

**ASILO NIDO "CASETTA ORSACCHIOTTI" e SCUOLA MATERNA
STATALE "ISOLA CHE NON C' E'"**

E440

Via Bobbio, n°68

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA

FONDO KYOTO - SCUOLA 3



Aprile 2018

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



COMUNE DI GENOVA



**ASILO NIDO "CASETTA ORSACCHIOTTI" e SCUOLA MATERNA
STATALE "ISOLA CHE NON C' E'"**

E440

Via Bobbio, n°68

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA

FONDO KYOTO - SCUOLA 3

Aprile 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 0105573560 – 5573855; energymanager@comune.genova.it; www.comune.genova.it

eFM SpA

Via Laurentina, 455 - 00142 Roma

Tel06 5400064– efm@efmnet.com

REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI

Revisione	Data	Realizzazione	Revisione	Approvazione	Descrizione
00	21/03/2018	Carlotta Mordini Matteo Calvesi	Ing. Luca Grossi – Responsabile Involucro	Ing. Stefano Mazzetti	Prima Pubblicazione
			Ing. Luca Bonanno- Responsabile Impianti		
01	03/08/2018	Carlotta Mordini Matteo Calvesi	Ing. Luca Grossi Ing. Luca Bonanno	Ing. Stefano Mazzetti	revisione

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

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



INDICE

PAGINA

EXECUTIVE SUMMARY	1
1 INTRODUZIONE	3
1.1 PREMessa	3
1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA.....	3
1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO.....	3
1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO.....	4
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO.....	5
1.6 STRUTTURA DEL REPORT.....	8
2 DATI DELL'EDIFICIO	9
2.1 INFORMAZIONI SUL SITO	9
2.2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE, SOCIO-ECONOMICO E DESTINAZIONE D'USO.....	9
2.3 VERIFICA DEI VINCOLI INTERFERENTI SULLE PARTI DELL'IMMOBILE INTERESSATE DAGLI 'INTERVENTI	10
2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO	11
3 DATI CLIMATICI	13
3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO.....	13
3.2 DATI CLIMATICI REALI.....	14
3.3 ANALISI DELL'ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO	14
4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI	16
4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO	16
4.1.1 <i>Involucro opaco</i>	16
4.1.2 <i>Involucro trasparente</i>	17
4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO	19
4.2.1 <i>Sottosistema di emissione</i>	19
4.2.2 <i>Sottosistema di regolazione</i>	20
4.2.3 <i>Sottosistema di distribuzione</i>	21
4.2.4 <i>Sottosistema di generazione</i>	22
4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA.....	24
4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO/CLIMATIZZAZIONE ESTIVA	24
4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA	24
4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE	24
4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE	25
4.8 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DI IMPIANTI DI PRODUZIONE ENERGIA ELETTRICA O COGENERAZIONE.....	26
5 CONSUMI RILEVATI	26
5.1 CONSUMI ENERGETICI STORICI PER CIASCUN VETTORE E CONNESSIONE ALLE RETI GAS NATURALE ED ELETTRICA.....	26
5.1.1 <i>Energia termica</i>	26
5.1.2 <i>Energia elettrica</i>	29
5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI.....	32
6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO	35
6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO	35
6.1.1 <i>Validazione del modello termico</i>	36
6.1.2 <i>Validazione del modello elettrico</i>	37
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI.....	37
6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI.....	39
7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO	41
7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI	41
7.1.1 <i>Vettore termico</i>	41
7.1.2 <i>Vettore elettrico</i>	43



7.2	TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI.....	46
7.3	COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI.....	47
7.4	BASELINE DEI COSTI.....	48
8	IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA.....	49
8.1	DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI.....	49
8.1.1	<i>Involucro edilizio.....</i>	<i>49</i>
8.1.2	<i>Impianto riscaldamento.....</i>	<i>51</i>
8.1.3	<i>Impianto di illuminazione ed impianto elettrico.....</i>	<i>54</i>
9	VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA.....	56
9.1	ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	56
9.2	ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	59
9.3	IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D'INTERVENTO E SCENARI D'INVESTIMENTO.....	65
9.3.1	<i>Scenario 1.....</i>	<i>68</i>
9.3.2	<i>Scenario 2.....</i>	<i>74</i>
10	CONCLUSIONI.....	80
10.1	RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA.....	80
10.2	RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI.....	80
ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA.....		1
ALLEGATO B – ELABORATI.....		1
ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA.....		1
ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI.....		1
ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI.....		1
ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE.....		1
ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA.....		1
ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI.....		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

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

Dall'analisi effettuata è emerso che il prelievo termico nel triennio è caratterizzato da un valore minimo pari a 3 smc, e un valore di massimo prelievo pari a 1.724 ed i consumi annui non hanno subito una sostanziale variazione.

Mentre l'analisi dei consumi storici di energia elettrica si basa sulla base dei kWh ottenuti dai dati di fatturazione rilevati nello stesso triennio di riferimento. Dall'analisi effettuata è stato possibile definire i profili mensili dei consumi elettrici di Baseline, valutati come la media dei valori mensili analizzati nel triennio.

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

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

Anche per la componente elettrica si è potuto notare nei diagrammi come la maggior parte dei consumi sia da attribuirsi all'illuminazione interna dei locali e all'assorbimento legato alle utenze elettriche presenti.

Caratteristiche dell'edificio oggetto della DE

Tabella 0.1 - Tabella riepilogativa dei dati dell'edificio

PARAMENTO	U.M.	VALORE
Anno di costruzione edificio		1875
Anno di ristrutturazione		nd
Zona climatica		[D]
Destinazione d'uso	E7. Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili	
Superficie utile riscaldata	[m ²]	687,81
Superficie disperdente (S)	[m ²]	1.687,38
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	3.712,99
Rapporto S/V	[1/m]	0,45
Superficie netta aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	783
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	936
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	745
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	1.056
Tipologia generatore riscaldamento	Generatore a combustione a basamento	
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	150
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	nd
Tipo di combustibile	Gas metano	
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)	Boiler Elettrici	
Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	32
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{th} /anno]	108.595
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	7.982
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	20.649



Nota (1): Valori di Baseline

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

- EEM 1: Compartimentazione termina – Installazione di Controsoffitti
- EEM 2: Sostituzione generatore di calore con altro a condensazione;
- EEM 3: Installazione di un sistema di illuminazione a led;
- EEM 4: Installazione di valvole termostatiche.

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											
	%ΔE [%]	%ΔCO2 [%]	ΔCE [€/anno]	ΔCMO [€/anno]	ΔCMS [€/anno]	Io [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]
EEM 1	0%	10,3%	9.1%	0%	0,0%	17.990	17,0	20.8	30	5.430 ≥ 0	4,2	0.30
EEM 2	5.0%	8.5%	8.1%	5.5%	11.0%	12.505	11.4	13.0	15	1.181 < 0	0.5	-0.09
EEM 3	49.2%	18.7%	49.2%	1.0%	25.0%	12.421	4.9	5.4	8	8.175 ≥ 0	31.2	1.28
EEM 4	8.9%	10.0%	9.9%	0.0%	4.0%	3.243	3.1	3.3	15	8.856 ≥ 0	30.1	2.73
Scn1	19.0%	17.7%	17.9%	2.0%	8.0%		-23.93	-57.24	15	17.977	...	-59.11
Scn2	0.2%	15.5%	13.6%	0.5%	14.5%		-8.21	-53.14	25	67.042		-72.72

Figura 0.1 – Scenario 1: analisi finanziaria

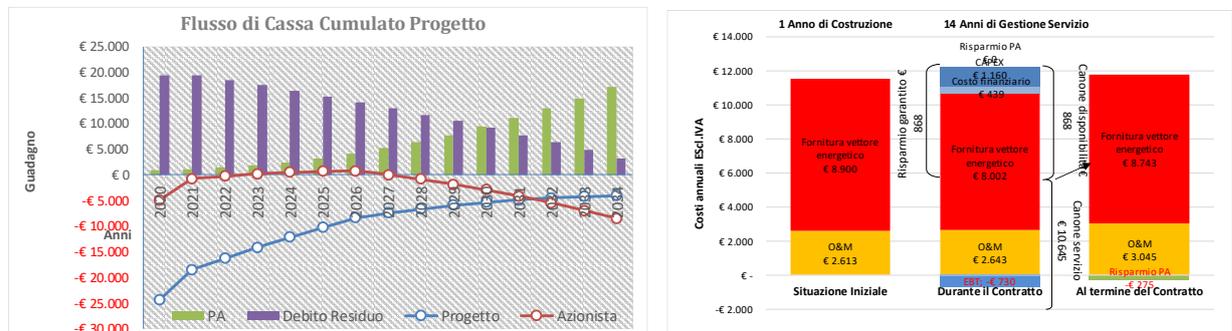
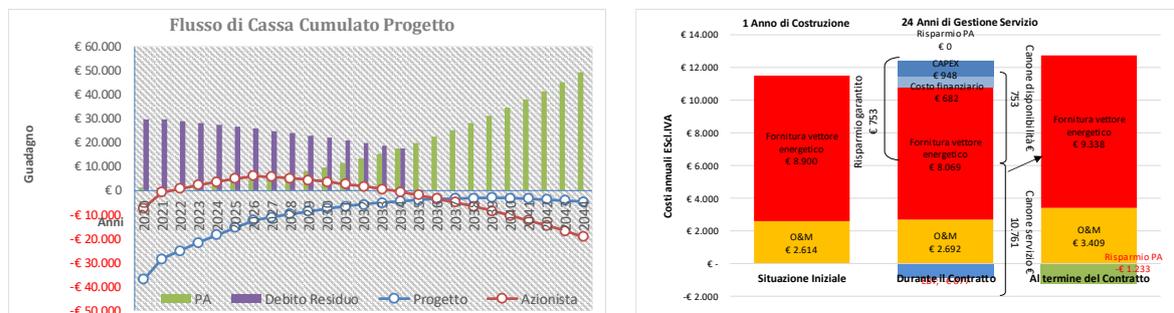


Figura 0.2 – Scenario 2: analisi finanziaria



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.

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

1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO

La presente DE è stata eseguita dalla eFMSPa il cui responsabile per il processo di audit è l'ing. Stefano Mazzetti soggetto certificato Esperto in Gestione dell'Energia (EGE) ai sensi della norma UNI CEI 11339.

Figura 1.1 - Vista della facciata esposta a Est



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
Carlotta Mordini, Matteo Calvesi		Sopralluogo in sito
Carlotta Mordini		Elaborazione dei dati relativi ai consumi energetici
Carlotta Mordini		Elaborazione dei dati geometrici ed alla creazione del modello energetico
Ing. Luca Grossi	Responsabile involucro	Revisione report di diagnosi energetica
Ing. Luca Bonanni	Responsabile impianti	Revisione report di diagnosi energetica
Stefano Mazzetti	EGE	Approvazione report di diagnosi energetica
Carlotta Mordini, Matteo Calvesi		Sopralluogo in sito
Carlotta Mordini, Matteo Calvesi		Sopralluogo in sito

1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO

L'immobile oggetto della DE, catastalmente individuato al NCEU F.25mapp. 282 è sito nel Comune di Genova e più precisamente nel quartiere di Staglieno del comune di Genova, nella val Bisagno.

L'edificio è di proprietà del Comune di Genova ed è attualmente adibito a Asilo Nido e scuola Materna.

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		1875
Anno di ristrutturazione		nd
Zona climatica		[D]
Destinazione d'uso		E7. Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili
Superficie utile riscaldata	[m ²]	687,81
Superficie disperdente (S)	[m ²]	1.687,38
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	3.712,99
Rapporto S/V	[1/m]	0,45
Superficie netta aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	783
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	936
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	745
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	1.056

Tipologia generatore riscaldamento	Generatore a combustione a basamento
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW] 150
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW] nd
Tipo di combustibile	Gas metano
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)	Boiler Elettrici
Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno] 32
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{th} /anno] 108.595
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno] 7.982
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno] 20.649
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno] 4.835,00

Nota (1): Valori di Baseline

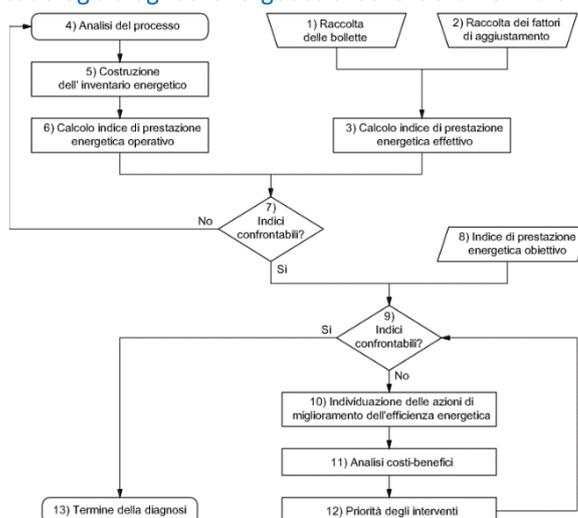
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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

- a) Acquisizione della documentazione utile, fornita dalla PA, come riportato all'Allegato B – Elaborati;
- b) Analisi del quadro normativo di riferimento, incluso la verifica dei vincoli ambientali, storici, archeologici e paesaggistici interferenti sull'immobile interessato dall'intervento;
- c) Visita agli edifici, effettuata in data 23/11/2017 con verifica degli elaborati forniti e rilievo dei dati relativi alle caratteristiche degli elementi disperdenti ed impiantistici costituenti il sistema edificio-impianto;
- d) Visita alla centrale termica e/o frigorifera, con il supporto del personale incaricato della conduzione e manutenzione degli impianti e rilevamento dei dati utili;
- e) Preparazione e compilazione delle schede di Audit previste per la diagnosi di livello II di cui all'appendice A delle LGEE - Linee Guida per l'Efficienza Energetica negli Edifici - sett. 2013 - elaborato da AiCARR per AgeSi, AssisAl, Assopetroli e Assoenergia, e riportate all'Allegato J – Schede di audit;
- f) Elaborazione del comportamento termico ed elettrico dell'edificio, realizzata utilizzando il software commerciale NamirialTermo Software versione 4.1.3 in possesso di certificato di conformità rilasciato dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI) Numero certificato CTI n°66 del 15/03/2017 ai sensi del D.lgs. 192/05 e s.m.i. e riportato all'Allegato F – Certificato CTI Software;
- g) Analisi dei profili annuali di consumi e costi dei servizi energetici reali dell'edificio, comprensivi della fornitura dei vettori energetici sia elettrici che di gas e degli oneri di O&M, relativamente alle annualità 2014-2015-2016;
- h) Analisi dei dati climatici reali del sito ove è ubicato l'edificio con conseguente calcolo dei Gradi Giorno reali (GG_{real}), utilizzando le temperature esterne rilevate dalla stazione meteo dell'Università di Genova e riportati all'Allegato I – Dati climatici;
- i) Individuazione della "baseline termica" di riferimento (e relative emissioni di CO₂) tramite opportuna ripartizione del consumo di combustibile tra le varie utenze a servizio dell'edificio e destagionalizzazione dello stesso, utilizzando i relativi GG reali (GG_{real}), e conseguente normalizzazione secondo i GG di riferimento (GG_{rif});
- j) Individuazione della "baseline elettrica" di riferimento (e relative emissioni di CO₂) calcolata sulla media aritmetica dei valori relativi ai consumi elettrici reali per tre le annualità 2014, 2015, 2016;
- k) Validazione del modello elaborato mediante il confronto con le baseline energetiche, al fine di ottenere uno scostamento inferiore al 5%;

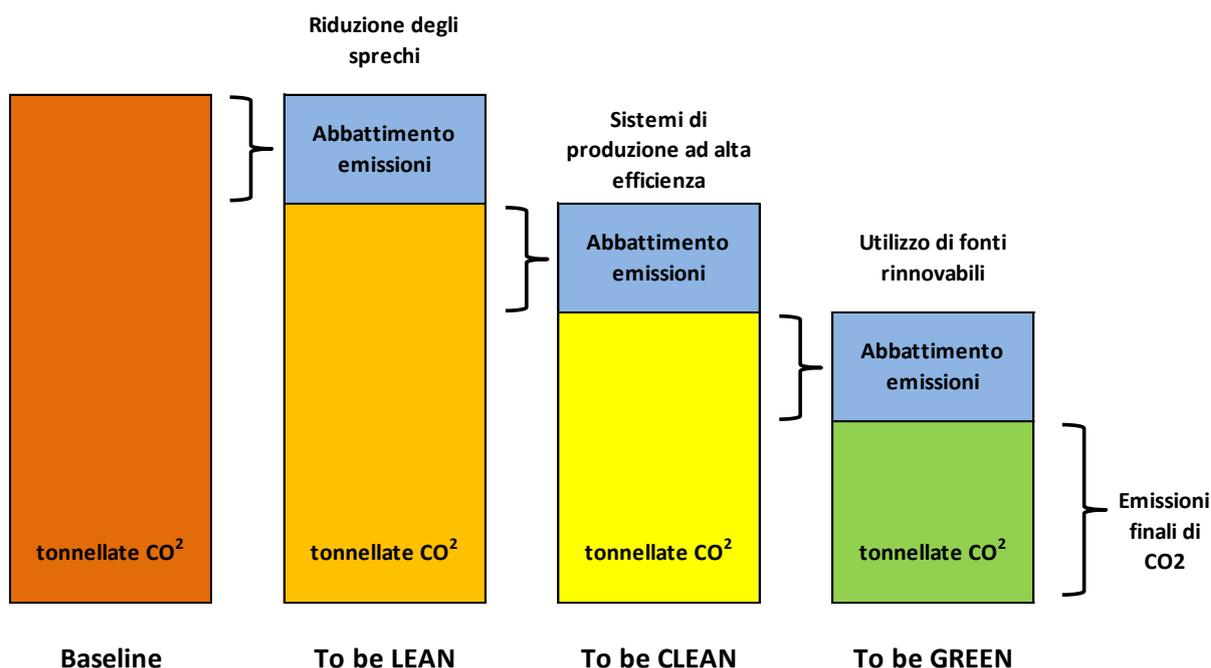
- l) Analisi delle possibili EEM necessarie per la riqualificazione energetica del sistema edificio-impianto analizzando gli aspetti tecnici, energetici, ed ambientali.
- m) Simulazione del comportamento energetico dell'edificio a seguito dell'attuazione delle varie EEM proposte singolarmente, ed individuazione della nuova classe energetica raggiungibile;
- n) Definizione di due scenari ottimali a partire dalla combinazione delle singole EEM proposte al fine di conseguire un miglioramento del parametro di efficienza energetica dell'edificio superiore a due classi energetiche e tempi di ritorno inferiori uguale rispettivamente a 25 e a 15 anni.
- o) Analisi costi-benefici e di redditività finanziaria derivanti dalla realizzazione delle EEM previste singolarmente, con riferimento ai principali indicatori finanziari ed ai possibili sistemi di incentivazione;
- p) Valutazione economico-finanziaria dei due scenari ottimali previsti, a partire dal "baseline di costi" e con riferimento ai principali indicatori finanziari e di sostenibilità finanziari ed ai possibili sistemi di incentivazione;
- q) Identificazione dell'eventuale canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale attraverso un Energy Performance Contract, con lo scopo di analizzare il possibile interesse nella realizzazione degli interventi studiati, tramite l'intervento di una ESCo;
- r) Realizzazione di una relazione tecnica descrittiva di dettaglio dell'analisi effettuata (Rapporto di DE);
- s) Realizzazione di un report dei Benchmark.

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



Per la definizione di soluzioni integrate, la priorità con cui sono state analizzate la combinazione di possibili EEM è quella definita dal modellodigerarchia 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 losfruttamento 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 gerarchica 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 energetica primario.

Per tanto, nel caso di soluzioni integrate, dapprima si è valutata la fattibilità di ridurre gli sprechi mediante misure sull'involucro e sulle 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 riqualificazione 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)individuandoiprincipali indicatori economici d'investimento di seguito elencati:

- TRS (Tempo di rientro semplice);
- TRA (Tempo di rientro attualizzato);

- VAN (Valore attuale netto);
- TIR (Tasso interno di rendimento);
- IP (indice di profitto).

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

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

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

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

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

1.6 STRUTTURA DEL REPORT

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

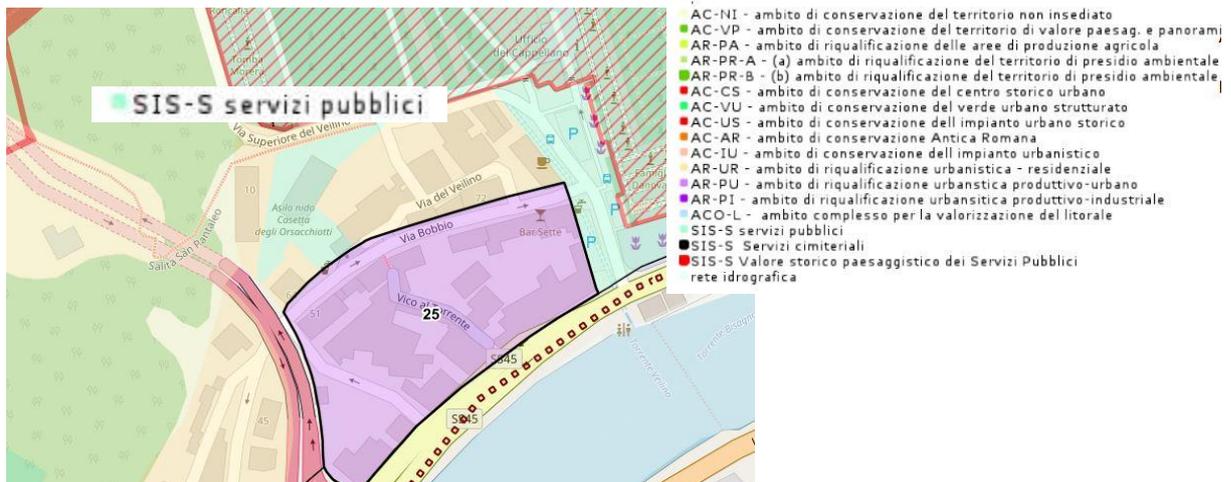
- Una prima parte nella quale sono descritti lo scopo ed i confini della DE e le metodologie di analisi adottate;
- Una seconda parte in cui sono riportate le informazioni dell'edificio rilevate in sede di sopralluogo e le valutazioni effettuate al fine di identificare le caratteristiche tecniche dei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

2 DATI DELL'EDIFICIO

2.1 INFORMAZIONI SUL SITO

Lo strumento urbanistico vigente, il P.U.C approvato con DD n° 2015/118.0.0./18 con entrata in vigore il 3/12/2015, classifica l'edificio oggetto della DE in zona [AR-PU-Ambito di riqualificazione produttivo-urbano.

