

SCUOLA MEDIA "DURAZZO"

E.63

VIA ANTICA ROMANA QUINTO N. 63

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA
FONDO KYOTO - SCUOLA 3



Luglio/2018

COMUNE DI GENOVA
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER



COMUNE DI GENOVA



SCUOLA MEDIA “DURAZZO”

E.63

VIA ANTICA ROMANA QUINTO N. 63

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA

FONDO KYOTO - SCUOLA 3

Luglio/2018

COMUNE DI GENOVA

STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER

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

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

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

Environment Park.S.p.A

via Livorno n.60 – 10144 Torino - Italia

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

REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI

Revisione	Data	Realizzazione	Revisione	Approvazione	Descrizione
A	15/05/2018	Sergio Ravera Stefano Dotta Mauro Cornaglia Angela Baccaro Vincenzo Cuzzola	Sergio Ravera Daniela Di Fazio	Stefano Dotta	Prima Pubblicazione
B	20/07/2018	Sergio Ravera Stefano Dotta Mauro Cornaglia Angela Baccaro Vincenzo Cuzzola	Sergio Ravera Daniela Di Fazio	Stefano Dotta	Seconda Pubblicazione

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	2
1.1 PREMessa	2
1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA	2
1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO.....	3
1.4 IDENTIFICAZIONE DELL’EDIFICIO.....	3
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO	4
1.6 STRUTTURA DEL REPORT	7
2 DATI DELL’EDIFICIO.....	8
2.1 INFORMAZIONI SUL SITO	8
2.2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE, SOCIO-ECONOMICO E DESTINAZIONE D’USO	8
2.3 VERIFICA DEI VINCOLI INTERFERENTI SULLE PARTI DELL’IMMOBILE INTERESSATE DAGLI ’INTERVENTI	9
2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO	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>	18
4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/ CLIMATIZZAZIONE INVERNALE	20
4.2.1 <i>Sottosistema di emissione</i>	20
4.2.2 <i>Sottosistema di regolazione</i>	21
4.2.3 <i>Sottosistema di distribuzione</i>	22
4.2.4 <i>Sottosistema di generazione</i>	24
LE CARATTERISTICHE DEI SISTEMI DI GENERAZIONE SONO RIPORTATE NELLA TABELLA 4.8.	25
4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA	26
4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE	26
4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE	27
5 CONSUMI RILEVATI	29
5.1 CONSUMI ENERGETICI STORICI PER CIASCUN VETTORE E CONNESSIONE ALLE RETI GAS NATURALE ED ELETTRICA.....	29
5.1.1 <i>Energia termica</i>	29
5.1.2 <i>Energia elettrica</i>	32
5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI	35
6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO.....	40
6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO	40
6.1.1 <i>Validazione del modello termico</i>	41
6.1.2 <i>Validazione del modello elettrico</i>	42
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI.....	42
6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI.....	44
7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTEVENTO	46
7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI	46
7.1.1 <i>Vettore termico</i>	46
7.1.2 <i>Vettore elettrico</i>	49
7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL’ANALISI.....	52
7.3 COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI.....	52



7.4	BASLINE DEI COSTI.....	53
8	IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA	55
8.1	DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI	55
8.1.1	<i>Involucro edilizio.....</i>	55
8.1.2	<i>Impianto riscaldamento.....</i>	58
8.1.3	<i>Impianto produzione acqua calda sanitaria</i>	61
8.1.4	<i>Impianto di illuminazione ed impianto elettrico</i>	61
8.1.5	<i>Impianto di generazione da fonti rinnovabili.....</i>	63
9	VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA.....	65
9.1	ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI	65
9.2	ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI	70
9.3	IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D’INTERVENTO E SCENARI D’INVESTIMENTO	79
9.3.1	<i>Scenario 1: Scenario ottimale TRS≤15 anni</i>	81
9.3.2	<i>Scenario 2: Scenario ottimale TRS≤25 anni</i>	86
10	CONCLUSIONI	93
10.1	RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA	93
10.2	RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI	94
10.3	CONCLUSIONI E COMMENTI.....	95
	ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA.....	A
	ALLEGATO B – ELABORATI	A
	ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA	1
	ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI	1
	ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI	1
	ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE	1
	ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA	1
	ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI.....	1
	ALLEGATO I – DATI CLIMATICI.....	1
	ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT.....	1
	ALLEGATO K – SCHEDE ORE.....	1
	ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI	1
	ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK.....	1
	ALLEGATO N – CD-ROM	1

EXECUTIVE SUMMARY

Caratteristiche dell'edificio oggetto della DE

Tabella 0.1 - Tabella riepilogativa dei dati dell'edificio

PARAMENTO	U.M.	VALORE
Anno di costruzione edificio		1980
Anno di ristrutturazione		Nn
Zona climatica		D
Destinazione d'uso	[E.7 (Edifici adibiti ad attività scolastiche di tutti i livelli ed assimilabili)]	
Superficie utile riscaldata	[m ²]	2.385,03
Superficie disperdente (S)	[m ²]	4.743,65
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	10.848,69
Rapporto S/V	[1/m]	0,44
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	2.859,49
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	1.715,39
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	4.574,88
Tipologia generatore riscaldamento		Generatore tradizionale
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	329
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	[-]
Tipo di combustibile		Gas naturale
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler Elettrici
Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	95.31
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{th} /anno]	125454
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	10.053
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	57.480
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	11.986

Nota (1): Valori di Baseline

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

- EEM 1: Coibentazione copertura coprestabile con polistirene XPS ad alta densità e getto di completamento sp=16cm+4cm
- EEM 2: Sostituzione infissi esistenti con altri aventi U=1,66W/m2k
- EEM 3: Installazione di sistemi di termoregolazione
- EEM 4: Installazione di sistemi di illuminazione a LED
- EEM 5: Installazione di un nuovo generatore di calore
- EEM 6: installazione impianto fotovoltaico
- SCN1: Installazione di sistemi di termoregolazione, Efficientamento sistema di illuminazione mediante trasformazione a LED, Installazione di un nuovo generatore di calore
- SCN2: Coibentazione copertura piana, Installazione di sistemi di termoregolazione, Efficientamento sistema di illuminazione mediante trasformazione a LED, Installazione di un nuovo generatore di calore, Installazione impianto fotovoltaico



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

	CON INCENTIVI													
	%Δ _E [%]	%Δ _{CO2} [%]	ΔC _E [€/ann o]	ΔC _{MO} [€/ann o]	ΔC _{MS} [€/ann o]	I ₀ [€]	n [anni]	TRS [anni]	TRA [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]	DSCR	LLCR
EEM 1	4	4,3	886	0	0	-47.261	30	25	37,4	9.608< 0	0,9	-0,20	n/a	n/a
EEM 2	24,1	25,7	5.316	0	0	282.740	30	43	65,5	157.92 6<0	-2,6	-0,56	n/a	n/a
EEM 3	4,0	4	889	0	0	-10383	15	11,3	15,9	-601<0	3	-0,06	n/a	n/a
EEM 4	14,9	13,7	3.196, 7	0	0	-86.823	8	10,5	11,8	28.752 <0	-8,1	-0,33	n/a	n/a
EEM 5	2,9	3,1	-633,9	5.076	1.349	-27.948	15	2,9	3,4	49.376 >0	28,5	1,77	n/a	n/a
EEM 6	24,5	23,1	4.310	5.076	1.349	-52.967	20	5	5,8	78.279 >0	18,5	1,48	n/a	n/a
SCN1	14,6	17,9	3.191*	3.959	1.053	125.154	-	3,2	3,8	5.209	18,3	4,16	1,1	1
SCN2	42	40,6	7.213, 8*	3.959	1.053	225.382	-	14,5	18,6	8.755	12	3,9	1	1,5

*secondo il documento di F.A.Q. quesito 35 nelle analisi economiche e finanziarie degli scenari i risparmi economici sono considerati al netto dell'IVA

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.

Figura 1.1 - Vista della facciata esposta a sud-est



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

1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA

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

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

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

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

1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO

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

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

Tabella 1.1 – Soggetti coinvolti nella realizzazione del processo di Audit

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

1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO

L'immobile oggetto della DE, catastalmente individuato al NCEU a seguito dei controlli effettuati dalla società di Audit è risultato avere le seguenti coordinate catastali: Sezione H F. 4 Mapp. 65 Sub. 0 è sito nel Comune di Genova e più precisamente nel quartiere Quinto al mare.

L'edificio è di proprietà del Comune di Genova ed è attualmente adibito a Scuola media statale.

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		1980
Anno di ristrutturazione		Nn
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E.7 (Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili)
Superficie utile riscaldata	[m ²]	2.385,03
Superficie disperdente (S)	[m ²]	4.743,65
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	10.848,69
Rapporto S/V	[1/m]	0,44
Superficie netta aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	2.458,40
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	2.859,49
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	1.715,39

Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	4.574,88
Tipologia generatore riscaldamento		Generatore tradizionale
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	329
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	[-]
Tipo di combustibile		Gas naturale
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler Elettrici
Emissioni CO ₂ di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	95.31
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{st} /anno]	125454
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	10.053
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	57.480
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	11.986

Nota (1): Valori di Baseline

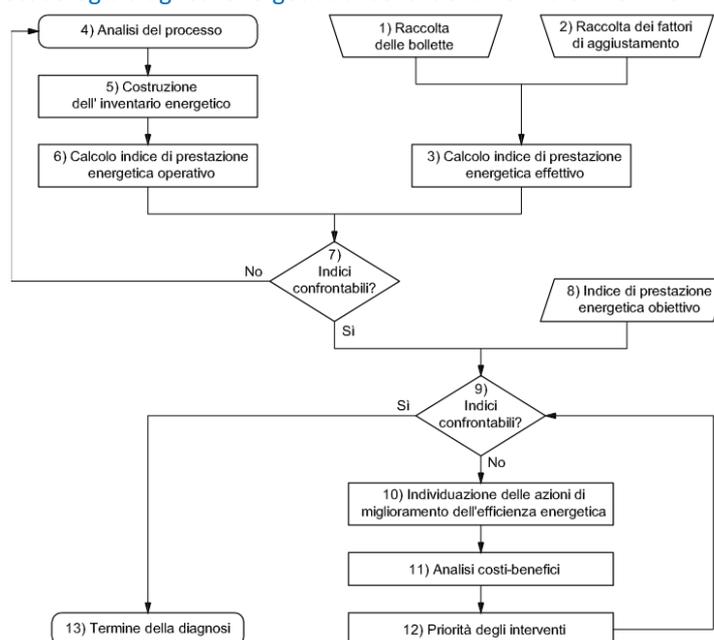
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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

- Acquisizione della documentazione utile, fornita dalla PA, come riportato all' Allegato B – Elaborati; **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**
- Analisi del quadro normativo di riferimento, incluso la verifica dei vincoli ambientali, storici, archeologici e paesaggistici interferenti sull'immobile interessato dall'intervento;
- Visita agli edifici, effettuata in data 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;
- Visita alla centrale termica e/o frigorifera, con il supporto del personale incaricato della conduzione e manutenzione degli impianti e rilevamento dei dati utili;
- Preparazione e compilazione delle schede di Audit previste per la diagnosi di livello II di cui all'appendice A delle LGEE - Linee Guida per l'Efficienza Energetica negli Edifici - sett. 2013 - elaborato da AiCARR per Agesi, Assistal, Assopetroli e Assoenergia, e riportate all'Allegato J – Schede di audit;
- Elaborazione del comportamento termico ed elettrico dell'edificio, realizzata utilizzando il software commerciale EDILCLIMA Versione EC700 in possesso di certificato di conformità rilasciato dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI) Certificato CTI N.73 ai sensi del D.lgs. 192/05 e s.m.i. e riportato all'Allegato F – Certificato CTI Software;
- 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;
- Analisi dei dati climatici reali del sito ove è ubicato l'edificio con conseguente calcolo dei Gradi Giorno reali (GG_{real}), utilizzando le temperature esterne rilevate dalla stazione meteo Genova Sant'Ilario e riportati all'Allegato I – Dati climatici;
- 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});
- 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;
- Validazione del modello elaborato mediante il confronto con le baseline energetiche, al fine di ottenere uno scostamento inferiore al 5%;

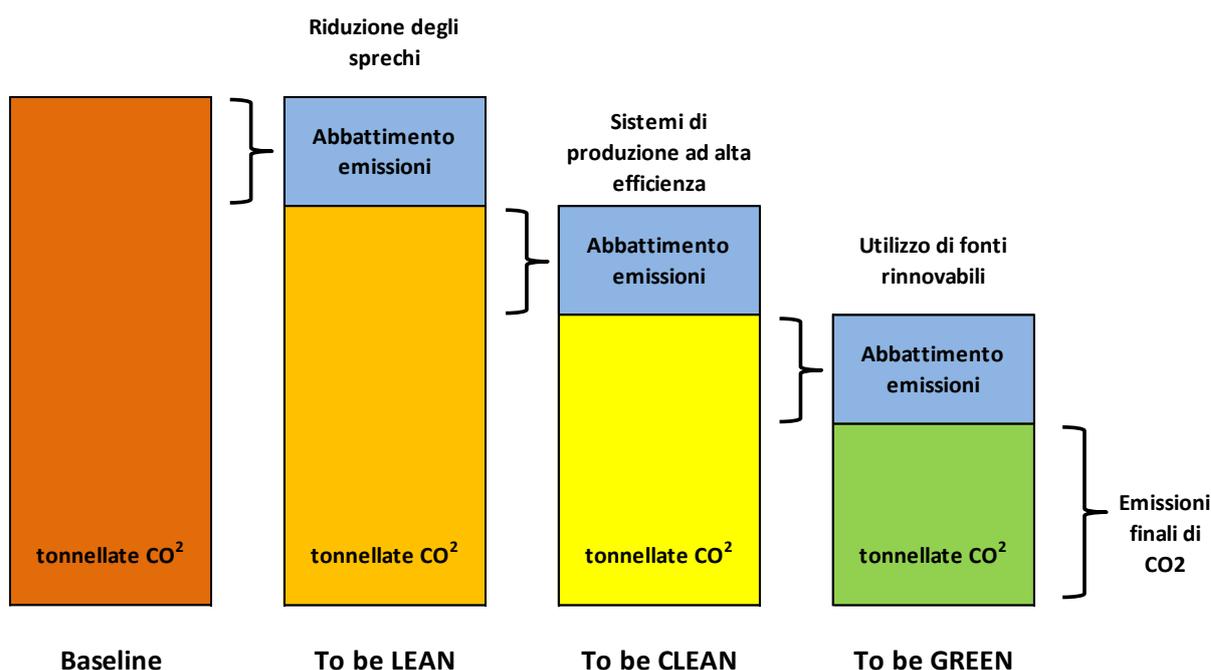
- l) Analisi delle possibili EEM necessarie per la riqualificazione energetica del sistema edificio-impianto analizzando gli aspetti tecnici, energetici, ed ambientali.
- m) Simulazione del comportamento energetico dell'edificio a seguito dell'attuazione delle varie EEM proposte singolarmente, ed individuazione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

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



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

Figura 1.4 - Principio della Gerarchia Energetica, (fonte: London Plan 2011)



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

- **To be Lean:** Utilizzo di EEM che limitino gli sprechi ed ottimizzino il funzionamento del sistema edificio-impianto (es: illuminazione a led, coibentazione strutture, efficientamento serramenti, termoregolazione, variazioni nelle modalità di utilizzo, ecc.);
- **To be Clean:** Aumento dell'efficienza dei sistemi di produzione in loco dell'energia tramite 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 sulla domanda d'utenza (anche relativamente ai sistemi di emissione, regolazione, distribuzione, accumulo), partendo dalla 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) individuando i principali indicatori economici d'investimento di seguito elencati:

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

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

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

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

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

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

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

1.6 STRUTTURA DEL REPORT

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

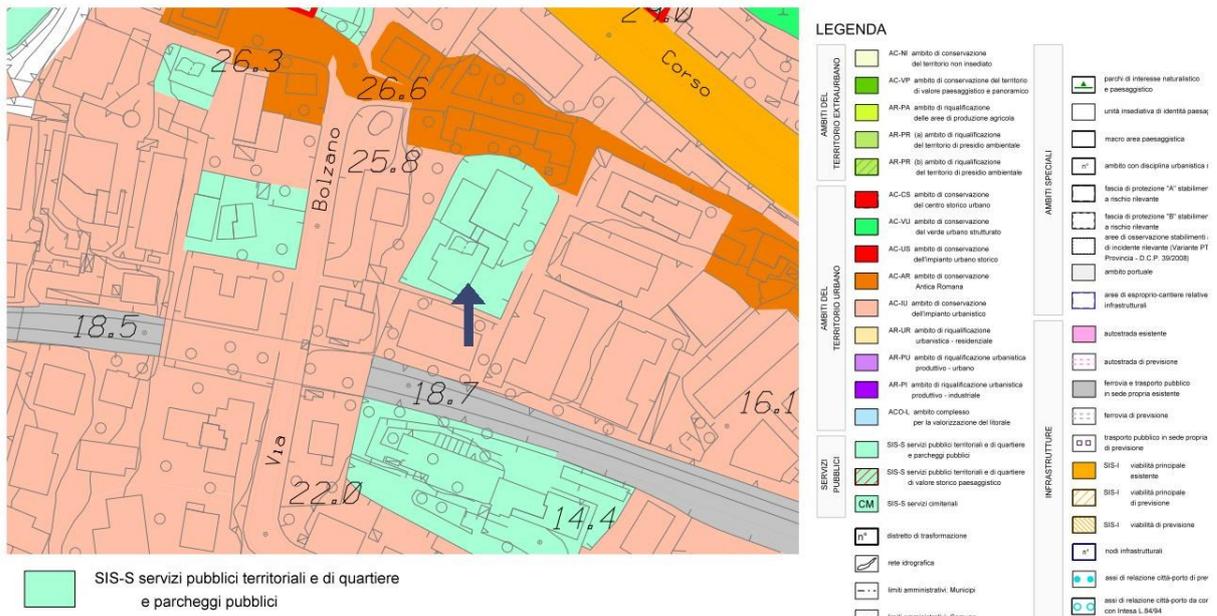
- Una prima parte nella quale sono descritti lo scopo ed i confini della DE e le metodologie di analisi adottate;
- Una seconda parte in cui sono riportate le informazioni dell'edificio rilevate in sede di sopralluogo e le valutazioni effettuate al fine di identificare le caratteristiche tecniche dei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

2 DATI DELL'EDIFICIO

2.1 INFORMAZIONI SUL SITO

Lo strumento urbanistico vigente, il P.U.C approvato con DD n° 2015/118.0.0./18 con entrata in vigore il 3/12/2015, classifica l'edificio oggetto della DE in zona SIS-S ambito che disciplina destinazioni d'uso quali: servizi pubblici e parcheggi pubblici. Tra le attività complementari disciplina anche le zone di connettività urbana funzionali per la riqualificazione e conservazione e parcheggi privati pertinenziali o liberi da asseveramento.

Figura 2.1 - Particolare estratto dal Piano Urbanistico Comunale



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

L'edificio, costruito nel 1980 ospita la Scuola Media “Durazzo” ed ai sensi del DPR 412/93, attualmente ricade nella destinazione d'uso E.7 - Edifici adibiti ad attività scolastiche, a tutti i livelli ed assimilabili.

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

L'ipotesi di intervenire sull'edificio 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 collettivo al fine della sensibilizzazione dell'utenza alle tematiche di interesse ambientale ed energetico.

Si ritiene che la corretta gestione e manutenzione del sistema edificio – impianto, comporterebbe il miglioramento delle condizioni di benessere percepite dall'utenza, nonché alla corretta manutenzione dell'edificio, al fine di preservarlo al meglio in quanto bene d'interesse collettivo.

L'edificio ospitante il complesso scolastico oggetto [Figura 2.2 - Vista satellitare dell'edificio \(Fonte:](#)

E63 – Scuola Media “Durazzo”

della DE è costituito complessivamente da cinque piani fuori terra, nei quali si sviluppano le attività didattiche della scuola media.

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.

(Google Earth)

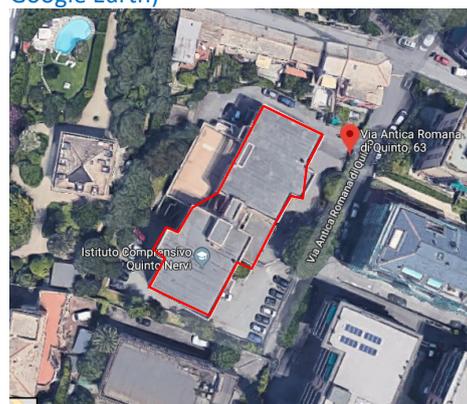


Tabella 2.1 - Suddivisione in piani dell’edificio

PIANO	UTILIZZO	U.M.	SUPERFICIE LORDA COMPLESSIVA ⁽²⁾	SUPERFICIE UTILE RISCALDATA ⁽³⁾	SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA ⁽³⁾
Interrato	Palestra	[m ²]	193,25	166,53	
	Spogliatoi+magazzini	[m ²]	302,82	229,23	
Terreno	Uffici/Varie	[m ²]	216,17	176,40	
	Atrio	[m ²]	193,44	190,04	
	Wc	[m ²]	41,83	30,51	
	Aule	[m ²]	199,36	172,23	
	Scala dx	[m ²]	22,30	16,05	
	Scala sx	[m ²]	23,34	16,65	
Primo	Aule dx	[m ²]	200,66	171,84	
	Aule sx	[m ²]	206,30	175,27	
	Atrio	[m ²]	165,05	161,16	
	WC sx	[m ²]	31,92	22,75	
	Wc dx	[m ²]	30,36	22,05	
Secondo	Aule dx	[m ²]	200,66	175,24	
	Aule sx	[m ²]	206,30	176,11	
	Atrio	[m ²]	165,05	161,52	
	WC sx	[m ²]	31,92	22,96	
	Wc dx	[m ²]	30,36	22,17	
Terzo	Aule sx	[m ²]	219,53	186,09	
	Atrio	[m ²]	68,96	67,56	
	WC sx	[m ²]	31,91	22,79	
NON RISC	Locali Tecnici	[m ²]	78,06		
TOTALE		[m ²]	2.859,49	2.385,15	

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

Quartiere della circoscrizione Levante e deve il nome alla collocazione sulla Via Aurelia antica di epoca romana (Quintus Milius – quinto miglio dalla città di Genova). E’ stato un comune sino al 1926 quando fu annesso alla Grande Genova in cui l’economia agricola del borgo conobbe la spinta dello

sviluppo “industriale”. Il tessuto urbano è di rilevante importanza perché mantiene in alcuni tratti elementi di identità locali originarie prima dell’espansione del dopoguerra.

Figura 2.3 - Particolare estratto dalla carta dei vincoli



La verifica è stata effettuata sul portale della Regione Liguria dedicato agli edifici vincolati (www.liguriavincoli.it). Sullo stabile insiste un vincolo di bellezza d’insieme (numero 070119, 070137) ma nessun vincolo architettonico.

Nell’analisi delle EEM si è quindi resa necessaria l’identificazione delle possibili interferenze con i vincoli presenti.

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

MISURA DI EFFICIENZA ENERGETICA	VINCOLO INTERESSATO	VALUTAZIONE INTERFERENZA ⁽⁴⁾	MISURA DI TUTELA DA ADOTTARE
EEM 1: Coibentazione copertura calpestabile con polistirene XPS ad alta densità e getto di completamento sp=16cm+4cm	nn		nn
EEM 2: Sostituzione Infissi con altri aventi U=1,66W/m2k	nn		nn
EEM 3: Termoregolazione	nn		nn
EEM 4: Efficientamento sistema di illuminazione con lampade LED	nn		nn
EEM 5: Efficientamento sistema di generazione	nn		nn
EEM 6: Installazione impianto fotovoltaico	nn		nn

Nota (4): Legenda livelli di interferenza:

	Non perseguibile
	Perseguibile tramite adozione misure di tutela indicate
	Interferenza nulla

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

2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO

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

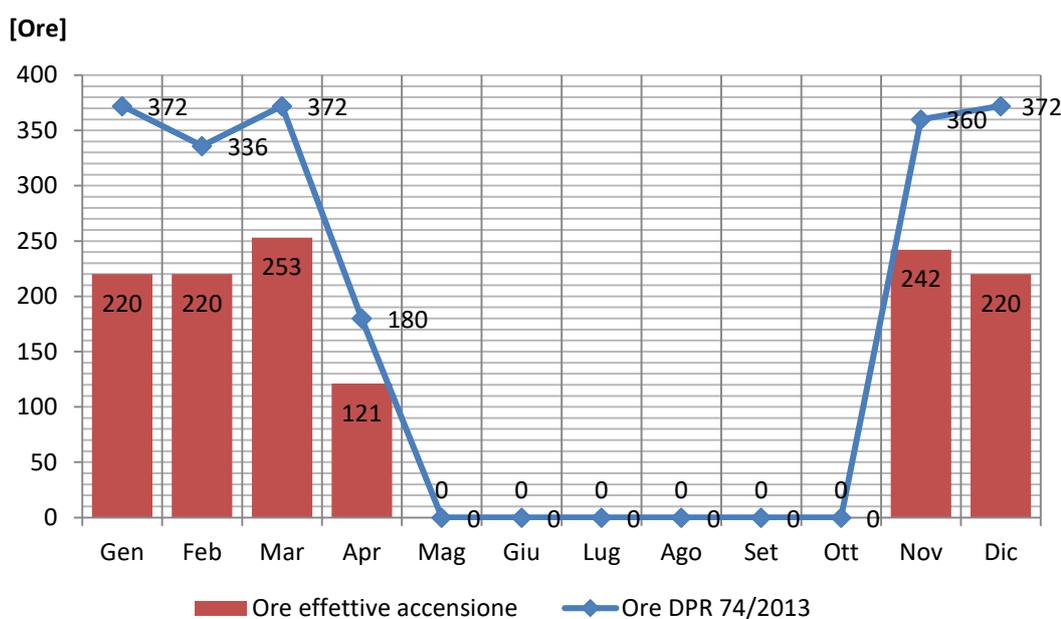
Gli orari di effettivo utilizzo dell’edificio sono stati ottenuti tramite colloquio col personale amministrativo e dirigente scolastica, mentre i periodi di attivazione e spegnimento degli impianti sono stati forniti dagli uffici preposti del Comune di Genova.

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

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

PERIODO	GIORNI SETTIMENALI	ORARIO FUNZIONAMENTO EDIFICIO	ORARIO FUNZIONAMENTO IMPIANTO
Dal 1 Novembre al 15 Aprile	Dal lunedì al venerdì	7.30-18.30	7.30 – 18.30
Dal 16 Aprile al 30 Ottobre	Dal lunedì al venerdì	7.30-18.30	[-]

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



Dall’analisi effettuata è emerso che gli orari di funzionamento degli impianti non sono strettamente correlati agli orari di espletamento delle lezioni, ma dipendono anche dalla presenza di personale all’interno della struttura. Si rileva infatti che il periodo di accensione/spegnimento dell’impianto termico coincide con l’ingresso del personale all’interno della struttura.

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.



E63 – Scuola Media “Durazzo”

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

3 DATI CLIMATICI

3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO

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

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

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

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

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

Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 988 GG calcolati su 116 giorni effettivi di utilizzo dell'impianto di riscaldamento.

