

SCUOLA MEDIA "BOCCANEGRA - ENRICO"

E664

PIAZZA MARCELLO REMONDINI 2, GENOVA

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA

FONDO KYOTO - SCUOLA 3



Luglio/2018

COMUNE DI GENOVA
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER



COMUNE DI GENOVA

ATI:

energynet

(mandataria)

more
energy
Integrated Engineering

(mandante)

Scuola media “Enrico Boccanegra”

E664

Piazza Marcello Remondini 2, Genova

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

Energynet s.r.l.

Viale Muratori 201 – 41124 – Modena

Tel 059 211085 – info@energynet.it

More Energy s.r.l.

Via Ragazzi del '99 39 – 42124 - Reggio Emilia

Tel. 0522 516610 – info@more-energy.it

REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI

Revisione	Data	Realizzazione	Revisione	Approvazione	Descrizione
0	12/06/2018	Lara Nuara	Irene Paradisi	Saverio Magni	Prima Pubblicazione
			Luigi Guerra		
B	26/07/2018	Lara Nuara	Irene Paradisi	Saverio Magni	Seconda pubblicazione a seguito della Revisione PA del 12/07/2018
			Luigi Guerra		

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

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

INDICE	PAGINA
REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI	3
INDICE.....	I
PAGINA.....	I
EXECUTIVE SUMMARY	I
CARATTERISTICHE DELL’EDIFICIO OGGETTO DELLA DE	I
1 INTRODUZIONE	1
1.1 PREMessa	1
1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA	1
1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO.....	1
1.4 IDENTIFICAZIONE DELL’EDIFICIO.....	2
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO	3
1.6 STRUTTURA DEL REPORT	6
2 DATI DELL’EDIFICIO.....	6
2.1 INFORMAZIONI SUL SITO	6
2.2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE, SOCIO-ECONOMICO E DESTINAZIONE D’USO	7
2.3 VERIFICA DEI VINCOLI INTERFERENTI SULLE PARTI DELL’IMMOBILE INTERESSATE DAGLI ’INTERVENTI.....	8
2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO.....	9
3 DATI CLIMATICI	11
3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO.....	11
3.2 DATI CLIMATICI REALI.....	12
3.3 ANALISI DELL’ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO	12
4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI	14
4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL’INVOLUCRO EDILIZIO.....	14
4.1.1 <i>Involucro opaco</i>	14
4.1.2 <i>Involucro trasparente</i>	16
4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/ CLIMATIZZAZIONE INVERNALE.....	17
4.2.1 <i>Sottosistema di emissione</i>	18
4.2.2 <i>Sottosistema di regolazione</i>	19
4.2.3 <i>Sottosistema di distribuzione</i>	19
4.2.4 <i>Sottosistema di generazione</i>	21
4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA	22
4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE	22
4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE	23
5 CONSUMI RILEVATI	23
5.1 CONSUMI ENERGETICI STORICI PER CIASCUN VETTORE E CONNESSIONE ALLE RETI GAS NATURALE ED ELETTRICA.....	23
5.1.1 <i>Energia termica</i>	24
5.1.2 <i>Energia elettrica</i>	26
5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI	29
6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO.....	33
6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO	33
6.1.1 <i>Validazione del modello termico</i>	34
6.1.2 <i>Validazione del modello elettrico</i>	35
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI.....	35
6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI.....	37
7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO	39
7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI	39



7.1.1	Vettore termico.....	39
7.1.2	Vettore elettrico.....	39
7.2	TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL’ANALISI.....	43
7.3	COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI.....	43
7.4	BASELINE DEI COSTI.....	44
8	IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA	46
8.1	DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI	46
8.1.1	<i>Involucro edilizio</i>	<i>46</i>
8.1.2	<i>Impianto riscaldamento.....</i>	<i>49</i>
8.1.3	<i>Impianto produzione acqua calda sanitaria</i>	<i>51</i>
8.1.4	<i>Impianto di illuminazione ed impianto elettrico</i>	<i>52</i>
9	VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA.....	54
9.1	ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	54
9.2	ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	63
SINTESI	74	
9.3	IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D’INTERVENTO E SCENARI D’INVESTIMENTO.....	75
9.3.1	<i>Scenario 1: sostituzione caldaia + installazione valvole termostatiche + installazione LED + coibentazione coperture</i>	<i>77</i>
10	CONCLUSIONI	84
10.1	RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA	84
10.2	RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI	84
10.3	CONCLUSIONI E COMMENTI.....	84
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		1.700
Anno di ristrutturazione		n.d.
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E.7 (Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili)
Superficie utile riscaldata	[m ²]	2.150
Superficie disperdente (S)	[m ²]	4.230
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	11.432
Rapporto S/V	[1/m]	0,37
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	9.043
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	-
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	9.043
Tipologia generatore riscaldamento		Caldaia tradizionale
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	315
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]	48,95
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{th} /anno]	174.239
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	6.532
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	29.455
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	13.753

Nota (1): Valori di Baseline

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

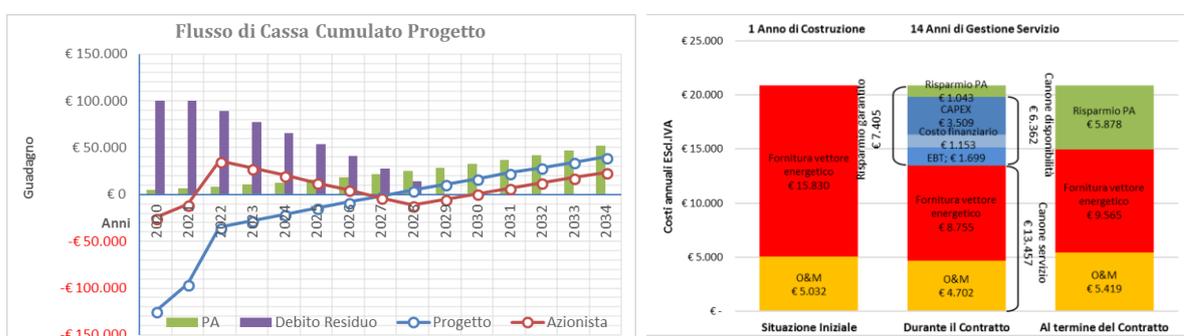
- EEM 1: isolamento interno delle pareti esterne
- EEM 2: isolamento coperture e sottotetto
- EEM 3: sostituzione vecchi serramenti in legno
- EEM 4: installazione valvole termostatiche
- EEM 5: sostituzione lampade con LED
- EEM 6: sostituzione caldaia
- SCN1: isolamento delle coperture e del sottotetto, installazione delle valvole termostatiche, sostituzione lampade con LED e sostituzione caldaia.

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

	CON INCENTIVI													
	% ΔE [%]	% ΔCO_2 [%]	ΔC_E [€/anno]	ΔC_{MO} [€/anno]	ΔC_{MS} [€/anno]	I_0 [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]	DSCR	LLCR
EEM1	21,2%	18,0%	3.457	-	-	99486	14,7	23,0	30	8403	5%	0,08	[n/a]	[n/a]
EEM2	16,2%	13,7%	2.638	-	-	44101	8,8	11,8	30	21648	10%	0,49	[n/a]	[n/a]
EEM3	5,7%	4,9%	932	-	-	51531	44,3	67,2	30	-29385	-3%	-0,57	[n/a]	[n/a]
EEM4	32,7%	27,8%	5.326	503,2	-	10691	1,9	2,2	15	45396	48,6%	4,25	[n/a]	[n/a]
EEM5	10,6%	20,5%	4.776	-	-	46840	5,6	6,7	8	2189	6%	0,05	[n/a]	[n/a]
EEM6	4,6%	3,8%	728	503,2	-	30027	12,8	16,6	15	-3012	1,3%	-0,10	[n/a]	[n/a]
SCN1	54,9%	50,9%	10.083	503,2	-	120887	8,23	11	15	14044	6,89%	11,62	1,011	1,105

Nota (2): valori degli indicatori di redditività TRS, TRA VAN TIR e IP del progetto pre-imposte e degli indicatori di redditività DSCR e LLCR della ESCO pre imposte

Figura 0.1 – Scenario 1: analisi finanziaria



Lo scenario individuato consente di ottenere un salto di due classi energetiche e un tempo di ritorno semplice minore di 15 anni.

Esso consiste nella combinazione degli interventi di installazione di valvole termostatiche, sostituzione del generatore di calore con una caldaia a condensazione di potenzialità minore, sostituzione dei corpi illuminanti esistenti con lampade LED e isolamento della copertura. Per questa soluzione si è valutata una spesa pari a 120.887 € e l'ottenimento di 53.582 € di incentivi da Conto termico.

Per tale scenario, il modello semplificato di Piano Economico finanziario presenta un VAN del progetto pari a 14.044 € e un VAN per l'azionista di 11.007 €, inoltre gli indici Cover Ratio sono superiori all'unità.

1 INTRODUZIONE

1.1 PREMESSA

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

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

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

1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA

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

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

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

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

1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO

La presente DE è stata eseguita da Energynet s.r.l, parte di ATI costituita da Energynet s.r.l. e More Energy s.r.l.. Il responsabile per il processo di audit dell'ATI è l'ing. Saverio Magni, soggetto certificato Esperto in Gestione dell'Energia (EGE) ai sensi della norma UNI CEI 11339.

Figura 1.1 - Vista della facciata esposta a Nord-Est



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

Tabella 1.1 – Soggetti coinvolti nella realizzazione del processo di Audit

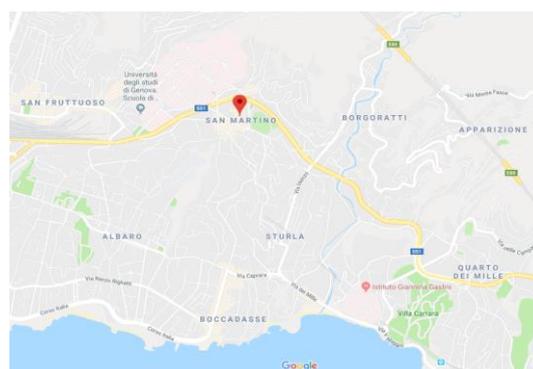
NOME E COGNOME	RUOLO	ATTIVITÀ SVOLTA
Silvia Scarcelli Lara Nuara	Tecnico del rilievo	Sopralluogo in sito
Irene Paradisi Lara Nuara	Tecnico dell'analisi preliminare	Elaborazione dei dati relativi ai consumi energetici
Lara Nuara	Tecnico del calcolo energetico	Elaborazione dei dati geometrici e creazione del modello energetico
Lara Nuara	Tecnico del report di diagnosi	Redazione report di diagnosi energetica
Irene Paradisi	Responsabile involucro	Revisione report di diagnosi energetica
Luigi Guerra	Responsabile impianti	Revisione report di diagnosi energetica
Saverio Magni	EGE	Approvazione report di diagnosi energetica

1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO

L'immobile oggetto della DE, catastalmente individuato al NCEU F. [GED] Mapp. 16 Sub. 3 è sito nel Comune di Genova e più precisamente nel quartiere San Martino.

L'edificio è di proprietà del Comune di Genova ed è attualmente adibito a scuola media inferiore.

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		1.700
Anno di ristrutturazione		n.d.
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E.7 (Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili)
Superficie utile riscaldata	[m ²]	2.150
Superficie disperdente (S)	[m ²]	4.230
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	11.432
Rapporto S/V	[1/m]	0,37
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	9.043
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	-
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	9.043
Tipologia generatore riscaldamento		Caldaia tradizionale
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	315

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]	48,95
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{th} /anno]	174.239
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	6.532
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	29.455
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	13.753

Nota (3): Valori di Baseline

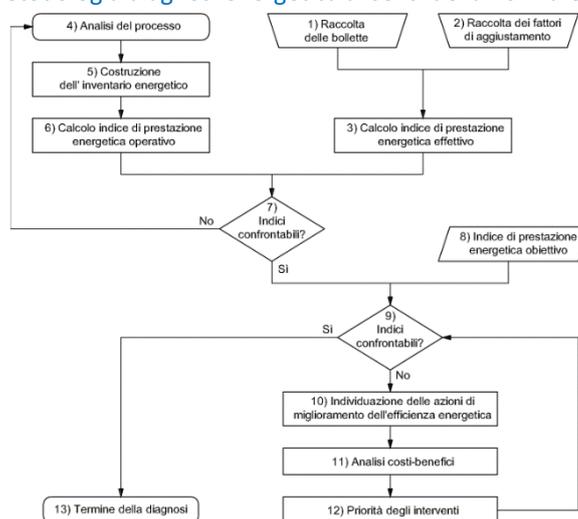
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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

- a) Acquisizione della documentazione utile, fornita dalla PA, come riportato all’Allegato A – Elenco documentazione fornita dalla committenza; **Errore. L’origine riferimento non è stata trovata.**
- b) Analisi del quadro normativo di riferimento, incluso la verifica dei vincoli ambientali, storici, archeologici e paesaggistici interferenti sull’immobile interessato dall’intervento;
- c) Visita agli edifici, effettuata in data 05/12/2017 con verifica degli elaborati forniti e rilievo dei dati relativi alle caratteristiche degli elementi disperdenti ed impiantistici costituenti il sistema edificio-impianto;
- d) Visita alla centrale termica e/o frigorifera;
- e) Preparazione e compilazione delle schede di Audit previste per la diagnosi di livello II di cui all’appendice A delle LGEE - Linee Guida per l’Efficienza Energetica negli Edifici - sett. 2013 - elaborato da AiCARR per Agesi, Assistal, Assopetroli e Assoenergia, e riportate all’Allegato J – Schede di audit;
- f) Elaborazione del comportamento termico ed elettrico dell’edificio, realizzata utilizzando il software commerciale Edilclima EC700 versione 8.17.49 in possesso di certificato di conformità rilasciato dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI) n. 73 ai sensi del D.lgs. 192/05 e s.m.i. e riportato all’Allegato F – Certificato CTI Software;
- g) Analisi dei profili annuali di consumi e costi dei servizi energetici reali dell’edificio, comprensivi della fornitura dei vettori energetici sia elettrici che di gas e degli oneri di O&M, relativamente alle annualità 2014-2015-2016;
- h) Analisi dei dati climatici reali del sito ove è ubicato l’edificio con conseguente calcolo dei Gradi Giorno reali (GG_{real}), utilizzando le temperature esterne rilevate dalla stazione meteo Genova – Centro funzionale e riportati all’Allegato I – Dati climatici;
- i) Individuazione della “baseline termica” di riferimento (e relative emissioni di CO₂) tramite opportuna ripartizione del consumo di combustibile tra le varie utenze a servizio dell’edificio e destagionalizzazione dello stesso, utilizzando i relativi GG reali (GG_{real}), e conseguente normalizzazione secondo i GG di riferimento (GG_{rif});
- j) Individuazione della “baseline elettrica” di riferimento (e relative emissioni di CO₂) calcolata sulla media aritmetica dei valori relativi ai consumi elettrici reali per tre le annualità 2014, 2015, 2016;
- k) Validazione del modello elaborato mediante il confronto con le baseline energetiche, al fine di ottenere uno scostamento inferiore al 5%;
- l) Analisi delle possibili EEM necessarie per la riqualificazione energetica del sistema edificio-impianto analizzando gli aspetti tecnici, energetici, ed ambientali.
- m) Simulazione del comportamento energetico dell’edificio a seguito dell’attuazione delle varie EEM proposte singolarmente, ed individuazione della nuova classe energetica raggiungibile;

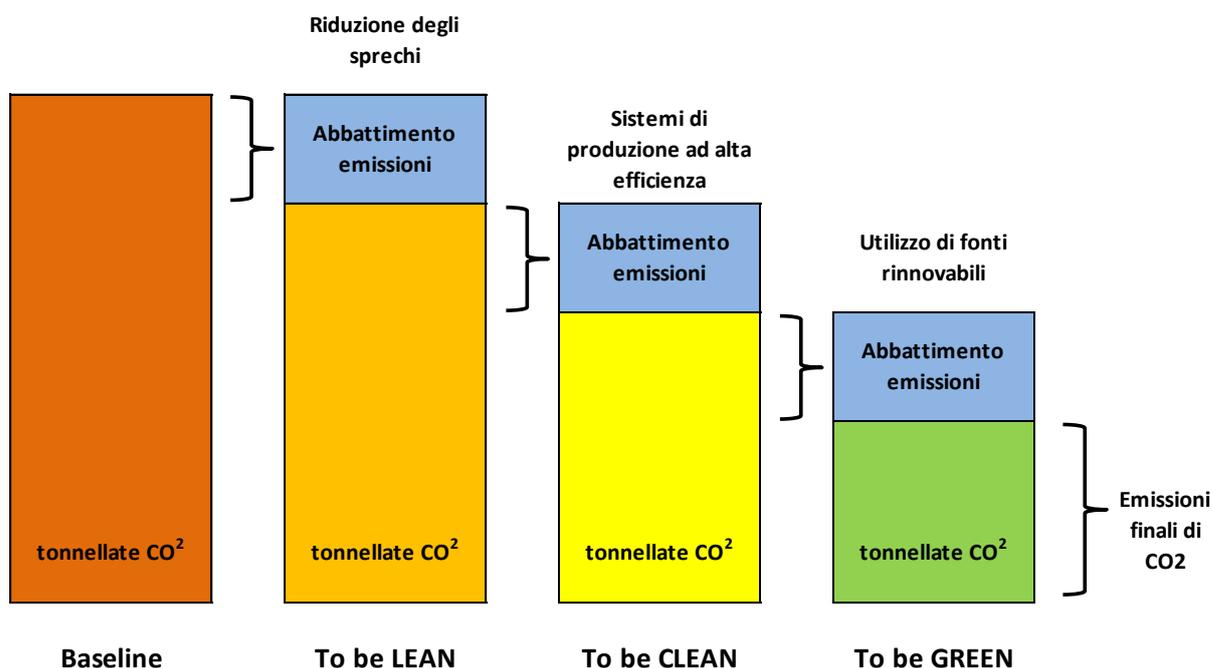
- n) Definizione di due scenari ottimali a partire dalla combinazione delle singole EEM proposte al fine di conseguire un miglioramento del parametro di efficienza energetica dell’edificio superiore a due classi energetiche e tempi di ritorno inferiori uguale rispettivamente a 25 e a 15 anni.
- o) Analisi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

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



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

Figura 1.4 - Principio della Gerarchia Energetica



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

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

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

Per tanto, nel caso di soluzioni integrate, dapprima si è valutata la fattibilità di ridurre gli sprechi mediante misure sull'involucro e sulla domanda d'utenza (anche relativamente ai sistemi di emissione, regolazione, distribuzione, accumulo), partendo dal baseline e a approdando a un nuovo valore di baseline ridotto, ("to Be Lean"). In seguito, da questo valore ridotto di baseline si è valutato il dimensionamento delle apparecchiature e il risparmio conseguibile dapprima dalla riqualificazioni degli impianti di generazione per la climatizzazione e, dopo, dall'installazione di tecnologie di generazione da fonti rinnovabili.

Una volta esaminate le possibili EEM si è realizzata una analisi economica delle stesse, ponendo particolare attenzione nella valutazione dei possibili sistemi incentivanti applicabili (Conto Termico, Titoli di Efficienza Energetica, ecc) individuando i principali indicatori economici d'investimento di seguito elencati:

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

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

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

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

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

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

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

1.6 STRUTTURA DEL REPORT

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

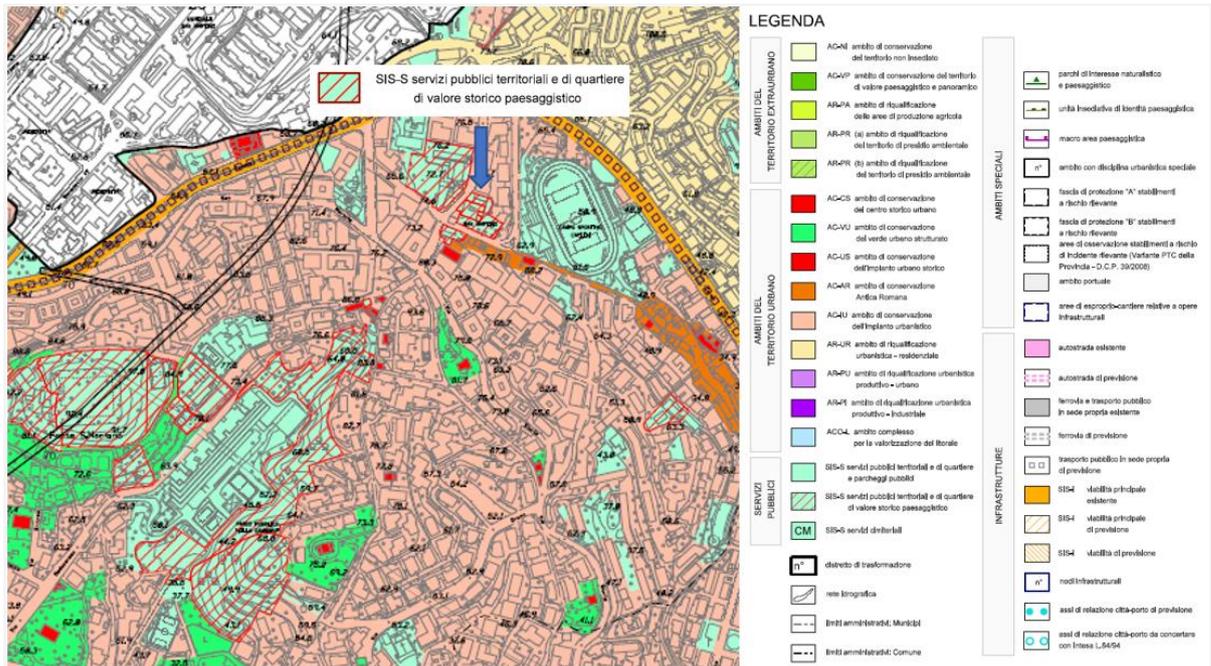
- Una prima parte nella quale sono descritti lo scopo ed i confini della DE e le metodologie di analisi adottate;
- Una seconda parte in cui sono riportate le informazioni dell'edificio rilevate in sede di sopralluogo e le valutazioni effettuate al fine di identificare le caratteristiche tecniche dei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

2 DATI DELL'EDIFICIO

2.1 INFORMAZIONI SUL SITO

Lo strumento urbanistico vigente, il P.U.C approvato con DD n° 2015/118.0.0./18 con entrata in vigore il 3/12/2015, classifica l'edificio oggetto della DE in zona SIS_S - servizi pubblici territoriali e di quartiere di valore storico paesaggistico.

Figura 2.1 - Particolare estratto dal Piano Urbanistico Comunale



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

L’edificio ove è ubicato l’edificio oggetto della DE risale all’incirca al 1700 e, 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’edificio ospitante il complesso scolastico oggetto della DE è costituito complessivamente da cinque piani fuori terra, nei quali si sviluppano le aule scolastiche, gli uffici, le sale insegnanti e le due palestre.

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

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

Figura 2.2 - Vista satellitare dell’edificio (Fonte: Google Maps)



Tabella 2.1 - Suddivisione in piani dell’edificio

PIANO	UTILIZZO	U.M.	SUPERFICIE LORDA COMPLESSIVA ⁽²⁾	SUPERFICIE UTILE RISCALDATA ⁽³⁾	SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA ⁽³⁾
Terra	Ingresso, Centrale termica	[m ²]	228,55	131,59	-
Primo	Uffici, aule speciali, Biblioteca, palestre, servizi	[m ²]	1051,81	824,84	-
Secondo	Aule, servizi	[m ²]	691,61	588,27	-
Terzo	Uffici, sale espositive	[m ²]	691,61	605,25	-
Quarto	Laboratori	[m ²]	148,00	-	-
TOTALE		[m ²]	2.811,58	2149,99	-

Nota (4): Superficie lorda comprensiva delle zone interne climatizzate e non climatizzate, valutate a partire dalle planimetrie progettuali, opportunamente verificate in fase di sopralluogo

Nota (5): Superficie utile valutata ai fini della creazione del modello energetico

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

Dalla carta dei vincoli risulta che l'edificio presenta un vincolo archeologico puntuale.

