

ACCADEMIA LIGUSTICA

E1600

VIA AGOSTINO BERTANI 5 – GENOVA

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



Agosto/2018

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



COMUNE DI GENOVA

N:ER
INGEGNERIA

ACCADEMIA LIGUSTICA

E1600

VIA AGOSTINO BERTANI 5 – GENOVA

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA

FONDO KYOTO - SCUOLA 3

Agosto/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

NIER INGEGNERIA S.p.A.

Via Clodoveo Bonazzi 2

40013 – Castel Maggiore – Bologna

051/0391000

REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI

Revisione	Data	Realizzazione	Revisione	Approvazione	Descrizione
[A]	[23/02/2018]	Ing. S. Nicolini	Ing. S: Nicolini Ing. A. Aprea	Ing. F. Coccia	Prima emissione del documento di diagnosi energetica
[B]	[03/08/2018]	Ing. S. Nicolini	Ing. S: Nicolini Ing. A. Aprea	Ing. F. Coccia	Prima revisione del documento di diagnosi energetica

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
1 INTRODUZIONE	1
1.1 PREMessa	1
1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA	1
1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO.....	2
1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO.....	2
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO	3
1.6 STRUTTURA DEL REPORT	6
2 DATI DELL'EDIFICIO.....	7
2.1 INQUADRAMENTO TERRITORIALE, SOCIO-ECONOMICO E DESTINAZIONE D'USO	8
2.2 VERIFICA DEI VINCOLI INTERFERENTI SULLE PARTI DELL'IMMOBILE INTERESSATE DAGLI 'INTERVENTI.....	8
2.3 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO.....	10
3 DATI CLIMATICI	12
3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO.....	12
3.2 DATI CLIMATICI REALI.....	13
3.3 ANALISI DELL'ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO	13
4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI	15
4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO.....	15
4.1.1 <i>Involucro opaco</i>	15
4.1.2 <i>Involucro trasparente</i>	17
4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/ CLIMATIZZAZIONE INVERNALE.....	19
4.2.1 <i>Sottosistema di emissione</i>	19
4.2.2 <i>Sottosistema di regolazione</i>	20
4.2.3 <i>Sottosistema di distribuzione</i>	21
4.2.4 <i>Sottosistema di generazione</i>	23
4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA	23
4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE	24
4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE	25
5 CONSUMI RILEVATI	26
5.1 CONSUMI ENERGETICI STORICI PER CIASCUN VETTORE E CONNESSIONE ALLE RETI GAS NATURALE ED ELETTRICA.....	26
5.1.1 <i>Energia termica</i>	26
5.1.2 <i>Energia elettrica</i>	29
5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI	32
6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO.....	36
6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO	36
6.1.1 <i>Validazione del modello termico</i>	38
6.1.2 <i>Validazione del modello elettrico</i>	39
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI.....	39
6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI.....	41
7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTERVENTO	43
7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI	43
7.1.1 <i>Vettore termico</i>	43
7.1.2 <i>Vettore elettrico</i>	46
7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI.....	49



7.3	COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI.....	50
7.4	BASELINE DEI COSTI.....	51
8	IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA	52
8.1	DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI	52
8.1.1	<i>Involucro edilizio</i>	52
	EEM1: COIBENTAZIONE INTERNA SOLAI	52
	EEM3: SOSTITUZIONE INFISSI ED INSTALLAZIONE VALVOLE TERMOSTATICHE	55
8.1.2	<i>Impianto riscaldamento</i>	57
	EEM4: INSTALLAZIONE VALVOLE TERMOSTATICHE ED ELETTROPOMPA DI CIRCOLAZIONE A GIRI VARIABILI .57	
	EEM5: SOSTITUZIONE DEL GENERATORE DI CALORE.....	59
8.1.3	<i>Impianto di produzione ACS</i>	61
8.1.4	<i>Impianto di illuminazione ed impianto elettrico</i>	61
	EEM6: SOSTITUZIONE CORPI ILLUMINANTI.....	61
9	VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA.....	64
9.1	ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	64
	EEM1: COIBENTAZIONE INTERNA SOLAI	64
	EEM2: COIBENTAZIONE MURATURE VERTICALI	65
	EEM3: SOSTITUZIONE INFISSI E VETROCEMENTO E INSTALLAZIONE VALVOLE TERMOSTATICHE	66
	EEM4: INSTALLAZIONE VALVOLE TERMOSTATICHE ED ELETTROPOMPA DI CIRCOLAZIONE A GIRI VARIABILI .69	
	EEM5: SOSTITUZIONE DEL GENERATORE DI CALORE.....	70
	EEM6: SOSTITUZIONE CORPI ILLUMINANTI.....	72
9.2	ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	73
	EEM1: COIBENTAZIONE INTERNA SOLAI	75
	EEM2: COIBENTAZIONE INTERNA MURATURE VERTICALI	76
	EEM3: SOSTITUZIONE INFISSI E INSTALLAZIONE VALVOLE TERMOSTATICHE	77
	EEM4: INSTALLAZIONE VALVOLE TERMOSTATICHE ED ELETTROPOMPA DI CIRCOLAZIONE A GIRI VARIABILI .78	
	EEM5: SOSTITUZIONE DEL GENERATORE DI CALORE.....	79
	EEM6: SOSTITUZIONE CORPI ILLUMINANTI.....	80
	SINTESI	81
9.3	IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D'INTERVENTO E SCENARI D'INVESTIMENTO.....	82
9.3.1	<i>Scenario 1: <15 ANNI</i>	84
9.3.2	<i>Scenario 2: <25 ANNI</i>	90
10	CONCLUSIONI	98
10.1	RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA	98
10.2	RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI	99
10.3	RACCOMANDAZIONI	101
10.4	CONCLUSIONI E COMMENTI.....	103
	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		1923
Zona climatica		D
Destinazione d'uso principale		E.7. : Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili.
Destinazione d'uso catastale		B/2 - Case di cura ed ospedali (senza fine di lucro)
Superficie utile riscaldata	[m ²]	371
Superficie disperdente (S)	[m ²]	1.471
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	1.984
Rapporto S/V	[1/m]	0,61
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	551
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	230
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	781
Tipologia generatore riscaldamento		Caldaia a basamento di tipo tradizionale
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	151
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	Assente
Tipo di combustibile		Gas metano
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler elettrici
Emissioni CO ₂ di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	12,7
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{th} /anno]	51.763 ⁽¹⁾
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	4.137 ⁽²⁾
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	4901
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	1.919

Nota (1): Valori di Baseline da ripartizione per il solo edificio E1600

Nota (2): Importo da fatturazione ripartita per il solo edificio E1600

L'edificio oggetto della presente diagnosi energetica ha in comune con l'adiacente edificio E1602 la centrale termica. La modellazione energetica è stata eseguita contestualmente nello stesso file di simulazione Edilclima EC700, che ha fornito una ripartizione dei fabbisogni energetici termici tra gli edifici, utilizzata poi per la redistribuzione proporzionale dei consumi termici, come successivamente descritto.

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

- EEM 1: Coibentazione solai
- EEM 2: Coibentazione murature verticali
- EEM 3: Sostituzione infissi
- EEM 4: Installazione valvole termostatiche ed elettropompa di circolazione a giri variabili
- EEM 5: Ristrutturazione impianto termico
- EEM 6: Sostituzione corpi illuminanti
- SCN 1: EEM 4 + EEM 5 + EEM 6
- SCN 2: EEM 1 + EEM 2 + EEM 3 + EEM 4 + EEM 5 + EEM 6

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

CON INCENTIVI														
	%Δ _E	%Δ _{CO2}	ΔC _E	ΔC _{MO}	ΔC _{MS}	I ₀	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP	DSCR	LLCR
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]		
EEM1	5,72%	6,70%	€ 346,24	€ -	€ -	€ 7.834,00	11,8	18,0	30	€ 1.638,71	6,44%	0,21	N/A	N/A
EEM2	25,72%	30,45%	€ 1.557,49	€ -	€ -	€ 35.967,00	11,9	18,8	30	€ 7.002,41	6,29%	0,19	N/A	N/A
EEM3	26,02%	30,45%	€ 1.575,68	€ -	€ -	€ 49.354,00	18,0	31,9	30	-€ 2.965,47	3,26%	-0,06	N/A	N/A
EEM4	13,74%	16,02%	€ 832,15	€ -	€ -	€ 4.451,00	3,6	4,2	15	€ 5.573,55	22,34%	1,25	N/A	N/A
EEM5	20,07%	23,85%	€ 1.215,31	€ -	€ -	€ 10.309,00	4,8	5,9	15	€ 6.208,39	14,08%	0,60	N/A	N/A
EEM6	15,28%	8,82%	€ 925,02	€ -	€ -	€ 2.373,00	2,2	2,4	15	€ 7.501,25	42,12%	3,16	N/A	N/A
SCN1	36,71%	34,30%	€ 2.222,88	€ -	€ -	€ 12.683,00	2,19	2,44	15	€ 2.996,00	55,33%	23,62	1,346	1,005
SCN2	70,68%	74,02%	€ 4.279,74	€ -	€ -	€ 101.566,00	2,56	2,86	25	€ 10.995,00	1,79%	10,83	1,054	0,444

Figura 0.1 – Scenario 1: analisi finanziaria



Figura 0.2 – Scenario 2: analisi finanziaria



Nei due scenari la situazione prospettata è molto diversa, e si presenta molto vantaggiosa in entrambe le soluzioni. Nello SCN2 si ha la realizzazione di una riqualificazione energetica completa dell'edificio, che porterebbe l'edificio analizzato dalla attuale classe G ad una classe B, mentre nello SCN1 non si verificherebbe alcun cambio di classe, nonostante sia presente un consistente risparmio energetico.

1 INTRODUZIONE

1.1 PREMESSA

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

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

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

Figura 1.1 - Vista esterna



1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA

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

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

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

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

1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO

La presente DE è stata eseguita dalla Società Nier Ingegneria S.p.A. il cui responsabile per il processo di audit è l'Ing. Fabio Coccia, soggetto certificato Esperto in Gestione dell'Energia (EGE) ai sensi della norma UNI CEI 11339.

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

Tabella 1.1 – Soggetti coinvolti nella realizzazione del processo di Audit

NOME E COGNOME	RUOLO	ATTIVITÀ SVOLTA
Ing. Mara Pignataro		Sopralluogo in sito
Ing. Sarah Nicolini		Sopralluogo in sito
Ing. Sarah Nicolini		Elaborazione dei dati relativi ai consumi energetici
Ing. Sarah Nicolini		Elaborazione dei dati relativi ai consumi energetici
Ing. Sarah Nicolini		Redazione report di diagnosi
Ing. Sarah Nicolini	Responsabile involucro	Revisione report di diagnosi energetica
Ing. Antonio Aprea	Responsabile impianti	Revisione report di diagnosi energetica
Ing. Fabio Coccia	EGE	Approvazione report di diagnosi energetica

1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO

L'immobile oggetto della DE è sito nel Comune di Genova e più precisamente nel quartiere CASTELLETTO.

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

Catastalmente l'edificio oggetto di diagnosi è individuata al NCEU Sezione GEA, F. 101, Mapp. 75.

Dalla visura catastale risulta che l'immobile appartiene alla categoria catastale B/2 - Case di cura ed ospedali (senza fine di lucro, non coerente con la reale destinazione d'uso dell'edificio allo stato attuale.

In Allegato B è inserita la planimetria catastale e la visura relativa per verifica.

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		1923
Zona climatica		D
Destinazione d'uso principale	E.7. : Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili.	
Destinazione d'uso catastale	B/2 - Case di cura ed ospedali (senza fine di lucro)	
Superficie utile riscaldata	[m ²]	371
Superficie disperdente (S)	[m ²]	1.471
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	1.984
Rapporto S/V	[1/m]	0,61

Figura 1.2 – Ubicazione dell'edificio



Superficie netta aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	551
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	230
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	781
Tipologia generatore riscaldamento		Caldaia a basamento di tipo tradizionale
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	151
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	Assente
Tipo di combustibile		Gas metano
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler elettrici
Emissioni CO ₂ di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	12,7
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{tit} /anno]	51.763 ⁽¹⁾
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	4.137 ⁽²⁾
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	4901
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	1.919

Nota (1): Valori di Baseline da ripartizione per il solo edificio E1600

Nota (2): Importo da fatturazione ripartita per il solo edificio E1600

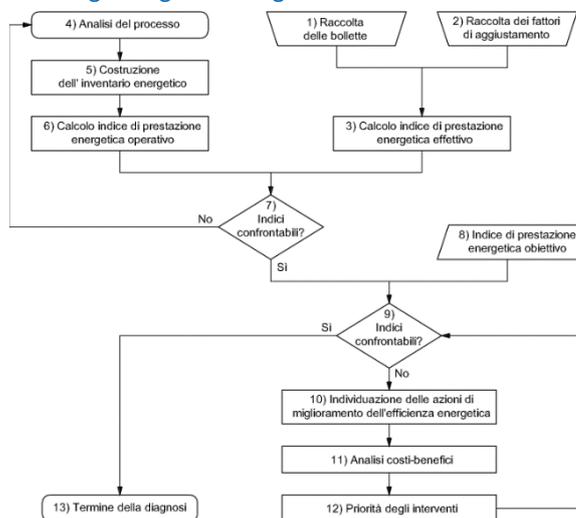
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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

- Acquisizione della documentazione utile, fornita dalla PA, come riportato all' Allegato A – Elenco documentazione fornita dalla committenza;
- Analisi del quadro normativo di riferimento, incluso la verifica dei vincoli ambientali, storici, archeologici e paesaggistici interferenti sull'immobile interessato dall'intervento;
- Visita agli edifici, effettuata in data 21/11/2017 con verifica degli elaborati forniti e rilievo dei dati relativi alle caratteristiche degli elementi disperdenti ed impiantistici costituenti il sistema edificio-impianto;
- Visita alla centrale termica con il supporto del personale incaricato della conduzione e manutenzione degli impianti e rilevamento dei dati utili;
- Preparazione e compilazione delle schede di Audit previste per la diagnosi di livello II di cui all'appendice A delle LGEE - Linee Guida per l'Efficienza Energetica negli Edifici - sett. 2013 - elaborato da AiCARR per Agesi, Assisital, Assopetroli e Assoenergia, e riportate all'Allegato J – Schede di audit;
- Elaborazione del comportamento termico ed elettrico dell'edificio, realizzata utilizzando il software commerciale Edilclima EC700 – versione 8 in possesso di certificato di conformità rilasciato dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI) n°73/2017 ai sensi del D.lgs. 192/05 e s.m.i. e riportato all'Allegato F – Certificato CTI Software;
- Analisi dei profili annuali di consumi e costi dei servizi energetici reali dell'edificio, comprensivi della fornitura dei vettori energetici sia elettrici che di gas e degli oneri di O&M, relativamente alle annualità 2014-2015-2016;
- Analisi dei dati climatici reali del sito ove è ubicato l'edificio con conseguente calcolo dei Gradi Giorno reali (GG_{real}), utilizzando le temperature esterne rilevate dalla stazione meteo dell'Università di Genova e riportati all'Allegato I – Dati climatici;
- Individuazione della “baseline termica” di riferimento (e relative emissioni di CO₂) tramite opportuna ripartizione del consumo di combustibile tra le varie utenze a servizio dell'edificio e destagionalizzazione dello stesso, utilizzando i relativi GG reali (GG_{real}), e conseguente normalizzazione secondo i GG di riferimento (GG_{ref});

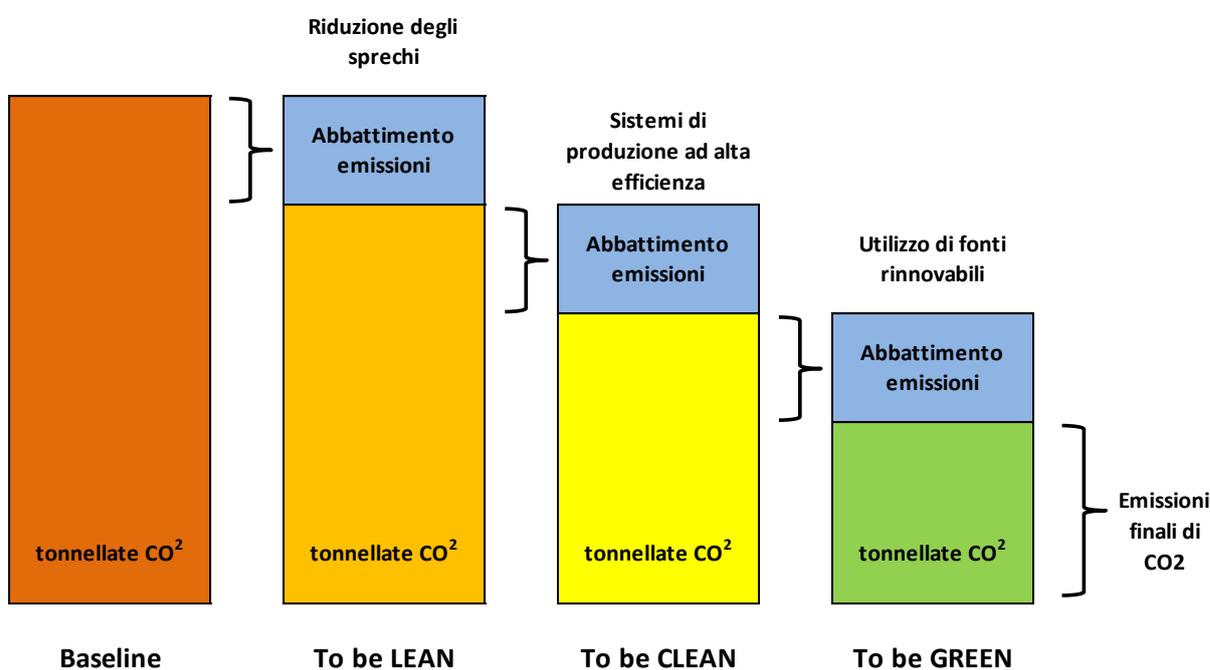
- j) Individuazione della “baseline elettrica” di riferimento (e relative emissioni di CO₂) calcolata sulla media aritmetica dei valori relativi ai consumi elettrici reali per tre le annualità 2014, 2015, 2016;
- k) Validazione del modello elaborato mediante il confronto con le baseline energetiche, 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 energetica primario.

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

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

- TRS (Tempo di rientro semplice);

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

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

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

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

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

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

1.6 STRUTTURA DEL REPORT

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

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

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

L'edificio ove è ubicata l'Accademia Ligustica risale all'incirca al 1923, ed ai sensi del DPR 412/93, attualmente ricade nella destinazione d'uso E.7. : Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili.

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

L'edificio ospitante il complesso oggetto della DE è costituito complessivamente da un due piani fuori terra e due piani interrati, in cui sono presenti varie aule e vari laboratori ad utilizzo degli studenti dell'Accademia.

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



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.

Tabella 2.1 - Suddivisione in piani dell'edificio

PIANO	UTILIZZO	U.M.	SUPERFICIE LORDA COMPLESSIVA ⁽¹⁾	SUPERFICIE UTILE RISCALDATA ⁽²⁾	SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA ⁽³⁾
-1	Accademia – Depositi	[m ²]	120	37	0
0	Accademia – Aule e Laboratori	[m ²]	163	147	0
1	Accademia – Aule e Laboratori	[m ²]	163	114	0
2	Accademia – Aule e Laboratori	[m ²]	105	72	0
TOTALE		[m ²]	551	371	0

Nota (1): Superficie lorda comprensiva delle zone interne climatizzate e non climatizzate, valutate a partire dalle planimetrie progettuali, opportunamente verificate in fase di sopralluogo

Nota (2): Superficie utile valutata ai fini della creazione del modello energetico

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

L'edificio si trova nell'ex circoscrizione di Castelletto, un quartiere residenziale situato sulle alture che sovrastano il centro storico di Genova, compreso tra i quartieri Prè, Maddalena, Portoria e San Vincenzo a sud, Oregina a ovest e tre quartieri della Val Bisagno (San Fruttuoso, Marassi e Staglieno) a est.

L'ex circoscrizione "Castelletto" fa parte del Municipio I Centro Est e comprende le unità urbanistiche "Castelletto", "Manin" e "San Nicola".

La massiccia urbanizzazione di quest'area risale alla seconda metà dell'Ottocento.

Figura 2.3 - Particolare estratto dalla carta dei vincoli



Dalla ricerca effettuata sugli strumenti urbanistici comunali e sul portale dei Vincoli architettonici, archeologici e paesaggistici della Regione Liguria, emerge che l'edificio non è soggetto a vincoli architettonici puntuali né è inserito in aree di notevole interesse paesaggistico ai sensi del D. Lgs. 42/2004 "Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio".

L'edificio inoltre non è soggetto a vincoli geomorfologici e idraulici.

Tuttavia, i servizi pubblici individuati con valore storico paesaggistico dalla cartografia del PUC devono conformarsi alle norme progettuali di livello puntuale dell'ambito di conservazione AC-US - Ambito Di Conservazione Dell'impianto Urbano Storico.

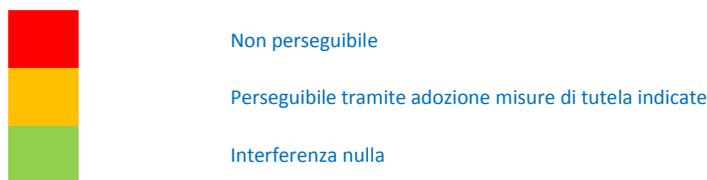
La specifica scheda d'ambito prevede che "gli interventi sul patrimonio edilizio esistente devono perseguire il mantenimento e la valorizzazione delle caratteristiche architettoniche, tipologiche e storico-ambientali dell'edificio, dell'intorno, degli spazi liberi e a verde e dei percorsi pedonali e storici, ripristinando le caratteristiche formali storiche degli edifici nel caso in cui siano state alterate (per esempio attraverso la sostituzione dei manti di copertura, l'utilizzo di intonaci sintetici, ecc.)". Nell'analisi delle EEM si è quindi resa necessaria l'identificazione delle possibili interferenze con le prescrizioni sugli interventi edilizi riportate sulle Norme di Conformità del PUC per il relativo ambito.

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

MISURA DI EFFICIENZA ENERGETICA	VINCOLO INTERESSATO	VALUTAZIONE INTERFERENZA ⁽⁴⁾	MISURA DI TUTELA DA ADOTTARE
EEM 1: Coibentazione interna solaio di copertura	Ambito AC-US livello puntuale		Utilizzo di materiali tradizionali o comunque compatibili con l'esistente; intonaci a base di calce o traspiranti
EEM 2: Cappotto interno pareti perimetrali	Ambito AC-US livello puntuale		Utilizzo di materiali tradizionali o comunque compatibili con l'esistente; intonaci a base di calce o traspiranti
EEM 3: Sostituzione degli infissi	Ambito AC-US livello puntuale		-
EEM 4: Installazione valvole termostatiche e pompa a giri variabili	-		-
EEM 5: Sostituzione generatore di calore	-		-

EEM 6: Sostituzione corpi illuminanti -

Nota (4): Legenda livelli di interferenza:



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

2.3 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.

