}$	[kWh]	863 766	810 892	6,1%
$EE_{teorico}$	[kWh]	49 117	49 117	0,0%
$Q_{baseline}$	[kWh]	863 766	810 893	6,1%
$EE_{baseline}$	[kWh]	50 676	50 676	0,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	174 481	163 800	6,1%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	23 666	23 666	0,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	198 146	187 466	5,4%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	62 630	58 796	6,1%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	9 662	9 662	0,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	72 292	68 458	5,3%
C_{MO}	[€]	65 802	65 802	0,0%
C_{MS}	[€]	17 492	17 492	0,0%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	83 293	83 293	0,0%
OPEX	[€]	155 585	151 751	2,5%
Classe energetica	[-]	G	G	-

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,073 [€/kWh] per il vettore termico e 0,191 [€/kWh] per il vettore elettrico.

Nota (2) La classe energetica indicata si riferisce alle condizioni adattate e non a quelle standard come previsto dalla UNI TS 11300.

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



EEM5: Installazione circolatori a giri variabili

Generalità

La misura prevede l'installazione di cinque pompe di circolazione di tipo elettronico a giri variabili (inverter). L'intervento sarà realizzato mediante la sostituzione delle cinque pompe di circolazione a giri fissi (quelle non ancora sostituite alla data del sopralluogo effettuato), con una nuova pompa di circolazione gemellare a giri variabili controllata elettronicamente da inverter e grado di protezione minimo IP55.

Portata, prevalenza e diametro di allaccio saranno verificate e confermate dalle condizioni idrostatiche di lavoro dell'attuale rete di distribuzione.

Figura 8.9 – Particolare pompe di circolazione



L'installazione di un circolatore elettronico a velocità variabile permette di ottimizzare tutte le prestazioni dell'impianto anche in termini di energia elettrica necessaria per l'alimentazione degli organi ausiliari. Inoltre viene prolungata la vita della pompa stessa.

Caratteristiche funzionali e tecniche

Tale misura può ridurre il consumo di energia elettrica (5-10%).

Descrizione dei lavori

La posa del nuovo circolatore deve essere effettuata da personale tecnico specializzato che rilasci una garanzia di conformità di installazione del prodotto rispetto alle specifiche tecniche ed una dichiarazione secondo quanto stabilito dalla normativa vigente in materia (DM 37/08).

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM5 sono riportati nella Tabella 8.5 e nella Figura 8.10.

Tabella 8.5 – Risultati analisi EEM5 – Installazione pompa inverter

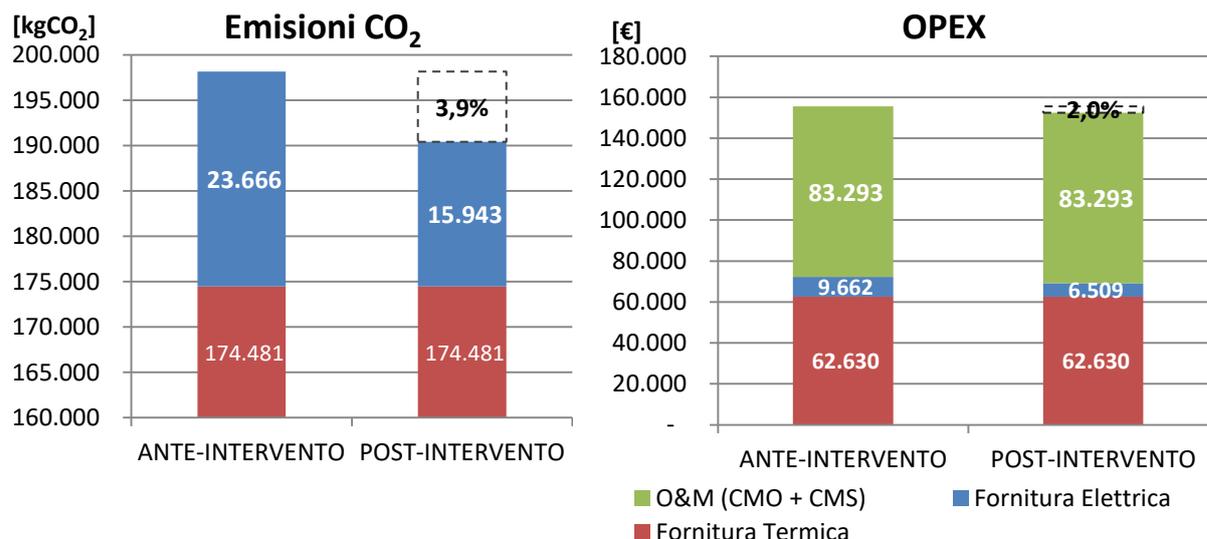
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM5 - Potenza elettrica assorbita	[W]	4800	2600	45,8%
$Q_{teorico}$	[kWh]	863 766	863 766	0,0%
$EE_{teorico}$	[kWh]	49 117	33 088	32,6%
$Q_{baseline}$	[kWh]	863 766	863 766	0,0%
$EE_{baseline}$	[kWh]	50 676	34 138	32,6%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	174 481	174 481	0,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	23 666	15 943	32,6%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	198 146	190 423	3,9%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	62 630	62 630	0,0%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	9 662	6 509	32,6%
Fornitura Energia, C_E	[€]	72 292	69 139	4,4%
C_{MO}	[€]	65 802	65 802	0,0%
C_{MS}	[€]	17 492	17 492	0,0%

E1267 – Scuola media “Don Orego” e Piscina Comunale

O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	83 293	83 293	0,0%
OPEX	[€]	155 585	152 432	2,0%
Classe energetica	[-]	G	G	-

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,073 [€/kWh] per il vettore termico e 0,191 [€/kWh] per il vettore elettrico.

Nota (2) La classe energetica indicata si riferisce alle condizioni adattate e non a quelle standard come previsto dalla UNI TS 11300.

 Figura 8.10 – EEM5: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline


8.1.3 Impianto produzione acqua calda sanitaria

Si fa presente che per l'edificio in esame il fabbisogno di ACS è soddisfatto da un sistema combinato per la produzione del calore. Ne consegue che l'efficiamento dell'impianto di riscaldamento comporta l'efficiamento anche del sistema di produzione dell'ACS.

8.1.4 Impianto di illuminazione ed impianto elettrico

Si precisa che utilizzando i costi unitari dell'area di riferimento tali interventi non risultano economicamente convenienti nemmeno combinati in scenari con altri interventi. Inoltre si fa presente che, data la normativa vigente in materia di classificazione energetica, riducendo la potenza installata dei corpi illuminanti (come nel caso dell'utilizzo di tecnologia LED) non è quasi mai possibile determinare un salto di due classi energetiche, anzi la classe energetica dell'edificio peggiora. Tale criticità sarebbe risolvibile combinando tale EEM con altri più energeticamente prestanti ma, come già precisato i costi non renderebbero conveniente l'intero scenario.

9 VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA

9.1 ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

EEM1: Isolamento copertura

Nella Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 1, che consiste nella realizzazione di un isolamento della copertura del fabbricato come descritto nel paragrafo dedicato.

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: 40% dell'ammontare complessivo del costo dell'intervento.

Tabella 9.1 – Analisi dei costi della EEM1 – Isolamento copertura

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/mq]	[€]	[€]	[€]
Pannello in lana di vetro da 8 cm	Liguria 2017	2800	€/mq	11,943	33 440,40 €	7 356,89 €	40 797,29 €
Posa di pannello isolante 1	Liguria 2017	2800	€/mq	4,221	11 818,80 €	2 600,14 €	14 418,94 €
Pannello in lana di vetro da 5 cm	Liguria 2017	2800	€/mq	7,38	20 664,00 €	4 546,08 €	25 210,08 €
Posa di pannello isolante 2	Liguria 2017	2800	€/mq	4,221	11 818,80 €	2 600,14 €	14 418,94 €
Guaina bituminosa	Milano	2800	€/mq	22,18	62 104,00 €	13 662,88 €	75 766,88 €
Posa di guaina bituminosa	Liguria 2017	2800	€/mq	10,467	29 307,60 €	6 447,67 €	35 755,27 €
Sicurezza				3%	5 074,61 €	1 116,41 €	6 191,02 €
Progettazione				7%	11 840,75 €	2 604,97 €	14 445,72 €
TOTALE (I₀)					103.585,35 €	22.788,78 €	126.374,13 €
Incentivi	Conto termico					€	90.802
Durata incentivi						Anni	5
Incentivo annuo						€/Anno	18.160

EEM2:Sostituzione infissi

Nella Tabella 9.2 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 2, che consiste nella sostituzione degli infissi della piscina come descritto nel paragrafo dedicato.

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: 40% dell'ammontare complessivo del costo dell'intervento.