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

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

Tabella 3.2 – Profili mensili dei GG_{rif}

Mese	GIORNI MENSILI	TEMPERATURA ESTERNA UNI 10349:2016 [°C]	GIORNI RISCALDAMENTO [g/m]	GG	GIORNI DI UTILIZZO [g/m]	GIORNI RISCALDAMENTO EFFETTIVI [g/m]	GG _{rif}	PROFILO DI INCIDENZA
Gennaio	31	10,4	31	298	20	20	192	19%
Febbraio	28	10,5	28	266	20	20	190	19%
Marzo	31	11,1	31	276	23	23	205	21%
Aprile	30	15,3	15	71	11	11	54	6%
Maggio	31	18,7	-	-	22	-	-	-
Giugno	30	22,4	-	-	21	-	-	-
Luglio	31	24,6	-	-	21	-	-	-
Agosto	31	23,6	-	-	-	-	-	-
Settembre	30	22,2	-	-	22	-	-	-
Ottobre	31	18,2	-	-	21	-	-	-
Novembre	30	13,3	30	201	22	22	147	15%
Dicembre	31	10,0	31	310	20	20	200	20%
TOTALE	365	16,7	166	1421	223	116	988	100%

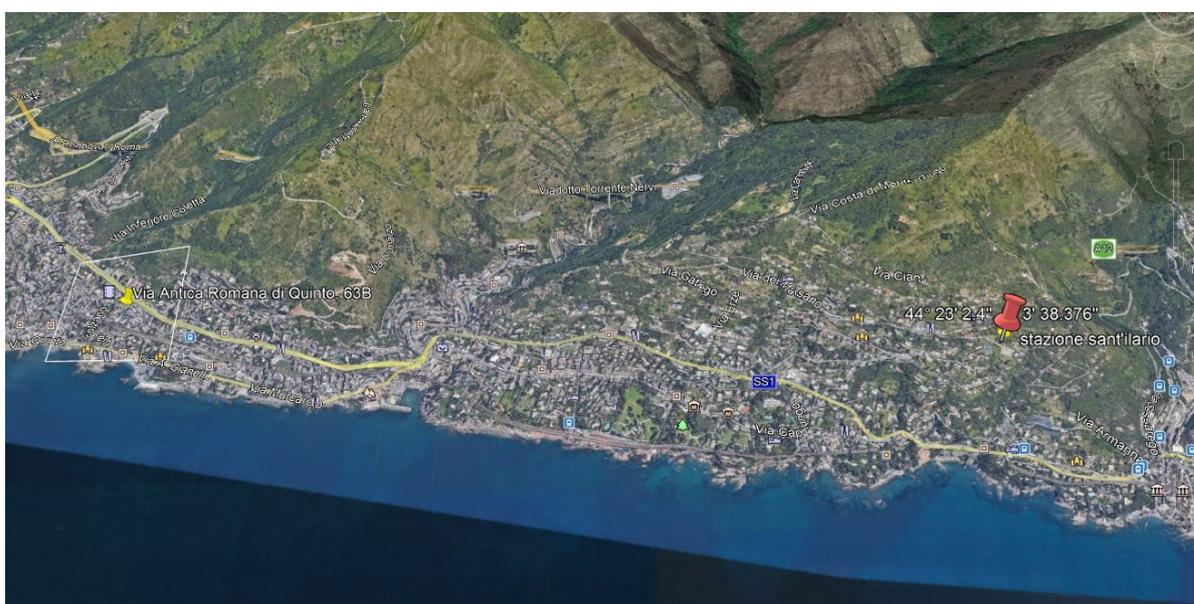
3.2 DATI CLIMATICI REALI

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

I dati climatici utilizzati sono stati rilevati dalla centralina meteo climatica installata presso Genova Sant'Ilario (44° 23' N 9° 3' E Altitudine 174 m).

Si è deciso di utilizzare come riferimento tale centraline in quanto è ubicata in una zona limitrofa all'edificio oggetto della DE.

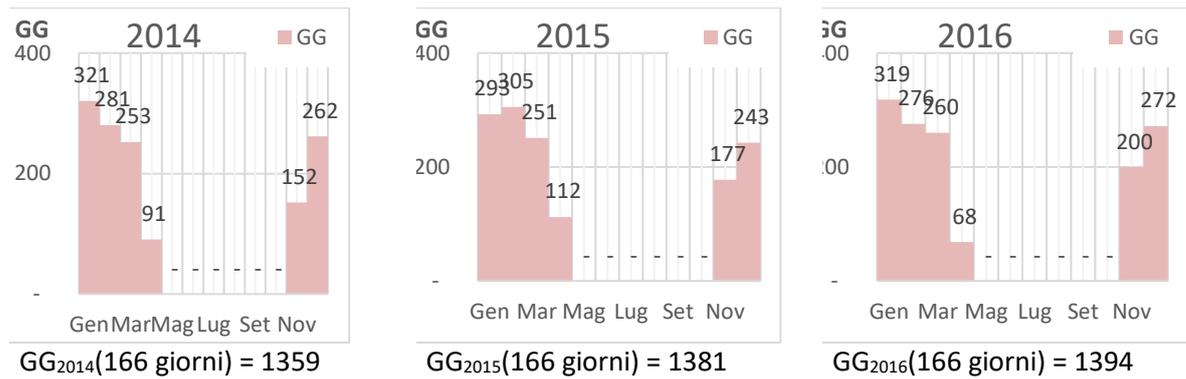
Figura 3.1 – Posizionamento della centralina meteo climatica rispetto all'edificio oggetto di DE



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

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

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

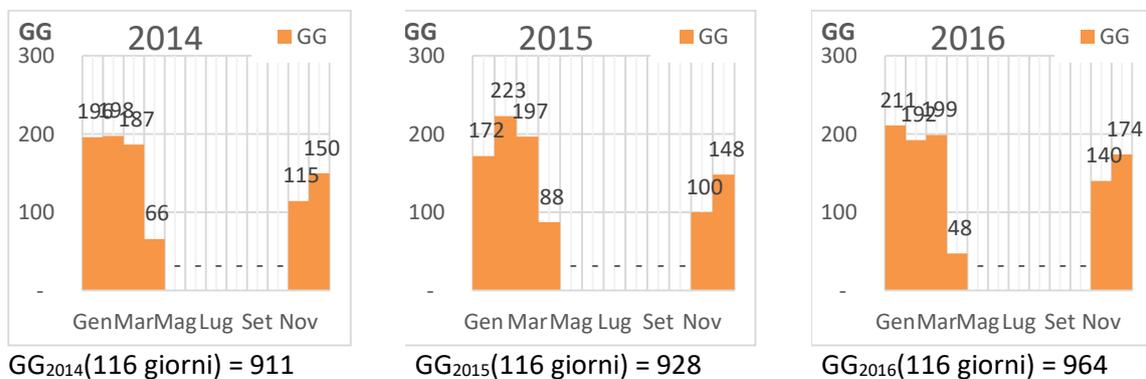


Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG reali sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 911, 928 e 964 GG calcolati su 116 giorni effettivi di utilizzo dell'impianto di riscaldamento, riferiti rispettivamente agli anni 2014, 2015 e 2016.

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

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

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



4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI

4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO

4.1.1 Involucro opaco

È stato ipotizzato un involucro edilizio opaco che costituisce l'edificio come composto da stratigrafie caratterizzate dalla presenza di uno strato murario esterno in cls ed uno interno in laterizio (sp=38-44cm). I solai dell'edificio sono in latero-cemento sia nei piani inferiori, sia in copertura ove l'orizzontamento è protetto all'estradosso da una guaina impermeabilizzante. Il solaio su terrazzo, sempre in latero-cemento è finito superficialmente con una pavimentazione in piastrelle. La copertura della palestra di pertinenza della scuola ha uno strato di coibentazione all'intradosso in pannelli in lana di legno. L'edificio presenta numerose irregolarità sia nello sviluppo in pianta, sia in altezza con solai aggettanti ed avancorpi che rendono complessa la forma del volume riscaldato.

Figura 4.1 - Particolare della muratura-tipo presente



Figura 4.2 - Particolare della copertura piana



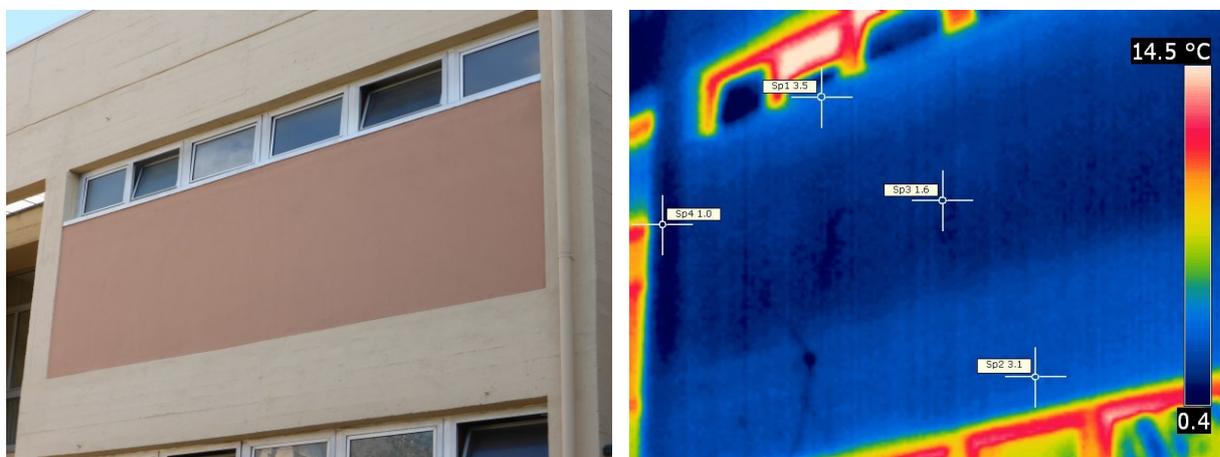
Ai fini di un'identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell'involucro opaco si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione delle seguenti indagini diagnostiche:

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

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- Non sembrano evidenti discrepanze tecnologiche d’involucro in quanto la temperatura superficiale risulta essere abbastanza costante. Non sembrano evidenti elementi distributivi o di emissione dell’impianto di riscaldamento.
- Le anomalie termiche riscontrate sono principalmente dovute ai ponti termici.

Figura 4.3 – Rilievo termografico della parete tipo



I dettagli delle indagini diagnostiche effettuate sono riportate all’Allegato C – Report di indagine termografica ed all’Allegato D – Report relativi ad altre prove diagnostiche strumentali. Dalle analisi effettuate sono stati identificati i valori di trasmittanza dei componenti dell’involucro opaco riportati nella Tabella 4.1.

Tabella 4.1 – Trasmittanze termiche dei componenti dell’involucro opaco

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	SPESSORE	ISOLAMENTO	TRASMITTANZA TERMICA	STATO DI CONSERVAZIONE
		[cm]		[W/mqK]	
Parete verticale	M1	38	Assente	0,667	Buono
Parete verticale	M2	44	Assente	0,989	Buono
Parete verticale	M3	38	Assente	0,667	Buono
Parete verticale	M4	38	Assente	0,667	Buono
Parete verticale	M5	38	Assente	0,667	Buono
Parete verticale	M6	70	Assente	0,858	Buono
Parete verticale	M8	41	Assente	2,183	Buono
Parete verticale	M9	38	Assente	0,629	Buono
Pavimento	P1	44	Assente	0,127	Buono
Pavimento	P2	31	Assente	1,009	Buono
Pavimento	P3	31	Assente	1,162	Buono
Pavimento	P4	44	Assente	0,213	Buono
Copertura	S1	41	Assente	0,905	Buono
Copertura	S2	41	Assente	0,915	Buono
Copertura	S3	45	Presente	0,502	Scarso

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

4.1.2 Involucro trasparente

L’involucro trasparente che costituisce l’edificio è composto da serramenti con telaio in alluminio e vetri singoli in quasi tutto il fabbricato.

Lo stato di conservazione degli stessi è scarso, pertanto si generano rilevanti infiltrazioni d’aria all’interno degli ambienti, causando elevati dispersioni termiche e creando un notevole disagio per gli utenti presenti all’interno dell’edificio. I serramenti sono principalmente di tipologia “a nastro” situati a varie altezze e vantano superfici disperdenti molto estese. Si riscontra la presenza, in corrispondenza di alcuni “tagli” dell’edificio ed in prossimità dei corpi scala, di vetrate tipo U-glass (come in numerosi altri edifici scolastici della medesima epoca costruttiva).

Figura 4.4 - Particolare dei serramenti-tipo presenti.



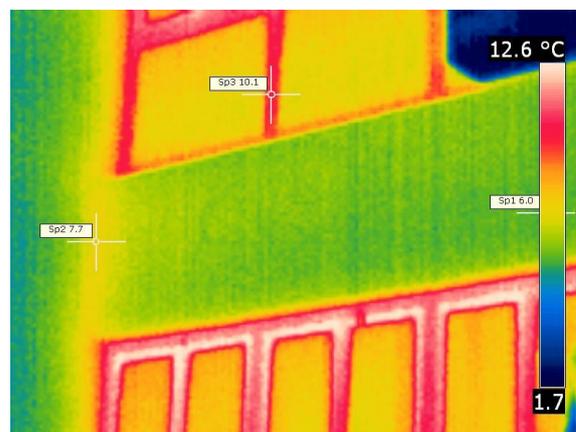
Ai fini di un’identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell’involucro trasparente si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione delle seguenti indagini diagnostiche:

- Rilievo termografico eseguito secondo le modalità indicate per l’involucro opaco.

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- La dispersione dei serramenti è molto evidente (la temperatura media dei telai si assesta sui 10 °C).
- Nelle termografie effettuate su tali componenti presentano le più alte temperature superficiali.

Figura 4.5 – Rilievo termografico dei serramenti tipo



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

Tabella 4.2 – Trasmittanze termiche dei componenti dell’involucro trasparente

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	DIMENSIONI [LXH] [cm]	TIPO TELAIO	TIPO VETRO	TRASMITTANZA TERMICA [W/mqK]	STATO DI CONSERVAZIONE
Serramento verticale	W1	380x260	Alluminio	Vetro singolo	6,204	Scarso
Serramento verticale	W2	520x196	Alluminio	Vetro singolo	5,963	Scarso
Serramento verticale	W3	531x257	Alluminio	Vetro singolo	6,046	Scarso
Serramento verticale	W4	209x236	Alluminio	Vetro singolo	5,921	Scarso

E63 – Scuola Media “Durazzo”

Serramento verticale	W5	243x64	Alluminio	Vetro singolo	6,232	Scarso
Serramento verticale	W6	81x68	Alluminio	Vetro singolo	6,248	Scarso
Serramento verticale	W7	323x243	Alluminio	Vetro singolo	3,319	Scarso
Serramento verticale	W8	193x229	Alluminio	Vetro singolo	6,187	Scarso
Serramento verticale	W9	127x229	Alluminio	Vetro singolo	6,217	Scarso
Serramento verticale	W10	720x71	Alluminio	Vetro singolo	6,361	Scarso
Serramento verticale	W11	720x113	Alluminio	Vetro singolo	6,135	Scarso
Serramento verticale	W12	73x70	Alluminio	Vetro singolo	3,294	Scarso
Serramento verticale	W13	600x113	Alluminio	Vetro singolo	6,130	Scarso
Serramento verticale	W14	600x71	Alluminio	Vetro singolo	6,400	Scarso
Serramento verticale	W15	336x113	Alluminio	Vetro singolo	6,186	Scarso
Serramento verticale	W16	336x71	Alluminio	Vetro singolo	6,387	Scarso
Serramento verticale	W17	161x188	Alluminio	Vetro singolo	5,886	Scarso
Serramento verticale	W18	127x190	Alluminio	Vetro singolo	5,898	Scarso
Serramento verticale	W19	127x245	Alluminio	Vetro singolo	5,880	Scarso
Serramento verticale	W20	370x35	Alluminio	Vetro singolo	6,230	Scarso
Serramento verticale	W21	233x35	Alluminio	Vetro singolo	6,317	Scarso
Serramento verticale	W22	173x35	Alluminio	Vetro singolo	6,301	Scarso
Serramento verticale	W23	80x70	Alluminio	Vetro singolo	3,297	Buono
Serramento verticale	W24	563x247	Alluminio	Vetro singolo	3,352	Buono
Serramento verticale	W25	690x118	Alluminio	Vetro singolo	6,074	Scarso
Serramento verticale	W26	690x72	Alluminio	Vetro singolo	6,350	Scarso
Serramento verticale	W27	103X255	Alluminio	u-glass	4,000	Scarso
Serramento verticale	W28	99X312	Alluminio	u-glass	4,000	Scarso
Serramento verticale	W29	197X234	Alluminio	Vetro singolo	6,208	Scarso
Serramento verticale	W30	96X229	Alluminio	Vetro singolo	6,207	Scarso
Serramento verticale	W31	102X62	Alluminio	Vetro doppio	3,279	Scarso
Serramento verticale	W32	110X62	Alluminio	Vetro singolo	6,218	Scarso
Serramento verticale	W33	182X62	Alluminio	Vetro singolo	6,329	Scarso
Serramento verticale	W34	308X165	Alluminio	Vetro singolo	6,500	Scarso
Serramento verticale	W35	324X304	Alluminio	Vetro singolo	6,125	Scarso
Serramento verticale	W36	120X65	Alluminio	Vetro singolo	6,264	Scarso
Serramento verticale	W37	125X244	Alluminio	Vetro singolo	6,215	Scarso
Serramento verticale	W38	117X314	Alluminio	u-glass	4,000	Scarso
Serramento verticale	W39	114X310	Alluminio	u-glass	4,000	Scarso
Serramento verticale	W40	100X315	Alluminio	u-glass	4,000	Scarso
Serramento verticale	W81	110x60	Alluminio	Vetro singolo	6,249	Scarso
Serramento verticale	W82	124x227	Alluminio	Vetro singolo	6,187	Scarso
Serramento verticale	W83	545x138	Alluminio	Vetro singolo	6,301	Scarso
Serramento verticale	W320	182X62	Alluminio	Vetro doppio	3,023	Buono

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

4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/CLIMATIZZAZIONE INVERNALE

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

4.2.1 Sottosistema di emissione

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

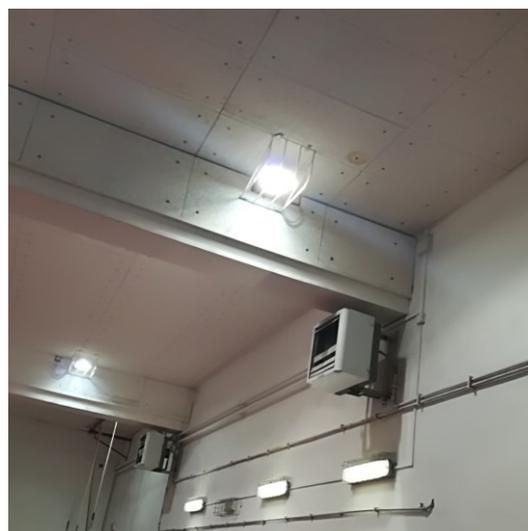
- Radiatori su parete esterna non isolata;
- Aerotermi ad acqua;

Si rileva che al momento del sopralluogo tutti i terminali di emissioni risultavano funzionanti. Inoltre, i radiatori risultano sprovvisti di valvole termostatiche.

Figura 4.6 - Particolare dei radiatori installati sulle pareti esterne degli ambienti



Figura 4.7 - Particolare degli aerotermi installati in palestra



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

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

ZONA TERMICA	TIPOLOGIA DI TERMINALE	RENDIMENTO
Scuola media "Durazzo"	Radiatori a parete	92%
Scuola media "Durazzo"	Aerotermi	94%

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

Tabella 4.4 - Riepilogo caratteristiche dei terminali di emissione installati

PIANO	TIPO DI INSTALLAZIONE	NUMERO	POTENZA TERMICA UNITARIA	POTENZA TERMICA COMPLESSIVA
			[kW]	[kW]
Interrato	Radiatori installati a parete	11	1.17	12.89
Interrato	Aerotermi installati a soffitto	2	7.3	14.6
Terra	Radiatori installati a parete	29	1.46	42.36
Primo	Radiatori installati a parete	31	1.6	49.64
Secondo	Radiatori installati a parete	30	1.62	48.77
Terzo	Radiatori installati a parete	16	1.77	28.35
TOTALE		119	2.43	196.6

Nota (5): La potenza termica di ciascun terminale è stata ottenuta secondo le disposizioni della norma EN 442-2, considerando un deltaT pari a 50 °C.

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

4.2.2 Sottosistema di regolazione

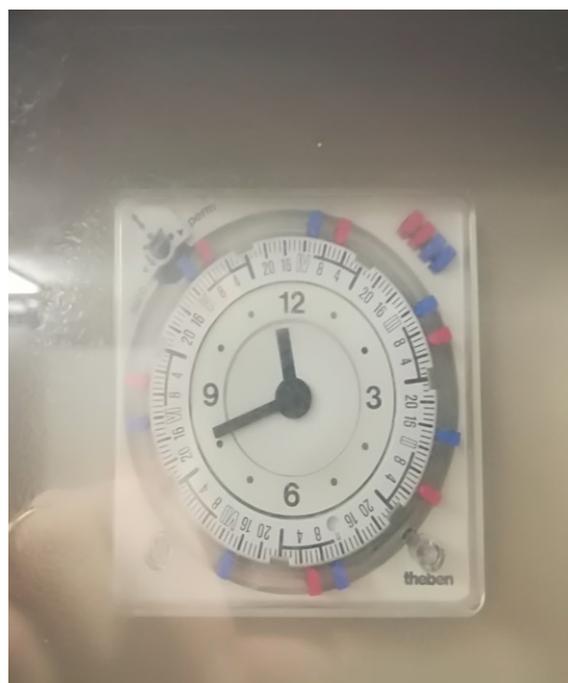
La regolazione del funzionamento dell'impianto termico avviene attraverso l'impostazione degli orari di funzionamento e della curva climatica. La temperatura massima di mandata del sottosistema di generazione è fissata a 70°C.

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

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



Figura 4.9 – Orologio generale a servizio dell'impianto termico



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

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

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

ZONA TERMICA	TIPO DI REGOLAZIONE	RENDIMENTO
Scuola media "Durazzo"	Climatica	96%

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

4.2.3 Sottosistema di distribuzione

Il sottosistema di distribuzione è costituito dai seguenti elementi:

- 1) Circuito primario di collegamento tra il sistema di generazione ed i due collettori caldo e freddo (fluido termovettore acqua);
- 2) Circuito secondario di mandata ai radiatori (fluido termovettore acqua);
- 3) Circuito secondario di mandata agli aerotermi (fluido termovettore acqua);
- 4) Pompa di circolazione gemellare (funzionamento alternato) asservita al circuito secondario dei radiatori;
- 5) Pompa di circolazione gemellare (funzionamento alternato) asservita al circuito secondario degli aerotermi;

Circuito primario:

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

Tabella 4.6 – Temperature di mandata e ritorno del circuito primario

CIRCUITO			TEMPERATURA RILEVATA ⁽⁶⁾	TEMPERATURA CALCOLO ⁽⁵⁾
			°C	°C
Scuola media "Durazzo"	Mandata	Caldo	55	61
	Ritorno	Caldo	45	50

Nota (6): Valori utilizzati nel modello di calcolo

Nota (7): Valori rilevati il giorno 28/11/2017 alle ore 12.00 con una temperatura esterna di circa 12°C

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

Circuito secondario: è presente una pompa gemellare per ciascuna mandata per i due circuiti secondari così denominati:

- Circuito radiatori;
- Circuito aerotermi;

Si precisa che il circuito asservito ai radiatori è costituito da un unico collettore da cui si diramano tre circuiti di mandata ai terminali di emissione. Il circuito radiatori presenta un unico circolatore gemellare a monte del collettore, mentre i tre circuiti che su di esso convergono presentano sono valvole manuali di apertura/chiusura.

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

Tabella 4.7 - Riepilogo caratteristiche pompe circuito secondario

NOME		SERVIZIO	PORTATA ⁽⁸⁾ m ³ /h	PREVALENZA ⁽⁸⁾ kPa	POTENZA ASSORBITA ⁽⁸⁾ kW
Scuola media "Durazzo"	Grundfos UPSD 80-120F	mandata acqua calda radiatori (gemellare)	70	111	1.5
Scuola media "Durazzo"	Grundfos UPSD 40-60	mandata acqua calda aerotermi (gemellare)	65	55	0.345

Nota (8): Valori ricavati da dati di targa

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

Tabella 4.8 – Temperature di mandata e ritorno del circuito secondario

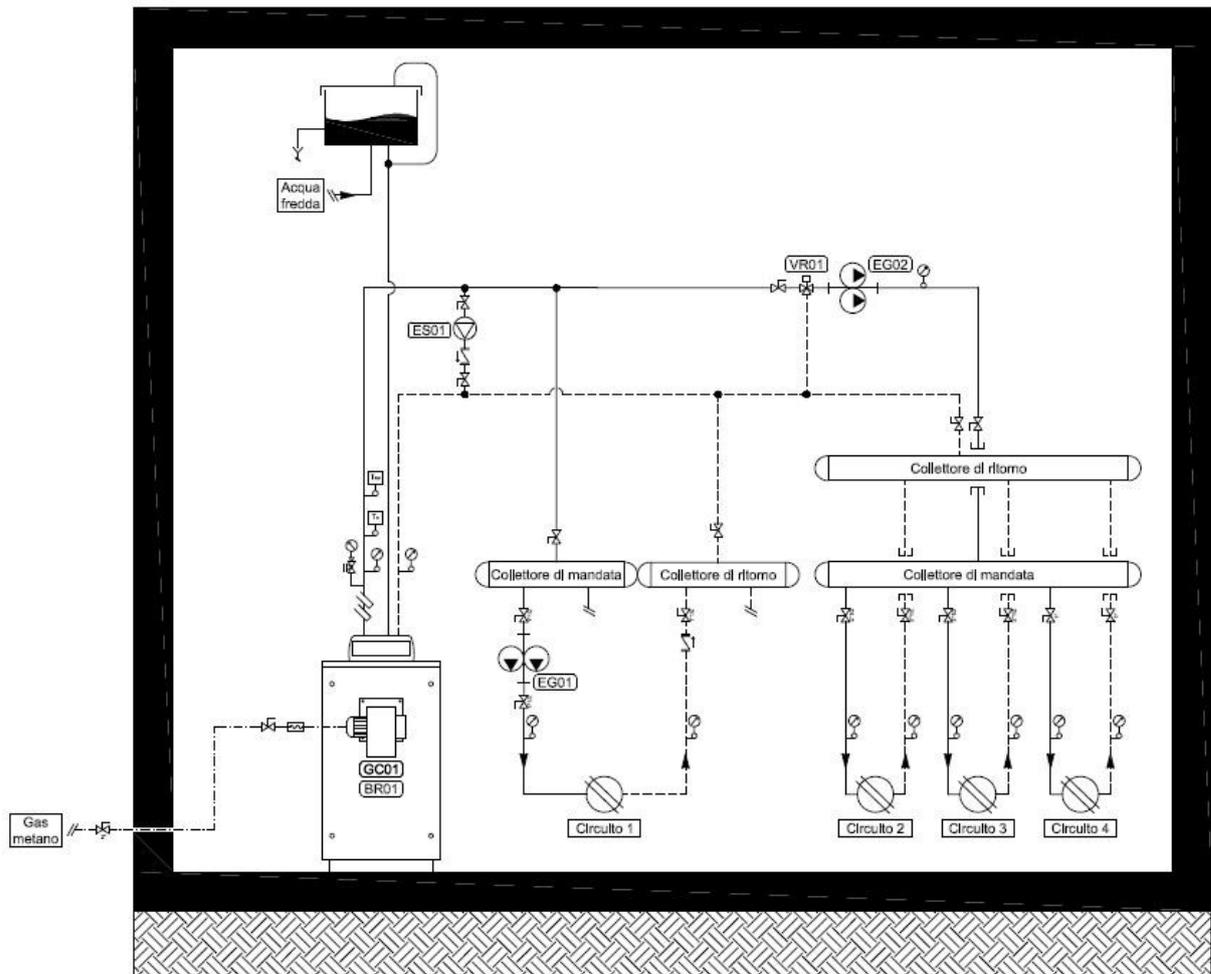
CIRCUITO			TEMPERATURA RILEVATA ⁽⁹⁾ °C	TEMPERATURA CALCOLO ⁽¹⁰⁾ °C
Radiatori	Mandata	Caldo	50	50
	Ritorno	Caldo	40	40
Aerotermi	Mandata	Caldo	55	60
	Ritorno	Caldo	40	55

Nota (9): Valori rilevati il giorno 28/11/2017 alle ore 11.00, in orario di utilizzo della scuola, con una temperatura esterna di circa 10°C

Nota (10): Valori utilizzati nel modello di calcolo

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

Figura 4.10 - Particolare dello schema di impianto [(Fonte: Tavola 041-S01-001-CENTRALE TERMICA.dwg)]



Il rendimento complessivo del sottosistema di distribuzione pari al 93,4% è stato calcolato tramite la norma UNI TS 11300-2.

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

4.2.4 Sottosistema di generazione

Il sottosistema di generazione è costituito da una centrale termica dotata di un'unica caldaia di tipo tradizionale, alimentata a metano, di produzione Unical modello P300 con bruciatore bistadio Baltur TBG 35P.

Figura 4.11 - Particolare della caldaia Unical P300

Figura 4.12 - Particolare del bruciatore Baltur TBG 35P



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

Tabella 4.9 - Riepilogo caratteristiche sistema di generazione

Servizio	MARCA	MODELLO	ANNO DI COSTRUZIONE	POTENZA AL FOCOLARE ⁽¹¹⁾	POTENZA TERMICA UTILE ⁽¹¹⁾	RENDIMENTO ⁽¹³⁾	POTENZA ASSORBITA COMPLESSIVA ⁽¹²⁾	
				[kW]	[kW]		[kW]	
Gen 1	Riscaldamento	Unical	P300	1998	329	300	94.3	0.4

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

Nota (12): Valori ricavati da schede tecniche

Nota (13): il valore riportato nella prova fumi dell'impianto risulta superiore a quello calcolato attraverso il modello energetico dell'edificio. Tale scostamento tra i valori di rendimento è dovuto alle differenti condizioni ambientali in cui è stata effettuata la prova fumi rispetto a quelle di calcolo del modello

Il rendimento complessivo del sottosistema di generazione, in regime di riscaldamento è stato calcolato nella DE tramite UNI TS 11300-2 ed è pari al 89%.