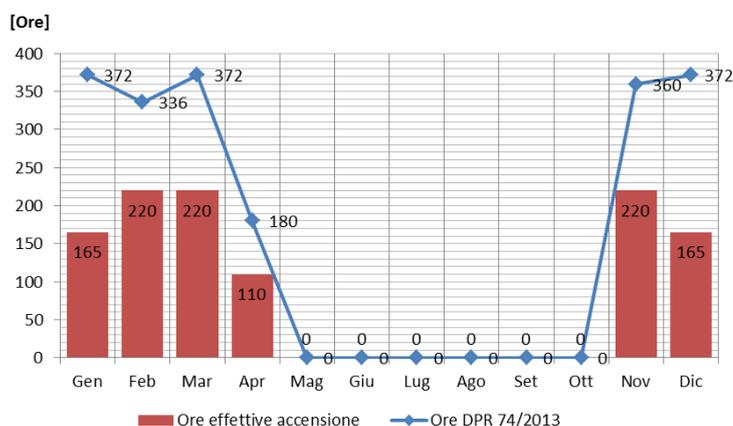
Gli orari di effettivo utilizzo dell'edificio sono stati ricavati tramite intervista agli occupanti, mentre i periodi di attivazione e spegnimento degli impianti sono stati rilevati dalle apparecchiature presenti nella centrale termica a servizio della scuola, edificio E1602, e dell'Accademia, edificio E1600.

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
Settembre - Ottobre	dal lunedì al venerdì	pomeriggio	Spento
	sabato e domenica	chiuso	spento
Dal 1 Novembre al 15 Aprile	dal lunedì al venerdì	pomeriggio	7.00 – 18.00
	sabato e domenica	chiuso	spento
Dal 16 Aprile a Giugno	dal lunedì al venerdì	pomeriggio	Spento
	sabato e domenica	chiuso	spento
Luglio – Agosto	tutti i giorni	chiuso	spento

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 aggiornati con gli attuali orari di apertura ed occupazione dell'edificio. Fino al 2016, infatti, l'Accademia era aperta dal lunedì al venerdì mattina e pomeriggio, mentre dal 2017 è aperta solo alcune ore nel pomeriggio, in occasione di specifiche lezioni curriculari.

Dal punto di vista manutentivo, attualmente le condizioni di Conduzione e Manutenzione (O&M) degli impianti a servizio dell'edificio oggetto della DE non rientrano nel contratto SIE3, ma nel contratto di conduzione e manutenzione per centrali termiche con potenza >35 kW.

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 926 GG calcolati su 107 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 GGrif ai fini del processo di normalizzazione di cui al capitolo 5.1.1.

Tabella 3.2 – Profili mensili dei GGrif

	GIORNI MENSILI	TEMPERATURA ESTERNA UNI 10349:2016	GIORNI RISCALDAMENTO	GG	GIORNI DI UTILIZZO	GIORNI RISCALDAMENTO EFFETTIVI	GGrif	PROFILO DI INCIDENZA
Mese		[°C]	[g/m]		[g/m]	[g/m]		
Gennaio	31	10,4	31	298	20	20	192	21%
Febbraio	28	10,5	28	266	20	20	190	21%
Marzo	31	11,1	31	276	21	21	187	21%
Aprile	30	15,3	15	71	20	11	56	6%
Maggio	31	18,7	-	-	21	-	-	0%
Giugno	30	22,4	-	-	20	-	-	0%
Luglio	31	24,6	-	-	20	-	-	0%
Agosto	31	23,6	-	-	-	-	-	0%
Settembre	30	22,2	-	-	20	-	-	0%
Ottobre	31	18,2	-	-	21	-	-	0%
Novembre	30	13,3	30	201	20	20	134	15%
Dicembre	31	10,0	31	310	15	15	150	17%
TOTALE	365	16,7	166	1421	218	107	909	100%

3.2 DATI CLIMATICI REALI

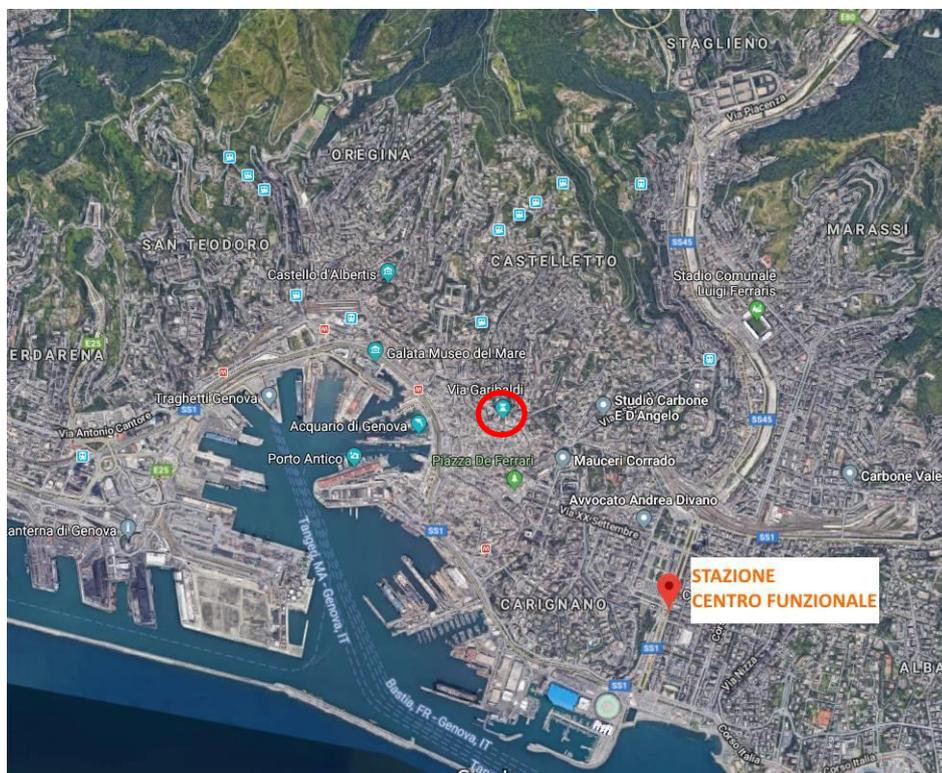
Ai fini della realizzazione dell'analisi energetica si è resa necessaria la definizione delle condizioni climatiche reali, ovvero dei GG calcolati in funzione della temperatura esterna media oraria del sito effettivamente rilevata, con lo scopo di creare una normalizzazione dei consumi in funzione delle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

Da una ricerca sulle stazioni meteo presenti sul territorio comunale, reperite sul sito Ambiente della Regione Liguria, è risultato che le stazioni che riportano con maggiore completezza i dati medi di temperatura sono:

- *Castellaccio*, posta ad un'altitudine di 360 m s.l.m.
- *Centro Funzionale*, posta a 30 m slm.

Nell'edificio oggetto di diagnosi, posto ad un'altitudine di 65 m slm, sono stati utilizzati i dati climatici rilevati dalla centralina meteo del Centro Funzionale, in quanto le condizioni climatiche sono più simili rispetto alla centralina di Castellaccio posta a circa 360 m sul livello del mare.

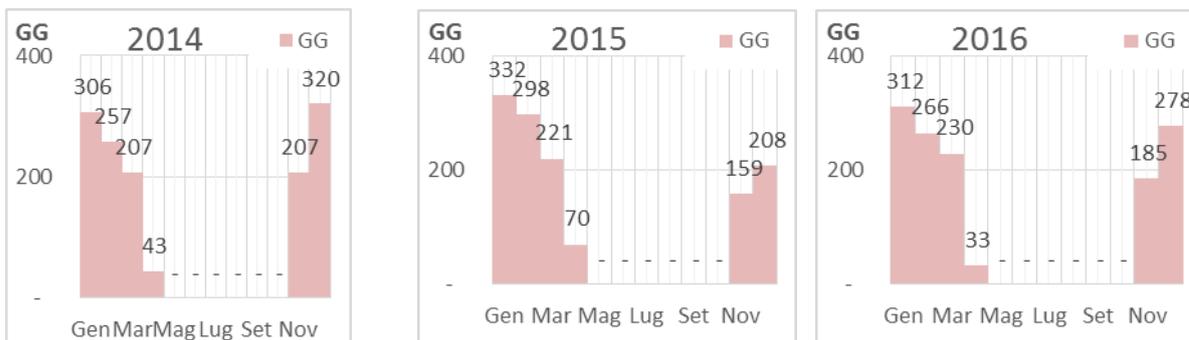
Figura 3.1 – Posizionamento della centralina meteo climatica rispetto all'edificio oggetto di DE



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

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

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

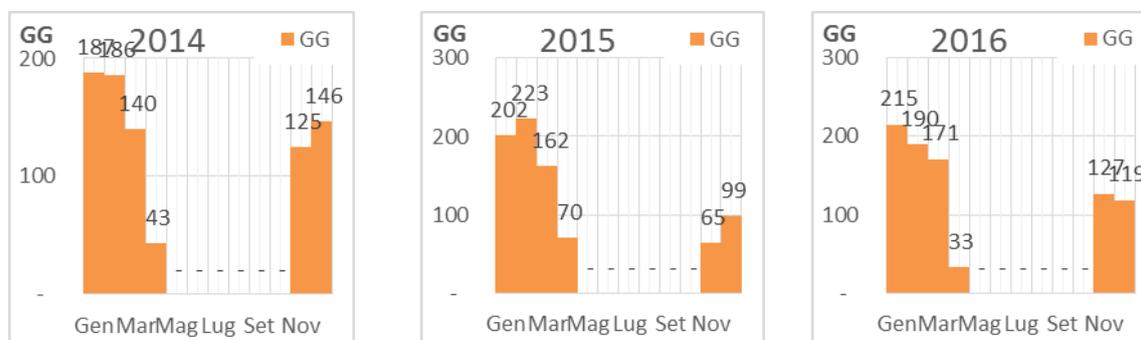
GG₂₀₁₄(162 giorni) = 1340GG₂₀₁₅(162 giorni) = 1288GG₂₀₁₆(163 giorni) = 1304

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 834 GG calcolati su 107 giorni effettivi di utilizzo dell'impianto di riscaldamento.

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

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

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

GG₂₀₁₄(107 giorni) = 827GG₂₀₁₅(107 giorni) = 821GG₂₀₁₆(107giorni) = 854

Come si può notare dai grafici sopra riportati, l'andamento dei GG non è costante e subisce variazioni nel periodo considerato e si attesta molto al di sotto dei GG sia di norma e che del funzionamento a 162/166 giorni.

4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI

4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO

4.1.1 Involucro opaco

Il prospetto principale da Via Bertani si presenta abbastanza decorato.

L'edificio risalente al 1923 non risulta vincolato ai sensi del D.Lgs. 42/2004.

La finitura della pareti è ad intonaco con modanature in finto bugnato.

L'involucro edilizio opaco che costituisce l'edificio è sostanzialmente composto da un unico blocco strutturale e realizzato con le tecniche dell'epoca e dunque caratterizzato da murature portanti, presumibilmente in muratura in mattone pieno e debitamente intonacate.

La struttura risulta omogenea senza particolari discontinuità.

La copertura è terrazzata al piano primo ed interamente verso esterno al secondo piano. la struttura è in calcestruzzo armato portante.

Gli interni dell'edificio presentano grandi criticità in termini di formazioni di muffe. Questo principalmente potrebbe essere dovuto ad infiltrazioni di acqua piovana e la evidente scarsa ventilazione naturale egli ambienti

Ai fini di un'identificazione più precisa delle caratteristiche e delle criticità dei componenti dell'involucro opaco si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione di un rilievo termografico eseguito tramite l'utilizzo di termo camera FLIR E40.

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- Come già anticipato non sono state rilevate particolari discontinuità esterne nella struttura edilizia
- Sono state rilevate grosse differenze di temperatura in corrispondenza delle macchie di umidità presenti sulle pareti esterne.

Figura 4.1 – Facciata esterna - Nord



Figura 4.2 – Interno Accademia Ligustica - Aula



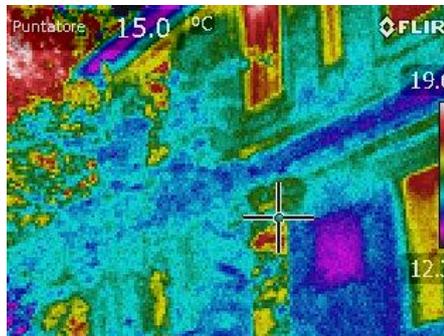
Figura 4.3 – Rilievo termografico del prospetto Nord – 1



Figura 4.4 – Rilievo termografico del prospetto Nord – 2



Figura 4.5 – Rilievo termografico del prospetto Nord – 3



I dettagli delle indagini diagnostiche effettuate sono riportate all'Allegato C – Report di indagine termografica, all'Allegato D- Report strumentale ed all'Allegato E – Relazione di dettaglio dei calcoli. 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 [mm]	ISOLAMENTO	TRASMITTANZA TERMICA [W/m ² K]	STATO DI CONSERVAZIONE
ACC - Muro esterno 100 cm	M11	1040,0	Assente	0,726	Insufficiente
ACC - Muro esterno 100 cm CT	M12	1040,0	Assente	0,482	Insufficiente
ACC - Muro esterno 84 cm NR	M13	840,0	Assente	0,900	Insufficiente
ACC - Muro esterno 50 cm CT	M14	540,0	Assente	0,000	Insufficiente
ACC - Muro esterno 50 cm NR	M15	540,0	Assente	1,290	Sufficiente
ACC - Muro esterno 40 cm	M16	440,0	Assente	1,408	Sufficiente

ACC - Muro divisorio NR 10cm	M17	100,0	Assente	2,062	Sufficiente
ACC - Muro esterno 40 cm NR	M18	440,0	Assente	1,408	Sufficiente
ACC - Muro divisorio 30cm	M19	300,0	Assente	1,551	Sufficiente
ACC - Muro esterno 50 cm	M20	540,0	Assente	1,290	Sufficiente
ACC - Muro SF e cassonetto 16cm	M21	100,0	Assente	2,280	Sufficiente
ACC - Porta REI	M22	52,0	Presente	0,609	Sufficiente
ACC - Pavimento contro-terra	P2	545,0	Assente	0,268	Sufficiente
ACC - Solaio verso esterno	S2	300,0	Assente	1,500	Sufficiente

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 e nell'Allegato E – Report di dettaglio dei calcoli.

4.1.2 Involucro trasparente

L'involucro trasparente che costituisce l'edificio è composto da varie tipologie di serramenti risalenti ad epoche diverse; ad esempio:

- al piano terra sono presenti infissi con telaio in legno e vetro singolo ed alcune doppie finestre con telaio in pvc e vetrocamera relativamente recenti,
- al primo piano sono presenti infissi con telaio in legno e vetro singolo piuttosto datati ed infissi con telaio in pvc e vetrocamera
- al secondo piano gli infissi sono prevalentemente con telaio in legno e vetro singolo.

Lo stato di conservazione degli stessi è insufficiente e presentano delle criticità notevoli.



Figura 4.6 - Particolare della vetrata esposta a sud – Piano terra



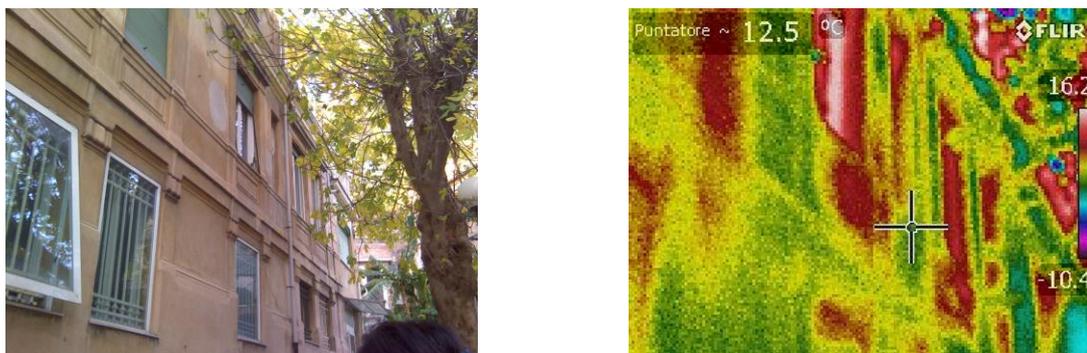
Figura 4.7 - Particolare degli infissi – Piano secondo

Ai fini di un'identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell'involucro trasparente si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione del rilievo termografico e secondo quanto indicato nell'Allegato D – Report strumentale.

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- Gli infissi presentano un comportamento normale con presenza di ampio ponte termico perimetrale
- Il grado di isolamento offerto dagli infissi è insufficiente.

Figura 4.8 – Rilievo termografico dei serramenti esterni prospetto Sud



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	ALTEZZA [mm]	LARGHEZZA [mm]	TIPO TELAIO	TIPO VETRO	TRASMITTANZA TERMICA - U _w [W/mqK]	STATO DI CONSERVAZIONE
ACC - P-1 - F10 - alluminio 120x80	W9	80,0	120,0	Metallo	Doppio	2,700	Insufficiente
ACC - P-1 - F10 - alluminio 120x80	W10	80,0	120,0	Metallo	Doppio	2,700	Insufficiente
ACC - P0 - F11 - legno 115x125	W11	125,0	115,0	Legno	Singolo	3,801	Insufficiente
ACC - P0 - Porta ingresso - alluminio 200x290	W12	260,0	200,0	Metallo	Doppio	2,713	Insufficiente
ACC - P0 - F12A - alluminio 100x130	W13	130,0	100,0	Metallo	Singolo	3,996	Insufficiente
ACC - P0 - F12B - alluminio 100x130	W14	130,0	100,0	Metallo	Doppio	2,716	Insufficiente
ACC - P0 - F7 - pvc115x175	W15	175,0	115,0	PVC	Doppio	1,667	Insufficiente
ACC - P0 - F6 - legno 115x140	W16	175,0	115,0	Legno	Singolo	3,866	Insufficiente
ACC - P1 - F3 - legno 252x170	W17	170,0	252,0	Legno	Singolo	4,025	Insufficiente
ACC - P1 - F3A - legno 200x170	W18	170,0	200,0	Legno	Singolo	4,023	Insufficiente
ACC - P1 - F4 - pvc100x200	W19	200,0	100,0	PVC	Doppio	2,496	Insufficiente
ACC - P1 - F5 - pvc60x200	W20	200,0	60,0	PVC	Doppio	2,476	Insufficiente
ACC - P1-P2 - F2 - legno 115x200	W21	200,0	115,0	Legno	Singolo	3,944	Insufficiente
ACC - P1 - F3B - legno 54X200	W22	200,0	54,0	Legno	Singolo	3,751	Insufficiente
ACC - P2 - F1 - legno 110X275	W23	275,0	110,0	Legno	Singolo	3,856	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 e nell'Allegato E – Relazione di calcolo di dettaglio.

4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/CLIMATIZZAZIONE INVERNALE

L'impianto di riscaldamento degli ambienti è costituito da una centrale termica costituita da una caldaia a basamento di tipo tradizionale, alimentata a gas metano. La centrale termica non serve unicamente l'edificio E1600 "Accademia Ligustica", ma anche l'edificio E1602 costituito dalla Scuola dell'Infanzia "Bertani" e dalla palestra "Umberto I".

4.2.1 Sottosistema di emissione

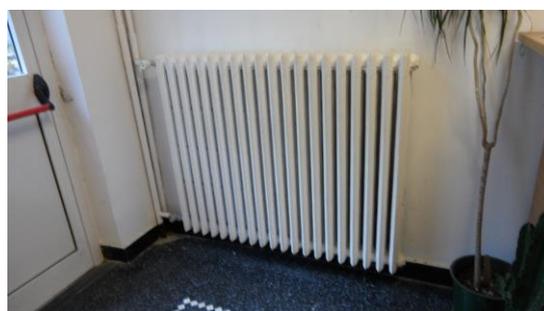
Il sottosistema di emissione è costituito dalle seguenti tipologie di terminali:

- Radiatori in ghisa
- Radiatori in alluminio.

Figura 4.9 – Particolare – radiatore in alluminio



Figura 4.10 - Particolare - radiatore in ghisa



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
Accademia	Radiatori in ghisa e alluminio	91,3%

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

Tabella 4.4 - Riepilogo caratteristiche dei terminali di emissione installati

LOCALE	TIPO DI INSTALLAZIONE	NUMERO	POTENZA TERMICA UNITARIA - MEDIA	POTENZA TERMICA COMPLESSIVA	POTENZA FRIGORIFERA UNITARIA	POTENZA FRIGORIFERA COMPLESSIVA
			[kW]	[kW]	[kW]	[kW]
Piano seminterrato	Radiatori su parete esterna non isolata	2	1,2	2,4	0	0
Piano terra	Radiatori su parete esterna non isolata	7	2,6	18,4	0	0
Piano primo	Radiatori su parete esterna non isolata	7	3,3	23,4	0	0
Piano secondo	Radiatori su parete esterna non isolata	5	3,3	16,6	0	0
Gruppo scale	Radiatori su parete esterna non isolata	4	4	16,1	0	0
TOTALE		25		77	0	0

I rendimenti riportati nella Tabella 4.3 ed i dati di potenza della Tabella 4.4 sono desunti dal modello di simulazione energetica implementato sul software certificato Edilclima EC700.

Non è stato possibile fare un confronto delle singole potenze installate rispetto alle informazioni fornite dalla PA, in quanto mancano le informazioni relative alla check-list termica.

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

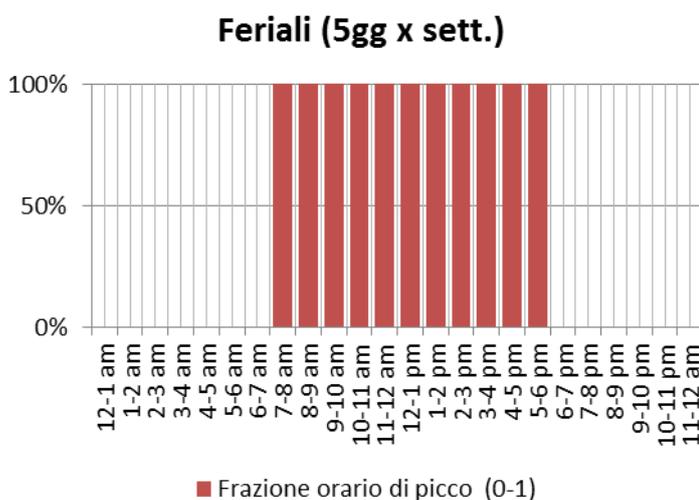
La regolazione del funzionamento dell'impianto avviene attraverso cronotermostato con orari preimpostati, inoltre in centrale termica è presente un sistema di telegestione e telecontrollo dotato anche di una centralina climatica con sonda esterna. Tutti i radiatori sono sprovvisti di valvole termostatiche per la regolazione locale della temperatura.

Figura 4.11 – Particolare centrale termica – Cronotermostato



Di seguito sono riportati i profili orari di funzionamento degli impianti.

Figura 4.12 - Profilo di funzionamento invernale feriale dell'impianto per la zona termica dell'Accademia Ligustica.



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 elaborato con software certificato Edilclima EC700 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
Accademia	Climatica	86,5%

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

Come già anticipato, la centrale termica principale serve due edifici adiacenti, l'edificio E1600 Accademia Ligustica e l'edificio E1602 la Scuola dell'Infanzia "Bertani" e la palestra "Umberto I". Dal collettore principale si dipartono due circuiti indipendenti, uno dedicato alla Scuola e Palestra ed uno dedicato all'Accademia.

Il sottosistema di distribuzione dedicato all'Accademia è costituito dai seguenti elementi:

- 1) Circuito primario di collegamento tra il collettore di mandata all'Accademia.

Le caratteristiche dei circolatori a servizio del circuito primario sono riportate nella Tabella 4.6. Le pompe di circolazione di marca LOWARA mod. FCG 40-7T sono gemellari, a giri fissi e con funzionamento alternato.