Tabella 9.2 – Analisi dei costi della EEM2 – Sostituzione infissi

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/mq]	[€]	[€]	[€]
Rimozione vecchi infissi	Liguria 2017	200	€/mq	12,159	2 431,80 €	535,00 €	2 966,80 €
Fornitura infissi in PVC	Liguria 2017	200	€/mq	296,01	59 202,00 €	13 024,44 €	72 226,44 €
Posa in opera di infissi in PVC	Liguria 2017	200	€/mq	42,858	8 571,60 €	1 885,75 €	10 457,35 €
Sicurezza				3%	2 106,16 €	463,36 €	2 569,52 €
Progettazione				7%	4 914,38 €	1 081,16 €	5 995,54 €
TOTALE					77 225,94 €	16 989,71 €	94 215,65 €
Incentivi	Conto termico					€	37.686

Durata incentivi	Anni	5
Incentivo annuo	€/Anno	7.537

EEM3: Installazione generatore di calore a condensazione

Nella Tabella 9.3 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 3, che consiste nella sostituzione degli attuali generatori di calore con altri modulari a condensazione come descritto nel paragrafo dedicato.

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: 40% dell'ammontare complessivo del costo dell'intervento.

Tabella 9.3 – Analisi dei costi della EEM3 – Installazione generatore di calore a condensazione

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ²]	[€]	[€]	[€]
Rimozione vecchio generatore	CCIAA RE	2	cad	3660,525	7 321,05 €	1 610,63 €	8 931,68 €
Posa in opera di caldaia a condensazione	Liguria 2017	7	cad	299,196	2 094,37 €	460,76 €	2 555,13 €
Caldaia a condensazione da 150 kW	Liguria 2017	7	cad	8027,325	56 191,28 €	12 362,08 €	68 553,36 €
Costi per la sicurezza				3%	1 968,20 €	433,00 €	2 401,21 €
Costi per la progettazione				7%	4 592,47 €	1 010,34 €	5 602,81 €
TOTALE (I₀)					72 167,37 €	15 876,82 €	88 044,19 €
Incentivi	Conto termico					€	32.218
Durata incentivi						Anni	5
Incentivo annuo						€/Anno	7.044

EEM4: Installazione valvole termostatiche

Nella Tabella 9.4 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 4, che consiste nella installazione di valvole termostatiche ai terminali di emissione come descritto nel paragrafo dedicato.

Tabella 9.4 – Analisi dei costi della EEM4 – Installazione valvole termostatiche

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ²]	[€]	[€]	[€]
Valvole termostatiche	Liguria 2017	110	cad	37,233	4 095,63 €	901,04 €	4 996,67 €
Costi per la sicurezza				3%	122,87 €	27,03 €	149,90 €
Costi per la progettazione				7%	286,69 €	63,07 €	349,77 €
TOTALE (I₀)					4 505,19 €	991,14 €	5 496,34 €

EEM5: Installazione circolatori con giri variabili

Nella Tabella 9.5 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 5, che consiste nella installazione di valvole termostatiche ai terminali di emissione come descritto nel paragrafo dedicato.

Tabella 9.5 – Analisi dei costi della EEM5 – Installazione circolatori con giri variabili

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ²]	[€]	[€]	[€]
Posa in opera di nuovo circolatore	Liguria 2017	5	cad	45,054	225,27 €	49,56 €	274,83 €
Fornitura di circolatore	Liguria 2017	2	cad	1724,832	3 449,66 €	758,93 €	4 208,59 €

inverter DN40 gemellare							
Fornitura di circolatore inverter DNS0 gemellare	Liguria 2017	3	cad	1828,143	5 484,43 €	1 206,57 €	6 691,00 €
Costi per la sicurezza				3%	274,78 €	60,45 €	335,23 €
Costi per la progettazione				7%	641,16 €	141,05 €	782,21 €
TOTALE (I₀)					10 075,30 €	2 216,57 €	12 291,87 €

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: Isolamento copertura

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

Tabella 9.6 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM1– Isolamento copertura

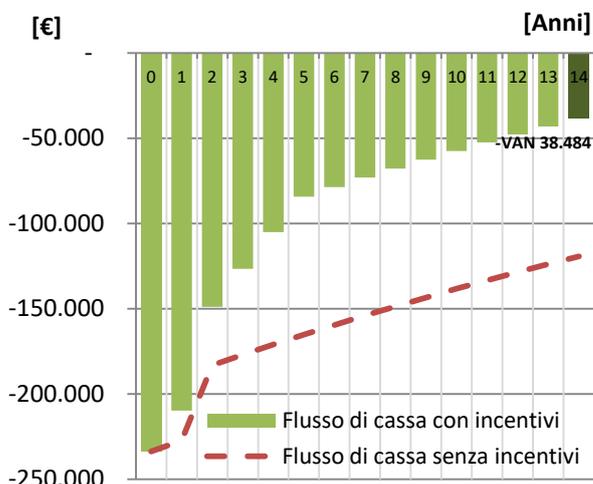
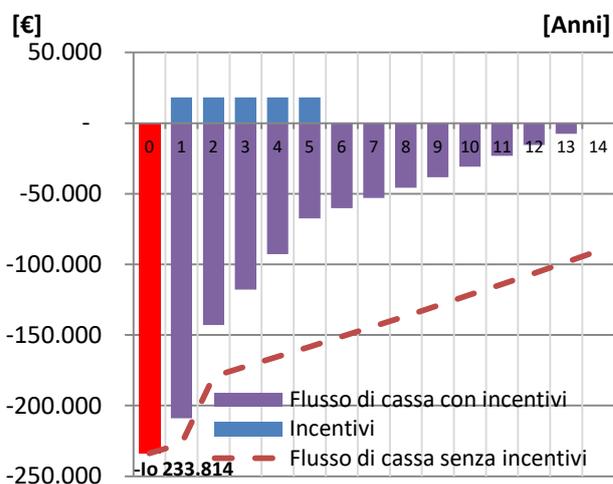
PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE	
Investimento Iniziale	I_0	€	227 004
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	30
Incentivo annuo	B	€/anno	18 160
Durata incentivo	n_B	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	24,7	14,0
Tempo di rientro attualizzato	TRA	41,3	23,9
Valore attuale netto	VAN	- 63 977	16 869
Tasso interno di rendimento	TIR	1,2%	4,9%
Indice di profitto	IP	-0,28	0,07

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

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

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



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento risulta economicamente conveniente solo in presenza degli incentivi previsti e calcolati come specificato nel paragrafo dedicato.

EEM2: Sostituzione infissi

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

Tabella 9.7 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM2– Isolamento piano di calpestio

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€ 94 216
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 7 537
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	35,2 / 19,9
Tempo di rientro attualizzato	TRa	55,0 / 33,7
Valore attuale netto	VAN	- 44 128 / - 10 573
Tasso interno di rendimento	TIR	-1,2% / 2,4%
Indice di profitto	IP	-0,47 / -0,11

I flussi di cassa rappresentativi dell'analisi sono riportati nelle Figura 9.2 e Figura 9.3

Figura 9.2 –EEM2: Flussi di Cassa, con e senza incentivi

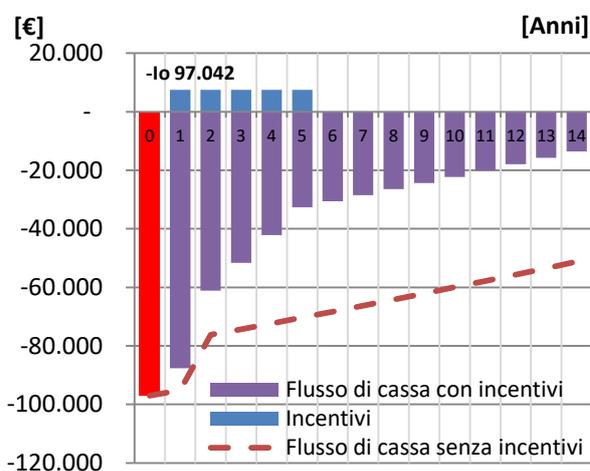
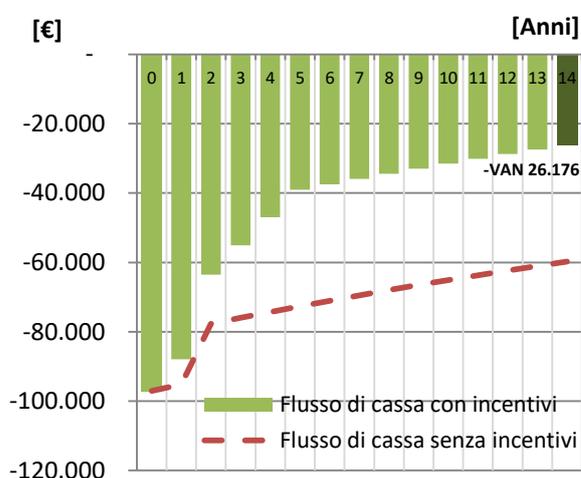


Figura 9.3 – EEM2: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento non risulta economicamente conveniente anche in presenza degli incentivi previsti e calcolati come specificato nel paragrafo dedicato.