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

4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA

La produzione di acqua calda sanitaria avviene attraverso impianti autonomi. Essa infatti è eseguita tramite 7 bollitori elettrici ad accumulo installati all'interno dei servizi igienici con una potenza complessiva di 8.7 kW.

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



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

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

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

Nota (15) Valori di rendimento dei sottosistemi dell'impianto di produzione di ACS calcolati secondo UNI TS 11300-2

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

4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE

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

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

Tabella 4.11 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche

LOCALE TERMICO	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA NOMINALE	POTENZA COMPLESSIVA	ORE ANNUE DI UTILIZZO
----------------	-------------	--------	------------------	---------------------	-----------------------

			[W]	[W]	[ore]
Locale 34	PC	3	400	200	4944
Locale 34	Stampante	1	430	60	4944
Locale 38	Stampante	1	430	60	4944
Locale 38	PC	1	400	200	4944
Locale 38	Stampante	1	430	60	4944
Locale 49	Stampante	1	430	60	4944
Locale 51	PC	1	400	200	4944
Locale 63	Stampante	2	430	60	4944
Locale 59	PC	4	400	200	4944
Locale 68-69-83-98-95-94	LIM	6	150	900	4944
Locale 79	LIM	1	150	150	1236
Locale 79	Stampante	1	240	240	412
Locale 79	PC	14	400	200	4944
Locale ascensore	Ascensore	1	6.96	6.96	[-]

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

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

4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE

L'impianto di illuminazione è costituito da lampade di diverse tipologie, ovvero neon ed incandescenza in funzione della tipologia di utilizzo dei locali.

Le principali tipologie di corpi illuminanti sono di seguito elencati:

- Lampade a neon installate a soffitto nelle zone di circolazione interna, aule e servizi igienici;
- Lampade a incandescenza installate nella palestra;

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



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

Tabella 4.12 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

LOCALE TERMICO	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA UNITARIA	POTENZA COMPLESSIVA
			[W]	[W]
PALESTRA PI	Neon	6	18	108
PALESTRA PI	Incand	10	200	2000
SPOGL+MAG PI	Neon	54,5	36	1962

UFFICI/BIBL/VARIE PT	Neon	20	36	720
ATRIO PT	Neon	34,5	36	1242
WC PT	Neon	27	18	486
AULE PT	Neon	22	36	792
SCALA DX	Neon	6	36	216
SCALA SX	Neon	7	36	252
AULE P1 dx	Neon	18	36	648
AULE P1 sx	Neon	21	36	756
ATRIO p1	Neon	15,5	36	558
BAGNI SX p1	Neon	12	36	432
BAGNI DX p1	Neon	20	18	360
AULE P2 DX	Neon	18	36	648
AULE P2 SX	Neon	19	36	684
atrio p2	Neon	16	36	576
BAGNI SX p2	Neon	32	18	576
BAGNI DX p2	Neon	20	18	360
AULE SX p3	Neon	20,5	36	738
ATRIO p3	Neon	5	36	180
BAGNI SX p3	Neon	24	18	432

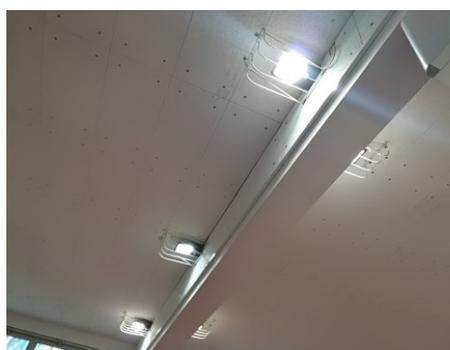
L'elenco completo dei corpi illuminanti rilevati in sede di sopralluogo e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 10 dell' Allegato J – Schede di audit.

Durante la fase di sopralluogo si è provveduto a rilevare anche lo stato di conservazione dei corpi illuminanti, che si presentano in buone condizioni. Si è inoltre verificata la presenza di luci di emergenza nei diversi locali della struttura.

Figura 4.15 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nelle aule



Figura 4.16 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nella palestra



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;
- Gasolio;
- Energia elettrica.

5.1.1 Energia termica

Il vettore termico utilizzato per la climatizzazione invernale della struttura e la produzione di ACS è il Gas Metano. Per il solo anno 2014 si è impiegato il Gasolio.

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

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

- Centrale termica per il riscaldamento degli ambienti della Zona;

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

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

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

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

PDR	Utilizzo	2014 [mc]	2015 [mc]	2016 [mc]	2014 [kWh]	2015 [kWh]	2016 [kWh]
03270050348807	Riscaldamento		10.693	13.360	129.249	100.726	125.851

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

I consumi ricostruiti nelle modalità indicate dalla stazione appaltante sono riportati nella **Errore. L'autoriferimento non è valido per un segnalibro.**

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

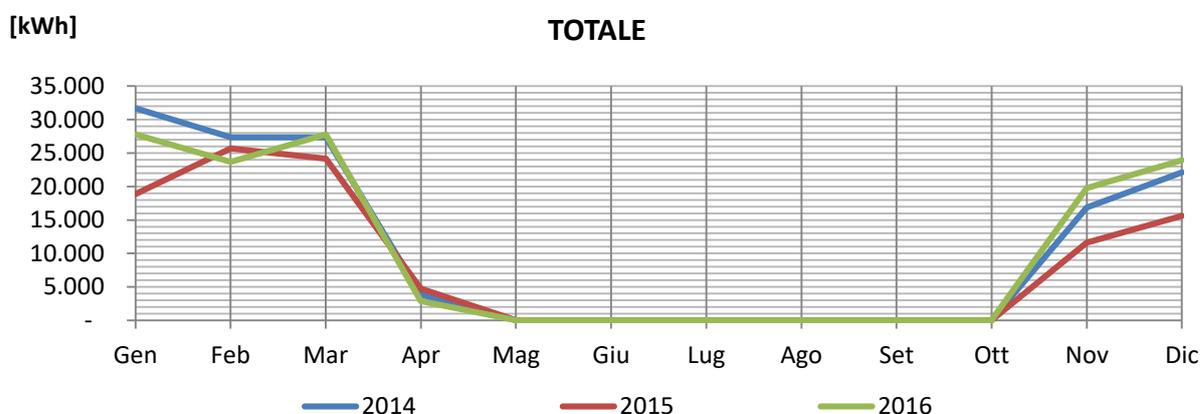
PDR: 03270050348807	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Mese di riferimento	[mc]	[mc]	[mc]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	-	2.002	2.950	31.707	18.863	27.790
Febbraio	-	2.729	2.514	27.369	25.704	23.683
Marzo	-	2.565	2.948	27.365	24.163	27.768
Aprile	-	505	308	3.857	4.756	2.901
Maggio	-	-	-	-	-	-
Giugno	-	-	-	-	-	-
Luglio	-	-	-	-	-	-
Agosto	-	-	-	-	-	-
Settembre	-	-	-	-	-	-
Ottobre	-	-	-	-	-	-
Novembre	-	1.234	2.101	16.854	11.622	19.790
Dicembre	-	1.658	2.539	22.101	15.620	23.920
Totale	-	10.693	13.360	129.255	100.728	125.851

Nota (17) per il PDR: Esclusivamente per l'anno 2014 si riporta in consumo in kWh come somma dei due consumi di metano e gasolio.

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

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

Figura 5.1 – Andamento mensile dei consumi termici fatturati



Confrontando l'andamento ei consumi con i GG_{real} del triennio di riferimento si può notare che si ha un comportamento proporzionale a quella che è la variazione di temperatura rilevata negli anni di

analisi (la struttura del calcolo si basa sulla loro variazione nei mesi della stagione termica). Non risulta essere però molto significativo in termini di reale consumo non essendo disponibili le fatturazioni.

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

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

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

Dove:

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

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

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

Tale consumo è stato valutato esclusivamente ad uso riscaldamento. L’acqua calda sanitaria utilizza un altro vettore energetico.

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

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

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

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

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

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

Tabella 5.4 – Normalizzazione dei consumi annuali di energia termica

ANNO	GG _{REALI} SU 116 GIORNI	GG _{RIF} SU 116 GIORNI	CONSUMO REALE RISC. [Smc]	CONSUMO REALE RISC. [kWh]	α_{rif}	CONSUMO NORMALIZZATO A 989 GG [kWh]	CONSUMO ACS [kWh]	CONSUMO ALTRO [kWh]
2014	911	988		129.268		140.193	-	-
2015	928	988	10.693	100.757	108,6	107.293	-	-
2016	964	988	13.360	125.887	130,6	129.005	-	-
Media	934	988		118.637	127,0	125.454	-	-

Per la presenza combinata di gasolio e metano nel 2014 è stata riportata in tabella la somma in kWh dei due vettori energetici. Come si può notare dai dati riportati il comportamento energetico

dell'edificio, negli anni considerati, è stato caratterizzato da una generica aumento dei consumi. Nel 2014 si è sostituito il vettore energetico convertendo la centrale termica da gasolio e metano. È possibile che questi incrementi possano essere riconducibili ad un utilizzo diverso dei locali congiuntamente a fattori climatici.

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

Tabella 5.5 – Individuazione della Baseline termica

GRANDEZZA	VALORE
	[kWh]
\bar{Q}_{ACS}	-
\bar{Q}_{ALTRO}	-
$\bar{a}_{rif} \times GG_{rif}$	125.454
$Q_{baseline}$	125.454

5.1.2 Energia elettrica

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

- Scuola media “Durazzo”;

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

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

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

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

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

POD	ZONA SERVITA	2014	2015	2016	MEDIA
		[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
IT001E00096598	Scuola media	51.376	61.077	59.988	57.480
TOTALE		51.376	61.077	59.988	57.480

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-E63) e sono emerse le seguenti differenze:

2014 : 51.376 kWh (0%)

2015 : 64.836 kWh (-6%)

2016 : 66.262 kWh (-10%)

Media : 60.825 kWh (-6%)

I consumi rilevati dalla fatturazione sono mediamente più bassi del 6% rispetto quelli rilevati dalla PA. In questi consumi sono stati presi in considerazione i conguagli presenti in fatture successive.

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

Si è pertanto definito un consumo $EE_{baseline}$ pari a 57.480 kWh, quello rilevato dall'Auditor nella fase di analisi della fatturazione.

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

POD: IT001E00096598	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	3.322	605	784	4.711
Febbraio	3.299	549	643	4.491
Marzo	3.438	547	663	4.648
Aprile	2.848	433	604	3.885
Maggio	2.623	553	756	3.932
Giugno	2.029	528	661	3.218
Luglio	1.034	381	600	2.015
Agosto	982	379	676	2.037
Settembre	2.501	522	694	3.717
Ottobre	3.835	970	1.397	6.202
Novembre	3.723	958	1.614	6.295
Dicembre	3.705	981	1.539	6.225
Totale	33.339	7.406	10.631	51.376
POD: IT001E00096598	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	3.811	1.295	1.925	7.031
Febbraio	4.539	1.137	1.496	7.172
Marzo	3.582	962	1.612	6.156
Aprile	1.847	412	599	2.858
Maggio	2.768	669	1.056	4.493
Giugno	2.596	689	1.113	4.398
Luglio	2.340	673	1.073	4.086
Agosto	2.612	830	1.337	4.779
Settembre	2.723	927	1.535	5.185
Ottobre	2.798	909	1.465	5.172
Novembre	2.773	850	1.324	4.947
Dicembre	2.862	780	1.158	4.800
Totale	35.251	10.133	15.693	61.077
POD: IT001E00096598	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	3.624	711	754	5.089
Febbraio	4.509	837	1.005	6.351
Marzo	4.217	804	1.102	6.123
Aprile	3.292	868	1.107	5.267
Maggio	3.657	706	922	5.285
Giugno	2.368	705	865	3.938
Luglio	1.208	516	822	2.546
Agosto	1.218	511	892	2.621
Settembre	2.990	920	919	4.829
Ottobre	3.643	1.073	1.014	5.730

E63 – Scuola Media “Durazzo”

Novembre	4.217	1.072	1.078	6.367
Dicembre	3.397	1.107	1.338	5.842
Totale	38.340	9.830	11.818	59.988

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

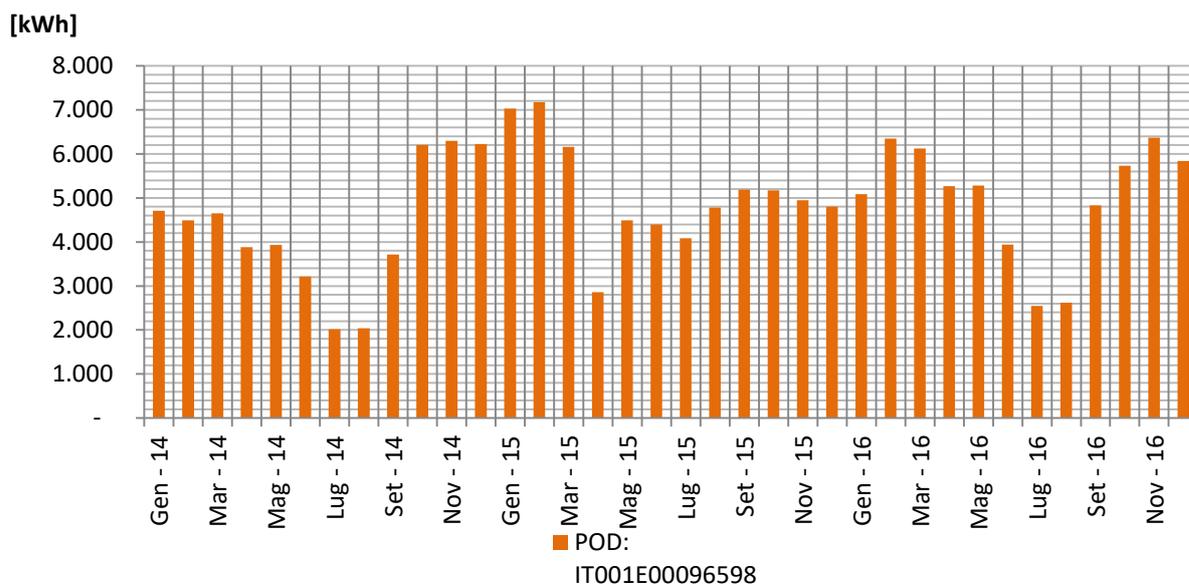
Tali valori sono riportati nella Tabella 5.8.

Tabella 5.8 – Consumi mensili di Baseline

BASELINE	F1	F2	F3	TOTALE
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	3.586	870	1.154	5.610
Febbraio	4.116	841	1.048	6.005
Marzo	3.746	771	1.126	5.642
Aprile	2.662	571	770	4.003
Maggio	3.016	643	911	4.570
Giugno	2.331	641	880	3.851
Luglio	1.527	523	832	2.882
Agosto	1.604	573	968	3.146
Settembre	2.738	790	1.049	4.577
Ottobre	3.425	984	1.292	5.701
Novembre	3.571	960	1.339	5.870
Dicembre	3.321	956	1.345	5.622
Totale	35.643	9.123	12.714	57.480

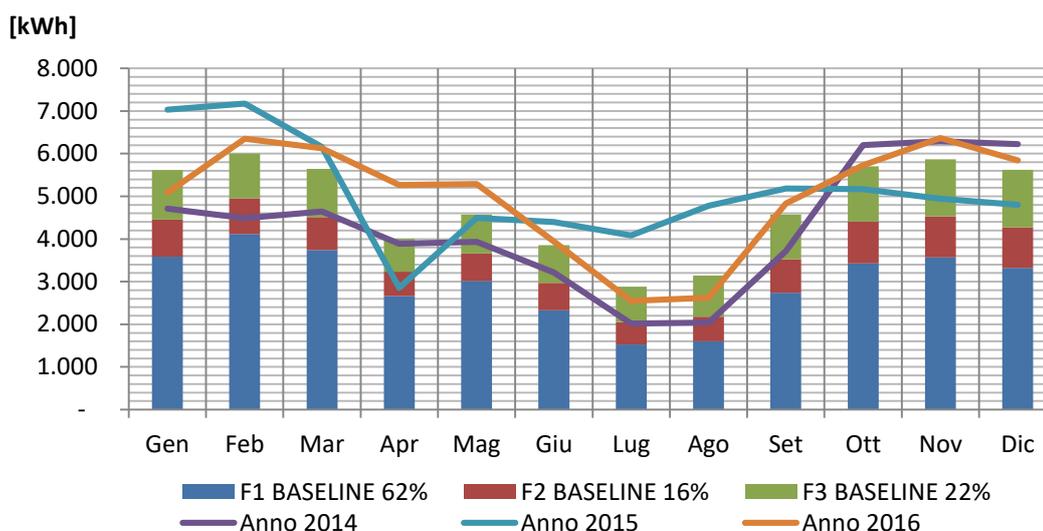
Il profilo così ottenuto è rappresentato nel grafico in Figura 5.2

Figura 5.2 – Profili mensili di Baseline riferimento



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

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



I profili di prelievo mensili nel triennio di riferimento presentano andamenti coerenti di anno in anno. A eccezione l'anno 2015 in cui il consumo è rimasto sostanzialmente costante con gli altri mesi dell'anno. I minimi consumi si hanno nei mesi estivi di luglio ed agosto quando l'attività della scuola è ridotta, anche se è evidente dalla distribuzione delle fasce orarie e dalle linee degli andamenti degli anni di monitoraggio, che l'anno 2015 è stato contraddistinto da un alto consumo estivo rispetto la media. Tale contributo può essere dovuto ad altre attività scolastiche estive, oltre che quelle di segreteria, ed alla presenza di consumi in stand-by delle numerose apparecchiature presenti nella struttura. Infatti le porzioni delle fasce orarie in F1, F2 ed E3 sono tra loro comparabili senza che una domini sulle altre così come accade invece negli altri mesi. In quest'ultimo caso il consumo maggiore si ha nella fascia diurna F1 la quale è sempre la componente prevalente.

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

5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI

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

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

Tabella 5.9 - Fattori di emissione di CO₂.

COMBUSTIBILE	FATTORE DI CONVERSIONE
	tCO ₂ /MWh
Energia elettrica	* 0,467
Gas naturale	* 0,202
GPL	* 0,227

Olio combustibile	* 0,267
Gasolio	* 0,267
Benzina	* 0,249

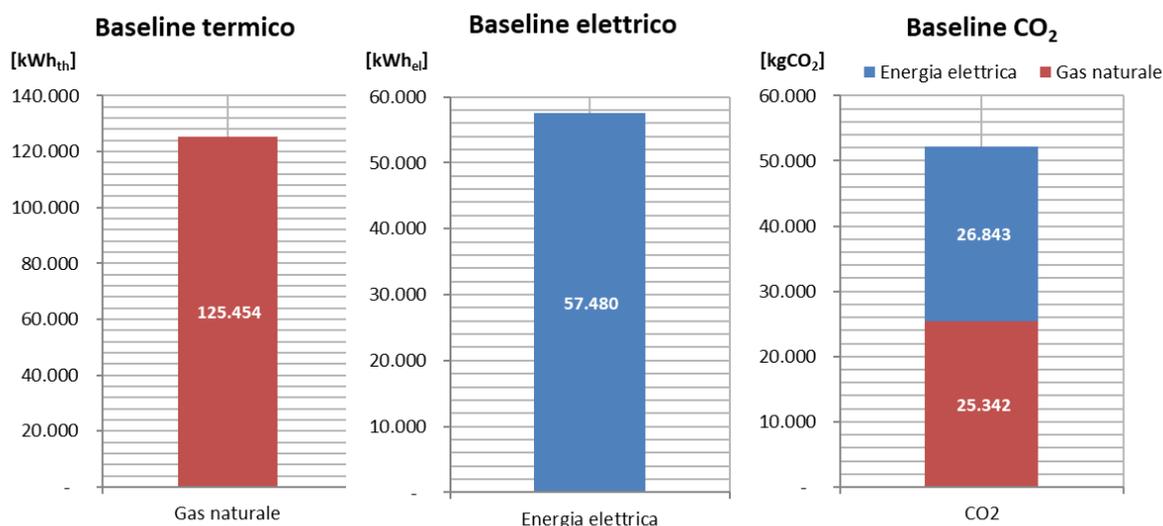
* da “Linee Guida Patto dei Sindaci” per anno 2010

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

Tabella 5.10 – Baseline delle emissioni di CO₂.

COMBUSTIBILE	CONSUMO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE	
	[kWh]	[tCO ₂ /MWh]	[tCO ₂]
Gas naturale	125.454	0,202	25.342
Energia elettrica	57.480	0,467	26.843

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



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

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

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

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

Tabella 5.12 – Fattori di riparametrizzazione

FATTORE 1	PARAMETRO	VALORE	U.M.
	Superficie netta riscaldata	2.385	m ²

FATTORE 1	Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	2.458	m ³
FATTORE 1	Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate)	11.132	m ³

Nella Tabella 5.13 e

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

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

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE [kWh/anno]	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA TOTALE	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA TOTALE [kWh/anno]	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA TOTALE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1 [kWh/m ²]	FATTORE 2 [kWh/m ²]	FATTORE 3 [kWh/m ³]	FATTORE 1 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 2 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 3 [Kg CO ₂ /m ³]
Gas naturale	125.454	1,05	131.727	55,2	53,6	11,8	10,63	10,31	2,28
Energia elettrica	57.480	2,42	139.102	58,3	56,6	12,5	11,25	10,92	2,41
TOTALE			270.829	114	110	24	22	21	5

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

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE [kWh/anno]	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA NON RINN.	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA NON RINN. [kWh/anno]	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1 [kWh/m ²]	FATTORE 2 [kWh/m ²]	FATTORE 3 [kWh/m ³]	FATTORE 1 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 2 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 3 [Kg CO ₂ /m ³]
Gas naturale	125.454	1,05	131.727	55,2	53,6	11,8	10,63	10,31	2,28
Energia elettrica	57.480	1,95	112.087	47,0	45,6	10,1	11,25	10,92	2,41
TOTALE			243.813	102	99	22	22	21	5

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

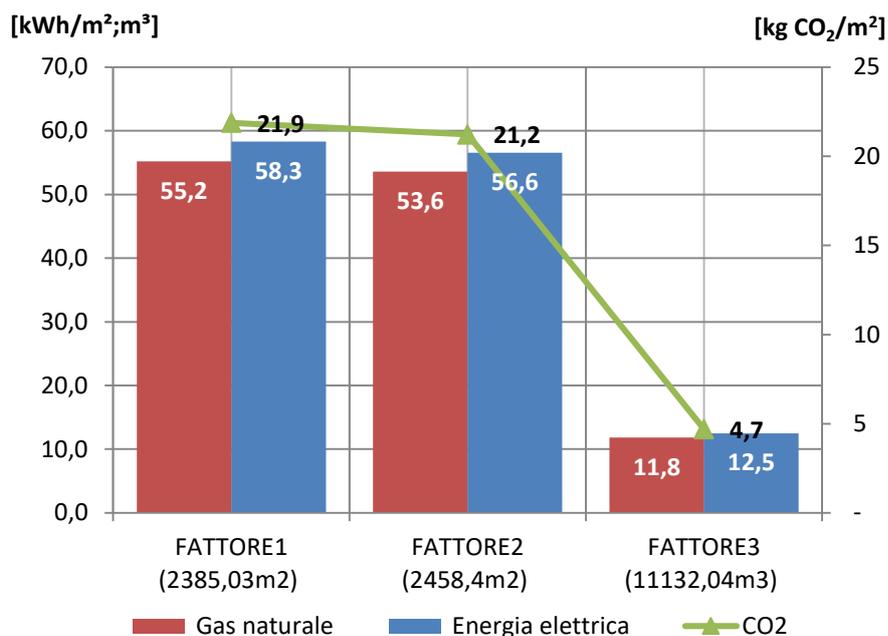
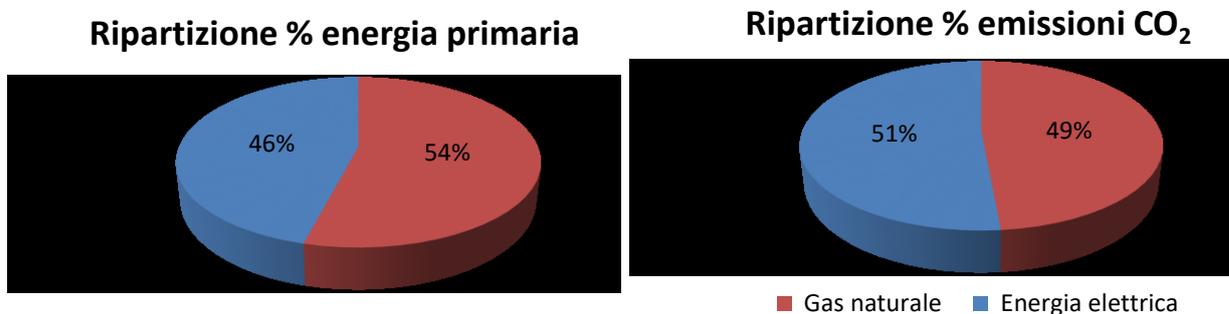


Figura 5.6 – Ripartizione % dei consumi specifici di energia primaria e delle relative emissioni di CO₂



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

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

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

La formula definita è sotto riportata:

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

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

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

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

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

Tabella 5.15 – Indicatori di performance energetici

COMBUSTIBILE	IEN _R			IEN _E		
	Wh/(m ³ GG anno)			Wh/(m ³ anno)		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Gas Naturale	7,29	5,58	6,71	-	-	-
Energia elettrica	-	-	-	17,67	22,29	22,78

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

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

6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO

In occasione del sopralluogo dell’edificio sono emersi alcuni dubbi in merito alle caratteristiche stratigrafiche del fabbricato (e relativamente all’eventuale presenza di isolanti all’interno dei muri verticali e/o degli orizzontamenti). Tali dubbi si sono protratti anche a seguito dell’analisi dei dati in possesso. Si è ritenuto necessario proporre alla Stazione Appaltante (attraverso una comunicazione ufficiale) di eseguire alcune ispezioni forometriche dell’involucro come da metodologia proposta in sede di Offerta Tecnica. L’esigenza di validare il modello energetico termico, nel rispetto del cronoprogramma (sui consumi storici), ha portato ad ipotizzare l’involucro termico del fabbricato utilizzando le seguenti informazioni in possesso: l’analisi termografica (non invasiva), la norma UNI/TR 11552 (senza grandi riscontri tra l’edificio in oggetto e le casistiche proposte dalla norma) e l’esperienza pluriennale maturata su molteplici edifici di analoghe caratteristiche sui quali la Società Aggiudicataria ha effettuato servizi di Diagnosi Energetiche. Le ipotesi d’involucro effettuate (descritte nel paragrafo 4.1.1) hanno portato alla validazione del Modello Energetico con un errore non superiore al 5%.

6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO

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

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

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

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

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE	U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	U.M.
Globale	EP _{gl}	178.15	kWh/mq anno	186.56	kWh/mq anno
Climatizzazione invernale	EP _H	149.99	kWh/mq anno	151.61	kWh/mq anno
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	0.99	kWh/mq anno	1.23	kWh/mq anno
Ventilazione	EP _v	[-]	kWh/mq anno	[-]	kWh/mq anno
Raffrescamento	EP _c	[-]	kWh/mq anno	[-]	kWh/mq anno
Illuminazione artificiale	EP _L	25.71	kWh/mq anno	31.91	kWh/mq anno
Trasporto di persone e cose	EP _T	1.46	kWh/mq anno	1.82	kWh/mq anno
Emissioni equivalenti di CO ₂	CO _{2eq}	35.3	Kg/mq anno	37	Kg/mq anno

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

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE	
	[Nm ³ /anno]	[kWh/anno]	
Gas Naturale	32741	341715	
	[kWh/anno]	[kWh/anno]	
Energia Elettrica	42661	83188	

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

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

Dove:

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

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

6.1.1 Validazione del modello termico

A seguito della realizzazione del modello valutato secondo le modalità “Standard” di utilizzo (Asset Rating), si è provveduto ad effettuare una modellazione dell'edificio in modalità “Adattata all'utenza” (Tailored Rating) così come definita al prospetto 2 della UNI TS 11300-1:2014.

Si è quindi provveduto alla simulazione dei parametri reali di utilizzo dell'edificio considerando l'orario di funzionamento effettivo dell'impianto termico e gli indici di occupazione reali dell'edificio.