Figura 2.1 - Particolare estratto dal Piano Urbanistico Comunale



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

L'edificio ove è ubicato l'Asilo Nido "Casetta Orsacchiotti" e la Scuola Materna Statale "L'isola che non c'è" risale all'incirca al 1875 ed è un'antica villa che è stata interamente ristrutturata. Oggi è adibita a scuola materna e asilo nido statale pertanto ai sensi del DPR 412/93, attualmente ricade nella destinazione d'uso E.7 _Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili. Ricade nell'ambito territoriale urbanistico "SIS -S Servizi pubblici."

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

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

L'immobile è sede di un asilo nido e una scuola materna che attualmente ospita circa 42 bambini. La riqualificazione energetica dell'edificio permettere una riduzione dei consumi di energia e maggiore confort per i fruitori.

L'edificio ospitante il complesso scolastico oggetto della DE è costituito complessivamente da 3 piani fuori terra nei quali si sviluppano le attività scolastiche. La struttura presenta una cucina al suo interno per il servizio mensa dei bambini. Nella Tabella 2.1 sono riassunte le destinazioni d'uso delle varie aree e le relative superfici.

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

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



Tabella 2.1 - Suddivisione in piani dell'edificio

PIANO	UTILIZZO	U.M.	SUPERFICIE LORDA COMPLESSIVA ⁽²⁾	SUPERFICIE UTILE RISCALDATA ⁽³⁾	SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA ⁽³⁾
Terra	Ingresso, aule, locale tecnico, cucina, servizi igienici, spogliatoio, ripostiglio	[m ²]	314	215	nd
Primo	Aule, servizi igienici	[m ²]	314	225	nd
Secondo	Aule, servizi igienici	[m ²]	314	247	nd
Sottotetto	Volume tecnico	[m ²]	314	0	nd
TOTALE		[m ²]	1.256	687	nd

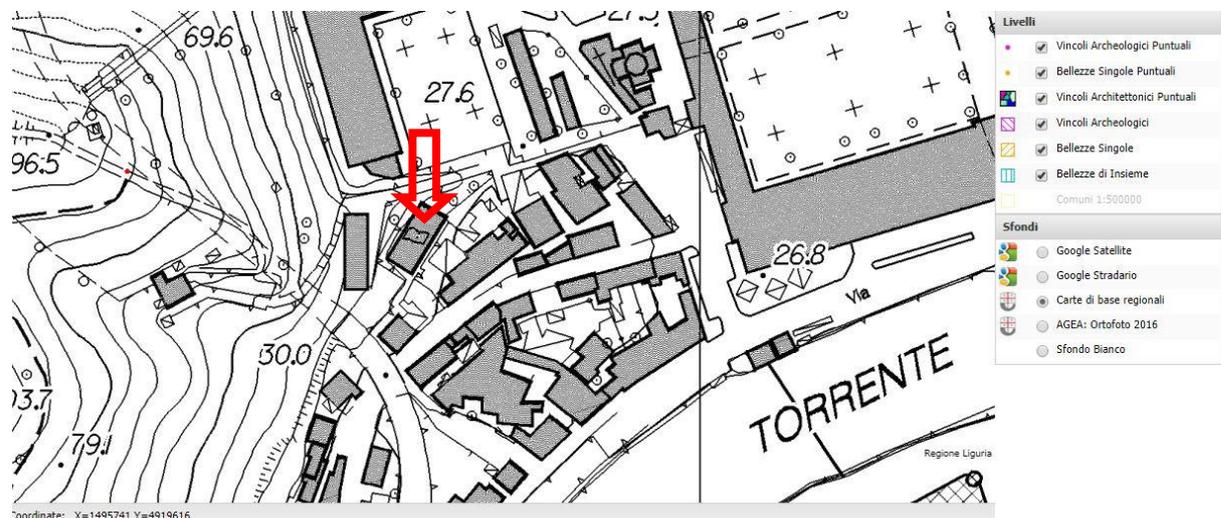
Nota (2): Superficie lorda comprensiva delle zone interne climatizzate e non climatizzate, valutate a partire dalle planimetrie progettuali, opportunamente verificate in fase di sopralluogo

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

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

L'edificio non ricade in zona soggetta a vincoli archeologici e esso stesso non costituisce edificio sotto tutela.

Figura 2.3 - Particolare estratto dalla carta dei vincoli



2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO

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

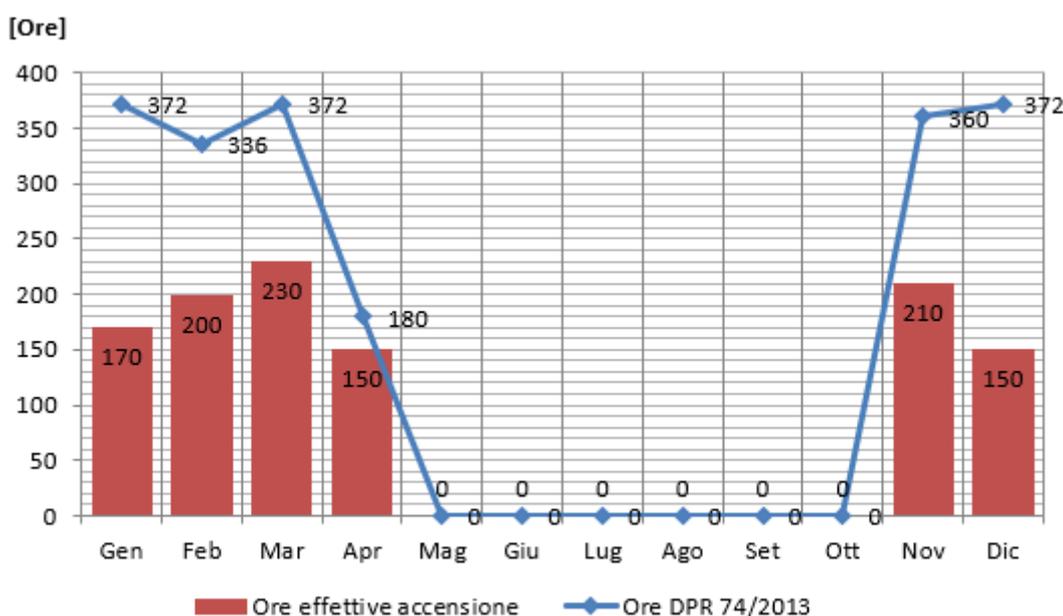
Gli orari di effettivo utilizzo dell'edificio e i periodi di attivazione e spegnimento degli impianti sono stati forniti dal personale scolastico all'atto dei sopralluoghi.

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

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

PERIODO	GIORNI SETTIMENALI	ORARIO FUNZIONAMENTO EDIFICIO	ORARIO FUNZIONAMENTO IMPIANTO
[16 aprile-31 ottobre]	[dal lunedì al venerdì]	[7.15 – 19.00] [7.30- 17.30] lezioni	Non attivo
[1 novembre -15 aprile]	[dal lunedì al venerdì]	[7.15 – 19.00] [7.30- 17.30] lezioni	[6.00 – 16.00]

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



Dall'analisi effettuata è emerso che gli orari di funzionamento degli impianti sono strettamente correlati agli orari di espletamento delle lezioni. L'impianto viene acceso circa un'ora prima dell'ingresso degli alunni e viene spento 1 ora e mezza prima della fine delle lezioni. Fino alle ore 19 l'istituto resta aperto per le necessarie operazioni di pulizia.

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 1421GG di riferimento, valutati in condizioni standard di utilizzo dell'edificio, come la sommatoria, estesa a tutti i giorni del periodo annuale di riscaldamento compreso tra il 1 Novembre e il 15 Aprile, delle sole differenze positive giornaliere tra la temperatura interna di 20°C e quella esterna giornaliera media mensile riportata in Tabella 3.1.

Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.2, i GG sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 922GG 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 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}

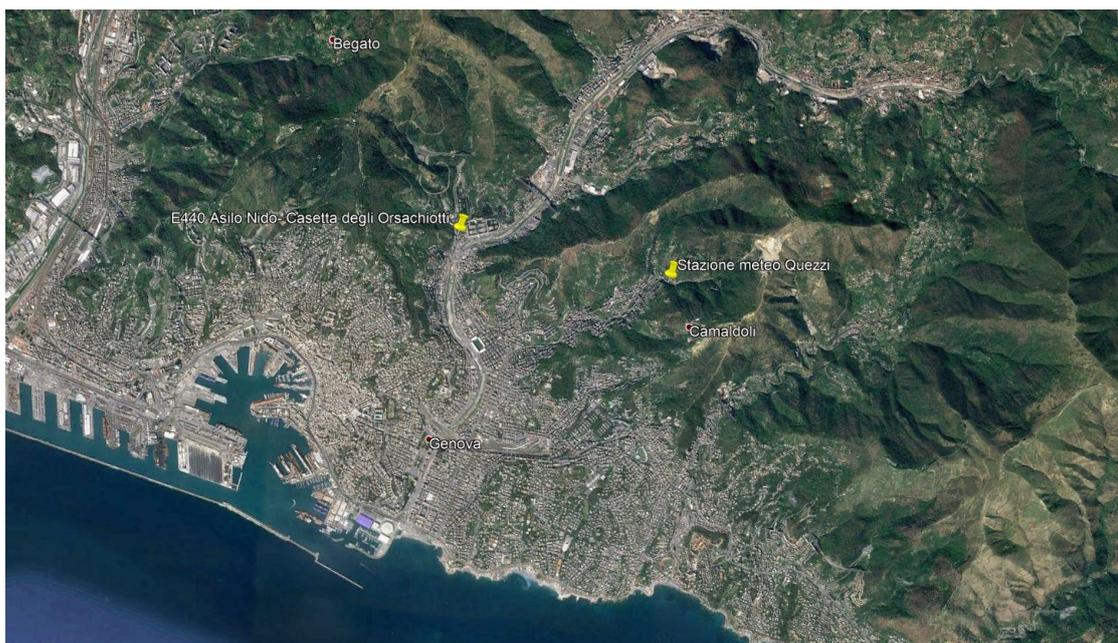
Mese	GIORNI MENSILI	TEMPERATURA ESTERNA UNI 10349:2016 [°C]	GIORNI RISCALDAMENTO [g/m]	GG	GIORNI DI UTILIZZO [g/m]	GIORNI RISCALDAMENTO EFFETTIVI [g/m]	GG _{rif}	PROFILO DI INCIDENZA
Gennaio	31	10,4	31	298	17	17	163	18%
Febbraio	28	10,5	28	266	20	20	190	21%
Marzo	31	11,1	31	276	23	23	205	22%
Aprile	30	15,3	15	71	19	11	73	8%
Maggio	31	18,7	-	-	22	-	-	0%
Giugno	30	22,4	-	-	21	-	-	0%
Luglio	31	24,6	-	-	10	-	-	0%
Agosto	31	23,6	-	-	-	-	-	0%
Settembre	30	22,2	-	-	15	-	-	0%
Ottobre	31	18,2	-	-	22	-	-	0%
Novembre	30	13,3	30	201	21	21	141	15%
Dicembre	31	10,0	31	310	15	15	150	16%
TOTALE	365	16,7	166	1421	205	111	921	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 situata nel quartiere Quezzi del comune di Genova.

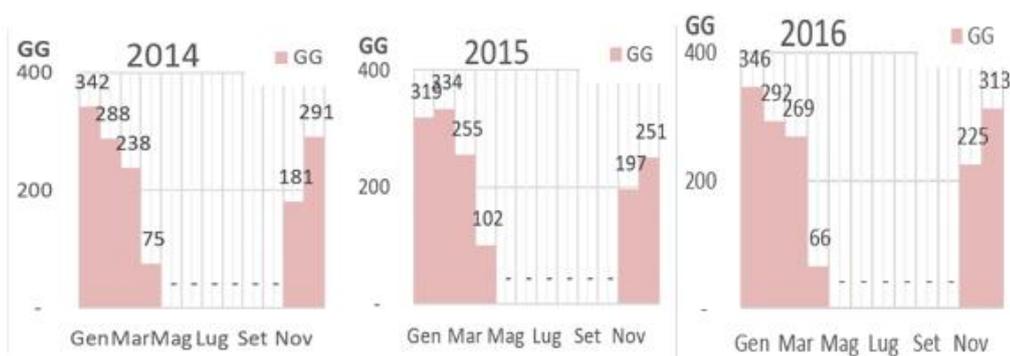
Figura 3.1 – Posizionamento della centralina meteo climatica rispetto all'edificio oggetto di DE



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

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

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

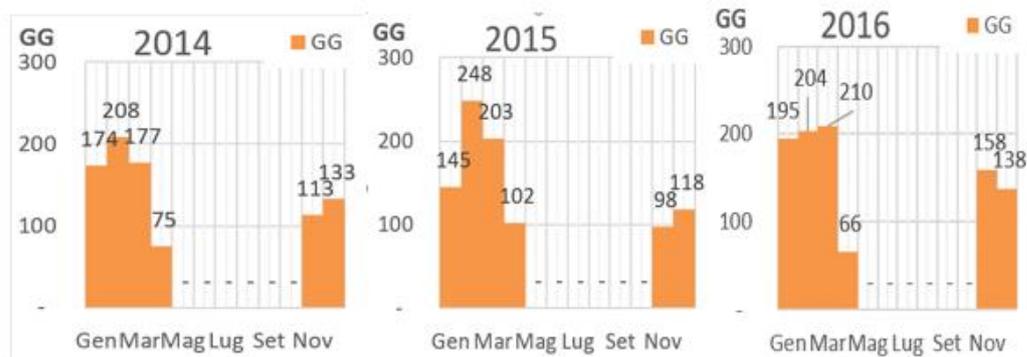


Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.2, i GG reali sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 843 GGcalcolati su 100 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 GGreali, 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 murature portanti, presumibilmente in pietra e conglomerati debitamente intonacate.

Figura 4.1 - Particolare della porzione di involucro



La muratura di tipo massivo incide profondamente sul comportamento termico dell'edificio poiché è in grado di conferire un migliore comportamento all'involucro edilizio quando è in buoni condizioni di manutenzione.

Figura 4.2 - Particolare della facciata



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

- Rilievo termografico eseguito tramite l'utilizzo di termo camera

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- la muratura non presenta discontinuità visibili. Nel complesso la muratura è in buono stato di manutenzione.

Figura 4.3 –Rilievo termografico della parete ovest



I dettagli delle indagini diagnostiche effettuate sono riportate all’Allegato C – Report di indagine termografica.

Non è stata svolta nessun’altra prova diagnostica strumentale.

I valori di trasmittanza dei componenti dell’involucro opaco sono riportati nella Tabella 4.1.

Tabella 4.1 – Trasmittanze termiche dei componenti dell’involucro opaco

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	SPESSORE [cm]	ISOLAMENTO	TRASMITTANZA TERMICA [W/m ² K]	STATO DI CONSERVAZIONE
Copertura	COP1	24	Assente	1,50	Buono
Parete verticale	M1	54	Assente	0,80	Buono
Solaio interno	SOL1	25	Assente	1,56	Buono

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

4.1.2 Involucro trasparente

Gli infissi, che costituiscono l'involucro trasparente sono stati sostituiti nel 2012. Essi sono costituiti da serramenti con telaio in pvc e vetri doppi. Inoltre sono presenti persiane esterne in legno.

Lo stato di conservazione degli stessi è di conseguenza molto buono.

Figura 4.4 - Particolare dei serramenti



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

- Rilievo termografico

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- Muratura in buono stato di conservazione, non si rilevano lesioni o fenomeni infiltrativi in atto.

Figura 4.5 –Rilievo termografico dei serramenti



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		TIPO TELAIO	TIPO VETRO	TRASMITTANZA TERMICA	STATO DI CONSERVAZIONE
		[H] [cm]	[L] [cm]				
[Serramento verticale]	229-P00-002-SE02	1.63	1.37	PVC	Vetro doppio	1.20	[Buono]
	229-P00-002-SE01	0.90	1.98	PVC	Vetro doppio	1.20	[Buono]
	229-P00-003-SE01	1.20	3.75	PVC	Vetro doppio	1.20	[Buono]
	229-P00-005-SE01	1.20	2.10	PVC	Vetro doppio	1.20	[Buono]
	229-P00-012-SE01	1.20	2.10	PVC	Vetro doppio	1.20	[Buono]
	229-P00-015-SE01	1.20	2.10	PVC	Vetro doppio	1.20	[Buono]
	229-P00-016-SE01	1.20	2.10	PVC	Vetro doppio	1.20	[Buono]
	229-P00-017-SE01	1.20	2.10	PVC	Vetro doppio	1.20	[Buono]
	229-P00-018-SE03	0.40	2.10	PVC	Vetro doppio	1.20	[Buono]
	229-P00-018-SE01	1.20	3.75	PVC	Vetro doppio	1.20	[Buono]
	229-P00-018-SE02	1.20	2.10	PVC	Vetro doppio	1.20	[Buono]
	229-P00-019-SE01	1.20	2.10	PVC	Vetro doppio	1.20	[Buono]
	229-P00-020-SE02	1.40	3.15	PVC	Vetro doppio	1.20	[Buono]
	229-P00-020-SE01	1.20	2.10	PVC	Vetro doppio	1.20	[Buono]
	229-P00-021-SE01	1.40	3.15	PVC	Vetro doppio	1.20	[Buono]
	229-P00-022-SE01	1.20	3.75	PVC	Vetro doppio	1.20	[Buono]
	229-P00-022-SE03	1.40	3.15	PVC	Vetro doppio	1.20	[Buono]
	229-P00-022-SE02	1.20	2.10	PVC	Vetro doppio	1.20	[Buono]
	229-P00-022-SE04	1.20	2.10	PVC	Vetro doppio	1.20	[Buono]

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

4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO

L'impianto di riscaldamento degli ambienti è costituito da una centrale termica con generatore di calore a combustione che premette tramite una rete di radiatori di riscaldare gli ambienti.

4.2.1 Sottosistema di emissione

Il sottosistema di emissione è costituito dalle seguenti tipologie di terminali: radiatori in ghisa posti al di sotto delle finestre.

Figura 4.6 - Particolare radiatori a parete



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

ZONA TERMICA	TIPOLOGIA DI TERMINALE	RENDIMENTO
Zona termica unica	Radiatori a parete	96%

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

Tabella 4.4 - Riepilogo caratteristiche dei radiatori installati

PIANO/locale	TIPO DI INSTALLAZIONE	NUMERO	POTENZA TERMICA UNITARIA [kW]	POTENZA TERMICA COMPLESSIVA [kW]
Terra				
aula 022	A parete	4	1,45+1,45+1,81 + 1,81	6.52
ufficio 019	A parete	1	1,81	1.81
aula 020	A parete	2	1,81+1,45	3.25
Ingresso 021	A parete	1	1,45	1,45
corridoio 004	A parete	1	1,45	1,45
spogliatoio 016	A parete	2	1,81+1,45	3.25
ripostiglio 015	A parete	1	1,81	1,81
corridoio 004	A parete	1	1,27	1,27
cucina 018	A parete	1	0,55	0,55
bagno 017	A parete	1	0,61	0,61
bagno 005	A parete	1	0,55	0,55
corridoio 003	A parete	1	1,45	1,45
bagno 006	A parete	1	0,55	0,55
bagno 012	A parete	1	0,55	0,55
Bagno 007	A parete	1	0,55	0,55

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 Audit.

La potenza è stata presa dai dati forniti dalla PA, controllati in sede di sopralluogo con stime visive sulla potenza dei radiatori, a seconda della configurazione degli stessi (n. tubi/elemento; n. di elementi; dimensioni; ecc.) e confrontata con il software di simulazione (Termo).

4.2.2 Sottosistema di regolazione

La regolazione del funzionamento dell'impianto ad acqua avviene attraverso l'impostazione degli orari di funzionamento e delle temperature rilevate mediante due sonde: una esterna e una per la condotta di mandata. È presente un sistema di regolazione con impostazione della curva climatica indipendente.

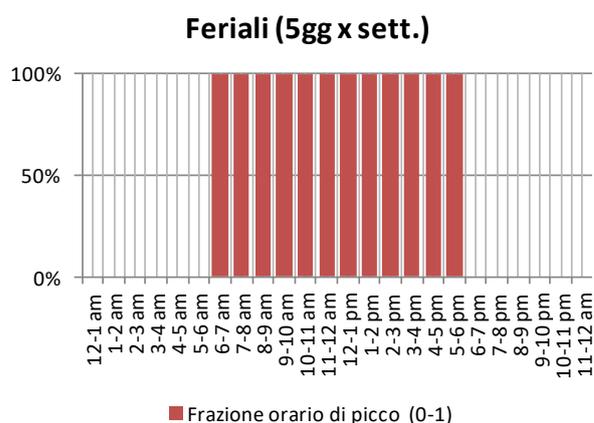
Sono inoltre presenti delle valvole on-off a servizio del funzionamento dei radiatori.

Figura 4.7 - Particolare della centralina di controllo



- Di seguito sono riportati i profili orari di funzionamento dell'impianto di riscaldamento

Figura 4.8 - Profilo di funzionamento invernale dell'impianto per la zona termica



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

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

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

ZONA TERMICA	TIPO DI REGOLAZIONE	RENDIMENTO
Zona termica Unica: Edificio E440	Climatica	85,8

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 Audit.

4.2.3 Sottosistema di distribuzione

Il sottosistema di distribuzione è costituito da un circuito primario di mandata e ritorno dell'acqua calda verso l'impianto di emissione interno all'edificio scolastico. La pompa di distribuzione è gemellare e per sua natura lavora in modo alternato.