EEM3: Installazione generatore a condensazione

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

Tabella 9.8 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM3– Installazione generatore a condensazione

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€ 88 044
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%] 3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%] 22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni 3
Vita utile	n	anni 15
Incentivo annuo	B	€/anno 7 044
Durata incentivo	n_B	anni 5
Tasso di attualizzazione	i	[%] 3,5%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO	VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS 2,9	2,4
Tempo di rientro attualizzato	TRA 3,3	2,6
Valore attuale netto	VAN 210 921	242 278
Tasso interno di rendimento	TIR 31,6%	38,4%
Indice di profitto	IP 2,40	2,75

I flussi di cassa rappresentativi dell’analisi sono riportati nelle Figura 9.4 e Figura 9.5

Figura 9.4 –EEM3: Flussi di Cassa, con e senza incentivi

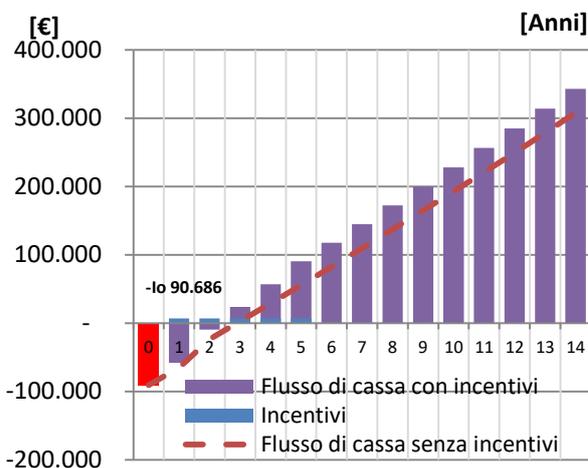
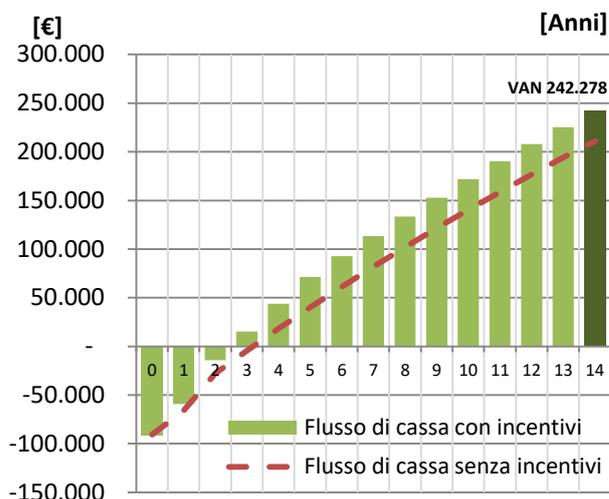


Figura 9.5 – EEM3: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento risulta economicamente conveniente con e senza gli incentivi previsti e calcolati come specificato nel paragrafo dedicato.

EEM4: Installazione valvole termostatiche

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

Tabella 9.9 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM4– Installazione valvole termostatiche

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€ 5 496
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%] 3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%] 22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni 3
Vita utile	n	anni 15
Incentivo annuo	B	€/anno -
Durata incentivo	n_B	anni 5
Tasso di attualizzazione	i	[%] 3,5%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO	VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	1,5 -
Tempo di rientro attualizzato	TRA	1,6 -
Valore attuale netto	VAN	31 331 -
Tasso interno di rendimento	TIR	61,3% -
Indice di profitto	IP	5,70 -

I flussi di cassa rappresentativi dell'analisi sono riportati nelle Figura 9.6 e Figura 9.7

Figura 9.6–EEM4: Flussi di Cassa, con e senza incentivi

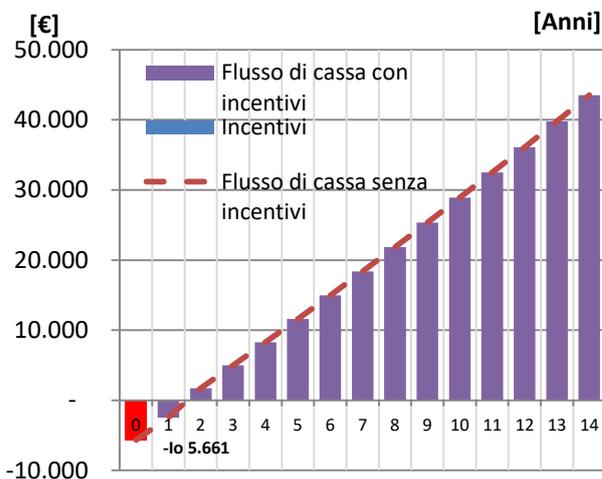
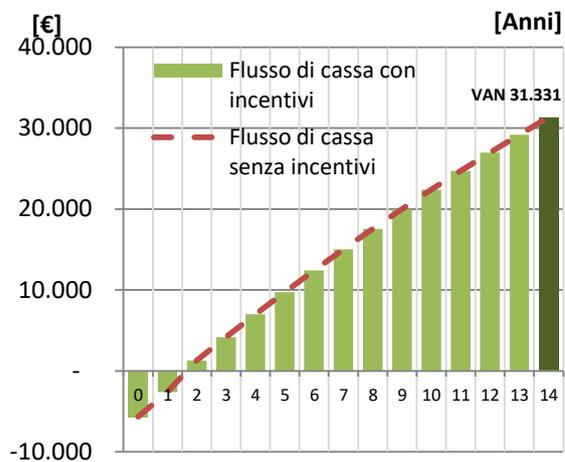


Figura 9.7 – EEM4: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento risulta economicamente conveniente.

EEM5: Installazione circolatori con giri variabili

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

Tabella 9.10 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM5– Installazione circolatori con giri variabili

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€ 12 292
Oneri Finanziari % I_0	OF	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	3
Vita utile	n	15
Incentivo annuo	B	€/anno -
Durata incentivo	n_B	5
Tasso di attualizzazione	i	3,5%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO	VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRs	3,9 -
Tempo di rientro attualizzato	TRa	4,5 -
Valore attuale netto	VAN	19 061 -
Tasso interno di rendimento	TIR	23,1% -
Indice di profitto	IP	1,55 -

I flussi di cassa rappresentativi dell’analisi sono riportati nelle Figura 9.8 e Figura 9.9

Figura 9.8–EEM5: Flussi di Cassa, con e senza incentivi

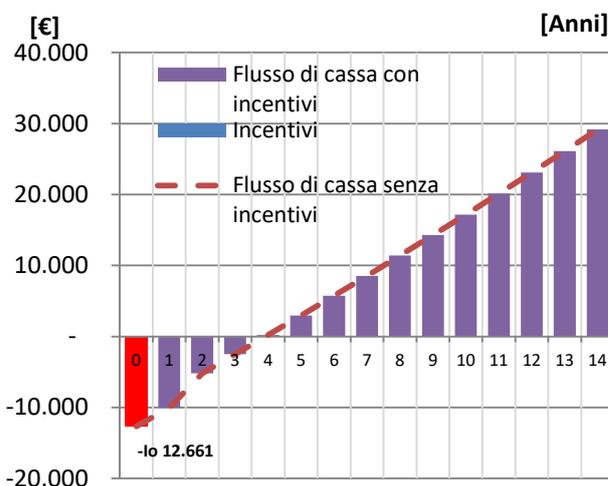
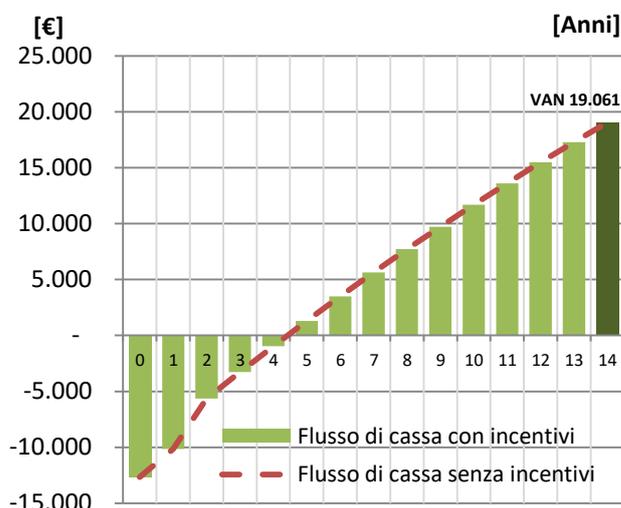


Figura 9.9 – EEM5: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



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

Sintesi

La sintesi della valutazione economico – finanziaria delle EEM proposte è riportata nelle Tabella 9.11 e Tabella 9.12.