Figura 2.3 - Particolare estratto dalla carta dei vincoli



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: Isolamento delle pareti esterne	Architettonico		Tramite isolamento interno e previo parere della a Soprintendenza per i beni architettonici e paesaggistici
EEM 2: Isolamento Coperture e sottotetto	Architettonico		Previo parere della a Soprintendenza per i beni architettonici e paesaggistici
EEM 3: Sostituzione vecchi serramenti in legno	Architettonico		Previo parere della a Soprintendenza per i beni architettonici e paesaggistici
EEM 4: Installazione valvole termostatiche	-		-
EEM 5: Sostituzione lampade con LED	-		-
EEM 6: Sostituzione caldaia	-		-

Nota (6): 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.

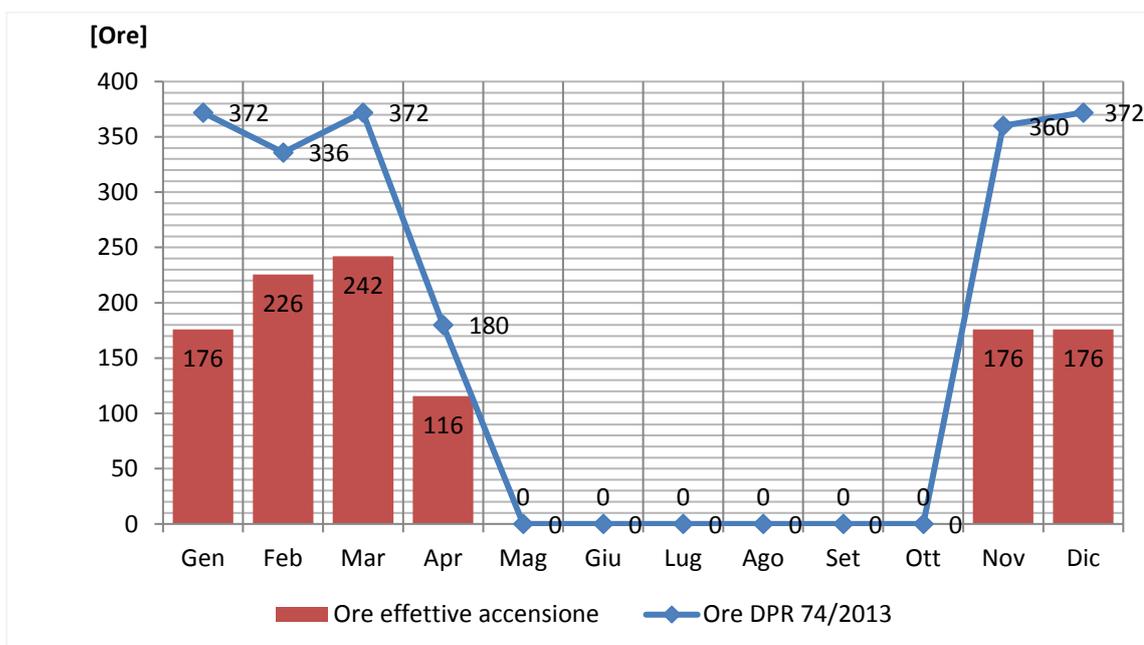
Gli orari di effettivo utilizzo dell’edificio sono stati ricavati tramite intervista al personale.

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

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

PERIODO	GIORNI SETTIMENALI	ORARIO FUNZIONAMENTO EDIFICIO	ORARIO FUNZIONAMENTO IMPIANTO
Dal 1 Novembre al 15 Aprile	dal lunedì al venerdì	07.30 – 19.00	7.00 – 18.00
Dal 16 Aprile al 10 Luglio	dal lunedì al venerdì	07.30 – 19.00	-
Dal 1 Settembre al 31 Ottobre	dal lunedì al venerdì	07.30 – 19.00	-

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



Dall’analisi effettuata è emerso che gli orari di funzionamento degli impianti non sono strettamente correlati agli orari di espletamento delle lezioni, ma dipendono anche dalla presenza di personale all’interno della struttura, pertanto, nonostante le lezioni scolastiche finiscano alle 13:55 lo spegnimento dell’impianto avviene alle ore 18:00.

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

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



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

3 DATI CLIMATICI

3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO

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

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

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

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

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

Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 900 GG calcolati su 106 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 5.1.1.168

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	16	16	154	17%
Febbraio	28	10,5	28	266	21	21	195	22%
Marzo	31	11,1	31	276	22	22	196	22%
Aprile	30	15,3	15	71	20	11	55	6%
Maggio	31	18,7	-	-	21	-	-	0%
Giugno	30	22,4	-	-	21	-	-	0%
Luglio	31	24,6	-	-	10	-	-	0%
Agosto	31	23,6	-	-	-	-	-	0%
Settembre	30	22,2	-	-	-	-	-	0%
Ottobre	31	18,2	-	-	-	-	-	0%
Novembre	30	13,3	30	201	21	21	141	16%
Dicembre	31	10,0	31	310	16	16	160	18%
TOTALE	365	16,7	166	1421	168	106	900	100%

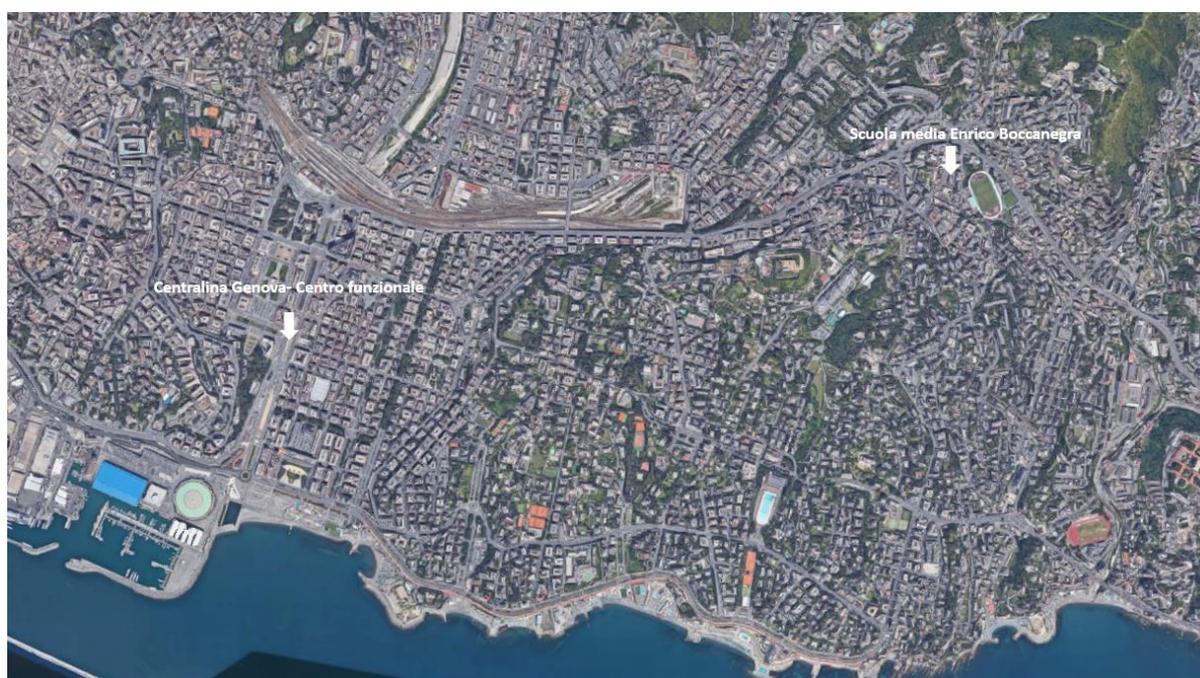
3.2 DATI CLIMATICI REALI

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

I dati climatici utilizzati sono stati rilevati dalla centralina meteo climatica Genova - Centro funzionale, sita in via Brigate Partigiane n° 2, Genova.

Si è deciso di utilizzare come riferimento tale centralina in quanto è ubicata in una zona limitrofa all’edificio oggetto della DE e ad una altitudine simile.

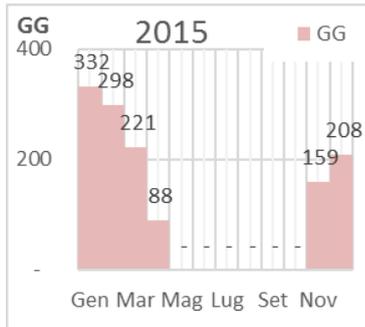
Figura 3.1 – Posizionamento della centralina meteo climatica rispetto all’edificio oggetto di DE



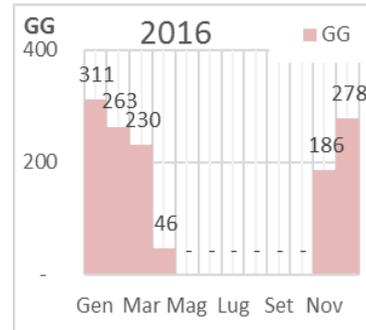
3.3 ANALISI DELL’ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO

Di seguito si riportano i valori mensili dei GG reali, calcolati in funzione delle temperature esterne medie orarie per il biennio di riferimento (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.

Si precisa che, ai fini di una corretta modellazione dell’impianto di riscaldamento, si è scelto di non utilizzare i dati climatici relativi all’anno 2014 poiché in tale anno è stato utilizzato come combustibile per l’impianto di riscaldamento anche il gasolio, pertanto, in tale anno, i valori dei rendimenti di generazione saranno stati diversi da quelli attuali.



GG₂₀₁₅(106 giorni) = 1306

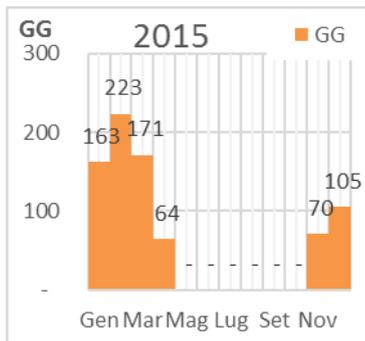


GG₂₀₁₆(106 giorni) = 1314

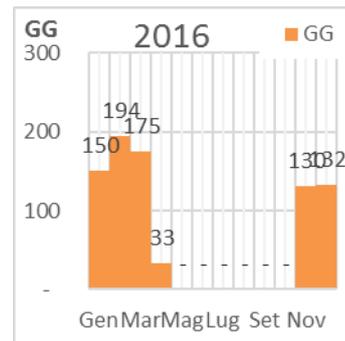
Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG reali sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 806 GG calcolati su 106 giorni effettivi di utilizzo dell'impianto di riscaldamento.

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

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



GG₂₀₁₄(106 giorni) = 797



GG₂₀₁₆(106 giorni) = 815

Come si può notare dai grafici sopra riportati, l'andamento dei GG reali risulta essere fortemente influenzato dall'effettivo svolgimento delle lezioni e, di conseguenza, dalle festività.

4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI

4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO

4.1.1 Involucro opaco

L'involucro edilizio opaco che costituisce l'edificio è sostanzialmente composto da una struttura in calcestruzzo armato con muratura di tamponamento a sacco con paramenti in laterizio. Le strutture opache orizzontali sono in laterocemento.

Figura 4.1 - Particolare della porzione di involucro

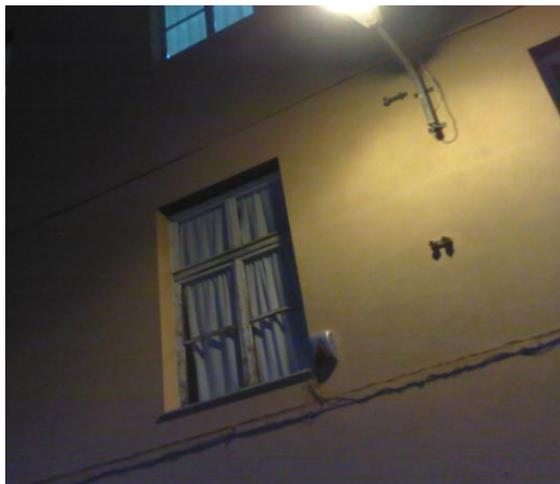


Figura 4.2 - Particolare della copertura



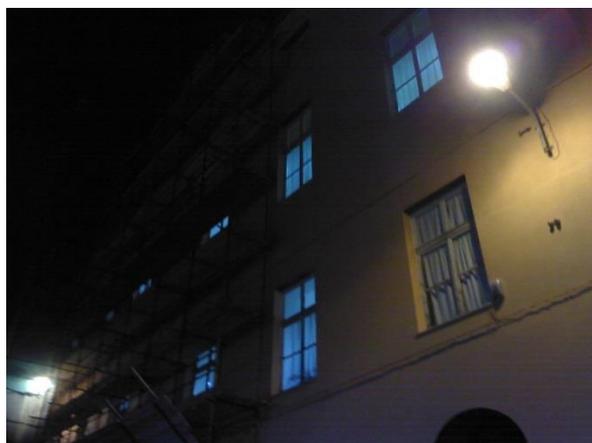
Ai fini di un'identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell'involucro opaco si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione delle seguenti indagini diagnostiche:

- Rilievo termografico eseguito tramite l'utilizzo di termo camera FLIR E50
- Analisi visiva

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- Muratura di tamponamento a sacco con paramenti in laterizio
- Solai in laterocemento
- Copertura piana della palestra in laterocemento con guaina impermeabile

Figura 4.3 – Rilievo termografico della parete



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

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

Tabella 4.1 – Trasmittanze termiche dei componenti dell’involucro opaco

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	SPESSORE	ISOLAMENTO	TRASMITTANZA TERMICA	STATO DI CONSERVAZIONE
		[cm]		[W/m ² K]	
Solaio in laterocemento	S1	Vedere Allegato E	Assente	Vedere Allegato E	Buono
Copertura	S2	Vedere Allegato E	Assente	Vedere Allegato E	Buono
Copertura	S3	Vedere Allegato E	Assente	Vedere Allegato E	Buono
Parete verticale	M1	Vedere Allegato E	Assente	Vedere Allegato E	Buono
Parete verticale	M2	Vedere Allegato E	Assente	Vedere Allegato E	Buono
Parete verticale	M3	Vedere Allegato E	Assente	Vedere Allegato E	Buono
Parete verticale	M4	Vedere Allegato E	Assente	Vedere Allegato E	Buono
Parete verticale	M5	Vedere Allegato E	Assente	Vedere Allegato E	Buono
Parete verticale	M6	Vedere Allegato E	Assente	Vedere Allegato E	Buono
Parete verticale	M7	Vedere Allegato E	Assente	Vedere Allegato E	Buono
Parete verticale	M8	Vedere Allegato E	Assente	Vedere Allegato E	Buono
Parete verticale	M10	Vedere Allegato E	Assente	Vedere Allegato E	Buono
Parete verticale	M11	Vedere Allegato E	Assente	Vedere Allegato E	Buono
Parete verticale	M12	Vedere Allegato E	Assente	Vedere Allegato E	Buono
Parete verticale	M13	Vedere Allegato E	Assente	Vedere Allegato E	Buono
Parete verticale	M14	Vedere Allegato E	Assente	Vedere Allegato E	Buono
Pavimento	p1	Vedere Allegato E	Assente	Vedere Allegato E	Buono
Pavimento	P2	Vedere Allegato E	Assente	Vedere Allegato E	Buono
Pavimento	P3	Vedere Allegato E	Assente	Vedere Allegato E	Buono

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

4.1.2 Involucro trasparente

L’involucro trasparente che costituisce l’edificio è composto prevalentemente da serramenti con telaio in legno o PVC e vetri singoli.

Lo stato di conservazione degli stessi, in particolar modo per le finestre con telaio in legno, è molto 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.

Figura 4.4 - Particolare dei serramenti



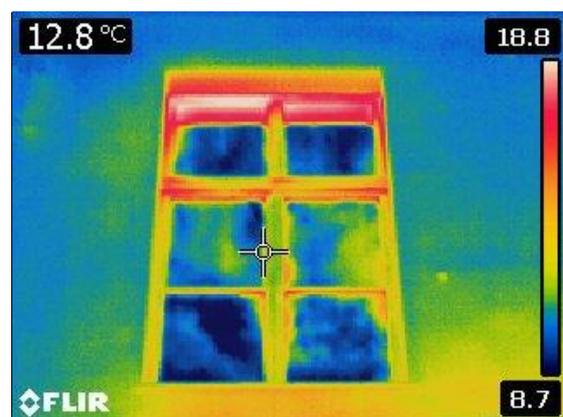
Ai fini di un’identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell’involucro opaco si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione delle seguenti indagini diagnostiche:

- Rilievo termografico eseguito tramite l’utilizzo di termo camera FLIR E50
- Analisi visiva
- Intervista agli occupanti l’edificio

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- Serramenti con telaio in PVC e vetro singolo
- Serramenti con telaio in legno e vetro singolo
- Scarsa tenuta dei serramenti in legno

Figura 4.5 – Rilievo termografico dei serramenti



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

Tabella 4.2 – Trasmittanze termiche dei componenti dell’involucro trasparente

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	DIMENSIONI [HXL] [cm]	TIPO TELAIO	TIPO VETRO	TRASMITTANZA TERMICA [W/mqK]	STATO DI CONSERVAZIONE
Serramento verticale	W1	Vedere allegato E	PVC	Vedere allegato E	Vedere allegato E	Sufficiente
Serramento verticale	W2	Vedere allegato E	PVC	Vedere allegato E	Vedere allegato E	Sufficiente
Serramento verticale	W3	Vedere allegato E	PVC	Vedere allegato E	Vedere allegato E	Sufficiente
Serramento verticale	W4	Vedere allegato E	Legno	Vedere allegato E	Vedere allegato E	Insufficiente
Serramento verticale	W5	Vedere allegato E	Legno	Vedere allegato E	Vedere allegato E	Insufficiente
Serramento verticale	W6	Vedere allegato E	PVC	Vedere allegato E	Vedere allegato E	Sufficiente
Serramento verticale	W7	Vedere allegato E	PVC	Vedere allegato E	Vedere allegato E	Sufficiente
Serramento verticale	W8	Vedere allegato E	PVC	Vedere allegato E	Vedere allegato E	Sufficiente
Serramento verticale	W9	Vedere allegato E	Legno	Vedere allegato E	Vedere allegato E	Insufficiente
Serramento verticale	W10	Vedere allegato E	PVC	Vedere allegato E	Vedere allegato E	Sufficiente
Serramento verticale	W11	Vedere allegato E	PVC	Vedere allegato E	Vedere allegato E	Sufficiente
Serramento verticale	W12	Vedere allegato E	PVC	Vedere allegato E	Vedere allegato E	Sufficiente
Serramento verticale	W13	Vedere allegato E	Legno	Vedere allegato E	Vedere allegato E	Insufficiente
Serramento verticale	W14	Vedere allegato E	PVC	Vedere allegato E	Vedere allegato E	Sufficiente
Serramento verticale	W15	Vedere allegato E	PVC	Vedere allegato E	Vedere allegato E	Sufficiente
Serramento verticale	W16	Vedere allegato E	Legno	Vedere allegato E	Vedere allegato E	Insufficiente
Serramento verticale	W17	Vedere allegato E	PVC	Vedere allegato E	Vedere allegato E	Sufficiente
Serramento verticale	W18	Vedere allegato E	PVC	Vedere allegato E	Vedere allegato E	Sufficiente
Serramento verticale	W19	Vedere allegato E	PVC	Vedere allegato E	Vedere allegato E	Sufficiente
Serramento verticale	W20	Vedere allegato E	PVC	Vedere allegato E	Vedere allegato E	Sufficiente
Serramento verticale	W21	Vedere allegato E	Legno	Vedere allegato E	Vedere allegato E	Insufficiente
Serramento verticale	W22	Vedere allegato E	Legno	Vedere allegato E	Vedere allegato E	Insufficiente

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 radiatori a parete, con distribuzione a colonne montanti e generazione mediante caldaia tradizionale funzionante a gas naturale.

4.2.1 Sottosistema di emissione

Figura 4.6 - Particolare dei terminali di emissione

Il sottosistema di emissione è costituito da radiatori in ghisa.



Figura 4.7 – Particolare dei radiatori



Figura 4.8 - Particolare dei radiatori



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
Zona 1	radiatori in ghisa	90,3%

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 MEDIA [kW]	POTENZA TERMICA COMPLESSIVA [kW]	POTENZA FRIGORIFERA UNITARIA [kW]	POTENZA FRIGORIFERA COMPLESSIVA [kW]
Terra	su parete esterna non isolata	6	2,19	13,13	-	-
Primo	su parete esterna non isolata	32	1,97	62,94	-	-

Secondo	su parete esterna non isolata	22	2,06	45,22	-	-
Terzo	su parete esterna non isolata	26	1,84	47,94	-	-
Quarto	su parete esterna non isolata	3	2,03	6,08	-	-
TOTALE		89		175,31	-	-

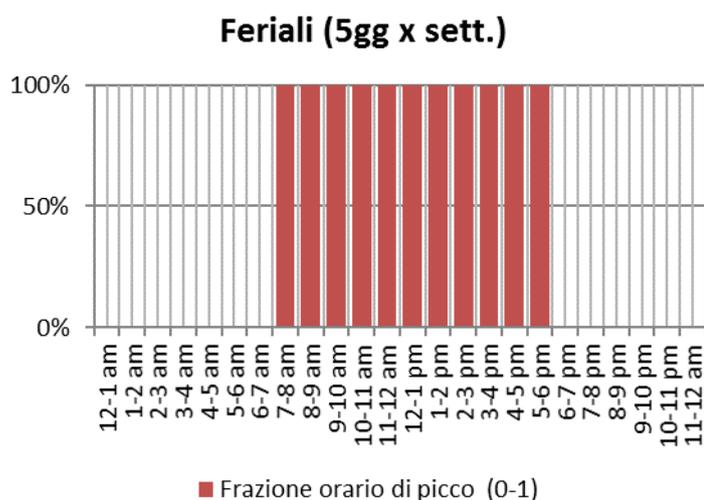
L'elenco dei componenti del sottosistema di emissione per il riscaldamento degli ambienti, rilevati in sede di sopralluogo, e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 6.5 dell'Allegato J – Schede di audit.

4.2.2 Sottosistema di regolazione

La regolazione del funzionamento dell'impianto avviene attraverso una sonda climatica collegata alla caldaia. Non sono presenti sistemi di controllo di zona o ambiente.

L'impianto opera dal lunedì al venerdì dalle ore 7:00 alle ore 18:00.

Figura 4.9 - Profilo di funzionamento invernale dell'impianto



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
Zona1	Climatica	80,2%

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 di collegamento tra la caldaia ed i terminali di emissione. Il circuito è servito da una pompa gemellare.

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

Tabella 4.6 - Riepilogo caratteristiche pompe circuito

NOME		SERVIZIO	PORTATA [m ³ /h]	PREVALENZA [kPa]	POTENZA ASSORBITA ⁽⁷⁾ [kW]
Pompa anticondensa	Riello RMX 53-35 PL	anticondensa	0-2,5 ⁽⁷⁾	0-58,8 ⁽⁷⁾	0,09
Pompa gemellare	Salmson DCX65- 25	mandata acqua calda ai terminali	16,02 ⁽⁵⁾	68,64 ⁽⁵⁾	0,56

Nota (7): Valori ricavati dal modello energetico

Nota (8): Valori ricavati da progetto

Nota (9): Valori ricavati da dati di targa

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

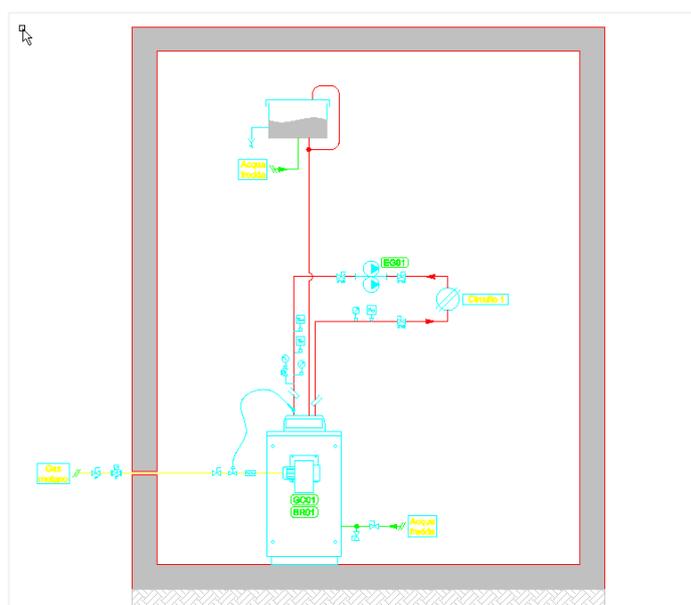
Tabella 4.7 – Temperature di mandata e ritorno del circuito primario

CIRCUITO			TEMPERATURA RILEVATA °C	TEMPERATURA CALCOLO ⁽¹⁰⁾ °C
Zona 1	Mandata	Caldo	53	80
	Ritorno	Caldo	n.d. ⁽¹¹⁾	70

Nota (10): Valori utilizzati nel modello di calcolo

Nota (11): Valore non rilevato causa isolamento tubazioni

Figura 4.10 - Particolare dello schema di impianto (Fonte: 003-P00-001- CENTRALE TERMICA.dwg)



Il rendimento complessivo del sottosistema di distribuzione, in accordo con la normativa UNI/TS 11300-2 prospetto 15, è stato assunto nella DE pari a 99%.