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 ⁽⁵⁾ [m ³ /h]	PREVALENZA ⁽⁶⁾ [kPa]	POTENZA ASSORBITA ⁽⁷⁾ [kW]
Elettropompa gemellare	EG01 Circuito primario	8,6	18	0,625
Elettropompa singola	ES01 Anticondensa	8,2	11	0,195
TOTALE				0,820

Nota (7): Valori ricavati da dati di targa

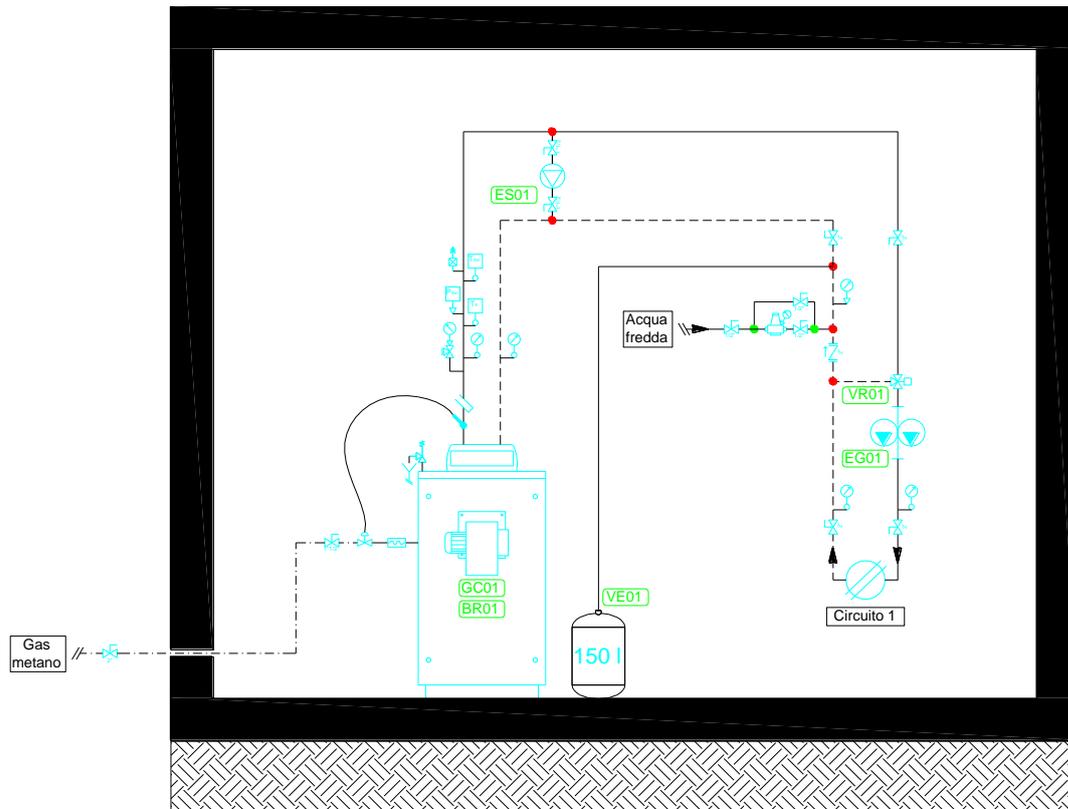
Le temperature del fluido termovettore all'interno del circuito primario sono riportate nella Tabella 4.7.

Tabella 4.7 – Temperature di mandata e ritorno del circuito primario

CIRCUITO			TEMPERATURA RILEVATA °C	TEMPERATURA CALCOLO ⁽⁵⁾ °C
Circuito Primario	Mandata	Caldo	42	70
	Ritorno	Caldo	39	55

Nota (5): Valori utilizzati nel modello di calcolo

Figura 4.9 - Particolare dello schema di impianto [(Fonte: Tavola 229-P00-002- CENTRALE TERMICA.dwg)]



Il rendimento complessivo del sottosistema di distribuzione è stato assunto nella DE pari al 94,48%. Il dato è stato calcolato con il software certificato Termo, che fa riferimento alle norme UNI 11300.

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 Audit.

4.2.4 Sottosistema di generazione

Il sottosistema di generazione è costituito una centrale con caldaia a basamento modello TERSEC 150 della marca UNICAL. Installata nel 2006. La potenza termica del generatore alimentato a metano è pari a 150 kW.

Figura 4.10 - Particolare del generatore a combustione





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

Tabella 4.8 - Riepilogo caratteristiche sistemi di generazione

Servizio	MARCA	MODELLO	ANNO DI COSTRUZIONE	POTENZA AL FOCOLARE [kW]	POTENZA TERMICA UTILE [kW]	RENDIMENTO	POTENZA ASSORBITA COMPLESSIVA [kW]
GC01 Riscaldamento	UNICAL	TERSEC 150	2006	163,50	150	93,2%	0,360

Nota: valori da dati di targa e schede tecniche

Il rendimento complessivo del sottosistema di generazione, in regime di riscaldamento è stato assunto nella DE pari al 93%. Il dato è stato calcolato con il software certificato Termo, che fa riferimento alle norme UNI 11300.

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 Audit.

4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA

Il consumo di acqua calda sanitaria è relativamente ridotto data la destinazione d'uso dell'edificio. La produzione è eseguita tramite n.3 bollitori elettrici ad accumulo installati localmente nei servizi igienici a ad uso del personale e degli alunni dell'istituto scolastico. Inoltre è presente una caldaia a metano per la produzione di acqua calda nella sala cucina dell'istituto.

Figura 4.11 - Particolare di un boiler elettrico per la produzione di acqua calda sanitaria



Il rendimento caratteristico del sottosistema dell'impianto di produzione acqua calda sanitaria è del 75 %. Il dato è stato calcolato con il software certificato Termo, che fa riferimento alle norme UNI 11300.

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 Audit.

4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO/CLIMATIZZAZIONE ESTIVA

Non è presente alcun impianto di raffrescamento o climatizzazione estiva.

4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA

Non è presente alcun impianto di ventilazione meccanica.

4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE

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

Tali tipologie di utenze sono state raggruppate insieme ed identificate con la denominazione di forza elettromotrice (FEM) e sono riportate nella Tabella 4.9.

Tabella 4.9 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA NOMINALE [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]	ORE ANNUE DI UTILIZZO [ore]
Zona termica scuola	PC	1	40*	40*	1090
	stampante	1	50*	50*	218
	Ascensore	1	4000*	4000*	218
	Montavivande	1	3000*	3000*	131
	Distributore caffè	1	1300*	1300*	5232

	bollitore	1	1300	1300	131
	Impastatrice	1	370	370	131
	tritacarne	1	800	800	131
	frigo	1	700*	700*	5232
la	lavastoviglie	1	12000*	12000*	436
	Lavatrice	3	2800	8400	436

* valori medi stimati in assenza di dati di targa in sede di sopralluogo

4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE

L'impianto di illuminazione è costituito da neon, fluorescenti a medio consumo in plafoniere collegate direttamente al controsoffitto. Tutti gli ambienti presentano la stessa tipologia di impianto di illuminazione, ovvero:

- Lampade a neon in plafoniere installate a soffitto.

Figura 4.12 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nel corridoio



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

Tabella 4.10 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA UNITARIA [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]
Zona 1	Neon 4x18	6	72	432
Zona 1	Neon 2x58	52	116	6032
Zona 1	Neon 1x18	1	18	18
Zona 1	Neon 2x18	3	36	108

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 Audit.

Figura 4.13 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nel vano scala



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

Non è presente alcun impianto di produzione energia elettrica o cogenerazione

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 climatizzazione invernale della struttura è il Gas Metano.

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

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

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

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

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

- Centrale termica per il riscaldamento degli ambienti della Zona termica unica.

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 dei 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]
3270016130766	Riscaldamento	8.481	4.039	7.996	79.891	38.047	75.322

Parallelamente all'analisi dei consumi storici forniti dalla società di distribuzione si è provveduto alla valutazione dei consumi fatturati nel triennio di riferimento.

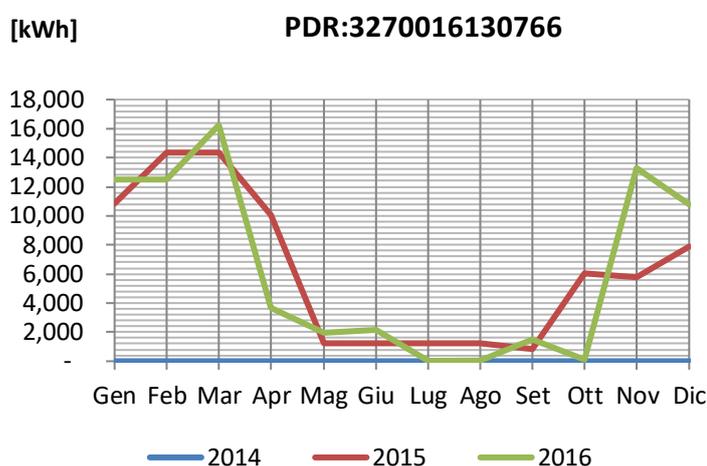
I consumi fatturati dalla società di fornitura sono riportati nella Tabella 5.3.

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

PDR:3270016130766	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Mese	[Sm ³]	[Sm ³]	[Sm ³]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen	n.d.	1.153	1.328	n.d.	10.861	12.509
Feb	n.d.	1.524	1.328	n.d.	14.355	12.509
Mar	n.d.	1.524	1.724	n.d.	14.355	16.241
Apr	n.d.	1.071	389	n.d.	10.093	3.664
Mag	n.d.	128	208	n.d.	1.201	1.960
Giu	n.d.	128	231	n.d.	1.201	2.179
Lug	n.d.	128	3	n.d.	1.201	27
Ago	n.d.	128	4	n.d.	1.201	36
Set	n.d.	89	161	n.d.	838	1.513
Ott	n.d.	645	14	n.d.	6.075	128
Nov	n.d.	611	1.413	n.d.	5.759	13.310
Dic	n.d.	840	1.147	n.d.	7.913	10.803
Totale	n.d.	7.967	7.949	n.d.	75.053	74.878

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

Figura 5.1 – Andamento mensile dei consumi termici fatturati



Dall'analisi effettuata è emerso che il prelievo termico del triennio è caratterizzato da un valore minimo pari a 3 smc, e un valore di massimo prelievo 1.724 I consumi annui non hanno subito una sostanziale variazione.

Confrontando l'andamento dei consumi con i GG_{real} del triennio di riferimento si può notare che si è avuto un incremento di tale valore.

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 GGrealidel 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.

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

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

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

\bar{Q}_{ACS} = Consumo termico reale per ACS dell'edificio, kWh/anno, valutato come la media dei consumi per l'ACS nel triennio di riferimento. Tale contributo non è stato valutato in quanto non esistono servizi che utilizzano gas metano diversi dal riscaldamento.

\bar{Q}_{ALTRO} = Consumo termico reale per eventuali altri utilizzi dell'edificio, kWh/anno, valutato come la media dei consumi per altri usi, nel triennio di riferimento. Tale contributo non è stato valutato in quanto non esistono servizi che utilizzano gas metano diversi dal riscaldamento.

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

Tabella 5.4 – Normalizzazione dei consumi annuali di energia termica

Anno	Ggreali su 111 giorni reali di occupazione e	GGRif	Consumo Reale [Smc]	Potere calorifico inferiore [kWh/Nmc]	Fattore di conversione [Smc/Nmc]	Potere calorifico inferiore [kWh/Smc]	Consumo Reale [kWh]	Fattore di normalizzazione e α_{rif}	Consumo normalizzato a 1421 GG [kWh]
2014	880	921	8.481	9,94	1,0549	9,42	79.914	90,8	83.691
2015	914	921	4.039	9,94	1,0549	9,42	38.058	41,7	38.378
2016	971	921	7.996	9,94	1,0549	9,42	75.344	77,6	71.479
Media	922	921	6.839				77.629	84,2	77.614

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 alla diminuzione 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]
$Q_{baseline}$	77.614

5.1.2 Energia elettrica

La fornitura di energia elettrica avviene tramite la presenza di un unico contatore.

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

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

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

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

POD	ZONA SERVITA	2014	2015	2016	MEDIA
		[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
IT001E00097480	Asilo nido e Scuola materna	20325	20270	21353	20649
TOTALE		20325	20270	21353	20649

Tali consumi sono stati confrontati con i consumi annui elaborati e forniti dalla PA ed (identificati per l'edificio oggetto della DE all'interno del file kyotoBaseline-E440) e sono emerse le seguenti differenze: la media dei consumi forniti dalla PA è superiore di circa l'8%.

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

Si è pertanto definito un consumo $EE_{baseline}$ pari a 20.649 kWh

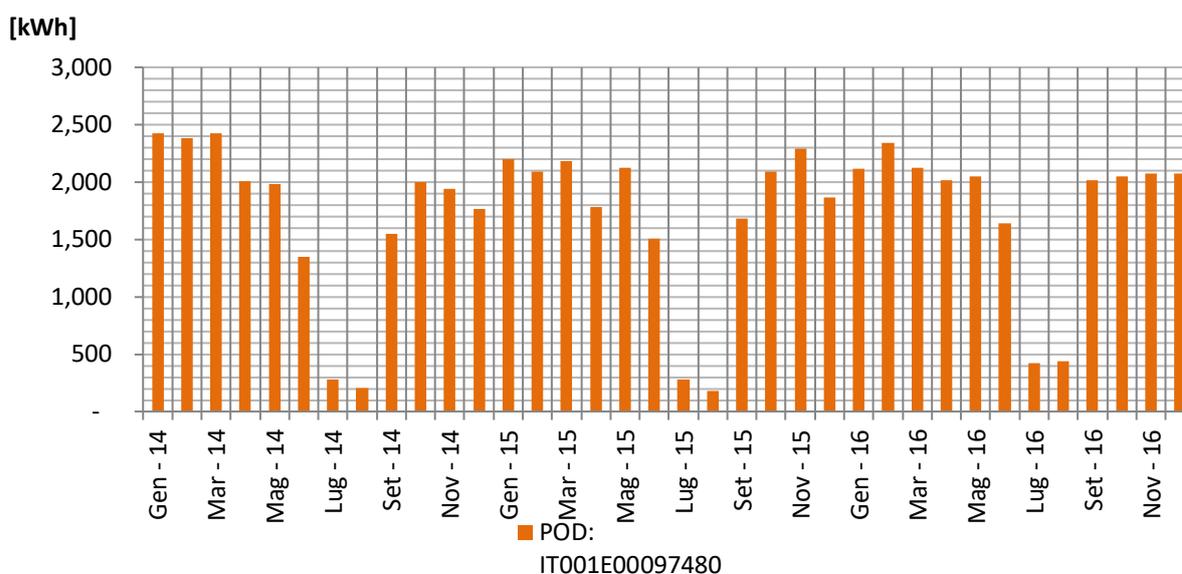
Tabella 5.7 – Consumi mensili di energia elettrica suddivisi per fasce, per il triennio di riferimento

POD: IT001E00097480	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 14	1.848	263	314	2.425
Feb - 14	1.899	258	227	2.384
Mar - 14	1.894	279	251	2.424
Apr - 14	1.541	218	248	2.007
Mag - 14	1.521	228	232	1.981
Giu - 14	904	189	257	1.350
Lug - 14	100	67	115	282
Ago - 14	63	49	95	207
Set - 14	1.164	192	196	1.552
Ott - 14	1.582	211	209	2.002
Nov - 14	1.476	203	263	1.942
Dic - 14	1.266	209	294	1.769
Totale	15.258	2.366	2.701	20.325
POD: IT001E00097480	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 15	1.672	248	276	2.196
Feb - 15	1.690	218	183	2.091
Mar - 15	1.758	211	212	2.181
Apr - 15	1.384	186	213	1.783
Mag - 15	1.639	236	250	2.125
Giu - 15	1.115	185	205	1.505

Lug - 15	124	60	95	279
Ago - 15	58	41	82	181
Set - 15	1.268	207	210	1.685
Ott - 15	1.595	256	236	2.087
Nov - 15	1.752	272	267	2.291
Dic - 15	1.483	239	144	1.866
Totale	15.538	2.359	2.373	20.270
POD: IT001E00097480	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 16	1.541	271	304	2.116
Feb - 16	1.861	250	230	2.341
Mar - 16	1.639	236	250	2.125
Apr - 16	1.542	236	235	2.013
Mag - 16	* 1.580	* 232	* 241	2.053
Giu - 16	1.220	197	223	1.640
Lug - 16	147	104	171	422
Ago - 16	175	94	172	441
Set - 16	1.542	236	235	2.013
Ott - 16	1.550	263	232	2.045
Nov - 16	1.580	251	241	2.072
Dic - 16	1.580	251	241	2.072
Totale	15.957	2.621	2.775	21.353

* Valori stimati in base alle bollette degli anni precedenti.

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



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

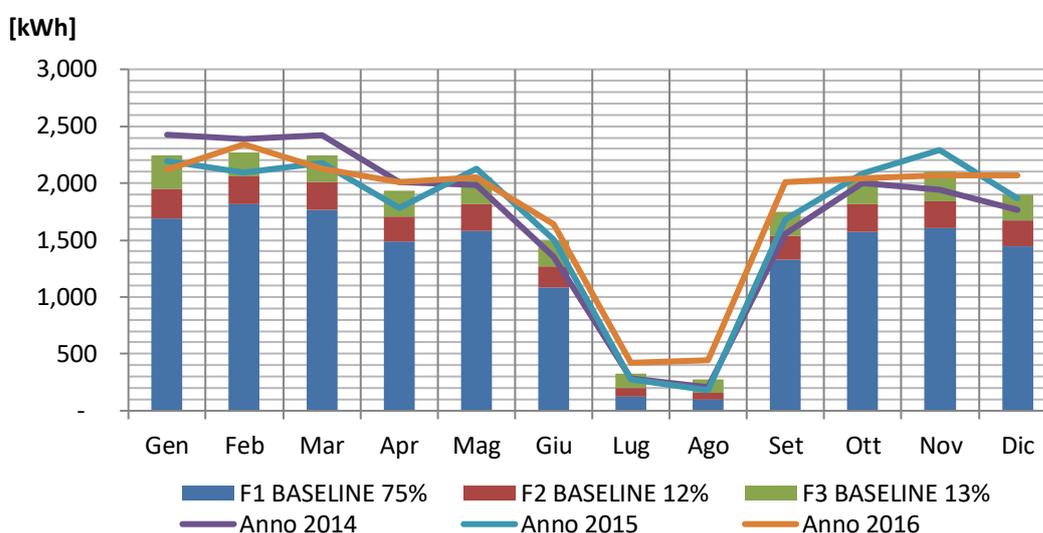
Tali valori sono riportati nella Tabella 5.8.

Tabella 5.8 – Consumi mensili di Baseline

BASELINE	F1	F2	F3	TOTALE
Mese	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen	1.687	261	298	2.246
Feb	1.817	242	213	2.272
Mar	1.764	242	238	2.243
Apr	1.489	213	232	1.934
Mag	1.580	232	241	2.053
Giu	1.080	190	228	1.498
Lug	124	77	127	328
Ago	99	61	116	276
Set	1.325	212	214	1.750
Ott	1.576	243	226	2.045
Nov	1.603	242	257	2.102
Dic	1.443	233	226	1.902
Totale	15.584	2.449	2.616	20.649

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

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



I profili di prelievo mensili nel triennio di riferimento presentano andamenti coerenti con il profilo di utilizzo dell'edificio: nei mesi di luglio e agosto, periodo di chiusura dell'edificio scolastico il consumo tende a valori minimi di circa 500 kWh, dovuti probabilmente a...

Non è stato possibile rappresentare i profili giornalieri dei consumi elettrici poiché non sono disponibili informazioni fornite dalla società di distribuzione dell'energia elettrica.

5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI

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

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

Tabella 5.9 - Fattori di emissione di CO₂.

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

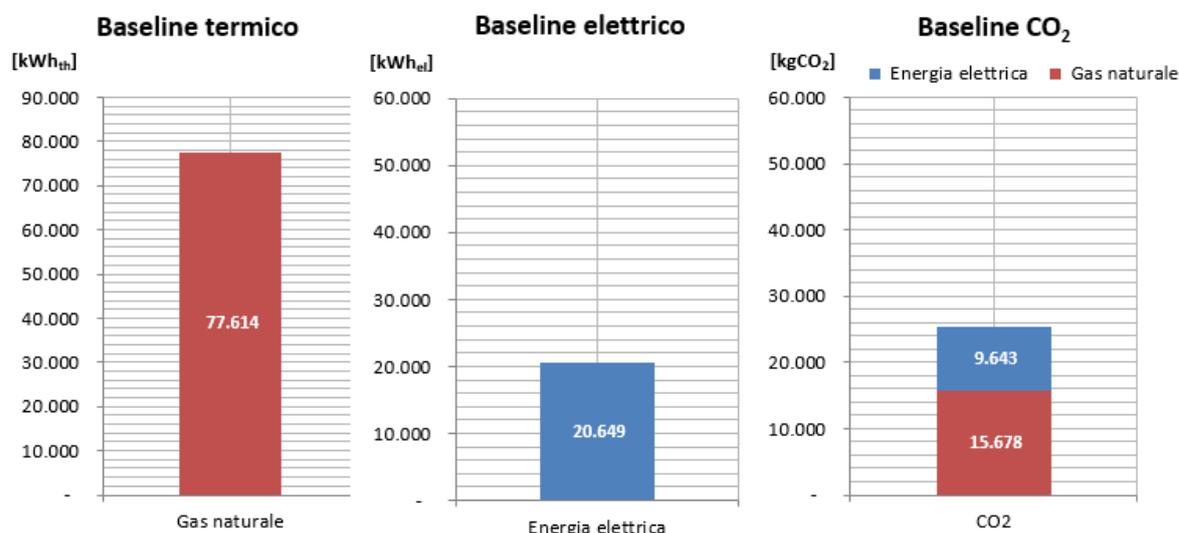
* da "Linee Guida Patto dei Sindaci" per anno 2010

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

Tabella 5.10–Baseline delle emissioni di CO₂.