Tabella 9.11 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso senza incentivi

SENZA INCENTIVI												
	% Δ_E	% Δ_{CO_2}	ΔC_E	ΔC_{MO}	ΔC_{MS}	I_0	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]
EEM 1	11,4	11,4	8.144	-	-	227.004	24,7	41,3	30	-63.977	1,2	-0,28
EEM 2	3,2	3,2	2.296	-	-	94.216	35,2	55,0	30	-44.128	-1,2	-0,47
EEM 3	31,7	31,7	22.559	6.580	1.749	88.044	2,9	3,3	15	210.921	31,6	2,40
EEM 4	5,4	5,4	3.834	-	-	5.496	1,5	1,6	15	31.331	61,3	5,70
EEM 5	3,9	3,9	3.153	-	-	12.292	3,9	4,5	15	19.061	3,9	4,5

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

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

Dall'analisi dei risultati emerge che non tutti gli interventi proposti sono economicamente convenienti e che l'indice di profitto maggiore è presentato dall'installazione di circolatori con giri variabili.

Tabella 9.12 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso con incentivi

CON INCENTIVI												
	% Δ_E	% Δ_{CO_2}	ΔC_E	ΔC_{MO}	ΔC_{MS}	I_0	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]
EEM 1	11,4	11,4	8.144	-	-	227.004	14,0	23,9	30	16.869	4,9	0,07
EEM 2	3,2	3,2	2.296	-	-	94.216	19,9	33,7	30	-10.573	2,4	-0,11
EEM 3	31,7	31,7	22.559	6.580	1.749	88.044	2,4	2,6	15	242.278	38,4	2,75
EEM 4	5,4	5,4	3.834	-	-	5.496	1,5	1,6	15	31.331	61,3	5,70
EEM 5	3,9	3,9	3.153	-	-	12.292	3,9	4,5	15	19.061	3,9	4,5

Dall'analisi dei risultati emerge che non tutti gli interventi proposti sono economicamente convenienti e che l'unico intervento che presenta una differenza rilevante dovuta alla presenza dell'incentivo è l'EEM3.

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

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

La scelta degli scenari ottimale è quindi stata effettuata a partire dai risultati riportati nella tabella di cui sopra, tramite la comparazione di VAN ed IP dei diversi casi delle singole EEM, valutati per ciascun

scenario considerando una vita utile in termini di TRS accettabile e la sostenibilità finanziaria degli investimenti in termini di DSCR e LLCR.

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

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

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

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

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

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

Dove:

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

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

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

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

Essi sono così definiti:

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

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

Dove:

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

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

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

Dove:

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

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

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

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

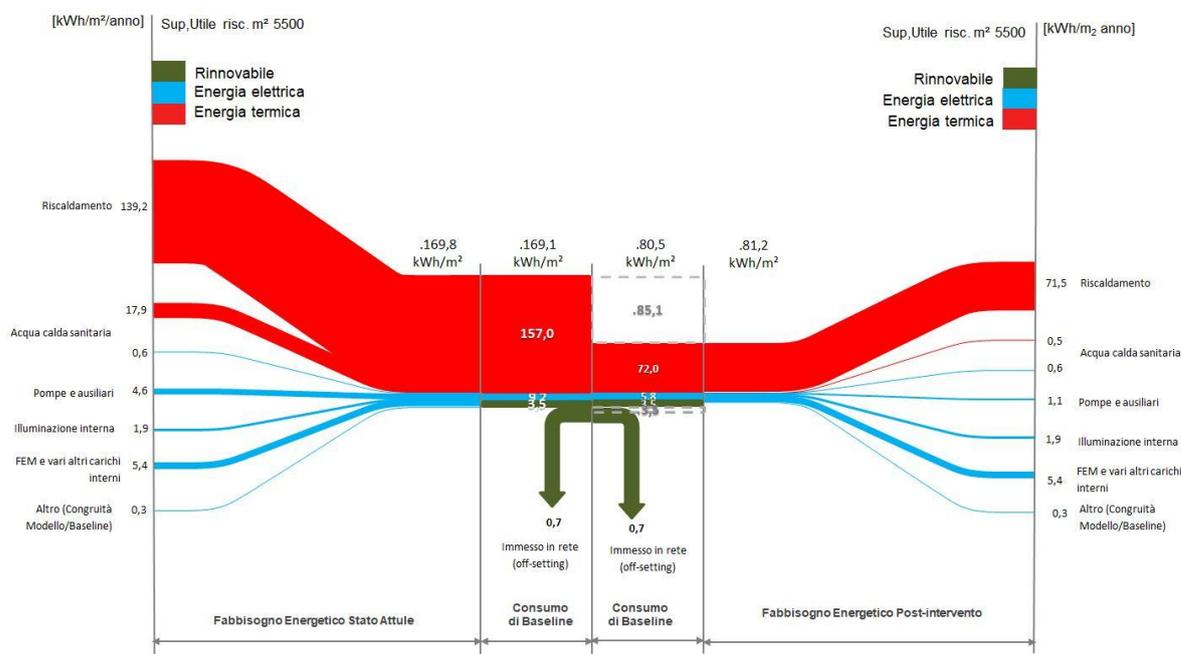
Infine, si è proceduto all'identificazione dell'eventuale canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale attraverso la partecipazione di ESCO secondo lo schema di *Energy Performance Contract* (EPC).

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

- **Scenario 1: COPERTURA E IMPIANTO TERMICO:** Tale scenario consiste nella realizzazione degli EEM 1,3,4 e 5 e cioè nell'isolamento della copertura, nell'installazione di un gruppo termico modulare a condensazione, nell'installazione di circolatori inverter e di valvole termostatiche su tutti i corpi scaldanti presenti.
- **Scenario 2: INVOLUCRO E IMPIANTO TERMICO:** Tale scenario consiste nella realizzazione degli EEM 1,2,3,4 e 5 e cioè nell'isolamento della copertura, nella sostituzione degli infissi della piscina, nell'installazione di un gruppo termico modulare a condensazione, nell'installazione di circolatori inverter e di valvole termostatiche su tutti i corpi scaldanti presenti.

Dall’analisi dei diagrammi di Sankey relativo al fabbisogno termico dell’edificio post intervento è possibile notare che il fabbisogno ideale del sistema edificio-impianto è diminuito. Inoltre sono notevolmente diminuite le perdite di generazione le quali presentano un segno positivo (energia entrante) dovute al sistema a generazione.

Figura 9.11 – SCN1: Bilancio energetico complessivo dell’edificio post intervento



I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella Tabella 9. e nella Figura 9.

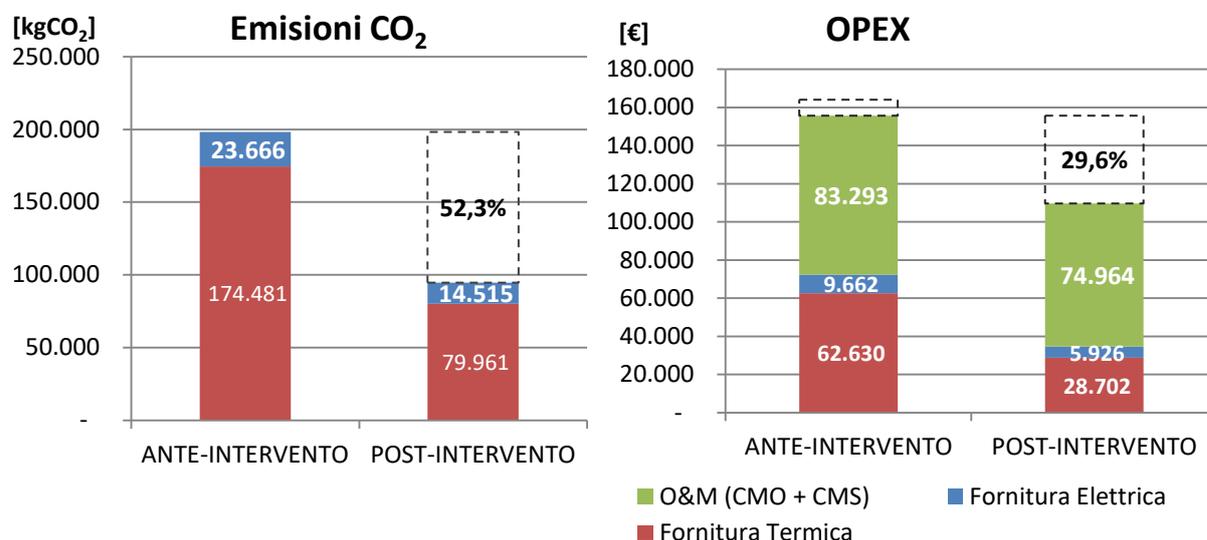
Tabella 9.14 – Risultati analisi SCN1 – COPERTURA E IMPIANTO TERMICO