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 caldaia tradizionale Riello modello 9600 270 BTS alimentata a gas metano ed installata nel 2002

Figura 4.11 - Particolare della caldaia



Figura 4.12 - Particolare della caldaia



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

Tabella 4.8 - Riepilogo caratteristiche sistemi di generazione

Servizio	MARCA	MODELLO	ANNO DI COSTRUZIONE	POTENZA AL FOCOLARE [kW]	POTENZA TERMICA UTILE [kW]	RENDIMENTO	POTENZA ASSORBITA COMPLESSIVA [kW]
Gen 1 Riscaldamento	Riello	3600 270 BTS	2002	345	315	91,3%	0,54

In accordo con la normativa UNI/TS 11300-2 prospetto 15, il rendimento complessivo del sottosistema di generazione in regime di riscaldamento è stato assunto nella DE pari al 91,8%.

Tale valore, essendo dipendente dal carico e quindi dalle temperature esterne, risulta essere leggermente diverso da quello indicato nella scheda tecnica a potenza nominale. Si specifica inoltre che non è stato possibile fare confronti con il rendimento da prova fumi poiché non disponibile.

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

4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA

Il consumo di acqua calda sanitaria è relativamente ridotto data la destinazione d’uso dell’edificio. La produzione è eseguita tramite un bollitore elettrico ad accumulo installato localmente nei servizi igienici.

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 4.9.

Tabella 4.9 – 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	-	-	75,0%	28,7%

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 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 4.10.

Tabella 4.10 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA NOMINALE [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]	ORE ANNUE DI UTILIZZO [ore]
Zona 1	PC	32	200	6400	1592
Zona 1	Fotocopiatrice	2	700	1400	597
Zona 1	Frigorifero	1	800	800	8760
Zona 1	Distributore bevande calde	1	1500	1500	597
Zona 1	Distributore bevande fredde	1	600	600	4776
Zona 1	Stampante	2	300	600	398
Zona 1	TV	2	400	800	80
Zona 1	Stereo	1	300	300	80
Zona 1	Proiettore	1	300	300	16

Zona 1	Ascensore	1	4000	4000	256
--------	-----------	---	------	------	-----

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 a fluorescenza.

Figura 4.14 - Particolare dei corpi illuminanti



L'elenco e le caratteristiche dei corpi illuminanti sono riportate nella Tabella 4.11.

Tabella 4.11 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

TIPOLOGIA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA UNITARIA [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]
1X36	lampada a fluorescenza	56	36	2016
1X58	lampada a fluorescenza	12	58	696
2X18	lampada a fluorescenza	6	36	216
2X36	lampada a fluorescenza	178	72	12816
2X58	lampada a fluorescenza	2	116	232
4X18	lampada a fluorescenza	15	72	1080

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.

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.

Si precisa che, ai fini di una corretta modellazione dell'impianto di riscaldamento, si è scelto di non utilizzare i dati climatici relativi all'anno 2014 poiché in tale anno è stato utilizzato come combustibile per l'impianto di riscaldamento anche il gasolio, pertanto, i valori dei rendimenti di generazione saranno stati diversi da quelli attuali.

I vettori energetici analizzati sono i seguenti:

- Gas metano;
- Energia elettrica;

5.1.1 Energia termica

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

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

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

TIPO COMBUSTIBILE	PCI [kWh/kg]	DENSITÀ [kWh/Sm ³]	PCI [kWh/Nm ³]	FATTORE DI CONVERSIONE [Sm ³ /Nm ³]	PCI [kWh/Sm ³]
Metano	n/a	n/a	9,94 (*)	1,0549	9,42
Gasolio	11,87 ⁽¹²⁾	0,85	n/a	n/a	10,09

Nota (12) Fonte: Prospetto B.19 UNI TS 11300-2:2014

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

- Centrale termica per il riscaldamento degli ambienti della Zona 1.

L'effettiva ubicazione del contatore è rappresentata nelle planimetrie riportate all' Allegato B – Elaborati

L'analisi dei consumi storici di Gas metano si basa sulla base di 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	2015	2016	2014	2015	2016
		[Sm ³]	[Sm ³]	[Sm ³]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
3270050349009	Riscaldamento	5.173	14.600	18.530	154.030 ⁽¹³⁾	137.530	174.553

Nota (13) Tale valore comprende anche un consumo di gasolio pari a 10437 litri

Dall'analisi effettuata è emerso che il prelievo termico del triennio è caratterizzato da un valore minimo pari a 154.030 kWh nel 2015, e un valore di massimo prelievo di 174.553 kWh del 2016.

Confrontando l'andamento dei consumi con i GG_{real} del triennio di riferimento si può notare che al valore di prelievo dell'anno 2016 corrisponde il valore massimo dei GG_{reali}.

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.

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

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

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

\bar{Q}_{ACS} = Consumo termico reale per ACS dell’edificio, kWh/anno, valutato come la media dei consumi per l’ACS nel triennio di riferimento. Tale contributo non è stato valutato in quanto l’acqua calda sanitaria è prodotta tramite boiler elettrici.

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

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

Tabella 5.3 – Normalizzazione dei consumi annuali di energia termica

ANNO	GG _{REALI} SU 106 GIORNI	GG _{RIF} SU 106 GIORNI	CONSUMO REALE RISC. [Smc]	CONSUMO REALE RISC. [kWh]	α_{rif}	CONSUMO NORMALIZZATO A 900 GG [kWh]	CONSUMO ACS [kWh]	CONSUMO ALTRO [kWh]
2015	927	900	14.600	137.571	172,7	1.536.503	-	-
2016	984	900	18.530	174.603	214,2	1.473.525	-	-
Media	928	900	16.565	156.087	193,7	1.476.505	-	-

Come si può notare dai dati riportati, il comportamento energetico dell’edificio, negli anni considerati, è stato caratterizzato da un aumento dei consumi: tale aumento è dovuto alla diminuzione delle temperature esterne medie mensili rilevate nel biennio di riferimento

Si sono pertanto definiti per il calcolo della Baseline i parametri riportati nella Tabella 5.4:

Tabella 5.4 –Individuazione della Baseline termica

GRANDEZZA	VALORE [kwh]
\bar{Q}_{ACS}	-
\bar{Q}_{ALTRO}	-
$\bar{a}_{rif} \times GG_{rif}$	174.240
$Q_{baseline}$	174.240

5.1.2 Energia elettrica

La fornitura di energia elettrica avviene tramite la presenza di un contatore il quale è risultato a servizio della sola scuola.

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 5.5 con indicazione dei POD di riferimento.

Tabella 5.5 – Elenco POD e relativi consumi annuali per il triennio di riferimento

POD	ZONA SERVITA	2014	2015	2016	MEDIA
		[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
IT001E00097075	Scuola media	30.333	29.636	28.396	29.455
					EEbaseline 29.455

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-EXXXX ed è emerso uno scostamento del valore medio dei consumi del triennio di circa il 4%. Tale differenza può essere in parte dovuta al fatto che le fatture disponibili per il primo trimestre del 2015 riportano un consumo stimato.

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 29.455 kWh.

Tabella 5.6 – Consumi mensili di energia elettrica suddivisi per fasce, per il triennio di riferimento

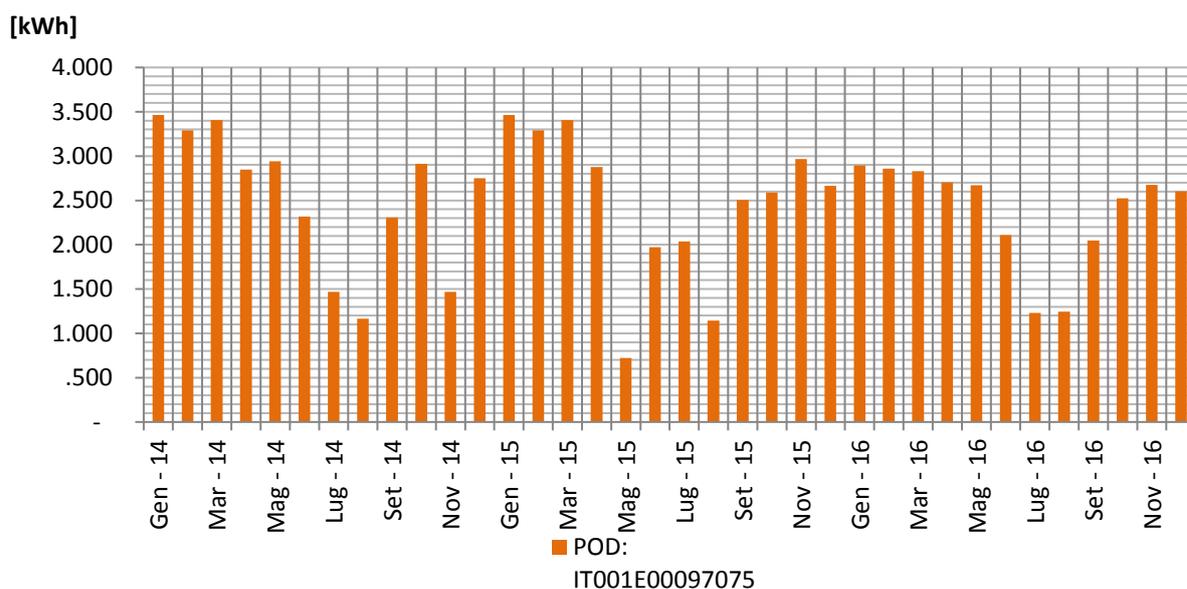
POD: IT001E00012345	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 14	2.610	343	509	3.462
Feb - 14	2.540	380	370	3.290
Mar - 14	2.685	340	380	3.405
Apr - 14	2.161	289	399	2.849
Mag - 14	2.077	361	504	2.942
Giu - 14	1.538	369	410	2.317
Lug - 14	818	282	367	1.467
Ago - 14	554	234	379	1.167
Set - 14	1.581	333	392	2.306
Ott - 14	2.187	341	383	2.911
Nov - 14	818	282	367	1.467
Dic - 14	1.990	301	459	2.750
Totale	21.559	3.855	4.919	30.333
POD: IT001E00012345	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 15	2.610	343	509	3.462
Feb - 15	2.540	380	370	3.290
Mar - 15	2.685	340	380	3.405

E 664 – Scuola Media “Enrico Boccanegra”

Apr - 15	1.818	538	520	2.876
Mag - 15	435	114	174	723
Giu - 15	1.186	312	475	1.973
Lug - 15	1.226	322	491	2.039
Ago - 15	525	220	400	1.145
Set - 15	1.838	312	354	2.504
Ott - 15	1.900	323	366	2.589
Nov - 15	2.265	306	394	2.965
Dic - 15	1.946	282	437	2.665
Totale	20.974	3.792	4.870	29.636
POD: IT001E00012345	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 16	2.119	313	464	2.896
Feb - 16	2.205	301	354	2.860
Mar - 16	2.119	303	407	2.829
Apr - 16	1.786	370	546	2.702
Mag - 16	2.005	289	377	2.671
Giu - 16	1.454	283	371	2.108
Lug - 16	627	232	373	1.232
Ago - 16	652	224	370	1.246
Set - 16	1.387	297	364	2.048
Ott - 16	1.845	301	379	2.525
Nov - 16	2.029	281	365	2.675
Dic - 16	1.682	364	558	2.604
Totale	19.910	3.558	4.928	28.396

Si riporta nella Figura 5.1 il profilo elettrico reale relativo all’utenza elettrica per il triennio di riferimento.

Figura 5.1 –Profilo elettrico reale per il triennio di riferimento



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

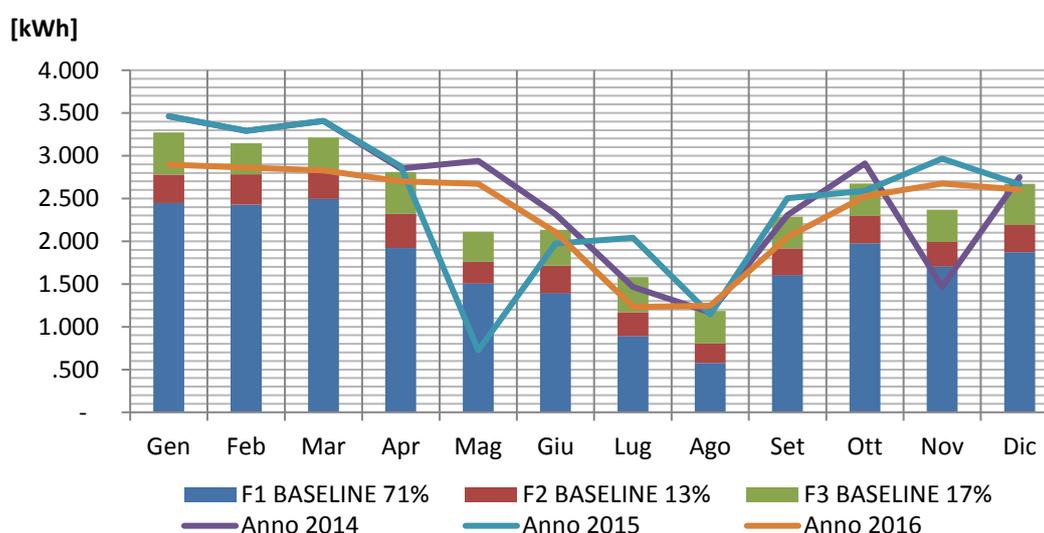
Tali valori sono riportati nella Tabella 5.7.

Tabella 5.7 – Consumi mensili di Baseline

BASELINE	F1	F2	F3	TOTALE
Mese	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen	2.446	333	494	3.273
Feb	2.428	354	365	3.147
Mar	2.496	328	389	3.213
Apr	1.922	399	488	2.809
Mag	1.506	255	352	2.112
Giu	1.393	321	419	2.133
Lug	890	279	410	1.579
Ago	577	226	383	1.186
Set	1.602	314	370	2.286
Ott	1.977	322	376	2.675
Nov	1.704	290	375	2.369
Dic	1.873	316	485	2.673
Totale	20.814	3.735	4.906	29.455

L’andamento dei consumi elettrici mensili nel triennio di riferimento e di Baseline è riportato nel grafico in Figura 5.2.

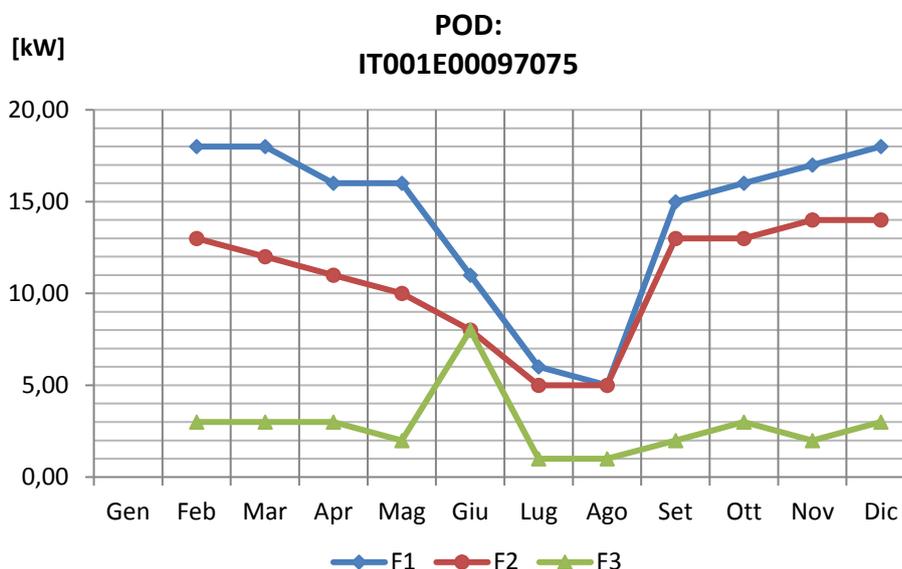
Figura 5.2 – Confronto tra i profili mensili elettrici reali e i valori di Baseline per il triennio di riferimento



I profili di prelievo mensili nel triennio di riferimento presentano andamenti in accordo con l’occupazione della struttura. Sono presenti consumi anche nei mesi estivi, probabilmente dovuti alla presenza dei collaboratori scolastici e ad utenze elettriche come frigoriferi e distributori di bevande.

È stato inoltre possibile rappresentare i profili di potenza massimi mensili (per il periodo Febbraio 2017 -Dicembre 2017) accedendo alle informazioni fornite dalla società di distribuzione dell'energia elettrica.

Figura 5.3 – Profili di potenza massimi mensili per il POD IT001E00012345



Il prelievo di potenza massima è pari a 18 kW e si verifica nei mesi di Febbraio, Marzo e Dicembre. Tale potenza richiesta risulta coerente con la potenza massima erogata dal contatore installato.

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

5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI

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

I fattori di emissione di CO₂ utilizzati sono riportati nella Tabella 5.8 - Fattori di emissione di CO₂. Tabella 5.8.

Tabella 5.8 - Fattori di emissione di CO₂.

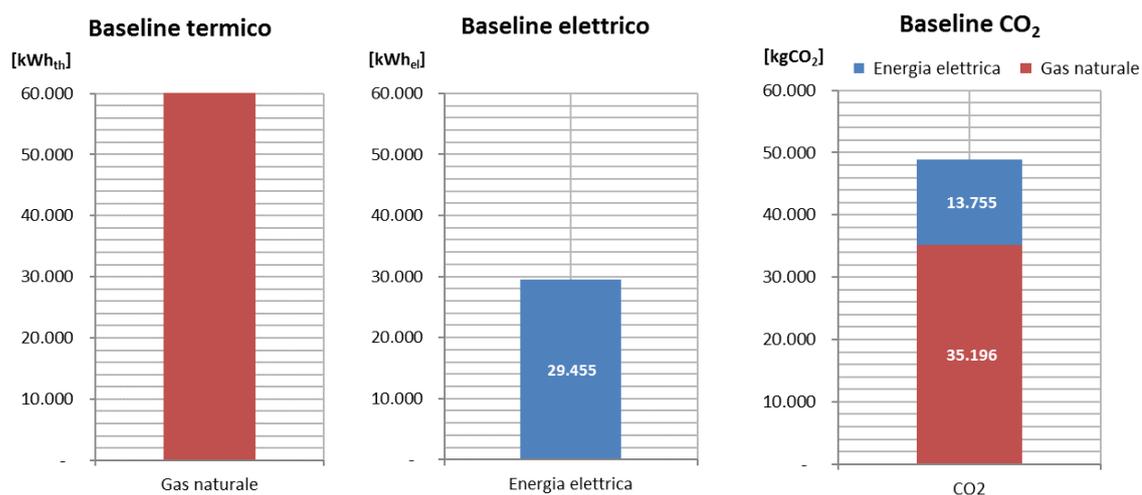
COMBUSTIBILE	FATTORE DI CONVERSIONE
	kgCO ₂ /kWh
Energia elettrica	* 0,467
Gas naturale	* 0,202
GPL	* 0,227
Olio combustibile	* 0,267
Gasolio	* 0,267
Benzina	* 0,249

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

Applicando tali fattori di conversione è stato possibile valutare la Baseline delle emissioni di CO₂, come riportato nella Tabella 5.9 – Baseline delle emissioni di CO₂. Tabella 5.9 e nella Figura 5.4

Tabella 5.9 – Baseline delle emissioni di CO₂.

COMBUSTIBILE	CONSUMO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE	EMISSIONI DI CO ₂
	[kWh]	[tCO ₂ /MWh]	[tCO ₂]
Gas naturale	174.240	0,202	35,20
Energia elettrica	29.455	0,467	13,76
TOTALE			48,952

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

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

Tabella 5.10 - Fattori di conversione in energia primaria dei vettori energetici

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

La valutazione degli indicatori di performance è stata effettuata parametrizzando i consumi reali di Baseline di cui al Capitolo 5, in funzione dei fattori riportati nella Tabella 5.11.

Tabella 5.11 – Fattori di riparametrizzazione

PARAMETRO		VALORE	U.M.
FATTORE 1	Superficie netta riscaldata	2.150	m ²
FATTORE 2	Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	2.320	m ²
FATTORE 3	Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate)	11.996	m ³

Nella Tabella 5.12 e

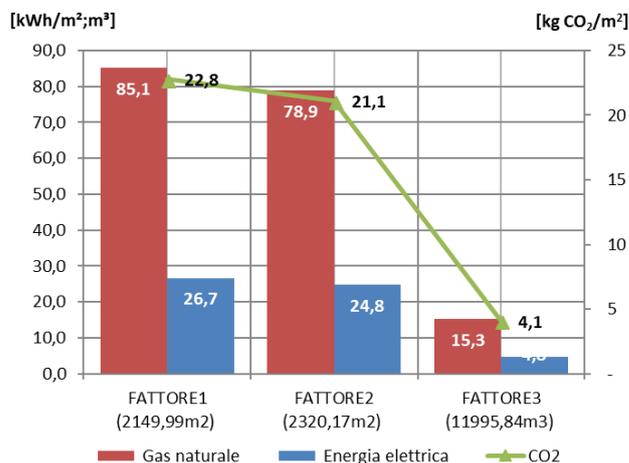
Tabella 5.13 sono riportati gli indicatori di performance valutati coerentemente con quanto riportato nella sezione 2.5 dell’Allegato J – Schede di audit.

Tabella 5.12 – Indicatori di performance calcolati con riferimento all’energia primaria totale

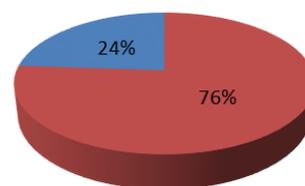
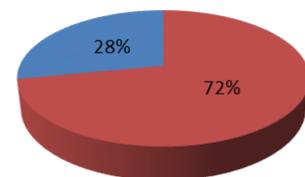
VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA TOTALE	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA TOTALE	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA TOTALE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3	FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3
	[kWh/anno]		[kWh/anno]	[kWh/m ²]	[kWh/m ²]	[kWh/m ³]	[Kg CO ₂ /m ²]	[Kg CO ₂ /m ²]	[Kg CO ₂ /m ³]
Gas naturale	174.240	1,05	182.952	85,09	78,85	15,25	16,37	15,17	2,93
Energia elettrica	29.455	2,42	71.281	33,15	30,72	5,94	6,40	5,93	1,15
TOTALE			254.233	118,25	109,58	21,19	22,77	21,10	4,08

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

ETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA NON RINN.	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA NON RINN.	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3	FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3
	[kWh/anno]		[kWh/anno]	[kWh/m ²]	[kWh/m ²]	[kWh/m ³]	[Kg CO ₂ /m ²]	[Kg CO ₂ /m ²]	[Kg CO ₂ /m ³]
Gas naturale	174.240	1,05	182.952	85,1	78,9	15,3	16,37	15,17	2,93
Energia elettrica	29.455	1,95	57.437	26,7	24,8	4,8	6,40	5,93	1,15
TOTALE			240.389	112	104	20	23	21	4

Figura 5.5 – Indicatori di performance e relative emissioni di CO₂ valutati in funzione della superficie utile riscaldataFigura 5.6 – Ripartizione % dei consumi di energia primaria e delle relative emissioni di CO₂

Ripartizione % energia primaria

Ripartizione % emissioni CO₂

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

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

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

- Volume riscaldato (V_{risc}).