COMBUSTIBILE	CONSUMO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE	EMISSIONI DI CO ₂
	[kWh]	[kgCO ₂ /kWh]	[kgCO ₂]
Gas naturale	77614	0,202	15678
Energia elettrica	20.649	0,467	9.643

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



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

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

COMBUSTIBILE	F _{p,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 0, in funzione dei fattori riportati nella Tabella 5.12.

Tabella 5.12 – Fattori di riparametrizzazione

PARAMETRO		VALORE	U.M.
FATTORE 1	Superficie netta riscaldata	688	m ²
FATTORE 1	Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	1687	m ²
FATTORE 1	Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate)	3713	m ³

Nella Tabella 5.13 sono riportati gli indicatori di performance valutati coerentemente con quanto riportato nella sezione 2.5 dell'Allegato J – Schede Audit.

Tabella 5.13 – Indicatori di performance calcolati con riferimento all'energia primaria non rinnovabile

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA A 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	77.614	1,05	81.495	118,5	48,3	21,9	22,79	9,29	4,22
Energia elettrica	20.649	1,95	40.266	58,5	23,9	10,8	14,02	5,71	2,60
TOTALE			121.761	177	72	33	37	15	7

Figura 5.5–Indicatori di performance e relative emissioni di CO₂valutati in funzione della superficie utile riscaldata

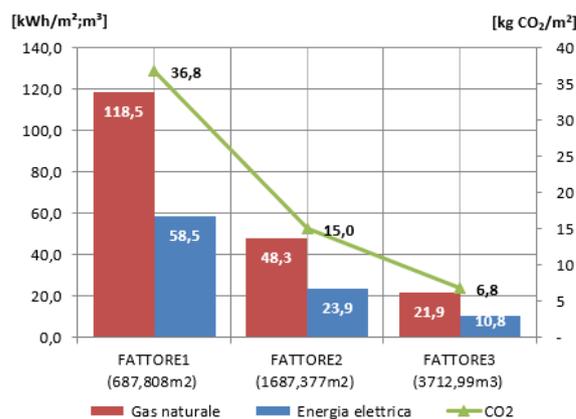
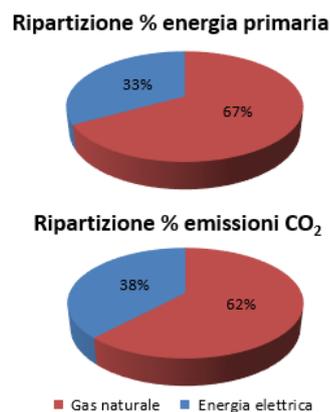


Figura 5.6–Ripartizione % dei consumi di energia primaria e delle relative emissioni di CO₂



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

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

- Fattore di forma dell'edificio, rapporto fra superficie disperdente e volume riscaldato S/V (fattore F_e);
- Ore di occupazione dell'edificio scolastico (fattore F_h);
- Gradi Giorno convenzionali della località (1421 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 5.14–Indicatori di performance energetici

COMBUSTIBILE	IEN _R			IEN _E		
	Wh/(m ³ GG anno)			Wh/(m ³ anno)		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Gas Naturale	0,000	13,945	13,913			
Energia elettrica				18,477	18,427	19,412

È stato quindi possibile effettuare un raffronto con le classi di merito riportate nelle suddette Linee Guida ENEA- FIRE, ottenendo valore dell'indicatore per il riscaldamento buono e valore per l'indicatore per l'energia elettrica insufficiente.

L'analisi di benchmark svolta è riportata all' Allegato M.

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	169,36	159,51
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	120,56	120,15
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	13,91	13,72
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	0,0	0,0
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	0,0	0,0
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	24,74	20,46
Trasporto di persone e cose	EP _{Tr}	kWh/mq anno	6,43	5,18
Emissioni equivalenti di CO2	CO _{2eq}	Kg/mq anno	33,97	32,43

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)

FONTI ENERGETICHE UTILIZZATE	CONSUMO [m ³ /anno]	CONSUMO [kWh/anno]
Gas Naturale	8.366	78.806
Energia Elettrica	[...]	21.395

Il modello di calcolo utilizzato deve essere validato attraverso il confronto dei fabbisogni 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 a $Q_{baseline}$ e a $EE_{baseline}$

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

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

FABBISOGNO	Corrispondenza UNI TS 11300 [kWhel]
Energia ausiliaria complessiva assorbita dal sottosistema di generazione per la produzione di ACS	$E_{W,aux,gn}$
Energia ausiliaria complessiva assorbita dal sottosistema di generazione per il riscaldamento	$E_{H,aux,gn}$
Fabbisogno di energia elettrica dell'impianto di ventilazione meccanica e dei terminali di emissione	$E_{ve,el} + E_{aux,e}$
Fabbisogno di energia elettrica per gli ausiliari di distribuzione (Riscaldamento e ACS)	$E_{W,aux,d} + E_{W,aux,d}$
Fabbisogno di energia elettrica per l'illuminazione interna dell'edificio	$E_{L,int}$
Fabbisogno di energia elettrica per gli ausiliari degli impianti di climatizzazione	$Q_{c,aux}$
Fabbisogno di energia elettrica per i sistemi di trasporto (+ eventuali altri carichi interni)	$E_T + E_{altro}^{(*)}$
Perdite al trasformatore	$E_{trasf}^{(*)}$
Energia elettrica esportata dall'impianto a fonti rinnovabili	$E_{exp,el}$

Nota (*) Tale contributo non è definito all'interno delle norme UNITS 11300 pertanto è stato valutato dall'Auditor

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 i profili realistici di utilizzo e fruizione dell'edificio e i dati medi delle annualità analizzate (2014-2015-2016).

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	191,1	191,1
Climatizzazione invernale	EP_H	kWh/mq anno	169,4	168,5
Produzione di acqua calda sanitaria	EP_w	kWh/mq anno	14,2	13,7
Ventilazione	EP_v	kWh/mq anno	0,0	0,0
Raffrescamento	EP_c	kWh/mq anno	0,0	0,0
Illuminazione artificiale	EP_L	kWh/mq anno	21,9	20,5

Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	0,0	0,0
Emissioni equivalenti di CO2	CO _{2eq}	Kg/mq anno	33,9	32,4

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

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	CONSUMO
	[mc/anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	8.366	78.806
Energia Elettrica	[...]	21.395

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]	[%]
78806	77.614	2%

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]	[%]
21.395	20.649	3%

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

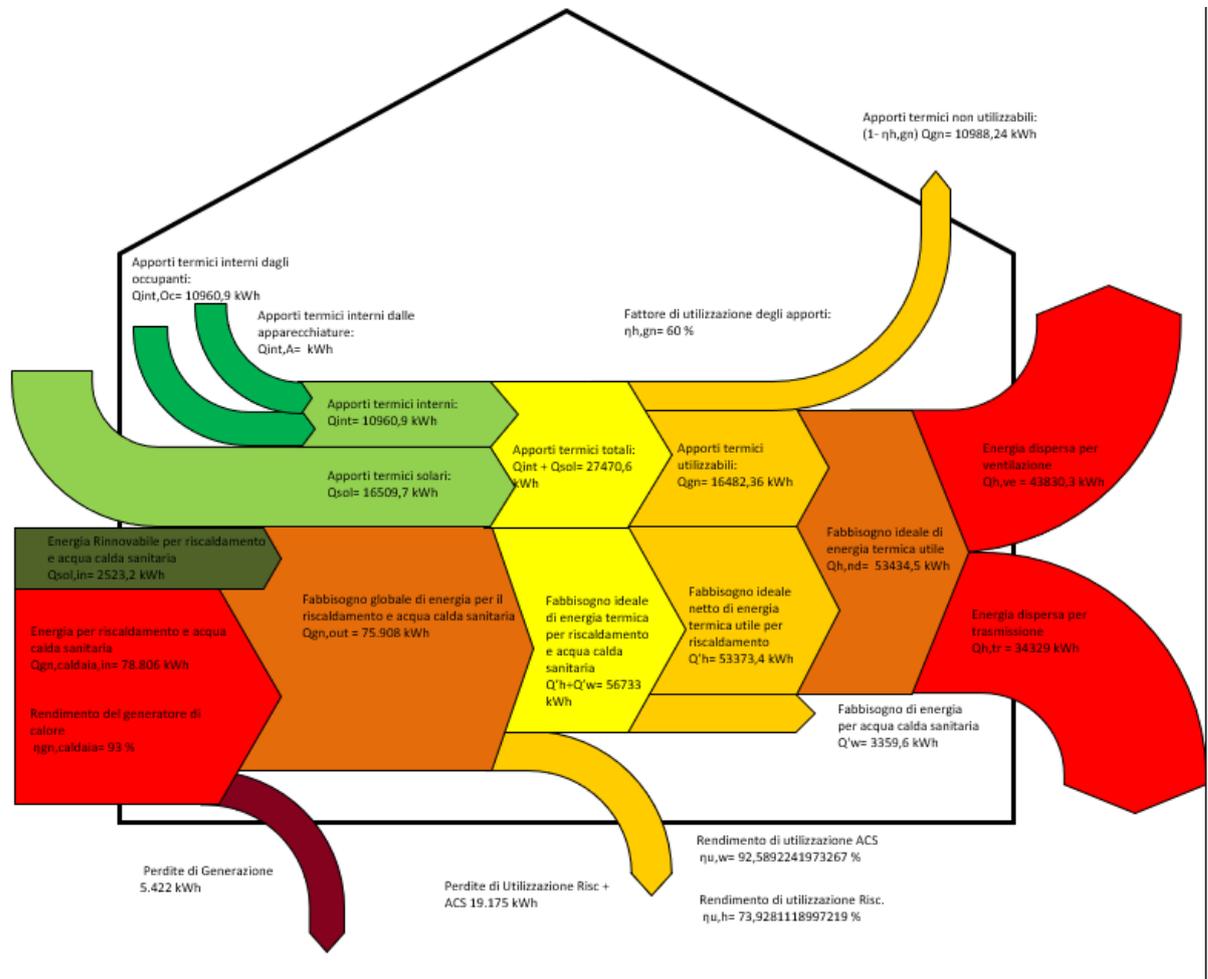
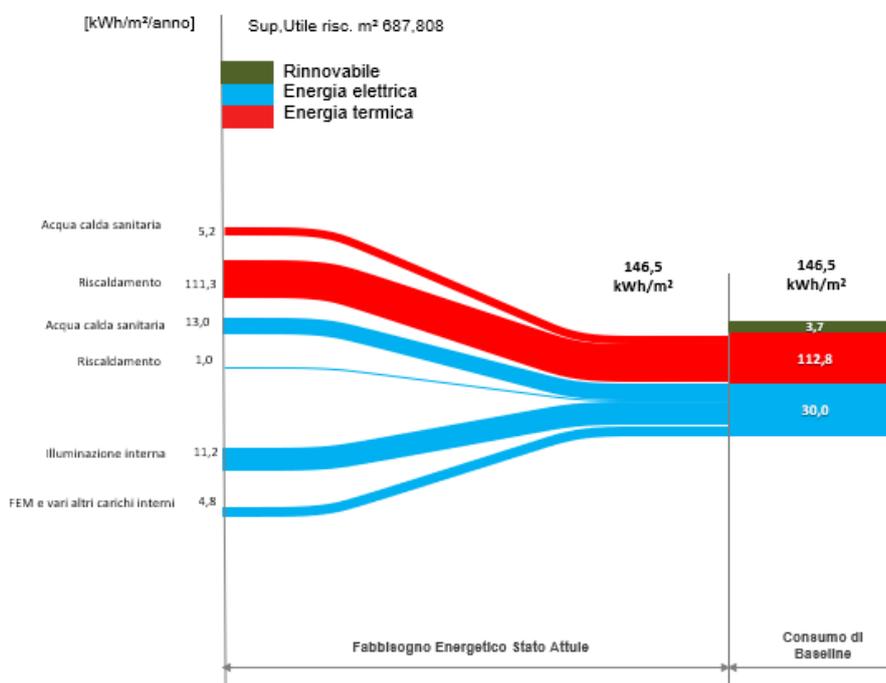


Figura 6.2 – Bilancio energetico complessivo dell'edificio allo stato attuale



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.

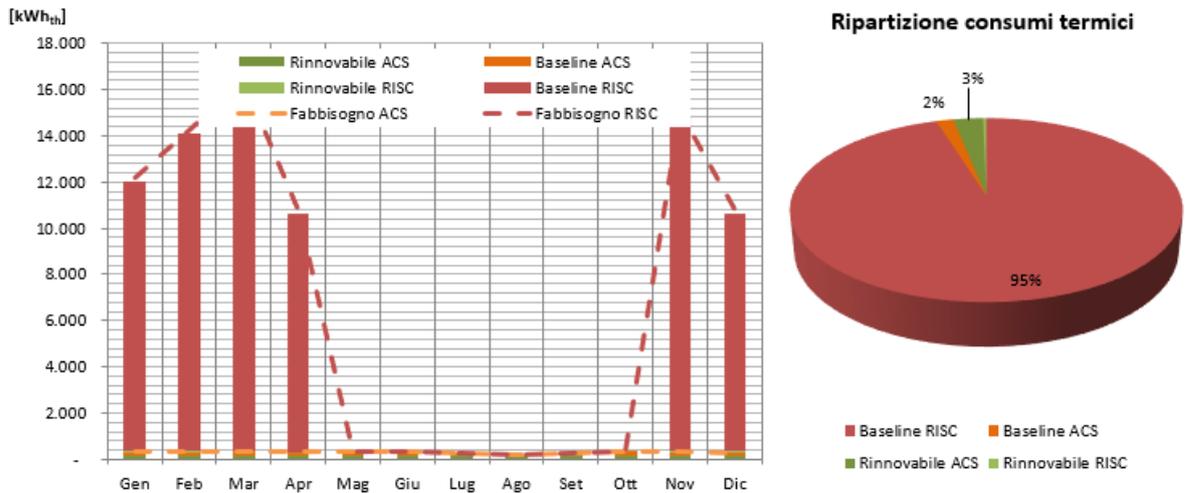
Nel caso in cui, invece i consumi teorici siano inferiori rispetto alla Baseline il termine “Altro – Congruità” rappresenta la differenza per eccesso tra i consumi specifici di Baseline ed i consumi teorici.

6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI

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

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

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



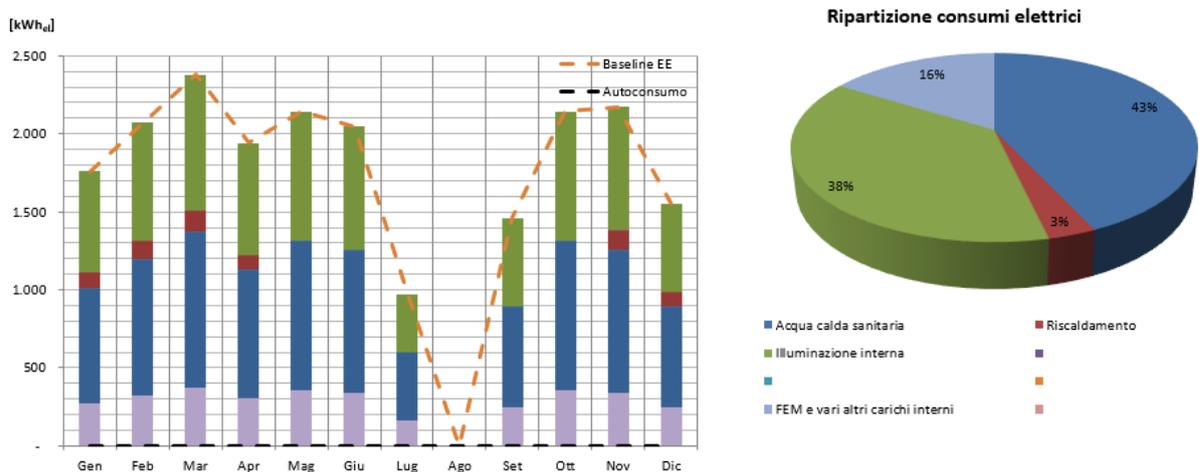
Si può notare come la maggior parte dei consumi termici sia da attribuirsi all'utilizzo per il riscaldamento dei locali pertanto gli interventi migliorativi proposti, andranno ad interessare principalmente tali componenti.

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

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

I risultati di tale valutazione sono riportati nella Figura 6.4.

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



Si può notare come la maggior parte dei consumi sia da attribuirsi all'illuminazione interna dei locali e all'assorbimento legato alle utenze elettriche presenti.

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 unico contratto per il PDR presente all'interno dell'edificio come di seguito elencato:

- PDR 1 – 3270016130766 contratto di fornitura del solo 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 termico per gli anni di riferimento.

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

PDR: 3270016130766	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura			
Dati di intestazione fattura	Comune di Genova	Comune di Genova	Comune di Genova
Società di fornitura	nd	Eni	Energetic
Inizio periodo fornitura	nd	01/04/2015	01/04/2016
Fine periodo fornitura	nd	01/04/2016	01/04/2017
Classe del contatore	nd	G004 Contatore tradizionale	G006
Tipologia di contratto	nd	Utenza con attività di servizio pubblico	Utenza con attività di servizio pubblico
Opzione tariffaria (*)	nd	nd	nd
Valore del coefficiente correttivo dei consumi	nd	1	1
Potere calorifico inferiore convenzionale del combustibile	nd	38.190 (superiore)	39,483 (superiore)
Prezzi di fornitura del combustibile (*) (IVA INCLUSA)	nd	0.30 €/smc	0.22 €/smc

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

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

Dalle informazioni riportate nella tabella si può desumere che l'Amministrazione aderisce al mercato libero dell'energia.

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

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

PDR:3270016130766	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[kWh]	[€/kWh]
Gen - 14	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Feb - 14	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Mar - 14	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Apr - 14	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.



Mag - 14	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Giu - 14	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Lug - 14	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ago - 14	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Set - 14	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ott - 14	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Nov - 14	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Dic - 14	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Totale	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
PDR:3270016130766	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWh]	[€/kWh]
Gen - 15	574,93	2,86	198,47	271,31	216,46	1.264	10.861	0,116
Feb - 15	574,93	2,86	198,47	271,31	216,46	1.264	14.355	0,088
Mar - 15	574,93	2,86	198,47	271,31	216,46	1.264	14.355	0,088
Apr - 15	64,08	3,85	26,52	51,11	32,02	178	10.093	0,018
Mag - 15	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	-	1.201	-
Giu - 15	n.d.	23,89	n.d.	n.d.	n.d.	24	1.201	0,020
Lug - 15	n.d.	23,89	n.d.	n.d.	n.d.	24	1.201	0,020
Ago - 15	n.d.	23,89	n.d.	n.d.	n.d.	24	1.201	0,020
Set - 15	n.d.	23,89	n.d.	n.d.	n.d.	24	838	0,029
Ott - 15	164,46	23,89	57,39	115,60	79,49	441	6.075	0,073
Nov - 15	164,46	23,89	57,39	115,60	79,49	441	5.759	0,077
Dic - 15	221,51	23,89	77,56	156,24	105,42	585	7.913	0,074
Totale	2.339	180	814	1.252	946	5.531	75.053	0,074
PDR:3270016130766	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWh]	[€/kWh]
Gen - 16	243,28	27,80	150,29	231,96	143,73	653,33	12.509	0,052
Feb - 16	243,28	27,80	150,29	231,96	143,73	653,33	12.509	0,052
Mar - 16	452,94	27,81	213,14	342,05	227,91	1.035,94	16.241	0,064
Apr - 16	76,94	26,85	37,30	72,35	46,96	213,44	3.664	0,058
Mag - 16	43,08	26,85	20,62	39,99	28,72	130,54	1.960	0,067
Giu - 16	46,67	26,85	22,92	44,45	31,00	140,89	2.179	0,065
Lug - 16	0,62	26,85	0,29	0,56	6,23	28,32	27	1,036
Ago - 16	0,83	26,85	0,39	0,74	6,34	28,81	36	0,790
Set - 16	34,35	26,85	16,18	30,88	23,82	108,26	1.513	0,072
Ott - 16	3,30	26,85	1,20	2,60	7,47	33,95	128	0,266
Nov - 16	344,42	26,85	125,10	271,56	168,94	767,93	13.310	0,058
Dic - 16	278,42	26,85	101,54	220,41	137,99	627,22	10.803	0,058
Totale	1.768	325	839	1.490	973	4.422	74.878	0,059

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

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

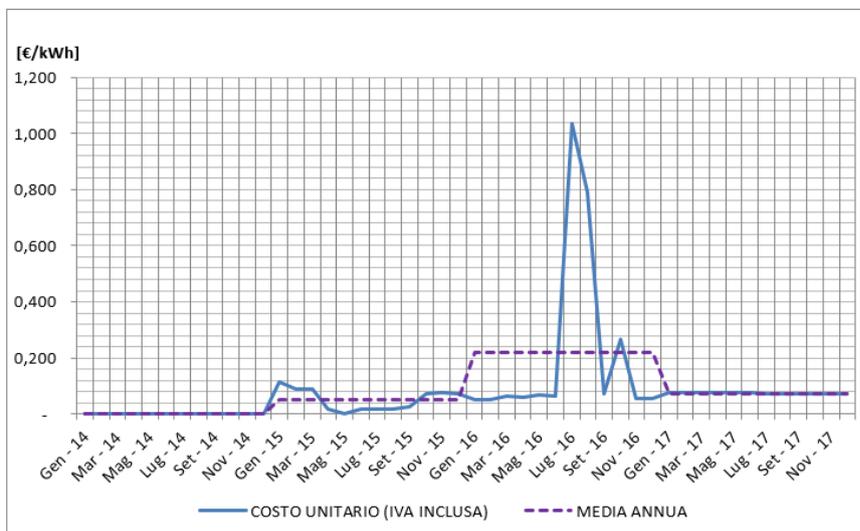
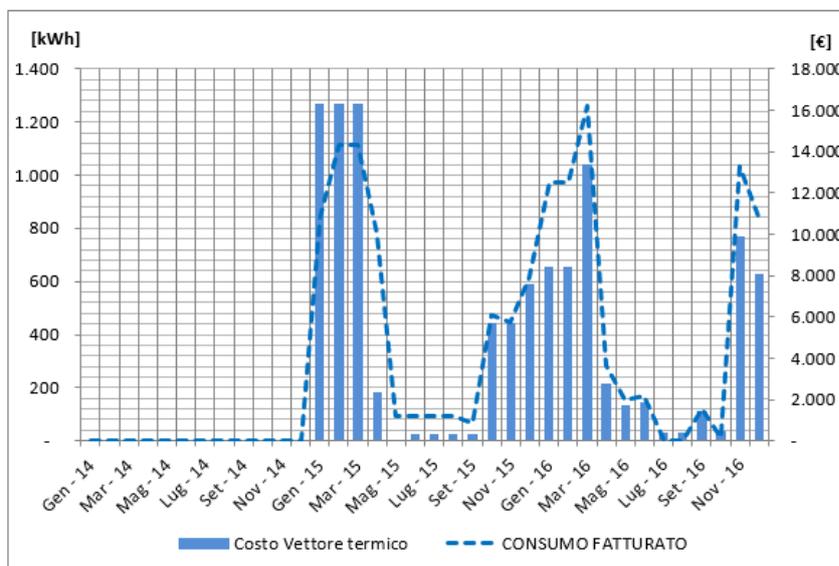


Figura 7.2 – Andamento dei consumi e dei costi dell'energia termica



Dall'analisi effettuata risulta evidente che l'andamento dei costi è differente per i periodi invernali ed estivi conformemente ai profili di utilizzo degli impianti nell'edificio scolastico. Il vettore termico è utilizzato esclusivamente per il riscaldamento dei locali per cui nei periodi estivi il costo unitario tende a zero.