Tabella 4.6 - Riepilogo caratteristiche pompe circuito primario

NOME		SERVIZIO	PORTATA MASSIMA [m ³ /h]	PREVALENZA MASSIMA [m]	POTENZA ASSORBITA [kW]
Generatore di calore	EG02	Pompa gemellare di mandata acqua calda da collettore a circuito dell'Accademia	24	6,1	2x0,41
TOTALE			24	6,1	0,41

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

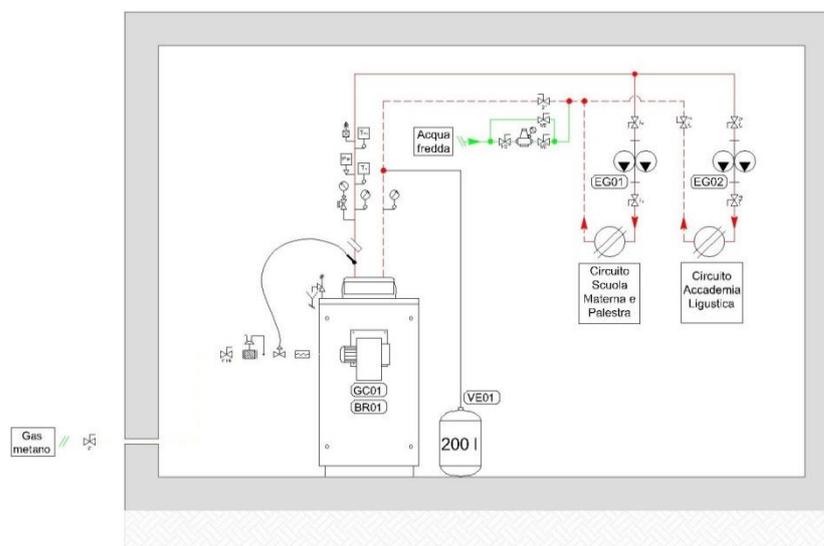
Tabella 4.7 – Temperature di mandata e ritorno del circuito primario

CIRCUITO			TEMPERATURA RILEVATA °C	TEMPERATURA CALCOLO °C
Generatore di calore	Mandata	Caldo	ND	80
	Ritorno	Caldo	ND	60

Le temperature di mandata e ritorno del circuito primario rilevate in sede di sopralluogo non sono state acquisite e riportate in quanto nella data di esecuzione dello stesso, per via della temperatura esterna elevata, l'impianto non è mai andato a regime nel lasso del tempo di visita al fabbricato. Si tratta pertanto di valori non rappresentativi e non necessari al fine della modellizzazione del sistema edificio-impianto.

Si riportano le temperature di calcolo di progetto, utilizzate ai fini della modellazione energetica eseguita con software di simulazione, fanno riferimento alla temperatura esterna di progetto pari a 0°C.

Figura 4.13 - Particolare dello schema di impianto



Il rendimento complessivo del sottosistema di distribuzione dell'impianto di riscaldamento invernale è stato assunto nella DE pari al 93,8%. Il rendimento è stato calcolato mediante software certificato Edilclima EC700 che implementa le norme tecniche UNI TS 11300.

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

4.2.4 Sottosistema di generazione

Il sottosistema di generazione è costituito da una caldaia a basamento di tipo tradizionale alimentata a gas metano che produce acqua calda dedicata al servizio di riscaldamento invernale di due edifici adiacenti.

Figura 4.14 – Particolare del generatore di calore a basamento



Le caratteristiche dei sistemi di generazione sono riportate nella Tabella 4.8. I dati tecnici riportati sono stati individuati sul libretto di centrale termica e sulla targa del generatore di calore stesso.

Tabella 4.8 - Riepilogo caratteristiche generatore di calore

Servizio	MARCA	MODELLO	ANNO DI COSTRUZIONE	POTENZA AL FOCOLARE [kW]	POTENZA TERMICA UTILE [kW]	RENDIMENTO	POTENZA ASSORBITA COMPLESSIVA [kW]
GC01 Riscaldamento	UNICAL	TRISECAL 130	1988	166	151	90,9%	nd

Dal libretto di centrale è stato possibile fare un confronto tra la prova fumi di febbraio 2017 che ha misurato un rendimento pari al 92,4%, con il rendimento fornito dal software Edilclima EC700 stimato pari a 89,1%. La differenza sostanziale potrebbe essere dovuta al clima in cui è avvenuta la prova stessa, Edilclima utilizza infatti le temperature di progetto pari a 0°C per la località di Genova, mentre a febbraio al momento della prova, con il clima più mite la prova ha dato un valore superiore. 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 per un edificio come quello in oggetto è significativo, considerando la destinazione d'uso Scuola.

La produzione di ACS avviene mediante l'ausilio di due boiler elettrici con accumulo integrato dislocati all'interno della struttura in corrispondenza dei servizi igienici.

Le caratteristiche del sistema di produzione di ACS sono riportate nella Tabella 4.9.

Tabella 4.9 - Riepilogo caratteristiche impianto di produzione ACS

	SERVIZIO	MARCA	Volume l	Numero	POTENZA ASSORBITA kW
Accademia	ACS	ARISTON	15	1	1,2
Accademia	ACS	ARISTON	15	1	1,2
TOTALE				2	2,4

Figura 4.15 - Bollitore elettrico con accumulo



I rendimenti caratteristici dei sottosistemi dell'impianto di produzione acqua calda sanitaria sono riportati nella Tabella 4.10 sono stati presi dal software di simulazione energetica certificato Edilclima EC700.

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

SOTTOSISTEMA DI EROGAZIONE	SOTTOSISTEMA DI DISTRIBUZIONE	SOTTOSISTEMA DI RICIRCOLO	SOTTOSISTEMA DI ACCUMULO	SOTTOSISTEMA DI GENERAZIONE	RENDIMENTO GLOBALE MEDIO STAGIONALE
100%	92,8%	nd	nd	75%	35,6%

Nell'impianto di produzione di ACS non è presente nessuna rete di ricircolo dell'ACS e nessun sistema di accumulo.

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 ad esempio le attrezzature delle aule ed altri dispositivi in uso del personale.

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

Tabella 4.11 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA NOMINALE [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]	ORE ANNUE DI UTILIZZO [ore]
Accademia	Proiettore	1	340	340	324
	Pc-TV	10	200	2000	216

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 e nei file dedicati, nell'Allegato B.

4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE

L'impianto di illuminazione è costituito da lampade a neon fluorescenti di tipo T8.

Figura 4.16 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nell'edificio

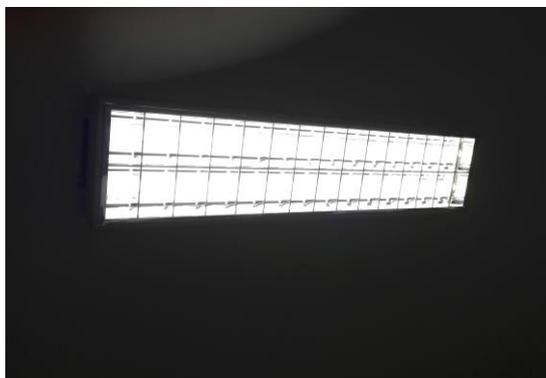
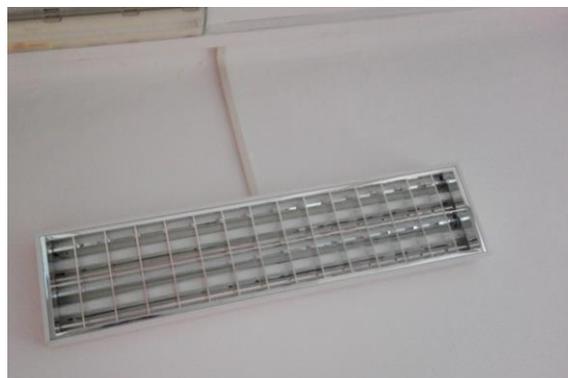


Figura 4.17 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nell'edificio



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

Tabella 4.12 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA UNITARIA [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]
Accademia	circoline	4	26	104
	T8	3	1X18	54
	T8	11	2X18	396
	T8	13	2X36	936
	T8	5	2X58	580

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 e nell'Allegato B.

5 CONSUMI RILEVATI

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

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

I vettori energetici analizzati sono i seguenti:

- Gas metano;
- Energia elettrica.

5.1.1 Energia termica

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

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

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

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

Nota (1) Fonte: Prospetto B.19 UNI TS 11300-2:2014

La fornitura di Gas metano avviene tramite la presenza di un unico contatore dedicato alla centrale termica, non sono presenti altri usi relativi al vettore.

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

Relativamente al PDR 1 – 03270015721869 sono riportati i dati delle letture estratte dalle fatture a valle di una grossa operazione di conguaglio eseguita per gli anni 2015 e 2016, per le quali si trova uno scostamento contenuto sul totale rispetto ai dati rilevati dalla società di distribuzione del metano. Per l'anno 2014 sono stati considerati i dati rilevati dalla società di distribuzione tal quali. Si ricorda che il suddetto PDR è a servizio della centrale termica che fornisce calore per la climatizzazione invernale a due edifici adiacenti, l'edificio oggetto di diagnosi E1600 l'Accademia Ligustica, edificio E1602 situato in via Agostino Bertani 7.

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 ricavati da fatturazione

PDR	Utilizzo	2014	2015	2016	2014	2015	2016
		[Sm ³]	[Sm ³]	[Sm ³]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
03270015721869	Riscaldamento	14.581	13.132	12.987	137.353	123.707	122.338

Parallelamente all'analisi dei consumi storici forniti dalla società di distribuzione si è provveduto alla valutazione dei consumi fatturati nel triennio di riferimento. La ripartizione mensile degli anni 2015 e 2016 è stata eseguita secondo le indicazioni rinvenute nelle fatture fornite dalla Committenza, per il 2014 la suddivisione mensile invece è stata eseguita utilizzando i GG mensili della Stazione Meteo del Centro Funzionale.

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

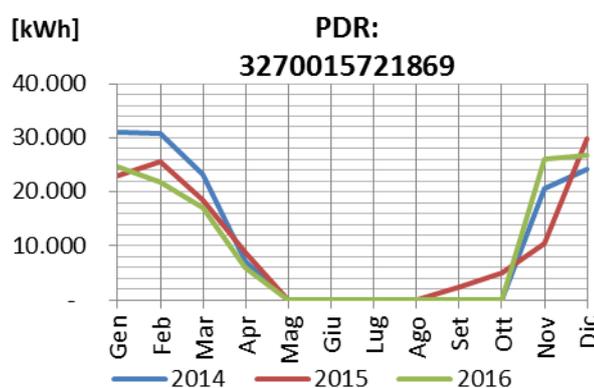
Tabella 5.3 - Consumi mensili di energia termica per il triennio di riferimento – Dati ricavati da fatturazione

PDR: 03270015721869	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Mese	[Sm ³]	[Sm ³]	[Sm ³]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen	3.303	2.448	2.610	31.113	23.060	24.586
Feb	3.278	2.706	2.312	30.881	25.493	21.779
Mar	2.472	1.962	1.809	23.285	18.480	17.041
Apr	754	935	642	7.106	8.803	6.048
Mag	-	1	-	-	9	-
Giu	-	1	-	-	9	-
Lug	-	1	-	-	9	-
Ago	-	1	-	-	9	-
Set	-	257	2	-	2.421	19
Ott	-	531	19	-	5.002	179
Nov	2.198	1.117	2.758	20.703	10.522	25.980
Dic	2.576	3.173	2.835	24.265	29.890	26.706
Totale	14.581	13.132	12.987	137.353	123.707	122.338

Rispetto ai dati riportati per il PDR1 all'interno del file file Kyoto-Baseline-E1600 non si verifica una sostanziale differenza con i valori riportati.

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

Figura 5.1 – Andamento mensile dei consumi termici fatturati



Confrontando l'andamento dei consumi con i GG_{real} del triennio di riferimento si può notare che fronte di un maggior numero di GG_{real} si verifica una diminuzione dei consumi di gas metano per il riscaldamento.

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 nullo nel triennio di riferimento;

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

Si sottolinea che ai fini della normalizzazione e della successiva validazione del modello energetico dei due edifici serviti dalla centrale termica e dal PDR 1, come precedentemente anticipato, si utilizzeranno per la definizione dei consumi reali, $Q_{real,i}$, i consumi di gas metano forniti dalla società di distribuzione in quanto non si verifica una sostanziale differenza con i valori riportati nel file Kyoto-Baseline-E1600.

Tabella 5.4 – Normalizzazione dei consumi annuali di energia termica

ANNO	GG _{REAL} SU [107] GIORNI	GG _{RIF} SU [107] GIORNI	CONSUMO REALE RISC. [Smc]	CONSUMO REALE RISC. [kWh]	α_{rif}	CONSUMO NORMALIZZATO A [926] GG [kWh]	CONSUMO ACS [kWh]	CONSUMO ALTRO [kWh]
2014	827	909	14.581	137.392	166,1	150.945	-	-
2015	821	909	12.872	121.289	147,7	134.260	-	-
2016	854	909	13.430	126.547	148,1	134.628	-	-
MEDIA	834	909	13.628	128.409	153,9	139.901	-	-

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

Tabella 5.5 – Individuazione della Baseline termica

GRANDEZZA	VALORE
	[Kwh]
\bar{Q}_{ACS}	-
\bar{Q}_{ALTRO}	-
$\bar{a}_{rif} \times GG_{rif}$	139.901
$Q_{baseline}$	139.901

Ai fini dell'individuazione della quota di gas metano corrispondente all'Edificio oggetto di diagnosi è stata riproporzionata la quota di metano totale secondo le percentuali ricavate dal modello energetico elaborato con Edilclima EC700. Il risultato è riportato nella seguente tabella.

Tabella 5.6 – Ripartizione consumi di Gas Metano

EDIFICIO	PERCENTUALE	VALORE	CONSUMO DI GAS METANO
	[%]	[kWh]	[Smc]
E1600	37%	51.763	5.495
E1602	63%	88.138	9.356
Totale	100%	139.901	14.851

5.1.2 Energia elettrica

La fornitura di energia elettrica avviene tramite la presenza di un contatore il quale risulta a servizio dell'intero edificio E1600.

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 5.7 con indicazione dei POD di riferimento.

Tabella 5.7 – Elenco POD e relativi consumi annuali per il triennio di riferimento – dati di fatturazione

POD	ZONA SERVITA	2014	2015	2016	MEDIA
		[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
IT001E00097883	Accademia Ligustica	5.014	4.356	4.401	4.590
TOTALE		5.014	4.356	4.401	4.590

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-E1600 ed è emerso un allineamento per il periodo 2014-2015, mentre per il 2016 è stato rilevato uno scostamento di oltre il 16%. Considerando il valore medio lo scostamento si riduce al 7 %, pertanto si è deciso di adottare come valori di consumo di energia elettrica i dati forniti dal distributore locale.

Tabella 5.8 – Elenco POD e relativi consumi annuali per il triennio di riferimento – dati distributore

POD	ZONA SERVITA	2014	2015	2016	MEDIA
		[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
IT001E00097883	Accademia Ligustica	5.014	4.438	5.251	4.901
TOTALE		5.014	4.438	5.251	4.901

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 4.901 kWh.

Nella seguente tabella sono riportati i consumi mensili di energia elettrica suddivisi per fasce relativi al periodo 2014-2016.

Tabella 5.9 – Consumi mensili di energia elettrica suddivisi per fasce, per il triennio di riferimento – Dati di fatturazione.

POD: IT001E00097883	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 14	136	98	184	418
Feb - 14	137	102	179	418
Mar - 14	130	104	184	418
Apr - 14	128	95	195	418
Mag - 14	136	98	184	418
Giu - 14	128	104	186	418
Lug - 14	142	100	175	417
Ago - 14	130	104	184	418
Set - 14	134	98	186	418
Ott - 14	142	100	175	417
Nov - 14	128	104	186	418
Dic - 14	124	92	202	418
Totale	1.595	1.199	2.220	5.014
POD: IT001E00097883	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 15	136	98	184	418
Feb - 15	137	102	179	418
Mar - 15	185	54	97	336
Apr - 15	191	56	100	347
Mag - 15	197	59	103	359
Giu - 15	191	56	101	348
Lug - 15	197	58	103	358
Ago - 15	197	59	104	360
Set - 15	191	56	100	347
Ott - 15	197	58	103	358
Nov - 15	191	57	101	349
Dic - 15	197	58	103	358
Totale	2.207	771	1.378	4.356
POD: IT001E00097883	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 16	197	58	104	359
Feb - 16	185	55	97	337
Mar - 16	197	58	103	358
Apr - 16	191	56	100	347
Mag - 16	197	59	104	360
Giu - 16	191	56	100	347
Lug - 16	197	58	104	359
Ago - 16	197	59	103	359
Set - 16	191	56	100	347
Ott - 16	197	58	104	359
Nov - 16	228	64	106	398

Dic - 16	255	79	137	471
Totale	2.423	716	1.262	4.401

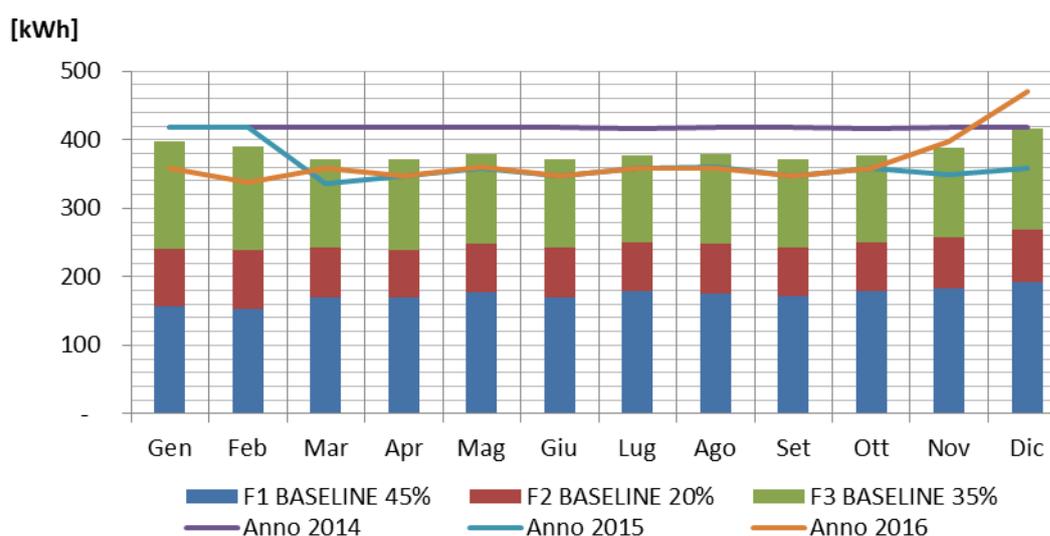
Dall'analisi effettuata è stato possibile definire i profili mensili dei consumi elettrici di baseline, valutati come la media dei calori mensili analizzati nel triennio di riferimento. Tali valori sono riportati nella Tabella 5.10.

Tabella 5.10 – Consumi mensili di baseline

BASELINE	F1	F2	F3	TOTALE
Mese	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen	156	85	157	398
Feb	153	86	152	391
Mar	171	72	128	371
Apr	170	69	132	371
Mag	177	72	130	379
Giu	170	72	129	371
Lug	179	72	127	378
Ago	175	74	130	379
Set	172	70	129	371
Ott	179	72	127	378
Nov	182	75	131	388
Dic	192	76	147	416
Totale	2.075	895	1.620	4.590

L'andamento dei consumi elettrici mensili nel triennio di riferimento e di baseline è riportato in Figura 5.2

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



Come è possibile notare il consumo mensile è circa costante in tutti i mesi dell'anno, anche nei mesi estivi di chiusura della struttura. Questo probabilmente è dovuto ad una fatturazione prevalentemente con valori di stima effettuata dal fornitore di energia elettrica nel periodo considerato.

Non è stato inoltre possibile rappresentare i profili giornalieri dei consumi elettrici del POD in oggetto, in quanto non disponibili sul sito dalla società di distribuzione dell'energia elettrica.

5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI

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

I fattori di emissione di CO₂ utilizzati sono riportati nella Tabella 5.11.

Tabella 5.11 - 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

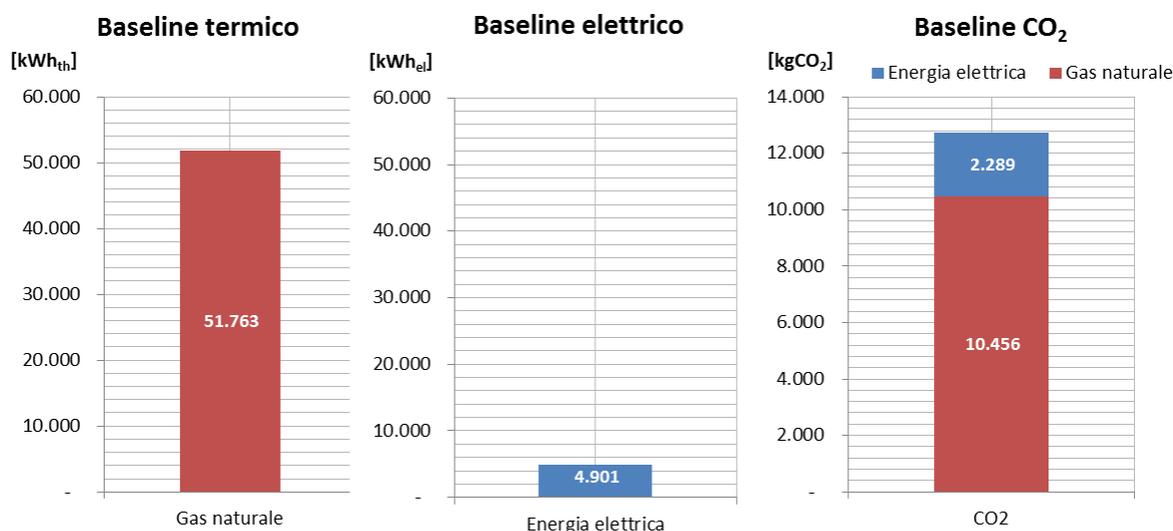
* da "Linee Guida Patto dei Sindaci" per anno 2010

Applicando tali fattori di conversione è stato possibile valutare la Baseline delle emissioni di CO₂, come riportato nella Tabella 5.12 e nella Figura 5.3

Tabella 5.12 – Baseline delle emissioni di CO₂.

COMBUSTIBILE	CONSUMO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE	
	[kWh]	[kgCO ₂ /kWh]	[kgCO ₂]
Gas naturale	51.763	0,202	10.456
Energia elettrica	4.901	0,467	2.289

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



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

Tabella 5.13 - Fattori di conversione in energia primaria dei vettori energetici

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

La valutazione degli indicatori di performance è stata effettuata parametrizzando i consumi reali di Baseline di cui al Capitolo 5, in funzione dei fattori riportati nella Tabella 5.14.

Tabella 5.14 – Fattori di riparametrizzazione

	PARAMETRO	VALORE	U.M.
FATTORE 1	Superficie netta riscaldata	371	m ²
FATTORE 1	Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	551	m ²
FATTORE 1	Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate)	2.284	m ³

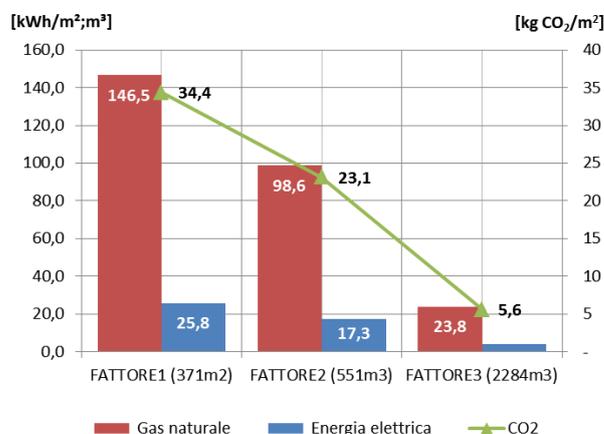
Nella Tabella 5.15 e Tabella 5.16 sono riportati gli indicatori di performance valutati coerentemente con quanto riportato nella sezione 2.5 dell’Allegato J – Schede di audit.