La formula definita è sotto riportata:

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

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

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

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

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

Tabella 5.14 – Indicatori di performance energetici

COMBUSTIBILE	IEN _R			IEN _E		
	Wh/(m ³ GG anno)			Wh/(m ³ anno)		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Gas Naturale	-	6,79	8,62	-	-	-
Energia elettrica	-	-	-	9.709,74	9486,62	9089,69

È stato quindi possibile effettuare un raffronto con le classi di merito riportate nelle suddette Linee Guida ENEA - FIRE, ottenendo una classe di merito buona per quanto riguarda il riscaldamento ed una classe di merito sufficiente per l'energia elettrica.

Nell'Allegato M è possibile trovare un riepilogo degli indici sopra calcolati di tutti gli edifici del Lotto 8.

6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO

6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO

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

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

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

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

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale	EP _{gl}	kWh/mq anno	196,08	186,94
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	151,5	151,0
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	0,10	0,08
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	28,05	22,60
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	1,15	0,93
Emissioni equivalenti di CO ₂	CO _{2eq}	Kg/mq anno	37,75	

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
	[kWh/anno]	[kWh/anno]
Energia Elettrica	41.800,94	81.511,84
Gas Naturale	305.158,00	320.415,90

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

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

Dove:

- E_{teorico} è il fabbisogno teorico di energia dell’edificio, come calcolato dal software di simulazione;

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

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

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

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

Nota (*) Tale contributo non è definito all’interno delle norme UNITS 11300 pertanto è stato ricavato dall’Auditor sulla base dei dati di targa

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 adattando tutti i parametri sulla base delle informazioni raccolte durante il sopralluogo.

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale	EP_{gli}	kWh/mq anno	119,54	112,94
Climatizzazione invernale	EP_H	kWh/mq anno	87,1	86,8
Produzione di acqua calda sanitaria	EP_w	kWh/mq anno	0,06	0,05
Illuminazione artificiale	EP_L	kWh/mq anno	16,89	13,61
Trasporto di persone e cose	EP_T	kWh/mq anno	1,15	0,93
Emissioni equivalenti di CO ₂	CO_{2eq}	Kg/mq anno	23,02	

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

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

FORTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
	[kWh/anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	175.246,22	184.008,53
Energia Elettrica	30.163,93	58.819,66

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

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

$Q_{teorico}$	$Q_{baseline}$	Congruità
[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
175.246,22	174.239,69	0,57%

Dall’analisi effettuata è emerso che il modello valutato in “Modalità adattata all’utenza” risulta validato.

6.1.2 Validazione del modello elettrico

La validazione del modello energetico elettrico è stata effettuata confrontando il consumo energetico di baseline ($EE_{baseline}$) così come definito al precedente capitolo 5.1.2 ed il fabbisogno teorico ($EE_{teorico}$) derivante dalla modellazione energetica.

Tabella 6.7 – Validazione del modello energetico elettrico (valutazione in modalità adattata all’utenza)

$EE_{teorico}$	$EE_{baseline}$	Congruità
[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
30.163,93	29.455,00	2,35%

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

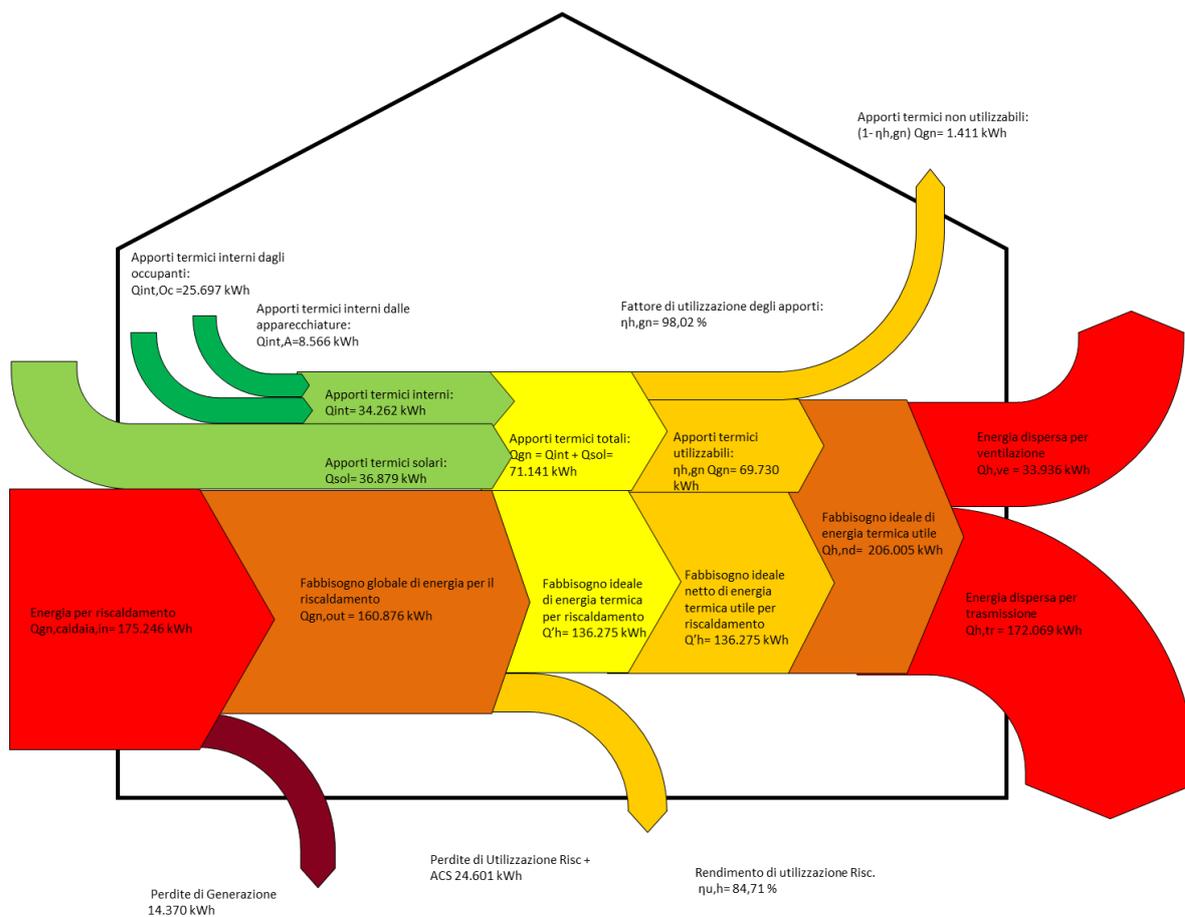
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

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

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

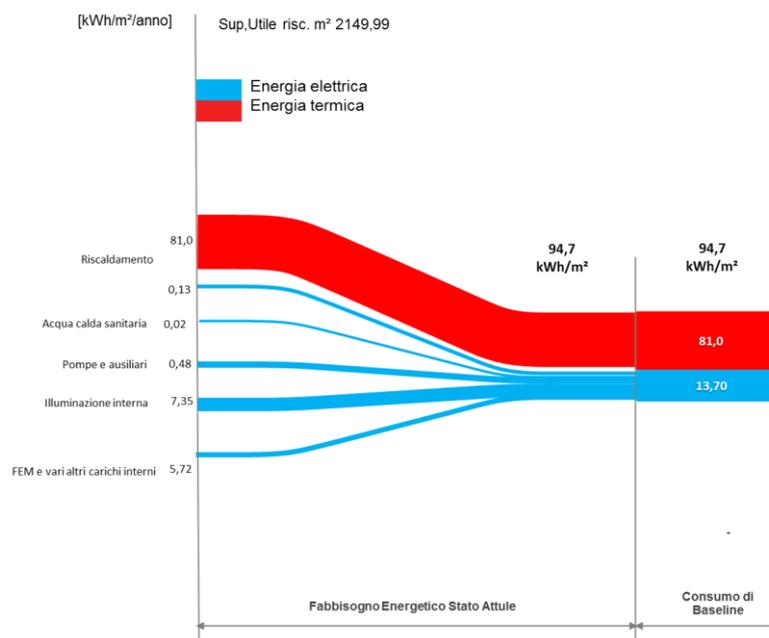
I risultati del bilancio energetico termico sono stati rappresentati nella forma di diagramma di Sankey riportato in Figura 6.1

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



È quindi possibile creare un bilancio energetico complessivo dell’edificio, riportato nella Figura 6.2. Dal diagramma si evince che il fabbisogno ideale di energia termica utile è dovuto principalmente alla dispersione per trasmissione.

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



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

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

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

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

Dall’analisi del diagramma di Sankey relativo al bilancio energetico complessivo dell’edificio è possibile notare che il consumo specifico maggiore è quello dovuto al riscaldamento dei locali, mentre, relativamente all’energia elettrica, il consumo specifico maggiore è dovuto all’illuminazione.

6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI

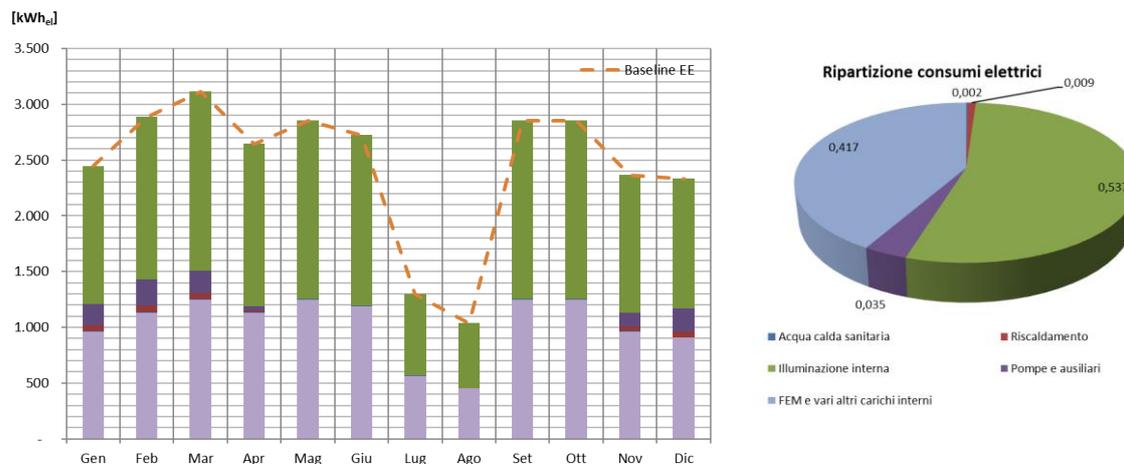
I consumi energetici termici di Baseline dell’edificio oggetto della DE sono interamente dovuti al riscaldamento degli ambienti.

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

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

I risultati di tale valutazione sono riportati nella Figura 6.3.

Figura 6.3 – Andamento mensile dei consumi elettrici ricavati dalla modellazione energetica, ripartiti tra i vari utilizzi



Si può notare come la maggior parte dei consumi sia da attribuirsi all'illuminazione interna, pertanto tra gli interventi migliorativi proposti, si valuterà anche l'ipotesi di sostituzione delle lampade esistenti con lampade a LED.

7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO

7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI

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

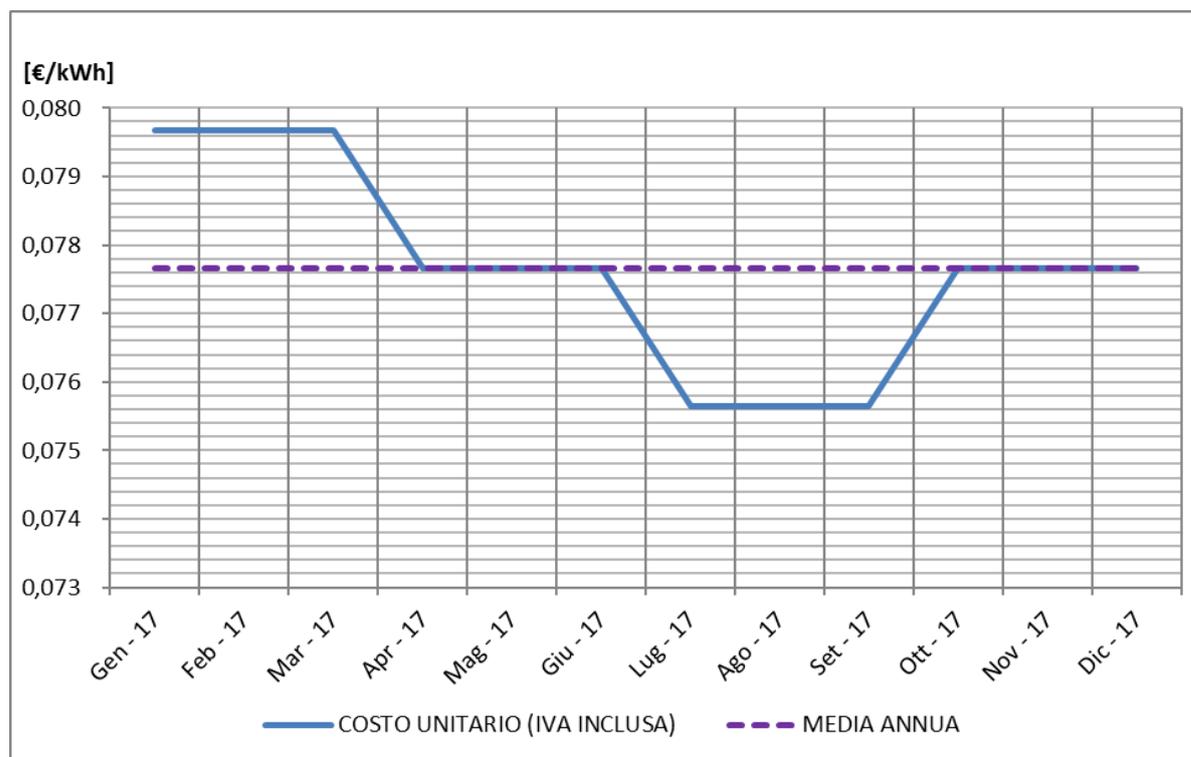
7.1.1 Vettore termico

La fornitura del vettore termico (PDR 3270050349009) avviene tramite un 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.

Per le forniture di gas metano gestite tramite il Contratto di Servizio Energia SIE3, non essendo disponibile la fatturazione, è stato considerato il costo unitario del vettore termico definito dall'Autorità per l'energia elettrica il gas e il sistema idrico (AEEGSI).

Nel grafico in Figura 7.1 è riportato l'andamento del costo unitario del vettore 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 2017



7.1.2 Vettore elettrico

La fornitura del vettore elettrico avviene tramite contratto di fornitura del vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. È stato quindi possibile effettuare un'analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura.

Nella Tabella 7.1 si riportano le principali caratteristiche del contratto di fornitura del vettore termico per gli anni di riferimento.

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

POD: IT001E00097075	Gennaio 2014-Marzo 2015	Aprile 2015-Marzo 2016	Aprile 2016-Dicembre 2016
Indirizzo di fornitura	Comune di Genova, Via di Francia 1 16124 Genova		
Dati di intestazione fattura	Comune di Genova, Via di Francia 1 16124 Genova	Comune di Genova- Direzione Patrimonio, Via di Francia 1 16124 Genova	Comune di Genova, Via di Garibaldi 9 16124 Genova Codice ufficio WOQ6PS
Società di fornitura	Edison	GALA	Iren
Inizio periodo fornitura	01/10/2013	01/04/2015	01/04/2016.
Fine periodo fornitura	31/03/2015	31/03/2016	n.d.
Potenza elettrica impegnata	25 kW	25 kW	25 kW
Potenza elettrica disponibile	25 kW	25 kW	25 kW
Tipologia di contratto	Forniture in BT (escluso IP)	Utenza altri usi	Altri usi
Opzione tariffaria ⁽¹⁴⁾	-	BTA6	-
Prezzi della fornitura dell'energia elettrica ⁽¹⁵⁾	0,078810 €/kWh ⁽¹⁶⁾	0,039430 €/ kWh ⁽¹⁷⁾	0,032470€/ kWh ⁽¹⁷⁾

Nota (14) per fatturazioni non mensili la spesa economica mensile andrà calcolata suddividendo percentualmente la spesa aggregata in base ai valori di consumo energetico mensile.

Nota (15): 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.

Nota (16) Corrispettivo unitario relativo alla fascia F1 del mese di Gennaio

Nota (17) Corrispettivo unitario relativo alla fascia F1 del mese di Aprile

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

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

POD: IT001E00097075	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen – 14	272	14	361	43	69	760	3.462	0,219
Feb – 14	261	14	346	41	66	728	3.290	0,221
Mar – 14	270	14	354	43	68	750	3.405	0,220
Apr – 14	224	13	325	39	60	661	2.849	0,232
Mag – 14	228	13	328	37	61	666	2.942	0,226
Giu – 14	179	11	268	29	49	535	2.317	0,231
Lug – 14	154	6	151	18	33	362	1.467	0,247
Ago – 14	86	5	134	15	24	264	1.167	0,226
Set – 14	178	10	263	29	48	528	2.306	0,229
Ott – 14	226	13	325	36	60	660	2.911	0,227
Nov – 14	210	12	312	34	57	625	2.744	0,228
Dic – 14	205	13	322	34	57	631	2.750	0,230

Totale	2.493	137	3.490	398	652	7.170	30.333	0,236
POD: IT001E00012 POD: IT001E00097075	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen – 15	250	13	346	43	65	717	3.462	0,207
Feb – 15	229	13	331	41	61	675	3.290	0,205
Mar – 15	228	13	338	43	62	684	3.405	0,201
Apr – 15	129	11	282	36	46	504	2.876	0,175
Mag – 15	32	4	91	9	14	149	723	0,207
Giu – 15	84	8	199	25	32	348	1.973	0,176
Lug – 15	83	8	206	25	32	355	2.039	0,174
Ago – 15	47	5	126	14	19	211	1.145	0,184
Set – 15	89	11	272	31	40	444	2.504	0,177
Ott – 15	90	11	284	32	42	459	2.589	0,177
Nov – 15	103	12	318	37	47	518	2.965	0,175
Dic – 15	91	12	296	33	43	475	2.665	0,178
Totale	1.456	120	3.090	370	504	5.540	29.636	0,187
POD: IT001E00097075	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen – 16	170	14	301	36	52	574	2.896	0,198
Feb – 16	128	14	298	36	48	524	2.860	0,183
Mar – 16	112	14	284	34	44	489	2.829	0,173
Apr – 16	98	14	315	34	46	508	2.702	0,188
Mag – 16	108	14	312	33	47	514	2.671	0,193
Giu – 16	92	14	260	26	39	432	2.108	0,205
Lug – 16	62	14	184	15	27	302	1.232	0,246
Ago – 16	53	14	185	16	27	295	1.246	0,236
Set – 16	105	14	264	26	41	450	2.048	0,220
Ott – 16	164	14	298	32	51	559	2.525	0,222
Nov – 16	197	14	314	33	56	615	2.675	0,230
Dic – 16	179	14	306	33	53	585	2.604	0,225
Totale	1.468	172	3.321	354	531	5.846	28.396	0,206

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

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

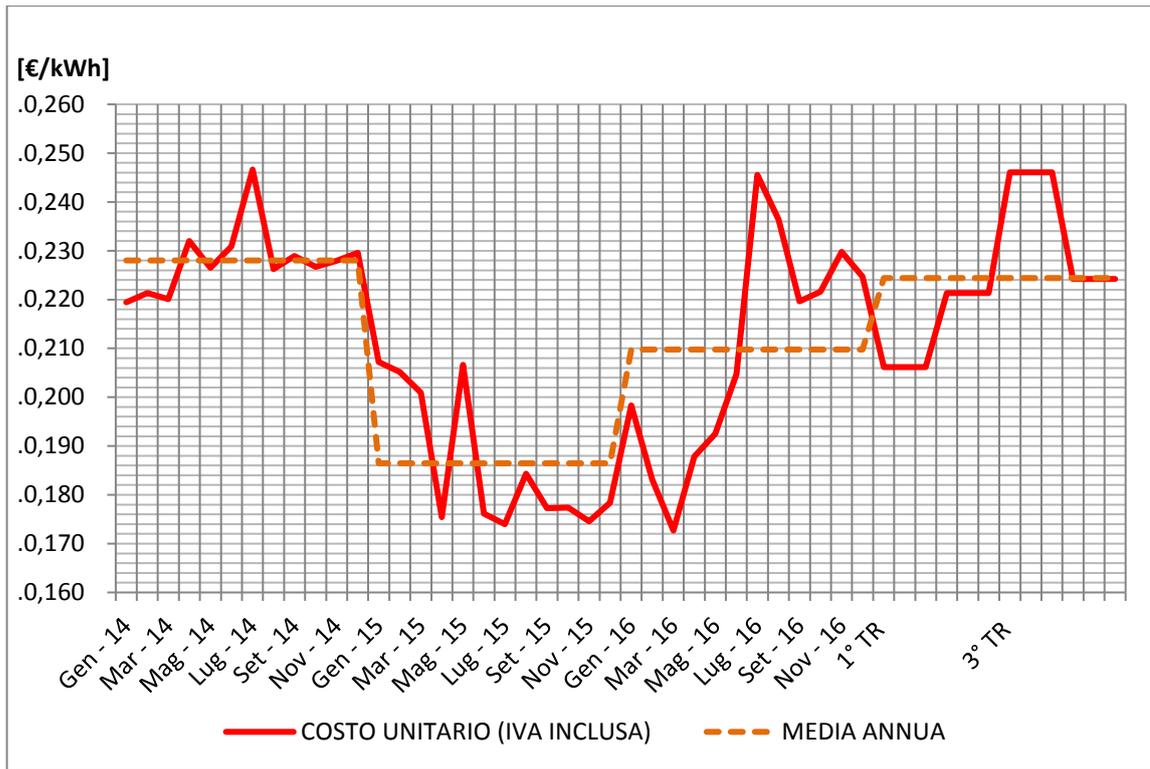
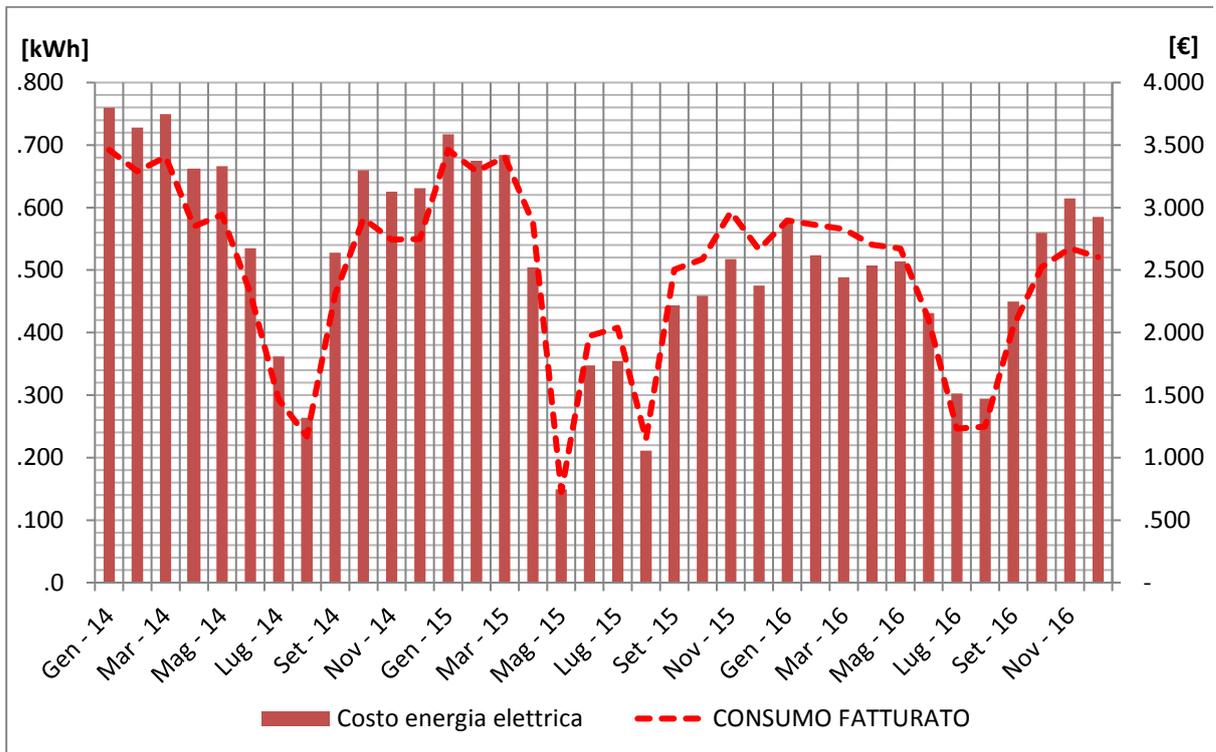


Figura 7.3 – Andamento dei consumi e dei costi dell’energia elettrica



Dall’analisi effettuata risulta evidente che l’andamento dei costi segue l’andamento dell’occupazione dei locali durante l’anno.