7.1.2 Vettore elettrico

La fornitura del vettore elettrico avviene tramite un unico contatore installato all'interno dell'area di pertinenza dell'edificio scolastico, come di seguito elencato:

- POD 1 – IT001E00097480: 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 7.3 si riportano le principali caratteristiche del contratto di fornitura del vettore termico per gli anni di riferimento.

Tabella 7.3–Caratteristiche dei contratti di fornitura del vettore elettrico per il triennio di riferimento

POD:IT001E00097480	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura			
Dati di intestazione fattura	Comune di Genova	Comune di Genova	Comune di Genova
Società di fornitura	Edison Energia SpA	GALA	IREN
Inizio periodo fornitura	01/10/2013	01/04/2015	01/04/2016
Fine periodo fornitura	31/03/2015	31/03/2016	31/03/2017
Potenza elettrica impegnata	30 kW	30 kW	30 kW
Potenza elettrica disponibile	30 kW	30 kW	30 kW
Tipologia di contratto	Fornitura in BT	CONSIP EE12- lotto 2	CONSIP 13 VERDE-L0390
Opzione tariffaria ⁽¹⁾	Contatore A	BTA6	nd
Prezzi del fornitura dell'energia elettrica ⁽²⁾	0.07	0.04	0.06

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.

Dalle informazioni riportate nella tabella si può desumere che l'Amministrazione aderisce al mercato libero dell'energia elettrica.

Nella Tabella 7.4 si riporta l'andamento del costo del vettore elettrico nel triennio di riferimento, suddiviso nelle varie componenti.

Tabella 7.4–Andamento del costo del vettore elettrico nel triennio di riferimento

POD: IT001E00097480	QUOTA ENERGIA	DISPACCIAMENTO	RETE	ACCISE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 14	183,56	28,56	246,81	30,31	109,40	598,64	2.425	0,247
Feb - 14	182,15	30,86	243,73	29,80	108,80	595,34	2.384	0,250
Mar - 14	184,72	31,33	244,08	30,30	109,67	600,10	2.424	0,248
Apr - 14	152,16	35,20	214,64	25,09	95,40	522,49	2.007	0,260
Mag - 14	150,40	34,08	215,28	24,76	94,70	519,22	1.981	0,262
Giu - 14	100,32	23,23	150,39	16,88	64,76	355,58	1.350	0,263
Lug - 14	19,58	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	19,58	282	0,069
Ago - 14	14,15	3,31	35,30	2,59	12,27	67,62	207	0,327
Set - 14	117,48	24,77	164,39	19,40	72,56	398,60	1.552	0,257
Ott - 14	152,60	29,35	219,42	25,03	95	521,15	2.002	0,260
Nov - 14	146,79	28,48	211,97	24,28	91	502,55	1.942	0,259



Dic - 14	132,49	25,98	200,79	22,11	38	419,42	1.769	0,237
Totale	1.536,40	295,15	2.146,80	250,55	891,39	5120,29	20.325	0,24
POD: IT001E00097480	QUOTA ENERGIA	DISPACCIAMENTO	RETE	ACCISE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 15	166,36	28,64	232,84	27,45	45,53	500,82	2.196	0,23
Feb - 15	160,13	27,62	219,39	26,14	41,99	475,27	2.091	0,23
Mar - 15	166,65	28,79	226,25	27,26	42,92	491,87	2.181	0,23
Apr - 15	72,17	22,15	192,02	22,29	30,86	339,49	1.783	0,19
Mag - 15	81,74	22,10	137,14	22,18	26,32	289,48	2.125	0,14
Giu - 15	55,85	18,71	116,34	18,81	20,97	230,69	1.505	0,15
Lug - 15	10,61	3,05	22,12	3,49	3,93	43,19	279	0,15
Ago - 15	6,94	1,98	12,34	2,26	2,35	25,87	181	0,14
Set - 15	53,81	18,44	180,01	21,06	27,33	300,65	1.685	0,18
Ott - 15	65	17	233	26	34,13	375,40	2.087	0,18
Nov - 15	71,17	20,25	244,87	28,64	36,49	401,42	2.291	0,18
Dic - 15	54,81	17,80	222,31	25,24	21,66	341,82	1.866	0,18
Totale	965	227	2.039	251	334,48	3815,96	20.270	0,19
POD: IT001E00097480	QUOTA ENERGIA	DISPACCIAMENTO	RETE	ACCISE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 16	61,35	24,08	222,58	26,45	33,45	367,91	2.116	0,174
Feb - 16	61,06	27,26	180,29	29,26	29,79	327,66	2.341	0,140
Mar - 16	79,22	24,12	163,68	26,56	29,36	322,94	2.125	0,152
Apr - 16	65,81	33,07	77,72	26,79	20,34	223,73	2.013	0,111
Mag - 16	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	2.053	#VALORE!
Giu - 16	64,53	26,94	77,72	20,50	18,97	208,66	1.640	0,127
Lug - 16	18,38	9,15	77,72	5,28	11,05	121,58	422	0,288
Ago - 16	16,57	9,28	81,42	5,51	11,28	124,06	441	0,281
Set - 16	65,81	32,44	77,72	25,16	20,11	221,24	2.013	0,110
Ott - 16	120,82	32,99	77,72	25,56	25,71	282,80	2.045	0,138
Nov - 16	138,18	32,99	98,03	25,90	29,51	324,61	2.072	0,157
Dic - 16	131,48	32,52	98,03	25,90	28,79	316,72	2.072	0,153
Totale	823	285	1.233	243	258	2.842	21.353	0,133

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

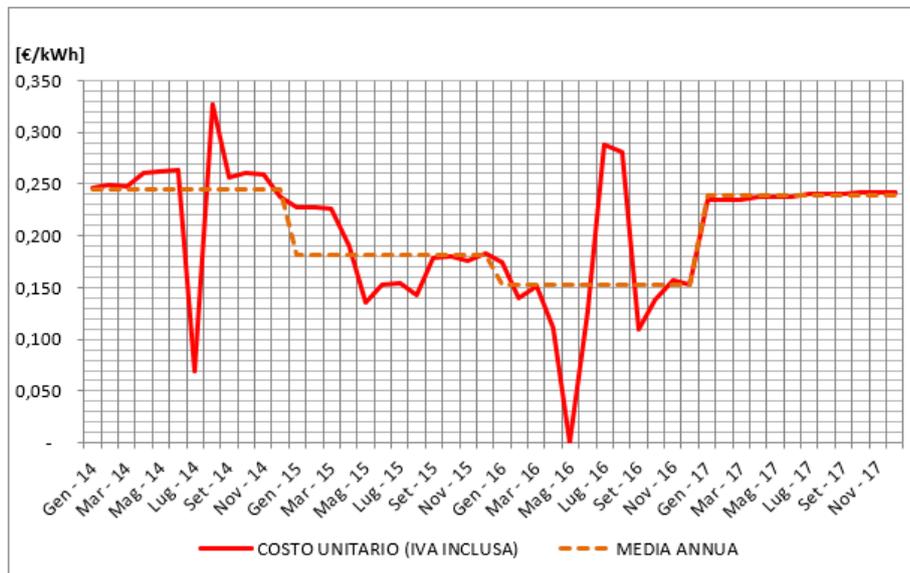
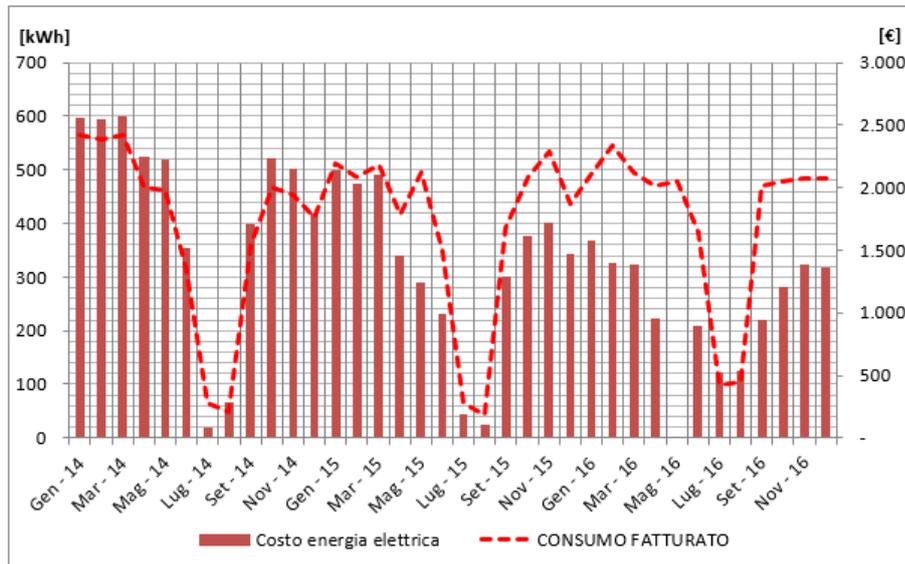


Figura 7.4 – Andamento dei consumi e dei costi dell'energia elettrica



Dall'analisi effettuata risulta evidente che l'andamento dei costi dell'energia elettrica è leggermente diminuito rispetto ai consumi che sono pressoché analoghi nei tre anni di riferimento.

7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI

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

Nella Tabella 7.5 sono sintetizzati i costi ed i consumi energetici precedentemente analizzati.

Tabella 7.5 – Sintesi dei consumi nel triennio di riferimento

ANNO	VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO		
	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[kWh]	[€]	[€/kWh]
2014	nd	nd	nd	20.325	5.120	0,252
2015	75.053	5.531	0.074	20.270	3816	0.188
2016	74.878	4.422	0.059	21.353	2.842	0.133
2017	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Media	74.966	4.977	0.066	20.649	3.926	0.573

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

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo unitario dell'energia termica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	C _{UQ}	0.076 [€/kWh]
Costo unitario dell'energia elettrica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	C _{UEE}	0.240 [€/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:

- L1-042-229: servizio di conduzione e manutenzione caldaia con potenza >35 kW

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 3.189 €.

Nel caso di impianti non oggetto di fornitura di energia, il costo della manutenzione C_M è pari al valore contrattuale della conduzione e manutenzione (C_{SIE3}) come fornito all'interno del file kyotoBaseline-E440. In questo caso i costi della manutenzione sono ripartiti in una quota ordinaria (C_{MO}) e in una quota straordinaria (C_{MS}) come segue:

$$C_{MS} = 0.1 \times C_M$$

$$C_{MO} = 0.9 \times C_M$$

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 7.7.

Tabella 7.7 – Valori di costo manutentivi individuati per il calcolo della Baseline

Definizione		Valore	U.M.
Costo per la gestione e manutenzione ordinaria	Corrispettivo annuale relativo al contratto O&M in essere	C_{MO}	2.870 [€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Media relativa a gli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici	C_{MS}	319 [€/anno]

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

7.4 BASELINE DEI COSTI

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

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

Per la componente energetica vale la seguente formula:

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

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

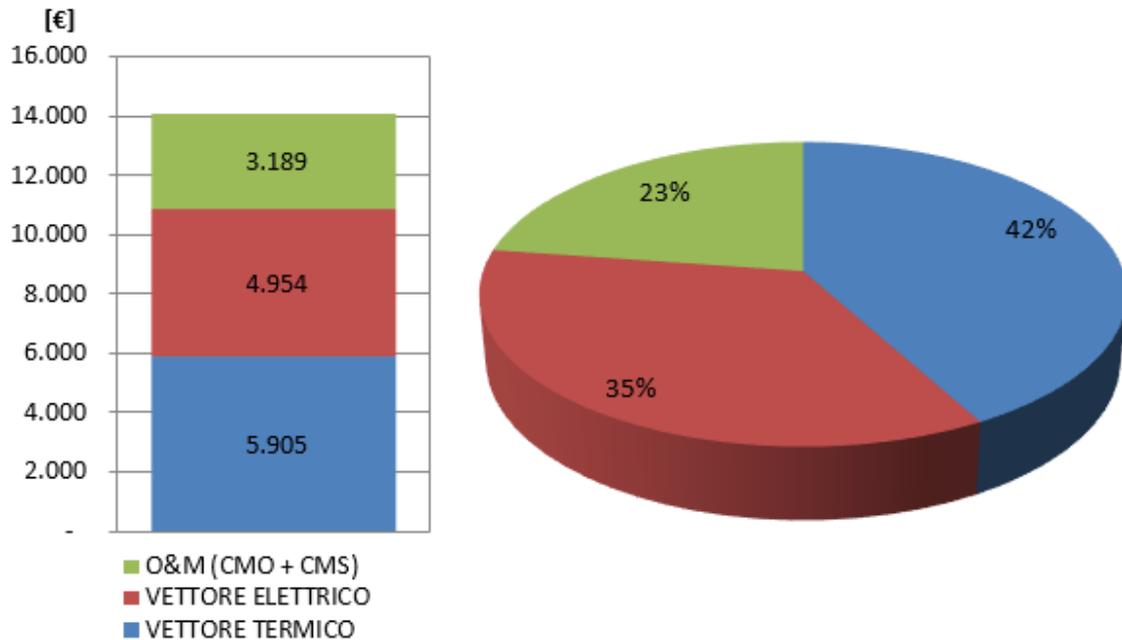
$$C_{baseline} = C_E + C_{MO} + C_{MS}$$

Ne risulta quindi un C_E pari a € 10.859 e un $C_{baseline}$ pari a € 14.048.

Tabella 7.8 – Valori di costo individuati per il calcolo della Baseline

VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)			TOTALE
$Q_{baseline}$	C_{uQ}	C_Q	$EE_{baseline}$	C_{uEE}	C_{EE}	C_M	C_{MO}	C_{MS}	$C_Q + C_{EE} + C_M$
[kWh]	[€/kWh]	[€]	[kWh]	[€/kWh]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
77.614	0,076	5.905	20.649	0,240	4.954	3.189	2.870	319	14.047

Figura 7.5 – 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: Compartimentazione termica- Installazione di controsoffitto

Generalità

Il fabbisogno energetico necessario alla climatizzazione è fortemente dipendente dal volume che necessita di essere riscaldato e/o raffreddato. L'installazione sull'involucro di soluzioni architettoniche che consentano la diminuzione della cubatura che necessita di climatizzazione possono contribuire notevolmente alla diminuzione del fabbisogno di energia necessaria in proposito. Tali soluzioni dovranno sempre tener conto del confort e del benessere degli utenti dell'edificio, rispettando i limiti architettonici imposti dalle vigenti normative in campo di salute e sicurezza.

Figura 8.1 – Particolare degli interni dei locali



Caratteristiche funzionali e tecniche

L'operazione consiste nell'installare un sistema di controsoffittatura ove consentito dall'altezza dei locali. La controsoffittatura consente di diminuire il volume riscaldato e/o raffreddato senza compromettere il comfort interno dei locali, permettendo dunque una diminuzione del fabbisogno energetico necessario per la climatizzazione.

L'intervento prevede quindi l'installazione di un controsoffitto nelle aule, nei corridoi e nei bagni.

Descrizione dei lavori

E' prevista l'installazione di una struttura composta da profilati in acciaio su cui verrà applicato il controsoffitto in cartongesso.

Prestazioni raggiungibili

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

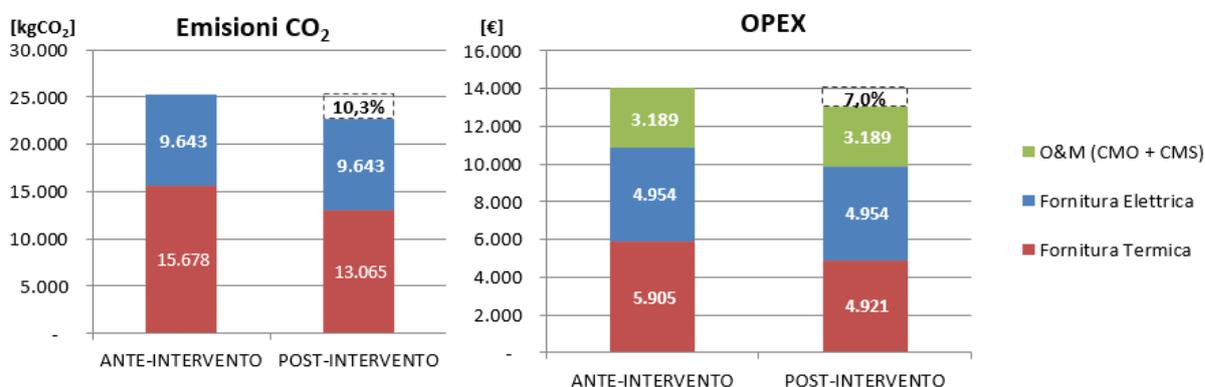
Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM1 – Compartimentazione termica- Installazione di controsoffitto

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM1 [volume riscaldato]	[mc]	3713	2556	31,2%
Q _{teorico}	[kWh]	78.806	65.671	16,7%
EE _{teorico}	[kWh]	21.395	21.395	0,0%
Q _{baseline}	[kWh]	77.614	64.678	16,7%
EE _{baseline}	[kWh]	20.649	20.649	0,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	15.678	13.065	16,7%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	9.643	9.643	0,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	25.321	22.708	10,3%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	5.905	4.921	16,7%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	4.954	4.954	0,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	10.859	9.875	9,1%
C _{MO}	[€]	2.870	2.870	0,0%
C _{MS}	[€]	319	319	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	3.189	3.189	0,0%
OPEX	[€]	14.047	13.063	7,0%
Classe energetica	[-]	D	C	+ 1 classi

Nota (x) 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: 0,076[€/kWh]per il vettore termico e 0.240 [€/kWh] per il vettore elettrico.

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



8.1.2 Impianto riscaldamento

EEM2: Sostituzione del generatore di calore con altro ad alta efficienza

Figura 8.3 – Particolare della caldaia attuale

Generalità

La misura prevede la sostituzione del generatore attualmente installato con un generatore di calore a condensazione ad alta efficienza al fine di migliorare il rendimento di generazione.

L'installazione di un generatore di calore a condensazione ad alta efficienza consente di aumentare il rendimento di generazione, inteso come rapporto tra l'energia termica fornita al sistema di distribuzione e l'energia termica in ingresso al generatore.



Caratteristiche funzionali e tecniche

L'intervento prevede la sostituzione del generatore a combustione attuale con uno a più alta efficienza di tipo a condensazione. In particolare l'intervento consiste nell'installazione di un nuovo sistema di produzione e distribuzione del calore di centrale.

Il generatore è completo di rampa a gas, organi di sicurezza e controllo, circolatore elettronico circuito primario, separatore idraulico, interfaccia sistema di controllo centrale.

Si prevede inoltre la sostituzione del bruciatore esistente con altro bruciatore di tipo modulante, con regolazione climatica direttamente su di esso.

Nei costi di intervento sono state considerate tutte le opere accessorie (smaltimento della centrale presente, rifacimento impianto elettrico di centrale, addolcitore, nuovo sistema di regolazione, nuovo sistema di distribuzione del fluido vettore, ecc.)

Descrizione dei lavori

L'installazione deve essere effettuata da personale tecnico specializzato che rilasci una garanzia di conformità di installazione 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 8.1

Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM2 – Sostituzione del generatore di calore con altro ad alta efficienza

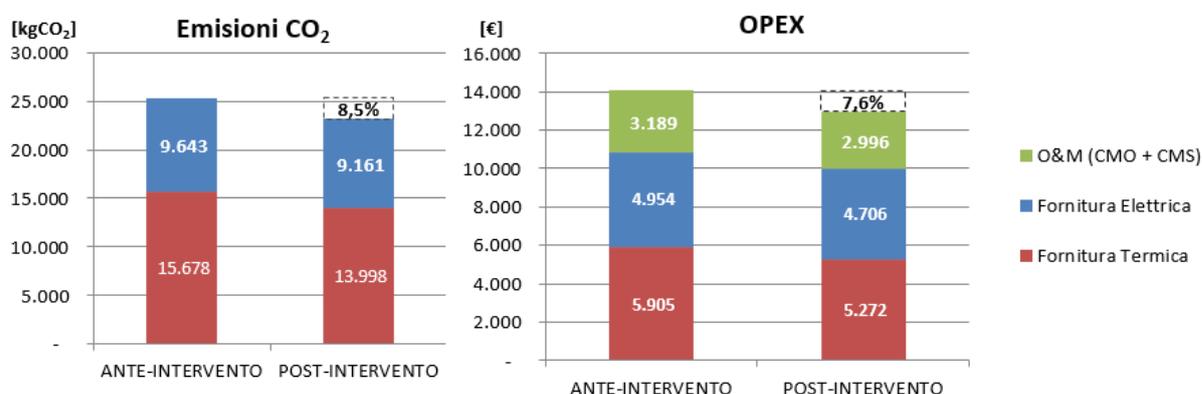
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM2 [rendimento generatore]	[mc]	93	102	-9,7%
Q _{teorico}	[kWh]	78.806	70.362	10,7%
EE _{teorico}	[kWh]	21.395	20.325	5,0%
Q _{baseline}	[kWh]	77.614	69.298	10,7%
EE _{baseline}	[kWh]	20.649	19.617	5,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	15.678	13.998	10,7%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	9.643	9.161	5,0%

Emiss. CO2 TOT	[kgCO ₂]	25.321	23.159	8,5%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	5.905	5.272	10,7%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	4.954	4.706	5,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	10.859	9.978	8,1%
C _{MO}	[€]	2.870	2.712	5,5%
C _{MS}	[€]	319	284	11,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	3.189	2.996	6,0%
OPEX	[€]	14.047	12.974	7,6%
Classe energetica	[-]	C	C	+1 classi

Nota (x) 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: 0,076[€/kWh]per il vettore termico e 0.240 [€/kWh] per il vettore elettrico.