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE	U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	U.M.
Globale	EP _{gl}	86.38	kWh/mq anno	93.91	kWh/mq anno
Climatizzazione invernale	EP _H	58.22	kWh/mq anno	58.96	kWh/mq anno
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	0.99	kWh/mq anno	1.23	kWh/mq anno
Ventilazione	EP _v	[-]	kWh/mq anno	[-]	kWh/mq anno
Raffrescamento	EP _c	[-]	kWh/mq anno	[-]	kWh/mq anno
Illuminazione artificiale	EP _L	25.71	kWh/mq anno	31.91	kWh/mq anno
Trasporto di persone e cose	EP _T	1.46	kWh/mq anno	1.82	kWh/mq anno
Emissioni equivalenti di CO ₂	CO _{2eq}	16.6	Kg/mq anno	18	Kg/mq anno

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

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	ENERGIA PRIMARIA NON
-----------------------------	---------	----------------------

		RINNOVABILE	
	[Nm ³ /anno]		[kWh/anno]
Gas Naturale		12602	131527
	[kWh/anno]		[kWh/anno]
Energia Elettrica		60173	117337

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 6.5 – Validazione del modello energetico termico (valutazione adattata all’utenza)

$Q_{teorico}$	$Q_{baseline}$	Congruità	
[kWh/anno]	[kWh/anno]		[%]
	125284	125454	0.14%

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

$EE_{teorico}$	$EE_{baseline}$	Congruità	
[kWh/anno]	[kWh/anno]		[%]
	60173	57480	4.48%

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

6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

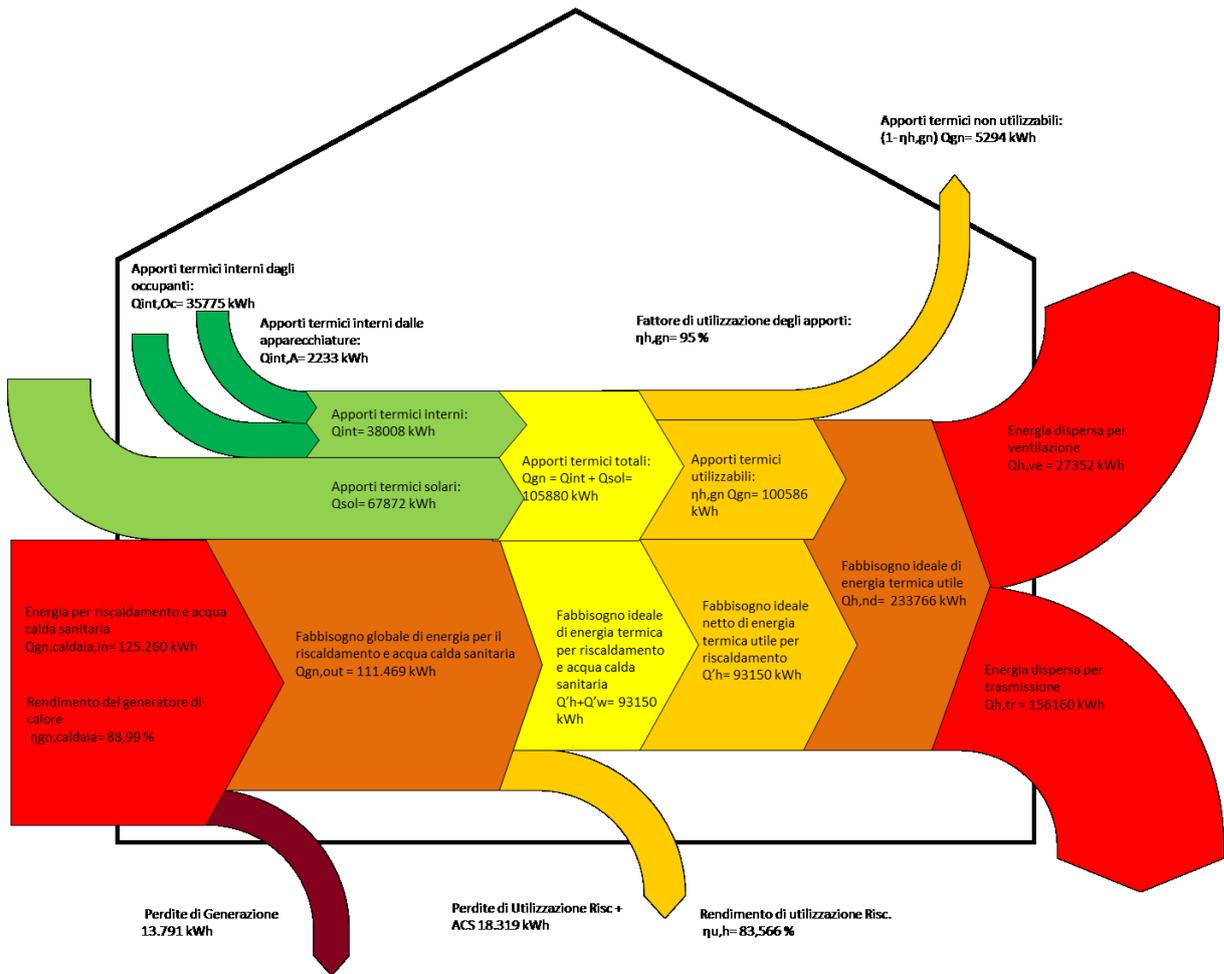
Al fine di valutare la prestazione energetica del sistema edificio-impianti si è reso necessario predisporre i risultati della modellazione energetica nella forma di un bilancio energetico che descriva l’andamento dei flussi energetici caratteristici dell’edificio in modo da valutare in maniera puntuale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

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

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

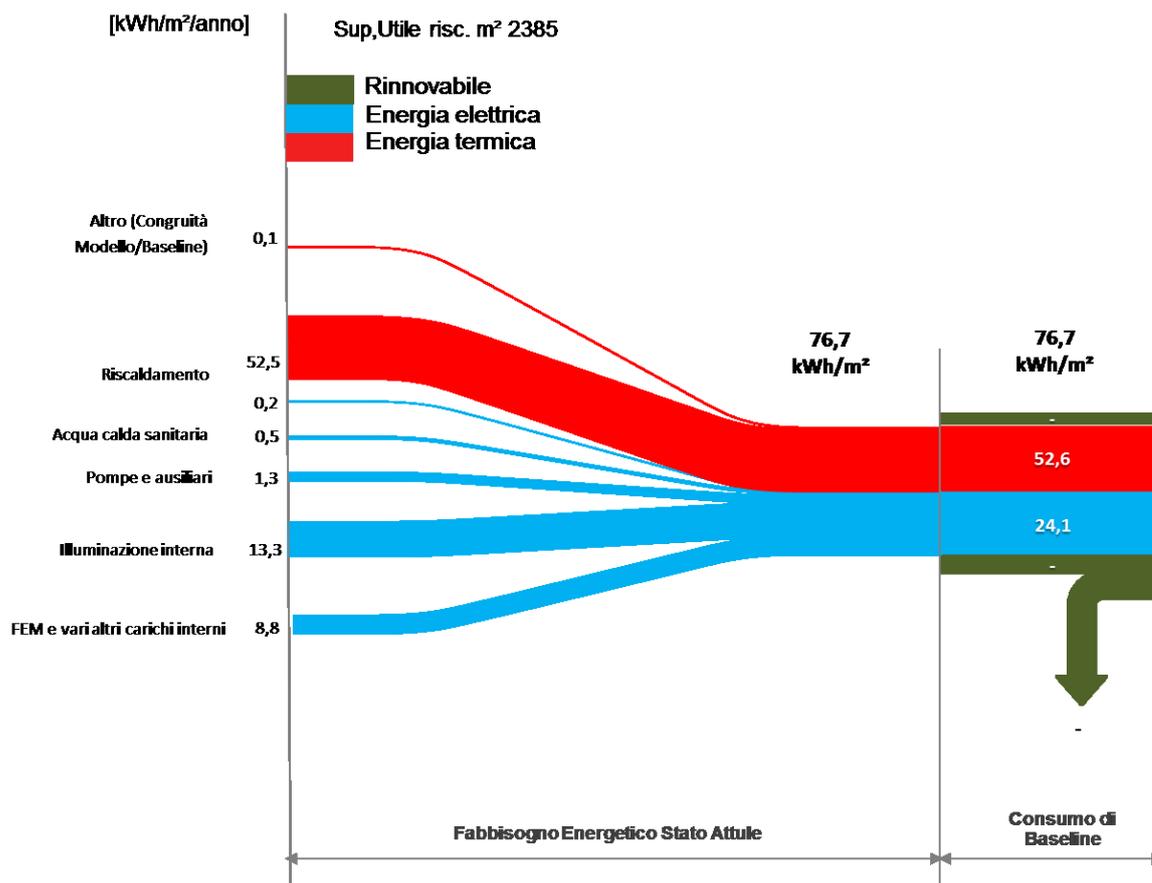
I risultati del bilancio energetico termico sono stati rappresentati nella forma di diagramma di Sankey riportato in Figura 6.1

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



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

Figura 6.2 – Bilancio energetico complessivo dell'edificio

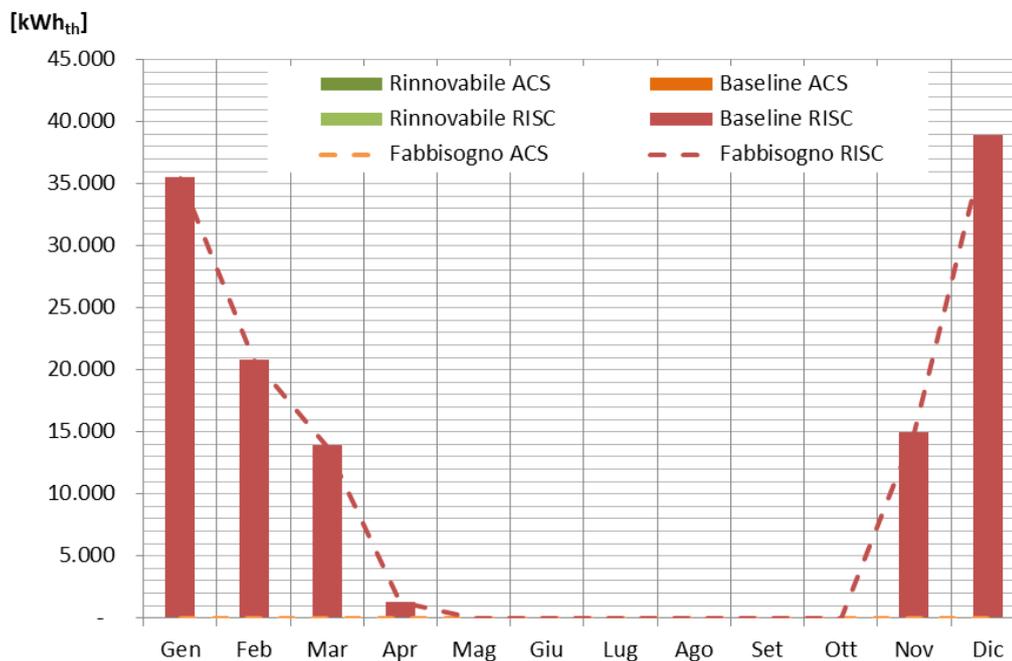


6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI

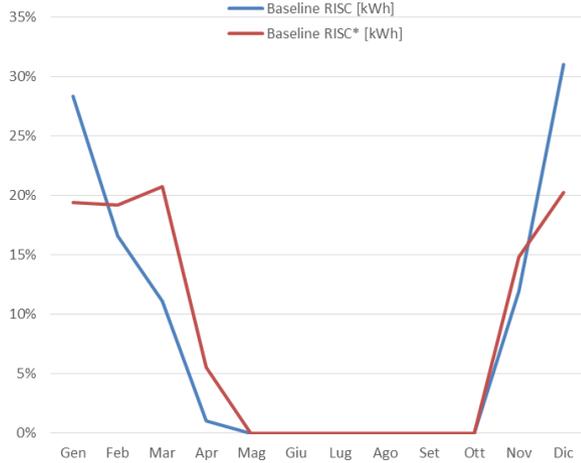
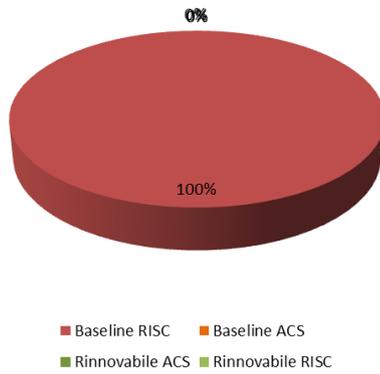
La creazione di un modello energetico consente di effettuare una pi  corretta ripartizione dei consumi energetici in funzione dei diversi utilizzi.

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

Figura 6.3 – Andamento mensile dei consumi termici ricavati dalla modellazione



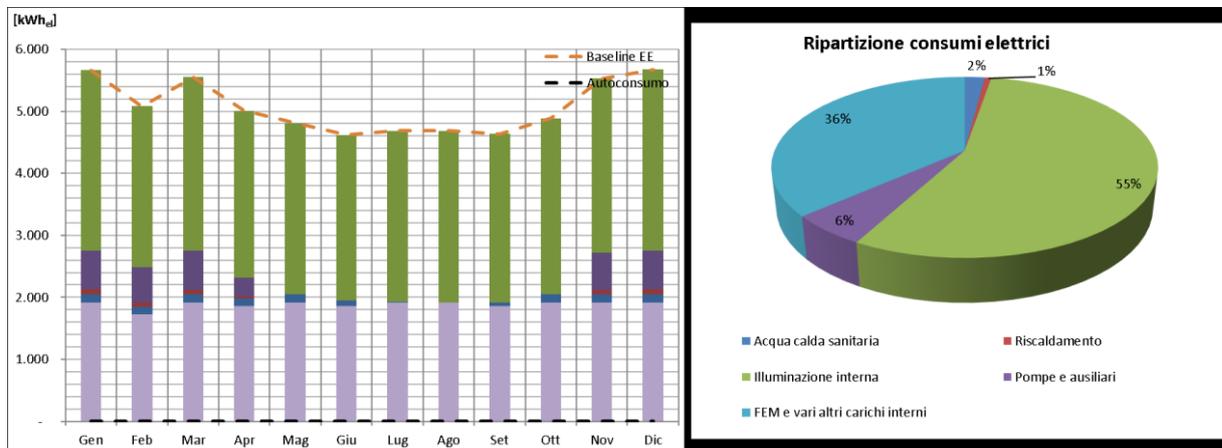
Ripartizione consumi termici



Si può notare come la totalità dei consumi termici sia da attribuirsi all'utilizzo per la climatizzazione dei locali, pertanto, gli interventi migliorativi proposti andranno ad interessare principalmente i componenti asserviti a tale servizio.

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

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



Si può notare come la maggior parte dei consumi sia da attribuirsi al servizio di acqua calda sanitaria ed illuminazione interna, pertanto, gli interventi migliorativi proposti andranno ad interessare principalmente i componenti asserviti a tali sistemi.

7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTEVENTO

7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI

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

7.1.1 Vettore termico

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

- PDR 1 – 03270050348807: contratto di Servizio Integrato Energia 3 (SIE3) stipulato dalla PA con un soggetto terzo, comprensivo sia la fornitura del vettore energetico che la conduzione e manutenzione degli impianti. Non è stato quindi possibile effettuare un'analisi dei costi di fatturazione del vettore energetico in quanto tali fatture non sono a disposizione della PA ;

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

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

PDR: 03270050348807	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gennaio						2.629	31.707	0,083
Febbraio						2.269	27.369	0,083
Marzo						2.269	27.365	0,083
Aprile						320	3.857	0,083
Maggio						-	-	-
Giugno						-	-	-
Luglio						-	-	-
Agosto						-	-	-
Settembre						-	-	-
Ottobre						-	-	-
Novembre						1.397	16.854	0,083
Dicembre						1.832	22.101	0,083
Totale	-	-	-	-	-	10.716	129.255	0,083
PDR: 03270050348807	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gennaio						1.590	18.863	0,084
Febbraio						2.167	25.704	0,084
Marzo						2.037	24.163	0,084
Aprile						401	4.756	0,084
Maggio						-	-	-
Giugno						-	-	-

Luglio	-	-	-					
Agosto	-	-	-					
Settembre	-	-	-					
Ottobre	-	-	-					
Novembre	980	11.622	0,084					
Dicembre	1.317	15.620	0,084					
Totale	-	-	-					
	8.490	100.728	0,084					
PDR: 03270050348807	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gennaio						2.307	27.790	0,083
Febbraio						1.966	23.683	0,083
Marzo						2.305	27.768	0,083
Aprile						241	2.901	0,083
Maggio						-	-	-
Giugno						-	-	-
Luglio						-	-	-
Agosto						-	-	-
Settembre						-	-	-
Ottobre						-	-	-
Novembre						1.643	19.790	0,083
Dicembre						1.986	23.920	0,083
Totale	-	-	-	-	-	10.448	125.851	0,083

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

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

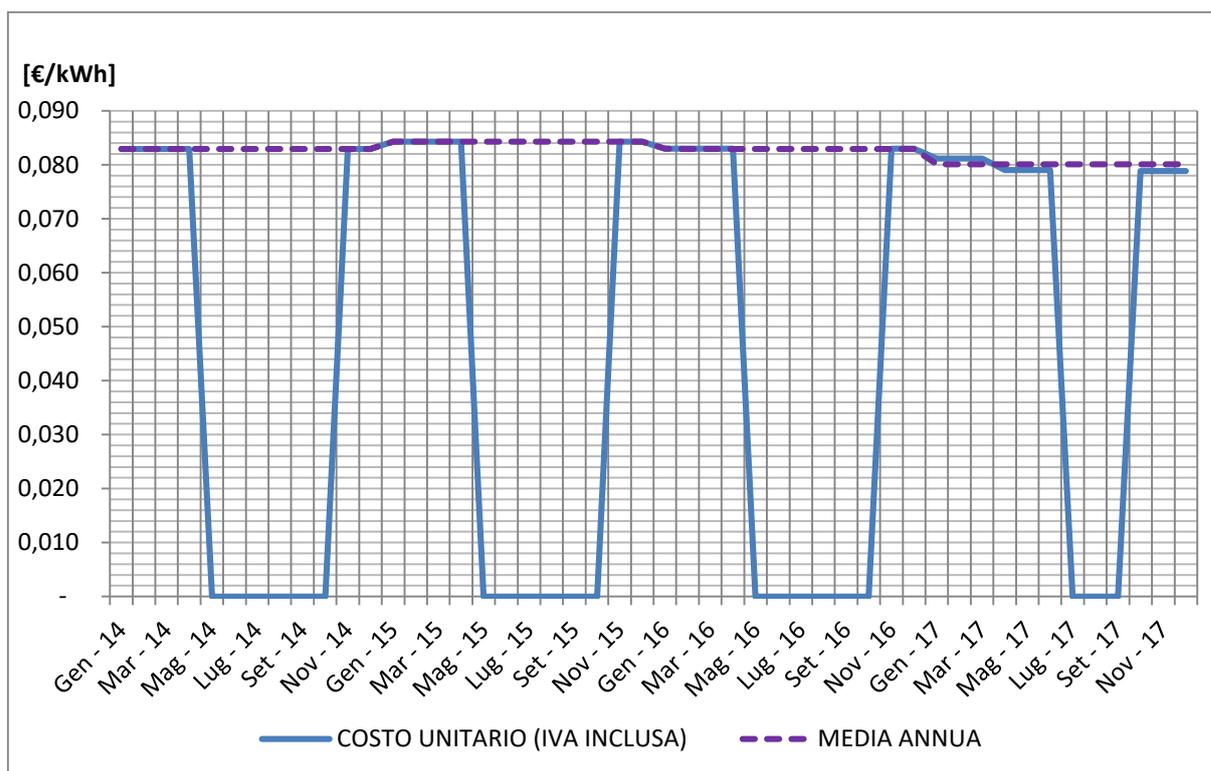
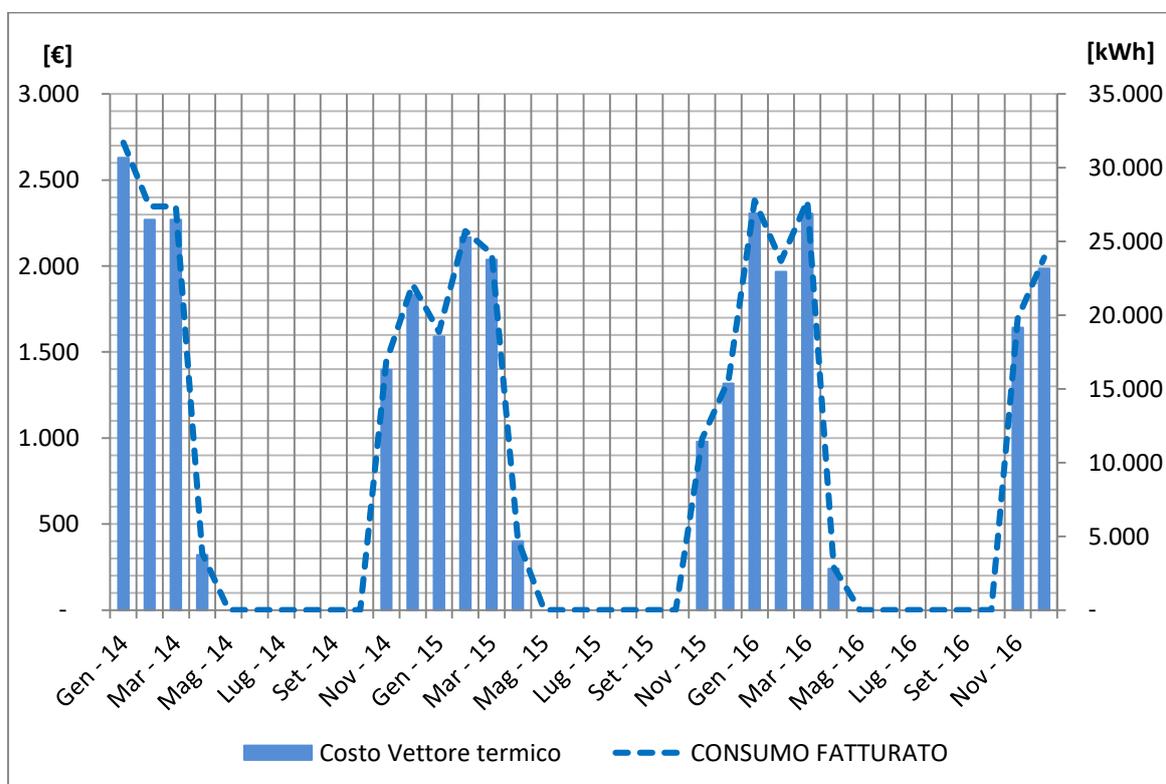


Figura 7.2 – Andamento dei consumi e dei costi dell'energia termica



Dall'analisi effettuata risulta evidente che l'andamento dei costi è oscillante con picchi nei mesi della stagione di riscaldamento, essendo questa l'unica componente. Come già detto tale consumo non è reale ma è ricostruito secondo le indicazioni della PA e riportati tra le varie mensilità in funzione

dell'effettivo funzionamento stagionale e dei GG reali. Anche il costo medio è stato fornito dall'elaborazione dei fogli di calcolo disponibili.

7.1.2 Vettore elettrico

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

- POD 1 – IT001E00096598: contratto di fornitura del vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. E' stato quindi possibile effettuare un'analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura.

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

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

POD: IT001E00096598	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura			
Dati di intestazione fattura	Via Romana Antica di Quinto n. 3 Genova (GE)	Via Romana Antica di Quinto n. 3 Genova (GE)	Via Romana Antica di Quinto n. 3 Genova (GE)
Società di fornitura	Edison	Gala	Iren
Inizio periodo fornitura	41548	42095	42461
Fine periodo fornitura	42094	42460	-
Potenza elettrica impegnata	33 kW	30 kW	30 kW
Potenza elettrica disponibile	33 kW	33 kW	33 kW
Tipologia di contratto	Forniture in BT (escluso IP)	380 V	BT, Allacciamento 380 V
Opzione tariffaria ⁽¹⁾	Trioraria	Trioraria	Trioraria
Prezzi del fornitura dell'energia elettrica ⁽²⁾ [€/kWh]	0,095	0,076	0,081

Nota (18) per fatturazioni non mensili la spesa economica mensile andrà calcolata suddividendo percentualmente la spesa aggregata in base ai valori di consumo energetico mensile.

Nota (19): 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 la fornitura dell'elettricità varia il gestore di anno in anno modificando a sua volta il prezzo tariffario medio.

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

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

POD: IT001E00096598	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURAT O	COSTO UNITARIO
Anno 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[kWh]	[€/kWh]
Gennaio	294	49	377	51	77	881	4.119	0,214
Febbraio	353	58	432	56	90	1.170	5.083	0,230
Marzo	366	60	443	58	93	1.020	4.648	0,219
Aprile	304	68	396	49	82	900	3.885	0,232
Maggio	303	68	403	49	82	903	3.932	0,230
Giugno	246	55	306	40	65	683	3.218	0,212

Luglio									
Agosto	150	33	254	25	46	508	2.037	0,249	
Settembre	285	59	384	46	77	852	3.717	0,229	
Ottobre	467	91	603	78	124	1.363	6.202	0,220	
Novembre	464	92	606	79	124	1.365	6.295	0,217	
Dicembre									
Totale	3.232	633	4.204	532	860	9.647	43.136	0,224	
POD: IT001E00096598	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURAT O	COSTO UNITARIO	
Anno 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]		[kWh]	[€/kWh]	
Gennaio	859	166	1.131	150	231	2.536	5.738	0,442	
Febbraio	450	88	604	83	123	1.348	6.622	0,204	
Marzo	483	99	673	94	135	1.483	7.484	0,198	
Aprile	131	36	256	36	46	505	2.858	0,177	
Maggio	199	56	383	56	69	763	4.493	0,170	
Giugno	188	55	375	55	67	741	4.398	0,168	
Luglio	244	-	471	58	77	850	4.636	0,183	
Agosto	325	-	656	76	106	1.162	6.072	0,191	
Settembre	192	-	415	48	66	721	3.857	0,187	
Ottobre	191	57	465	65	78	855	5.172	0,165	
Novembre	194	-	502	61	76	834	4.908	0,170	
Dicembre	221	-	523	65	81	889	5.159	0,172	
Totale	3.678	557	6.454	846	1.153	12.687	61.397	0,207	
POD: IT001E00096598	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURAT O	COSTO UNITARIO	
Anno 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]		[kWh]	[€/kWh]	
Gennaio	212	-	400	59	67	738	4.749	0,155	
Febbraio	217	-	497	67	78	859	5.329	0,161	
Marzo	290	-	734	94	112	1.230	7.485	0,164	
Aprile	-	-	-	-	-	-	-	-	
Maggio	578	-	1.007	132	172	1.889	10.552	0,179	
Giugno	235	-	400	49	68	752	3.938	0,191	
Luglio	182	-	292	32	51	556	2.546	0,218	
Agosto	167	-	298	33	50	548	2.621	0,209	
Settembre	352	-	470	60	88	964	4.829	0,200	
Ottobre	462	-	544	72	108	1.185	5.730	0,207	
Novembre	563	-	594	80	122	1.349	6.367	0,212	
Dicembre	489	-	552	73	111	1.225	5.842	0,210	
Totale	3.746	-	5.788	750	1.026	11.296	59.988	0,188	
POD: IT001E00096598	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURAT O	COSTO UNITARIO	
Anno 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]		[kWh]	[€/kWh]	
Cong. Marzo 1	24,98	111,39	7,84		14,42	158,63	627	0,253	

Cong. Marzo 2 311,5 0 0 0 31,15 342,65

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

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

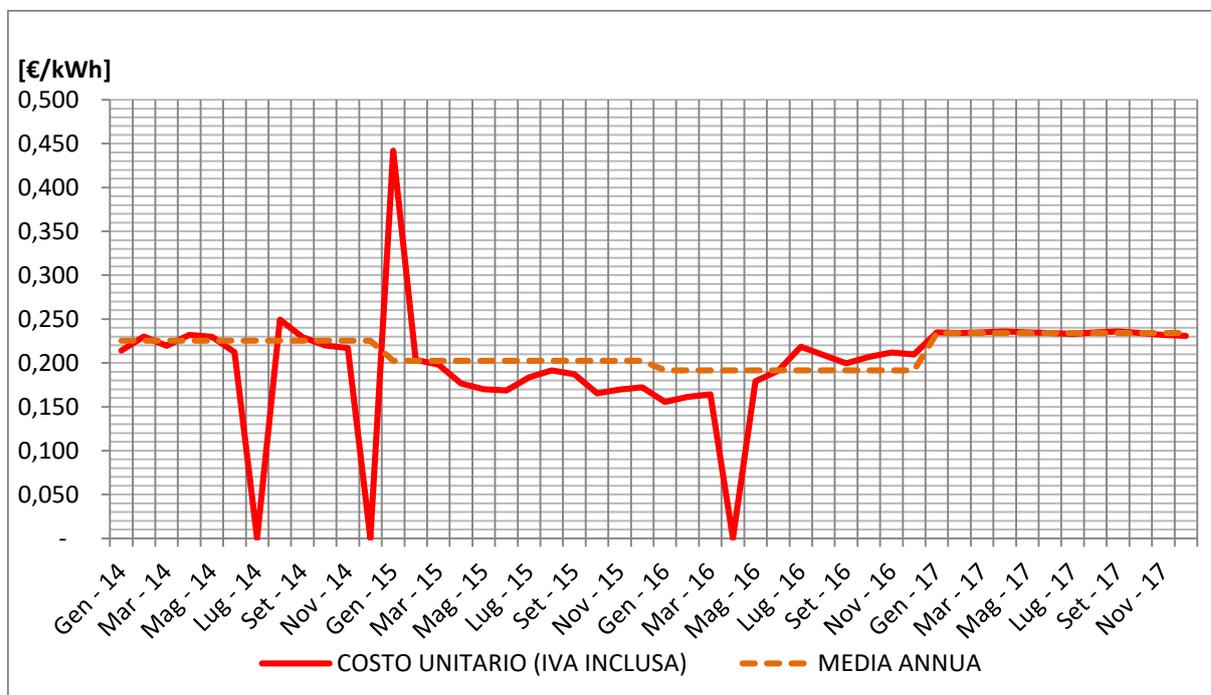
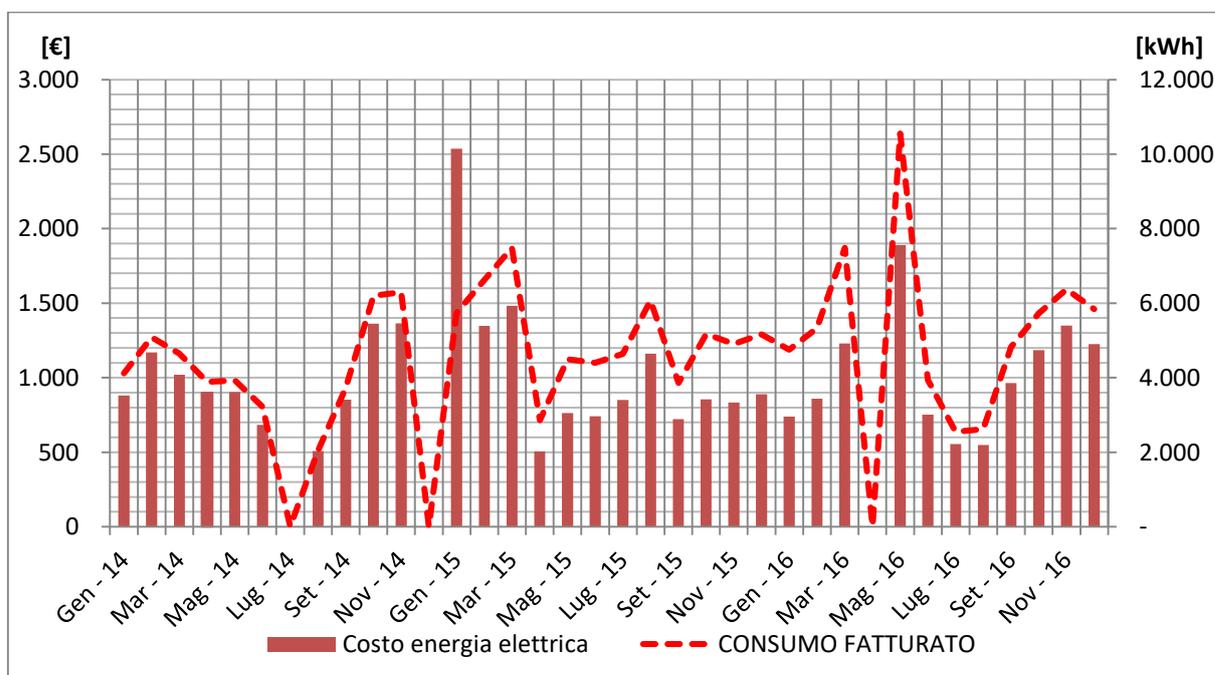


Figura 7.3 – Andamento dei consumi e dei costi dell'energia elettrica



Dall'analisi effettuata risulta evidente che per consumo fatturato s'intende quello indicato su ogni bolletta, che potrebbe contenere o meno conguagli anche di altri mesi. I reali consumi mensili (comprensivi dei conguagli posticipati) sono stati presi in considerazione nelle valutazioni energetiche dell'edificio descritte nel Capitolo 5. Nel primo grafico non sono presenti alcuni mesi per

i quali o non erano presenti delle bollette (nel 2014 e 2015) oppure erano bollette bimestrali (mese Maggio 2016).