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

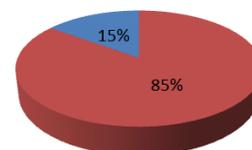
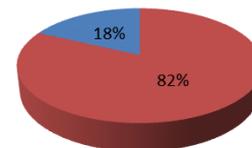
VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA TOTALE	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA TOTALE	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA TOTALE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3	FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3
	[kWh/anno]		[kWh/anno]	[kWh/m ²]	[kWh/m ²]	[kWh/m ³]	[Kg CO ₂ /m ²]	[Kg CO ₂ /m ²]	[Kg CO ₂ /m ³]
Gas naturale	51.763	1,05	54.352	146,5	98,6	23,8	28,18	18,98	4,58
Energia elettrica	4.901	2,42	11.860	32,0	21,5	4,2	6,17	4,15	1
TOTALE			66.212	178	120	28	34	23	6

Tabella 5.16 – Indicatori di performance calcolati con riferimento all’energia primaria non rinnovabile

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA NON RINN.	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA NON RINN.	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3	FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3
	[kWh/anno]		[kWh/anno]	[kWh/m ²]	[kWh/m ²]	[kWh/m ³]	[Kg CO ₂ /m ²]	[Kg CO ₂ /m ²]	[Kg CO ₂ /m ³]
Gas naturale	51.763	1,05	54.352	146,5	98,6	23,8	28,18	18,98	4,58
Energia elettrica	4.901	1,95	9.557	25,8	17,3	5,2	6,17	4,15	1
TOTALE			63.908	172	116	29	34	23	6

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

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

Ripartizione % energia primaria


 Ripartizione % emissioni CO₂


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

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

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

La formula definita è sotto riportata:

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

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

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

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

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

Tabella 5.17 – Indicatori di performance energetici

COMBUSTIBILE	IEN _R			IEN _E		
	Wh/(m³ GG anno)			Wh/(m³ anno)		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Gas Naturale	17,7	15,6	16,3	0	0	0
Energia elettrica	0	0	0	10,0	8,9	10,5

E' stato quindi possibile effettuare un raffronto con le classi di merito riportate nelle suddette Linee Guida ENEA - FIRE, ottenendo relativamente ad IEN_R una valutazione di "buono" per 2014-2016, mentre l'indicatore IEN_E invece rimane "insufficiente" per tutto il triennio considerato.

Per la sintesi ed il confronto di tutti gli indicatori di performance energetici ed ambientali degli edifici del Lotto 1, si rimanda all'**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** allegato alla presente diagnosi energetica.

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.

Considerando il fatto che esiste un unico PDR e che la centrale termica è unica per l'edificio E1600 e per l'edificio E1602 oggetto di diagnosi energetica, è stato costruito un unico modello per entrambi gli edifici, considerando i due edifici come zone termiche a sé con in comune solo l'impianto di climatizzazione invernale. Grazie alle maschere di output del software di simulazione utilizzato è stato possibile individuare per entrambe le zone termiche i fabbisogni energetici, gli indicatori di prestazione energetica e tutte le informazioni necessarie ai fini del presente documento.

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 UNI-TS 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	195,62	189,39
Climatizzazione invernale	EP _h	kWh/mq anno	167,34	166,60
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	0,08	0,07
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	0	0
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	0	0
Illuminazione artificiale	EP _l	kWh/mq anno	28,20	22,72
Trasporto di persone e cose	EP _t	kWh/mq anno	0	0
Emissioni equivalenti di CO ₂	CO _{2eq}	Kg/mq anno	39	39

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

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
	[m ³ /anno] – [kWh]	[kWh/anno]
Gas Naturale	6.126	57.715
Energia Elettrica	5.054	9.855

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

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

Dove:

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

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

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

FABBISOGNO	Corrispondenza UNI TS 11300 [kWhel]
Energia ausiliaria complessiva assorbita dal sottosistema di generazione per la produzione di ACS	$E_{W, aux, gn}$
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)	$E_T + E_{altro}^{(1)}$
Perdite al trasformatore	$E_{trasf}^{(*)}$
Energia elettrica esportata dall'impianto a fonti rinnovabili	$E_{exp, el}$

Nota (1) Tale contributo non è definito all'interno delle norme UNITS 11300 pertanto è stato valutato dall'Auditor ipotizzando un profilo di consumi annuali di utilizzo delle attrezzature della cucina.

6.1.1 Validazione del modello termico

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

Si è quindi provveduto alla simulazione dei parametri reali di utilizzo dell’edificio considerando il reale funzionamento degli edifici serviti dalla medesima centrale termica, ognuno con il proprio orario di accensione e spegnimento degli impianti ed inserendo nel modello tutti i dati tecnici rilevati in sede di sopralluogo.

Nella Tabella 6.4 sono riportati gli indicatori di performance energetica ricavati dalla modellazione dell’edificio in modalità “Adattata all’utenza”. Come è possibile notare vi è una correlazione tra gli EPgl riferiti all’energia primaria totale ed all’energia primaria non rinnovabile ed i valori riportati in Tabella 5.15 e Tabella 5.16.

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 _{gl}	kWh/mq anno	171,18	165,05
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	142,89	142,26
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	0,08	0,07
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	0	0
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	0	0
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	28,20	22,72
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	0	0
Emissioni equivalenti di CO ₂	CO _{2eq}	Kg/mq anno	34	34

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

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
	[mc/anno] – [kWh]	[kWh/anno]
Gas Naturale	5.227	49.463
Energia Elettrica	4.970	9.685

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]	[%]
49.463	51.763	5%

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 0 ed il fabbisogno teorico ($EE_{teorico}$) derivante dalla modellazione energetica, realizzata con il software di simulazione Edilclima EC700 e aggiungendo la quota di FEM calcolata secondo quanto indicato negli appositi file dell'Allegato B, inserendo i dati del censimento di attrezzature elettriche ed ipotizzando un fattori di carico ed un profilo di funzionamento annuale.

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

$EE_{teorico}$	$EE_{baseline}$	Congruità
[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
4.970	4.901	1%

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

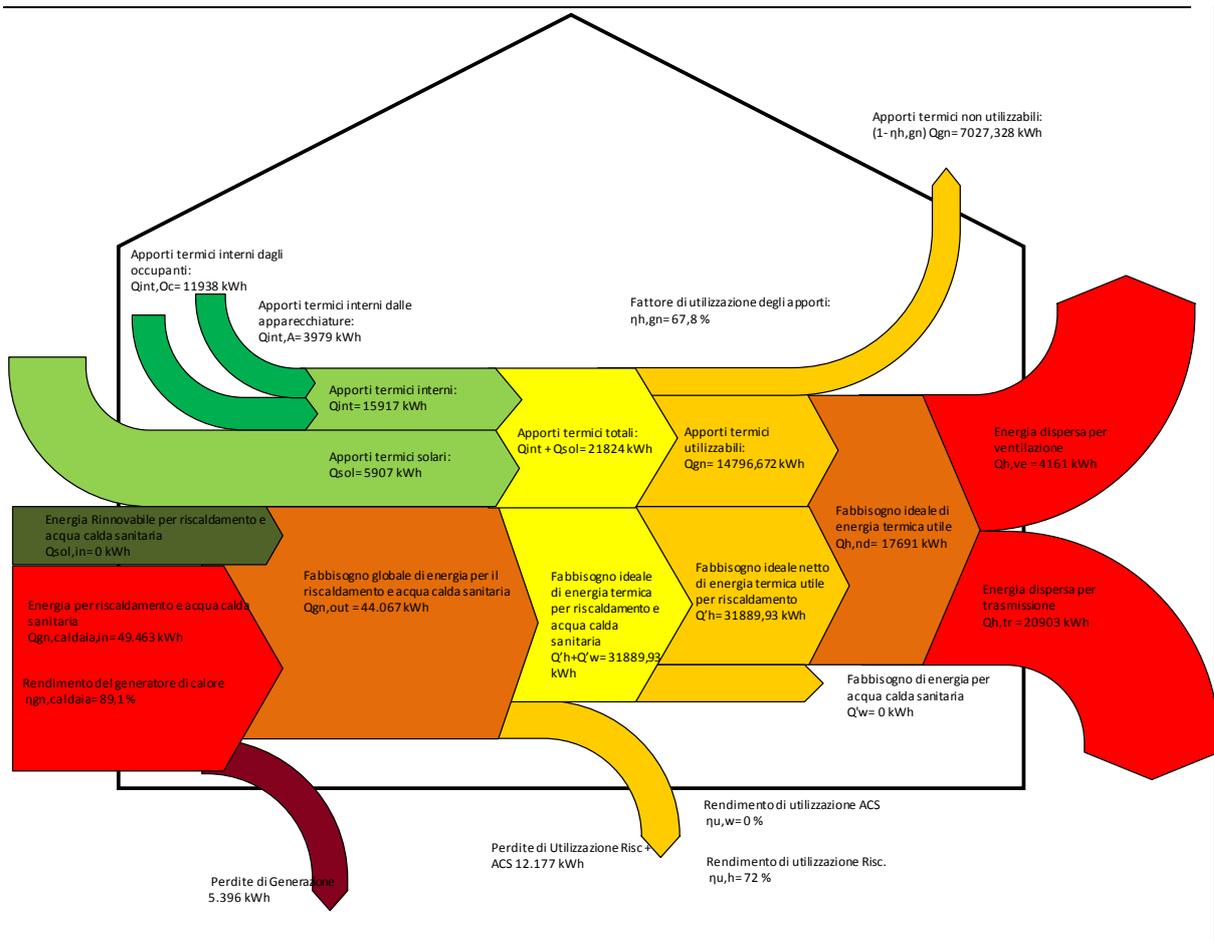
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

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

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

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

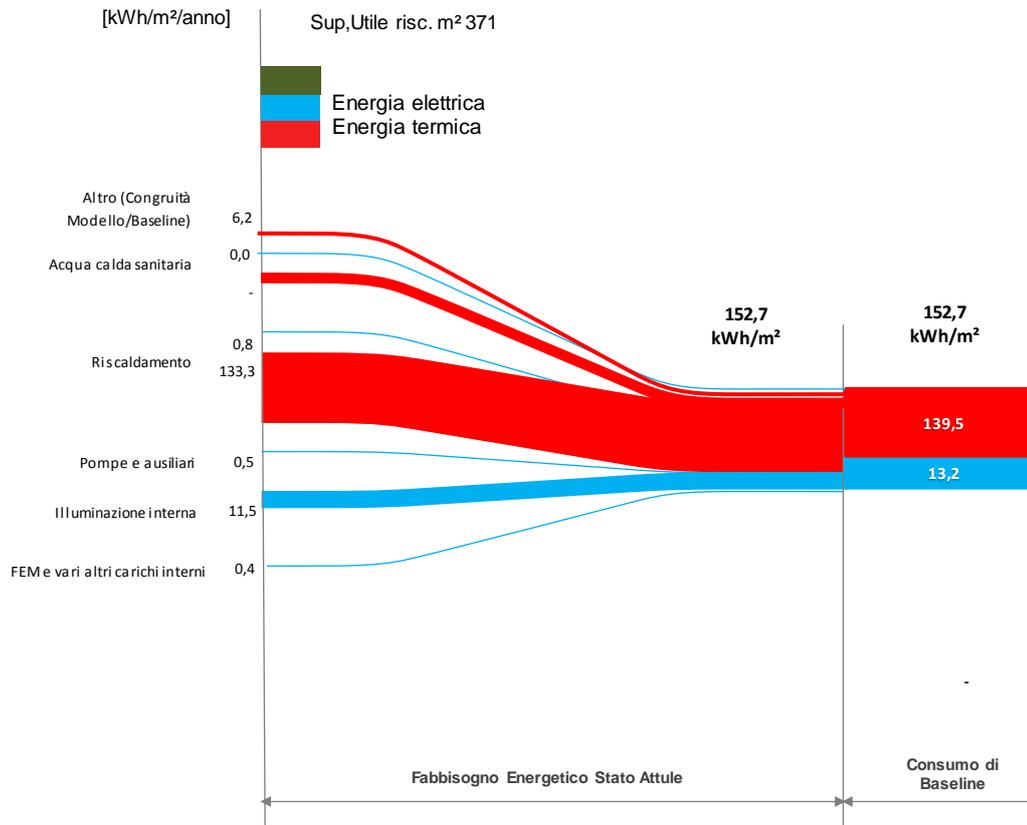
Figura 6.1 – Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio allo stato attuale



Dall'analisi del diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio è possibile notare che la maggior parte di energia termica è dispersa per trasmissione e non si ha il contributo di energia rinnovabile in ingresso all'edificio.

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

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



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

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

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

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

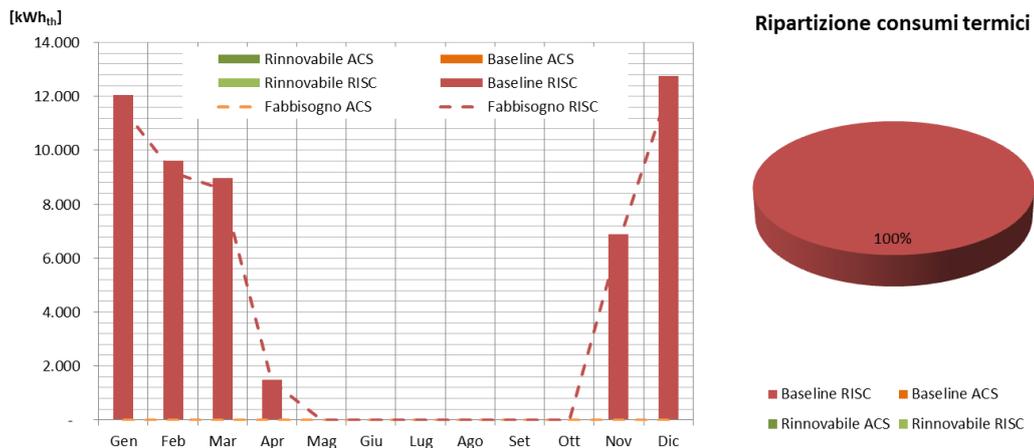
Dall’analisi del diagramma di Sankey relativo al bilancio energetico complessivo dell’edificio è possibile notare che non si ha un contributo di energia rinnovabile e che il consumo maggiore di energia termica è a carico del servizio di riscaldamento, mentre la maggioranza del consumo elettrico è a carico dell’illuminazione dell’edificio.

6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI

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

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

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



Si può notare come la maggior parte dei consumi termici sia da attribuirsi al servizio di riscaldamento invernale degli ambienti, pertanto gli interventi migliorativi proposti, andranno ad interessare principalmente tali componenti.

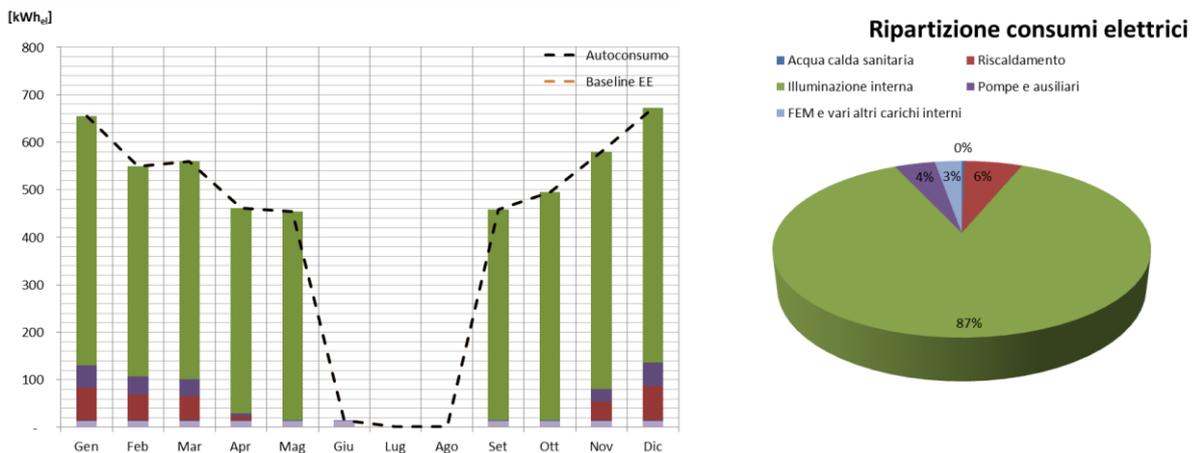
Inoltre è possibile individuare che non sono presenti contributi di energia rinnovabile sia per riscaldamento che per ACS.

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

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

I risultati di tale valutazione sono riportati nella Figura 6.4.

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



Si può notare come la maggior parte dei consumi sia da attribuirsi al sistema di illuminazione interna, seguito da riscaldamento e da pompe ed ausiliari. Pertanto si andranno a proporre interventi di efficientamento che riguardano prevalentemente la componente illuminazione ed impianto di riscaldamento invernale. Relativamente alla determinazione degli ulteriori carichi interni e FEM si faccia riferimento agli appositi file predisposti per l’Allegato B, con l’indicazione dei fattori di carico e dei profili di funzionamento ipotizzati.

7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTERVENTO

7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI

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

7.1.1 Vettore termico

La fornitura del vettore termico avviene tramite un unico contatore, il PDR 03270015721869, che prevede un contratto di fornitura del solo vettore energetico ad uso riscaldamento, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. E' stato possibile effettuare un'analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura del biennio 2015-2016. Per il 2014 i costi sono stati calcolati con i dati reperiti per ogni trimestre su ARERA. Si ricorda che il PDR in oggetto è a servizio della centrale termica di due edifici, l'edificio E1600 e l'edificio E1602.

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

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

PDR: 03270029215967	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura			
Dati di intestazione fattura	-	Comune di Genova	Comune di Genova
Società di fornitura	-	1- IREN MERCATO SPA 2- ENI	1- ENI 2- ENERGETIC SPA
Inizio periodo fornitura	-	1- ND 2- 01/04/2015	1- 01/04/2015 2- 01/04/2016
Fine periodo fornitura	-	1- 01/04/2015 2- ND	1- 31/03/2016 2- ND
Classe del contatore	-	1- Tradizionale classe G025 2- Tradizionale classe G025	1- Tradizionale classe G02 2- Misuratore gas senza correttore
Tipologia di contratto	-	1- ND 2- Prodotto Consip 7 Gas – Utenze con attività di servizio pubblico	1- Prodotto Consip 7 Gas – Utenze con attività di servizio pubblico 2- Prodotto per la gara CONSIP 8 Indiretti - Punto di riconsegna per usi diversi
Opzione tariffaria ⁽¹⁾	-	1- ND 2- ND	1- ND 2- ND
Valore del coefficiente correttivo dei consumi	-	1- 1,023 2- 1,023	1- 1,023 2- 1
Potere calorifico inferiore convenzionale del combustibile	-	-	-
Prezzi di fornitura del combustibile ⁽²⁾ (IVA ESCLUSA)	0,36 €/smc	0,39 €/smc	0,23 €/smc

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

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

I dati fatturazione riportati nelle seguenti tabelle sono quelli frutto di una ricostruzione, considerando le letture da conguaglio e utilizzando i dati costo unitario reale da fattura relativi al mese di riferimento.

Dalle informazioni riportate nella tabella si può desumere che non si rivela una sostanziale differenza dai consumi di gas metano riportati nel file kyotoBaseline-E1600.

Nelle Tabella 7.2 si riportano l'andamento del costo del vettore termico nel biennio di riferimento fornito, suddiviso nelle varie componenti. Per il solo anno 2014 le spese sono state ricostruite con il costo unitario del gas metano reperito sul sito ARERA.

Tabella 7.2 – Andamento del costo del vettore termico nel triennio di riferimento per il PDR 03270015721869.

PDR: 03270015721869.	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gennaio	1.229	27	466	700	533	2.955	31.113	0,095
Febbraio	1.220	27	463	694	529	2.933	30.881	0,095
Marzo	920	20	349	524	399	2.211	23.285	0,095
Aprile	259	6	108	160	117	649	7.106	0,091
Maggio	-	-	-	-	-	-	-	-
Giugno	-	-	-	-	-	-	-	-
Luglio	-	-	-	-	-	-	-	-
Agosto	-	-	-	-	-	-	-	-
Settembre	-	-	-	-	-	-	-	-
Ottobre	-	-	-	-	-	-	-	-
Novembre	734	16	269	465	326	1.811	20.703	0,087
Dicembre	860	19	315	546	383	2.122	24.265	0,087
Totale	5.222	115	1.968	3.088	2.287	12.681	137.353	0,092
PDR: 03270015721869.	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gennaio	1.229	27	466	700	533	2.955	23.060	0,128
Febbraio	1.220	27	463	694	529	2.933	25.493	0,115
Marzo	920	20	349	524	399	2.211	18.480	0,120
Aprile	259	6	108	160	117	649	8.803	0,074
Maggio	-	-	-	-	-	-	9	-
Giugno	-	-	-	-	-	-	9	-
Luglio	-	-	-	-	-	-	9	-
Agosto	-	-	-	-	-	-	9	-
Settembre	-	-	-	-	-	-	2.421	-
Ottobre	-	-	-	-	-	-	5.002	-
Novembre	734	16	269	465	326	1.811	10.522	0,172
Dicembre	860	19	315	546	383	2.122	29.890	0,071
Totale	5.222	115	1.968	3.088	2.287	12.681	123.707	0,103
PDR: 03270015721869.	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gennaio	1.073	24	351	517	433	2.399	24.586	0,098
Febbraio	1.186	27	370	572	474	2.630	21.779	0,121
Marzo	860	19	269	415	344	1.907	17.041	0,112
Aprile	271	72	88	202	139	773	6.048	0,128
Maggio	-	24	-	-	5	29	-	-

Giugno	-	24	-	-	5	29	-	-
Luglio	-	24	-	-	5	29	-	-
Agosto	-	24	-	-	5	29	-	-
Settembre	-	24	-	-	5	29	19	1,547
Ottobre	-	24	-	-	5	29	179	0,163
Novembre	562	48	165	433	266	1.474	25.980	0,057
Dicembre	1.234	24	413	948	576	3.195	26.706	0,120
Totale	5.186	357	1.657	3.087	2.263	12.551	122.338	0,103

Tabella 7.3 –Ripartizione dei costi consumi di Gas Metano – rif. 2016

EDIFICIO	PERCENTUALE [%]	SPESA DI GAS METANO [€]
E1600	37%	4.644
E1602	63%	7.907
Totale	100%	12.551

Nel grafico in Figura 7.1 è riportato l'andamento del costo unitario del vettore termico nel triennio di riferimento. Il grafico riporta alcuni picchi nel suo andamento, dovuti a periodi di fatturazione in cui sono pressochè assenti i consumi di metano, pertanto si ottiene un consumo in materia energia molto basso, mentre sono preponderanti le quote fisse della bolletta di fatturazione, cosa successa ad esempio a settembre 2016..