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



EEM3: Installazione di valvole termostatiche

Generalità

Il controllo dell'energia termica erogata localmente dai terminali scaldanti rappresenta una delle più efficaci strategie per il contenimento dei consumi energetici. I motivi sono essenzialmente due: con questi dispositivi si riesce a controllare in modo puntuale la temperatura all'interno dei locali in cui vengono installati ma, soprattutto, si riescono a sfruttare meglio gli apporti di calore gratuiti. Attraverso questi dispositivi, l'impianto si autoregola in funzione delle esigenze locali e, negli impianti esistenti con una distribuzione non più efficiente, è in grado di ripristinare l'equilibrio necessario per garantire in ogni ambiente il corretto apporto di calore.

Caratteristiche funzionali e tecniche

Valvole termostatiche:

La regolazione locale viene normalmente effettuata con valvole termostatiche. Su ogni radiatore, le valvole termostatiche sostituiscono la valvola manuale e regolano automaticamente l'afflusso di acqua calda in base alla temperatura scelta e impostate su una apposita manopola graduata. Il raggiungimento di valori di temperature ottimali è comunque vincolato alle caratteristiche dell'impianto di riscaldamento e al posizionamento della valvola.

I benefici in termini di risparmio energetico sono notevoli (risparmio anche superiore al 15-20%) se confrontati con il costo di installazione che è relativamente basso.

Descrizione dei lavori

L'intervento prevede l'installazione di una valvola per ogni radiatore presente, avente forma e caratteristiche compatibili alle tubazioni a cui sono connessi i terminali.

Figura 8.5 – Particolare radiatori attuali



Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM1 sono riportati nella Tabella 8.3.

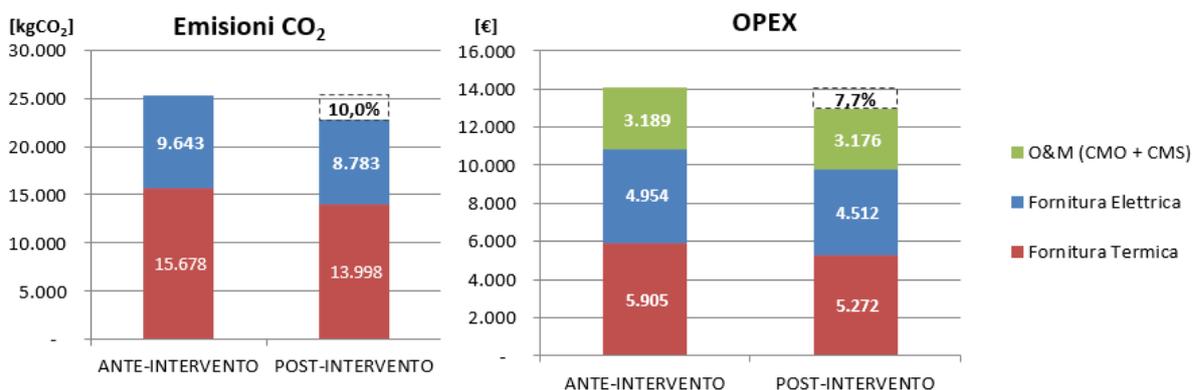
Tabella 8.3 – Risultati analisi EEM3

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM4 Rendimento regolazione	[%]	85,5	95	-11,1%
Q _{teorico}	[kWh]	78.806	70.362	10,7%
EE _{teorico}	[kWh]	21.395	19.486	8,9%
Q _{baseline}	[kWh]	77.614	69.298	10,7%
EE _{baseline}	[kWh]	20.649	18.807	8,9%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	15.678	13.998	10,7%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	9.643	8.783	8,9%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	25.321	22.781	10,0%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	5.905	5.272	10,7%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	4.954	4.512	8,9%
Fornitura Energia, C_E	[€]	10.859	9.784	9,9%
C _{MO}	[€]	2.870	2.870	0,0%
C _{MS}	[€]	319	306	4,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	3.189	3.176	0,4%
OPEX	[€]	14.047	12.960	7,7%
Classe energetica	[-]	C	C	+1 classi

Nota (x) 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: 0,076[€/kWh] per il vettore termico e 0,240[€/kWh] per il vettore elettrico.

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



8.1.3 Impianto di illuminazione ed impianto elettrico

EEM4: Installazione di impianto di illuminazione LED

Generalità

La misura prevede la sostituzione delle lampade esistenti con lampade ad alta efficienza con lo scopo di ridurre il consumo di energia per l'illuminazione. Una maggiore efficienza implica, a parità di lumen, una minore potenza e una riduzione del calore emesso in ambiente. Nel periodo estivo tutto questo si traduce anche in un risparmio di energia dell'impianto di climatizzazione esistenti.

Caratteristiche funzionali e tecniche

I costi di intervento possono essere limitati qualora sia possibile prevedere la sostituzione della sola lampada con modelli compatibili a maggiore efficienza, mantenendo il porta lampada esistente. È consigliabile prevedere un progetto illuminotecnico degli spazi, in modo da comprendere come possa essere gestita l'illuminazione in termini di comfort: l'analisi dello stato di fatto potrebbe suggerire non solo la sostituzione delle lampade, ma anche la ricollocazione o l'integrazione dei corpi

Figura 8.7 - Particolare dei corpi illuminanti attualmente installati



Descrizione dei lavori

Si prevede la sostituzione dei corpi illuminanti secondo il criterio della sostituzione puntuale. Ci si assicura inoltre che la potenza delle lampade LED installate sia inferiore al 50% della potenza delle lampade sostituite.

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM1 sono riportati nella Tabella 8.3.

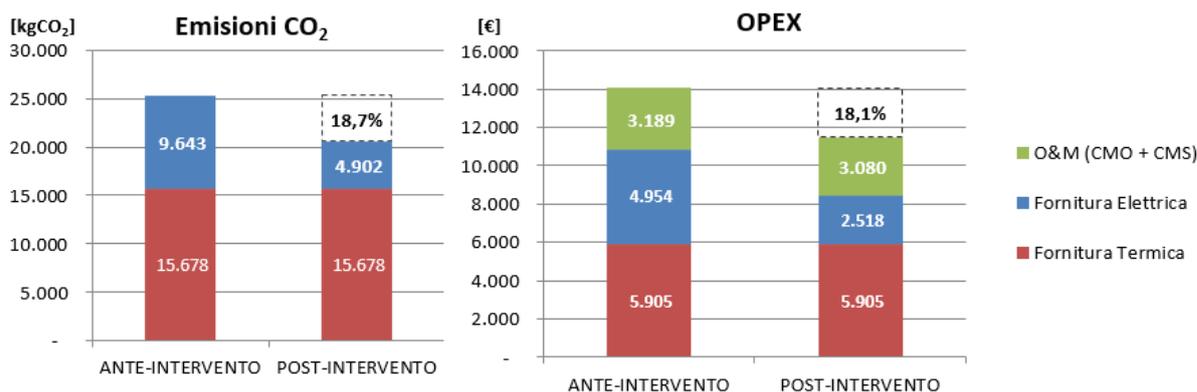
Tabella 8.4 – Risultati analisi EEM4 – Impianto di illuminazione ed impianto elettrico

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM3 Potenza installata	[W]	4800	2500	47,9%
Q _{teorico}	[kWh]	78.806	78.806	0,0%
EE _{teorico}	[kWh]	21.395	10.875	49,2%
Q _{baseline}	[kWh]	77.614	77.614	0,0%
EE _{baseline}	[kWh]	20.649	10.496	49,2%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	15.678	15.678	0,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	9.643	4.902	49,2%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	25.321	20.580	18,7%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	5.905	5.905	0,0%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	4.954	2.518	49,2%
Fornitura Energia, C_E	[€]	10.859	8.423	22,4%
C _{MO}	[€]	2.870	2.841	1,0%
C _{MS}	[€]	319	239	25,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	3.189	3.080	3,4%
OPEX	[€]	14.047	11.503	18,1%
Classe energetica	[-]	C	C	+1 classi

Nota (x) 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: 0,076[€/kWh]per il vettore termico e 0,240 [€/kWh] per il vettore elettrico.

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



9 VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA

9.1 ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

EEM1: Controsoffittatura: Compartimentazione termica – Installazione di controsoffitti

Nella Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 1, che consiste nella diminuzione del volume riscaldato grazie all'installazione di controsoffitti.

Tabella 9.1 – Analisi dei costi della EEM1 – Installazione di controsoffitti

codice	DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO [€/n° o €/m ²]	TOTALE	IVA	TOTALE
						(IVA ESCLUSA)	[€]	(IVA INCLUSA)
B55004a	Controsoffitto realizzato con lastre di cartongesso, reazione al fuoco Euroclasse A1 - s1, d0, fissate mediante viti autopерforanti ad una struttura costituita da profilati in lamiera di acciaio zincato dello spessore di 6/10 mm ad interasse di 600 mm, comprese la stessa struttura e la stuccatura dei giunti:	DEI - ristruttur. 2015	500	m2	€ 26,33	€ 13.165,00	22%	€ 16.061,30
95.B10.S20.020	Impalcature per interni, realizzate con cavalletti, trabattelli, strutture tubolari, misurate in proiezione orizzontale, piani di lavoro per altezza da 2,00 a 4,00 metri.	Prezzario Regione Liguria	12,5	m2	€ 19,25	€ 240,63	22%	€ 293,56
	Costi per la sicurezza	-	3%	%		€ 402,17	22%	€ 490,65
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%		€ 938,39	22%	€ 1.144,84
TOTALE (I₀ – EEM1)						€ 14.746	22%	€ 17.990
Incentivi		[Conto termico]						0
Durata incentivi								0
Incentivo annuo								0

EEM2:Sostituzione del generatore di calore con altro ad alta efficienza

Nella Tabella 9.2 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 2, che consiste nella sostituzione dei generatori di calore attualmente presente con uno a condensazione ad alta efficienza.

Tabella 9.2 – Analisi dei costi della EEM2 – Sostituzione del generatore di calore con altro ad alta efficienza

codice	DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO [€/n° o €/m ²]	TOTALE	IVA	TOTALE
						(IVA ESCLUSA)	[€]	(IVA INCLUSA)
PR.C76.B10.010	Caldaie a condensazione a basamento, corpo in lega di alluminio-silicio-magnesio con scambiatore primario a basso contenuto d'acqua, classe 5 NOx, rendimento energetico a 4 stelle in base alle direttive europee, bruciatore modulante con testata metallica ad irraggiamento, compreso il pannello di comando montato sul mantello di rivestimento, della potenza termica nominale di: 150 Kw circa	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 8.107,50	€ 8.107,50	22%	€ 9.891,15



PR.C84.C05.490	Sistema fumario prefabbricato a sezione circolare, con giunti maschio-femmina con profilo conico a elementi modulari a doppia parete acciaio inox (parete interna AISI316L e parete esterna AISI304), coibentazione 25mm in lana di roccia pressata, senza guarnizioni di tenuta Coppa di scarico condensa Ø 80 mm	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 121,90	€ 121,90	22%	€ 148,72
40.C10.B10.120	Sola posa in opera di bruciatore per caldaie, compresi la lavorazione della piastra di collegamento alla caldaia, la sola posa della rampa gas e del dispositivo di controllo tenuta valvola, i collegamenti elettrici, i collegamenti alla tubazione del combustibile a metano o gasolio: per generatori di calore da 101 Kw a 350 Kw	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 357,07	€ 357,07	22%	€ 435,63
PR.C76.A30.020	Accessori per caldaie a condensazione: Tubi Ø 80mm della lunghezza 1 m	Prezzario Regione Liguria	5	cad	€ 19,21	€ 96,05	22%	€ 117,18
PR.C76.A30.015	Accessori per caldaie a condensazione: Kit scarichi separati per tubi Ø 80mm	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 25,87	€ 25,87	22%	€ 31,56
40.F10.H10.030	Sola posa in opera di accessori per impianti di termoregolazione compresi collegamenti elettrici: sonde in genere	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 109,64	€ 109,64	22%	€ 133,76
40.F10.H10.040	Sola posa in opera di accessori per impianti di termoregolazione compresi collegamenti elettrici: interruttore orologio da inserire in quadro elettrico	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 27,01	€ 27,01	22%	€ 32,95
PR.C74.C10.010	Interruttore orario digitale modulare per la programmazione settimanale a due canali	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 133,40	€ 133,40	22%	€ 162,75
PR.C74.E05.030	Sonde di temperatura e umidità: sola temperatura, per impianti civili e industriali per esterno	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 69,52	€ 69,52	22%	€ 84,81
RU.M01.A01.030	Opere edili Operaio Qualificato	Prezzario Regione Liguria	4	h	€ 31,28	€ 125,12	22%	€ 152,65
RU.M01.E01.020	Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezzario Regione Liguria	5	h	€ 28,98	€ 144,90	22%	€ 176,78
	Costi per la sicurezza	-	3%	%		€ 279,54	22%	€ 341,04
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%		€ 652,26	22%	€ 795,76
TOTALE (I₀ – EEM1)						€ 10.250	22%	€ 12.505
Incentivi		[Conto termico]			0			
Durata incentivi					0			
Incentivo annuo					0			

EEM3: Installazione di valvole termostatiche e pompe inverter

Nella Tabella 9.3 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 3, che consiste nell'installazione di valvole termostatiche per permettere una regolazione in portata.

Tabella 9.3 – Analisi dei costi della EEM3 – Installazione di valvole termostatiche

CODICE	DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
					[€/n° o €/m ²]	[€]	[€]	[€]
PR.C17.A15.010	Valvole micrometriche a squadra complete di testa termostatica con elemento sensibile a gas: Ø 15 mm	Prezzario Regione Liguria	60	cad	€ 32,20	€ 1.932,00	22%	€ 2.357,04
PR.E40.B05.210	Interruttore automatico magnetotermico con potere di interruzione 4,5KA bipolare fino a 32 A - 230 V	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 20,63	€ 20,63	22%	€ 25,17
RU.M01.E01.020	Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezzario Regione Liguria	16	h	€ 28,98	€ 463,68	22%	€ 565,69
	Costi per la sicurezza	-	3%	%		€ 72,49	22%	€ 88,44
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%		€ 169,14	22%	€ 206,35
TOTALE (I₀ – EEM1)						€ 2.658	22%	€ 3.243
Incentivi		[Conto termico]						0
Durata incentivi								0
Incentivo annuo								0

EEM4: Installazione di impianto di illuminazione LED

Nella Tabella 9.4 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 4, che consiste nella sostituzione dei corpi illuminanti attualmente presenti con altri utilizzando la tecnologia LED.

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 nella tabella.

Tabella 9.4 – Analisi dei costi della EEM4 – Installazione di illuminazione LED

Codice	DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
					[€/n° o €/m ²]	[€]	[€]	[€]
045161b	Plafoniera stagna rettangolare, corpo in policarbonato autoestinguente, schermo in policarbonato autoestinguente trasparente prismaticizzato internamente, per installazione a parete, plafone o a sospensione, apparecchio con grado di protezione IP 66, lampade LED temperatura di colore 4000 K, alimentazione 230 V c.a.: bilampada: lunghezza 1.300 mm, 36 W, 5.830 lm	DEI Imp. Ele. 2017	6	cad	€ 142,42	€ 854,52	22%	€ 1.042,51
045129b	Apparecchio ad incasso con corpo in alluminio, lampada led temperatura di colore 3000 K, alimentatore incorporato, riflettore in alluminio cromato, classe di isolamento 1, grado di protezione IP 23, alimentazione 230 V 50 Hz, classe energetica A, apertura del fascio 95°: potenza 20	DEI Imp. Ele. 2017	5	cad	€ 89,65	€ 448,25	22%	€ 546,87



W, equivalente a 36 W fluorescente, Ø 190 mm

045161c	Plafoniera stagna rettangolare, corpo in policarbonato autoestinguente, schermo in policarbonato autoestinguente trasparente prismaticizzato internamente, per installazione a parete, plafone o a sospensione, apparecchio con grado di protezione IP 66, lampade LED temperatura di colore 4000 K, alimentazione 230 V c.a.: bilampada: lunghezza 1.600 mm, 48 W, 7.780 lm	DEI Imp. Ele. 2017	52	cad	€ 168,24	€ 8.748,48	22%	€ 10.673,15
	Costi per la sicurezza	-	3%	%		€ 39,08	22%	€ 47,68
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%		€ 91,19	22%	€ 111,26
TOTALE (I₀ – EEM1)						€ 10.182	22%	€ 12.421
	Incentivi			[Conto termico]				€ 4.968,59
	Durata incentivi							5
	Incentivo annuo							€ 993,72

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: Controsoffittatura

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

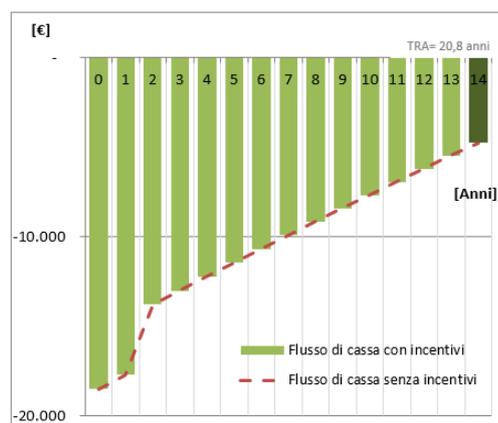
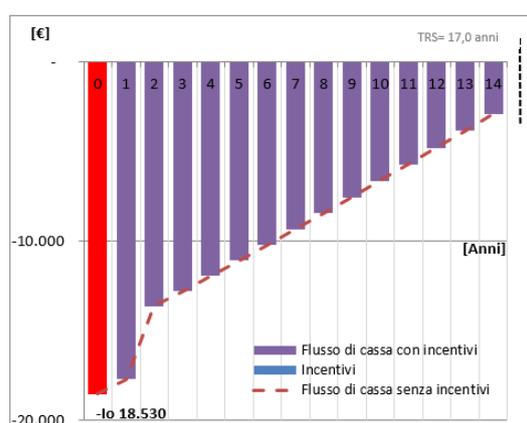
Tabella 9.5 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM1– Controsoffittatura

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	17.990
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	#DIV/0!
Durata incentivo	n_B	anni	0
Tasso di attualizzazione	i	[%]	1,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	17,0	17,0
Tempo di rientro attualizzato	TRA	20,8	20,8
Valore attuale netto	VAN	5.430	5.430
Tasso interno di rendimento	TIR	4,2%	4,2%
Indice di profitto	IP	0,30	0,30

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'investimento è remunerativo, con un VAN di 5.430€ a fronte di un investimento di circa 17.990 €. I tempi di ritorno semplice ed attualizzato sono entrambi superiori ai 15 anni (17 e 20,8 anni rispettivamente), non compatibili con la vita utile tecnologica del componente installato.

EEM2: Sostituzione caldaia con una a più alta efficienza

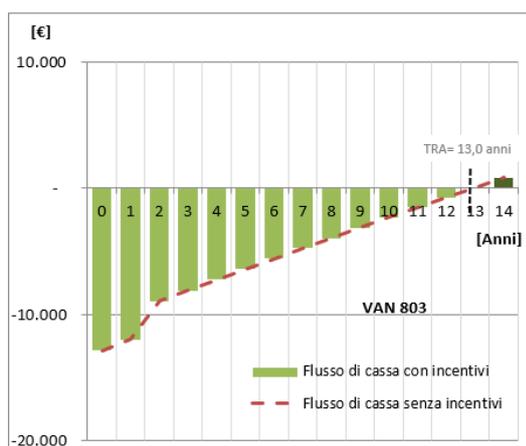
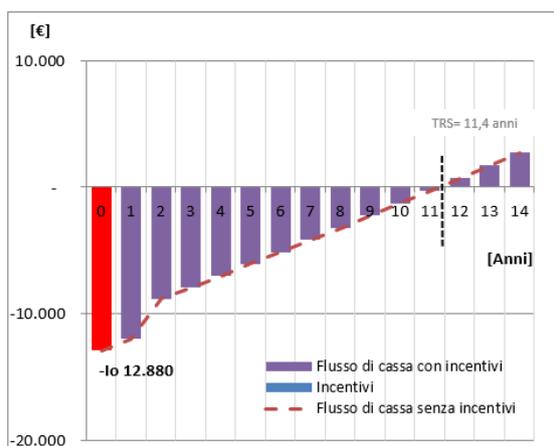
L'analisi di convenienza effettuata per la EEM 2 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

Tabella 9.6 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM2– Caldaia

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	12.505
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	[%]	1,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	11,4	11,4
Tempo di rientro attualizzato	TRA	13,0	13,0
Valore attuale netto	VAN	803	803
Tasso interno di rendimento	TIR	3,0%	3,0%
Indice di profitto	IP	0,06	0,06

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

Figura 9.3 –EEM2: Flussi di Cassa, con e senza incentivi Figura 9.4 –EEM2: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'investimento è remunerativo, con un VAN di 803€ a fronte di un investimento di circa 12505 €. I tempi di ritorno semplice ed attualizzato sono rispettivamente di anni 11,4 l'altro è pari a 13 anni, compatibili con la vita utile tecnologica del componente installato.