È da segnalare l’anomalia nei mesi in cui non è stato identificato il costo seppur presenti le bollette. Dall’analisi risulta che alti costi unitari si hanno in corrispondenza dei mesi estivi in cui si raggiungono i minimi consumi a fronte di un alto costo di servizi di rete.

7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL’ANALISI

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

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

Tabella 7.4 - Sintesi dei consumi nel triennio di riferimento

ANNO	VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			TOTALE
	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[€]
2014	129.255	10.716	0,083	43.136	9.647	0,22	20.363
2015	100.728	8.490	0,084	61.397	12.687	0,21	21.177
2016	125.851	10.448	0,083	59.988	11.296	0,19	21.744
2017			0,080			0,209	
Media	113.290	9.469	0,084	60.693	11.991	0,197	21.460

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

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo unitario dell’energia termica	Valore relativo all’ultimo anno a disposizione	CU _Q	0,080 [€/kWh]
Costo unitario dell’energia elettrica	Valore relativo all’ultimo anno a disposizione	CU _{EE}	0,209 [€/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:

- L1-042-041: servizio SIE3

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo per la gestione e manutenzione ordinaria	Corrispettivo annuale relativo al contratto O&M in essere	C_{MO} 10.152	[€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Media relativa a gli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici	C_{MS} 2.699	[€/anno]

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

Tali servizi prevedono il pagamento di un canone annuale da parte della PA pari a 12.851€ per la quota di manutenzione mentre 22.904 € inclusa la quota di energia.

7.4 BASELINE DEI COSTI

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

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

Per la componente energetica vale la seguente formula:

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

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

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

Ne risulta quindi un C_E pari a 22.039 € e un $C_{baseline}$ pari a 34.890 €

Figura 7.4 – Confronto tra i costi medi e di baseline

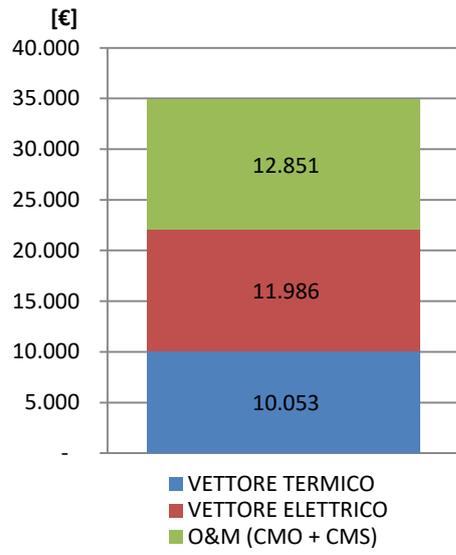
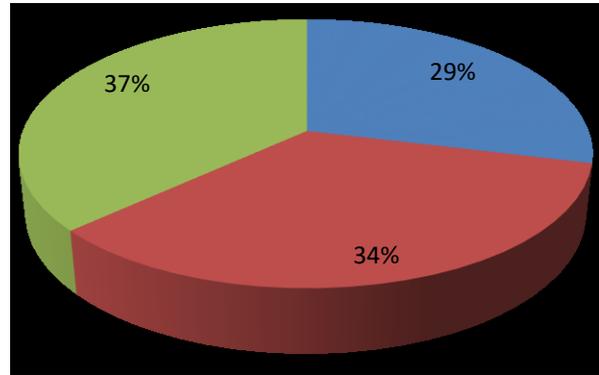


Figura 7.5 – Ripartizione costi di baseline



8 IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA

8.1 DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI

8.1.1 Involucro edilizio

EEM1: Coibentazione copertura piana con polistirene XPS ad alta densità e getto di completamento sp=16cm+4cm

Generalità

La misura prevede di coibentare la copertura piana con polistirene XPS ad elevata densità (sp=16cm) e getto di completamento (sp=4cm). La finitura superficiale sarà con guaina impermeabilizzante.

L'efficientamento della copertura consente di ridurre considerevolmente le dispersioni dell'involucro opaco portando anche al miglioramento delle condizioni di comfort termico invernale ed estivo di tutti i locali dell'ultimo livello della scuola.

Figura 8.1 - Particolare della copertura



Caratteristiche funzionali e tecniche

L'orizzontamento a seguito dei lavori di riqualificazione risulterà maggiormente efficiente sotto l'aspetto energetico e garantirà una migliore percezione del comfort ambientale all'interno degli ambienti adiacenti alla struttura in oggetto.

Descrizione dei lavori

L'intervento consiste nella fornitura e posa di pannelli in XPS ad alta densità tipo “Styrodur” dello spessore di 16 cm. La posa dell'isolante potrà avvenire direttamente al di sopra del manto impermeabilizzante già esistente, al di sopra dello strato isolante verrà poi realizzato un getto di pendenza in cls su cui verrà realizzato il nuovo manto impermeabilizzante. Laddove fossero presenti delle piastrelle di finitura queste dovranno essere rimosse e posate al di sopra dell'impermeabilizzazione in seguito alla realizzazione di uno strato in sabbia di allettamento.

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

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM1 sono riportati nella Tabella 8.1

Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM1

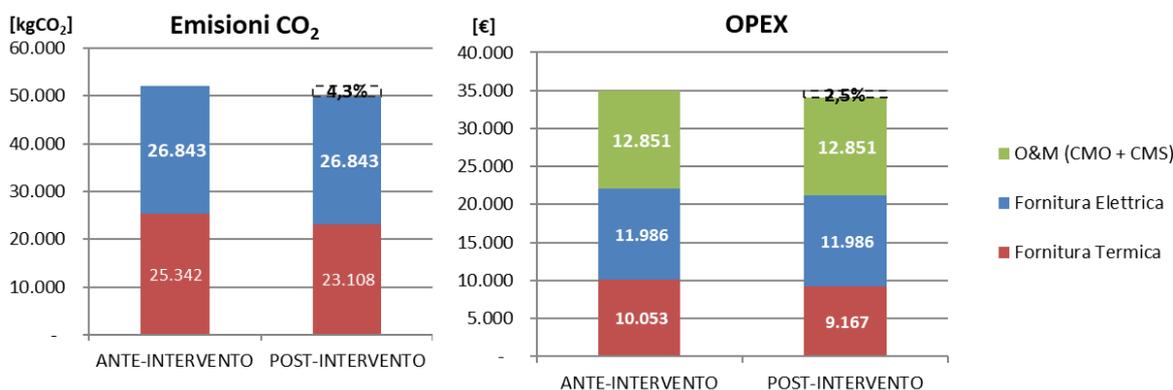
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM1 Trasmittanza Termica	[W/m²K]	0,87	0,2	77,0%
Q _{teorico}	[kWh]	125.260	114.221	8,8%
EE _{teorico}	[kWh]	60.173	60.173	0,0%
Q _{baseline}	[kWh]	125.454	114.398	8,8%
EE _{baseline}	[kWh]	57.480	57.480	0,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	25.342	23.108	8,8%

Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	26.843	26.843	0,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	52.185	49.952	4,3%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	10.053	9.167	8,8%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	11.986	11.986	0,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	22.039	21.153	4,0%
C _{MO}	[€]	10.152	10.152	0,0%
C _{MS}	[€]	2.699	2.699	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	12.851	12.851	0,0%
OPEX	[€]	34.890	34.004	2,5%
Classe energetica	[-]	E	D	+1 classi

Nota (20) 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: 0,080 [€/kWh] per il vettore termico e 0,209 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 8.1 – EEM1: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO2 a partire dalla baseline



EEM2: Sostituzione infissi esistenti degradati con altri aventi $U_w=1,66 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$.

Generalità

Si ipotizza di sostituire i serramenti esistenti con altri aventi $U_w=1,66 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$.

L'efficiamento delle finestre consente di ridurre considerevolmente le dispersioni dell'involucro trasparente, portando anche al miglioramento delle condizioni di comfort termico invernale ed estivo di tutti i locali della scuola. L'intervento permetterebbe di ridurre le perdite per ventilazione dell'edificio che risultano importanti date le numerose superfici vetrate presenti in tutti i piani.

Caratteristiche funzionali e tecniche

Gli infissi nuovi una volta installati risulteranno maggiormente efficienti sotto l'aspetto energetico e garantiranno una migliore percezione del comfort ambientale da parte degli utilizzatori.

Descrizione dei lavori

Figura 8.3 - Particolare dei serramenti esistenti



La posa deve essere effettuata da personale tecnico specializzato nel rispetto della norma UNI 11673-1:2017 ed in particolare

Le metodologie descritte dalla norma sono finalizzate alla verifica delle prestazioni dei giunti d’installazione e della loro coerenza alle prestazioni dei serramenti. In particolare la progettazione dei giunti d’installazione dovrà essere affrontata sui seguenti livelli:

- isolamento termico (analisi della presenza di isoterme critiche sulla superficie interna del sistema di posa in opera oggetto di verifica; analisi della temperatura media mensile minima per cui non sussistono le condizioni per la formazione di muffe sulla superficie interna dell’edificio in prossimità del giunto primario e/o secondario unicamente dipendente dal sistema di posa in opera; analisi del ponte termico lineare);
- isolamento acustico;
- permeabilità all’aria;
- resistenza meccanica al carico del vento e ai carichi propri;
- resistenza all’effrazione;
- durabilità e manutenibilità;
- composti organici volatili (VOC / COV) indoor e sostenibilità;
- comportamento termo-igrometrico e traspirabilità del giunto;
- requisiti base dei materiali di sigillatura e riempimento;
- compatibilità tra tipologie di sigillanti fluidi e substrati;
- prestazioni degli accessori e componenti.

Prestazioni raggiungibili

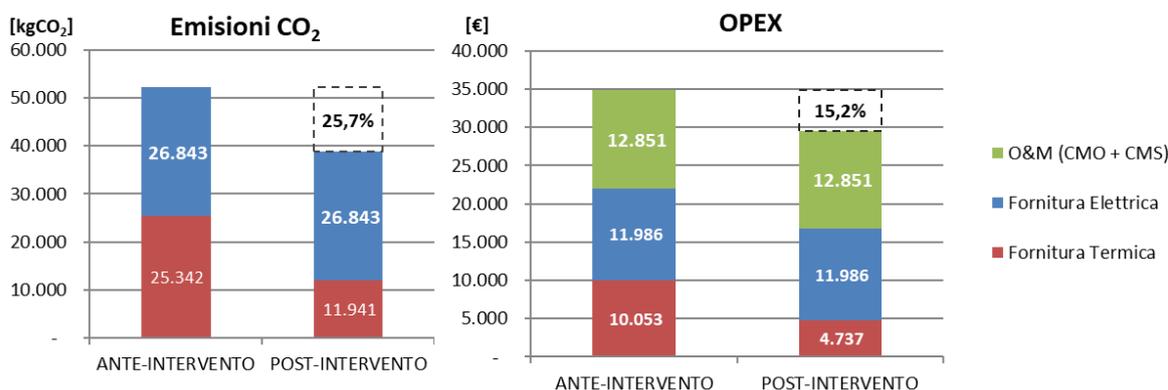
I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione della EEM2 sono riportati nella Tabella 8.1

Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM2

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM1 Trasmittanza Termica	[W/m²K]	5	1,66	66,8%
Q _{teorico}	[kWh]	125.260	59.024	52,9%
EE _{teorico}	[kWh]	60.173	60.173	0,0%
Q _{baseline}	[kWh]	125.454	59.115	52,9%
EE _{baseline}	[kWh]	57.480	57.480	0,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	25.342	11.941	52,9%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	26.843	26.843	0,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	52.185	38.785	25,7%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	10.053	4.737	52,9%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	11.986	11.986	0,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	22.039	16.723	24,1%
C _{MO}	[€]	10.152	10.152	0,0%
C _{MS}	[€]	2.699	2.699	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	12.851	12.851	0,0%
OPEX	[€]	34.890	29.574	15,2%
Classe energetica	[-]	E	C	+2 classi

Nota (20) 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: 0,080 [€/kWh] per il vettore termico e 0,209 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 8.2 – EEM2: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline

8.1.2 Impianto riscaldamento

EEM3: Termoregolazione

Generalità

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

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

Figura 8.7 - Particolare dei radiatori esistenti



Caratteristiche funzionali e tecniche

Il sistema di termoregolazione è composto di tre parti:

- Valvola termostatica: che regola la portata del fluido in entrata nei radiatori,
- Testina: con la sua regolazione consente di gestire la temperatura ambiente,
- Detentore: cordolo che chiude il circuito del fluido del termosifone.

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

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

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

Descrizione dei lavori

Si prevede l'installazione di n°117 unità, una per ciascun radiatore presente nei diversi locali dell'edificio.

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione della EEM3 sono riportati nella Tabella 8.1 e nella Figura 8.8.

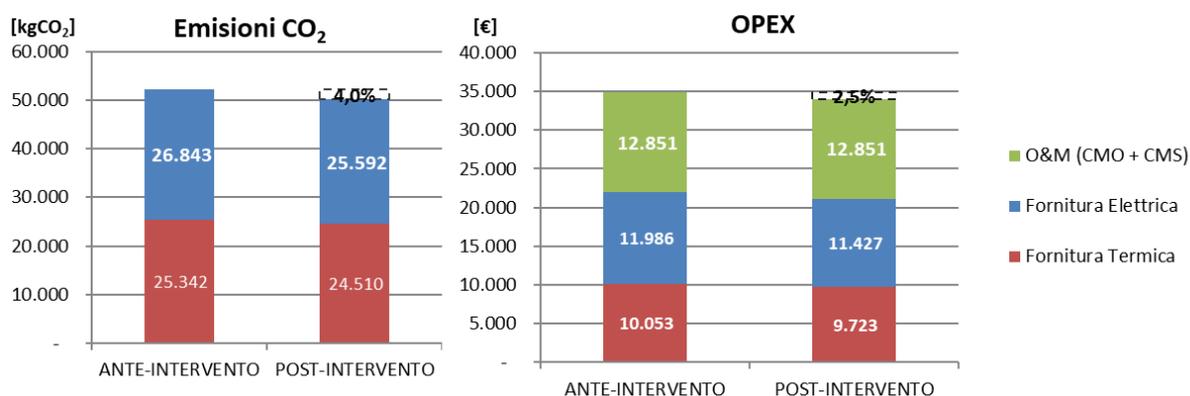
Tabella 8.3 – Risultati analisi EEM3 – Termoregolazione

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM3 [Efficienza sottosistema di regolazione]	[%]	96%	99%	-3,1%
Q _{teorico}	[kWh]	125.260	121.149	3,3%
EE _{teorico}	[kWh]	60.173	57.368	4,7%
Q _{baseline}	[kWh]	125.454	121.337	3,3%
EE _{Baseline}	[kWh]	57.480	54.801	4,7%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	25.342	24.510	3,3%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	26.843	25.592	4,7%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	52.185	50.102	4,0%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	10.053	9.723	3,3%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	11.986	11.427	4,7%
Fornitura Energia, C_E	[€]	22.039	21.150	4,0%
C _{MO}	[€]	10.152	10.152	0,0%
C _{MS}	[€]	2.699	2.699	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	12.851	12.851	0,0%
OPEX	[€]	34.890	34.002	2,5%
Classe energetica	[-]	E	D	+1 classi

Nota (20) 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: 0,080 [€/kWh] per il vettore termico e 0,209 [€/kWh] per il vettore elettrico IVA inclusa.

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



EEM5: Efficientamento generatore di calore

Generalità

Il miglioramento delle prestazioni energetiche del sottosistema di generazione si può ottenere mediante la sostituzione del generatore attuale, ormai obsoleto, con un generatore più efficiente.

Si propone, pertanto, la rimozione dell'attuale caldaia e l'installazione di una caldaia a gas metano a condensazione con elevata efficienza. Nella fase degli scenari tale intervento viene applicato già con misure “to be Lean”. In particolar modo le strategie in “to be Clean” così create sono impostate in previsione degli scenari a 15 e 25 anni perché includono nella fase “to be Lean” opportunità d'intervento differenti in funzione dei loro tempi di ritorno. Si è ipotizzata una riduzione del 50% dei costi di manutenzioni dovuti alla ridotta necessità di ricorrere alla sostituzione delle componenti su un nuovo generatore ipotizzando anche di usufruire, per i primi anni, della garanzia sul prodotto.

Caratteristiche funzionali e tecniche

La sostituzione dell'attuale generatore di calore di tipo tradizionale con un nuovo generatore a condensazione di pari potenza che permette di ottenere valori di efficienza più elevati, riducendo il consumo di gas metano in ingresso al sottosistema di generazione e ottimizzarne la conversione in energia termica.

La caldaia a gas installata ha una potenza nominale al focolare di 329 kW che risultano sovradimensionati data la volumetria dello stabile ed in base alla diagnosi energetica prodotta. In questa fase viene sostituita con una di pari potenza rimandando negli scenari a 15 e 25 anni l'installazione di un generatore con potenza inferiore, tenendo in considerazione la potenza complessiva dei terminali di emissione e il fattore di ripresa dell'edificio.

Descrizione dei lavori

L'intervento proposto prevede le seguenti operazioni:

- smantellamento del vecchio generatore a gas;
- installazione nuovo generatore a condensazione alimentato a gas metano e del bruciatore;
- rifacimento tubazioni in centrale termica e coibentazione delle stesse;
- adeguamento impianto di distribuzione gas internamente alla Centrale Termica;
- intubamento della canna fumaria con condotto di evacuazione fumi in pressione;
- Adeguamento quadro elettrico di alimentazione ed impianto interno della centrale termica;
- Installazione del sistema di programmazione settimanale.

Figura 8.9 - Particolare del generatore di calore attuale



Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM5 sono riportati nella Tabella 8.1 e nella Figura 8.1.

Tabella 8.5 – Risultati analisi EEM5- Efficiamento generatore di calore,

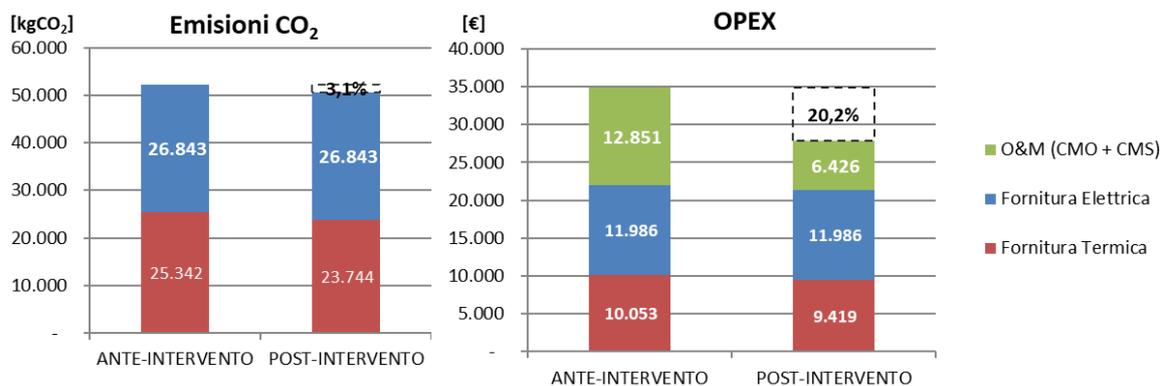
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM5 [Efficienza sottosistema di generazione]	[-]	89,40%	92,30%	[-]
$Q_{teorico}$	[kWh]	125.260	117.362	6,3%
$EE_{teorico}$	[kWh]	60.173	60.173	0,0%
$Q_{baseline}$	[kWh]	125.454	117.543	6,3%
$EE_{baseline}$	[kWh]	57.480	57.480	0,0%

Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	25.342	23.744	6,3%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	26.843	26.843	0,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	52.185	50.587	3,1%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	10.053	9.419	6,3%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	11.986	11.986	0,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	22.039	21.405	2,9%
C _{MO}	[€]	10.152	5.076	50,0%
C _{MS}	[€]	2.699	1.349	50,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	12.851	6.426	50,0%
OPEX	[€]	34.890	27.831	20,2%
Classe energetica	[-]	E	E	+0 classi

Nota (20) 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 quello elettrico

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,080 [€/kWh] per il vettore termico e : 0,209 [€/kWh] per il vettore elettrico

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



8.1.3 Impianto produzione acqua calda sanitaria

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

8.1.4 Impianto di illuminazione ed impianto elettrico

EEM4: Efficientamento impianto di illuminazione mediante trasformazione a LED

Generalità

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

Caratteristiche funzionali e tecniche

L'attuale sistema di illuminazione è costituito da tubi al neon con potenza variabile tra i 18 ed i 36 W e da lampade ad incandescenza da 200W. Si propone di efficientare tale sistema mediante l'installazione di lampade tubolari a LED in tutti i locali della struttura.

Le nuove lampade a LED, di potenza variabile tra i 10 ed i 34 W garantiscono prestazioni ed efficienza più elevate, oltre che una migliore qualità del livello di illuminamento.

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

Descrizione dei lavori

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

Figura 8.12 - Particolare di una lampada fluorescente attualmente installata



Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM4 sono riportati nella Tabella 8.1 e nella Figura 8.1.

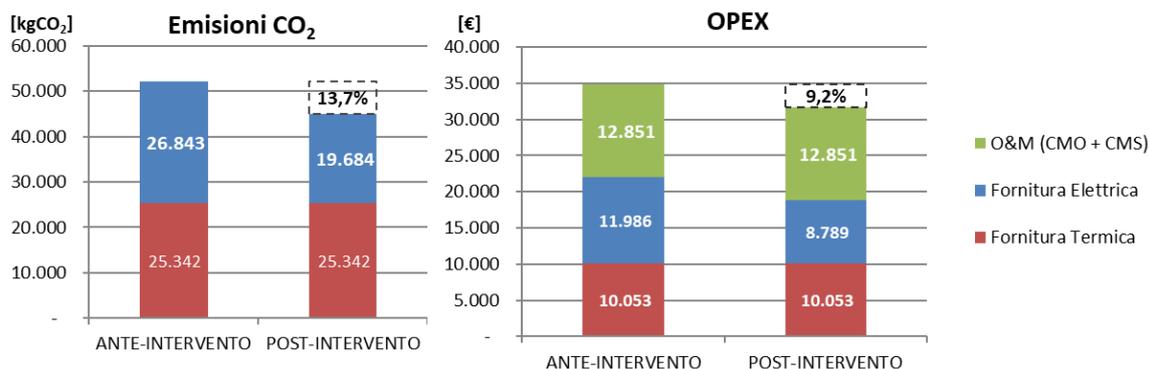
Tabella 8.7 – Risultati analisi EEM4 – Efficientamento impianto di illuminazione mediante trasformazione a LED

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM5	[-]	[-]	[-]	[-]
Q _{teorico}	[kWh]	125.260	125.260	0,0%
EE _{teorico}	[kWh]	60.173	44.125	26,7%
Q _{baseline}	[kWh]	125.454	125.454	0,0%
EE _{baseline}	[kWh]	57.480	42.150	26,7%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	25.342	25.342	0,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	26.843	19.684	26,7%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	52.185	45.026	13,7%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	10.053	10.053	0,0%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	11.986	8.789	26,7%
Fornitura Energia, C_E	[€]	22.039	18.842	14,5%
C _{MO}	[€]	10.152	10.152	0,0%
C _{MS}	[€]	2.699	2.699	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	12.851	12.851	0,0%
OPEX	[€]	34.890	31.694	9,2%
Classe energetica	[-]	E	E	+0 classi

Nota (20) 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 quello elettrico

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,080 [€/kWh] per il vettore termico e : 0,209 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 8.13 – EEM5: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO2 a partire dalla baseline



8.1.5 Impianto di generazione da fonti rinnovabili

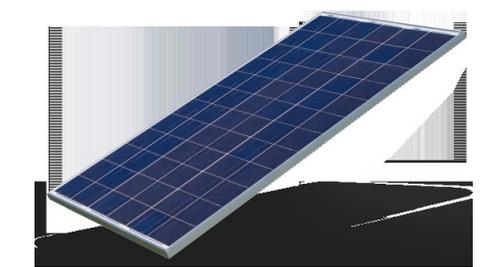
EEM6: Utilizzo di generazione da fonti rinnovabili – installazione di un impianto fotovoltaico

Generalità

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

Tale intervento è stato ipotizzato per lo scenario a 25 anni proposto nell'intervento della sostituzione del generatore.

Figura 8.24 – Esempio di un modulo fotovoltaico



Caratteristiche funzionali e tecniche

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

Nell'edificio in questione si è ipotizzato di installare un impianto fotovoltaico di 16 kWp.

Descrizione dei lavori

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

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM6 sono riportati nella Tabella 8.18 e nella Figura 8.115.