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

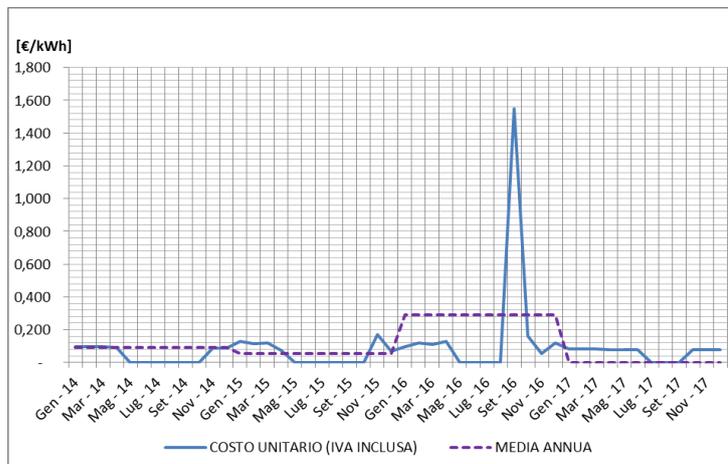
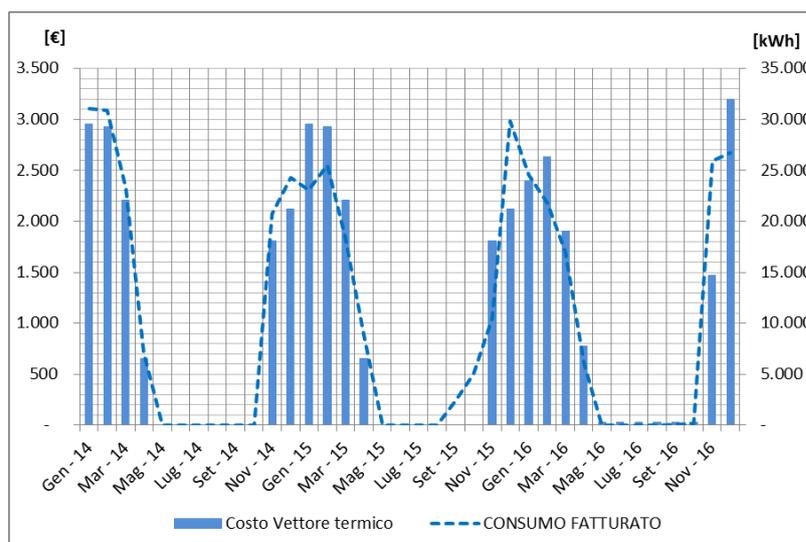


Figura 7.2 – Andamento dei consumi e dei costi dell'energia termica



7.1.2 Vettore elettrico

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

- POD 1 – IT001E00097883: contratto di fornitura del vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. E' stato quindi possibile effettuare un'analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura.

Nella Tabella 7.4 si riportano le principali caratteristiche del contratto di fornitura del vettore termico per gli anni di riferimento.

Tabella 7.4 – Caratteristiche dei contratti di fornitura del vettore elettrico per il triennio di riferimento

POD: IT001E00012345	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura			
Dati di intestazione fattura	Comune di Genova	Comune di Genova	Comune di Genova
Società di fornitura	EDISON ENERGIA SPA	1- EDISON ENERGIA SPA 2- GALA SPA	1- GALA SPA 2- IREN MERCATO SPA
Inizio periodo fornitura	Precedente	CONTRATTO GALA DA APRILE 2015	CONTRATTO IREN MERCATO DA APRILE 2016
Fine periodo fornitura	-	CHIUSURA CONTRATTO CON EDISON ENERGIA DA MARZO 2015	CHIUSURA CONTRATTO CON GALA SPA DA MARZO 2016
Potenza elettrica impegnata	20 kW	20 kW	20 kW
Potenza elettrica disponibile	20 kW	20 kW	20 kW
Tipologia di contratto	Forniture in BT (Escluso IP)	1 -Forniture in BT (Escluso IP) - 2 - CONSIP EE12 Lotto 2	1 - Forniture in BT (Escluso IP) – 2- CONSIP EE12 Lotto 2 - CONSIP13 VERDE - L0390
Prezzi del fornitura dell'energia elettrica ⁽¹⁾	0,06 €/kWh	0,05 €/kWh	0,05 €/kWh

Nota (1): con prezzo di fornitura s'intende soltanto la quota variabile del servizio di acquisto e vendita, sono escluse le imposte, i corrispettivi per il dispacciamento e lo sbilanciamento, per l'uso della rete, e il servizio di misura e ogni altra voce.

Nella Tabella 7.5 si riporta l'andamento del costo del vettore elettrico nel triennio di riferimento, suddiviso nelle varie componenti, per quanto è stato possibile ricostruire dalla fatturazione. Nel

periodo 2015-2016 sono stati fatturati i consumi elettrici in modo anomalo dalla società distributrice e pertanto sono stati poi inserite delle fatture di conguaglio per i periodi di interesse.

Tabella 7.5 – Andamento del costo del vettore elettrico nel triennio di rierimento

POD: IT001E00097884	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO
	FISSA	PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					(IVA INCLUSA)
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 14	29,80	45,57	36,36	5,23	25,73	142,69	418	0,341
Feb - 14	29,94	45,57	36,92	5,23	25,89	143,55	418	0,343
Mar - 14	29,83	45,57	36,91	5,23	25,86	143,40	418	0,343
Apr - 14	29,53	45,57	39,80	5,23	26,43	146,56	418	0,351
Mag - 14	29,65	45,57	39,67	5,23	26,43	146,55	418	0,351
Giu - 14	29,48	45,57	39,67	5,23	26,39	146,34	418	0,350
Lug - 14					-	145,95	417	0,350
Ago - 14	29,58	45,67	39,39	5,23	26,37	146,24	418	0,350
Set - 14	29,38	45,67	39,38	5,23	26,33	145,99	418	0,349
Ott - 14	29,39	45,89	39,52	5,21	26,40	146,41	417	0,351
Nov - 14	28,82	45,89	39,62	5,23	26,30	145,86	418	0,349
Dic - 14	27,89	45,89	39,62	5,23	26,10	144,73	418	0,346
Totale	323,29	502,43	426,86	57,51	288,22	1.744,26	5.014	0,348
POD: IT001E00097884	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					(IVA INCLUSA)
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 15	27,12	45,75	37,47	5,23	25,43	141,00	418	0,337
Feb - 15	25,85	45,75	37,53	5,23	25,16	139,52	418	0,334
Mar - 15	24,63	45,75	37,54	5,23	24,89	138,04	336	0,411
Apr - 15	16,40	29,87	31,15	4,34	17,99	99,75	347	0,287
Mag - 15	16,19	29,87	32,24	4,49	18,21	101,00	359	0,281
Giu - 15	15,19	29,87	31,27	4,35	17,75	98,43	348	0,283
Lug - 15	14,86	30,23	32,27	4,48	18,00	99,84	358	0,279
Ago - 15	14,35	30,23	32,51	4,50	17,95	99,54	360	0,276
Set - 15	13,17	30,23	31,33	4,34	17,40	96,47	347	0,278
Ott - 15	13,27	30,66	32,85	4,48	17,88	99,14	358	0,277
Nov - 15	12,98	30,66	32,02	4,36	17,60	97,62	349	0,280
Dic - 15	23,64	30,66	32,83	4,48	20,15	111,76	358	0,312
Totale	218	410	401	56	238	1.322,11	4.356	0,304
POD: IT001E00097884	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					(IVA INCLUSA)
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]

Gen – 16	20,06	29,46	31,76	4,49	18,87	104,64	359	0,291
Feb – 16	14,43	29,46	29,80	4,21	17,14	95,04	337	0,282
Mar – 16	14,35	29,46	31,65	4,48	17,59	97,53	358	0,272
Apr – 16	12,56	64,66	32,36	4,34	25,06	138,98	347	0,401
Mag – 16	14,31	64,66	33,59	4,50	25,75	142,81	360	0,397
Giu – 16	14,81	64,66	32,39	4,34	25,56	141,76	347	0,409
Lug – 16	18,01	64,66	35,21	4,49	26,92	149,29	359	0,416
Ago – 16	15,21	64,66	35,21	4,49	26,31	145,88	359	0,406
Set – 16	16,38	64,66	34,03	4,34	26,27	145,68	347	0,420
Ott – 16	23,38	64,66	37,27	4,49	28,56	158,36	359	0,441
Nov – 16	27,04	64,66	33,23	4,98	28,58	158,49	398	0,398
Dic – 16	31,53	64,66	44,05	5,89	32,15	178,28	471	0,379
Totale	222,07	670,32	410,55	55,04	298,76	1.656,74	4.401	0,376

Nel grafico in Figura 7.3 è riportato l'andamento del costo unitario del vettore elettrico nel triennio di riferimento. Il costo unitario ha oscillazioni importanti attorno al valore della media annua per tutto il periodo considerato, probabilmente dovuto a fatture di conguaglio.

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

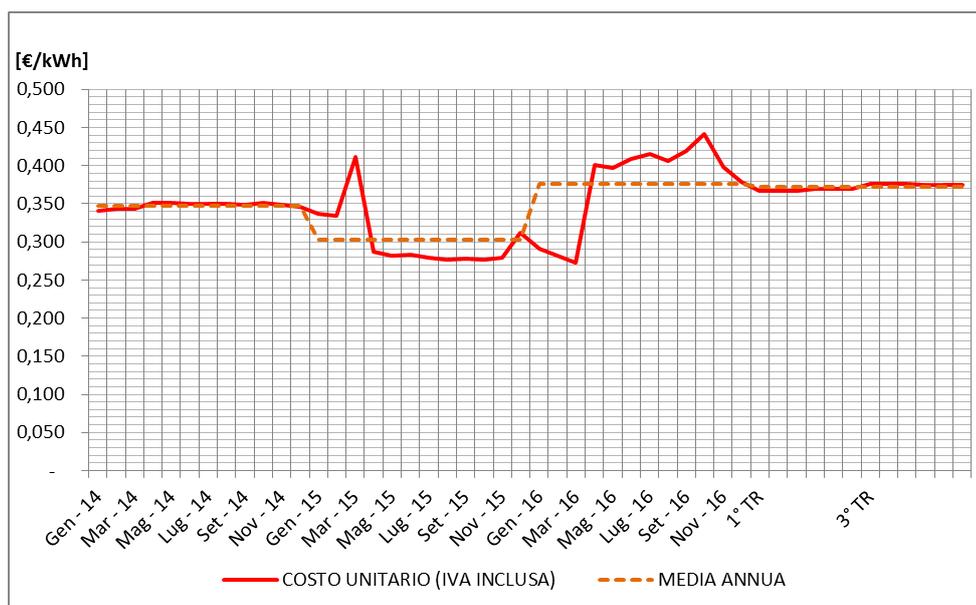
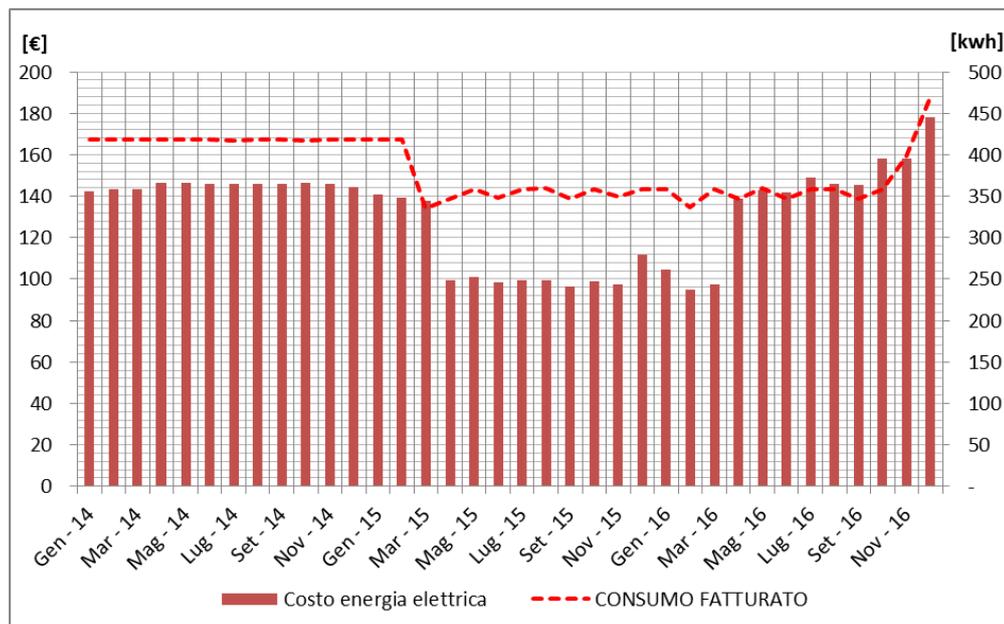


Figura 7.4 – Andamento dei consumi e dei costi dell'energia elettrica



7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI

Nella Tabella 7.6 sono sintetizzati i costi ed i consumi energetici precedentemente analizzati. I costi unitari sono IVA compresa.

Per il gas metano si hanno a disposizione dati di fatturazione, pertanto si considerano i costi unitari rintracciati dalle fatture del 2015 e del 2016 relativi al 37% della spesa totale, percentuale corrispondente alla porzione di consumo di competenza dell'edificio E1600.

Tabella 7.6 – Sintesi dei consumi nel triennio di riferimento

ANNO	VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			TOTALE
	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[€]
2014	50821	€ 4.643,99	€ 0,09	5014	€ 1.744,26	0,35	€ 6.388,25
2015	46902	€ 4.643,99	€ 0,10	4438	€ 1.438,13	0,32	€ 6.082,12
2016	45265	€ 2.965,40	€ 0,07	5251	€ 2.298,29	0,44	€ 5.263,69
Media	47662	€ 4.084,46	€ 0,09	4901	€ 1.826,89	0,37	€ 5.911,35

Ai fini del calcolo della Baseline dei costi si sono pertanto assunti i valori di riportati nella Tabella 7.7.

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo unitario dell'energia termica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	Cu _Q	0,080 [€/kWh]
Costo unitario dell'energia elettrica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	Cu _{EE}	0,392 [€/kWh]

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

7.3 COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI

Il contratto di conduzione e manutenzione dell'impianto termico definisce per l'edificio oggetto della DE un canone annuale relativo alla conduzione e gestione dell'impianto termico, comprensiva della manutenzione ordinaria, preventiva, programmata e straordinaria, relativa ai seguenti impianti:

- L1-042-220: servizio di conduzione e manutenzione caldaia con potenza >35 kW

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

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

Tali servizi prevedono il pagamento di un canone annuale da parte della PA pari a 1.993,89 €+IVA, è stato stimato che a carico dell'edificio E1600 è solo il 37% dell'importo totale del costo di O&M.

Nel caso di impianti non oggetto di fornitura di energia, il costo della manutenzione C_M è pari al valore contrattuale della conduzione e manutenzione (C_{SIE3}) come fornito all'interno del file kyotoBaseline-E1600. In questo caso i costi della manutenzione sono ripartiti in una quota ordinaria (C_{MO}) e in una quota straordinaria (C_{MS}) come segue:

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

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

Ai fini del calcolo della Baseline dei costi si sono pertanto assunti i valori di riportati nella Tabella 7.8.

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo per la gestione e manutenzione ordinaria	Corrispettivo annuale relativo al contratto O&M in essere	C_{MO}	810 [€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Media relativa a gli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici	C_{MS}	90 [€/anno]

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

7.4 BASELINE DEI COSTI

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

La Baseline dei Costi è quindi definita come la somma della componente di costo di riferimento per la fornitura dei vettori energetici pre-intervento e la componente di costo di riferimento per la gestione e manutenzione ordinaria e straordinaria pre-intervento. In questo caso la spesa relativa alla componente gas metano è inserita all'interno della componente O&M.

Per la componente energetica vale la seguente formula:

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

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

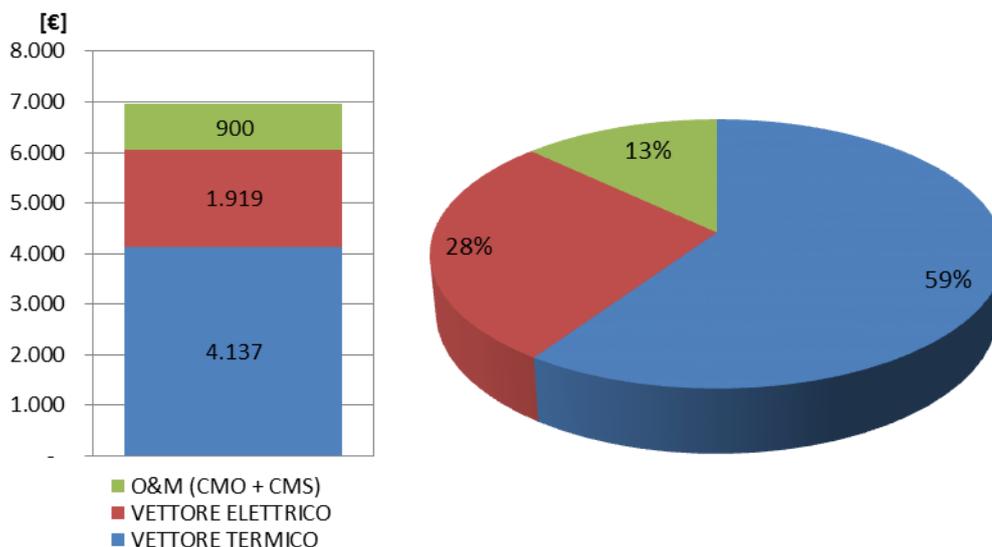
$$C_{baseline} = C_E + C_{MO} + C_{MS}$$

Ne risulta quindi un C_E pari a € 6.055 e un $C_{baseline}$ pari a € 6.955

Tabella 7.9 – Valori di costo individuati per il calcolo della Baseline

VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)			TOTALE
$Q_{baseline}$	C_{uQ}	C_Q	$EE_{baseline}$	C_{uEE}	C_{EE}	C_M	C_{MO}	C_{MS}	$CQ+CEE+CM$
[kWh]	[€/kWh]	[€]	[kWh]	[€/kWh]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
51.763	0,080	4.137	4.901	0,392	1.919	900	810	90	6.955

Figura 7.5 – Baseline dei costi e loro ripartizione



8 IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA

8.1 DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI

8.1.1 Involucro edilizio

EEM1: Coibentazione interna solai

Generalità

La misura prevede la coibentazione dei solai di copertura disperdenti verso l'esterno al fine di ridurre le dispersioni termiche attraverso il componente opaco ed aumentare il comfort termico all'interno dei locali sottostanti.

Questo intervento comporta una notevole diminuzione dei consumi energetici a carico dell'impianto di riscaldamento invernale e conseguentemente una riduzione delle emissioni di CO² in ambiente.

Figura 8.1 – Copertura dell'edificio non accessibile



Caratteristiche funzionali e tecniche

Si è scelto di proporre di eseguire l'operazione di coibentazione con fibra di legno, materiale leggero, naturale e traspirante, per garantire non solo il comfort termico, ma anche la salubrità degli ambienti interni.

In questa fase abbiamo considerato, nella riproduzione su modello termico dell'intervento, il sistema isolante che consenta il raggiungimento delle trasmittanze limite per l'accesso al Conto Termico (per la zona termica D – 0,22 W/mqK).

L'installazione di uno strato coibentato in corrispondenza dei solai verso esterno può essere realizzata in aderenza con quello esistente.

Per il corretto funzionamento dell'isolamento termico i pannelli devono essere integri e devono essere posati con i giunti ben accostati.

Occorre che l'utente sia informato del fatto che, qualora si voglia successivamente all'intervento sospendere qualcosa al soffitto (lampade ecc...), occorre utilizzare opportuni sistemi di fissaggio .

Descrizione dei lavori

Il materiale isolante al momento della posa deve essere asciutto. Nel caso vi sia presenza di umidità occorre verificare l'asciugatura del supporto prima di procedere alla posa.

Il lavoro deve essere svolto da personale tecnico specializzato che provveda alla raccolta di documentazione tecnica relativa al corretto impiego del materiale isolante attraverso la documentazione tecnica del produttore (es. etichetta marcatura CE, attestato di conformità).

Le verifiche importanti da svolgere sono visive durante la realizzazione dei lavori. Devono essere assicurati attraverso indagine visiva il corretto accostamento dei pannelli.

Dal punto di vista strumentale, a lavori conclusi e in un periodo di condizionamento un'eventuale indagine termografica dall'interno può verificare la presenza e uniformità del materiale isolante e un'indagine di misura in opera della conduttanza può verificare il buon grado di isolamento della struttura.

Successivamente all'installazione non sono richiesti particolari interventi di manutenzione.

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM1 sono riportati nella Tabella 8.1 e nella **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**

Nonostante l'efficacia dell'intervento non è stato possibile ottenere un cambiamento di classe rispetto allo stato di fatto.

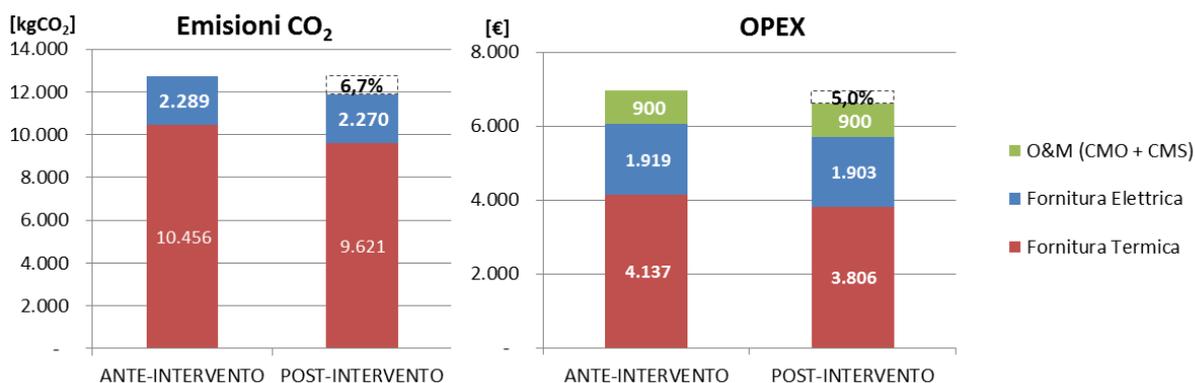
Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM1 – Coibentazione solai

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Trasmittanza media solai disperdenti	[W/mqK]	1,5	0,22	85,3%
Q _{teorico}	[kWh]	49.463	45.512	8,0%
EE _{teorico}	[kWh]	4.970	4.929	0,8%
Q _{baseline}	[kWh]	51.763	47.629	8,0%
EE _{Baseline}	[kWh]	4.901	4.861	0,8%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	10.456	9.621	8,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	2.289	2.270	0,8%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	12.745	11.891	6,7%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	4.137	3.806	8,0%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	1.919	1.903	0,8%
Fornitura Energia, C_E	[€]	6.055	5.709	5,7%
C _{MO}	[€]	810	810	0,0%
C _{MS}	[€]	90	90	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	900	900	0,0%
OPEX	[€]	6.955	6.609	5,0%
Classe energetica	[-]	G	G	-

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,080 [€/kWh] per il vettore termico e 0,392 [€/kWh] per il vettore elettrico

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



EEM2: Coibentazione interna murature verticali

Generalità

La misura prevede la coibentazione del lato interno delle murature verticali disperdenti verso l'esterno al fine di ridurre le dispersioni termiche attraverso il componente opaco ed aumentare il comfort termico all'interno dei locali.

Nell'edificio in esame, la struttura edilizia principale è costituita da muratura portante di spessore variabile da 1.040 cm a 44 cm.

Questo intervento comporta una notevole diminuzione dei consumi energetici a carico dell'impianto di riscaldamento invernale e conseguentemente una riduzione delle emissioni di CO² in ambiente.

Caratteristiche funzionali e tecniche

Dal punto di vista tecnologico, l'intervento prevede, l'installazione di un cappotto interno rispetto alle pareti verticali dell'edificio con l'applicazione di uno strato isolante e di una lastra in cartongesso intonacata, come finitura interna.

Si è scelto di proporre di eseguire l'operazione di coibentazione interna con fibra di vetro, di adeguato spessore, tale da consentire il raggiungimento delle trasmittanze limite per l'accesso al Conto Termico (per la zona termica D – 0,26 W/mqK).