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM1 - Trasmittanza termica	[W/m²K]	1,515	0,21	86,1%
EEM3 - Rendimento di generazione	[-]	91,4	107,2	14,7%
EEM4 - Rendimento di regolazione	[-]	82	92	10,9%
EEM5 - Potenza elettrica assorbita	[W]	4800	2600	45,8%
$Q_{teorico}$	[kWh]	863 766	395 847	54,2%
$EE_{teorico}$	[kWh]	49 117	30 125	38,7%
$Q_{baseline}$	[kWh]	863 766	395 847	54,2%
$EE_{baseline}$	[kWh]	50 676	31 081	38,7%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	174 481	79 961	54,2%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	23 666	14 515	38,7%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	198 146	94 476	52,3%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	62 630	28 702	54,2%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	9 662	5 926	38,7%
Fornitura Energia, C_E	[€]	72 292	34 628	52,1%
C_{MO}	[€]	65 802	59 221	10,0%
C_{MS}	[€]	17 492	15 742	10,0%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	83 293	74 964	10,0%

E1267 – Scuola media “Don Orego” e Piscina Comunale

OPEX	[€]	155 585	109 592	29,6%
Classe energetica	[-]	G	E	+2 classi

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,073 [€/kWh] per il vettore termico e 0,191 [€/kWh] per il vettore elettrico.

 Figura 9.12 - SCN1: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline


E' stato quindi possibile presentare un modello semplificato di Piano Economico Finanziario (PEF) indicativo, i cui calcoli di dettaglio sono riportati all'Allegato L – Piano Economico Finanziario scenari. I risultati dell'analisi sono riportati nella Tabella 9., Tabella 9. e Tabella 9. e nelle successive figure.

Tabella 9.15 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN1– COPERTURA E IMPIANTO TERMICO

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	n_i	1
Anni Gestione Servizio	n_s	14
Anni Concessione	n	15
Anno inizio Concessione	n_o	2020
Anni dell'ammortamento	n_A	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	k_{cdp}	2,00%
Costo Capitale Azienda	WACC	4,00%
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{cdp})$	$k_{progetto}$	4,00%
Inflazione ISTAT	f	0,50%
deriva dell'inflazione	f'	0,70%
%, interessi debito	k_D	3,82%
%, interessi equity	k_E	9,00%
Aliquota IRES	IRES	24,0%
Aliquota IRAP	IRAP	3,9%
Aliquota fiscale	τ	27,90%
Anni debito (finanziamento)	n_D	10
Anni Equity	n_E	14
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_o	€ 332 837
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 9 985
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 342 822

E1267 – Scuola media “Don Orenco” e Piscina Comunale

%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I _D	€ 274 257
Equity	I _E	€ 68 564
Fattore di annualità Debito	FA _D	8,30
Rata annua debito	q _D	€ 33 036
Costo finanziamento,(D+INT _D)	q _D *n _D	€ 330 358
Costi per interessi debito, INT _D	INT _D =q _D *n _D -D	€ 56 101

Tabella 9.16 – Parametri Economici dell’analisi di redditività dello SCN1

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C _{E0}	€ 59 256
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C _{M0}	€ 56 979
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	C _{Baseline}	€ 116 235
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C _{Altro}	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	%ΔC _E	52,1%
Riduzione% costi O&M	%ΔC _M	10,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	%C _{Baseline}	10,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€ 31 904
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€ 11 624
Risparmio PA durante la concessione	14%	€ 354 430
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€ 43 758
N° di Canoni annuali	anni	14
Utile lordo della ESCO	%CAPEX	32,51%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C _{ESCO}	€ 7 961
Costi FTT €/anno IVA escl.	C _{FTT}	€ 4 007
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C _{CAPEX}	€ 8 313
Canone O&M €/anno	CnM	€ 53 246
Canone Energia €/anno	CnE	€ 31 084
Canone Servizi €/anno IVA escl.	CnS	€ 84 331
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	CnD	€ 20 281
Canone Totale €/anno IVA escl.	Cn	€ 104 612
Aliquota IVA %	IVA	22%
Rimborso erariale IVA	R _{IVA}	€ 60 020
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R _B	€ 166 418
Durata Incentivi, anni	n _B	5
Inizio erogazione Incentivi, anno		2022

Tabella 9.17 – Risultati dell’analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN1

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = I ₀ / FC, Anni	T.R.S.	6,62
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	8,47
Valore Attuale Netto, VAN = VA - I ₀	VAN > 0	€ 75 857
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC	8,68%
Indice di Profitto	IP	22,79%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = I ₀ / FC, Anni	T.R.S.	2,72



E1267 – Scuola media “Don Orenco” e Piscina Comunale

Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	3,07
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€ 57 937
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke	39,65%
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3	1,252
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1	1,173
Indice di Profitto Azionista	IP	17,41%

Figura 9.13 –SCN1: Flussi di cassa del progetto

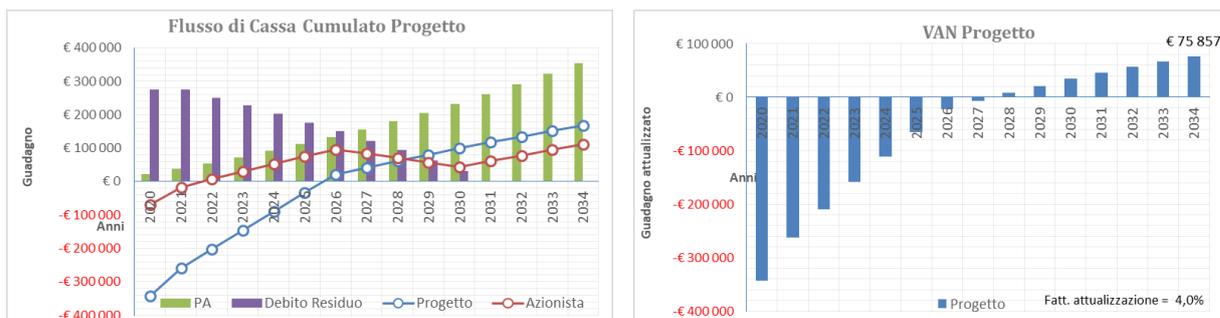
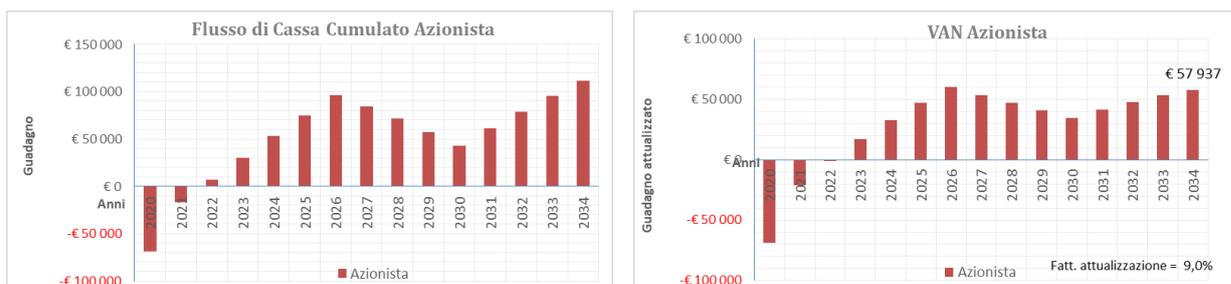
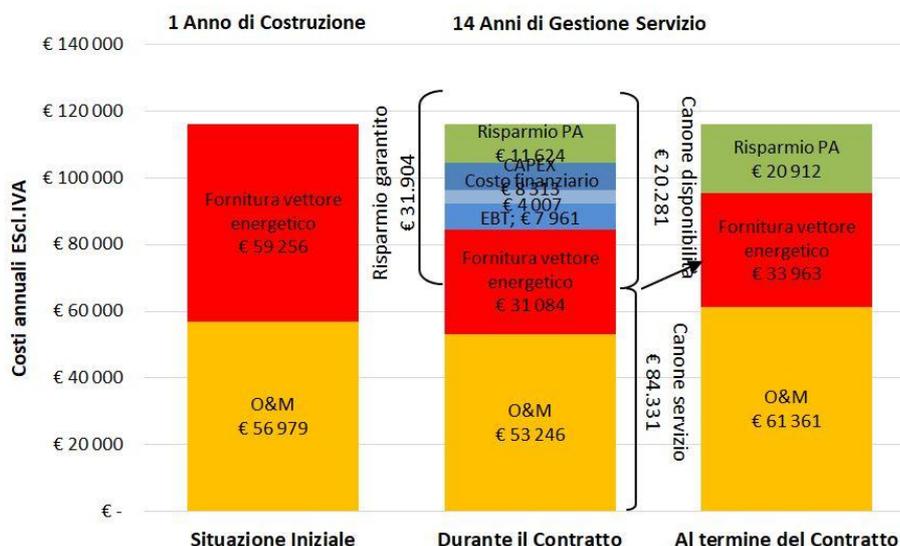


Figura 9.14 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



Infine si è provveduto all’identificazione del possibile canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale con incentivi attraverso la partecipazione di ESCO secondo lo schema di EPC descritto in Figura 9..