7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI

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

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

Tabella 7.3 – Sintesi dei consumi nel triennio di riferimento

ANNO	VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO		
	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[kWh]	[€]	[€/kWh]
2014	154.030	n.d.	n.d.	31.610	7.170	0,227
2015	137.530	n.d.	n.d.	29.636	5.540	0,187
2016	174.553	n.d.	n.d.	28.396	5.846	0,206
2017	n.d.	n.d.	0,079	n.d.	n.d.	0,222

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

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo unitario dell'energia termica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	C _Q	0,079 [€/kWh]
Costo unitario dell'energia elettrica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	C _{EE}	0,222 [€/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 al seguente impianto:

- L1-042-003: servizio SIE3

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

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

Tali servizi prevedono il pagamento di un canone annuale da parte della PA pari a 20.115 €.

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:

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

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

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

7.4 BASELINE DEI COSTI

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

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

Per la componente energetica vale la seguente formula:

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

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

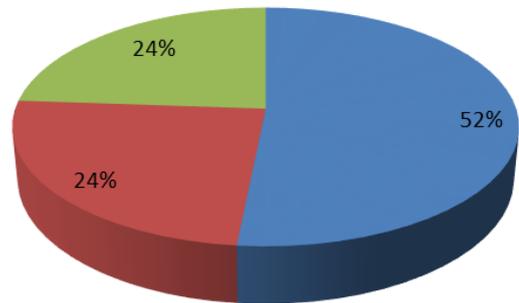
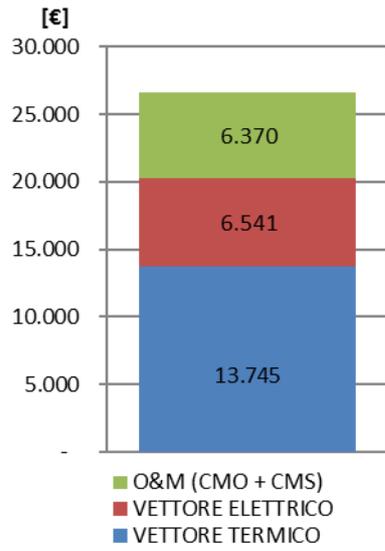
$$C_{baseline} = C_E + C_{MO} + C_{MS}$$

Ne risulta quindi un $C_{baseline}$ pari a € 26.656.

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

VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)			TOTALE
$Q_{baseline}$	Cu_Q	C_Q	$EE_{baseline}$	Cu_{EE}	C_{EE}	C_M	C_{MO}	C_{MS}	$C_Q + C_{EE} + C_M$
[kWh]	[€/kWh]	[€]	[kWh]	[€/kWh]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
174.240	0,079	13.745	29.455	0,222	6.541	6.370	5.032	1.338	26.656

Figura 7.4 – Baseline dei costi e loro ripartizione



8 IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA

8.1 DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI

8.1.1 Involucro edilizio

EEM1: Isolamento dall'interno delle pareti perimetrali esterne

Generalità

La misura prevede l'applicazione tramite incollaggio di pannelli isolanti sulla superficie interna delle pareti perimetrali. L'intervento migliora la prestazione termica dell'edificio, di conseguenza le condizioni di comfort e permette di ridurre i consumi energetici.

Il sistema è completato con intonaco di finitura.

Caratteristiche funzionali e tecniche

Si è scelto di utilizzare un pannello isolante in Silicato di Calcio, permeabile al vapore, antincendio, traspirabile, incombustibile (classe 0) e con conducibilità pari a 45 W/m K. Gli spessori utilizzati permettono di raggiungere una trasmittanza tale da poter accedere agli incentivi del Conto termico.

Descrizione dei lavori

La posa deve essere svolta da addetti specializzati.

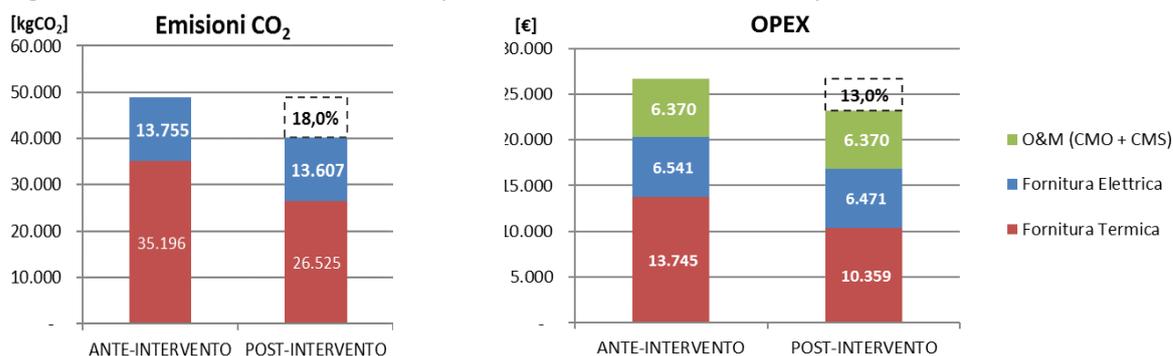
I lavori prevedono l'installazione di impalcature per interni nei locali interessati.

Prestazioni raggiungibili

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

Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM1 – isolamento dall'interno delle pareti perimetrali

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM1 Trasmittanza	[W/m ² K]	vd allegato E	< 0,26	
Q _{teorico}	[kWh]	175.246	132.072	24,6%
EE _{teorico}	[kWh]	30.169	29.844	1,1%
Q _{baseline}	[kWh]	174.240	131.313	24,6%
EE _{Baseline}	[kWh]	29.455	29.138	1,1%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	35.196	26.525	24,6%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	13.755	13.607	1,1%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	48.952	40.133	18,0%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	13.745	10.359	24,6%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	6.541	6.471	1,1%
Fornitura Energia, C_E	[€]	20.286	16.830	17,0%
C _{MO}	[€]	5.032	5.032	0,0%
C _{MS}	[€]	1.338	1.338	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	6.370	6.370	0,0%
OPEX	[€]	26.656	23.199	13,0%
Classe energetica	[-]	E	D	+1 classi

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

EEM2: Isolamento delle coperture

Generalità

La misura prevede l'isolamento con pannelli isolanti delle coperture delle due palestre e del solaio di copertura del terzo piano.

Caratteristiche funzionali e tecniche

Si è scelto di applicare pannelli in XPS con conducibilità pari a 0,038 W/m K per l'isolamento della copertura della palestra con tetto piano, pannelli in EPS con conducibilità pari a 0,033 W/m K per l'isolamento della copertura della palestra con tetto a falde e pannelli in lana di vetro con conducibilità pari a 0,032 W/m K sull'estradosso del solaio di copertura del terzo piano.

Gli spessori utilizzati permettono di raggiungere una trasmittanza tale da poter accedere agli incentivi del Conto termico.

Descrizione dei lavori

La posa deve essere svolta da addetti specializzati.

I lavori prevedono l'installazione di un ponteggio attorno all'area di interesse.

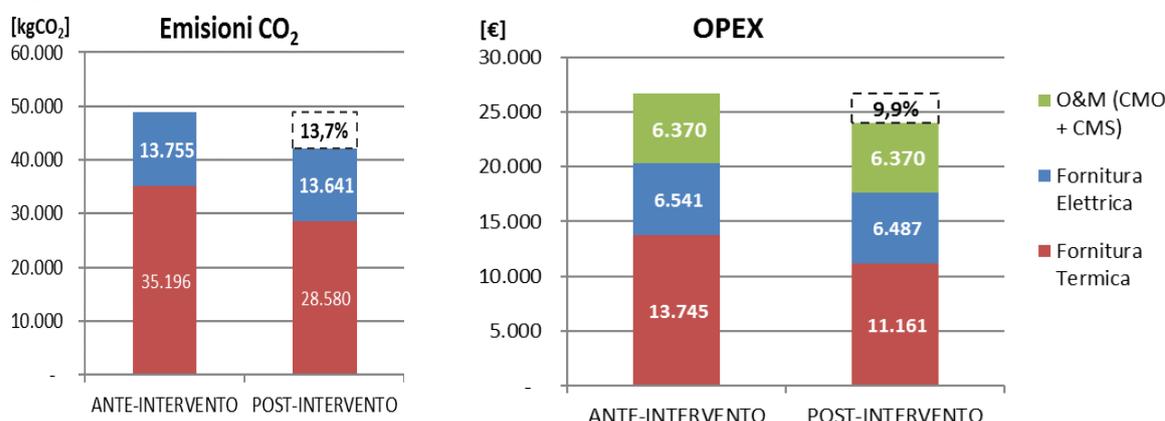
Prestazioni raggiungibili

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

Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM2 – isolamento dall'interno delle pareti perimetrali

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM2 Trasmittanza	[W/m ² K]	vd allegato E	< 0,22	
Q _{teorico}	[kWh]	175.246	142.304	18,8%
EE _{teorico}	[kWh]	30.169	29.917	0,8%
Q _{baseline}	[kWh]	174.240	141.487	18,8%
EE _{Baseline}	[kWh]	29.455	29.210	0,8%
Emiss. CO ₂ Termico	[kgCO ₂]	35.196	28.580	18,8%
Emiss. CO ₂ Elettrico	[kgCO ₂]	13.755	13.641	0,8%
Emiss. CO₂ TOT	[kgCO₂]	48.952	42.221	13,7%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	13.745	11.161	18,8%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	6.541	6.487	0,8%
Fornitura Energia, C_E	[€]	20.286	17.648	13,0%
C _{MO}	[€]	5.032	5.032	0,0%
C _{MS}	[€]	1.338	1.338	0,0%

O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	6.370	6.370	0,0%
OPEX	[€]	26.656	24.018	9,9%
Classe energetica	[-]	E	D	+1 classi

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

EEM3: Sostituzione dei serramenti

Generalità

Nella fase di intervista al personale si è evidenziata una condizione di discomfort nelle zone vicine ai più vecchi serramenti in legno. Si propone dunque di seguito lo smontaggio e successiva sostituzione completa di telaio e vetro di tali serramenti.

Caratteristiche funzionali e tecniche

I vetri e i telai scelti permettono di raggiungere una trasmittanza tale da poter accedere agli incentivi del Conto termico nel caso di installazione congiunta di valvole termostatiche.

Descrizione dei lavori

L'intervento deve essere svolto da addetti specializzati. Si procede con la rimozione dei vecchi serramenti esistenti. Successivamente si installano i nuovi serramenti in modo tale da garantire una corretta posa in opera al fine di assicurare la tenuta all'aria e all'acqua, ottimizzando le prestazioni termiche.

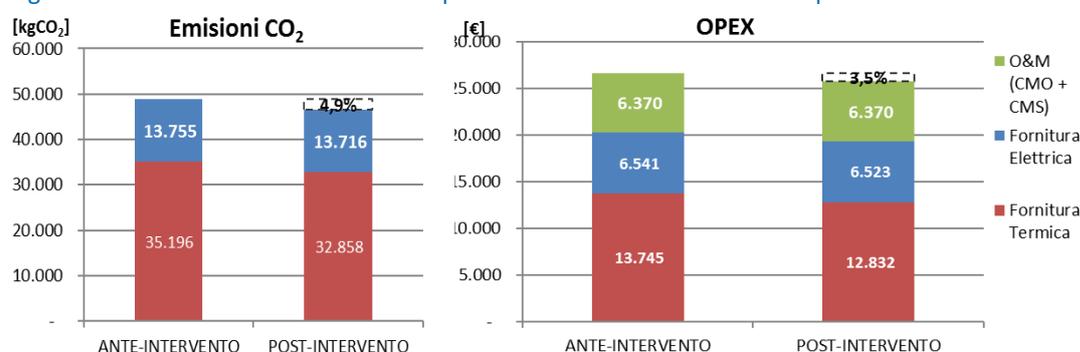
Prestazioni raggiungibili

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

Tabella 8.3 – Risultati analisi EEM3 – sostituzione serramenti in legno

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EMM3 Trasmittanza	[W/m ² K]	vd allegato E	< 1,67	
Q _{teorico}	[kWh]	175.246	163.604	6,6%
EE _{teorico}	[kWh]	30.169	30.083	0,3%
Q _{baseline}	[kWh]	174.240	162.665	6,6%
EE _{baseline}	[kWh]	29.455	29.371	0,3%
Emiss. CO ₂ Termico	[kgCO ₂]	35.196	32.858	6,6%
Emiss. CO ₂ Elettrico	[kgCO ₂]	13.755	13.716	0,3%

Emiss. CO2 TOT	[kgCO ₂]	48.952	46.575	4,9%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	13.745	12.832	6,6%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	6.541	6.523	0,3%
Fornitura Energia, C_E	[€]	20.286	19.355	4,6%
C _{MO}	[€]	5.032	5.032	0,0%
C _{MS}	[€]	1.338	1.338	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	6.370	6.370	0,0%
OPEX	[€]	26.656	25.724	3,5%
Classe energetica	[-]	E	D	+1 classi

 Figura 8.3 – EEM3: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline


8.1.2 Impianto riscaldamento

EEM4: Installazione valvole termostatiche

Generalità

L'intervento consiste nell'installazione su tutti i radiatori dell'edificio di valvole termostatiche e relativi comandi.

Questo intervento permette di ottenere un risparmio energetico legato all'effettiva richiesta di carico termico differenziabile per ciascun ambiente di ogni zona climatizzata.

Al fine di un corretto funzionamento è prevista l'installazione di una pompa modulante in sostituzione a quella esistente.

Caratteristiche funzionali e tecniche

L'installazione delle valvole termostatiche consente di incrementare notevolmente il rendimento di generazione, andando ad intervenire sulla temperatura di set point locale per locale.

Con questa soluzione il rendimento di regolazione risulta pari al 98 % (regolazione ambiente con banda proporzionale ad 1°C).

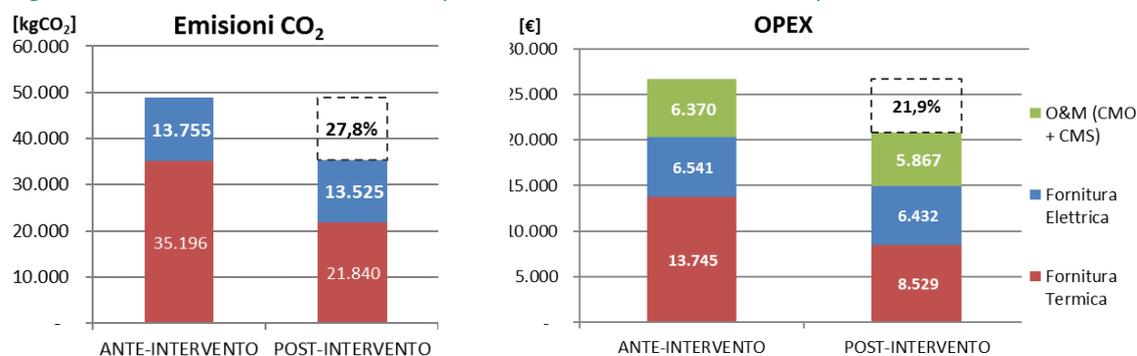
Prestazioni raggiungibili

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

Tabella 8.4 – Risultati analisi EEM4 – installazione valvole termostatiche

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM4		80,20%	98%	-22,2%
Q _{teorico}	[kWh]	175.246	108.744	37,9%
EE _{teorico}	[kWh]	30.169	29.663	1,7%
Q _{baseline}	[kWh]	174.240	108.120	37,9%
EE _{baseline}	[kWh]	29.455	28.961	1,7%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	35.196	21.840	37,9%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	13.755	13.525	1,7%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	48.952	35.365	27,8%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	13.745	8.529	37,9%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	6.541	6.432	1,7%
Fornitura Energia, C_E	[€]	20.286	14.961	26,3%
C _{MO}	[€]	5.032	4.529	10,0%
C _{MS}	[€]	1.338	1.338	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	6.370	5.867	7,9%
OPEX	[€]	26.656	20.827	21,9%
Classe energetica	[-]	E	C	+2 classi

Figura 8.4 – EEM4: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO2 a partire dalla baseline



EEM6: Sostituzione caldaia

Generalità

L'intervento consiste nella sostituzione dell'attuale generatore di calore tradizionale con una caldaia a condensazione ad alto rendimento. La potenzialità è valutata preliminarmente senza considerare l'interazione con altre EEM. Si precisa pertanto che la combinazione con altri interventi può incrementare in maniera significativa i benefici sia in termini di risparmio energetico che economico.

L'installazione di un nuovo generatore ad alta efficienza comporta un risparmio energetico, maggiore sicurezza ed affidabilità, minori emissioni inquinanti in ambiente ed una migliore efficienza ai carichi parziali in funzione del fattore di carico dell'edificio.

Caratteristiche funzionali e tecniche

L'installazione di un generatore a condensazione consente di ottenere maggiori rendimenti di generazione

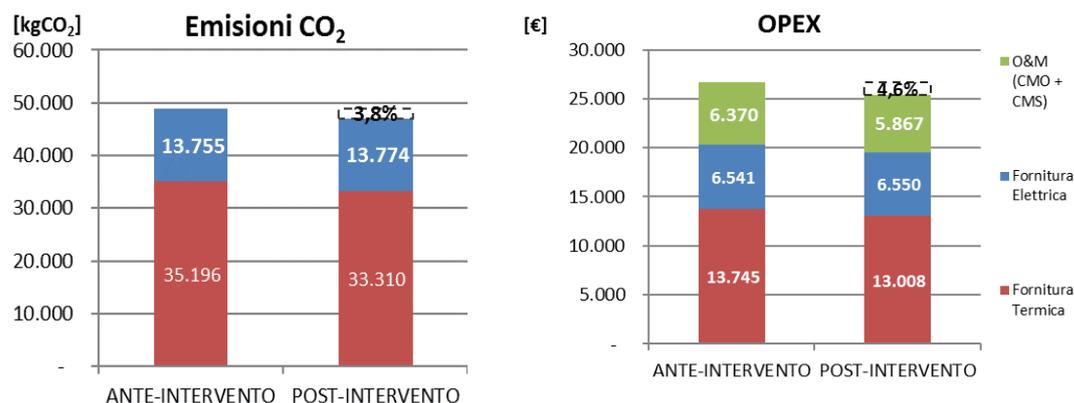
Prestazioni raggiungibili

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

Tabella 8.5 – Risultati analisi EEM6 – sostituzione caldaia

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EMM6 Rendimento utile		91,30%	98,00%	-7,3%
Q _{teorico}	[kWh]	175.246	165.853	5,4%
EE _{teorico}	[kWh]	30.169	30.209	-0,1%
Q _{baseline}	[kWh]	174.240	164.900	5,4%
EE _{Baseline}	[kWh]	29.455	29.494	-0,1%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	35.196	33.310	5,4%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	13.755	13.774	-0,1%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	48.952	47.084	3,8%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	13.745	13.008	5,4%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	6.541	6.550	-0,1%
Fornitura Energia, C_E	[€]	20.286	19.558	3,6%
C _{MO}	[€]	5.032	4.529	10,0%
C _{MS}	[€]	1.338	1.338	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	6.370	5.867	7,9%
OPEX	[€]	26.656	25.425	4,6%
Classe energetica	[-]	E	E	+0 classi

Figura 8.5 – EEM6: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO2 a partire dalla baseline



8.1.3 Impianto produzione acqua calda sanitaria

Dai rilievi effettuati e dalla modellazione è emerso che i consumi dovuti al riscaldamento dell'ACS sono esigui. Perciò non è stato ritenuto conveniente l'intervento di sostituzione dei bollitori elettrici.

8.1.4 Impianto di illuminazione ed impianto elettrico

EEM5: Installazione lampade LED a basso consumo

Generalità

Si prevede la sostituzione delle pre-esistenti sorgenti luminose con sorgenti luminose a LED più efficienti nel rispetto dei livelli di illuminamento preesistenti.

Una maggiore efficienza luminosa consente di ridurre i consumi di energia elettrica e di aumentare la vita utile dei singoli corpi illuminanti.

Caratteristiche funzionali e tecniche

Si sostituiscono le sorgenti luminose seguenti:

- Lampade fluorescenti 2x36W con lampade LED da 36 W;
- Lampade fluorescenti 1x36W con lampade LED da 20 W;
- Lampade fluorescenti 2x58W con lampade LED da 48 W;
- Lampade fluorescenti 1x58W con lampade LED da 29 W;

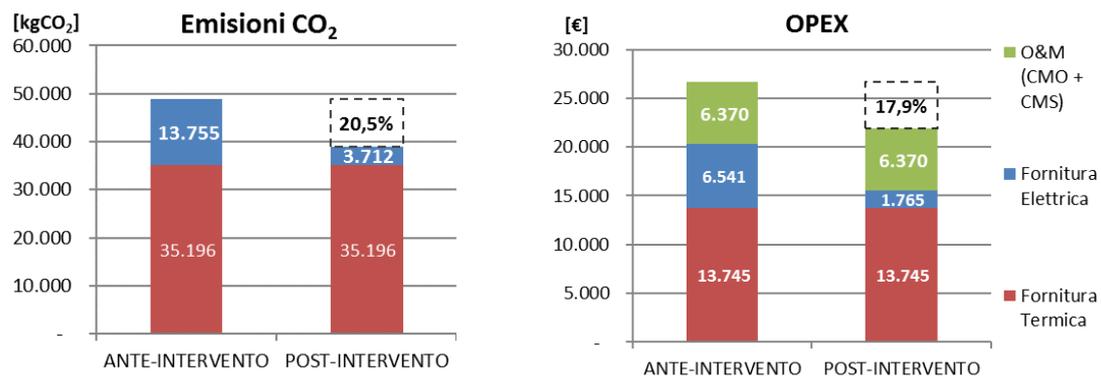
Prestazioni raggiungibili

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

Tabella 8.6 – Risultati analisi EEM5 – installazione lampade LED

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Q _{teorico}	[kWh]	175.246	175.246	0,0%
EE _{teorico}	[kWh]	30.169	8.141	73,0%
Q _{baseline}	[kWh]	174.240	174.240	0,0%
EE _{baseline}	[kWh]	29.455	7.948	73,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	35.196	35.196	0,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	13.755	3.712	73,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	48.952	38.908	20,5%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	13.745	13.745	0,0%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	6.541	1.765	73,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	20.286	15.510	23,5%
C _{MO}	[€]	5.032	5.032	0,0%
C _{MS}	[€]	1.338	1.338	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	6.370	6.370	0,0%
OPEX	[€]	26.656	21.880	17,9%
Classe energetica	[-]	D	D	+0 classi

Figura 8.6 – EEM5: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO2 a partire dalla baseline



9 VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA

9.1 ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

EEM1: Isolamento delle pareti perimetrali esterne

Nella Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 1.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali sono stati quantificati come descritto dagli Allegati 1 e 2 del Decreto Mise del 16/05/2016.

In particolare, l'intervento di isolamento delle strutture opache verticali dall'interno, di cui all'articolo 4, comma 1, lettera a), prevede una percentuale incentivata della spesa pari al 40%, un costo massimo ammissibile pari a 80 €/mq e un valore massimo dell'incentivo pari a 400.000 €.

La durata dell'incentivo è stata stimata pari ad un anno, come previsto dall'Art. 7, comma 5 del Decreto Mise del 16/05/2016.