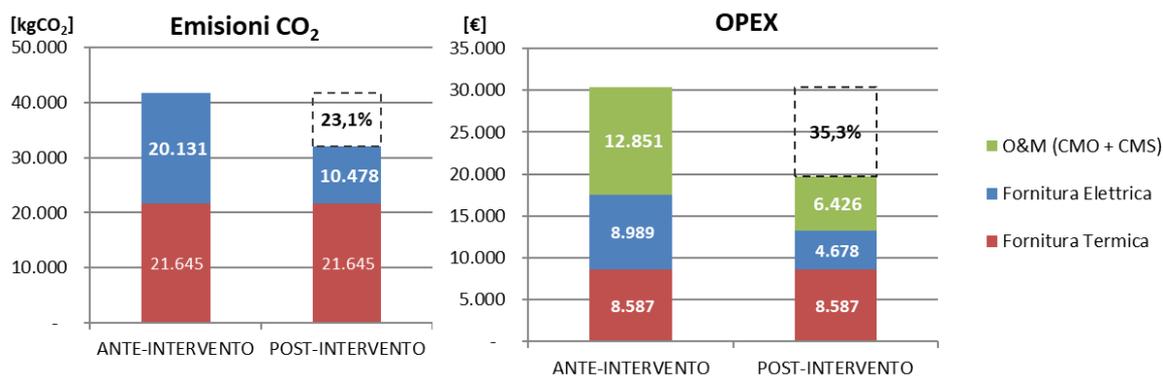
Tabella 8.8 – Risultati analisi EEM6 – Installazione di un impianto fotovoltaico

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM6	[-]	[-]	[-]	[-]
Q _{teorico}	[kWh]	107.153	107.153	0,0%
EE _{teorico}	[kWh]	43.108	22.436	48,0%
Q _{baseline}	[kWh]	107.153	107.153	0,0%
EE _{baseline}	[kWh]	43.108	22.436	48,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	21.645	21.645	0,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	20.131	10.478	48,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	41.776	32.123	23,1%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	8.587	8.587	0,0%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	8.989	4.678	48,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	17.576	13.265	24,5%
C _{MO}	[€]	10.152	5.076	50,0%
C _{MS}	[€]	2.699	1.349	50,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	12.851	6.426	50,0%
OPEX	[€]	10.152	5.076	50,0%
Classe energetica	[-]	E	E	+0 classi

Nota (20) 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 quello elettrico

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,080 [€/kWh] per il vettore termico e : 0,209 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 8.15 – EEM7: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



9 VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA

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

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

9.1 ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

EEM1: Coibentazione copertura piana

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

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

Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 1, che consiste nella coibentazione della copertura piana con polistirene XPS e getto di completamento (sp=14+4cm).

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

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

Tabella 9.1 – Analisi dei costi della EEM1

DESCRIZIONE	FONTI PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO SCONTATO DEL 10% [€/n° o €/m ²]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
Pannelli in polistirene espanso estruso (XPS) con o senza pelle, resistenza a compressione pari a 300 kpa (secondo la norma UNI EN 13164), euroclasse E di resistenza al fuoco, marchiatura CE, lambda pari a 0,038 W/mK. Per isolamento termico interno ed esterno spessore 140 mm	Prezzario Regione Piemonte	724,36	m ²	€ 21,29	€ 15.422,28	22%	€ 18.815,19
solo posa di isolamento termico-acustico su superfici orizzontali eseguito con pannelli isolanti, posti in opera mediante fissaggio con chiodi di materiale plastico compresa la sigillatura dei giunti con nastro adesivo plastificato	Prezzario Regione Liguria	724,36	m ²	€ 4,13	€ 2.989,63	22%	€ 3.647,35
massetto semplice o armato per formazione di pendenze su coperture piane o simili costituito da impasto cementizio dosato a	Prezzario Regione Liguria	724,36	m ²	€ 12,75	€ 9.238,88	22%	€ 11.271,44

300 kg di cemento 32.5R dello spessore medio di 5 cm							
solo posa in opera di membrane bituminose semplici, autoprotette, mediante rinvenimento a fiamma su superfici piane o con pendenza fino a 30 gradi di inclinazione	Prezzario Regione Liguria	724,36	m2	€ 7,01	€ 5.077,11	22%	€ 6.194,07
Membrana elastoplastomerica armata con lamina di alluminio minima 60 micron accoppiata a feltro di vetro rinforzato e stabilizzato impurificabile. Spessore 3 mm	Prezzario Regione Liguria	724,36	m2	€ 3,44	€ 2.489,16	22%	€ 3.036,78
Costi per la sicurezza	-	3%	%		€ 1.056,51	22%	€ 1.288,94
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%		€ 2.465,19	22%	€ 3.007,54
TOTALE (I₀ - EEM1)					€ 38.739	22%	€ 47.261
Incentivi	[Conto termico]						€ 18.904,52
Durata incentivi							5
Incentivo annuo							€ 3.780,90

EEM2: Sostituzione Infissi con altri aventi $U=1,66W/m^2K$

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

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

Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 2, si ipotizza di realizzare una sostituzione dei serramenti esistenti con altri aventi $U_w=1,66 W/(m^2K)$.

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

La tabella 7 delle regole applicative del D.M. 16 febbraio 2016 prevedono che gli incentivi per tale intervento siano il 40% della spesa ammissibile con un costo massimo ammissibile di 450 €/m² e di un valore massimo dell'incentivo non superiore ai 100.000 €. Tali incentivi sono erogabili solo nel caso in cui vengano installati, congiuntamente ai serramenti, sistemi di termoregolazione. Nel caso in cui vengano previsti oltre all'isolamento termico delle superfici opache almeno un intervento a scelta tra le tipologie 1.C, 2A, 2.B, 2.C, 2.E, la percentuale incentivata della spesa ammissibile è pari al 55%. Nella tabella 9.3 sono riportati i risultati della quantificazione senza l'incentivo, esso sarà poi calcolato solamente nelle misure di efficienza congiunte degli scenari a medio/lungo termine, che prevederanno il 40% oppure il 55%.

Tabella 9.2 – Analisi dei costi della EEM2

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO SCONTATO DEL 10%	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ²]	[€]	[€]	[€]
Rimozione senza recupero di serramenti in legno o metallo compresa rimozione telaio a murare per misurazioni minima 2 mq	Prezzario Regione Liguria	564,45	m2	€ 27,37	€ 15.450,54	22%	€ 18.849,65
Finestra o portafinestra in PVC completa di vetrocamera, qualità media, con valore massimo di trasmittanza $U=2,8 W/m^2K$, controtelaio escluso, misurazione minima per serramento m ² 1,0 apertura ad una o due ante o a	Prezzario Regione Liguria	564,45	m2	€ 299,00	€ 168.770,55	22%	€ 205.900,07

vasistas							
solo posa in opera di finestra o portafinestra in alluminio, pvc, legno acciaio esclusa la fornitura e posa di controtelaio in acciaio	Prezziario Regione Liguria	564,45	m2	€ 44,12	€ 24.902,51	22%	€ 30.381,06
Controtelaio per finestre, portefinestre e simili, in legno.	Prezziario Regione Liguria	95,03262598	m	€ 6,90	€ 655,73	22%	€ 799,98
Trasporto eseguito con autocarro, motocarro o simili, della portata fino a 1000 kg, di materiali di risulta da scavi e/o demolizioni, per ogni km del tratto entro i primi 5. Misurato in banco	Prezziario Regione Liguria	84,6675	m3	€ 10,70	€ 905,94	22%	€ 1.105,25
Costi per la sicurezza	-	3%	%		€ 6.320,56	22%	€ 7.711,08
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%		€ 14.747,97	22%	€ 17.992,52
TOTALE (I₀ – EEM2)					€ 231.754	22%	€ 282.740
Incentivi	[Conto termico]						
Durata incentivi							
Incentivo annuo							

EEM3: Termoregolazione

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

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

Tabella 9.13 è riportata l’analisi dei costi relativi alle EEM 3, si ipotizza di realizzare installare un sistema di termoregolazione all’interno e per tutto l’edificio.

Tale intervento, se considerato da solo, non consente l’ottenimento di nessun incentivo del Conto Termico. È però un’azione obbligatoria ed un costo ammissibile per accedere agli incentivi della sostituzione del generatore. Si rimanda la descrizione all’intervento corrispondente.

Tabella 9.3 – Analisi dei costi della EEM3

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO SCONTATO DEL 10%	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ²]	[€]	[€]	[€]
Valvole micrometriche a squadra complete di testa termostatica con elemento sensibile a gas: Ø 20 mm	Prezziario Regione Liguria	117	cad	€ 37,61	€ 4.400,26	22%	€ 5.368,32
Detentori in bronzo per tubi del diametro di: 20 mm a squadra	Prezziario Regione Liguria	117	cad	€ 9,20	€ 1.076,40	22%	€ 1.313,21
Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezziario Regione Liguria	78	h	€ 28,98	€ 2.260,58	22%	€ 2.757,91
Costi per la sicurezza	-	3%	%		€ 232,12	22%	€ 283,18
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%		€ 541,61	22%	€ 660,76
TOTALE (I₀ – EEM3)					€ 8.511	22%	€ 10.383
Incentivi	[Conto termico]						
Durata incentivi							
Incentivo annuo							

EEM4: Efficientamento impianto di illuminazione mediante trasformazione a LED

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

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

Tabella 9.14 è riportata l’analisi dei costi relativi alle EEM 4, si ipotizza di sostituire i corpi illuminanti (lampade e plafoniere) di tutti gli elementi dell’edificio.

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

La tabella 5 delle regole applicative del D.M. 16 febbraio 2016 prevedono che gli incentivi per tale intervento siano il 40% della spesa ammissibile con un costo massimo ammissibile di 35 €/m² e di un valore massimo dell’incentivo non superiore ai 70.000 €. Nella tabella 9.4 sono riportati i risultati della quantificazione dell’incentivo al 40%.

Tabella 9.4 – Analisi dei costi della EEM4

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO SCONTATO DEL 10%	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ²]	[€]	[€]	[€]
Rimozione e smaltimento di corpo illuminante	Milano	428	cad	€ 27,37	€ 15.450,54	22%	€ 18.849,65
Plafoniera a tenuta stagna per installazione diretta a parete o a soffitto - monolampada led 4000K 2800 lm potenza 13 W - lunghezza 690 mm	Milano	129	cad	€ 299,00	€ 168.770,55	22%	€ 205.900,07
Lampade lineari a LED non dimmerabili 9 - 10W con durata >= 40000 h	Prezzario Regione Piemonte	129	cad	€ 44,12	€ 24.902,51	22%	€ 30.381,06
Plafoniera a tenuta stagna per installazione diretta a parete o a soffitto - monolampada led 4000K 2800 lm potenza 22 W - lunghezza 1300 mm	Milano	289	cad	€ 10,70	€ 905,94	22%	€ 1.105,25
Lampade lineari a LED non dimmerabili 19-20W con durata >= 40000 h	Prezzario Regione Piemonte	289	cad	€ 39,12	€ 11.305,15	22%	€ 13.792,29
Plafoniera a tenuta stagna per installazione diretta a parete o a soffitto - monolampada led 4000K 2800 lm potenza 29 W - lunghezza 1600 mm	Milano	20	cad	€ 126,82	€ 2.536,36	22%	€ 3.094,36
Lampade lineari a LED non dimmerabili 34W con durata >= 40000 h	Prezzario Regione Piemonte	20	cad	€ 65,45	€ 1.308,91	22%	€ 1.596,87
Costi per la sicurezza	-	3%	%		€ 1.940,89	22%	€ 2.367,89
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%		€ 4.528,75	22%	€ 5.525,08
TOTALE (I₀ – EEM4)					€ 71.166	22%	€ 86.823
Incentivi	[Conto termico]						€ 34.729,07
Durata incentivi							5
Incentivo annuo							€ 6.945,81

EEM5: Caldaia

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

La tabella 5 delle regole applicative del D.M. 16 febbraio 2016 prevedono che gli incentivi per tale intervento siano il 40% della spesa ammissibile con un costo massimo ammissibile di 200 €/m² e di

un valore massimo dell’incentivo non superiore ai 400.000 €. Nel caso in cui vengano previsti oltre all’isolamento termico delle superfici opache almeno un intervento a scelta tra le tipologie 1.C, 2A, 2.B, 2.C, 2.E, la percentuale incentivata della spesa ammissibile è pari al 55%. Nella tabella 9.1 sono riportati i risultati della quantificazione dell’incentivo al 40%

Tabella 9.1 è riportata l’analisi dei costi relativi alle EEM 5, si ipotizza di realizzare una sostituzione del generatore esistente e tradizionale con una caldaia a condensazione più efficiente.

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

La tabella 8 delle regole applicative del D.M. 16 febbraio 2016 prevedono che gli incentivi per tale intervento siano il 40% della spesa ammissibile con un costo massimo ammissibile di 130 €/kWt e di un valore massimo dell’incentivo non superiore ai 40.000 €. Nel caso in cui vengano previsti oltre all’isolamento termico delle superfici opache di tipologia 1.A la percentuale incentivata della spesa ammissibile è pari al 55%. Nella tabella 9.5 sono riportati i risultati della quantificazione dell’incentivo al 40%.

Tabella 9.5 – Analisi dei costi della EEM5

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO SCONTATO DEL 10%	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ²]	[€]	[€]	[€]
Rimozione generatore esistente - taglia caldaia esistente Pn > 250 e Pn <= 350	CCIAA RE	1	cad	€ 1.616,05	€ 1.616,05	22%	€ 1.971,59
Caldaia 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: 320 Kw circa	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 17.077,50	€ 17.077,50	22%	€ 20.834,55
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 250 mm	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 211,60	€ 211,60	22%	€ 258,15
Sola posa in opera di bruciatori 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
Accessori per caldaie a condensazione: Tubi Ø 80mm della lunghezza 1 m	Prezzario Regione Liguria	8	cad	€ 19,21	€ 153,67	22%	€ 187,48
Accessori per caldaie a condensazione: Kit scarichi separati per tubi Ø 80mm	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 25,87	€ 25,87	22%	€ 31,56
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
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
Interruttore orario digitale modulare per la programmazione settimanale a due canali	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 133,40	€ 133,40	22%	€ 162,75
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
Opere edili Operaio Qualificato	Prezzario Regione Liguria	8	h	€ 31,28	€ 250,25	22%	€ 305,31
Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezzario Regione Liguria	20	h	€ 28,98	€ 579,64	22%	€ 707,16
Trasporto a discarica o a centro di riciclaggio di materiali di risulta provenienti da scavi e/o demolizioni, misurato su autocarro in partenza, esclusi gli eventuali oneri di discarica o smaltimento, eseguito con piccolo mezzo di trasporto con capacità di carico fino a 3 t. per ogni chilometro del tratto oltre i primi 5 km e fino al decimo km.	Prezzario Regione Liguria	50	m ³ km	€ 4,29	€ 214,55	22%	€ 261,75
Costi per la sicurezza	-	3%	%		€ 624,77	22%	€ 762,22
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%		€ 1.457,80	22%	€ 1.778,52

TOTALE (I₀ – EEM5)		€	22.908	22%	€	27.948
Incentivi	[Conto termico]					€ 11.179,27
Durata incentivi						5
Incentivo annuo						€ 2.235,85

EEM6: Fotovoltaico

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

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

Tabella 9.1 è riportata l’analisi dei costi relativi alle EEM 6, si ipotizza di installare impianto da fonti rinnovabili quale un sistema fotovoltaico.

La realizzazione di tale intervento non consente l’ottenimento degli incentivi dal conto termico 2.0. Per questo il costo potrà essere ammortizzato solamente dal risparmio energetico ottenibile o per altre procedure finanziarie da definire in un secondo momento con la stazione appaltante.

Tabella 9.6 – Analisi dei costi della EEM6

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO SCONTATO DEL 10%	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ²]	[€]	[€]	[€]
Fornitura e posa di impianto fotovoltaico costituito da:							
1. Modulo fotovoltaico a struttura rigida in silicio monocristallino/policristallino (compreso: sostegno e struttura per qualsiasi tipo di tetto in materiale anticorrosivo inossidabile; cablaggi, condutture, connettori e scatole IP 65, diodi di bypass, involucro in classe II con struttura sandwich e telaio anodizzato).							
2. Inverter bidirezionale, filtri e controllore di isolamento.							
3. Quadro di parallelo inverter.							
4. Oneri relativi a tutte le pratiche documentali e fiscali necessarie.							
5. Dichiarazioni di conformità, garanzie, manuale.							
Sono comprese nel prezzo le assistenze murarie							
Con potenza complessiva per singolo impianto: da 7 fino a 20 kWp							
	Prezzario Regione Lombardia	16	kWp	€ 2.466,80	€ 39.468,80	22%	€ 48.151,94
Costi per la sicurezza	-	3%	%		€ 1.184,06	22%	€ 1.444,56
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%		€ 2.762,82	22%	€ 3.370,64
TOTALE (I₀ – EEM6)					€ 43.416	22%	€ 52.967
Incentivi	[Conto termico]						0
Durata incentivi							0
Incentivo annuo							0

9.2 ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

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

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

Gli indicatori economici d'investimento utilizzati sono:

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

Essi sono così definiti:

1) Tempo di ritorno semplice (TRS):

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

Dove:

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

2) Tempo di ritorno attualizzato (TRA):

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

Dove:

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

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

Dove:

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

3) Valore Attuale Netto (VAN) del progetto:

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

Dove:

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

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

5) Indice di Profitto (IP):

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

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

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

I risultati dell’analisi economica tramite flussi di cassa sono poi stati rappresentati mediante tipici grafici a farfalla, dal quale è possibile evincere i flussi di cassa cumulati di progetto, l’investimento capitale iniziale, l’I₀, e il TRS.

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

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

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

EEM1: Coibentazione copertura piana

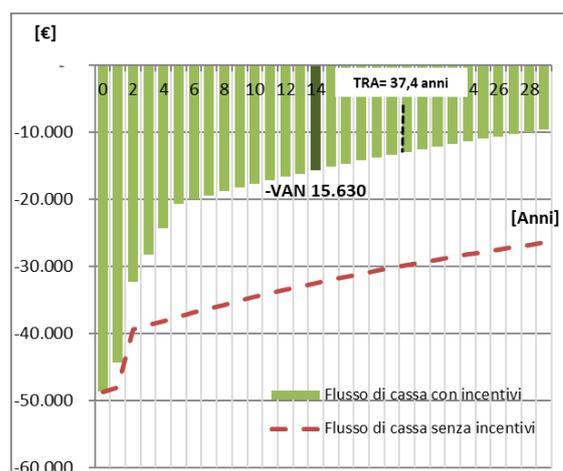
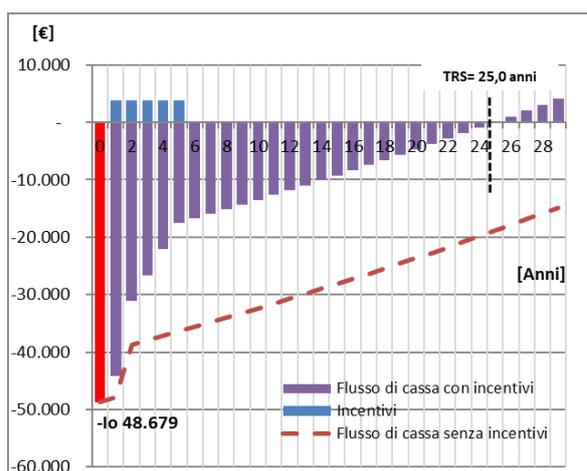
L’analisi di convenienza effettuata per la EEM 1 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

Tabella 9.7 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM1– Coibentazione copertura piana

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE	
Investimento Iniziale	I ₀	€	47.261
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	3.781
Durata incentivo	n _B	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	43,1	25,0
Tempo di rientro attualizzato	TRA	65,7	37,4
Valore attuale netto	VAN	-26.440	-9.608
Tasso interno di rendimento	TIR	-2,6%	0,9%
Indice di profitto	IP	-0,56	-0,20

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

Figura 9.1 –EEM1: Flussi di Cassa, con e senza incentivi Figura 9.2 – EEM1: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento di coibentazione della copertura ha un TRS di 25 anni considerando di ottenere l'incentivo previsto dal Conto Termico pari al 40% dei costi. pertanto tale intervento può essere preso in considerazione su scenari di lungo periodo. Nel caso in cui non vi fossero incentivi a disposizione il tempo di sarebbe di 43,1 anni.

EEM2: Serramenti

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

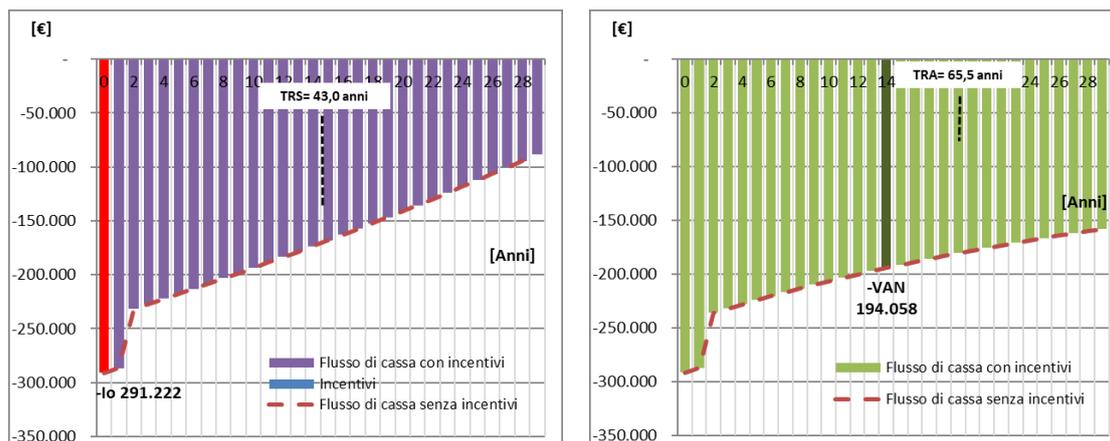
Tabella 9.8 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM2– Sostituzione serramenti

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE	
Investimento Iniziale	I_0	€ 282.740	
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%] 3,0%	
Aliquota IVA	%IVA	[%] 22,0%	
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni 3	
Vita utile	n	anni 30	
Incentivo annuo	B	€/anno -	
Durata incentivo	n_B	anni 5	
Tasso di attualizzazione	i	[%] 3,5%	
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO	VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI	
Tempo di rientro semplice	TRS	43,0	43,0
Tempo di rientro attualizzato	TRA	65,5	65,5
Valore attuale netto	VAN	- 157.926	- 157.926
Tasso interno di rendimento	TIR	-2,6%	-2,6%
Indice di profitto	IP	-0,56	-0,56

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

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

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



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento di sostituzione degli infissi ha un TRS di 43 anni non considerando di ottenere l’incentivo previsto dal Conto Termico pari al 40% dei costi, pertanto tale intervento non può essere preso in considerazione su scenari di lungo periodo.

EEM3: Termoregolazione

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

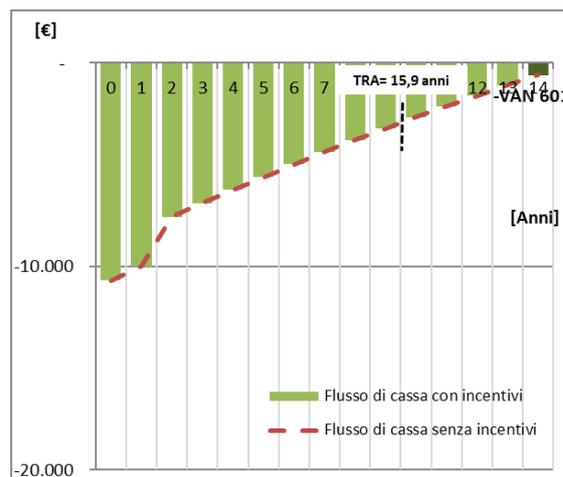
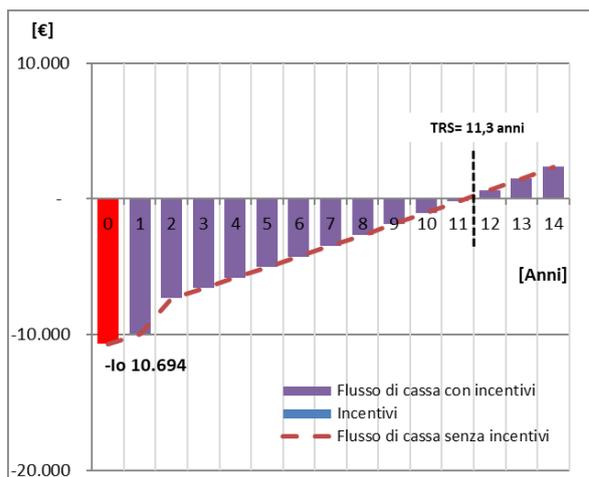
Tabella 9.9 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM3– Termoregolazione

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE	
Investimento Iniziale	I_0	€ 10.383	
Oneri Finanziari %lo	OF	[%] 3,0%	
Aliquota IVA	%IVA	[%] 22,0%	
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni 3	
Vita utile	n	anni 15	
Incentivo annuo	B	€/anno -	
Durata incentivo	n_B	anni 5	
Tasso di attualizzazione	i	[%] 3,5%	
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO	VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI	
Tempo di rientro semplice	TRS	11,3	11,3
Tempo di rientro attualizzato	TRA	15,9	15,9
Valore attuale netto	VAN	- 601	- 601
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 9.1 e Figura 9.2.

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

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



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento della termoregolazione ha un TRS di 11,3 anni considerando che come singolo intervento non è previsto il contributo del Conto Termico, pertanto tale intervento può essere preso in considerazione solamente se aggregato con la sostituzione della caldaia, la sua voce di costo è ammissibile all’interno di quello totale del generatore.

EEM4: Efficientamento impianto di illuminazione mediante trasformazione a LED

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

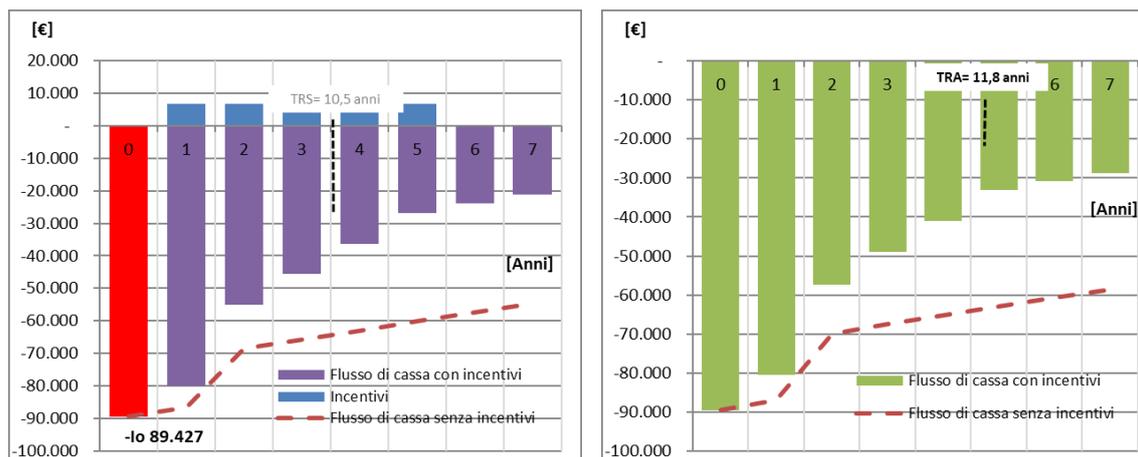
Tabella 9.10 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM4– LED

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE	
Investimento Iniziale	I_0	€ 86.823	
Oneri Finanziari % I_0	OF	3,0%	
Aliquota IVA	%IVA	22,0%	
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	3 anni	
Vita utile	n	8 anni	
Incentivo annuo	B	€/anno 6.678	
Durata incentivo	n_B	5 anni	
Tasso di attualizzazione	i	3,5%	
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO	VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI	
Tempo di rientro semplice	TRS	20,5	10,5
Tempo di rientro attualizzato	TRA	23,1	11,8
Valore attuale netto	VAN	- 58.481	- 28.752
Tasso interno di rendimento	TIR	-22,9%	-8,1%
Indice di profitto	IP	-0,67	-0,33

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

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

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



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento di sostituzione dei sistemi di illuminazione esistenti con nuovi a LED ha un TRS di 10,5 anni considerando di ottenere l’incentivo previsto dal Conto Termico pari al 40% dei costi. Pertanto tale intervento può essere preso in considerazione su scenari di medio periodo. Nel caso in cui non vi fossero incentivi a disposizione il tempo di ritorno risulta essere troppo alto anche prendendo in considerazione scenari su lungo periodo in quanto il TRS è di 20,5 anni. Tuttavia è necessario valutare il fatto che la vita utile di tali sistemi è di circa 8 anni e pertanto dovrebbe essere prevista una loro sostituzione su periodi superiori, in questo caso gli interventi potrebbero non essere più convenienti come è dimostrato dal valore del VAN negativo nel caso incentivato e non incentivato.