Descrizione dei lavori

Si consiglia di fare eseguire l'intervento solo da personale specializzato e ditte certificate e che forniscono garanzia di risultato.

E' indispensabile per tutti gli interventi dall'interno porre particolare attenzione alle verifiche termometriche e soprattutto alla condensa interstiziale.

La parete perimetrale infatti rimane fredda e quindi il rischio di condense negli strati freddi potrebbe aumentare, è indispensabile quindi verificare le condizioni termometriche e il flusso di vapore che attraversa la parete se è smaltito. Si consiglia comunque una barriera al vapore verso l'interno sulla faccia calda dell'isolante o sulle lastre di rivestimento.

E' fondamentale la corretta stuccatura dei giunti sulle lastre esterne per evitare possibili crepe o segnature nei punti di giunzione dei pannelli.

Successivamente all'installazione non sono richiesti particolari interventi di manutenzione.

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM2 sono riportati nella Tabella 8.2 e nella Figura 8.3.

Nonostante l'efficacia dell'intervento è stato possibile ottenere solo un cambiamento di classe rispetto allo stato di fatto, dalla classe G alla classe F.

Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM2 – Coibentazione interna murature verticali

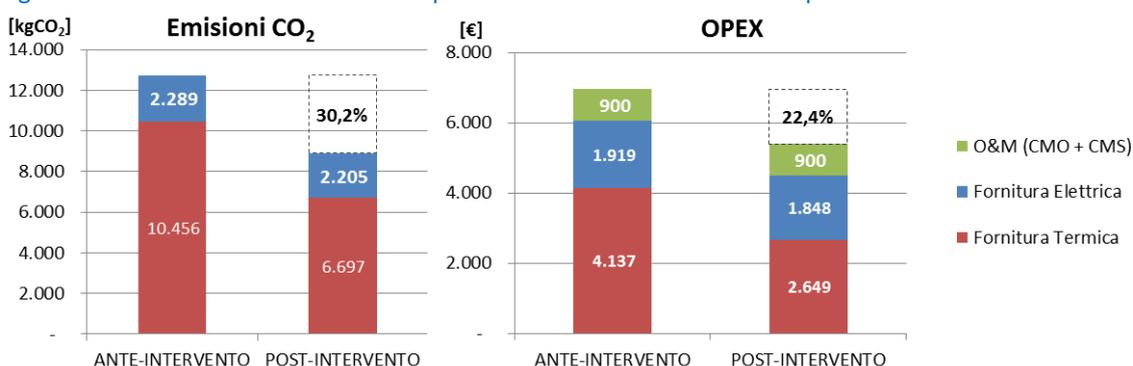
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Trasmittanza termica media muri verticali	[W/mqK]	1,369	0,407	70,3%
Q _{teorico}	[kWh]	49.463	31.680	36,0%
EE _{teorico}	[kWh]	4.970	4.788	3,7%
Q _{baseline}	[kWh]	51.763	33.153	36,0%
EE _{Baseline}	[kWh]	4.901	4.722	3,7%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	10.456	6.697	36,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	2.289	2.205	3,7%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	12.745	8.902	30,2%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	4.137	2.649	36,0%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	1.919	1.848	3,7%

Fornitura Energia, C _e	[€]	6.055	4.498	25,7%
C _{MO}	[€]	810	810	0,0%
C _{MS}	[€]	90	90	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	900	900	0,0%
OPEX	[€]	6.955	5.398	22,4%
Classe energetica	[-]	G	F	+1 CLASSE

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,080 [€/kWh] per il vettore termico e 0,392 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 8.3 – EEM2: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



EEM3: Sostituzione infissi ed installazione valvole termostatiche

Generalità

La misura prevede la sostituzione del telaio e della parte vetrata degli infissi. Questo intervento ha l'obiettivo di ottimizzare le prestazioni termiche dell'edificio, diminuendo le dispersioni termiche attraverso il componente, migliorare le condizioni di comfort interno e contenere i consumi energetici e le emissioni di CO₂ in ambiente.

I serramenti presenti sono di varia tipologia ed età. La maggior parte sono dotati di telaio in legno e vetro singolo, ma ci sono anche infissi più recenti con telaio in pvc o alluminio con vetrocamera o, addirittura, doppi infissi.

Contestualmente alla sostituzione dei serramenti è stata considerata l'installazione di un sistema di regolazione dotato di valvole termostatiche e pompa ad inverter, al fine di ottimizzare l'investimento e rientrare nel campo di applicazione del Conto Termico.

Figura 8.4 – Infissi esistenti



Caratteristiche funzionali e tecniche

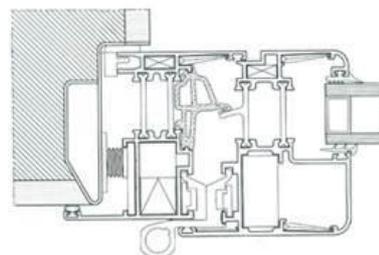
Dal punto di vista tecnologico, l'intervento prevede, la sostituzione dei componenti vetrati della struttura mediante l'installazione di vetri con telaio in legno massiccio con taglio termico e vetrocamera con gas inerte nell'intercapedine che conferisce caratteristiche basso emissive all'infisso.

In questa fase abbiamo considerato, nella riproduzione su modello termico dell'intervento, la sostituzione dei serramenti con caratteristiche tecniche tali da consentire il raggiungimento delle trasmittanze limite per l'accesso al Conto Termico

(per la zona termica D – 1,67 W/mqK). E' stato possibile rientrare nei limiti di legge anche per la sostituzione del vetrocemento.

Inoltre, come richiesto dal Conto Termico, è stato inserito un sistema di controllo delle temperature dei singoli locali mediante valvole termostatiche installate sui terminali di emissione del calore e sostituita la pompa di circolazione dedicata all'edificio E1602 (EG02) con una pompa gemellare a giri variabili.

Figura 8.5 – Particolare infisso taglio termico



Descrizione dei lavori

Si consiglia di fare eseguire l'intervento solo da personale specializzato e ditte certificate e che forniscono garanzia di risultato.

È importante verificare in sede di installazione la corretta posa degli infissi e del vetrocemento nonché la tenuta all'aria e all'acqua. Inoltre occorre verificare la migliore risoluzione del ponte termico perimetrale dell'infisso stesso in sede di progettazione. Una soluzione potrebbe essere offerta dall'installazione di un controtelaio coibentato e successivamente sigillato.

Il miglioramento offerto da questo intervento aumenta se realizzato in sinergia con gli interventi di coibentazione dell'involucro opaco. Ai fini di una migliore verifica della corretta installazione e tenuta dei nuovi serramenti è possibile realizzare un blowerdoor test sull'edificio e ulteriori indagini termografiche.

Successivamente all'installazione non sono richiesti particolari interventi di manutenzione.

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM3 sono riportati nella Tabella 8.3 e nella Figura 8.6.

Nonostante l'efficacia dell'intervento è stato possibile ottenere il cambiamento di una sola classe rispetto allo stato di fatto, dalla classe G alla classe F.

Tabella 8.3 – Risultati analisi EEM3 – Sostituzione infissi ed installazione valvole termostatiche

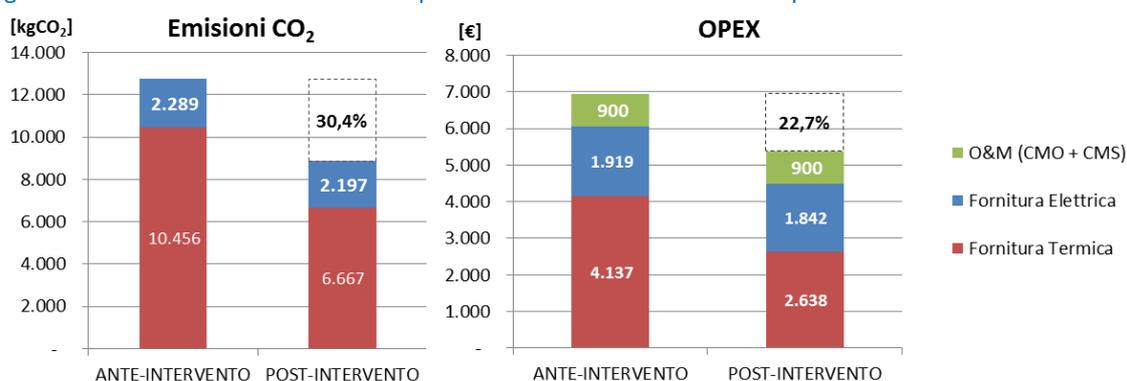
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Trasmittanza media infissi	[W/mqK]	3,668	1,621	55,8%
Rendimento di regolazione	[%]	79,4	98	-23,4%
Q _{teorico}	[kWh]	49.463	31.541	36,2%
EE _{teorico}	[kWh]	4.970	4.771	4,0%
Q _{baseline}	[kWh]	51.763	33.007	36,2%
EE _{baseline}	[kWh]	4.901	4.705	4,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	10.456	6.667	36,2%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	2.289	2.197	4,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	12.745	8.865	30,4%

Fornitura Termica, C _Q	[€]	4.137	2.638	36,2%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	1.919	1.842	4,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	6.055	4.480	26,0%
C _{MO}	[€]	810	810	0,0%
C _{MS}	[€]	90	90	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	900	900	0,0%
OPEX	[€]	6.955	5.380	22,7%
Classe energetica	[-]	G	F	+1 CLASSE

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,080 [€/kWh] per il vettore termico e 0,392 [€/kWh] per il vettore elettrico

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



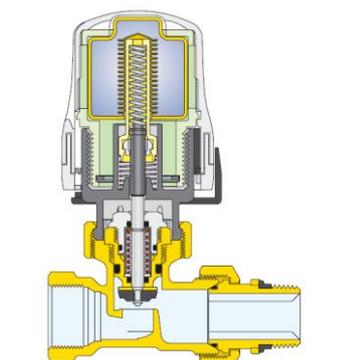
8.1.2 Impianto riscaldamento

EEM4: Installazione valvole termostatiche ed elettropompa di circolazione a giri variabili

Generalità

Le valvole termostatiche sono un semplice dispositivo capace di regolare il flusso di un fluido grazie alla loro sensibilità alle variazioni di temperatura. Negli impianti di riscaldamento vengono montate sui radiatori per regolare il flusso d'acqua in base alla temperatura richiesta dall'ambiente allo scopo di evitare sprechi e migliorare il comfort, stabilizzando la temperatura a livelli diversi nei locali a seconda delle necessità. In questo modo si evitano indesiderati incrementi di temperatura e si ottengono significativi risparmi energetici.

Figura 8.7 – Valvola termostatica



Al fine di ottimizzare la rete di distribuzione dell'impianto di riscaldamento, l'installazione delle valvole termostatiche viene integrata con l'installazione di un'elettropompa di circolazione a giri variabili. In questo modo, all'interno dell'impianto, al variare delle cadute di pressione determinate dal grado di apertura delle valvole termostatiche, fluisce una portata di acqua calda il più vicino possibile al valore di progetto.

Caratteristiche funzionali e tecniche

Nel presente intervento si prevede l'installazione di una tecnologia di gestione e controllo automatico dell'impianto termico (sistema di *building automation*). Il sistema è infatti composto da

- valvole termostatiche programmabili singolarmente su due livelli di set-point di temperatura giornalieri, con controllo PID e regolazione variabile con intervalli da 0,5°C
- centralina di controllo che gestisce le valvole ad essa connesse attraverso una comunicazione senza fili e consente la regolazione del riscaldamento nei singoli locali da un unico punto di controllo, anche attraverso una applicazione per dispositivi mobili
- relè di caldaia per l'accensione e lo spegnimento del generatore di calore in funzione della richiesta termica dell'edificio

a cui si aggiunge l'elettropompa gemellare di circolazione a giri variabili da installare in centrale termica in sostituzione di quella già presente a velocità di rotazione fissa EG02.

Con tale sistema è possibile eseguire una regolazione sufficientemente fine (regolazione per locale) anche su sistemi costituiti da un singolo circuito di distribuzione che serve zone termiche e locali con necessità di temperatura e di occupazione diverse, senza intervenire pesantemente sull'impianto idraulico, raggiungendo ottimi risultati sia nel comfort che nel risparmio energetico.

Descrizione dei lavori

Si consiglia di fare eseguire l'intervento solo da personale specializzato. Essendo le valvole termostatiche installate sui radiatori esposte a manomissione si consiglia di schermare i dispositivi con opportune protezioni. Occorre verificare preliminarmente i luoghi più adatti per l'installazione delle centraline di controllo, le quali devono essere programmate e gestite solo da personale autorizzato. Il sistema deve essere programmato il più vicino possibile alle reali esigenze di richiesta termica dei locali in cui vengono installate le valvole. Inoltre devono essere periodicamente controllate, al fine di valutarne il corretto funzionamento, la corretta programmazione o l'eventuale sostituzione delle batterie di alimentazione.

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM4 sono riportati nella Tabella 8.5 e nella Figura 8.9.

Nonostante l'efficacia dell'intervento non è stato possibile ottenere un cambiamento di classe rispetto allo stato di fatto.

Figura 8.8 – Particolari sistema building automation

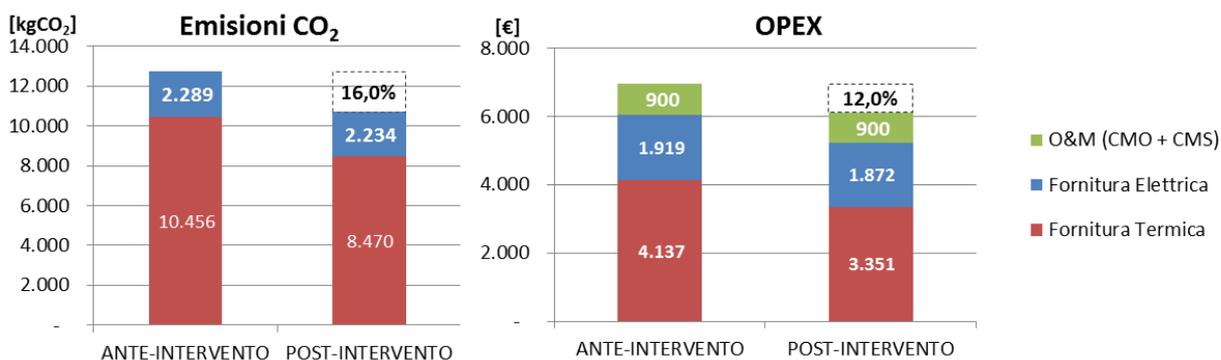


Tabella 8.4 – Risultati analisi EEM4 – Installazione valvole termostatiche ed elettropompa di circolazione a giri variabili

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Rendimento di regolazione	[%]	84,8	98	-15,6%
$Q_{teorico}$	[kWh]	49.463	40.067	19,0%
$EE_{teorico}$	[kWh]	4.970	4.850	2,4%
$Q_{baseline}$	[kWh]	51.763	41.930	19,0%
$EE_{baseline}$	[kWh]	4.901	4.783	2,4%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	10.456	8.470	19,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	2.289	2.234	2,4%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	12.745	10.703	16,0%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	4.137	3.351	19,0%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	1.919	1.872	2,4%
Fornitura Energia, C_E	[€]	6.055	5.223	13,7%
C_{MO}	[€]	810	810	0,0%
C_{MS}	[€]	90	90	0,0%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	900	900	0,0%
OPEX	[€]	6.955	6.123	12,0%
Classe energetica	[-]	G	G	-

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,080 [€/kWh] per il vettore termico e 0,392 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 8.9 – EEM4: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline

EEM5: Sostituzione del generatore di calore

Generalità

L'intervento di sostituzione del generatore presente in centrale termica l'installazione di una caldaia a condensazione modulante che permetterà un migliore adattamento della potenza in funzione del carico richiesto, e consentirà anche di servire i circuiti a bassa temperatura ottimizzando la temperatura di mandata dell'acqua in funzione delle condizioni climatiche esterne e del carico effettivo. Si ricorda che la centrale termica da 151 kW a servizio del riscaldamento dell'edificio E1600, serve anche l'edificio E1602 adiacente, pertanto la potenza termica del generatore di calore deve essere opportunamente dimensionato per soddisfare la potenza necessaria ai due edifici analizzati.

Il risparmio energetico deriva sia dalla migliore efficienza di combustione del nuovo generatore di calore, con minori emissioni inquinanti in ambiente.

Caratteristiche funzionali e tecniche

L'intervento in oggetto si propone di ristrutturare l'impianto termico agendo su tre aspetti principali:

- sostituire la caldaia a alimentata a gas metano esistente di tipo tradizionale con un generatore a condensazione di ultima generazione, correttamente dimensionato in funzione delle effettive dispersioni termiche ed esigenze dell'edificio
- sostituire la pompa di alimentazione del circuito secondario del riscaldamento (EG02) con una adeguata pompa gemellare a giri variabili
- installazione di valvole termostatiche esistenti sui terminali di emissione del calore.

Occorre inoltre verificare che il rendimento del nuovo generatore di calore a condensazione rispetti i requisiti minimi per l'accesso all'incentivo da Conto Termico.

Descrizione dei lavori

Si consiglia di fare eseguire l'intervento solo da personale specializzato, occorre verificare preventivamente gli spazi di installazione in relazione agli ingombri delle nuove caldaie; verificare l'idoneità del condotto di evacuazione fumi; verificare la necessità di garantire una continuità di servizio all'edificio in fase di sostituzione. Verificare la presenza dell'addolcitore e che questo sia operativo. Verificare, in funzione della potenza installata, la necessità di installare un neutralizzatore di condensa (norma UNI 11071/2003).

Prestazioni raggiungibili

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

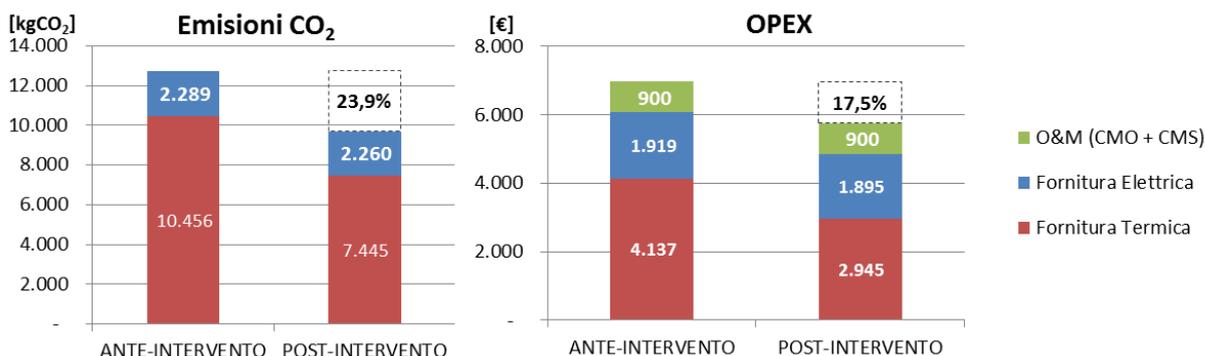
Nonostante l'efficacia dell'intervento è stato possibile ottenere un miglioramento di una sola classe energetica rispetto allo stato di fatto, dalla classe G alla classe F.

Tabella 8.5 – Risultati analisi EEM5 – Sostituzione del generatore di calore

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Rendimento di regolazione	[%]	79,4	98	-23,4%
Rendimento di generazione riscaldamento	[%]	89,1	101,2	-13,6%
Q _{teorico}	[kWh]	49.463	35.217	28,8%
EE _{teorico}	[kWh]	4.970	4.908	1,2%
Q _{baseline}	[kWh]	51.763	36.855	28,8%
EE _{Baseline}	[kWh]	4.901	4.840	1,2%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	10.456	7.445	28,8%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	2.289	2.260	1,2%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	12.745	9.705	23,9%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	4.137	2.945	28,8%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	1.919	1.895	1,2%
Fornitura Energia, C_E	[€]	6.055	4.840	20,1%
C _{MO}	[€]	810	810	0,0%
C _{MS}	[€]	90	90	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	900	900	0,0%
OPEX	[€]	6.955	5.740	17,5%
Classe energetica	[-]	G	F	+1 CLASSE

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,080 [€/kWh] per il vettore termico e 0,392 [€/kWh] per il vettore elettrico

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

8.1.3 Impianto di produzione ACS

Non sono stati proposti interventi migliorativi relativi all'impianto di produzione di ACS in quanto un intervento di questa tipologia non risulta conveniente dal punto di vista economico. Dall'analisi svolta infatti, risulta che la produzione di ACS avviene per mezzo di boiler elettrici singoli posizionati in corrispondenza di alcuni servizi igienici dell'edificio ed occupano una percentuale di consumo molto ridotta, inferiore all'1%, rispetto ad esempio all'impianto di illuminazione che copre la percentuale maggiore dei consumi elettrici totali.

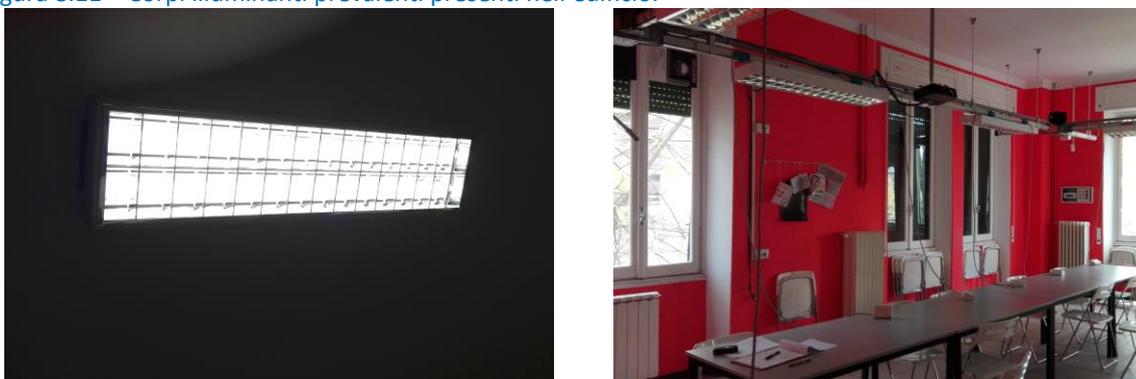
8.1.4 Impianto di illuminazione ed impianto elettrico

EEM6: Sostituzione corpi illuminanti

Generalità

Il presente capitolo illustra la proposta di sostituire i corpi illuminanti presenti all'interno dei locali costituenti l'edificio con nuovi corpi illuminanti LED di nuova generazione ad alta efficienza. Attualmente all'interno dell'edificio nella maggior parte dei locali sono installate lampade fluorescenti di vecchia generazione tipo T8 con reattori ferromagnetici di varia potenza. Ad un maggior costo iniziale per un determinato tipo di lampada, corrisponde un minor costo di gestione, dovuto a minori consumi e a una vita più lunga, una lampada LED ha infatti un'efficienza maggiore rispetto ad una tradizionale T8.

Figura 8.11 – Corpi illuminanti prevalenti presenti nell'edificio.



Caratteristiche funzionali e tecniche

I corpi illuminanti presenti sono di 4 tipologie principali che nel progetto di efficientamento dei corpi illuminanti han trovato le corrispondenze riporta nella seguente tabella.

Tabella 8.6 – Sostituzione corpi illuminanti

Potenza [W]	Tipologia	Corrispondenza LED [W]
1X18	Fluo T8	10
1X36	Fluo T8	16
2X36	Fluo T8	2x16
2x58	Fluo T8	2x24

Descrizione dei lavori

Verificare la compatibilità con la tipologia di lampadari presenti, sia a livello di potenza richiesta che di resa cromatica, oltre che le caratteristiche dimensionali delle sorgenti luminose

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM6 sono riportati nella Tabella 8.7 e nella Figura 8.12.