Tabella 9.1 – Analisi dei costi della EEM1 – Isolamento delle pareti perimetrali dall'interno

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO	PREZZO	TOTALE	IVA	TOTALE
				UNITARIO PREZZARIO	UNITARIO SCONTATO	(IVA ESCLUSA)	[%]	(IVA INCLUSA)
				€/m ² cm	€/m ² cm	€	[%]	€
PR.A17.D01.010	Prezzario Regione Liguria	20364,85	m2cm	€ 3,49	€ 3,17	€ 64.612,11	22%	€ 78.826,78
PR.A02.A20.600	Prezzario Regione Liguria	1637,79	kg	€ 0,82	€ 0,75	€ 1.220,90	22%	€ 1.489,50
PR.A02.A25.010	Prezzario Regione Liguria	818,895	kg	€ 0,49	€ 0,45	€ 364,78	22%	€ 445,03
95.B10.S20.020	Prezzario Regione Liguria	40,94	m2	€ 21,17	€ 19,25	€ 788,00	22%	€ 961,36
20.A54.B10.010	Prezzario Regione Liguria	1637,79	m2	€ 4,80	€ 4,36	€ 7.146,72	22%	€ 8.719,00
Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 2.223,98	22%	€ 2.713,25

Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%	€	22%	€
				5.189,28		6.330,92
TOTALE (I₀ – EEM1)				€	22%	€
				81.546		99.486
Incentivi	[Conto termico]					€
						39.794,33
Durata incentivi						1
Incentivo annuo						€
						39.794,33

EEM2: Isolamento coperture

Nelle Tabella 9.9, Tabella 9.15, Tabella 9.16 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 2.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali sono stati quantificati come descritto dagli Allegati 1 e 2 del Decreto MISE del 16/05/2016.

In particolare, l'intervento di isolamento delle strutture opache orizzontali, di cui all'articolo 4, comma 1, lettera a), prevede una percentuale incentivata della spesa pari al 40%, un costo massimo ammissibile pari a 200 €/mq per l'isolamento dall'esterno della copertura e di 100 €/mq per l'isolamento del sottotetto e un valore massimo dell'incentivo pari a 400.000 €.

La durata dell'incentivo è stata stimata pari ad un anno, come previsto dall'Art. 7, comma 5 del Decreto MISE del 16/05/2016.

- Isolamento sottotetto:

Tabella 9.2 – Analisi dei costi della EEM 2 – Isolamento del sottotetto

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)	
				[€/n° o €/m ²]	[€/n° o €/m ²]	[€]	[%]	[€]	
PR.A17.Z02.010	Fornitura materiale isolante (materassino lana vetro 0.032 W/mK)	Prezziario Regione Liguria	489	m2	€ 15,93	€ 14,48	€ 7.081,61	22%	€ 8.639,56
PR.A17.Z02.020	Fornitura materiale isolante (materassino lana vetro 0.032 W/mK)	Prezziario Regione Liguria	489	m2	€ 6,83	€ 6,21	€ 3.036,25	22%	€ 3.704,22
25.A44.050.020	Posa in opera materiale isolante	Prezziario Regione Liguria	489	m2	€ 7,84	€ 7,13	€ 3.485,24	22%	€ 4.251,99
	Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 408,09	22%	€ 497,87
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 952,22	22%	€ 1.161,70
TOTALE (I₀ – EEM1)						€	22%	€	
						14.963		18.255	
Incentivi	[Conto termico]							€	
								7.302,14	
Durata incentivi								1	
Incentivo annuo								€	
								7.302,14	

- **Isolamento copertura piana:**

Tabella 9.3 – Analisi dei costi della EEM 2 – Isolamento copertura piana

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZ ATO	QUANT ITÀ	U. M.	PREZZO	PREZZO	TOTAL	IVA	TOTAL
				UNITAR IO PREZZA RIO	UNITAR IO SCONT ATO	E (IVA ESCLUS A)	IVA	E (IVA INCLU SA)
				[€/n° o €/m ²]	[€/n° o €/m ²]	[€]	[%]	[€]
25.A05.C10.010	Prezziari o Regione Liguria	107,91	m2	€ 6,88	€ 6,25	€ 674,93	22 %	€ 823,41
PR.A18.A25.120	Prezziari o Regione Liguria	107,91	m2	€ 5,11	€ 4,65	€ 501,29	22 %	€ 611,58
25.A48.A30.010	Prezziari o Regione Liguria	107,91	m2	€ 11,81	€ 10,74	€ 1.158,56	22 %	€ 1.413,44
PR.A17.W01.010	Prezziari o Regione Liguria	107,91	m2	€ 6,00	€ 5,45	€ 588,60	22 %	€ 718,09
PR.A17.W01.011	Prezziari o Regione Liguria	107,91	m3	€ 6,00	€ 5,45	€ 588,60	## ##	€ 1.306,69
PR.A17.W01.012	Prezziari o Regione Liguria	107,91	m4	€ 3,00	€ 2,73	€ 294,30	## ##	€ 947,65
25.A44.050.010	Prezziari o Regione Liguria	107,91	m2	€ 6,68	€ 6,07	€ 655,31	22 %	€ 799,48
PR.A18.A20.100	Prezziari o Regione Liguria	107,91	m2	€ 2,44	€ 2,22	€ 239,36	22 %	€ 292,02
25.a48.a25.025	Prezziari o Regione Liguria	107,91	m2	€ 4,98	€ 4,53	€ 488,54	22 %	€ 596,02
PR.A20.A10.010	Prezziari o Regione Liguria	107,91	m2	€ 12,40	€ 11,27	€ 1.216,44	22 %	€ 1.484,06
95.B10.S10.010	Prezziari o Regione Liguria	38,1433	m2	€ 14,28	€ 12,98	€ 495,17	22 %	€ 604,11
Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 207,03	22 %	€ 252,58
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 483,07	22 %	€ 589,35
TOTALE (I₀ – EEM1)						€ 7.591	43 %	€ 10.438
Incentivi	[Conto termico]							€ 4.175,39

Durata incentivi	1
Incentivo annuo	€ 4.175, 39

- **Isolamento copertura a falde:**

Tabella 9.4 – Analisi dei costi della EEM2 – Isolamento copertura a falde

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO	PREZZO	TOTALE	IVA	TOTALE	
				UNITARIO PREZZARIO	UNITARIO SCONTATO	(IVA ESCLUSA)	IVA	(IVA INCLUSA)	
				[€/n° o €/m ²]	[€/n° o €/m ²]	[€]	[%]	[€]	
25.A05.A40.020	Preparazione copertura	Prezziario Regione Liguria	133,35	m ^q	€ 8,54	€ 7,76	€ 1.035,28	22%	€ 1.263,04
PR.A18.A25.120	Fornitura materiale impermeabilizzante	Prezziario Regione Liguria	133,35	m ^q	€ 5,11	€ 4,65	€ 619,47	22%	€ 755,76
25.A48.A30.015	Posa in opera materiale impermeabilizzante	Prezziario Regione Liguria	133,35	m ^q	€ 15,08	€ 13,71	€ 1.828,11	22%	€ 2.230,29
PR.A17.U03.010	Fornitura materiale isolante (EPS 0.033 W/mK - spessore 4-5-6-7-8-10-12-14 cm)	Prezziario Regione Liguria	133,35	m ^q	€ 9,80	€ 8,91	€ 1.188,03	22%	€ 1.449,39
25.A44.060.010	Posa in opera materiale isolante	Prezziario Regione Liguria	133,35	m ^q	€ 9,06	€ 8,24	€ 1.098,32	22%	€ 1.339,95
25.A51.A10.010	Fornitura e posa in opera copertura in tegole	Prezziario Regione Liguria	133,35	m ^q	€ 42,37	€ 38,52	€ 5.136,40	22%	€ 6.266,41
95.B10.S10.010	Ponteggiature "di facciata", in elementi metallici prefabbricati e/o "giunto-tubo", compreso il montaggio e lo smontaggio finale, i piani di lavoro, idonea segnaletica, impianto di messa a terra, compresi gli eventuali oneri di progettazione, escluso: mantovane, illuminazione notturna e reti di protezione - Montaggio, smontaggio e noleggio per il primo mese di utilizzo.	Prezziario Regione Liguria	111,884	m ²	€ 14,28	€ 12,98	€ 1.452,46	22%	€ 1.772,00
	Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 370,7419	22%	€ 452,31
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 865,06442	22%	€ 1.055,38
TOTALE (I₀ – EEM1)							€ 13.594	22%	€ 16.585
Incentivi	[Conto termico]								€ 6.633,81
Durata incentivi									1
Incentivo annuo									€ 6.633,81

EEM3: Sostituzione serramenti in legno

Nella Tabella 9.5 è riportata l'analisi dei costi relativi alla EEM 3.

La realizzazione di tale intervento singolo, non essendo l'impianto di riscaldamento dell'edificio dotato di valvole termostatiche, non consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0.

Tabella 9.5 – Analisi dei costi della EEM3 – Sostituzione finestre in legno

	DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO	PREZZO	TOTALE	IVA	TOTALE
					UNITARIO PREZZARIO	UNITARIO SCONTATO	(IVA ESCLUSA)	(IVA INCLUSA)	
					[€/n° o €/m ²]	[€/n° o €/m ²]	[€]	[%]	[€]
25.A05.H01.100	Smontaggio e recupero delle parti riutilizzabili, incluso accantonamento nell'ambito del cantiere, di: serramenti in acciaio, PVC, alluminio, compreso telaio (misura minima 2,00 m ²)	Prezziario Regione Liguria	113,2	m2	€ 39,61	€ 36,01	€ 4.076,23	22%	€ 4.973,00
PR.A23.A30.010	Finestra o portafinestra in PVC completa di vetrocamera, qualità media, con valore massimo di trasmittanza U=2,8 W/m ² K, controtelaio escluso, misurazione minima per serramento m ² 1,0 apertura ad una o due ante o a vasistas	Prezziario Regione Liguria	113,2	m2	€ 328,90	€ 299,00	€ 33.846,80	22%	€ 41.293,10
PR.A23.B10.020	Controtelaio per finestre, portefinestre e simili, in legno.	Prezziario Regione Liguria	42,5582	m	€ 7,59	€ 6,90	€ 293,65	22%	€ 358,25
25.A15.C10.020	Trasporto eseguito con autocarro, motocarro o simili, della portata fino a 1000 kg, di materiali di risulta da scavi e/o demolizioni, per ogni km del tratto entro i primi 5. Misurato in banco	Prezziario Regione Liguria	16,98	m3	€ 11,77	€ 10,70	€ 181,69	22%	€ 221,66
	Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 1.151,95	22%	€ 1.405,38
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 2.687,89	22%	€ 3.279,22
TOTALE (I₀ – EEM1)							€ 42.238	22%	€ 51.531

EEM4: Installazione valvole termostatiche

Nella Tabella 9.6 è riportata l'analisi dei costi relativi alla EEM 4.

La realizzazione di tale intervento singolo non consente l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0.

Tabella 9.6 – Analisi dei costi della EEM4 – Installazione valvole termostatiche

	DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE
					[€/n° o €/m ²]	[€/n° o €/m ²]	[€]	[%]	[€]
PR.C17.A15.010	Valvole micrometriche a squadra complete di testa termostatica con elemento sensibile a gas: Ø 15 mm	Prezzario Regione Liguria	86	cad	€ 35,42	€ 32,20	€ 2.769,20	22%	€ 3.378,42
PR.C47.H10.145	Circolatori per impianti di riscaldamento e condizionamento a velocità variabile, regolate elettronicamente, classe di protezione IP44, classe energetica A, 230V, del tipo: versione gemellare con attacchi flangiati, Ø 80, PN6, prevalenza da 1 a 12 m, portata da 1 a 58 m ³ /h	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 4.587,21	€ 4.170,19	€ 4.170,19	22%	€ 5.087,63
40.E10.A10.040	Sola posa in opera di pompe e/o circolatori singoli o gemellari per fluidi caldi o freddi, compreso bulloni, guarnizioni e il collegamento alla linea elettrica, escluse le flange. Per attacchi del diametro nominale di: maggiore di 80 mm fino a 100 mm	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 97,34	€ 88,49	€ 88,49	22%	€ 107,96
PR.E40.B05.210	Interruttore automatico magnetotermico con potere di interruzione 4,5KA bipolare fino a 32 A - 230 V	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 22,69	€ 20,63	€ 20,63	22%	€ 25,17
RU.M01.E01.020	Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezzario Regione Liguria	32	h	€ 31,88	€ 28,98	€ 917,76	22%	€ 1.119,66
	Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 238,99	22%	€ 291,57
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 557,64	22%	€ 680,32
TOTALE (I₀ – EEM1)							€ 8.763	22%	€ 10.691

EEM5: Installazione LED

Nella Tabella 9.7 è riportata l'analisi dei costi relativi alla EEM 5.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali sono stati quantificati come descritto dagli Allegati 1 e 2 del Decreto MISE del 16/05/2016.

In particolare, l'intervento di sostituzione di corpi illuminanti con lampade a LED, di cui all'articolo 4, comma 1, lettera f), prevede una percentuale incentivata della spesa pari al 40%, un costo massimo ammissibile pari a 35 €/mq e un valore massimo dell'incentivo pari a 70.000 €.

La durata dell'incentivo è stata stimata pari ad un anno, come previsto dall'Art. 7, comma 5 del Decreto Mise del 16/05/2016.

Tabella 9.7 – Analisi dei costi della EEM4 – Installazione LED

	DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
					[€/n° o €/m ²]	[€/n° o €/m ²]	[€]	[%]	[€]
045161b	Plafoniera stagna rettangolare, corpo in policarbonato autoestinguente, schermo in policarbonato autoestinguente trasparente prismaticizzato internamente, per installazione a parete, plafone o a sospensione, apparecchio con grado di protezione IP 66, lampade LED temperatura di colore 4000 K, alimentazione 230 V c.a.: bilampada: lunghezza 1.300 mm, 36 W, 5.830 lm	DEI Imp. Ele. 2017	193	cad	€ 156,66	€ 142,42	€ 27.486,71	22%	€ 33.533,79
045129b	Apparecchio ad incasso con corpo in alluminio, lampada led temperatura di colore 3000 K, alimentatore incorporato, riflettore in alluminio cromato, classe di isolamento 1, grado di protezione IP 23, alimentazione 230 V 50 Hz, classe energetica A, apertura del fascio 95°: potenza 20 W, equivalente a 36 W fluorescente, Ø 190 mm	DEI Imp. Ele. 2017	62	cad	€ 98,61	€ 89,65	€ 5.558,02	22%	€ 6.780,78
045161c	Plafoniera stagna rettangolare, corpo in policarbonato autoestinguente, schermo in policarbonato autoestinguente trasparente prismaticizzato internamente, per installazione a parete, plafone o a sospensione, apparecchio con grado di protezione IP 66, lampade LED temperatura di colore 4000 K, alimentazione 230 V c.a.: bilampada: lunghezza 1.600 mm, 48 W, 7.780 lm	DEI Imp. Ele. 2017	2	cad	€ 185,06	€ 168,24	€ 336,47	22%	€ 410,50

1E.06.060.0140.c	Plafoniera a tenuta stagna per installazione diretta a parete o a soffitto - monolampada led 4000K 2800 lm potenza 29 W - lunghezza 1600 mm	Milano	12	cad	€ 139,50	€ 126,82	€ 1.521,82	22%	€ 1.856,62
	Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 1.047,09	22%	€ 1.277,45
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 2.443,21	22%	€ 2.980,72
TOTALE (I₀ – EEM1)							€ 38.393	22%	€ 46.840
Incentivi	[Conto termico]								€ 18.735,94
Durata incentivi									1
Incentivo annuo									€ 18.735,94

EEM6: Sostituzione caldaia

Nella realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali sono stati quantificati come descritto dagli Allegati 1 e 2 del Decreto Mise del 16/05/2016.

In particolare, l'intervento di isolamento di sostituzione della caldaia con un generatore di calore a condensazione, di cui all'articolo 4, comma 1, lettera c), prevede una percentuale incentivata della spesa pari al 40%, un costo massimo ammissibile pari a 130 €/kWh e un valore massimo dell'incentivo pari a 40.000 €.

La durata dell'incentivo è stata stimata pari ad un anno, come previsto dall'Art. 7, comma 5 del Decreto Mise del 16/05/2016.

Tabella 9.8 è riportata l'analisi dei costi relativi alla EEM 6.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali sono stati quantificati come descritto dagli Allegati 1 e 2 del Decreto Mise del 16/05/2016.

In particolare, l'intervento di isolamento di sostituzione della caldaia con un generatore di calore a condensazione, di cui all'articolo 4, comma 1, lettera c), prevede una percentuale incentivata della spesa pari al 40%, un costo massimo ammissibile pari a 130 €/kWh e un valore massimo dell'incentivo pari a 40.000 €.

La durata dell'incentivo è stata stimata pari ad un anno, come previsto dall'Art. 7, comma 5 del Decreto Mise del 16/05/2016.

Tabella 9.8 – Analisi dei costi della EEM5 – Sostituzione caldaia

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ₂]	[€/n° o €/m ₂]	[€]	[%]	[€]
PR.C76.B10.030	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 18.785,25	€ 17.077,50	€ 17.077,50	22%	€ 20.834,55
Caldaie a condensazione a basamento, corpo in lega di alluminio-silicio-magnesio con scambiatore primario a basso contenuto d'acqua, classe 5 NOx, rendimento energetico a 4 stelle in base alle direttive europee, bruciatore modulante con testata metallica ad irraggiamento,								

	compreso il pannello di comando montato sul mantello di rivestimento, della potenza termica nominale di: 320 Kw circa								
PR.C84.C05.515	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	€ 232,76	€ 211,60	€ 211,60	22%	€ 258,15
40.C10.B10.130	Sola posa in opera di bruciatore per caldaie, compresi la lavorazione della piastra di collegamento alla caldaia, la sola posa della rampa gas e del dispositivo di controllo tenuta valvola, i collegamenti elettrici, i collegamenti alla tubazione del combustibile a metano o gasolio: per generatori di calore da 351 Kw a 700 Kw	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 461,09	€ 419,17	€ 419,17	22%	€ 511,39
PR.C76.A30.020	Accessori per caldaie a condensazione: Tubi Ø 80mm della lunghezza 1 m	Prezzario Regione Liguria	15	cad	€ 21,13	€ 19,21	€ 288,14	22%	€ 351,53
PR.C76.A30.015	Accessori per caldaie a condensazione: Kit scarichi separati per tubi Ø 80mm	Prezzario Regione Liguria	2	cad	€ 28,46	€ 25,87	€ 51,75	22%	€ 63,13
Rimozione Caldaia	Pn > 250 e Pn <= 350	Prezziario CCIAA RE	1	cad	€ 1.777,66	€ 1.616,05	€ 1.616,05	22%	€ 1.971,59
	Regolazione Climatica	Prezziario CCIAA RE	1	cad	€ 546,00	€ 496,36	€ 496,36	22%	€ 605,56
40.F10.H10.030	Sola posa in opera di accessori per impianti di termoregolazione compresi collegamenti elettrici: sonde in genere	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 120,60	€ 109,64	€ 109,64	22%	€ 133,76
40.F10.H10.040	Sola posa in opera di accessori per impianti di termoregolazione compresi collegamenti elettrici: interruttore orologio da inserire in quadro elettrico	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 29,71	€ 27,01	€ 27,01	22%	€ 32,95
PR.C74.C10.010	Interruttore orario digitale modulare per la programmazione settimanale a due canali	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 146,74	€ 133,40	€ 133,40	22%	€ 162,75
PR.C74.E05.030	Sonde di temperatura e umidità: sola temperatura, per	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 76,47	€ 69,52	€ 69,52	22%	€ 84,81

impianti civili e industriali per esterno									
RU.M01.A01.030	Opere edili Operaio Qualificato	Prezzario Regione Liguria	16	h	€ 34,41	€ 31,28	€ 500,51	22%	€ 610,62
RU.M01.E01.020	Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezzario Regione Liguria	40	h	€ 31,88	€ 28,98	€ 1.159,27	22%	€ 1.414,31
20.A15.B10.015	Trasporto a scarica 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 scarica 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	m³km	€ 4,72	€ 4,29	€ 214,55	22%	€ 261,75
	Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 671,23	22%	€ 818,91
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 1.566,21	22%	€ 1.910,78
TOTALE (I₀ – EEM1)							€ 24.612	22%	€ 30.027
	Incentivi	[Conto termico]							€ 12.011
	Durata incentivi								1
	Incentivo annuo								€ 12.011

9.2 ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

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

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

Gli indicatori economici d'investimento utilizzati sono:

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

Essi sono così definiti:

1) Tempo di ritorno semplice (TRS):

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

Dove:

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

2) Tempo di ritorno attualizzato (TRA):

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

Dove:

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

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

Dove:

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

3) Valore Attuale Netto (VAN) del progetto:

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

Dove:

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

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

5) Indice di Profitto (IP):

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

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

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

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

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

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

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

EEM1: Isolamento delle pareti perimetrali esterne

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

Tabella 9.9 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM1– isolamento delle pareti perimetrali esterne

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE	
Investimento Iniziale	I_0	€	99.486	
Oneri Finanziari ‰	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	39.794	
Durata incentivo	n_B	anni	1	
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%	
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO			VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS		25,4	14,7
Tempo di rientro attualizzato	TRA		42,3	23,0
Valore attuale netto	VAN	-	29.861	8.403
Tasso interno di rendimento	TIR		1,0%	5,2%
Indice di profitto	IP		-0,30	0,08

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

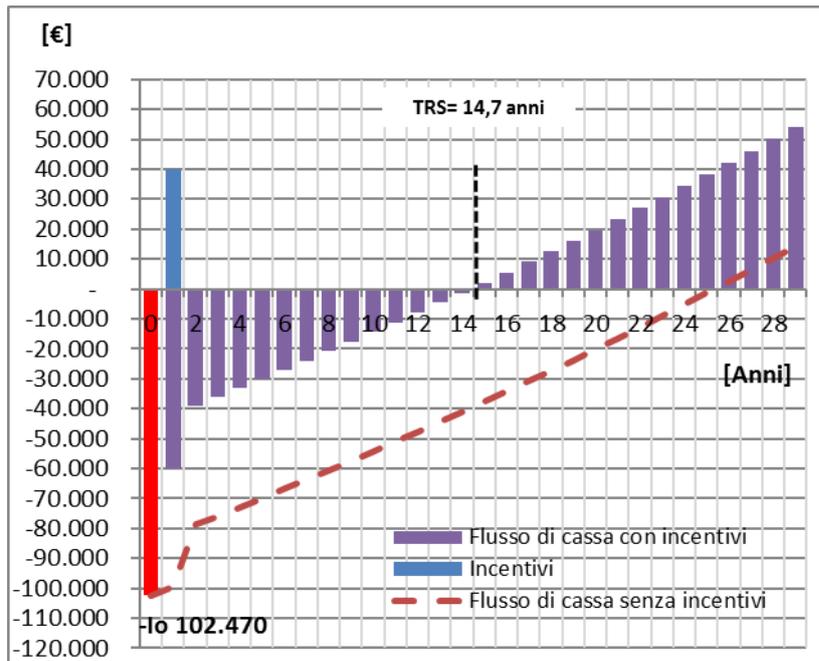
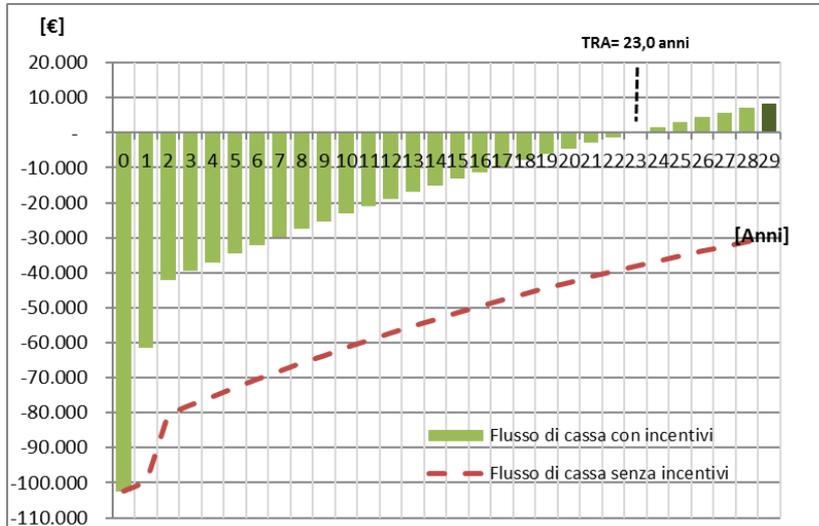


Figura 9.2 – EEM1: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento singolo risulta essere economicamente conveniente solo nel caso in cui vi siano incentivi da Conto termico.