EEM5: Efficientamento generatore di calore

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

Tabella 9.11 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM5– Caldaia

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE	
Investimento Iniziale	I_0	€ 27.948	
Oneri Finanziari % I_0	OF	3,0%	
Aliquota IVA	%IVA	22,0%	
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	3	
Vita utile	n	15	
Incentivo annuo	B	€/anno 2.236	
Durata incentivo	n_B	5	
Tasso di attualizzazione	i	3,5%	
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO	VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI	
Tempo di rientro semplice	TRS	4,2	2,9
Tempo di rientro attualizzato	TRA	4,7	3,4
Valore attuale netto	VAN	39.423	49.376
Tasso interno di rendimento	TIR	21,9%	28,5%
Indice di profitto	IP	1,41	1,77

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

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

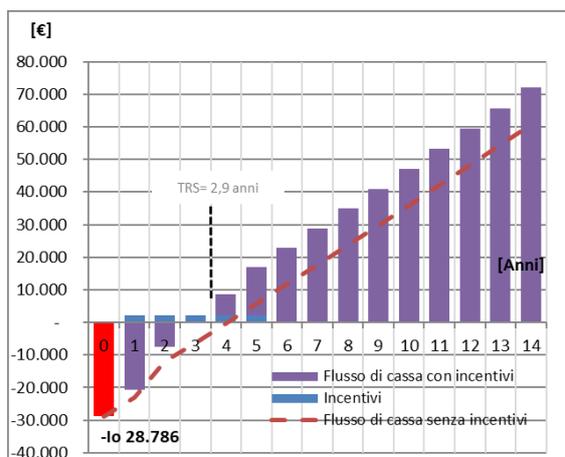
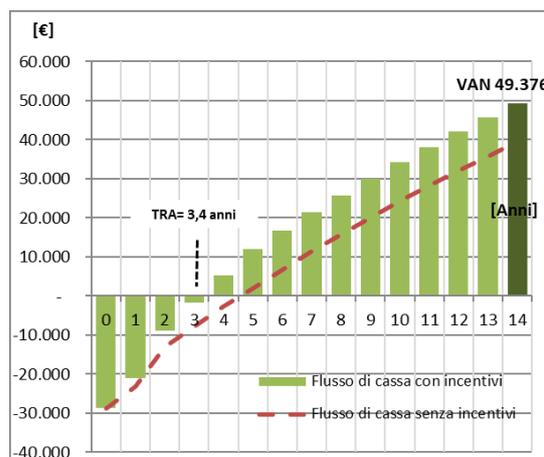


Figura 9.10 – EEM5: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento di sostituzione del generatore ha un TRS di 2,9 anni considerando di ottenere l'incentivo previsto dal Conto Termico pari al 55% dei costi invece che il 40% perché nella strategia di efficientamento sono state prese in considerazione misure di coibentazione sull'involucro, pertanto tale intervento può essere preso in considerazione anche su scenari di medio periodo. Nel caso in cui non vi fossero incentivi a disposizione il tempo di ritorno è comunque ancora sostenibile soltanto su un lungo periodo in quanto il TRS è di 4,2 anni.

EEM6: Fotovoltaico

L'analisi di convenienza effettuata per la EEM 6 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

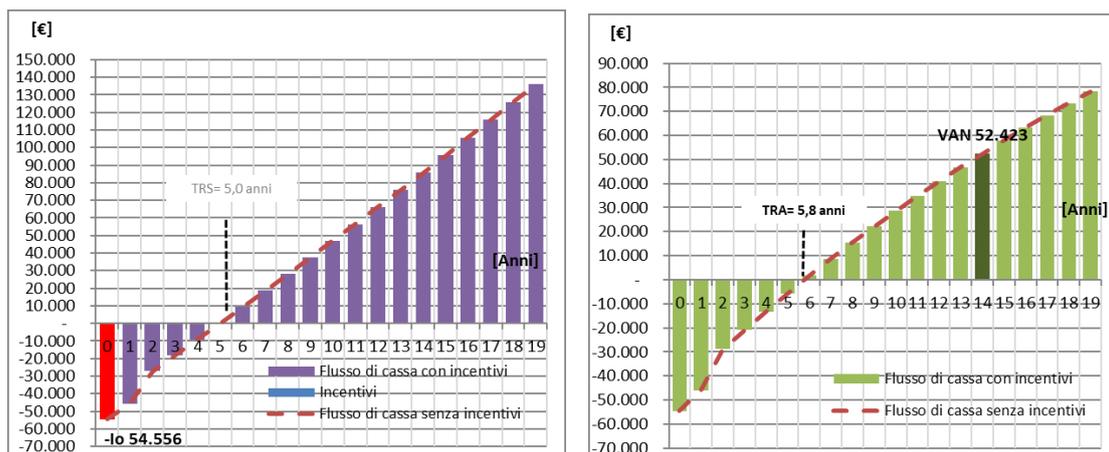
Tabella 9.12 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM6– Fotovoltaico

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	Io	€ 52.967
Oneri Finanziari %Io	OF	[%] 3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%] 22,0%
Anno recupero erariale IVA	n _{IVA}	anni 3
Vita utile	n	anni 20
Incentivo annuo	B	€/anno -
Durata incentivo	n _B	anni 5
Tasso di attualizzazione	i	[%] 3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO	VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	5,0
Tempo di rientro attualizzato	TRA	5,8
Valore attuale netto	VAN	78.279
Tasso interno di rendimento	TIR	18,5%
Indice di profitto	IP	1,48

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

Figura 9.11 –EEM6: Flussi di Cassa, con e senza incentivi

Figura 9.12 – EEM6: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento installazione di un impianto fotovoltaico ha un TRS di 6,3 anni senza incentivi dal Conto Termico. Per questo non c’è alcuna differenza tra lo scenario senza e con incentivo. La valutazione economica risultante consente un risparmio energetico anche a fronte di una spesa con importo pieno.

Sintesi

La sintesi della valutazione economico – finanziaria delle EEM proposte è riportata nelle Tabella 9.13 e Dall’analisi dei risultati emerge che senza incentivi solo la sostituzione del generatore e l’installazione di un impianto FV è sostenibile sul medio/breve periodo, tutti gli altri interventi nell’ambito della categoria “to be lean” hanno tempi di ritorno semplice superiori ai 15 anni e con VAN negativi. Infine si distingue in “to be green” l’intervento d’installazione del fotovoltaico con un TRS sostenibile.

Tabella 9.14.

Tabella 9.13 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso senza incentivi

	SENZA INCENTIVI										
	% ΔE [%]	% ΔCO_2 [%]	ΔC_E [€/anno]	ΔC_{MO} [€/anno]	ΔC_{MS} [€/anno]	I_0 [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]
EEM 1	4	4,3	886	0	0	-47.261	43	65,7	26.440<0	-2,6	-0,56
EEM 2	24,1	25,7	5.316	0	0	-282.740	43	65,5	157.926<0	-2,6	-0,56
EEM 3	4,0	4	889	0	0	-10383	11,3	15,9	-601<0	3	-0,06
EEM 4	14,9	13,7	3.196,7	0	0	-86.823	20,5	23,1	58.481<0	-22,9	-0,67
EEM 5	2,9	3,1	-633,9	5.076	1.349	-27.948	4,2	4,7	39.423>0	21,9	1,41
EEM 6	24,5	23,1	4.310	5.076	1.349	-52.967	5	5,8	78.279>0	18,5	1,48

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

- % ΔE è il valore percentuale di riduzione dei consumi energetici rispetto al baseline energetico complessivo (termico + elettrico);
- % ΔCO_2 è il valore percentuale di riduzione delle emissioni di CO2 rispetto al baseline dell’emissioni complessivo (termico + elettrico);
- ΔC_E è il risparmio economico annuo attribuibile alla riduzione dei consumi energetici (termico + elettrico); assume valori positivi;
- ΔC_{MO} è la variazione di costo annuo attribuibile al nuovo costo per la gestione e la manutenzione ordinaria; assume valori positivi per un decremento e valori negativi per un incremento;
- ΔC_{MS} è la variazione di costo annuo attribuibile al nuovo costo previsto per la manutenzione straordinaria; assume valori positivi per un decremento e valori negativi per un incremento;

- I_0 è il valore dell’investimento iniziale per la realizzazione dell’intervento; assume valori negativi;

Dall’analisi dei risultati emerge che senza incentivi solo la sostituzione del generatore e l’installazione di un impianto FV è sostenibile sul medio/breve periodo, tutti gli altri interventi nell’ambito della categoria “to be lean” hanno tempi di ritorno semplice superiori ai 15 anni e con VAN negativi. Infine si distingue in “to be green” l’intervento d’installazione del fotovoltaico con un TRS sostenibile.

Tabella 9.14 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso con incentivi

	CON INCENTIVI										
	% ΔE [%]	% ΔCO_2 [%]	ΔC_e [€/anno]	ΔC_{MO} [€/anno]	ΔC_{MS} [€/anno]	I_0 [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]
EEM 1	4	4,3	886	0	0	-47.261	25	37,4	-9.608<0	0,9	-0,20
EEM 2	24,1	25,7	5.316	0	0	-282.740	43	65,5	157.926<0	-2,6	-0,56
EEM 3	4,0	4	889	0	0	-10383	11,3	15,9	-601<0	3	-0,06
EEM 4	14,9	13,7	3.196,7	0	0	-86.823	10,5	11,8	28.752<0	-8,1	-0,33
EEM 5	2,9	3,1	-633,9	5.076	1.349	-27.948	2,9	3,4	49.376>0	28,5	1,77
EEM 6	24,5	23,1	4.310	5.076	1.349	-52.967	5	5,8	78.279>0	18,5	1,48

Dall’analisi dei risultati emerge che grazie agli incentivi previsti dal Conto Termico del D.M. del 16 febbraio 2016 tutti gli interventi simulati lato impiantistico raggiungono dei tempi di ritorno semplici inferiori ai 25 anni con VAN positivi. In queste condizioni sono pertanto ipotizzabili aggregazioni di interventi sostenibili economicamente sia se venissero finanziati direttamente dal Comune di Genova sia attraverso il coinvolgimento di ESCO con FTT. Si segnala inoltre che interventi aggregati sull’intero sistema edificio impianti consentono di aumentare la percentuale di contribuzione relativa al meccanismo incentivante del Conto Termico, migliorando ulteriormente la sostenibilità economica.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Dove:

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

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

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

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

Essi sono così definiti:

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

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

Dove:

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

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

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

Dove:

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

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

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

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

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

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

- **Scenario 1: Scenario ottimale TRS≤15 anni:** Tale scenario consiste nella realizzazione di interventi di efficientamento del sistema impiantistico
- **Scenario 2: Scenario ottimale TRS≤25 anni:** Tale scenario consiste nella realizzazione di interventi di efficientamento dell'involucro termico e del sistema impiantistico

9.3.1 Scenario 1: Scenario ottimale TRS≤15 anni

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

EEM 3: Installazione di sistemi di termoregolazione

EEM 4: Efficientamento sistema di illuminazione mediante trasformazione a LED

EEM 5: Installazione di un nuovo generatore di calore

Tabella 9.15 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 1

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA AI 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM3 Fornitura & Posa	7737	1702	9439
EEM4 Fornitura & Posa	64696	14233	78929,7
EEM5 Fornitura & Posa	20825,7	4581,7	25407,4
Costi per la sicurezza	2798	616	3413
Costi per la progettazione	6528	1436	7964
TOTALE (I₀)	102585	22568	125154
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO} (IVA INCLUSA)	C _{MS} (IVA INCLUSA)	C _M (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM3 O&M	0	0	0
EEM4 O&M	0	0	0
EEM5 O&M	3445	916	4360

TOTALE (C _M)	3445	916	4360
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	
		[€]	
Incentivi	Conto termico	50062	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		10012	

Nota (21): Incentivo calcolato secondo regole applicative del D.M. 16 febbraio 2016 previste dal conto termico 2.0. Per tali interventi la quota incentivabile della spesa ammissibile è pari al 55%.

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

Figura 9.13 – SCN1: Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico post intervento

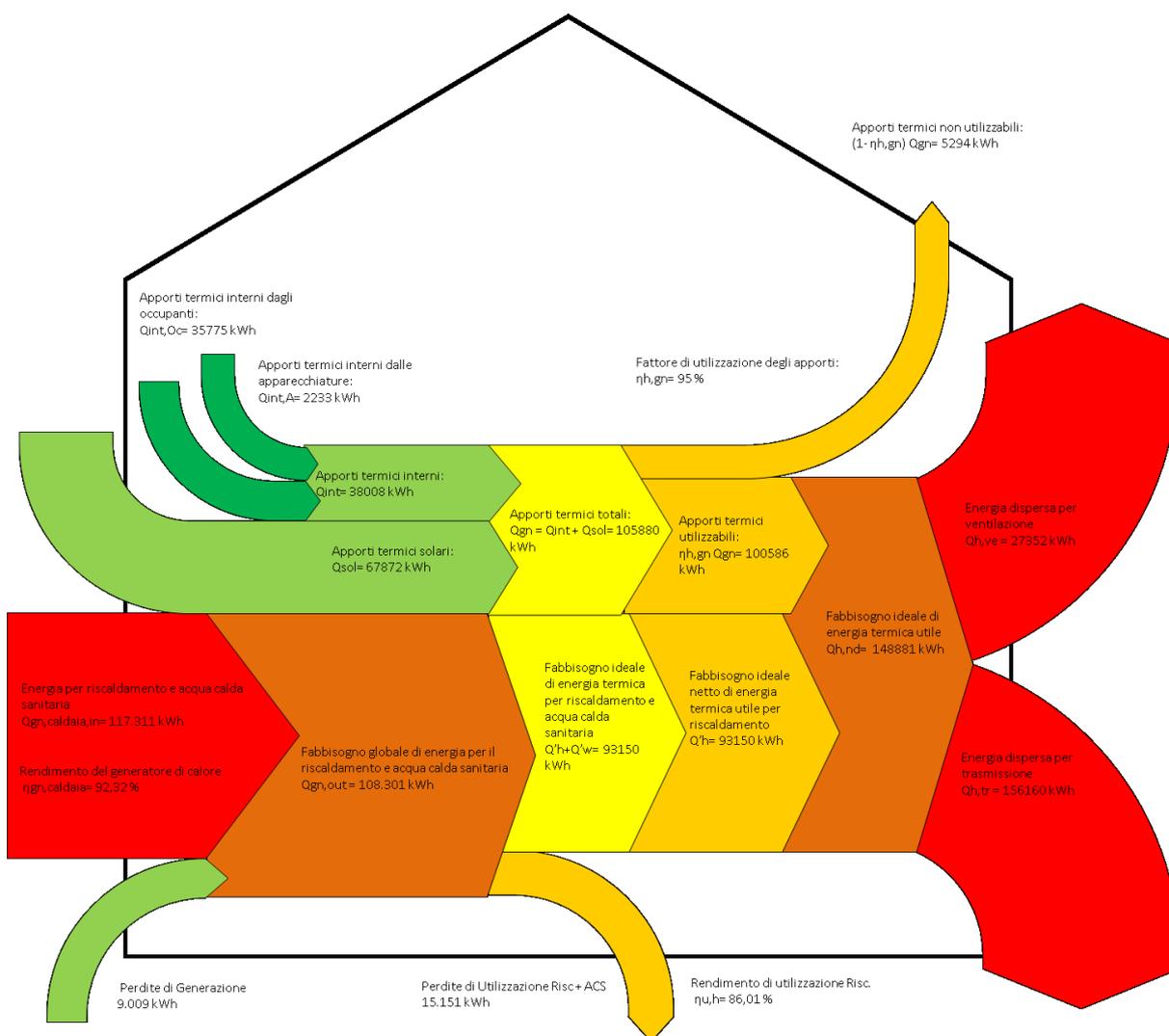
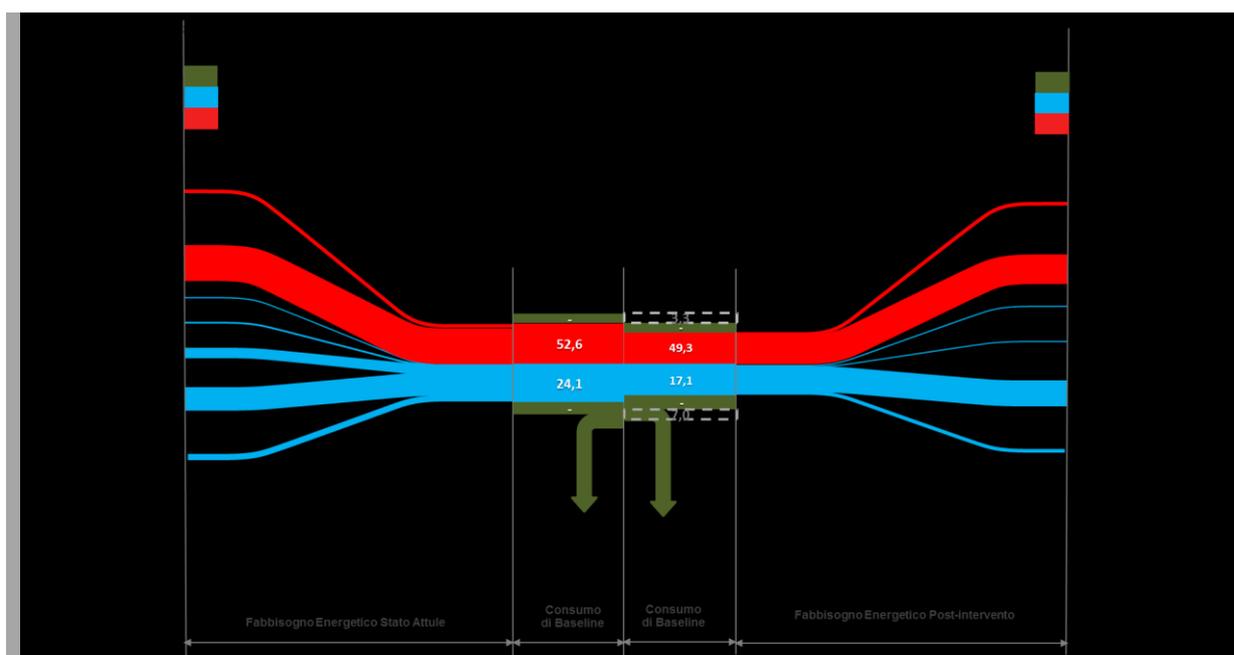


Figura 9.14 – SCN1: Bilancio energetico complessivo dell'edificio post intervento



I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella Tabella 9.16 e nella Figura 9.15

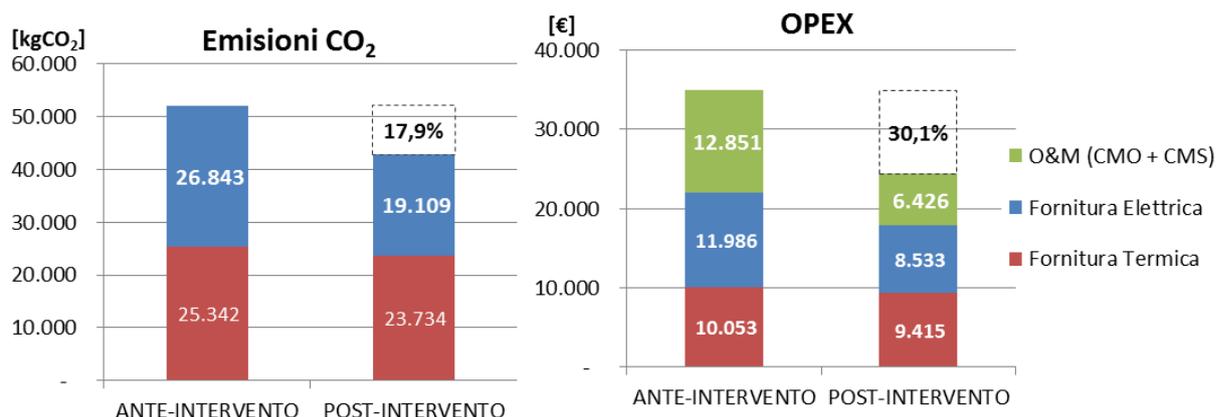
Tabella 9.16 – Risultati analisi SCN1 – Scenario ottimale TRS≤15 anni

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EM3 [Efficienza sottosistema di regolazione]	[%]	0,96	0,99	-3,1%
EM4	[-]	[-]	[-]	[-]
EM5 [Efficienza sottosistema di generazione]	[-]	0,894	0,923	[-]
$Q_{teorico}$	[kWh]	125.260	117.312	6,3%
$EE_{teorico}$	[kWh]	60.173	42.836	28,8%
$Q_{baseline}$	[kWh]	125.454	117.494	6,3%
$EE_{baseline}$	[kWh]	57.480	40.919	28,8%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	25.342	23.734	6,3%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	26.843	19.109	28,8%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	52.185	42.843	17,9%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	10.053	9.415	6,3%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	11.986	8.533	28,8%
Fornitura Energia, C_E	[€]	22.039	17.948	18,6%
C_{MO}	[€]	10.152	5.076	50,0%
C_{MS}	[€]	2.699	1.349	50,0%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	12.851	6.426	50,0%
OPEX	[€]	34.890	24.373	30,1%
Classe energetica	[-]	D	D	+0 classi

Nota (22) 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: 0,063 [€/kWh] per il vettore termico e 0,163 [€/kWh] per il vettore elettrico IVA esclusa

Figura 9.15 - 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 9.17, Tabella 9.18 e Tabella 9.19 e nelle successive figure.

Tabella 9.17 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN1– Scenario ottimale TRS≤15 anni

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	n_i	1
Anni Gestione Servizio	n_s	14
Anni Concessione	n	15
Anno inizio Concessione	n_0	2020
Anni dell'ammortamento	n_A	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	k_{CdP}	2,00%
Costo Capitale Azienda	WACC	4,00%
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CdP})$	$k_{progetto}$	4,00%
Inflazione ISTAT	f	0,50%
deriva dell'inflazione	f'	0,70%
%, interessi debito	k_D	3,82%
%, interessi equity	k_E	9,00%
Aliquota IRES	IRES	24,0%
Aliquota IRAP	IRAP	3,9%
Aliquota fiscale	τ	27,90%
Anni debito (finanziamento)	n_D	10
Anni Equity	n_E	14
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_0	€ 125.154
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 3.755
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 128.909
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,0%
Debito	I_D	€ 103.127
Equity	I_E	€ 25.782
Fattore di annualità Debito	FA_D	8,30
Rata annua debito	q_D	€ 12.422
Costo finanziamento,(D+INT _D)	$q_D * n_D$	€ 124.222
Costi per interessi debito, INT _D	$INT_D = q_D * n_D - D$	€ 21.095

Tabella 9.18 – Parametri Economici dell’analisi di redditività dello SCN1

PARAMETRI ECONOMICI			
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	CEO	€	17.190
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	CMO	€	10.024
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	CBaseline	€	27.214
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	CAltro	€	-
Riduzione% costi fornitura Energia	%ΔCE		18,6%
Riduzione% costi O&M	%ΔCM		50,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	%CBaseline		0,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€	6.686
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€	-
Risparmio PA durante la concessione	14%	€	39.504
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€	9.823
N° di Canoni annuali	anni		14
Utile lordo della ESCO	%CAPEX		12,59%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	CESCO	€	1.159
Costi FTT €/anno IVA escl.	CFTT	€	1.507
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	CAPEX	€	4.020
Canone O&M €/anno	CnM	€	5.204
Canone Energia €/anno	CnE	€	15.324
Canone Servizi €/anno IVA escl.	CnS	€	20.528
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	CnD	€	6.686
Canone Totale €/anno IVA escl.	Cn	€	27.214
Aliquota IVA %	IVA		22%
Rimborso erariale IVA	RIVA	€	22.569
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	RB	€	50.062
Durata Incentivi, anni	nB		5
Inizio erogazione Incentivi, anno			2022

Tabella 9.19 – 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.		8,66
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		12,64
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€	7.675
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC		5,29%
Indice di Profitto	IP		6,13%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.		3,22
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		3,77
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€	5.209
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke		18,27%
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3		1,112
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1		1,012
Indice di Profitto Azionista	IP		4,16%

Figura 9.16 –SCN1: Flussi di cassa del progetto



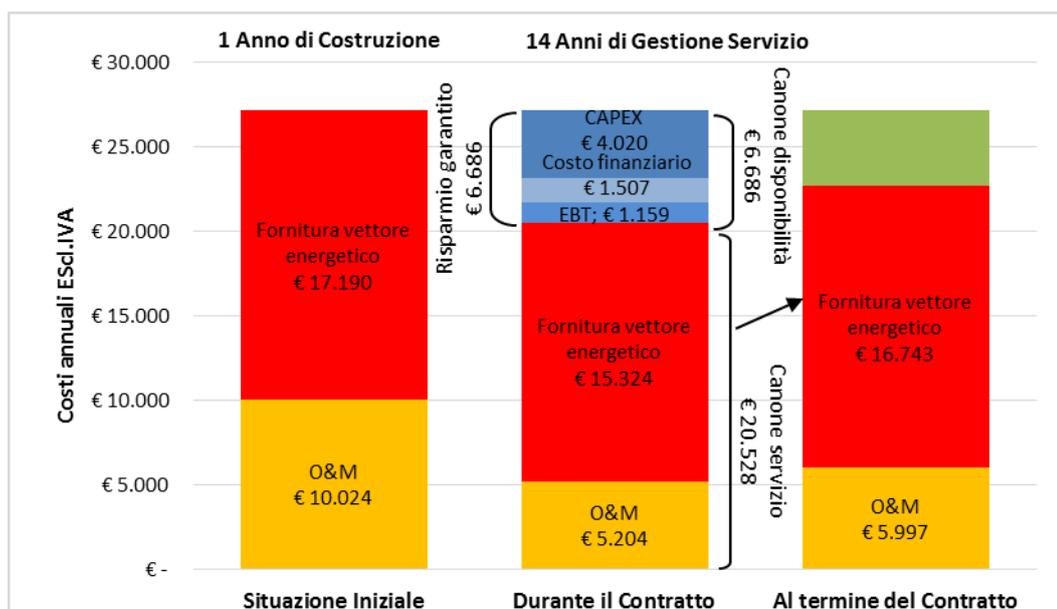
Figura 9.17 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



Dall'analisi effettuata è emerso che nel suo complesso lo scenario risulta conveniente come dimostrato dal valore degli indicatori economici raggiunti. Si segnala un periodo di criticità nei flussi di cassa dell'azionista tra il nono ed il dodicesimo anno.

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 9.18.

Figura 9.18 – Scenario 1: Schema di Energy Performance Contract



9.3.2 Scenario 2: Scenario ottimale TRS≤25 anni

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

- EEM 1: Coibentazione copertura piana
 EEM 3: Installazione di sistemi di termoregolazione
 EEM 4: Efficientamento sistema di illuminazione mediante trasformazione a LED
 EEM 5: Installazione di un nuovo generatore di calore
 EEM 6: Installazione impianto fotovoltaico

Tabella 9.20 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 2

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA AI 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 Fornitura & Posa	35217	7748	42965
EEM3 Fornitura & Posa	7737	1702	9439
EEM4 Fornitura & Posa	64696	14233	78929,7
EEM5 Fornitura & Posa	20825,7	4581,7	25407,4
EEM6 Fornitura & Posa	39469	8683	48152
Costi per la sicurezza	5038	1108	6147
Costi per la progettazione	11756	2586	14343
TOTALE (I₀)	184739	40342	225382
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO} (IVA INCLUSA)	C _{MS} (IVA INCLUSA)	C _M (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 O&M	0	0	0
EEM3 O&M	0	0	0
EEM4 O&M	0	0	0
EEM5 O&M	3445	916	4360
EEM6 O&M	0	0	0
TOTALE (C_M)	3445	916	4360
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	
		[€]	
Incentivi	Conto termico	81805	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		16361	

Nota (21): Incentivo calcolato secondo regole applicative del D.M. 16 febbraio 2016 previste dal conto termico 2.0. Per tali interventi la quota incentivabile della spesa ammissibile è pari al 55%, escluso il fotovoltaico per il quale non è stato considerato l'incentivo.