Nonostante l'efficacia dell'intervento non è stato possibile ottenere un cambiamento di classe rispetto allo stato di fatto.

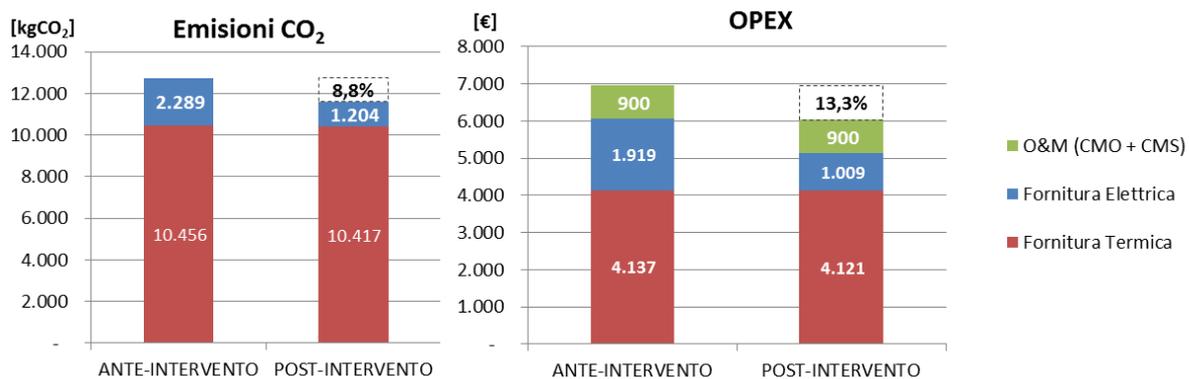
Tabella 8.7 – Risultati analisi EEM6 – Sostituzione corpi illuminanti

CALCOLO RISPARMIO		U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Potenza elettrica illuminazione	installata per	[W]	2070	572	72,4%
$Q_{teorico}$		[kWh]	49.463	49.278	0,4%
$EE_{teorico}$		[kWh]	4.970	2.614	47,4%
$Q_{baseline}$		[kWh]	51.763	51.570	0,4%
$EE_{baseline}$		[kWh]	4.901	2.578	47,4%
Emiss. CO2 Termico		[kgCO ₂]	10.456	10.417	0,4%
Emiss. CO2 Elettrico		[kgCO ₂]	2.289	1.204	47,4%
Emiss. CO2 TOT		[kgCO₂]	12.745	11.621	8,8%
Fornitura Termica, C_Q		[€]	4.137	4.121	0,4%
Fornitura Elettrica, C_{EE}		[€]	1.919	1.009	47,4%
Fornitura Energia, C_E		[€]	6.055	5.130	15,3%
C_{MO}		[€]	810	810	0,0%
C_{MS}		[€]	90	90	0,0%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)		[€]	900	900	0,0%
OPEX		[€]	6.955	6.030	13,3%
Classe energetica		[-]	G	G	-

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,080 [€/kWh] per il vettore termico e 0,392 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 8.12 – EEM6: 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: Coibentazione interna solai

Nella Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 1, che consiste nella coibentazione dei solai di copertura. L'IVA è stata considerata pari al 22%. I costi della sicurezza sono stimati al 3% ed i costi relativi alla progettazione al 7%.

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

Isolamento copertura dall'interno (art.4, c.1, lett.a)

- Percentuale incentivata = 40% della spesa ammissibile;
- Costo massimo ammissibile = 100 €/mq
- Costo unitario valutato per l'intervento: 62 €/mq

Tabella 9.1 – Analisi dei costi della EEM1 – Coibentazione solai

	DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO		TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
					UNITARIO PREZZARIO	UNITARIO SCONTATO			
					[€/n° o €/m ²]	[€/n° o €/m ²]	[€]	[%]	[€]
B55004a	Controsoffitto realizzato con lastre di cartongesso, reazione al fuoco Euroclasse A1 - s1, d0, fissate mediante viti autopercoranti ad una struttura costituita da profilati in lamiera di acciaio zincato dello spessore di 6/10 mm ad interasse di 600 mm, comprese la stessa struttura e la stuccatura dei giunti:	DEI - ristrutt. 2015	126	m2	€ 28,96	€ 28,96	€ 3.648,96	22%	€ 4.451,73
01.P09.B03.030	Pannelli semirigidi in lana di vetro, euroclasse A1, densità di 30-35 kg/m ³ e lambda inferiore a 0,034 W/mK; con adeguata protezione di barriera al vapore - Spessore 12 cm	Prezzario Regione Piemonte	126	m2	€ 10,25	€ 10,25	€ 1.291,50	22%	€ 1.575,63
01.A09.G50.005	Posa in opera di materiali per isolamento termico (lana di vetro o di roccia, polistirolo, poliuretano, materiali similari) sia in rotoli che in lastre di qualsiasi dimensione e spessore, compreso il carico, lo scarico, il trasporto e deposito a qualsiasi piano del fabbricato	Prezzario Regione Piemonte	126	m2	€ 6,59	€ 6,59	€ 830,34	22%	€ 1.013,01
95.B10.S20.020	Impalcature per interni, realizzate con cavalletti, trabattelli, strutture tubolari, misurate in proiezione orizzontale, piani di lavoro per altezza da 2,00 a 4,00 metri.	Prezzario Regione Liguria	3	m2	€ 21,17	€ 21,17	€ 66,69	22%	€ 81,36
	Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 175,12	22%	€ 213,65

Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%	€	22%	€
				408,62		498,52
TOTALE (I₀ – EEM1)				€	22%	€
				6.421		7.834
Incentivi	[Conto termico]			€		€
						3.134
Durata incentivi						5
Incentivo annuo				€		€
						626,71

EEM2: Coibentazione murature verticali

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

Isolamento termico di superfici opache delimitanti il volume climatizzato (art.4, c.1, lett.a)

- Percentuale incentivata = 40% della spesa ammissibile;
- Costo massimo ammissibile = 80 €/mq
- Costo unitario valutato per l'intervento: 66 €/mq

Tabella 9.2 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 2, che consiste nella coibentazione delle murature verticali. L'IVA è stata considerata pari al 22%. I costi della sicurezza sono stimati al 3% ed i costi relativi alla progettazione al 7%.

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

Isolamento termico di superfici opache delimitanti il volume climatizzato (art.4, c.1, lett.a)

- Percentuale incentivata = 40% della spesa ammissibile;
- Costo massimo ammissibile = 80 €/mq
- Costo unitario valutato per l'intervento: 66 €/mq

Tabella 9.2 – Analisi dei costi della EEM2 – Coibentazione interna murature verticali

				(IVA ESCLUSA)	(IVA INCLUSA)			
		[€/m ² cm]	[€/m ² cm]	[€]	[%]			
1C.06.550.0310.f	Controparete termoisolante e fonoassorbente realizzata con lastre in gesso rivestito a bordi assottigliati, spessore 12,50 mm, incollate a pannelli di lana di vetro idrorepellente prodotta con almeno l'80% di vetro riciclato e con un esclusivo legante brevettato di origine naturale che garantisce la massima qualità dell'aria, con barriera al vapore costituita da un foglio di alluminio interposto tra il pannello in lana di vetro e la lastra di gesso rivestito. Conducibilità termica dichiarata λ D spessori 20 ÷ 50 mm 0,031 W/m.K (lana di vetro); Conducibilità termica dichiarata λ D spessori 60 ÷ 80 mm 0,034 W/m.K (lana di vetro); Conducibilità termica dichiarata λ D 0,025 W/m.K (lastra di gesso rivestito). Classe di reazione al fuoco spessori 20 ÷ 50 mm A2-s1,d0 Classe di reazione al fuoco spessori 60 ÷ 80 mm F Resistenza alla diffusione del vapore acqueo μ lana di vetro 1 Resistenza alla diffusione del vapore acqueo μ lastra in gesso rivestito: 10 (campo secco), 4 (campo umido). Applicate direttamente alla parete con incollaggi in gesso, compresa la rasatura	Prezzario Milano	544 mq	€ 41,10	€ 37,36	€ 20.326	22%	€ 24.797

dei giunti, i piani di lavoro interni e
l'assistenza muraria, negli spessori mm: -
spessore 12,50 + 80 mm di lana di vetro

25.A54.B40.010	Rasatura armata con malta preconfzionata a base minerale eseguita a due riprese fresco su fresco rifinita a frattazzo, con interposta rete in fibra di vetro o in poliestere compresa pulizia e preparazione del supporto con una mano di apposito primer. per rivestimento di intere campiture con rete in fibra di vetro 4x4 da 150 gr/mq , spessore totale circa mm 4.	Prezzario Regione Liguria	544	mq	€ 4,95	€ 4,46	€ 2.423,52	22%	€ 2.956,69
05.P68.A60.005	Distacco dall'impianto di tutti i tipi di corpi scaldanti, di qualsiasi dimensione, compresi i materiali di consumo per sostituzione o demolizione Di qualsiasi dimensione	Prezzario Regione Piemonte	25	cad	€ 11,49	€ 10,34	€ 258,53	22%	€ 315,40
05.P68.B20.005	Riattacco agli impianti di tutti i tipi di corpi scaldanti, di qualsiasi dimensione, compresi i materiali di consumo Di qualsiasi dimensione	Prezzario Regione Piemonte	25	cad	€ 15,84	€ 14,26	€ 356,40	22%	€ 434,81
20.A90.B20.010	Tinteggiatura di superfici murarie interne, con idropittura lavabile a base di polimero acrilico in emulsione acquosa (prime due mani)	Prezzario Regione Liguria	544	m2	€ 6,95	€ 6,32	€ 3.437	22%	€ 4.193
	Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 804	22%	€ 981
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 1.876	22%	€ 2.289
	TOTALE (I₀ – EEM1)						€ 29.481	22%	€ 35.967
	Incentivi								€ 14.387
	Durata incentivi								€ 5
	Incentivo annuo								€ 2.877

EEM3: Sostituzione infissi e installazione valvole termostatiche

Nella Tabella 9.3 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 3, che consiste nella sostituzione degli infissi, contestualmente all'installazione di valvole termostatiche sui radiatori e pompa a giri variabili. L'IVA è stata considerata pari al 22%. I costi della sicurezza sono stimati al 3% ed i costi relativi alla progettazione al 7%.

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

Sostituzione di chiusure trasparenti comprensive di infissi delimitanti il volume climatizzato (art.4, c.1, lett.b)

- Percentuale incentivata = 40% della spesa ammissibile;

- Costo massimo ammissibile = 450 €/mq
- Costo unitario valutato per l'intervento: 560 €/mq
- Calcolo incentivo = 40%*450€/mq*mq infissi sostituiti.

Tabella 9.3 – Analisi dei costi della EEM3 – Sostituzione infissi

	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.H01.120	Smontaggio e recupero delle parti riutilizzabili, incluso accantonamento nell'ambito del cantiere, di: serramenti in legno, compreso telaio a murare (misura minima 2,00 m ²)	Prezziario Regione Liguria	88	m2	€ 72,30	€ 65,73	€ 5.784	22%	€ 7.056
PR.A23.A20.010	Finestra o portafinestra in legno 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	88	m2	€ 301,07	€ 270,96	€ 23.845	22%	€ 29.091
PR.A23.B10.020	Controtelaio per finestre, portefinestre e simili, in legno.	Prezziario Regione Liguria	38	m	€ 7,59	€ 6,90	€ 259	22%	€ 316
01.A15.A10.015	Posa in opera di vetri di qualunque dimensione su telai metallici od in legno, misurati in opera sul minimo rettangolo circoscritto, incluso il compenso per lo sfrido del materiale	Prezziario Regione Piemonte	88	m2	€ 46,79	€ 42,11	€ 3.706	22%	€ 4.521
PR.C17.A15.010	Valvole micrometriche a squadra complete di testa termostatica con elemento sensibile a gas: Ø 15 mm	Prezziario Regione Liguria	25	cad	€ 35,42	€ 32,20	€ 805	22%	€ 982
PR.C47.H10.120	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 40, PN6-10, prevalenza da 1 a 12 m, portata da 1 a 18 m ³ /h	Prezziario Regione Liguria	1	cad	€ 2.182,13	€ 1.983,75	€ 1.984	22%	€ 2.420
40.E10.A10.020	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 40 mm fino a 65 mm	Prezziario Regione Liguria	1	cad	€ 50,06	€ 45,51	€ 46	22%	€ 56
PR.E40.B05.210	Interruttore automatico magnetotermico con potere di interruzione 4,5KA bipolare fino a 32 A - 230 V	Prezziario Regione Liguria	1	cad	€ 22,69	€ 20,63	€ 21	22%	€ 25

RU.M01.E01.020	Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezzario Regione Liguria	11	h	€ 31,88	€ 28,98	€ 328	22%	€ 401
	Costi per la sicurezza		3%	%			€ 1.103	22%	€ 1.346
	Costi progettazione (in % su importo lavori)		7%	%			€ 2.574	22%	€ 3.141
	TOTALE (I₀ – EEM1)						€ 40.454	22%	€ 49.354
	Incentivi	[Conto termico]							€ 15.840
	Durata incentivi								€ 5
	Incentivo annuo								€ 3.168

EEM4: Installazione valvole termostatiche ed elettropompa di circolazione a giri variabili

Nella Tabella 9.4 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 4, che consiste nell'installazione di pompe gemellari ad inverter sul circuito dedicato al servizio di riscaldamento dell'edificio E1600 (pompa EG02) e valvole termostatiche per la regolazione ambiente della temperatura. L'IVA è stata considerata pari al 22%.

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

Installazione di tecnologie di gestione e controllo automatico (building automation) degli impianti termici ed elettrici, inclusa l'installazione di sistemi di termoregolazione e contabilizzazione del calore (art.4, c.1, lett.g)

- Percentuale incentivata = 40% della spesa ammissibile;
- Costo massimo ammissibile = 25 €/mq
- Costo unitario valutato per l'intervento: 12 €/mq

Tabella 9.4 – Analisi dei costi della EEM4 – Installazione valvole termostatiche ed elettropompa di circolazione a giri variabili

	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.C17.A15.010	Valvole micrometriche a squadra complete di testa termostatica con elemento sensibile a gas: Ø 15 mm	Prezzario Regione Liguria	25	cad	€ 35,42	€ 32,20	€ 805	22%	€ 982
PR.C47.H10.120	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 40, PN6-10, prevalenza da 1 a 12 m, portata da 1 a 18 m ³ /h	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 2.182,13	€ 1.983,75	€ 1.984	22%	€ 2.420
40.E10.A10.020	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 40 mm fino a 65 mm	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 50,06	€ 45,51	€ 46	22%	€ 56
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	€ 21	22%	€ 25
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	22%	€ 163
RU.M01.E01.020	Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezzario Regione Liguria	11	h	€ 31,88	€ 28,98	€ 328	22%	€ 401
	Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 100	22%	€ 121
	Costi progettazione (in % su	-	7%	%			€	22%	€

importo lavori)		232		283
TOTALE (I₀ – EEM1)		€ 3.648	22%	€ 4.451
Incentivi	[Conto termico]			€ 1.780
Durata incentivi				€ 5
Incentivo annuo				€ 356

EEM5: Sostituzione del generatore di calore

Nella Tabella 9.5 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 5 che consiste sostituzione del generatore di calore. L'IVA è stata considerata pari al 22%. Il quadro economico presentato è relativo al rifacimento dell'intera centrale termica. Come già descritto in precedenza, il generatore di calore serve due edifici attigui E1600 ed E1602, su cui il consumo termico è ripartito proporzionalmente come 37% e 63%. Ai fini del calcolo del tempo di rientro dell'investimento verrà considerata a carico dell'edificio E1600 solo la quota corrispondente al 37%, come di seguito dettagliato.

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

Sostituzione impianti di climatizzazione invernale con generatori di calore a condensazione (art.4, c.1, lett.c)

- Percentuale incentivata = 40% della spesa ammissibile;
- Costo massimo ammissibile = 130 €/kWt
- Costo unitario valutato per l'intervento: 83 €/kWt

Tabella 9.5 – Analisi dei costi della EEM5 – Sostituzione del generatore di calore

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.B10.015 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: 200 Kw circa	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 10.151,63	€ 9.228,75	€ 9.229	22%	€ 11.259
PR.C84.C05.500 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	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 165,72	€ 150,65	€ 151	22%	€ 184

	lana di roccia pressata, senza guarnizioni di tenuta Coppa di scarico condensa Ø 150 mm								
40.C10.B10.120	Sola posa in opera di bruciatore per caldaie, compresi la lavorazione della piastra di collegamento alla caldaia, la sola posa della rampa gas e del dispositivo di controllo tenuta valvola, i collegamenti elettrici, i collegamenti alla tubazione del combustibile a metano o gasolio: per generatori di calore da 101 Kw a 350 Kw	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 392,78	€ 357,07	€ 357	22%	€ 436
PR.C76.A30.020	Accessori per caldaie a condensazione: Tubi Ø 80mm della lunghezza 1 m	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 21,13	€ 19,21	€ 19	22%	€ 23
PR.C76.A30.015	Accessori per caldaie a condensazione: Kit scarichi separati per tubi Ø 80mm	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 28,46	€ 25,87	€ 26	22%	€ 32
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	€ 110	22%	€ 134
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	22%	€ 33
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	22%	€ 163
PR.C74.E05.030	Sonde di temperatura e umidità: sola temperatura, per impianti civili e industriali per esterno	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 76,47	€ 69,52	€ 70	22%	€ 85
RU.M01.A01.030	Opere edili Operaio Qualificato	Prezzario Regione Liguria	30	h	€ 34,41	€ 31,28	€ 938	22%	€ 1.145
RU.M01.E01.020	Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezzario Regione Liguria	24	h	€ 31,88	€ 28,98	€ 696	22%	€ 849
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	10	m³km	€ 4,72	€ 4,29	€ 43	22%	€ 52
TOTALE GENERATORE DI CALORE A CONDENSAZIONE							€ 11.798,05	22%	€ 14.393,63

QUOTA PERTINENZA EDIFICIO E1600			37%		€	22%	€	
					4.365,28		5.325,64	
PR.C17.A15.010	Valvole micrometriche a squadra complete di testa termostatica con elemento sensibile a gas: Ø 15 mm	Prezzario Regione Liguria	25	cad	€ 35,42	€ 32,20	€ 805	22% € 982
PR.C47.H10.120	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 40, PN6-10, prevalenza da 1 a 12 m, portata da 1 a 18 m³/h	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 2.182,13	€ 1.983,75	€ 1.984	22% € 2.420
40.E10.A10.020	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 40 mm fino a 65 mm	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 50,06	€ 45,51	€ 46	22% € 56
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	€ 21	22% € 25
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	22% € 163
RU.M01.E01.020	Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezzario Regione Liguria	11	h	€ 31,88	€ 28,98	€ 328	22% € 401
	Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 230	22% € 281
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 538	22% € 656
TOTALE (I₀ – EEM1)							€ 8.450	22% € 10.309
Incentivi	[Conto termico]							€ 4.124
Durata incentivi								€ 5
Incentivo annuo								€ 825

EEM6: Sostituzione corpi illuminanti

Nella Tabella 9.6 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 6, che consiste nella sostituzione dei corpi illuminanti. L'IVA è stata considerata pari al 22%.

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

Sostituzione di sistemi per l'illuminazione di interni e delle pertinenze esterne con sistemi di illuminazione efficienti (art.4, c.1, lett.f)

- Percentuale incentivata = 40% della spesa ammissibile;
- Costo massimo ammissibile = 35 €/mq

- Costo unitario valutato per l'intervento: 6 €/mq

Tabella 9.6 – Analisi dei costi della EEM6 – Sostituzione corpi illuminanti

	DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE		TOTALE	
							(IVA ESCLUSA)	IVA	(IVA INCLUSA)	IVA
					[€/n° o €/m ²]	[€/n° o €/m ²]	[€]	[%]	[€]	[€]
1E.06.060.0210.a	Lampade a led a tubo per applicazione in lampade a tubi fluorescenti tradizionali compatibili alimentazione 230 V c.a. 50 Hz. Durata nominale 40.000 ore delle seguenti tipologie: - Lunghezza 600 mm - flusso luminoso 825 lm potenza 10W	Prezzario Milano	25	cad	€ 23,61	€ 21,46	€ 537	22%	€ 655	
1E.06.060.0210.c	Lampade a led a tubo per applicazione in lampade a tubi fluorescenti tradizionali compatibili alimentazione 230 V c.a. 50 Hz. Durata nominale 40.000 ore delle seguenti tipologie: - Lunghezza 1200 mm - flusso luminoso 1600 lm potenza 16 w	Prezzario Milano	26	cad	€ 34,69	€ 31,54	€ 820	22%	€ 1.000	
1E.06.060.0210.d	Lampade a led a tubo per applicazione in lampade a tubi fluorescenti tradizionali compatibili alimentazione 230 V c.a. 50 Hz. Durata nominale 40.000 ore delle seguenti tipologie: - Lunghezza 1500 mm - flusso luminoso 2065 lm potenza 24 w	Prezzario Milano	10	cad	€ 45,33	€ 41,21	€ 412	122%	€ 503	
	Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 53	22%	€ 65	
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 124	22%	€ 151	
TOTALE (I₀ – EEM1)							€ 1.945	22%	€ 2.373	
	Incentivi	[Conto termico]							€ 949	
	Durata incentivi								€ 5	
	Incentivo annuo								€ 190	

9.2 ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

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

Si è inoltre posta particolare attenzione nella valutazione dei possibili sistemi incentivanti applicabili agli scenari (Conto Termico, Titoli di Efficienza Energetica, ecc.), con la quantificazione dell'importo

incentivabile e l'analisi dei flussi di cassa e degli indicatori finanziari con e senza il contributo degli incentivi considerati.

Gli indicatori economici d'investimento utilizzati sono:

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

Essi sono così definiti:

1) Tempo di ritorno semplice (TRS):

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

Dove:

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

2) Tempo di ritorno attualizzato (TRA):

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

Dove:

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

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

Dove:

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

3) Valore Attuale Netto (VAN) del progetto:

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

Dove:

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

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

5) Indice di Profitto (IP):

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

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

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

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

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

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

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

EEM1: Coibentazione interna solai

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

Tabella 9.7 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM1– Coibentazione solai

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	7.834
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	627
Durata incentivo	n_B	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	20,6	11,8
Tempo di rientro attualizzato	TRA	35,0	18,0
Valore attuale netto	VAN	- 1.151	1.639
Tasso interno di rendimento	TIR	2,6%	6,4%
Indice di profitto	IP	-0,15	0,21

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

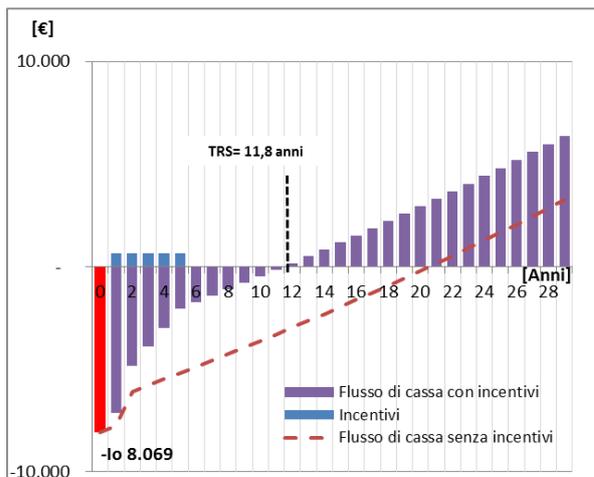
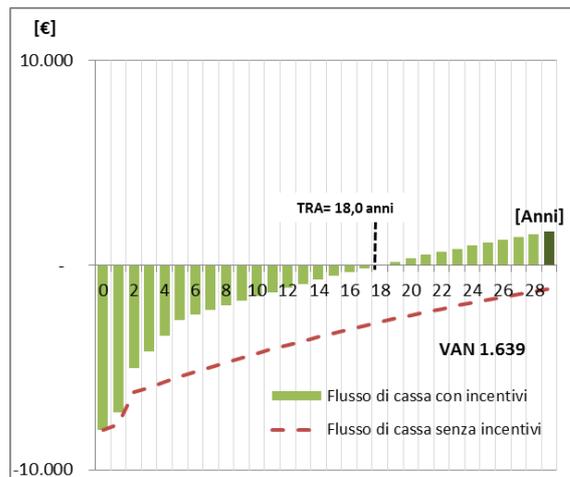


Figura 9.2 – EEM1: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che il tempo di ritorno dell'intervento senza incentivi è di circa 20 anni, su un tempo di vita dell'intervento stimato essere di 30 anni. Con il supporto dell'incentivo derivante da Conto Termico il tempo di ritorno semplice si accorcia a meno di 12 anni.