EEM2: isolamento delle coperture

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

Tabella 9.10 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM2– isolamento delle coperture

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	44.101
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	17.640
Durata incentivo	n _B	anni	1
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	15,7	8,8
Tempo di rientro attualizzato	TRA	24,7	11,8
Valore attuale netto	VAN	4.686	21.648
Tasso interno di rendimento	TIR	4,9%	9,9%
Indice di profitto	IP	0,11	0,49

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

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

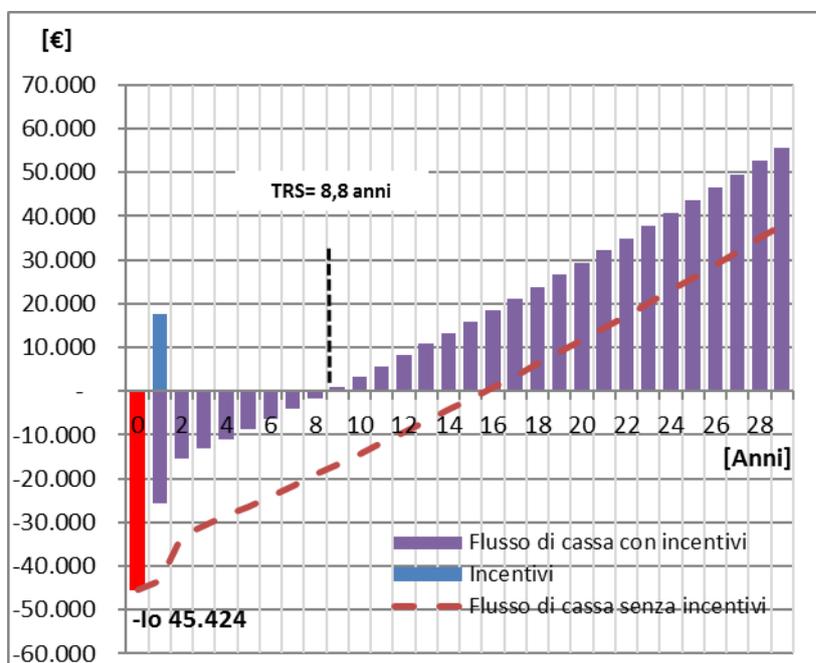
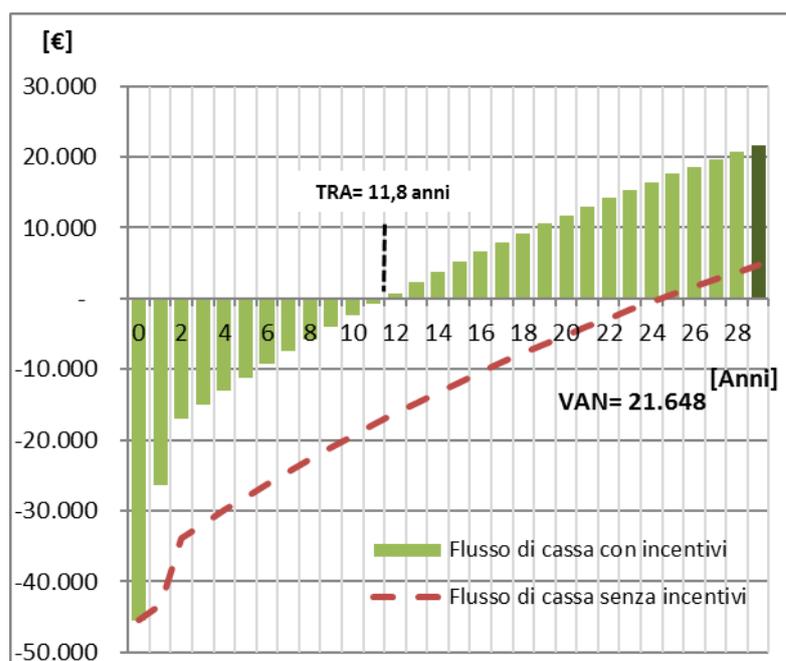


Figura 9.4 – EEM2: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento singolo risulta essere economicamente conveniente anche nel caso senza incentivi da Conto termico.

EEM3: sostituzione serramenti in legno

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

Tabella 9.11 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM3- sostituzione serramenti in legno

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	51.531
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	-
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	
Tempo di rientro semplice	TRS		44,3
Tempo di rientro attualizzato	TRA		67,2
Valore attuale netto	VAN		- 29.385
Tasso interno di rendimento	TIR		-2,8%
Indice di profitto	IP		-0,57

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

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

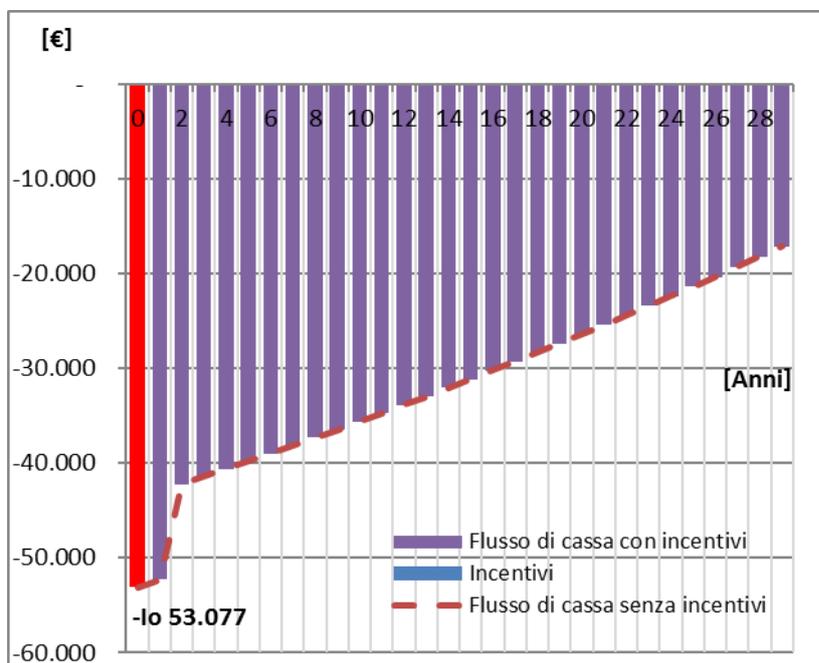
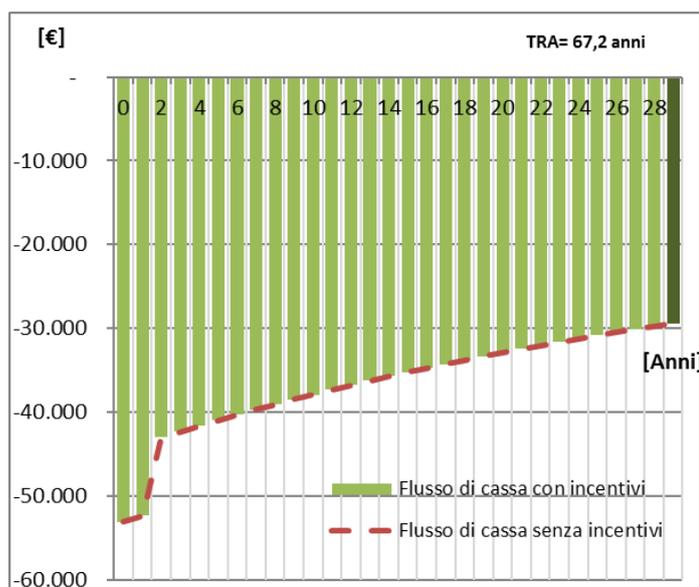


Figura 9.6 – EEM3: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



L’intervento singolo di sostituzioni serramenti non prevede incentivi da conto termico.

Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento singolo non risulta essere economicamente conveniente. Tale intervento è stato comunque valutato, sia perché la condizione dei serramenti nella

fase di intervista al personale durante il sopralluogo è risultata essere causa di discomfort, sia perché la combinazione con altre EEM potrebbe dare ulteriori benefici.

EEM4: installazione valvole termostatiche

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

Tabella 9.12 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM4- installazione valvole termostatiche

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	10.691
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	15
Incentivo annuo	B	€/anno	-
Durata incentivo	n_B	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO			VALORE SENZA INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS		1,9
Tempo di rientro attualizzato	TRA		2,2
Valore attuale netto	VAN		45.396
Tasso interno di rendimento	TIR		48,6%
Indice di profitto	IP		4,25

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

Figura 9.7 –EEM3: Flussi di Cassa, con e senza incentivi

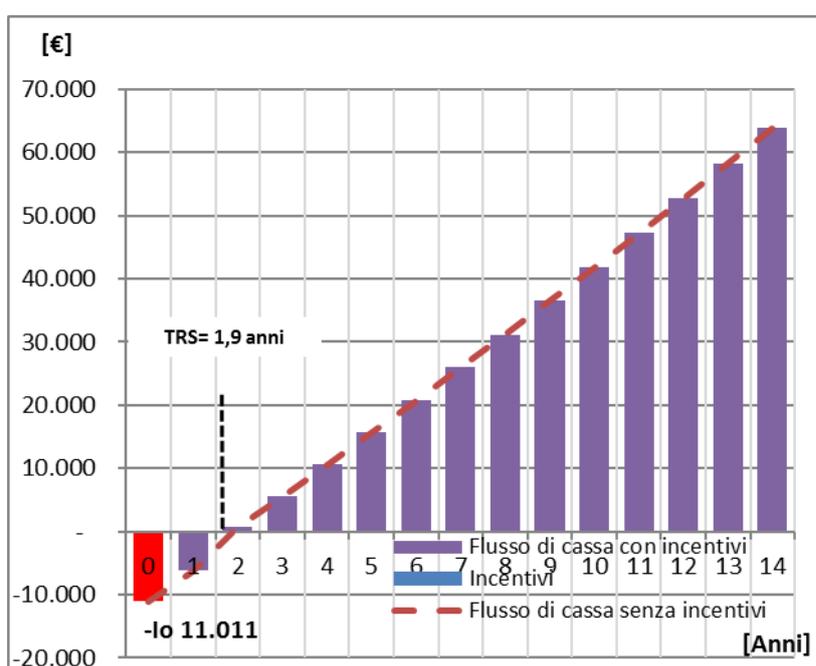
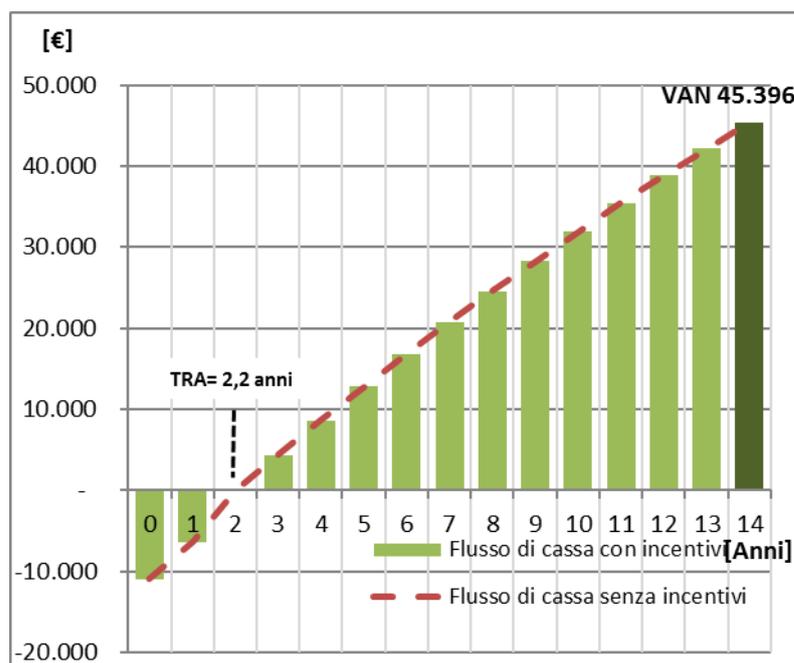


Figura 9.8 – EEM3: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



L'intervento singolo di installazione delle valvole termostatiche non prevede incentivi da conto termico.

Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento singolo risulta essere economicamente conveniente e con un tempo di ritorno semplice di soli due anni.

EEM5: installazione lampade LED

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

Tabella 9.13 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM5- installazione lampade LED

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	46.840
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	8
Incentivo annuo	B	€/anno	18.736
Durata incentivo	n_B	anni	1
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE SENZA INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	10,4	5,6
Tempo di rientro attualizzato	TRA	11,9	6,7
Valore attuale netto	VAN	- 15.826	2.189
Tasso interno di rendimento	TIR	-6,8%	5,8%
Indice di profitto	IP	-0,34	0,05

I flussi di cassa rappresentativi dell’analisi sono riportati nelle Figura 9.9 e Figura 9.10

Figura 9.9 –EEM4: Flussi di Cassa, con e senza incentivi

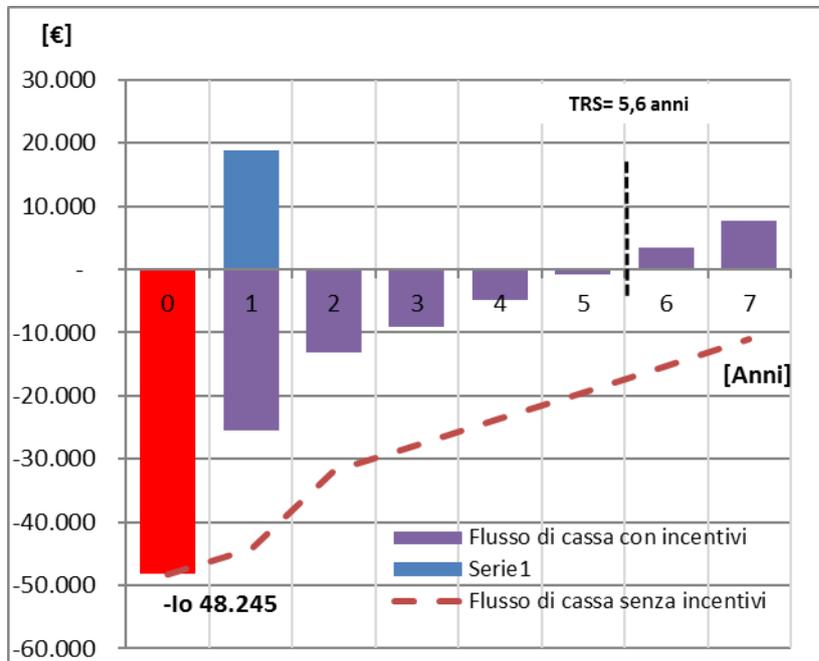
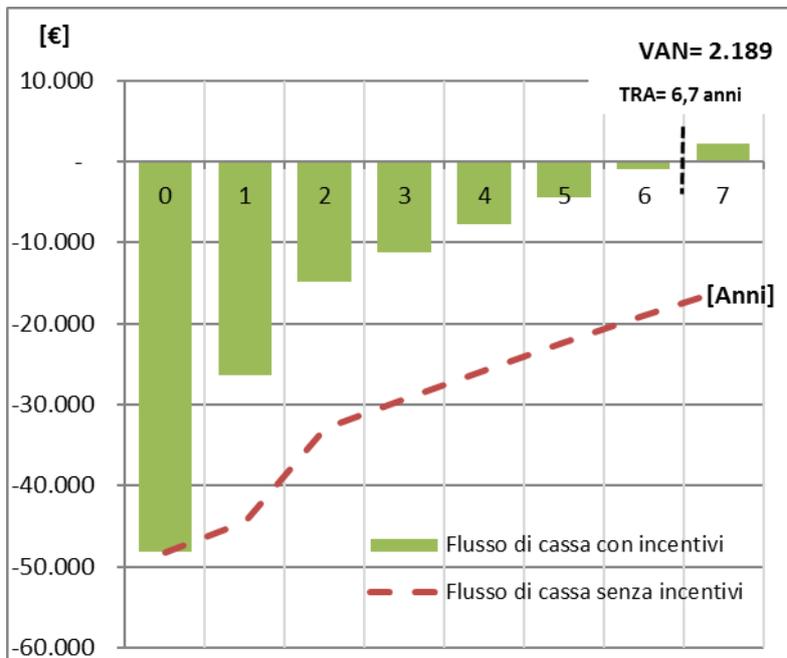


Figura 9.10 – EEM5: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento singolo risulta essere economicamente conveniente solo nel caso in cui vi siano incentivi da Conto termico.

EEM6: sostituzione caldaia

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

Tabella 9.14 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM6- sostituzione caldaia

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	30.027
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	15
Incentivo annuo	B	€/anno	12.011
Durata incentivo	n_B	anni	1
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	22,6	12,8
Tempo di rientro attualizzato	TRA	28,3	16,6
Valore attuale netto	VAN	- 14.560	- 3.012
Tasso interno di rendimento	TIR	-5,9%	1,3%
Indice di profitto	IP	-0,48	-0,10

I flussi di cassa rappresentativi dell'analisi sono riportati nelle Figura 9.11Figura 9.9 e

Figura 9.12

Figura 9.11 –EEM4: Flussi di Cassa, con e senza incentivi

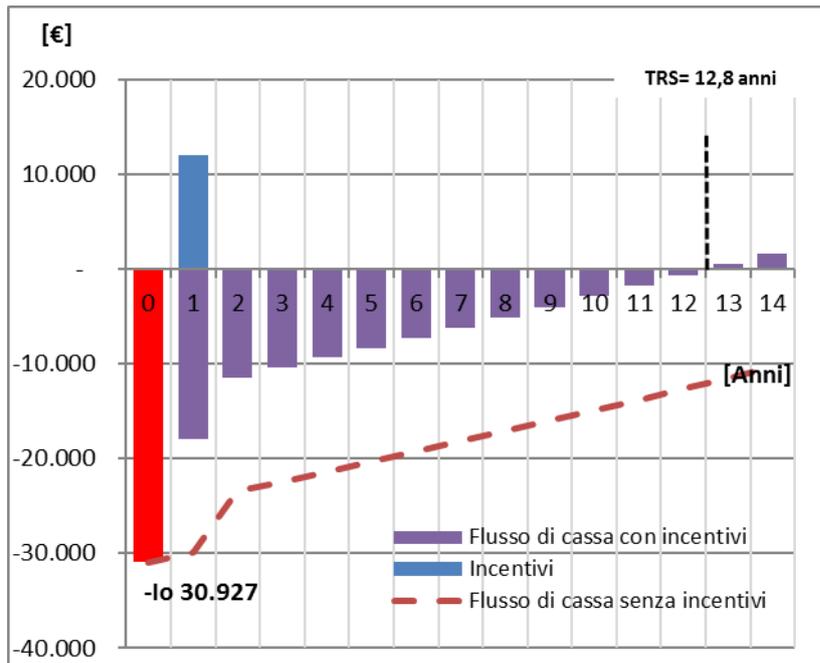
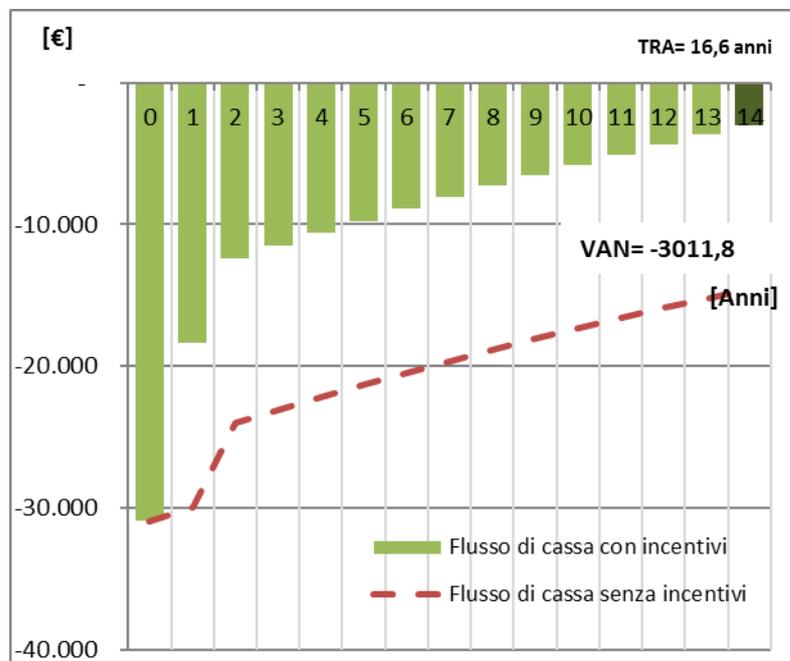


Figura 9.12 – EEM5: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento singolo non risulta essere economicamente conveniente. Tuttavia, tale intervento è stato comunque valutato nella successiva costruzione degli scenari poiché, in combinazione con altre EEM, potrebbe richiedere investimenti minori grazie alla

minore potenzialità richiesta ed inoltre potrebbe far accedere ad una percentuale di incentivazione maggiore se combinato con altri interventi sull’involucro.

Sintesi

La sintesi della valutazione economico – finanziaria delle EEM proposte è riportata nelle Tabella 9.15 e Tabella 9.16.

Tabella 9.15 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso senza incentivi

	SENZA INCENTIVI											
	% ΔE	% Δ_{CO_2}	ΔC_E	ΔC_{MO}	ΔC_{MS}	I_0	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]
EEM 1	21,23%	18,02%	3456,70	-	-	99485,83	25,41	42,34	30	-29860,58	0,99%	-0,30
EEM 2	16,20%	13,75%	2638,18	-	-	45309,35	16,13	25,66	30	3642,82	4,70%	0,08
EEM 3	5,72%	4,86%	931,71	-	-	51530,61	44,32	67,21	30	-29384,79	-2,84%	-0,57
EEM 4	32,70%	27,76%	5325,55	503,2	-	10690,73	1,9	2,2	15	45396	48,6%	4,25
EEM 5	10,56%	20,52%	4776,08	-	-	44756,52	10,01	11,50	8	-14027,72	-5,86%	-0,31
EEM 6	4,57%	3,82%	728,04	503,2	-	30026,53	22,6	28,3	15	-14560	-5,9%	-0,48

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

Dall'analisi dei risultati emerge che gli unici interventi singoli economicamente convenienti senza incentivi sono quello di isolamento delle coperture e quello di installazione delle valvole termostatiche. In particolare, quest'ultimo, grazie ai grandi risparmi energetici conseguiti ed ai più bassi costi di investimento presenta tempi di ritorno dell'investimento brevi e un VAN pari a 40885,93 €.

Tabella 9.16 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso con incentivi

	CON INCENTIVI											
	% ΔE	% Δ_{CO_2}	ΔC_E	ΔC_{MO}	ΔC_{MS}	I_0	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]
EEM 1	21,2%	18,0%	3.457	-	-	99486	14,7	23,0	30	8403	5%	0,08
EEM 2	16,2%	13,7%	2.638	-	-	44101	8,8	11,8	30	21648	10%	0,49
EEM 3 ⁽¹⁸⁾	5,7%	4,9%	932	-	-	51531	44,3	67,2	30	-29385	-3%	-0,57
EEM 4 ⁽¹⁸⁾	32,7%	27,8%	5.326	503,2	-	10691	1,9	2,2	15	45396	48,6%	4,25

EEM 5	10,6%	20,5%	4.776	-	-	46840	5,6	6,7	8	2189	6%	0,05
EEM 6	4,6%	3,8%	728	503,2	-	30027	12,8	16,6	15	-3012	1,3%	-0,10

Nota (18): questi interventi non prevedono incentivi da Conto termico

Dall’analisi dei risultati emerge che l’intervento con indici economici migliori è quello di installazione delle valvole termostatiche pur non prevedendo incentivi.

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

A seguito dell’analisi delle singole misure di efficienza energetica si è tentato di definire 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 paramento di efficienza energetica dell’edificio superiore a due classi.

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

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

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

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

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

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

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

Dove:

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

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

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

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

Essi sono così definiti:

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

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

Dove:

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

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

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

Dove:

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

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

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

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

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

Si sono quindi individuato il seguente scenario, che fornisce i maggiori vantaggi in termini di riduzione dei costi e consumi energetici, nei tempi di ritorno accettabili sopra descritti.

- **Scenario 1: sostituzione caldaia + installazione valvole termostatiche + installazione LED + coibentazione coperture:** Tale scenario consiste nella realizzazione dell’intervento combinato che prevede l’isolamento delle coperture, l’installazione delle valvole termostatiche, la sostituzione delle lampade esistenti con lampade LED a basso consumo e la sostituzione della caldaia tradizionale esistente con una a condensazione a più alta efficienza.