Figura 9.19 – SCN2: Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico post intervento

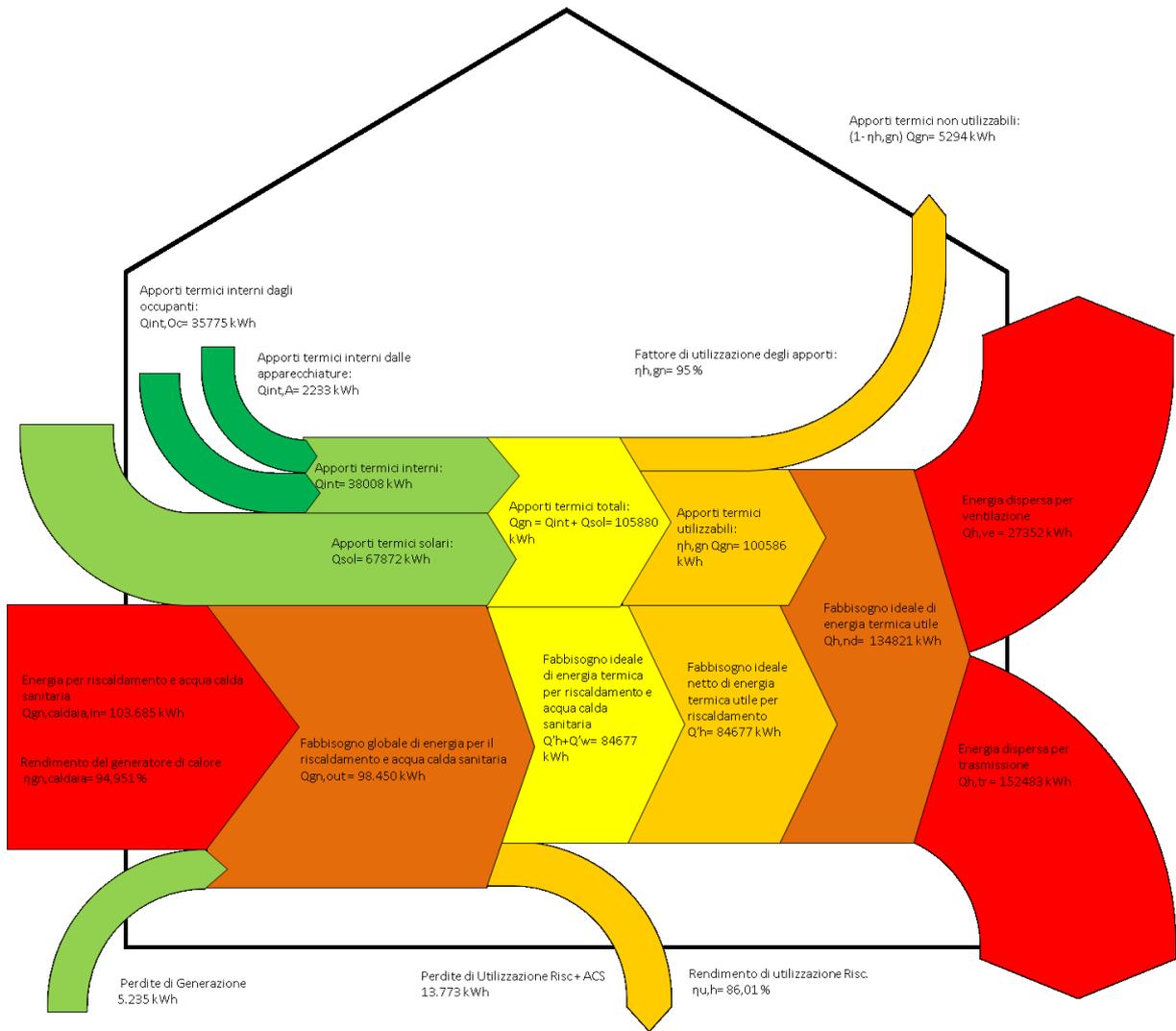
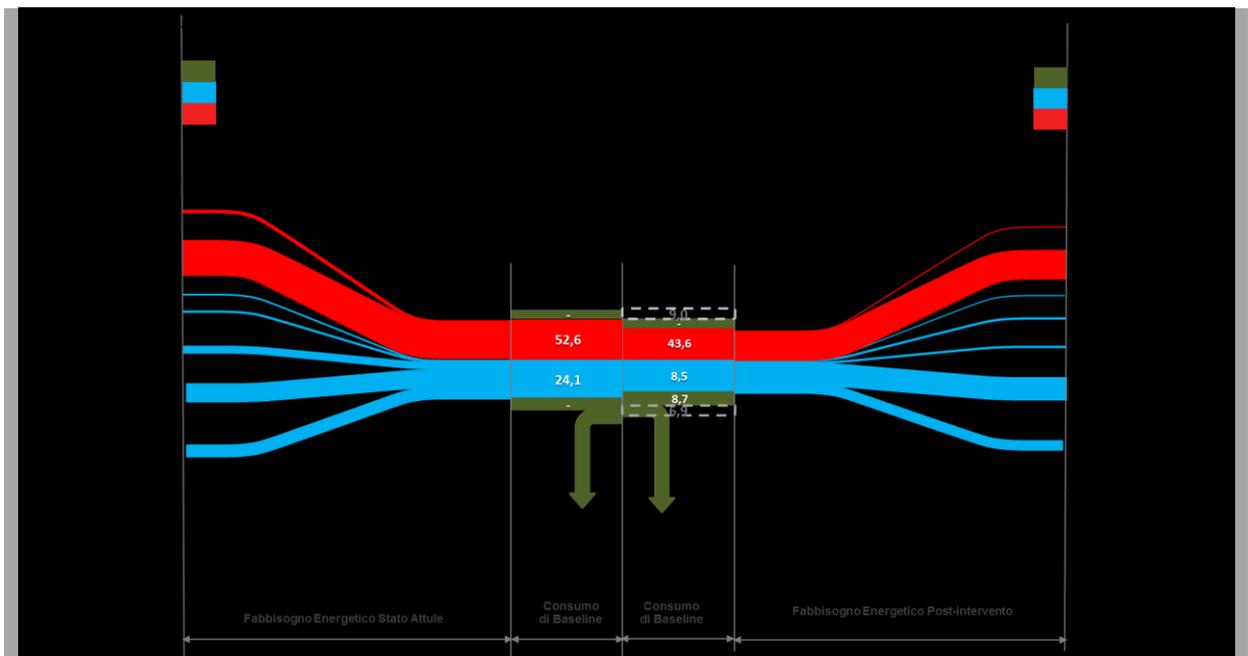


Figura 9.20 – SCN2: Bilancio energetico complessivo dell’edificio post intervento



I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione dello Scenario 2 sono riportati nella Tabella 9.16 e nella Figura 9.15

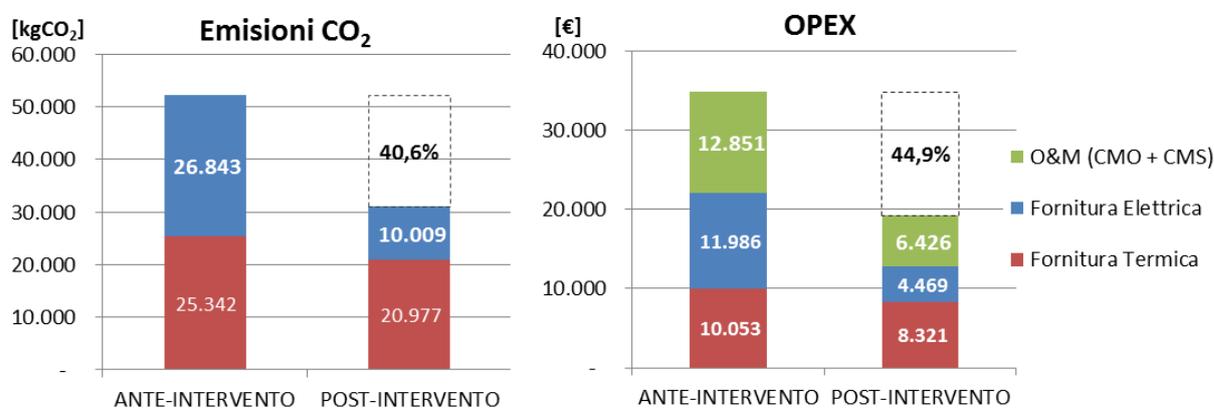
Tabella 9.21 – Risultati analisi SCN2 – Scenario ottimale TRS_{≤25} anni

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EM1 [Trasmittanza termica]	[W/m ² K]	0,87	0,2	77,0%
EM3 [Efficienza sottosistema di regolazione]	[%]	0,96	0,99	-3,1%
EM4	[-]	[-]	[-]	[-]
EM5 [Efficienza sottosistema di generazione]	[-]	0,894	0,923	[-]
EM6	[-]	[-]	[-]	[-]
Q _{teorico}	[kWh]	125.260	103.684	17,2%
EE _{teorico}	[kWh]	60.173	22.436	62,7%
Q _{baseline}	[kWh]	125.454	103.845	17,2%
EE _{baseline}	[kWh]	57.480	21.432	62,7%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	25.342	20.977	17,2%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	26.843	10.009	62,7%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	52.185	30.985	40,6%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	10.053	8.321	17,2%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	11.986	4.469	62,7%
Fornitura Energia, C_e	[€]	22.039	12.790	42,0%
C _{MO}	[€]	10.152	5.076	50,0%
C _{MS}	[€]	2.699	1.349	50,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	12.851	6.426	50,0%
OPEX	[€]	34.890	19.216	44,9%
Classe energetica	[-]	D	C	+1 classi

Nota (22) 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: 0,063 [€/kWh] per il vettore termico e 0,163 [€/kWh] per il vettore elettrico IVA esclusa

Figura 9.21 – 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 9.17, Tabella 9.18 e Tabella 9.19 e nelle successive figure.

Tabella 9.22 – Parametri finanziari dell’analisi di redditività dello SCN2– Scenario ottimale TRS≤25 anni

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	n_i	1
Anni Gestione Servizio	n_s	24
Anni Concessione	n	25
Anno inizio Concessione	n_o	2020
Anni dell'ammortamento	n_A	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	k_{cdp}	2,00%
Costo Capitale Azienda	WACC	4,00%
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{cdp})$	$k_{progetto}$	4,00%
Inflazione ISTAT	f	0,50%
deriva dell'inflazione	f'	0,70%
%, interessi debito	k_D	3,82%
%, interessi equity	k_E	9,00%
Aliquota IRES	IRES	24,0%
Aliquota IRAP	IRAP	3,9%
Aliquota fiscale	τ	27,90%
Anni debito (finanziamento)	n_D	10
Anni Equity	n_E	24
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_o	€ 225.382
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 6.761
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 232.143
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€ 185.715
Equity	I_E	€ 46.429
Fattore di annualità Debito	FA_D	8,30
Rata annua debito	q_D	€ 22.370
Costo finanziamento, $(D+INT_D)$	$q_D * n_D$	€ 223.704
Costi per interessi debito, INT_D	$INT_D = q_D * n_D - D$	€ 37.989

Tabella 9.23 – Parametri Economici dell’analisi di redditività dello SCN2

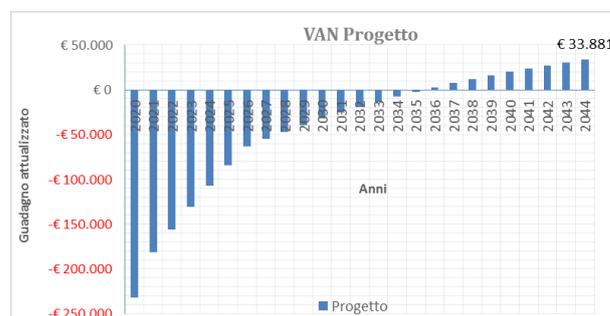
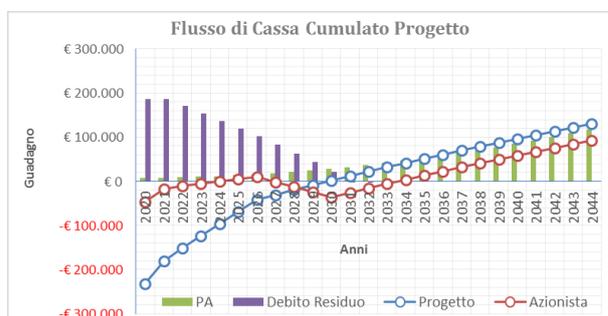
PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{Eo}	€ 17.190
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{Mo}	€ 10.024
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€ 27.214
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	% ΔC_E	42,0%
Riduzione% costi O&M	% ΔC_M	50,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	% $C_{Baseline}$	1,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€ 10.258
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€ 272
Risparmio PA durante la concessione	14%	€ 117.688
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€ 16.496
N° di Canoni annuali	anni	24
Utile lordo della ESCO	%CAPEX	39,62%

E63 – Scuola Media “Durazzo”

Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	€	3.833
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€	1.583
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€	4.571
Canone O&M €/anno	C_{nM}	€	5.338
Canone Energia €/anno	C_{nE}	€	11.618
Canone Servizi €/anno IVA escl.	C_{nS}	€	16.956
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	C_{nD}	€	9.986
Canone Totale €/anno IVA escl.	C_n	€	26.942
Aliquota IVA %	IVA		22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€	40.643
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€	81.805
Durata Incentivi, anni	n_B		5
Inizio erogazione Incentivi, anno			2022

Tabella 9.24 – Risultati dell’analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN2

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	10,84
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	16,47
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€ 33.881
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC	6,15%
Indice di Profitto	IP	15,03%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	14,54
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	18,59
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€ 8.755
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke	12,02%
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3	1,024
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1	1,526
Indice di Profitto Azionista	IP	3,88%

Figura 9.22 –SCN2: Flussi di cassa del progetto

Figura 9.23 – SCN2: Flussi di cassa dell'azionista

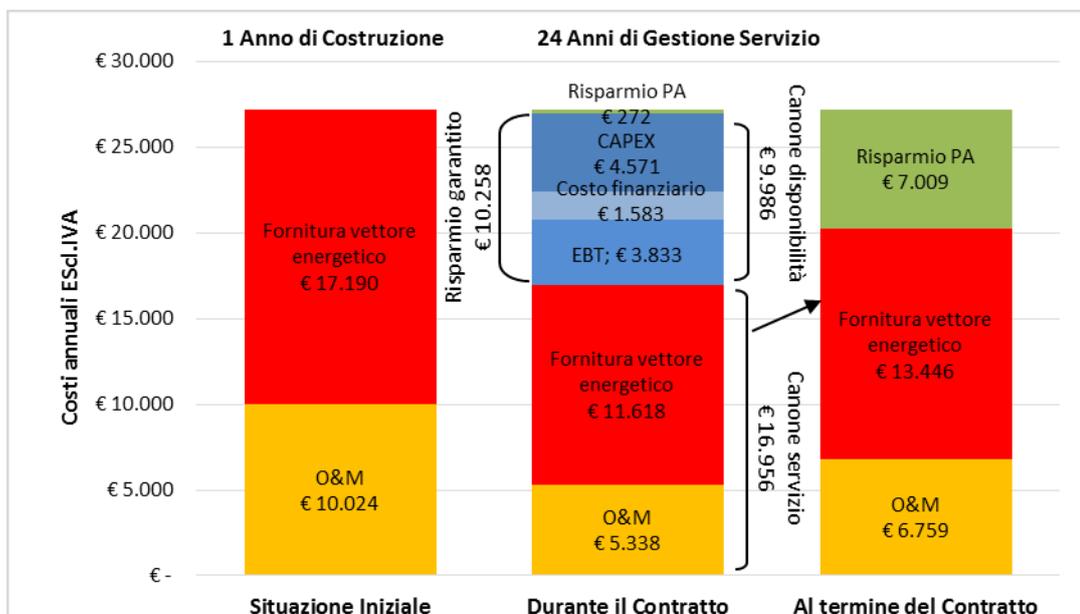
E63 – Scuola Media “Durazzo”



Dall’analisi effettuata è emerso che nel suo complesso lo scenario risulta conveniente come dimostrato dal valore degli indicatori economici raggiunti. Si segnala un periodo di criticità nei flussi di cassa dell’azionista tra il settimo ed il quattordicesimo anno.

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 9.18.

Figura 9.24 – Scenario 1: Schema di Energy Performance Contract



10 CONCLUSIONI

Dai risultati della diagnosi energetica emerge che l’edificio che ospita la Scuola Media “Durazzo” presenta ampie possibilità di efficientamento. Tale obiettivo potrebbe essere raggiunto attraverso la realizzazione di misure di efficientamento energetico con tempi di ritorno semplici piuttosto contenuti considerando la possibilità di accedere agli incentivi previsti per le PA dal “Conto Termico”. Sono stati inoltre simulati alcuni scenari su medio lungo periodo prevedendo interventi aggregati i cui costi/benefici potrebbero essere appetibili per un intervento che vede il coinvolgimento di investitori privati ed ESCo.

Nei paragrafi seguenti sono riportate le conclusioni del processo di audit attraverso:

riassunto degli indici di performance energetica

- lista delle raccomandazioni ed opportunità di risparmio energetico con la stima della loro fattibilità tecnico – economica;
- programma di attuazione delle raccomandazioni proposte;
- potenziali interazioni fra le raccomandazioni proposte;
- proposta di un piano di misure e verifiche per accertare i risparmi energetici conseguiti dopo l’implementazione delle raccomandazioni.

10.1 RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA

Si riportano di seguito gli indici di prestazione energetica conseguenti all’attuazione degli scenari ottimali SCN1 e SCN2.

Tabella 10.1 – Indicatori di performance energetica ricavati dalla modellazione (valutazione in modalità adattata all’utenza)

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA	U.M.	ANTE INTERVENTO		SCN1		SCN2		
		ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	
Globale non rinnovabile	EP _{gl}	kWh/mq anno	86.38	93.91	68,71	72,82	63,99	77,12
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	58.22	58.96	52,2	52,34	46,03	46,2
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	0.99	1.23	0,99	1,23	0,56	0,92
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	-	-	-	-	-	-
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	-	-	-	-	-	-
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	25.71	31.91	14,05	17,44	16,65	28,7
28,7	EP _T	kWh/mq anno	1.46	1.82	1,46	1,82	0,75	1,3
Emissioni equivalenti di CO2	CO _{2eq}	Kg/mq anno	16.6	18	13	15	12	14

10.2 RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI

Sulla base delle analisi tecnico-economiche effettuate sulle singole misure di efficienza energetica è stato possibile definire un elenco di interventi prioritari oltre che due possibili scenari aggregati.

L'elenco delle priorità è stato definito sulla base del valore di TRS raggiunto. Le EEM con un valore minore saranno le prime che si suggerisce di realizzare mentre quelle con TRS più alto dovranno essere realizzate in seguito.

Inoltre le opportunità di intervento sono state definite sulla base delle fattibilità tecniche ed economiche, privilegiando gli interventi “to be lean” rispetto a quelli “to be clean” e “to be green” suddivise sulla base di quanto indicato

Gli interventi “to be lean” simulati sono stati:

- EEM 1: Coibentazione copertura calpestabile con polistirene XPS ad alta densità e getto di completamento sp=16cm+4cm
- EEM 2: Sostituzione infissi esistenti con altri aventi $U=1,66W/m^2k$
- EEM 3: Installazione di sistemi di termoregolazione
- EEM 4: Installazione di sistemi di illuminazione a LED

Gli interventi “to be clean” simulati sono stati:

- EEM 5: Installazione di un nuovo generatore di calore

Gli interventi to be green sono stati:

- EEM 6 Installazione impianto fotovoltaico

Successivamente sono stati individuati due scenari di interventi aggregati su cui sono state calcolati gli indicatori economici a 15 e a 25 anni.

Interventi previsti nello scenario a 15 anni:

- EEM 3: Installazione di sistemi di termoregolazione
- EEM 4: Installazione di sistemi di illuminazione a LED
- EEM 5: Installazione di un nuovo generatore di calore

Interventi previsti nello scenario a 25 anni:

- EEM 1: Coibentazione copertura calpestabile con polistirene XPS ad alta densità e getto di completamento sp=16cm+4cm
- EEM 3: Installazione di sistemi di termoregolazione
- EEM 4: Installazione di sistemi di illuminazione a LED
- EEM 5: Installazione di un nuovo generatore di calore
- EEM 6 Installazione impianto fotovoltaico

Tabella 10.2 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria delle misure di efficienza energetiche To be Lean, caso con incentivi

		CON INCENTIVI													
		% ΔE	% Δ_{CO_2}	ΔC_E	ΔC_{MO}	ΔC_{MS}	I_0	TRS	TRA	VAN	TIR	IP	DSCR	LLCR	
		[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]			
3	EEM 1	4	4,3	886	0	0	-47.261	25	37,4	-9.608<0	0,9	-0,20	n/a	n/a	
4	EEM 2	24,1	25,7	5.316	0	0	-282.740	43	65,5	-157.926<0	-2,6	-0,56	n/a	n/a	
2	EEM 3	4,0	4	889	0	0	-10383	11,3	15,9	-601<0	3	-0,06	n/a	n/a	
1	EEM 4	14,9	13,7	3.196,7	0	0	-86.823	10,5	11,8	-28.752<0	-8,1	-0,33	n/a	n/a	

Tabella 10.3 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria delle misure di efficienza energetica To be clean, caso con incentivi

CON INCENTIVI													
	% Δ_E	% Δ_{CO_2}	ΔC_E	ΔC_{MO}	ΔC_{MS}	I_0	TRS	TRA	VAN	TIR	IP	DSCR	LLCR
	[%]	[%]	[€/ann o]	[€/ann o]	[€/ann o]	[€]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]		
EEM 5	2,9	3,1	-633,9	5.076	1.349	-27.948	2,9	3,4	49.376>0	28,5	1,77	n/a	n/a

Tabella 10.4 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria delle misure di efficienza energetica To be green, caso con incentivi

CON INCENTIVI													
	% Δ_E	% Δ_{CO_2}	ΔC_E	ΔC_{MO}	ΔC_{MS}	I_0	TRS	TRA	VAN	TIR	IP	DSCR	LLCR
	[%]	[%]	[€/ann o]	[€/ann o]	[€/ann o]	[€]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]		
EEM 6	24,5	23,1	4.310	5.076	1.349	-52.967	5	5,8	78.279>0	18,5	1,48	n/a	n/a

Tabella 10.5 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria delle misure di efficienza energetica scenari di intervento a 15 e 25 anni, caso con incentivi

CON INCENTIVI													
	% Δ_E	% Δ_{CO_2}	ΔC_E	ΔC_{MO}	ΔC_{MS}	I_0	TRS	TRA	VAN	TIR	IP	DSCR	LLCR
	[%]	[%]	[€/ann o]	[€/ann o]	[€/ann o]	[€]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]		
SCN1	14,6	17,9	3.191	3.445	916	-125.154	3,2	3,8	5.209	18,3	4,16	1,1	1
SCN2	42	40,6	7.213,8	3.445	916	-225.382	14,5	18,6	8.755	12	3,9	1	1,5

10.3 CONCLUSIONI E COMMENTI

In conclusione è possibile ipotizzare che gli interventi simulati negli scenari aggregati possano essere realizzati sia attraverso investimenti propri del comune di Genova sia attraverso l'attivazione di un Energy Performance Contracting di durata pluriennale, con una ESCo, in cui è previsto il raggiungimento della prestazione di efficientamento energetico simulata e riportata nel presente Rapporto di Diagnosi e di anno in anno verificata e monitorata.

Il risparmio garantito negli EPC è pertanto un valore contrattuale e la ESCo dovrà garantire annualmente il raggiungimento di tale performance calcolata in unità fisiche (es. MWh, lt, mc, ecc.). Se il risparmio ottenuto sarà minore rispetto a quello previsto da contratto il valore economico dell'extra consumo dovrà essere rimborsato dalla ESCo alla pubblica amministrazione secondo procedure stabilite dal contratto stesso. Se il risparmio è più alto rispetto al previsto il valore economico dell'extra-risparmio sarà diviso tra la ESCo e la P.A. proprietaria dell'edificio in accordo con la metodologia definita dal contratto (es. 70%-30%)

L'attendibilità del valore del risparmio energetico raggiunto dipende dalla qualità delle misure e delle verifiche (M&V) effettuate. Per rendere il processo il più trasparente possibile è necessario allegare al contratto EPC un Piano di Verifica e Monitoraggio della Prestazione e prevedere una VERIFICA DI PARTE TERZA.

All'interno dei Contratti EPC dovrà pertanto essere allegato un **Piani di Verifica e Monitoraggio della Prestazione** redatto in ottemperanza di quanto previsto dalla metodologia indicata dall'International Performance Measurement and Verification Protocol (IPMVP)

All'interno dei PMVP dovranno essere definite le modalità di misura e verifica delle prestazioni prevedendo la possibilità di verifiche delle frequenze di utilizzo, aggiustamenti e normalizzazione sulla base degli effettivi volumi riscaldati e delle condizioni climatiche.

Si suggerisce inoltre di prevedere la creazione di una commissione paritetica costituita da tre esperti, uno in rappresentanza del Comune di Genova uno della Esco ed uno esterno, i cui ruoli potranno essere definiti all'interno del PMVP, a titolo di esempio vengono riportati i possibili ruoli e funzioni all'interno della commissione:

- Raccolta dati dai meter (ESCo expert)



- Raccolta dati delle temperature esterne (ESCo expert)
- Verifica dei volumi riscaldati e dei fattori di occupazione (P.A. expert)
- Verifica delle temperature interne (P.A. expert)
- Verifica dei prezzi dell'energia (ESCo expert)
- Aggiustamenti e normalizzazioni (Terza parte expert)
- Approvazione delle misure e verifiche (Tutti)
- Report e definizione dei risparmi ottenuti (Terza parte expert)

ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITENZA

Titolo	Data	Nome file
01_Planimetrie	08.11.17	01_Involucro: E00063, PIAN1, PIAN1SS, PIAN1, PIAN2, PIANT3, PIANC
		02_Termici 041-S01-001-CENTRALE TERMICA, L1-042- 041-P00, L1-042-041-P01, L1-042-041-P02, L1-042-041-P03, L1-042-041-S01
		03_Elettrici: vuoto
02_Manutenzioni	08.11.17	01_Involucro: vuoto
		02_Termici L1-042-041_00_Copertina-Elenco elaborati, L1-042-041_01_Relazione Tecnico Illustrativa, L1-042-041_02_Relazione Gas, L1-042-041_03_Relazione INAIL, L1-042- 041_04_Relazione Fumi, L1-042-041_05_IM- PR-01, L1-042-041_06_IM-PR-02, L1-042- 041_07_IM-PR-03, L1-042-041_08_IS-PR-01, L1-042-041_09_Capitolato
		03_Elettrici: vuoto
		04_FER: vuoto
03_Consumi (Bollette elettricità 2014)	20.07.2018,	5700065497, 5700098222, 5700134953 5700176198, 5700214976, 5700248943 5700291175, 5700345592, 5700411925 5700373692, 5700492869, 5700492869
03_Consumi (Bollette elettricità 2015)	20.07.2018	5700492869, 5700544104, 5750082199 E000140845, E000163930, E000175673, E000337523, E000234066, E000281521 E000386677, E000432864, E000483583 E000018558, E000163930, E000084137, E000163930, E000310246, E000150591
03_Consumi (Bollette elettricità 2016)	20.07.2018	E000150591, E000084138, E000194174 E000334605, E000238238, E000334605 E000150591, E000194174, E000194174 E000238238, E000278555, E000334605 011640025275, 011640087946, 011640025275, 011640048519, 011640060830, 011640074903 011640126639, 011740042571 011640100078, 011740001581
Tabella riepilogativa scuole		kyotoBaseline-E63_rev10.xls

ALLEGATO B – ELABORATI

Titolo	Data	Nome file
Allegato B Elaborati	27.07.18	
Tavola con indicazione di impianti e zone termiche (dwg, PDF)		DE_Lotto.9-E63_Elaborati_PT
		DE_Lotto.9-E63_Elaborati_P1
		DE_Lotto.9-E63_Elaborati_P2
		DE_Lotto.9-E87_Elaborati_P3
		DE_Lotto.9-E87_Elaborati_P1SS
		DE_Lotto.9-E87_Elaborati_PC
Foto Sopralluogo		
File Grafici		DE_Lotto.9-E63-AllegatoB-Grafici



ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

Titolo	Data	Nome file
Allegato C E63	14.05.18	Allegato C E63.doc

ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI

Titolo	Data	Nome file
ALLEGATO D Report relativi ad altre prove diagnostiche strumentali	14.05.18	Lotto.9_Report prove diagnostiche strumentali_E63.doc

ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI

Titolo	Data	Nome file
ALLEGATO E Relazione di dettaglio dei calcoli	14.05.18	DE_E63_Baseline – Calcoli.rtf

ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

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

ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

Titolo	Data	Nome file
APE STATO DI FATTO	14/05/18	DE_E63_APE_Baseline.rtf

ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

Titolo	Data	Nome file
APE SCENARIO 15 ANNI	14/05/18	DE_E63_15 ANNI_LED+VT+Caldaia_APE - APE2015.RTF
APE SCENARIO 25 ANNI	14/05/18	DE_E63_25 ANNI_FV+VT+COPERTURA+LED+Caldaia_APE - APE2015.RTF

ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

Titolo	Data	Nome file
ALLEGATO I Dati climatici	14.05.18	GG_Lotto.9-E91.xls

ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

Titolo	Data	Nome file
ALLEGATO J Schede Audit	14.05.18	E 63_Scheda Audit_Template_rev2.xls

ALLEGATO K – SCHEDE ORE

Titolo	Data	Nome file
ALLEGATO K Schede ORE	14.05.18	Schede ORE_E 63.doc



ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI

Titolo	Data	Nome file
ANALISI PEF E63	14/05/18	E63_AnalisiPEF.xlsx

ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

Titolo	Data	Nome file
ALLEGATO M Report di Benchmark	14.05.18	Lotto.9_benchmark E63.doc



ALLEGATO N – CD-ROM