Figura 9.15 – Scenario 1: Schema di Energy Performance Contract



9.3.2 Scenario 2: INVOLUCRO E IMPIANTO

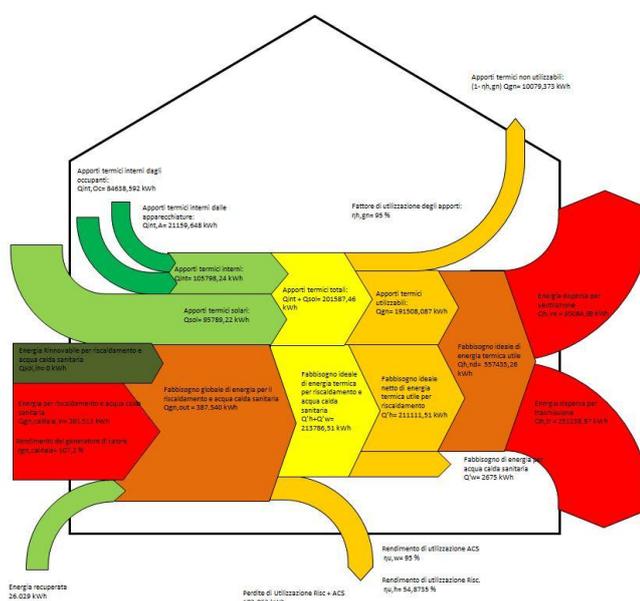
La realizzazione dello scenario 2 consiste nella combinazione delle EEM di seguito elencate:

Tabella 9.118 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 2

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA Al 22% [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
EEM1 Fornitura & Posa	169 153,60 €	37 213,79 €	206 367,39 €
EEM2 Fornitura & Posa	70 205,40 €	15 445,19 €	85 650,59 €
EEM3 Fornitura & Posa	65 606,70 €	14 433,47 €	80 040,17 €
EEM4 Fornitura & Posa	4 095,63 €	901,04 €	4 996,67 €
EEM5 Fornitura & Posa	9 159,36 €	2 015,06 €	11 174,42 €
Costi per la sicurezza	9 546,62 €	2 100,26 €	11 646,88 €
Costi per la progettazione	22 275,45 €	4 900,60 €	27 176,05 €
TOTALE (I₀)	350 042,76 €	77 009,41 €	427 052,17 €
EEM1 Fornitura & Posa	169 153,60 €	37 213,79 €	206 367,39 €
VOCE MANUTENZIONE	C _{Mo} (IVA INCLUSA) [€]	C _{MS} (IVA INCLUSA) [€]	C _M (IVA INCLUSA) [€]
EEM1 O&M	65 801,51 €	17 491,54 €	83 293,05 €
EEM2 O&M	65 801,51 €	17 491,54 €	83 293,05 €
EEM3 O&M	59 221,36 €	15 742,39 €	74 963,74 €
EEM4 O&M	65 801,51 €	17 491,54 €	83 293,05 €
EEM5 O&M	65 801,51 €	17 491,54 €	83 293,05 €
TOTALE (C_M)	59 221,36 €	15 742,39 €	74 963,74 €
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]	
Incentivi	Conto termico	213 526,08 €	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		42 705,22 €	

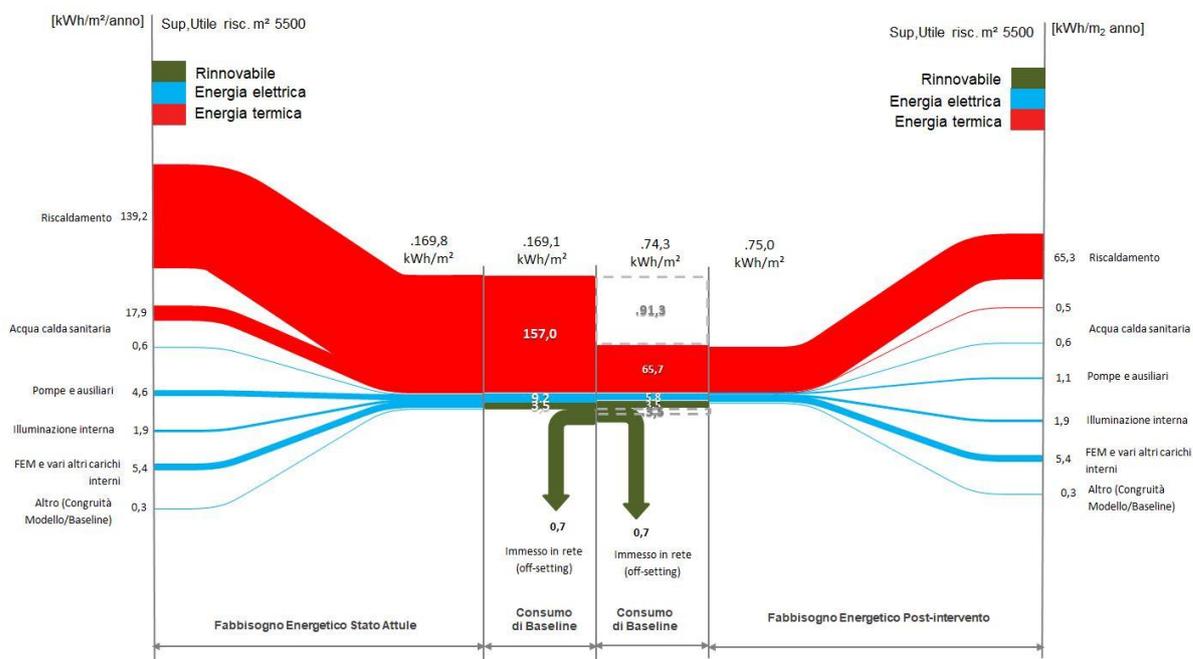
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di sankey relativo alle situazioni post-intervento.

Figura 9.16 – SCN2: Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico post intervento



Dall’analisi dei diagrammi di Sankey relativo al fabbisogno termico dell’edificio post intervento è possibile notare che il fabbisogno ideale del sistema edificio-impianto è diminuito. Inoltre sono notevolmente diminuite le perdite di generazione le quali presentano un segno positivo (energia entrante) dovute al sistema a generazione.

Figura 9.17 – SCN1: Bilancio energetico complessivo dell’edificio post intervento



I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione dello Scenario 2 sono riportati nella Tabella 9. e nella Figura 9.

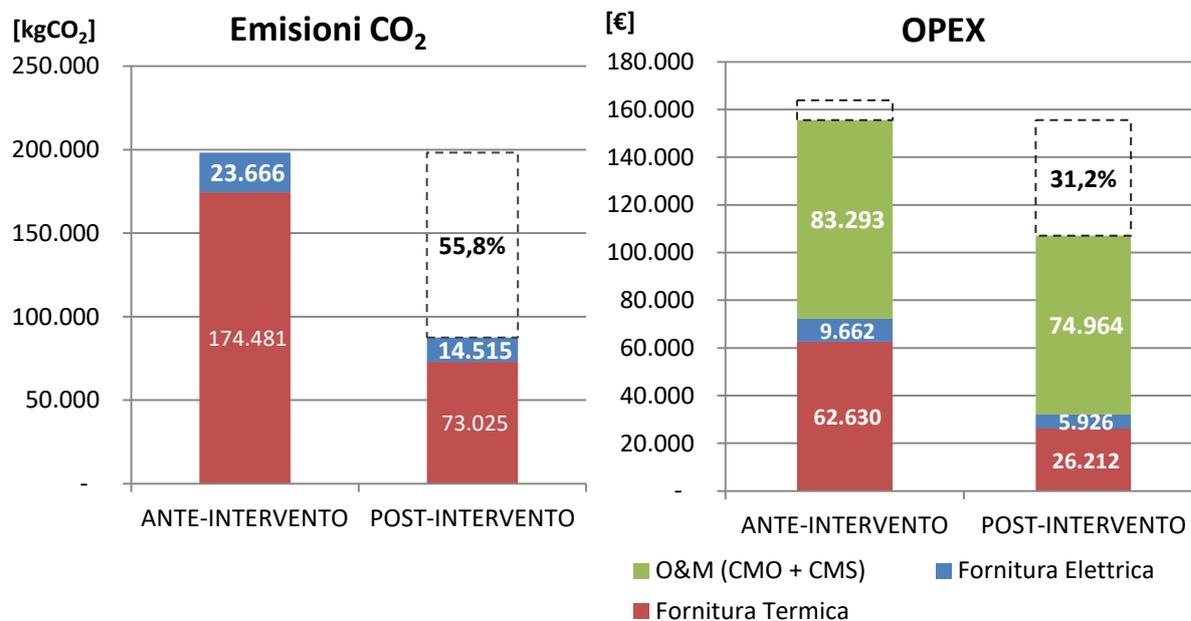
Tabella 9.19 – Risultati analisi SCN1 – INVOLUCRO E IMPIANTO TERMICO