La diminuzione del fabbisogno dovuta all’intervento di coibentazione consente di scegliere una caldaia con potenzialità più bassa rispetto a quella del singolo EEM di sostituzione caldaia e pari a 178,8 kW. Inoltre, il Conto Termico prevede una percentuale di incentivazione maggiore (55% dell’investimento anziché 40%) per gli interventi combinati di sostituzione caldaia e coibentazione involucro.

Non è stato possibile definire lo Scenario 2 poiché l’aggiunta di una qualunque EEM rimanente allo SCN1 non permette di ottenere indici Cover Ratio maggiori di 1.

9.3.1 Scenario 1: sostituzione caldaia + installazione valvole termostatiche + installazione LED + coibentazione coperture

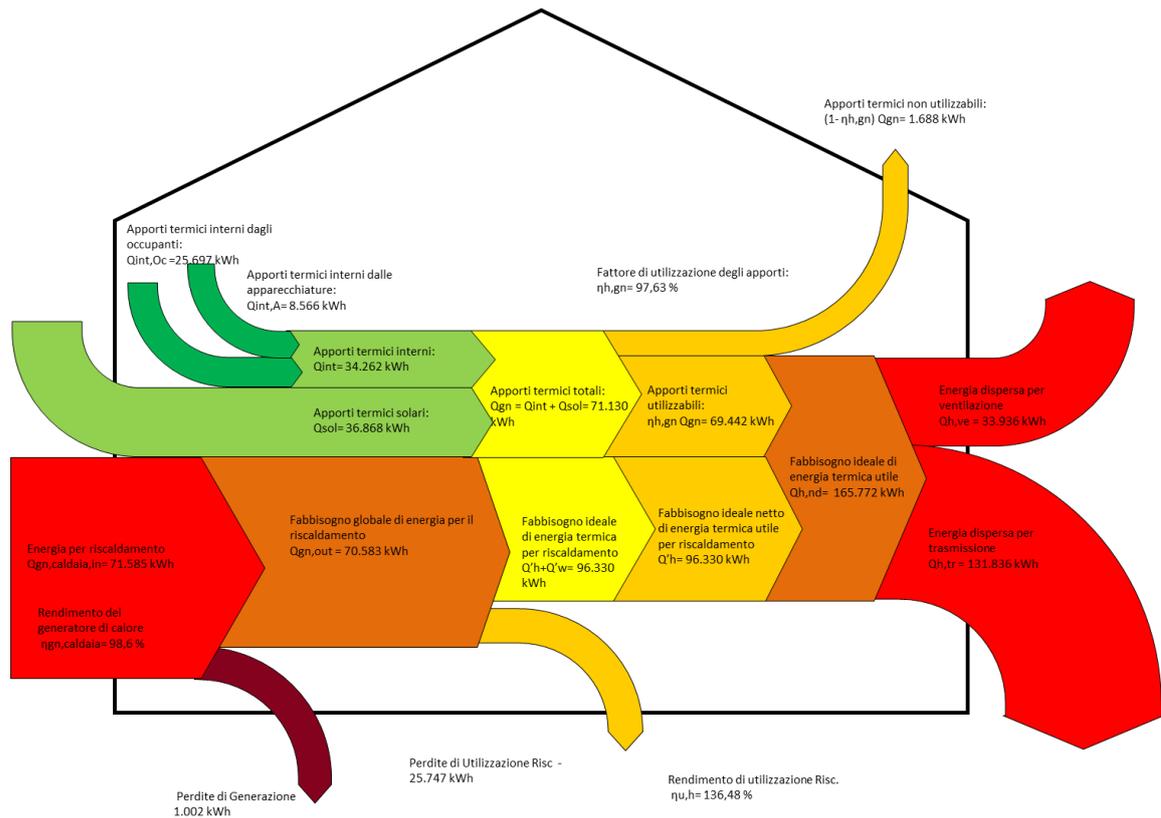
La realizzazione dello scenario 1 consiste nella combinazione delle EEM di seguito elencate:

Tabella 9.17 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 1

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA AI 22% [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
EEM2 Fornitura & Posa	32.862,25	7.229,70	40.091,95
EEM4 Fornitura & Posa	7.966,27	1.752,57	9.718,85
EEM5 Fornitura & Posa	34.903,02	7.678,66	42.581,68
EEM6 Fornitura & Posa	14.348,05	3.156,57	17.504,62
Costi per la sicurezza	2.032,96	447,25	2.480,21
Costi per la progettazione	4.743,57	1.043,59	5.787,15
TOTALE (I₀)	96.856,11	21.308,34	118.164,46
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]	
Incentivi	[Conto termico]	53.582	
Durata incentivi	1		
Incentivo annuo		53.582	

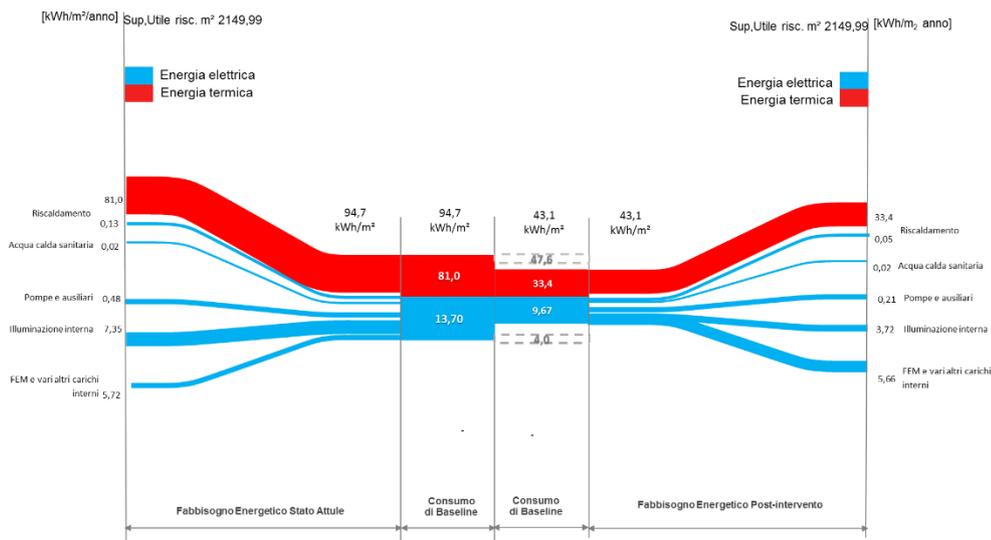
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di sankey relativo alle situazioni post-intervento.

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



Dall’analisi dei diagrammi di Sankey relativo al fabbisogno termico dell’edificio post intervento è possibile notare che vi è stato una notevole riduzione del fabbisogno globale di energia per il riscaldamento dovuto ad una minore dispersione per trasmissione. Inoltre sono notevolmente diminuite le perdite di generazione.

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

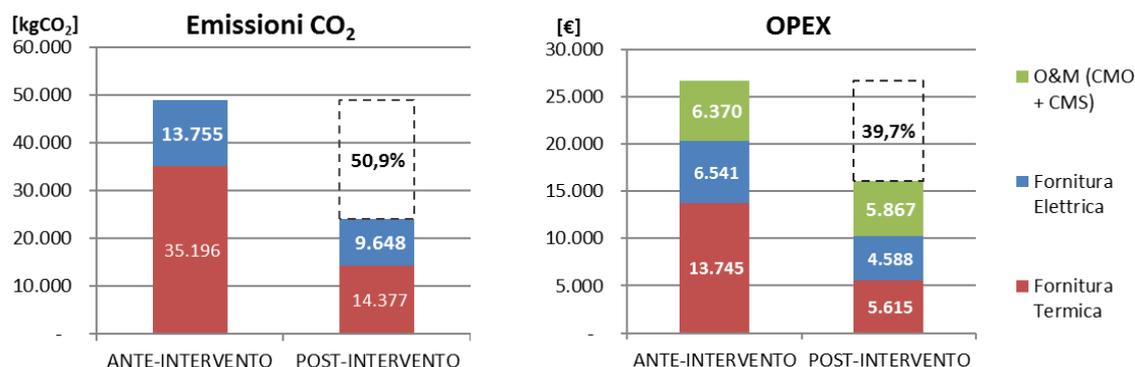


I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella Tabella 9.18 e nella Figura 9.15.

Tabella 9.18 – Risultati analisi SCN1 – sostituzione caldaia + installazione valvole termostatiche + coibentazione coperture

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM2 Trasmittanza	[W/m ² K]	vd allegato E	< 0,22	
EEM4 Rendimento di regolazione	-	80,20%	98,00%	-22,2%
EMM6 Rendimento utile	-	91,3%	92,2%	-0,99%
EEM5	-	-	-	
Q _{teorico}	[kWh]	175.246	71.585	59,2%
EE _{teorico}	[kWh]	30.169	21.160	29,9%
Q _{baseline}	[kWh]	174.240	71.174	59,2%
EE _{baseline}	[kWh]	29.455	20.659	29,9%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	35.196	14.377	59,2%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	13.755	9.648	29,9%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	48.952	24.025	50,9%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	13.745	5.615	59,2%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	6.541	4.588	29,9%
Fornitura Energia, C_E	[€]	20.286	10.202	49,7%
C _{MO}	[€]	5.032	4.529	10,0%
C _{MS}	[€]	1.338	1.338	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	6.370	5.867	7,9%
OPEX	[€]	26.656	16.069	39,7%
Classe energetica	[-]	E	C	+2 classi

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 9.19, Tabella 9.20 e Tabella 9.21 e nelle successive figure.

Tabella 9.19 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN1– sostituzione caldaia + installazione valvole termostatiche + coibentazione coperture+ installazione lampade LED

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	n_i	1
Anni Gestione Servizio	n_s	14
Anni Concessione	n	15
Anno inizio Concessione	n_o	2020
Anni dell'ammortamento	n_A	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	k_{CdP}	2,00%
Costo Capitale Azienda	WACC	4,00%
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CdP})$	$k_{progetto}$	4,00%
Inflazione ISTAT	f	0,50%
deriva dell'inflazione	f'	0,70%
%, interessi debito	k_D	3,82%
%, interessi equity	k_E	9,00%
Aliquota IRES	IRES	24,0%
Aliquota IRAP	IRAP	3,9%
Aliquota fiscale	τ	27,90%
Anni debito (finanziamento)	n_D	8
Anni Equity	n_E	14
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_o	€ 120.887
Oneri Finanziari (costi indiretti)	$\%Of$	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 3.627
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 124.513
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€ 99.611
Equity	I_E	€ 24.903
Fattore di annualità Debito	FA_D	6,88
Rata annua debito	q_D	€ 14.469
Costo finanziamento,(D+INT _D)	$q_D * n_D$	€ 115.751
Costi per interessi debito, INT _D	$INT_D = q_D * n_D - D$	€ 16.140

Tabella 9.20 – Parametri Economici dell’analisi di redditività dello SCN1

PARAMETRI ECONOMICI			
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€	15.830
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€	5.032
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€	20.862
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€	-
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$		49,5%
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$		10,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$		5,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€	7.405
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€	1.043
Risparmio PA durante la concessione	14%	€	51.922
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€	9.978
N° di Canoni annuali	anni		14
Utile lordo della ESCO	$\% CAPEX$		19,11%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	€	1.699
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€	1.153
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€	3.509
Canone O&M €/anno	C_{nM}	€	4.702
Canone Energia €/anno	C_{nE}	€	8.755
Canone Servizi €/anno IVA escl.	C_{nS}	€	13.457
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	C_{nD}	€	6.362
Canone Totale €/anno IVA escl.	C_n	€	19.819
Aliquota IVA %	IVA		22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€	21.799
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€	53.582
Durata Incentivi, anni	n_B		1
Inizio erogazione Incentivi, anno			2022

Tabella 9.21 – 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.		8,23
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		11,00
Valore Attuale Netto, VAN = $VA - Io$	VAN > 0	€	14.044
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC		6,89%
Indice di Profitto	IP		11,62%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC , Anni	T.R.S.		11
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		10
Valore Attuale Netto, VAN = $VA - Io$	VAN > 0	€	11.007
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke		47,08%
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3		1,011
Loan Life Cover Ratio	LLLCR < 1		1,105
Indice di Profitto Azionista	IP		9,11%

Figura 9.16 –SCN1: Flussi di cassa del progetto



Figura 9.17 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



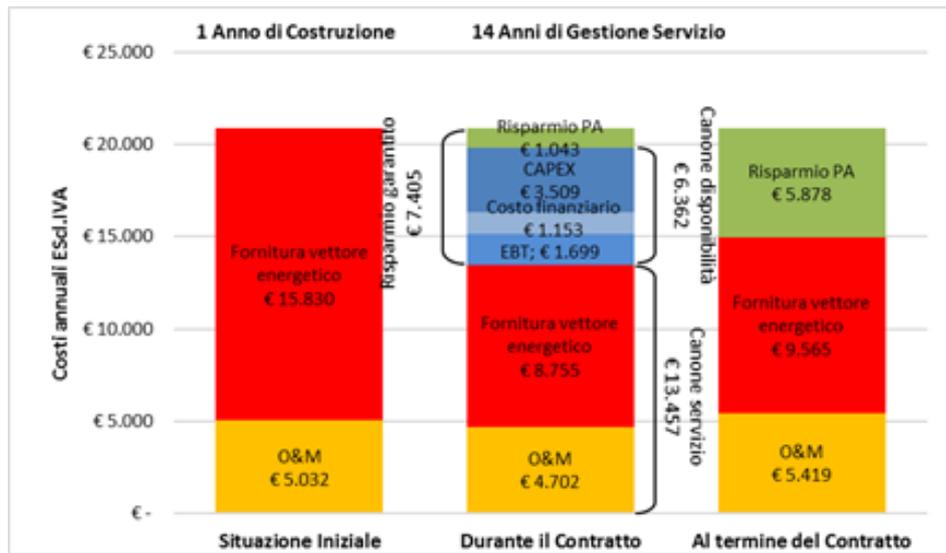
È stata individuata una sola soluzione ottimale.

Tale scenario consente di ottenere un salto di due classi energetiche e un tempo di ritorno semplice minore di 15 anni.

Esso consiste nella combinazione degli interventi di installazione di valvole termostatiche, sostituzione del generatore di calore con una caldaia a condensazione di potenzialità minore, sostituzione dei corpi illuminanti esistenti con lampade LED e isolamento della copertura. Per questa soluzione si è valutata una spesa pari a 120.887 € e l'ottenimento di 53.582 € di incentivi da Conto termico.

Per tale scenario, il modello semplificato di Piano Economico finanziario presenta un VAN del progetto pari a 14.044 € e un VAN per l'azionista di 11.007 €, inoltre gli indici Cover Ratio sono superiori all'unità. 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



10 CONCLUSIONI

10.1 RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA

	Ep glob nr	EP H	EPW	EPL	EPT	CLASSE
	kWh/mq anno					
STATO DI FATTO	186,94	151,00	0,10	28,05	1,15	E
EEM1	91,57	65,61	0,10	28,05	1,15	D
EEM2	96,63	70,69	0,10	28,05	1,15	D
EMM3	107,18	81,30	0,10	28,05	1,15	D
EEM4	80,01	54,66	0,10	28,05	1,15	C
EEM5	106,41	151,00	0,10	10,12	1,15	E
EMM6	108,40	82,55	0,10	28,05	1,15	E
SCN1	54,15	35,39	0,10	10,12	1,15	C

10.2 RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI

	CON INCENTIVI													
	% ΔE [%]	% Δ_{CO2} [%]	ΔC_E [€/anno]	ΔC_{MIO} [€/anno]	ΔC_{MS} [€/anno]	I_0 [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]	DSCR	LLCR
EEM ₁	21,2%	18,0%	3.457	-	-	99486	14,7	23,0	30	8403	5%	0,08	[n/a]	[n/a]
EEM ₂	16,2%	13,7%	2.638	-	-	44101	8,8	11,8	30	21648	10%	0,49	[n/a]	[n/a]
EEM ₃	5,7%	4,9%	932	-	-	51531	44,3	67,2	30	-29385	-3%	-0,57	[n/a]	[n/a]
EEM ₄	32,7%	27,8%	5.326	503,2	-	10691	1,9	2,2	15	45396	48,6%	4,25	[n/a]	[n/a]
EEM ₅	10,6%	20,5%	4.776	-	-	46840	5,6	6,7	8	2189	6%	0,05	[n/a]	[n/a]
EEM ₆	4,6%	3,8%	728	503,2	-	30027	12,8	16,6	15	-3012	1,3%	-0,10	[n/a]	[n/a]
SCN ₁	54,92%	50,9%	10.083	503,2	-	120887	8,23	11	15	14044	6,89%	11,62	1,011	1,105

10.3 CONCLUSIONI E COMMENTI

Si sono valutate diverse possibilità di intervento in base alla loro fattibilità tecnica ed economica, in rispetto delle norme attualmente vigenti e di eventuali vincoli presenti sull'edificio oggetto di studio. È stata così individuata una soluzione ottimale.

Lo scenario consente di ottenere un salto di due classi energetiche e un tempo di ritorno semplice minore di 15 anni.

Esso consiste nella combinazione di diversi interventi quali isolamento delle coperture, sostituzione delle lampade esistenti con lampade LED, installazione di valvole termostatiche e sostituzione del generatore di calore con una caldaia a condensazione di potenzialità minore. Per questa soluzione si è valutata una spesa pari a 120.887 € con un TRS del progetto pari a 8,23 anni ed un VAN pari a 14.044 €. Per questo scenario, gli indicatori di redditività sia della Esco che del progetto suggeriscono una convenienza economica dell'investimento, inoltre, gli indici Cover Ratio hanno valori maggiori di 1.

ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA

Titolo	Data	Nome file
Tavola di inquadramento edificio	18/12/2000	DE_Lotto.8-E664_revA-AllegatoA-E00664.dwg
Planimetria piano 1	17/09/1997	DE_Lotto.8-E664_revA-AllegatoA-PIAN1.dwg
Planimetria piano 1A	17/09/1997	DE_Lotto.8-E664_revA-AllegatoA-PIAN1A.dwg
Planimetria piano 2	17/09/1997	DE_Lotto.8-E664_revA-AllegatoA-PIAN2.dwg
Planimetria piano 3	17/09/1997	DE_Lotto.8-E664_revA-AllegatoA-PIAN3.dwg
Planimetria piano 4	17/09/1997	DE_Lotto.8-E664_revA-AllegatoA-PIAN4.dwg
Planimetria piano copertura	17/09/1997	DE_Lotto.8-E664_revA-AllegatoA-PIANC.dwg
Planimetria piano T	19/12/2000	DE_Lotto.8-E664_revA-AllegatoA-PIANT.dwg
Centrale termica	26/06/2017	DE_Lotto.8-E664_revA-AllegatoA-003-P00-001-CENTRALE TERMICA.dwg
Planimetria con info impianti piano terra	26/06/2017	DE_Lotto.8-E664_revA-AllegatoA-L1-042-003-P00.dwg
Planimetria con info impianti piano 1	26/06/2017	DE_Lotto.8-E664_revA-AllegatoA-L1-042-003-P01.dwg
Planimetria con info impianti piano 2	26/06/2017	DE_Lotto.8-E664_revA-AllegatoA-L1-042-003-P02.dwg
Planimetria con info impianti piano 3	26/06/2017	DE_Lotto.8-E664_revA-AllegatoA-L1-042-003-P03.dwg
Planimetria con info impianti piano 4	26/06/2017	DE_Lotto.8-E664_revA-AllegatoA-L1-042-003-P04.dwg
Planimetria con info impianti piano terra	29/11/2017	DE_Lotto.8-E664_revA-AllegatoA-P00.pdf
Planimetria con info impianti piano 1	29/11/2017	DE_Lotto.8-E664_revA-AllegatoA-P01.pdf
Planimetria con info impianti piano 2	29/11/2017	DE_Lotto.8-E664_revA-AllegatoA-P02.pdf
Planimetria con info impianti piano 3	29/11/2017	DE_Lotto.8-E664_revA-AllegatoA-P03.pdf
Planimetria con info impianti piano 4	29/11/2017	DE_Lotto.8-E664_revA-AllegatoA-P04.pdf
Tabulato consumi EE	12/06/2018	DE_Lotto.8-E664_revA-AllegatoA-Tabulato consumi EE.xlsx
Fattura EE	07/02/2018	5700065497.pdf
Fattura EE	07/02/2018	5700098222.pdf
Fattura EE	07/02/2018	5700134953.pdf
Fattura EE	07/02/2018	5700176198.pdf
Fattura EE	07/02/2018	5700214976.pdf
Fattura EE	07/02/2018	5700248943.pdf
Fattura EE	07/02/2018	5700291175.pdf
Fattura EE	07/02/2018	5700345592.pdf
Fattura EE	07/02/2018	5700373692.pdf
Fattura EE	07/02/2018	5700411925.pdf
Fattura EE	07/02/2018	5700492869.pdf
Fattura EE	07/02/2018	11640087943.pdf
Fattura EE	07/02/2018	11640126637.pdf
Fattura EE	07/02/2018	11740001581.pdf
Fattura EE	07/02/2018	5700544104.pdf
Fattura EE	07/02/2018	5750082199.pdf
Fattura EE	07/02/2018	E000018558.pdf
Fattura EE	07/02/2018	E000084137.pdf
Fattura EE	07/02/2018	E000163930.pdf



COMUNE DI GENOVA

E 664 – Scuola Media “Enrico Boccanegra”

Fattura EE

07/02/2018

E000334605.pdf

ALLEGATO B – ELABORATI

Titolo	Descrizione	Data	Nome file
Grafici Template		12/06/2018	DE_Lotto.8-E664_revA-AllegatoB-Grafici_Template.xlsx
Modello	Modello dell'edificio	24/06/2018	DE_Lotto.8-E664_revA-AllegatoB-E664.E0001
Planimetria zone termiche spazi non riscaldati destinazioni uso			E1375_Planimetria zone termiche spazi non riscaldati destinazioni uso
Planimetria 1 100_1 200			E1375_Planimetria 1 100_1 200
Diagramma blocchi impianto elettrico			E1375_Diagramma blocchi impianto elettrico
Contestualizzazione geografica climatica urbana			E1375_Contestualizzazione geografica climatica urbana.dwg
Diagramma blocchi impianto termico			E1375_Diagramma blocchi impianto termico

ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

Titolo	Data	Nome file
Report termografico dell'edificio E664	05/06/2018	DE_Lotto.8-E664_revA-AllegatoC- Report termografico.docx

ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI

Titolo	Data	Nome file

ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI

Titolo	Data	Nome file
Relazione di calcolo Edilclima	12/06/2018	DE_Lotto.8-E664_revA-AllegatoE-Relazione calcolo Edilclima.rtf



ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

Titolo	Data	Nome file
Certificazione di conformità del software		DE_Lotto.8-E664_revA-AllegatoF-CertCTI.pdf



ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

Titolo	Data	Nome file
Attestato di prestazione energetica	13/06/2018	DE_Lotto.8-E664_revA-AllegatoG-22235_2018_8042.pdf
Attestato di prestazione energetica	13/06/2018	DE_Lotto.8-E664_revA-AllegatoG-22235_2018_8042.xml



ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

Titolo	Data	Nome file
Bozza Attestato di Prestazione Energetica Scenario 1	13/06/2018	DE_Lotto.8-E664_revA-AllegatoH-APE_SCN1_22235_2018_8042.pdf
Bozza Attestato di Prestazione Energetica Scenario 1	13/06/2018	DE_Lotto.8-E664_revA-AllegatoH-APE_SCN1_22235_2018_8042.xml



ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

Titolo	Data	Nome file
Dati Climatici-Calcolo Gradi Giorno	29/05/2018	DE_Lotto.8-E664_revA-AllegatoI-GG.xlsx



ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

Titolo	Data	Nome file
Schede di audit	12/06/2018	DE_Lotto.8-E664_revA-AllegatoJ-Scheda Audit.xlsx

ALLEGATO K – SCHEDE ORE

Titolo	Data	Nome file
Schede Opportunità di risparmio energetico		DE_Lotto.8-E664_revA-AllegatoK-Schede ORE.pdf



ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI

Titolo	Data	Nome file
Piano Economico Finanziario Scenario 1	06/06/2018	DE_Lotto.8-E664_revB-AllegatoL-AnalisiPEF_SCN1.xlsx

ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

Titolo	Data	Nome file
Report di Benchmark		DE_Lotto.8-E664_revA-AllegatoM-Benchmark.xlsx



ALLEGATO N – CD-ROM