EEM3: Installazione valvole termostatiche

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

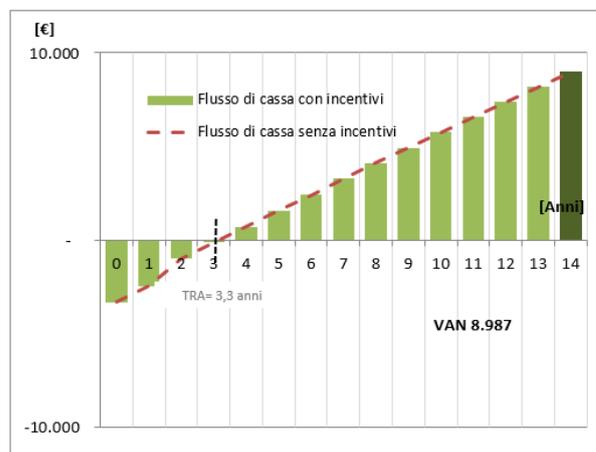
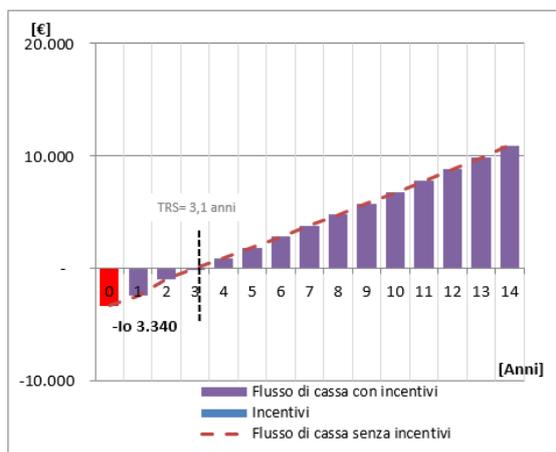
Tabella 9.7 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM3– Valvole termostatiche

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	3.243
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	[%]	1,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	3,1	3,1
Tempo di rientro attualizzato	TRA	3,3	3,3
Valore attuale netto	VAN	8.987	8.987
Tasso interno di rendimento	TIR	30,4%	30,4%
Indice di profitto	IP	2,77	2,77

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

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

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



Dall’analisi effettuata è emerso che L’investimento è remunerativo, con un VAN di 8.897€ a fronte di un investimento di circa 3.243 €. I tempi di ritorno semplice ed attualizzato sono entrambi inferiori ai 15 anni (3,1 e 3,3 anni rispettivamente), compatibili con la vita utile tecnologica del componente installato.

EEM4: Sostituzione illuminazione con led

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

Tabella 9.8 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM4– Sostituzione illuminazione con led

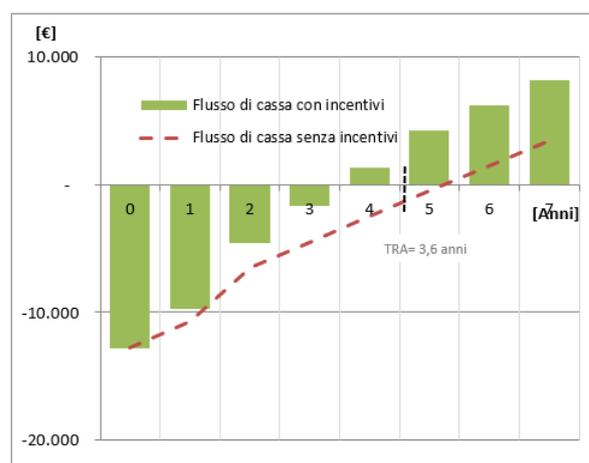
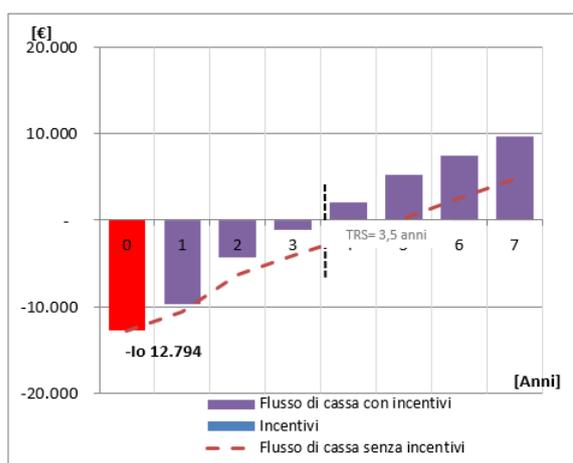
PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	12.421
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	8
Incentivo annuo	B	€/anno	994
Durata incentivo	n_B	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	1,5%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	4,9	3,5
Tempo di rientro attualizzato	TRA	5,4	3,6
Valore attuale netto	VAN	3.492	8.175
Tasso interno di rendimento	TIR	9,1%	18,6%
Indice di profitto	IP	0,28	0,66

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

Figura 9.7 –EEM1: Flussi di Cassa, con e senza incentivi

Figura 9.8 –EEM1: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che L'investimento è remunerativo, con un VAN di 8.175€ a fronte di un investimento di circa 12.421 €. I tempi di ritorno semplice ed attualizzato sono entrambi inferiori ai 15 anni (3,5 e 3,6 anni rispettivamente), compatibili con la vita utile tecnologica del componente installato.

Sintesi

La sintesi della valutazione economico – finanziaria delle EEM proposte è riportata nelle Tabelle 9.9 e Tabella 9.10.

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

SENZA INCENTIVI												
	% Δ_E [%]	% Δ_{CO_2} [%]	ΔC_E [€/anno]	ΔC_{MO} [€/anno]	ΔC_{MS} [€/anno]	I_0 [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]
EEM 1	0%	10,3%	9.1%	0%	0,0%	17.990	17,0	20.8	30	5.430 \geq 0	4,2	0.30
EEM 2	5.0%	8.5%	8.1%	5.5%	11.0%	12.505	11.4	13.0	15	803 $>$ 0	3.0	0.06
EEM 3	49.2%	18.7%	49.2%	1.0%	25.0%	12.421	4.9	5.4	8	3.492 \geq 0	9.1	0.28
EEM 4	8.9%	10.0%	9.9%	0.0%	4.0%	3.243	3.1	3.3	15	8.987. \geq 0	30.4	2.77

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;

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

CON INCENTIVI												
	% Δ_E [%]	% Δ_{CO_2} [%]	ΔC_E [€/anno]	ΔC_{MO} [€/anno]	ΔC_{MS} [€/anno]	I_0 [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]
EEM 1	0%	10,3%	9.1%	0%	0,0%	17.990	17,0	20.8	30	5.430 \geq 0	4,2	0.30
EEM 2	5.0%	8.5%	8.1%	5.5%	11.0%	12.505	11.4	13.0	15	1.181 $<$ 0	0.5	-0.09
EEM 3	49.2%	18.7%	49.2%	1.0%	25.0%	12.421	4.9	5.4	8	8.175 \geq 0	31.2	1.28
EEM 4	8.9%	10.0%	9.9%	0.0%	4.0%	3.243	3.1	3.3	15	8.856. \geq 0	30.1	2.73

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 sarà verificato un tempo di ritorno semplice, $TRS \leq 25$ anni;
- Scenario ottimale 2, (SCN2), per il quale è sarà verificato un tempo di ritorno semplice, $TRS \leq 15$ 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 usatocoincide 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: Generatore + valvole:** Tale scenario consiste nella realizzazione di due delle EEM precedentemente descritte. In particolare si prevede, la sostituzione del generatore di calore con altro a condensazione (EEM1) e l'installazione di valvole di termoregolazione sui radiatori (EEM2). L'integrazione delle due EEM (generatore di calore a condensazione + valvole termostatiche) permette di accedere agli incentivi del conto termico, in misura del 40% del costo sostenuto per l'intervento EEM1.
- **Scenario 2: Controsoffitto + LED** Tale scenario consiste nella realizzazione del controsoffitto e la sostituzione dei corpi illuminanti presenti con altri a tecnologia LED.

9.3.1 Scenario 1

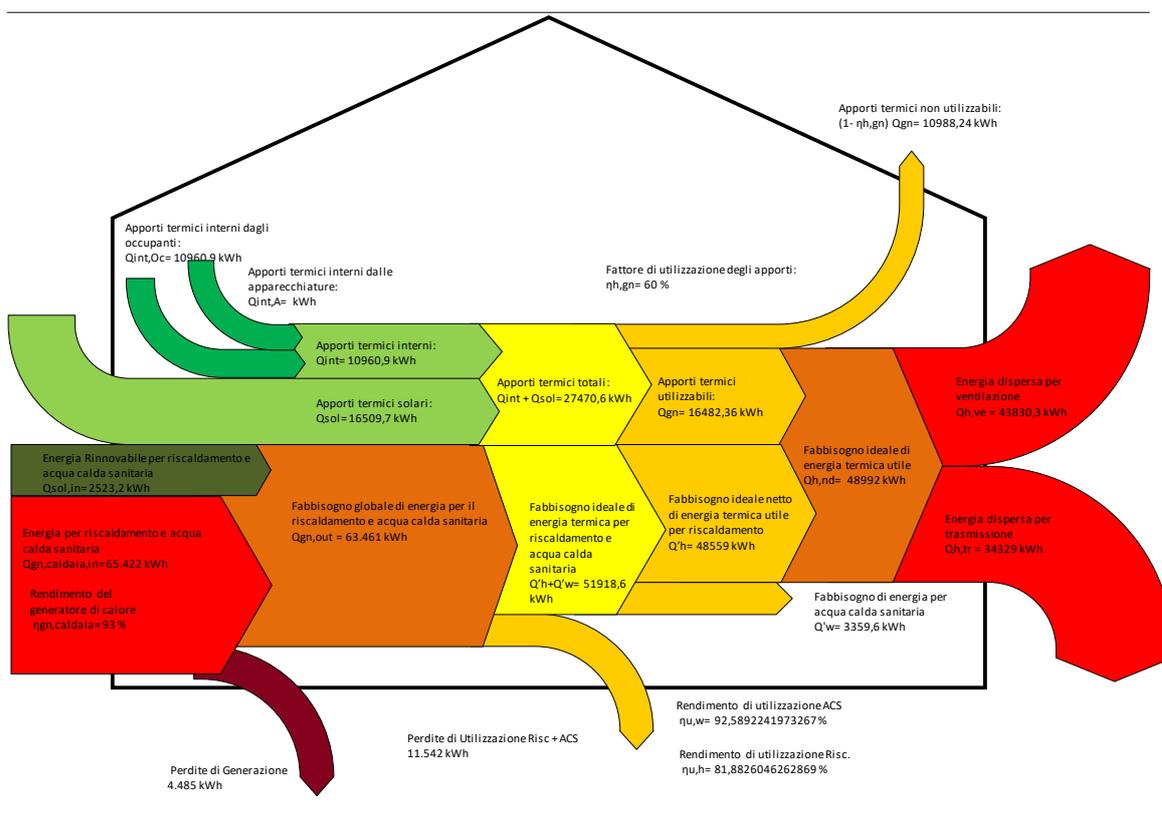
La realizzazione dello scenario 1 consiste nella combinazione delle EEM di seguito elencate: EEM1 controsoffitto e EEM4 sostituzione lampade esistenti con led

Tabella 9.11 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 1

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA Al 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 Fornitura & Posa	€ 14.746	€ 3.244	€ 17.990
EEM4 Fornitura & Posa	€ 10.182	€ 2.239	€ 12.421
Costi per la sicurezza	3% imponibile		
Costi per la progettazione	7% imponibile		
TOTALE (I₀)	24.928	5.483	30.411
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO} (IVA INCLUSA)	C _{MS} (IVA INCLUSA)	C _M (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 O&M	2.870	319	3.189
EEM4 O&M	2.841	239	3.080
MEDIA	2.855	279	3.134
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	
		[€]	
Incentivi	[Conto termico]	€ 4.968,59	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		€ 993,72	

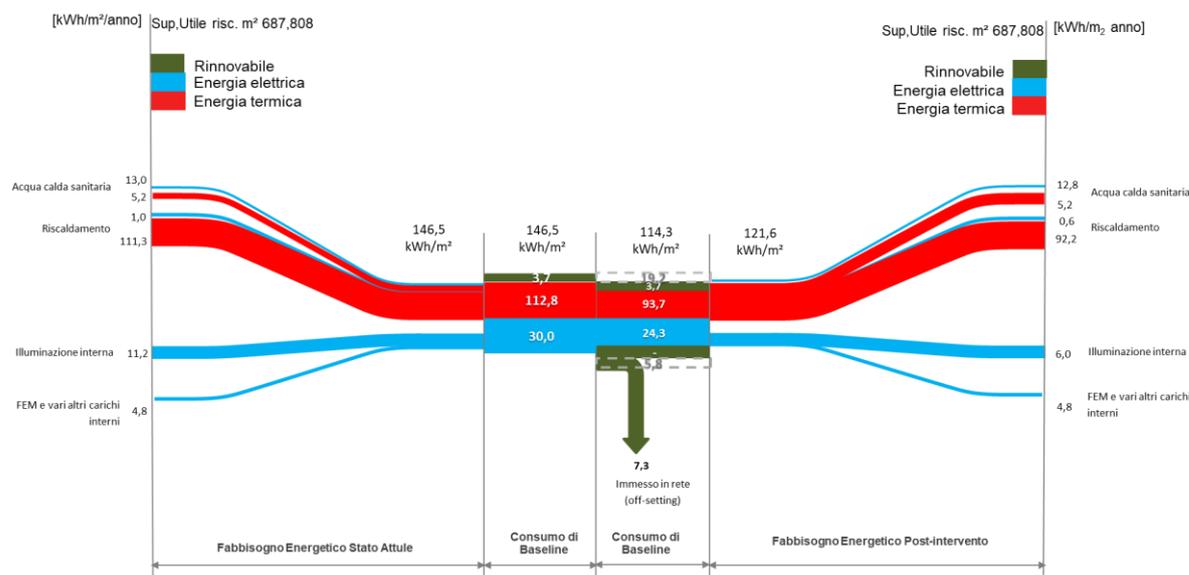
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di sankey relativo alle situazioni post-intervento.

Figura 9.9 – SCN1: Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico post intervento



Dall'analisi dei diagrammi di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio post intervento è possibile notare che il fabbisogno globale di energia è diminuito rispetto alla situazione iniziale. Si osserva inoltre che le perdite di generazione sono trascurabili, grazie all'installazione della caldaia a condensazione, con un rendimento oltre 100%. La quota di energia dispersa per trasmissione è ancora superiore a quella dispersa per ventilazione, dato che non è prevista nessuna misura atta a migliorare l'isolamento dell'edificio.

Figura 9.10 – SCN1: Bilancio energetico complessivo dell'edificio post intervento



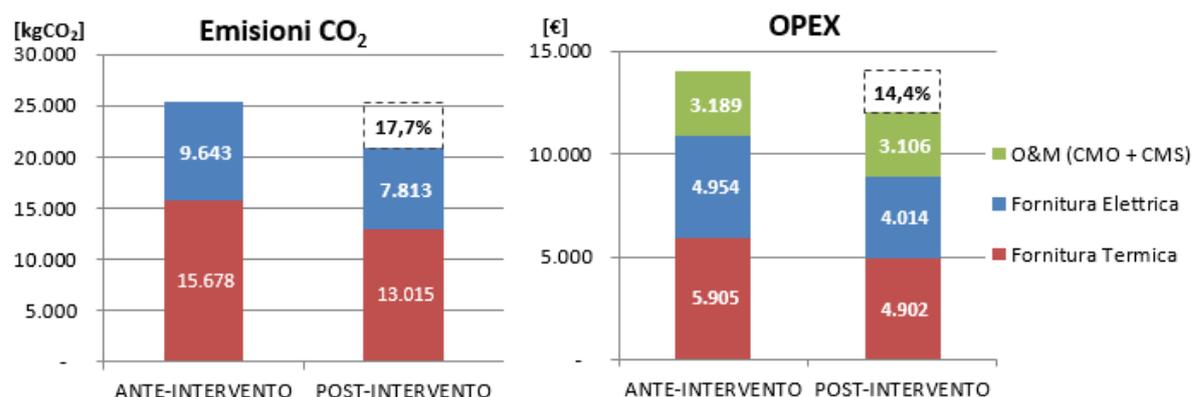


I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella Tabella 9.12 Tabella 9.12 e nella Figura 9.11.

Tabella 9.12 – Risultati analisi SCN1 – Installazione controsoffittatura e installazione lampade a Led

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM1 [volume riscaldato]	[W/m ² K]	3713	2556	31,2%
EM2 [potenza installata]	[W]	4000	2000	50,0%
Q _{teorico}	[kWh]	78.806	65.422	17,0%
EE _{teorico}	[kWh]	21.395	17.335	19,0%
Q _{baseline}	[kWh]	77.614	64.433	17,0%
EE _{baseline}	[kWh]	20.649	16.731	19,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	15.678	13.015	17,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	9.643	7.813	19,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	25.321	20.829	17,7%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	5.905	4.902	17,0%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	4.954	4.014	19,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	10.859	8.916	17,9%
C _{MO}	[€]	2.870	2.812	2,0%
C _{MS}	[€]	319	293	8,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	3.189	3.106	2,6%
OPEX	[€]	14.047	12.022	14,4%
Classe energetica	[-]	C	C	+1 classi

Figura 9.11 - 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 9.13, Tabella 9.14 e Tabella 9.15 e nelle successive figure.

Tabella 9.13 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN1– Controsoffitto e installazione led

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	15
Anni Equity	n_E	14
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_o	€ 23.653
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 710
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 24.363
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€ 19.490
Equity	I_E	€ 4.873
Fattore di annualità Debito	FA_D	11,41
Rata annua debito	q_D	€ 1.709
Costo finanziamento,(D+INT _D)	q_D*n_D	€ 25.630



Costi per interessi debito, INT _D	INT _D =q _D *n _D -D	€	6.140
----------------------------------------------	-----------------------------------------------------	---	-------

Tabella 9.14 – Parametri Economici dell'analisi di redditività dello SCN1

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C _{E0}	€ 8.900
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C _{M0}	€ 2.613
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	C_{Baseline}	€ 11.513
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C _{Altro}	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	%ΔC _E	17,9%
Riduzione% costi O&M	%ΔC _M	2,6%
Obiettivo riduzione spesa PA	%C _{Baseline}	0,0%
Risparmio annuo PA garantito	7,5%	€ 868
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€ -
Risparmio PA durante la concessione	8%	€ 17.187
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€ 1.988
N° di Canoni annuali	anni	14
Utile lordo della ESCO	%CAPEX	-41,94%
Costo Contrattuale ESCO (EBT) €/anno IVA escl.	C _{ESCO}	-€ 730
Costi FTT €/anno IVA escl.	C _{FTT}	€ 439
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C _{CAPEX}	€ 1.160
Canone O&M €/anno	C _{nM}	€ 2.643
Canone Energia €/anno	C _{nE}	€ 8.002
Canone Servizi €/anno IVA escl.	C_{nS}	€ 10.645
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	C_{nD}	€ 868
Canone Totale €/anno IVA escl.	C_n	€ 11.513
Aliquota IVA %	IVA	22%
Rimborso erariale IVA	R _{IVA}	€ 4.265
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R _B	€ 3.864
Durata Incentivi, anni	n _B	5
Inizio erogazione Incentivi, anno		2022

Tabella 9.15 – Risultati dell'analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN1

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	43,17
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	99,39
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN < 0	-€ 7.053
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR < WACC	-4,01%
Indice di Profitto	IP	-29,82%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	8,34
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	7,39
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN < 0	-€ 3.589
Tasso interno di rendimento dell'azionista	#NUM!	#NUM!
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3	0,909
Loan Life Cover Ratio	LLLCR < 1	0,302
Indice di Profitto Azionista	IP	-15,17%

Figura 9.12 –SCN1: Flussi di cassa del progetto

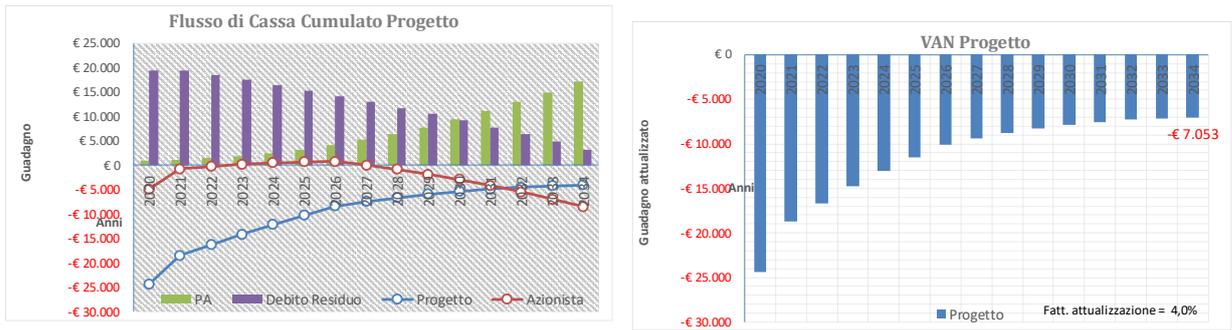
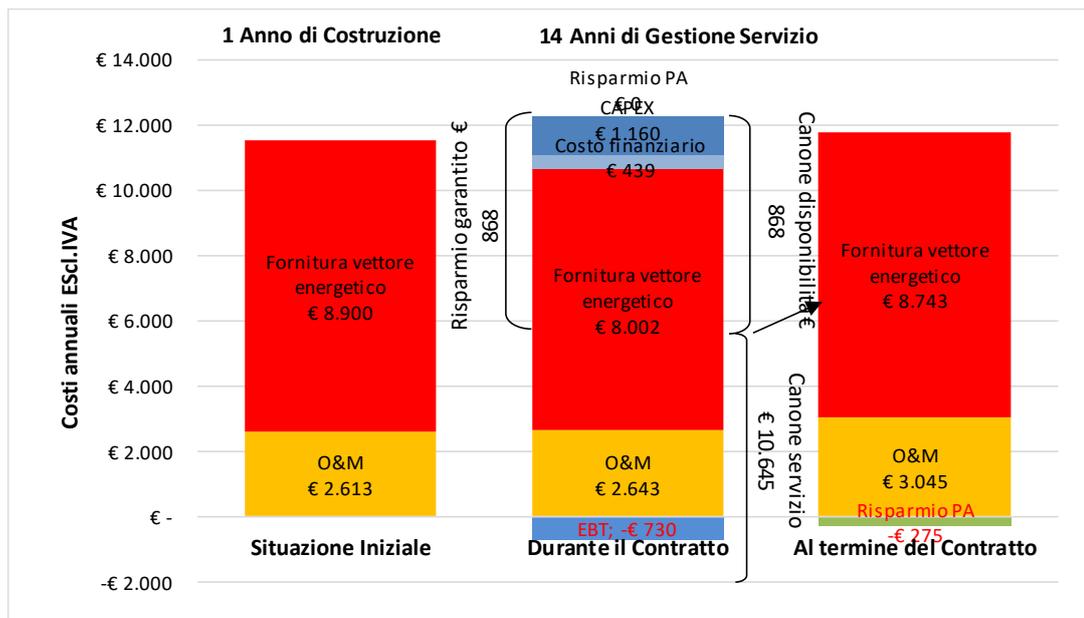


Figura 9.13 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



Con l'obiettivo di rendere più realistici e interessanti i piani economici finanziari dei due scenari sono stati considerati, solo per quest'ultimi, degli sconti sugli importi lavori pari al 30% rispetto ai prezzi di listino presentati per i singoli interventi. Tuttavia dall'analisi effettuata è emerso che l'investimento risulta non remunerativo. Il motivo è nel costo dell'indebitamento esterno, troppo alto. 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 9.13.