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM1 - Trasmittanza termica	[W/m²K]	1,515	0,21	86,1%
EEM2 - Trasmittanza termica	[W/m²K]	5,639	1,622	71,2%
EEM3 - Rendimento di generazione	[-]	91,4	107,2	14,7%
EEM4 - Rendimento di regolazione	[-]	82	92	10,9%
EEM5 - Potenza elettrica assorbita	[W]	4800	2600	45,8%
$Q_{teorico}$	[kWh]	863 766	361 511	58,1%
$EE_{teorico}$	[kWh]	49 117	30 125	38,7%
$Q_{baseline}$	[kWh]	863 766	361 511	58,1%
$EE_{baseline}$	[kWh]	50 676	31 081	38,7%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	174 481	73 025	58,1%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	23 666	14 515	38,7%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	198 146	87 540	55,8%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	62 630	26 212	58,1%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	9 662	5 926	38,7%
Fornitura Energia, C_E	[€]	72 292	32 139	55,5%
C_{MO}	[€]	65 802	59 221	10,0%
C_{MS}	[€]	17 492	15 742	10,0%

E1267 – Scuola media “Don Orego” e Piscina Comunale

O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	83 293	74 964	10,0%
OPEX	[€]	155 585	107 102	31,2%
Classe energetica	[-]	G	E	+2 classi

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,073 [€/kWh] per il vettore termico e 0,191 [€/kWh] per il vettore elettrico.

 Figura 9.18 – SCN2: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline


E' stato quindi possibile presentare un modello semplificato di Piano Economico Finanziario (PEF) indicativo, i cui calcoli di dettaglio sono riportati all'Allegato L – Piano Economico Finanziario scenari. I risultati dell'analisi sono riportati nella Tabella 9., Tabella 9. e Tabella 9. e nelle successive figure.

Tabella 9.20 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN2– INVOLUCRO E IMPIANTO TERMICO

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	n_i	2
Anni Gestione Servizio	n_s	23
Anni Concessione	n	25
Anno inizio Concessione	n_0	2020
Anni dell'ammortamento	n_A	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	k_{cdp}	2,00%
Costo Capitale Azienda	WACC	4,00%
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{cdp})$	$k_{progetto}$	4,00%
Inflazione ISTAT	f	0,50%
deriva dell'inflazione	f'	0,70%
%, interessi debito	k_D	3,82%
%, interessi equity	k_E	9,00%
Aliquota IRES	IRES	24,0%
Aliquota IRAP	IRAP	3,9%
Aliquota fiscale	τ	27,90%
Anni debito (finanziamento)	n_D	10
Anni Equity	n_E	23
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_0	€ 427 052



E1267 – Scuola media “Don Orenco” e Piscina Comunale

Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 12 812
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 439 864
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I _D	€ 351 891
Equity	I _E	€ 87 973
Fattore di annualità Debito	FA _D	8,30
Rata annua debito	q _D	€ 42 387
Costo finanziamento,(D+INT _D)	q _D *n _D	€ 423 873
Costi per interessi debito, INT _D	INT _D =q _D *n _D -D	€ 71 982

Tabella 9.21 – Parametri Economici dell’analisi di redditività dello SCN2

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C _{E0}	€ 59 256
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C _{M0}	€ 56 979
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	C _{Baseline}	€ 116 235
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C _{Altro}	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	%ΔC _E	55,5%
Riduzione% costi O&M	%ΔC _M	10,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	%C _{Baseline}	15,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€ 30 586
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€ 17 435
Risparmio PA durante la concessione	14%	€ 917 053
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€ 52 036
N° di Canoni annuali	anni	23
Utile lordo della ESCO	%CAPEX	18,45%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C _{ESCO}	€ 3 528
Costi FTT €/anno IVA escl.	C _{FTT}	€ 3 130
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C _{CAPEX}	€ 6 493
Canone O&M €/anno	CnM	€ 54 746
Canone Energia €/anno	CnE	€ 30 903
Canone Servizi €/anno IVA escl.	CnS	€ 85 649
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	CnD	€ 13 151
Canone Totale €/anno IVA escl.	Cn	€ 98 800
Aliquota IVA %	IVA	22%
Rimborso erariale IVA	R _{IVA}	€ 77 009
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R _B	€ 213 526
Durata Incentivi, anni	n _B	5
Inizio erogazione Incentivi, anno		2023

Tabella 9.22 – Risultati dell’analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN2

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	10,40
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	19,25
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€ 18 756
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC	4,75%



E1267 – Scuola media “Don Orenco” e Piscina Comunale

Indice di Profitto	IP	4,39%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	10,26
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	18,76
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€ 5 761
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke	10,77%
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3	1,047
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1	1,053
Indice di Profitto Azionista	IP	1,35%

Figura 9.19 –SCN1: Flussi di cassa del progetto

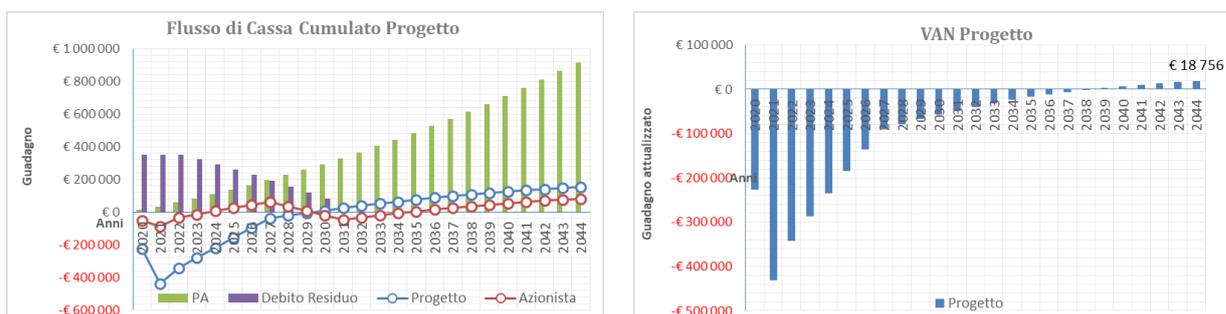
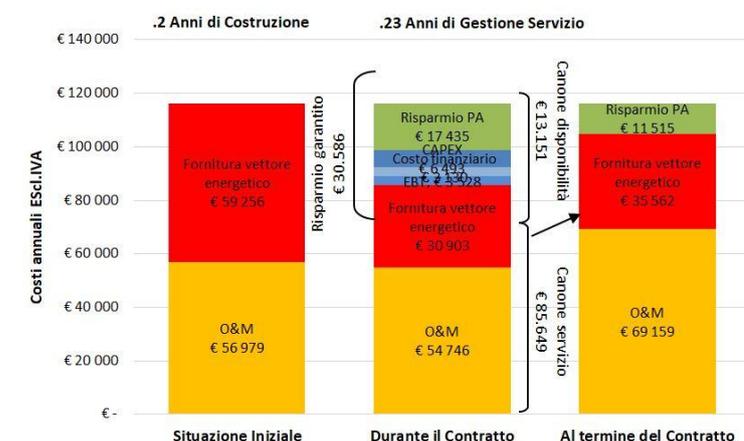


Figura 9.20 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



Infine si è provveduto all’identificazione del possibile canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale con incentivi attraverso la partecipazione di ESCO secondo lo schema di EPC descritto in Figura 9..

Figura 9.21 – Scenario 1: Schema di Energy Performance Contract



10 CONCLUSIONI

10.1 RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA

Si veda l'allegato report di benchmark.

10.2 RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI

Sono stati individuati i seguenti scenari, che forniscono i maggiori vantaggi in termini di riduzione dei costi e consumi energetici, nei tempi di ritorno accettabili sopra descritti.