Figura 9.14 – Scenario 1: Schema di Energy Performance Contract



9.3.2 Scenario 2

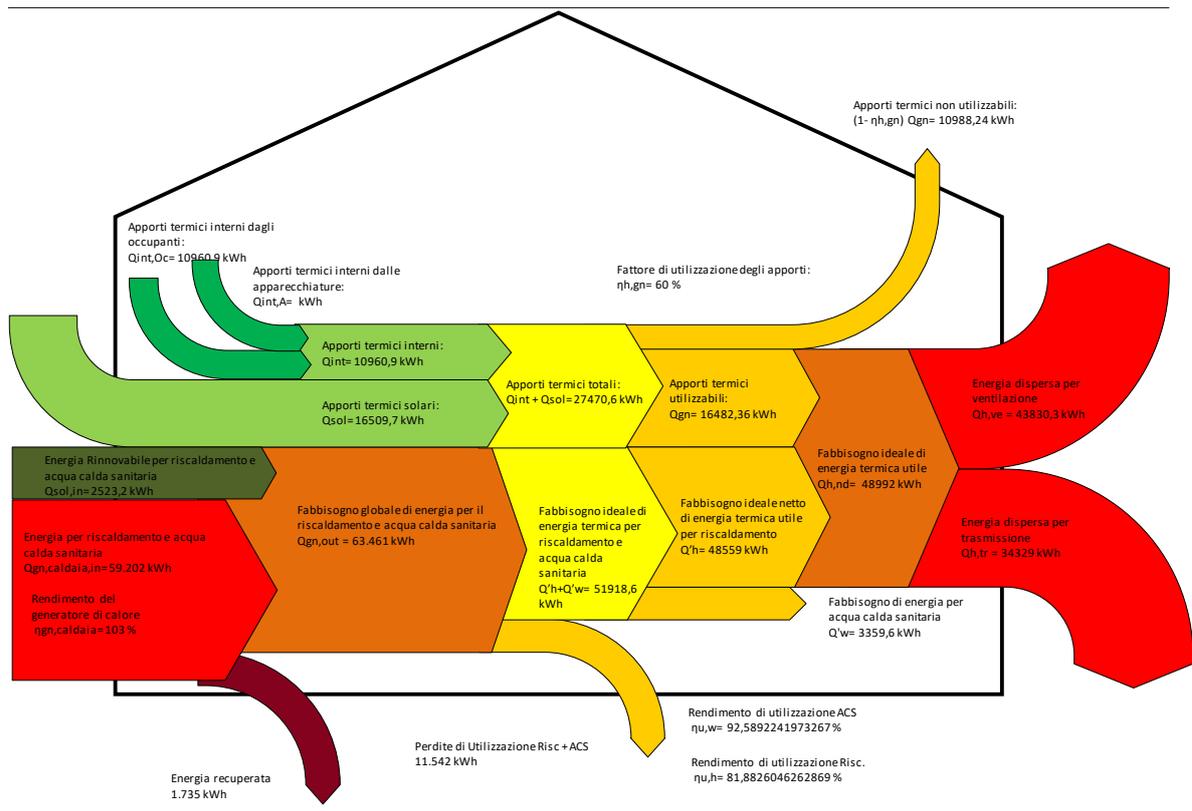
La realizzazione dello scenario 2 consiste nella combinazione delle EEM di seguito elencate: EEM1 controsoffittatura e EEM4 sostituzione illuminazione con led che costituiscono lo scenario n°1 in aggiunta con gli interventi EEM2 sostituzione caldaia e EEM3 installazione valvole

Tabella 9.16 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 2

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA AL 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 Fornitura & Posa	€ 14.746	€ 3.244	€ 17.990
EEM4 Fornitura & Posa	€ 10.182	€ 2.239	€ 12.421
EEM2 Fornitura & Posa	€ 10.250	€ 2.255	€ 12.505
EEM3 Fornitura & Posa	€ 2.658	€ 585	€ 3.243
Costi per la sicurezza	3% imponibile		
Costi per la progettazione	7% imponibile		
TOTALE (I₀)	37.836	8.323	46.159
VOCE MANUTENZIONE	C _{Mo} (IVA INCLUSA)	C _{MS} (IVA INCLUSA)	C _M (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM2 O&M	2.712	284	2.996
EEM3 O&M	2.841	239	3.155
EEM1 O&M	2.870	319	3.189
EEM4 O&M	2.841	239	3.080
Media C_M	2.816	270	3.105
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	
		[€]	
Incentivi	[Conto termico]	€ 23.379,49	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		€ 4.675,90	

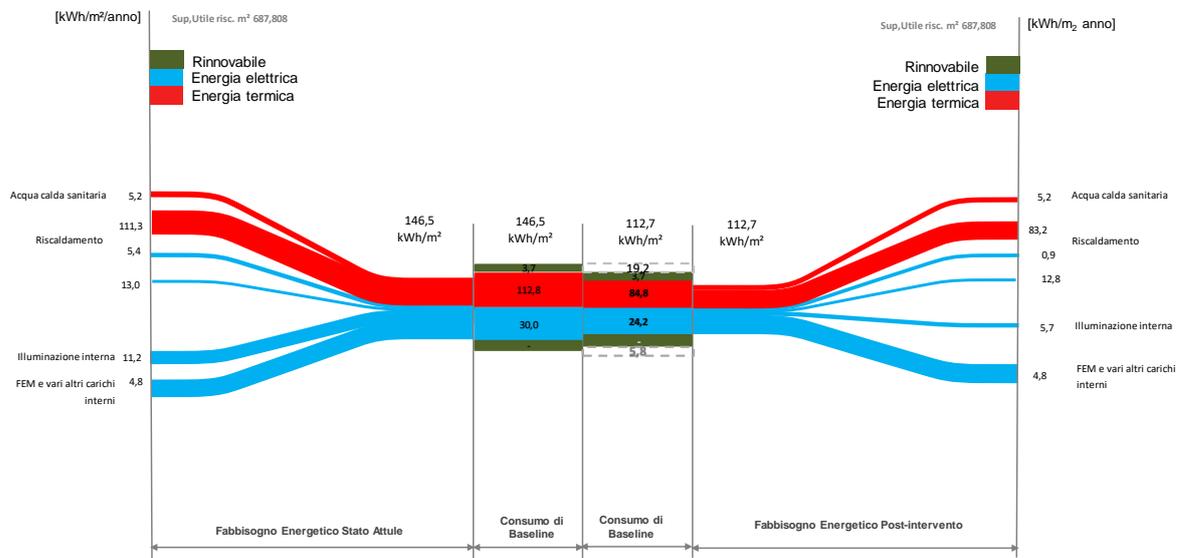
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di sankey relativo alle situazioni post-intervento.

Figura 9.15 – 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 globale di energia è diminuito rispetto alla situazione iniziale. La quota di energia dispersa per trasmissione è ancora superiore a quella dispersa per ventilazione, dato che non è prevista nessuna misura atta a migliorare l'isolamento dell'edificio.

Figura 9.16 – SCN2: Bilancio energetico complessivo dell'edificio post intervento

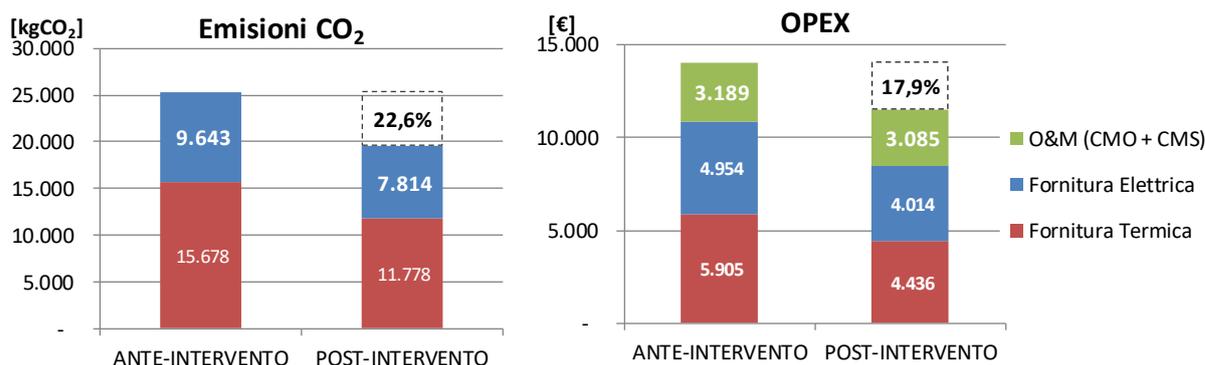


I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario 2 sono riportati nella Tabella 9.17 e nella Figura 9.17.

Tabella 9.17 – Risultati analisi SCN2 – Sostituzione generatore di calore e installazione valvole termostatiche + SCN1

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM1 [volume riscaldato]	[W/m ² K]	3713	2556	31,2%
EM2 [potenza installata]	[W]	4000	2000	50,0%
EM3 Rendimento generazione	[%]	89	103	-15,7%
EM4 Rendimento regolazione	[%]	85,5	99	-15,8%
Q _{teorico}	[kWh]	78.806	59.202	24,9%
EE _{teorico}	[kWh]	21.395	17.336	19,0%
Q _{baseline}	[kWh]	77.614	58.306	24,9%
EE _{baseline}	[kWh]	20.649	16.732	19,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	15.678	11.778	24,9%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	9.643	7.814	19,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	25.321	19.592	22,6%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	5.905	4.436	24,9%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	4.954	4.014	19,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	10.859	8.450	22,2%
C _{MO}	[€]	2.870	2.812	2,0%
C _{MS}	[€]	319	273	14,5%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	3.189	3.085	3,3%
OPEX	[€]	14.047	11.535	17,9%
Classe energetica	[-]	C	B	+1 classi

Figura 9.17– 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 9.13, Tabella 9.14 e Tabella 9.15 e nelle successive figure.

Tabella 9.18 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN2– Controsoffitto e installazione delle lampade a led

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	n_i	1
Anni Gestione Servizio	n_s	24
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	25
Anni Equity	n_E	24
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_0	€ 35.902
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 1.077
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 36.979
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€ 29.583
Equity	I_E	€ 7.396
Fattore di annualità Debito	FA_D	16,09
Rata annua debito	q_D	€ 1.838
Costo finanziamento,(D+INT _D)	$q_D * n_D$	€ 45.955



Costi per interessi debito, INT _D	INT _D =q _D *n _D -D	€	16.372
----------------------------------------------	-----------------------------------------------------	---	--------

Tabella 9.19 – Parametri Economici dell'analisi di redditività dello SCN2

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C _{E0}	€ 8.900
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C _{M0}	€ 2.614
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	C_{Baseline}	€ 11.514
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C _{Altro}	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	%ΔC _E	22,2%
Riduzione% costi O&M	%ΔC _M	3,3%
Obiettivo riduzione spesa PA	%C _{Baseline}	0,0%
Risparmio annuo PA garantito	6,5%	€ 753
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€ -
Risparmio PA durante la concessione	13%	€ 49.302
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€ 2.781
N° di Canoni annuali	anni	24
Utile lordo della ESCO	%CAPEX	-56,90%
Costo Contrattuale (EBIT) ESCO €/anno IVA escl.	C _{ESCO}	-€ 877
Costi FTT €/anno IVA escl.	C _{FTT}	€ 682
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C _{CAPEX}	€ 948
Canone O&M €/anno	C _{nM}	€ 2.692
Canone Energia €/anno	C _{nE}	€ 8.069
Canone Servizi €/anno IVA escl.	C_{nS}	€ 10.761
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	C_{nD}	€ 753
Canone Totale €/anno IVA escl.	C_n	€ 11.514
Aliquota IVA %	IVA	22%
Rimborso erariale IVA	R _{IVA}	€ 6.474
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R _B	€ 7.755
Durata Incentivi, anni	n _B	5
Inizio erogazione Incentivi, anno		2022

Tabella 9.20 – 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.	16,70
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	- 18,49
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN < 0	-€ 9.539
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR < WACC	-3,13%
Indice di Profitto	IP	-26,57%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	14,55
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	18,14
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN < 0	-€ 2.372
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke	17,13%
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3	0,753
Loan Life Cover Ratio	LLLCR < 1	0,158
Indice di Profitto Azionista	IP	-6,61%



Figura 9.18 –SCN1: Flussi di cassa del progetto

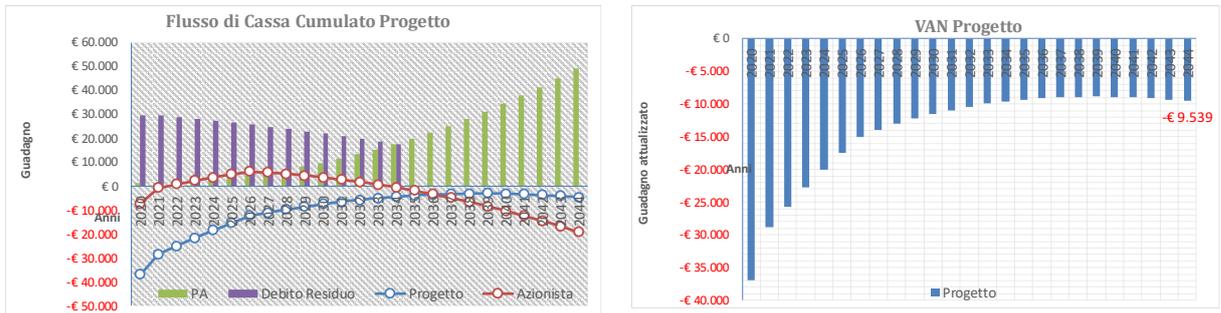


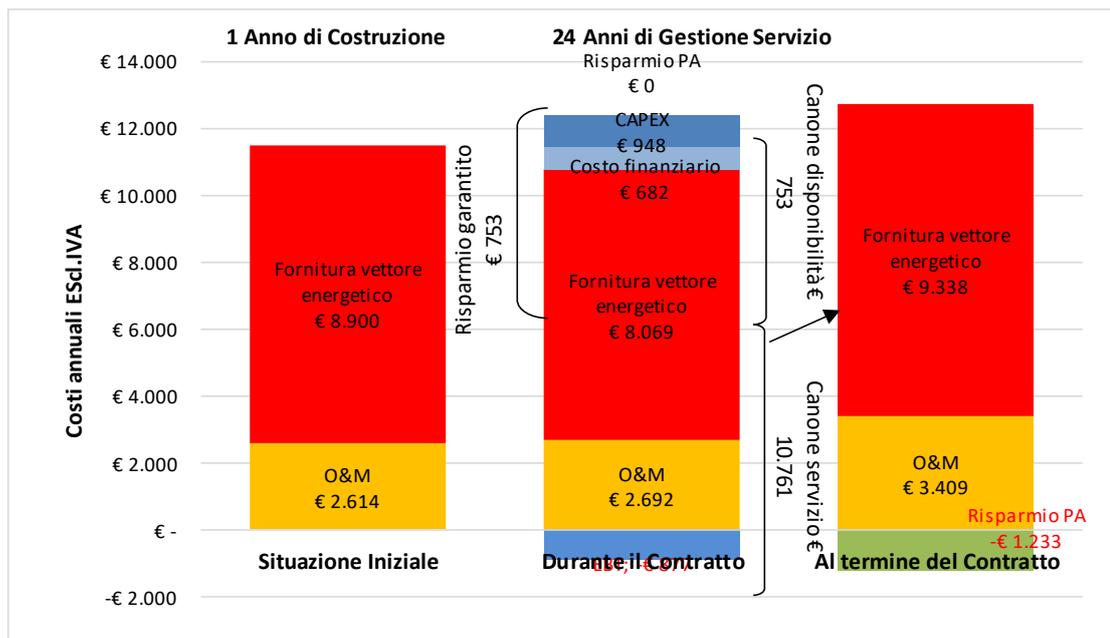
Figura 9.19 –SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



Con l'obiettivo di rendere più realistici e interessanti i piani economici finanziari dei due scenari sono stati considerati, solo per quest'ultimi, degli sconti sugli importi lavori pari al 30% rispetto ai prezzi di listino presentati per i singoli interventi. Tuttavia dall'analisi effettuata è emerso che l'investimento risulta non remunerativo. Il motivo è nel costo dell'indebitamento esterno, troppo alto.

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 9.8.

Figura 9.20 – Scenario 2:Schema di Energy Performance Contract



10 CONCLUSIONI

L'audit energetico ha messo in evidenza una ridotta efficienza energetica dell'immobile legata ad un basso livello di isolamento da parte dell'involucro e da impianti dotati di livelli prestazionali ridotti.

Gli indicatori energetici di performance hanno confermato che i consumi risultano elevati confrontati coi valori di benchmark di riferimento.

La maggior parte dei consumi energetici è da attribuire al riscaldamento degli ambienti e all'illuminazione degli stessi, motivo per cui gli interventi proposti sono stati indirizzati alla riduzione del fabbisogno ad essi associato.

Gli interventi proposti considerati fattibili hanno riguardato:

1. la compartimentazione termica con conseguente diminuzione della volumetria riscaldata grazie all'installazione di controsoffitti;
2. la sostituzione dell'attuale generatore di calore con altro a condensazione ad alta efficienza;
3. l'installazione di valvole termostatiche;
4. l'installazione di un sistema di illuminazione a tecnologia LED.

La fattibilità tecnico-economica ha messo in evidenza che gli interventi più interessanti sono la sostituzione dell'attuale sistema di illuminazione con un sistema utilizzando la tecnologia LED e l'installazione di valvole termostatiche.

Alcuni interventi dovranno essere valutati in maniera coordinata con gli altri. Ad esempio la sostituzione del generatore potrebbe prevedere una caldaia di potenzialità inferiore laddove il carico termico di riscaldamento venga preventivamente diminuito, migliorando l'isolamento dell'involucro. Per la valutazione e la verifica dei risparmi energetici ottenibili dagli interventi di efficientamento proposti si consiglia di installare un sistema di monitoraggio (es: contatermicie e analizzatore dei consumi sul quadro elettrico principale) per quantificare l'effettivo risparmio conseguente.

10.1 RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA

Gli indici di performance sono riassunti e riportati nell'allegato M – Report di Benchmark.

10.2 RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI

Dalle analisi effettuate risulta che entrambi gli investimenti previsti nei due scenari non risultano essere remunerativi.



ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA

Titolo	Data	Nome file
Elenco documentazione fornita	19/03/2018	ALLEGATO A_DE_Lotto.4 - E440.pdf

ALLEGATO B – ELABORATI

Titolo	Data	Nome file
Elenco elaborati prodotti e consegnati alla PA	19/03/2018	ALLEGATO B_DE_Lotto.4 - E440.pdf

ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

Titolo	Data	Nome file
Report di indagine termografica effettuato in sede di sopralluogo	19/03/2018	ALLEGATO C_DE_Lotto.4 - E440.pdf

ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI

Titolo	Data	Nome file
Report relativi ad altre prove diagnostiche strumentali	19/03/2018	ALLEGATO D_DE_Lotto.4 -E440.pdf

ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI

Titolo	Data	Nome file
Relazione di calcolo per il modello standard rilasciata dal software Termo	19/03/2018	ALLEGATO E_DE_Lotto.4 - E440.pdf

ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

Titolo	Data	Nome file
Certificato software Termo	19/03/2018	ALLEGATO F_DE_Lotto.4 - E440.pdf

ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

Titolo	Data	Nome file
Attestato di prestazione energetica dell'edificio	19/03/2018	ALLEGATO G_DE_Lotto.4 - E440.pdf



ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

Titolo	Data	Nome file
Bozza di APE scenario 1	19/03/2018	ALLEGATO H_DE_Lotto.4 - E440_SCN1
Bozza di APE scenario 2	19/03/2018	ALLEGATO H_DE_Lotto.4 - E440_SCN2

ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

Titolo	Data	Nome file
File di calcolo dei dati climatici utilizzati nella diagnosi	19/03/2018	GG_Lotto.4-E440.Rev02.xlsx

ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

Titolo	Data	Nome file
Schede di audit in formato excel	19/03/2018	E440_Scheda Audit_Template_rev.1.xlsx

ALLEGATO K – SCHEDE ORE

Titolo	Data	Nome file
Schede ORE relative agli interventi proposti	19/03/2018	ALLEGATO K_DE_Lotto.4 - E440.pdf

ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI

Titolo	Data	Nome file
Foglio di calcolo relativo agli scenari proposti	19/03/2018	AnalisiPEF_rev06_E440.xlsx

ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

Titolo	Data	Nome file
Report di Benchmark	19/03/2018	ALLEGATO M_DE_Lotto.4 - E440.pdf

ALLEGATO N – CD-ROM