- Scenario 1: COPERTURA E IMPIANTO TERMICO:** Tale scenario consiste nella posa di isolamento sul solaio di copertura e successiva stesura di uno strato di guaina bituminosa; contemporaneamente si procede all'installazione di sette generatori di calore a condensazione e l'installazione di cinque circolatori a giri variabili congiuntamente alle valvole termostatiche.
- Scenario 2: INVOLUCRO E IMPIANTO TERMICO :** Tale scenario consiste nella posa di isolamento sul solaio di copertura e successiva stesura di uno strato di guaina bituminosa; per l'involucro si procede anche alla sostituzione degli infissi della piscina; contemporaneamente si procede all'installazione di sette generatori di calore a condensazione e l'installazione di cinque circolatori a giri variabili congiuntamente alle valvole termostatiche.

Risultati analisi SCN1 – COEPTURA E IMPIANTO TERMICO

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM1 - Trasmittanza termica	[W/m ² K]	1,515	0,21	86,1%
EEM3 - Rendimento di generazione	[-]	91,4	107,2	14,7%
EEM4 - Rendimento di regolazione	[-]	82	92	10,9%
EEM5 - Potenza elettrica assorbita	[W]	4800	2600	45,8%
Q _{teorico}	[kWh]	863 766	395 847	54,2%
EE _{teorico}	[kWh]	49 117	30 125	38,7%
Q _{baseline}	[kWh]	863 766	395 847	54,2%
EE _{Baseline}	[kWh]	50 676	31 081	38,7%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	174 481	79 961	54,2%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	23 666	14 515	38,7%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	198 146	94 476	52,3%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	62 630	28 702	54,2%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	9 662	5 926	38,7%
Fornitura Energia, C_E	[€]	72 292	34 628	52,1%
C _{MO}	[€]	65 802	59 221	10,0%
C _{MS}	[€]	17 492	15 742	10,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	83 293	74 964	10,0%
OPEX	[€]	155 585	109 592	29,6%
Classe energetica	[-]	G	E	+2 classi

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,073 [€/kWh] per il vettore termico e 0,191 [€/kWh] per il vettore elettrico.

Risultati analisi SCN2 – INVOLUCRO E IMPIANTO TERMICO

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM1 - Trasmittanza termica	[W/m ² K]	1,515	0,21	86,1%
EEM2 - Trasmittanza termica	[W/m ² K]	5,639	1,622	71,2%
EEM3 - Rendimento di generazione	[-]	91,4	107,2	14,7%
EEM4 - Rendimento di regolazione	[-]	82	92	10,9%
EEM5 - Potenza elettrica assorbita	[W]	4800	2600	45,8%
Q _{teorico}	[kWh]	863 766	361 511	58,1%
EE _{teorico}	[kWh]	49 117	30 125	38,7%
Q _{baseline}	[kWh]	863 766	361 511	58,1%
EE _{Baseline}	[kWh]	50 676	31 081	38,7%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	174 481	73 025	58,1%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	23 666	14 515	38,7%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	198 146	87 540	55,8%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	62 630	26 212	58,1%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	9 662	5 926	38,7%
Fornitura Energia, C_E	[€]	72 292	32 139	55,5%
C _{MO}	[€]	65 802	59 221	10,0%
C _{MS}	[€]	17 492	15 742	10,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	83 293	74 964	10,0%
OPEX	[€]	155 585	107 102	31,2%
Classe energetica	[-]		G E	+2 classi

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,073 [€/kWh] per il vettore termico e 0,191 [€/kWh] per il vettore elettrico.

Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria degli scenari ottimali, caso con incentivi

	CON INCENTIVI													
	%Δ _E [%]	%Δ _{CO2} [%]	ΔC _E [€/anno]	ΔC _{MO} [€/anno]	ΔC _{MS} [€/anno]	I ₀ [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]	DSCR	LLCR
SCN 1	52,3	52,3	37.664	6.580	1.749	332.837	2,7	3,1	-	57.937	39,65	0,17	1,252	1,173
SCN 2	55,8	55,8	40.153	6.580	1.749	427.052	10,3	18,8	-	5.761	10,77	0,01	1,047	1,053

10.3 CONCLUSIONI E COMMENTI

Dall'analisi effettuata, come riportato nella presente Diagnosi Energetica, emerge che è possibile conseguire un **miglioramento energetico in condizioni standard di tre classi energetiche, ed in particolare per l'edificio in esame dalla G alla E**, attraverso entrambi gli scenari e secondo le specifiche tecniche riportate.

In linea generale tutti gli interventi proposti mirano, oltre a rendere più efficiente il sistema involucro-impianto, a risolvere anche criticità dal punto di vista edilizio ed impiantistico; a tal riguardo si fa particolare riferimento alle condizioni di obsolescenza del generatore ed altre parti dell'impianto termico.



Lo scenario più favorevole in termini economico-finanziari risulta essere quello che prevede l'efficientamento dell'involucro mediante l'isolamento della copertura e dell'impianto termico mediante la sostituzione del generatore compresa l'installazione di circolatori a giri variabili. Infatti, come avviene tipicamente, anche in questo caso la sostituzione del generatore esistente, con un nuovo sistema a condensazione, risulta essere la EEM che presenta una maggiore convenienza economica (in termini di VAN).

Per quanto concerne invece il risparmio di CO2 equivalente si stima **una riduzione complessiva di 110.606 kg CO2.**

In termini di energia primaria, nello scenario migliore dal punto di vista energetico **sarebbe possibile risparmiare 564.781 kWh.**

ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA

Titolo	Data	Nome file
Documentazione fornita dalla committenza	27/07/18	DE_Lotto.n5- E1267_rev D-ALLEGATO A_Documentazione fornita dalla committenza

ALLEGATO B – ELABORATI GRAFICI

Titolo	Data	Nome file
Elaborati grafici	27/07/18	DE_Lotto.n5 – E1267_rev D-ALLEGATO B_Elaborati grafici DE_Lotto.n5-E1267_rev D-ALLEGATO B_Diagramma a blocchi impianto elettrico DE_Lotto.n5-E1267_rev D-ALLEGATO B_Schema unifilare impianto FV DE_Lotto.n5-E1267_rev D-ALLEGATO B_Planimetria posizione impianti e contatori DE_Lotto.n5-E1267_rev D-ALLEGATO B_Schema funzionale CT DE_Lotto.n5-E1267_rev D-ALLEGATO B_catasto planimetria DE_Lotto.n5-E1267_rev D_ALLEGATO B_Analisi fatture energia elettrica.xls DE_Lotto.n5-E1267_rev D_ALLEGATO B_Analisi fatture energia termica.xls DE_Lotto.n5-E1267_rev D-ALLEGATO B_Grafici_template.xls Kyotobaseline-E1267_rev10.xls

ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

Titolo	Data	Nome file
Report di indagine termografica	27/07/18	DE_Lotto.n5 – E1267_rev D-ALLEGATO C_Report termografico

ALLEGATO D – REPORT DI INDAGINE ENDOSCOPICA

Titolo	Data	Nome file
Report di indagine endoscopica	27/07/18	DE_Lotto.n5 – E1267_rev D-ALLEGATO D_Report endoscopico

ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI

Titolo	Data	Nome file
Relazione di dettaglio dei calcoli	27/07/18	DE_Lotto.n5 – E1267_rev D-ALLEGATO E_Relazione calcolo

ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

Titolo	Data	Nome file
Certificato CTI	14/03/18	DE_Lotto.n5 – E1267_rev A-ALLEGATO F_Certificato-CTI-termus-40

ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

Titolo	Data	Nome file
APE stato di fatto	06/06/18	DE_Lotto.n5 – E1267_rev C-ALLEGATO G_APE stato di fatto
APE stato di fatto (con firma digitale)	06/06/18	DE_Lotto.n5 – E1267_rev C-ALLEGATO G_APE stato di fatto.P7M
Ricevuta invio APE	06/06/18	DE_Lotto.n5 – E1267_rev C-ALLEGATO G_RICEVUTA_invio APE
APE stato di fatto (XML)	06/06/18	DE_Lotto.n5 – E1267_rev C-ALLEGATO G_APE stato di fatto.XML

APE stato di fatto (XML) con firma digitale

06/06/18

DE_Lotto. n5 – E1267_rev C-ALLEGATO G_APE stato di fatto.XML.P7M

ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

Titolo	Data	Nome file
APE scenario 1	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1267_rev D-ALLEGATO H_APE scenario 1
APE scenario 2	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1267_rev D-ALLEGATO H_APE scenario 2

ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

Titolo	Data	Nome file
Dati climatici	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1267_rev D-ALLEGATO I_Dati climatici

ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

Titolo	Data	Nome file
Schede di audit	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1267_rev D-ALLEGATO J_schede di audit

ALLEGATO K – SCHEDE ORE

Titolo	Data	Nome file
Schede ORE	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1267_rev D-ALLEGATO K_schede ORE

ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI

Titolo	Data	Nome file
PEF scenari di intervento	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1267_rev D-ALLEGATO L_PEF

ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

Titolo	Data	Nome file
Report di Benchmark	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1267_rev D-ALLEGATO M_Report di Benchmark

ALLEGATO N – CD-ROM