EEM2: Coibentazione interna murature verticali

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

Tabella 9.8 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM1– Coibentazione interna murature verticali

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	35.967
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	2.877
Durata incentivo	n_B	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	20,9	11,9
Tempo di rientro attualizzato	TRA	35,6	18,8
Valore attuale netto	VAN	- 5.807	7.002
Tasso interno di rendimento	TIR	2,5%	6,3%
Indice di profitto	IP	-0,16	0,19

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

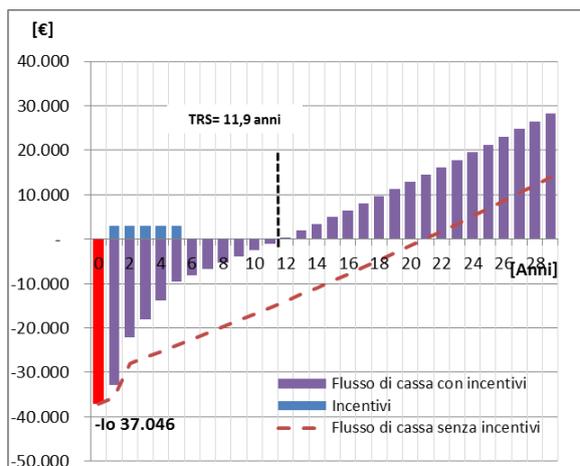
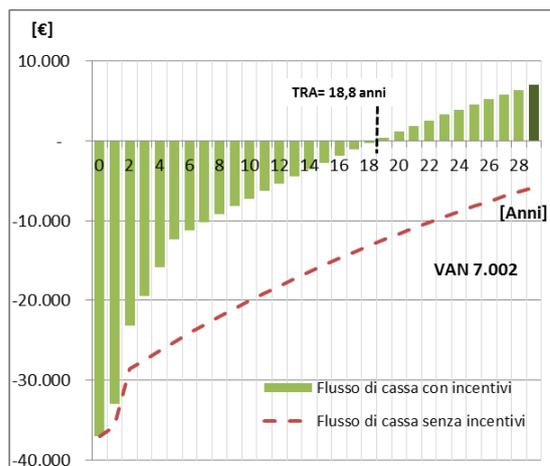


Figura 9.4 – EEM2: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che il tempo di ritorno dell'intervento senza incentivi è di circa 21 anni, su un tempo di vita dell'intervento stimato essere di 30 anni. Con il supporto dell'incentivo derivante da Conto Termico il tempo di ritorno semplice si accorcia a circa 12 anni, rendendo conveniente l'EEM2.

EEM3: Sostituzione infissi e installazione valvole termostatiche

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

Tabella 9.9 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM3– Sostituzione infissi ed installazione valvole termostatiche

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	49.354
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	30
Incentivo annuo	B	€/anno	3.168
Durata incentivo	n_B	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	27,3	18,0
Tempo di rientro attualizzato	TRA	45,2	31,9
Valore attuale netto	VAN	- 17.069	- 2.965
Tasso interno di rendimento	TIR	0,4%	3,3%
Indice di profitto	IP	-0,35	-0,06

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

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

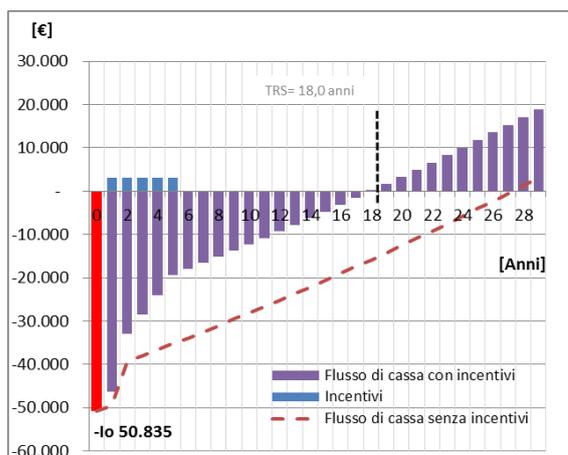
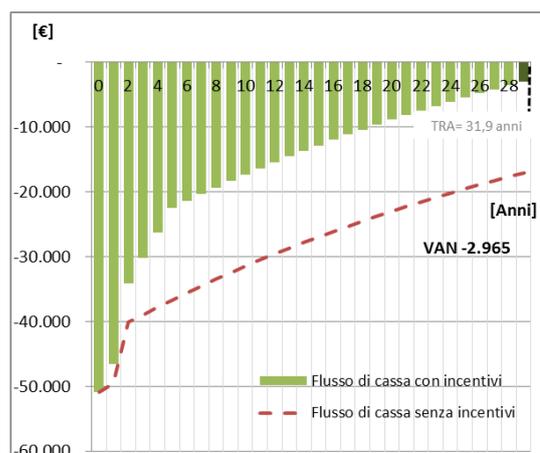


Figura 9.6 – EEM3: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che il tempo di ritorno dell'intervento senza incentivi è di circa 27 anni, su un tempo di vita dell'intervento stimato essere di 30 anni. Con il supporto dell'incentivo derivante da Conto Termico il tempo di ritorno semplice si accorcia a 18, rendendo conveniente l'EEM3.

EEM4: Installazione valvole termostatiche ed elettropompa di circolazione a giri variabili

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

Tabella 9.10 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM4 – Installazione valvole termostatiche ed elettropompa di circolazione a giri variabili

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	4.451
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	356
Durata incentivo	n_B	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	5,4	3,6
Tempo di rientro attualizzato	TRA	6,4	4,2
Valore attuale netto	VAN	3.988	5.574
Tasso interno di rendimento	TIR	15,9%	22,3%
Indice di profitto	IP	0,90	1,25

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

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

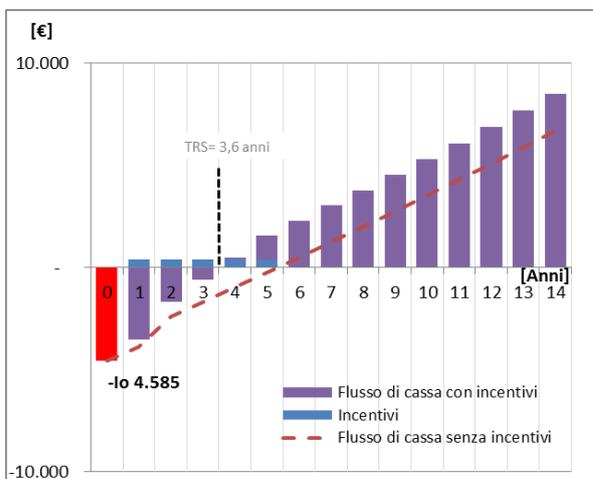
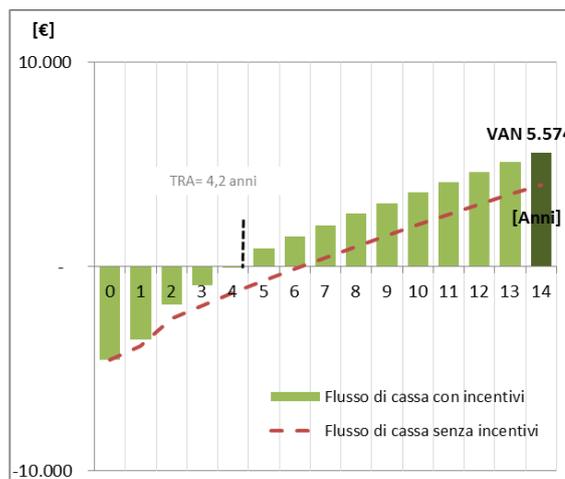


Figura 9.8 – EEM4: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che il tempo di ritorno dell'intervento senza incentivi è di meno di 6 anni, su un tempo di vita dell'intervento stimato essere di 15 anni. Con il supporto dell'incentivo derivante da Conto Termico il tempo di ritorno semplice si accorcia a meno di 4, rendendo conveniente l'EEM4.

EEM5: Sostituzione del generatore di calore

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

Tabella 9.11 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM5 – Sostituzione del generatore di calore

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	10.309
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	825
Durata incentivo	n_b	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	8,4	4,8
Tempo di rientro attualizzato	TRA	10,6	5,9
Valore attuale netto	VAN	2.537	6.208
Tasso interno di rendimento	TIR	7,7%	14,1%
Indice di profitto	IP	0,25	0,60

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

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

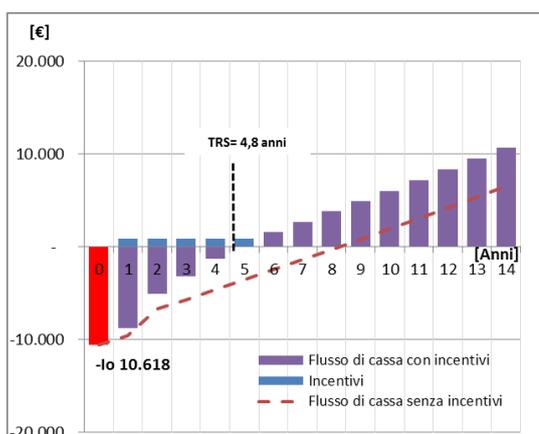
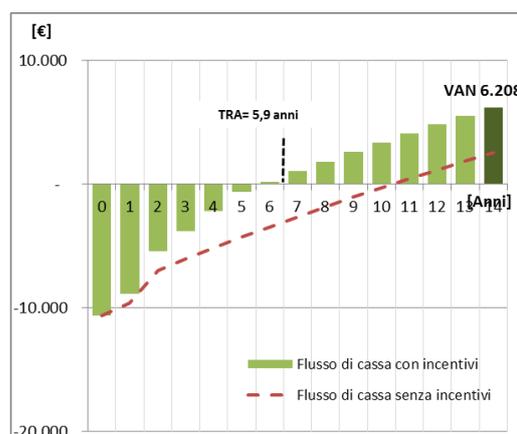


Figura 9.10 – EEM5: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che il tempo di ritorno dell'intervento senza incentivi è di circa 8 anni, su un tempo di vita dell'intervento stimato essere di 15 anni. Con il supporto dell'incentivo derivante da Conto Termico il tempo di ritorno semplice si accorcia a circa 5, rendendo conveniente l'EEM5.

EEM6: Sostituzione corpi illuminanti

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

Tabella 9.12 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM6–Sostituzione corpi illuminanti

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	2.373
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	190
Durata incentivo	n_b	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	2,7	2,2
Tempo di rientro attualizzato	TRA	2,9	2,4
Valore attuale netto	VAN	6.656	7.501
Tasso interno di rendimento	TIR	35,3%	42,1%
Indice di profitto	IP	2,80	3,16

I flussi di cassa rappresentativi dell'analisi sono riportati nelle Figura 9.11 e Figura 9.12

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

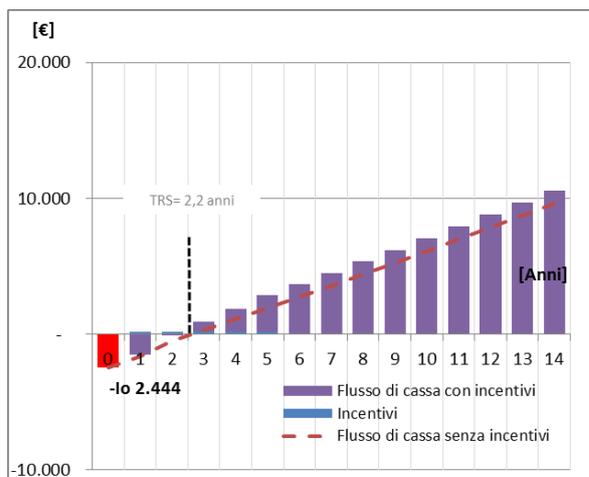
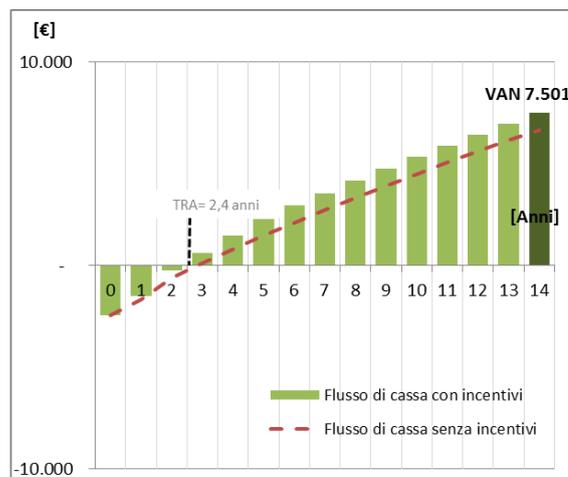


Figura 9.12 – EEM6: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che il tempo di ritorno dell'intervento senza incentivi inferiore ai 3 anni, su un tempo di vita utile dell'intervento stimato essere di 15 anni. Con il supporto dell'incentivo derivante da Conto Termico il tempo di ritorno semplice si accorcia a circa 2, rendendo conveniente l'EEM6.

Sintesi

La sintesi della valutazione economico – finanziaria delle EEM proposte è riportata nelle Tabella 9.13 e Tabella 9.14.

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

	SENZA INCENTIVI											
	% ΔE [%]	% ΔCO_2 2 [%]	ΔCE [€/y]	ΔCMO [€/y]	ΔCMS [€/y]	IO [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	VAN [€]	n [anni]	TIR [%]	IP [-]
EEM1	5,72%	6,70%	€ 346	€ -	€ -	€ 7.834	20,6	35,0	30	-€ 1.151	2,62%	-0,15
EEM2	25,72%	30,45%	€ 1.557	€ -	€ -	€ 35.967	20,9	35,6	30	-€ 5.807	2,47%	-0,16
EEM3	26,02%	30,45%	€ 1.576	€ -	€ -	€ 49.354	27,3	45,2	30	-€ 17.069	0,44%	-0,35
EEM4	13,74%	16,02%	€ 832	€ -	€ -	€ 4.451	5,4	6,4	15	€ 3.988	15,93%	0,90
EEM5	20,07%	23,85%	€ 1.215	€ -	€ -	€ 10.309	8,4	10,6	15	€ 2.537	7,71%	0,25
EEM6	15,28%	8,82%	€ 925	€ -	€ -	€ 2.373	2,7	2,9	15	€ 6.656	35,32%	2,80

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

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

- Δ_{CMS} è la variazione di costo annuo attribuibile al nuovo costo previsto per la manutenzione straordinaria; assume valori positivi per un decremento e valori negativi per un incremento;
- I_0 è il valore dell'investimento iniziale per la realizzazione dell'intervento; assume valori negativi;

Nella seguente tabella viene riportata la sintesi degli interventi comprensivi del contributo del Conto Termico.

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

	CON INCENTIVI											
	%DE [%]	%DCO2 [%]	DCE [€/y]	DCMO [€/y]	DCMS [€/y]	IO [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	VAN [€]	n [anni]	TIR [%]	IP [-]
EEM1	5,72%	6,70%	€ 346	€ -	€ -	€ 7.834	11,8	18,0	30	€ 1.639	6,44%	0,21
EEM2	25,72%	30,45%	€ 1.557	€ -	€ -	€ 35.967	11,9	18,8	30	€ 7.002	6,29%	0,19
EEM3	26,02%	30,45%	€ 1.576	€ -	€ -	€ 49.354	18,0	31,9	30	-€ 2.965	3,26%	-0,06
EEM4	13,74%	16,02%	€ 832	€ -	€ -	€ 4.451	3,6	4,2	15	€ 5.574	22,34%	1,25
EEM5	20,07%	23,85%	€ 1.215	€ -	€ -	€ 10.309	4,8	5,9	15	€ 6.208	14,08%	0,60
EEM6	15,28%	8,82%	€ 925	€ -	€ -	€ 2.373	2,2	2,4	15	€ 7.501	42,12%	3,16

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

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

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

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

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

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

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

Nella formulazione del Piano Economico-Finanziario indicativo degli scenari ottimali, si è assunto che i capitali per la realizzazione degli interventi siano resi disponibili da un privato, con una ripartizione dell'investimento al 20% tramite mezzi propri (equity) ed all'80% tramite finanziamento terzi

(debito). Nel calcolo del VAN di Progetto il tasso di attualizzazione i usato coincide con il WACC (costo medio ponderato del capitale) ed è posto pari al 4%, sulla base della seguente equazione:

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

Dove:

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

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

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

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

Essi sono così definiti:

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

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

Dove:

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

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

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

Dove:

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

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

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

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

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

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

- **Scenario 1: SCN1** – Tale scenario consiste nella sostituzione dei corpi illuminanti interna, nell'installazione di valvole termostatiche con pompa ad inverter e sostituzione del generatore di calore con un generatore a condensazione
- **Scenario 2: SCN2** – Tale scenario consiste, oltre che la realizzazione degli interventi dello SCN1 anche la coibentazione della copertura disperdente, delle murature verticali, la sostituzione degli infissi.

9.3.1 Scenario 1: <15 ANNI

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

- EEM4 – Installazione valvole termostatiche e pompa a giri variabili
- EEM5 – Sostituzione del generatore di calore
- EEM6 – Sostituzione corpi illuminanti.

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

- Installazione di tecnologie di gestione e controllo automatico (building automation) degli impianti termici ed elettrici, inclusa l'installazione di sistemi di termoregolazione e contabilizzazione del calore (art.4, c.1, lett.g)
 - Percentuale incentivata = 40% della spesa ammissibile;
 - Costo massimo ammissibile = 25 €/mq
 - Costo unitario valutato per l'intervento: 12 €/mq
- Sostituzione impianti di climatizzazione invernale con generatori di calore a condensazione (art.4, c.1, lett.c)
 - Percentuale incentivata = 40% della spesa ammissibile;
 - Costo massimo ammissibile = 130 €/kWt
 - Costo unitario valutato per l'intervento: 83 €/kWt
- Sostituzione di sistemi per l'illuminazione di interni e delle pertinenze esterne con sistemi di illuminazione efficienti (art.4, c.1, lett.f)
 - Percentuale incentivata = 40% della spesa ammissibile;
 - Costo massimo ammissibile = 35 €/mq

- Costo unitario valutato per l'intervento: 6 €/mq

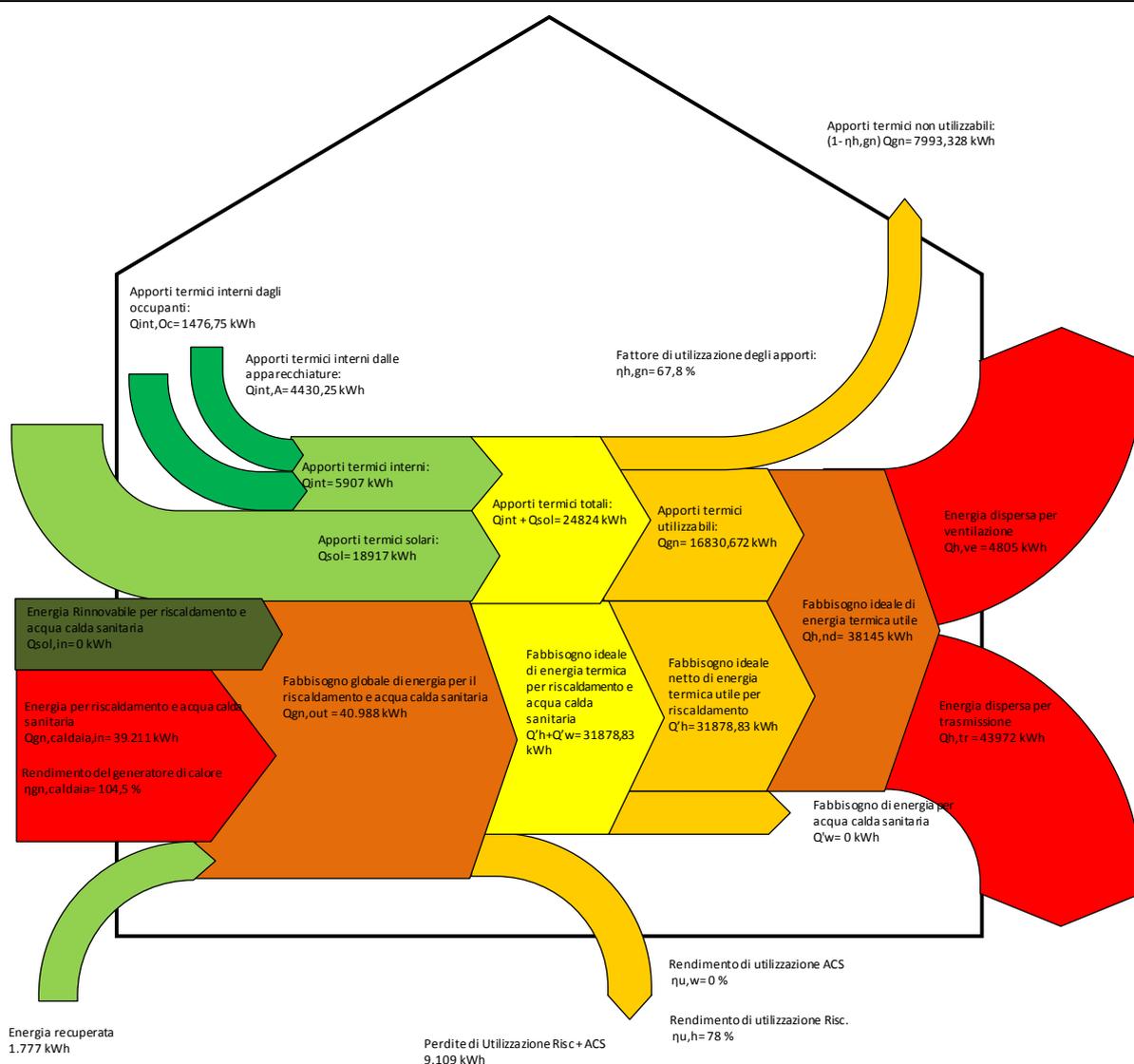
Nel budget relativo alla sostituzione del generatore di calore è stata scorporata la quota parte relativa all'intervento EEM4.

Tabella 9.15 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 1

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA Al 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM4 : Installazione valvole termostatiche e pompa a giri variabili	€ 3.317	€ 730	€ 4.046
EEM5 : Sostituzione generatore di calore	€ 4.365	€ 960	€ 5.326
EEM6 : Sostituzione corpi illuminanti	€ 1.769	€ 389	€ 2.158
EEM4 - Costi per la sicurezza	€ 100	€ 22	€ 121
EEM5 - Costi per la sicurezza	€ 131	€ 29	€ 160
EEM6 - Costi per la sicurezza	€ 53	€ 12	€ 65
EEM4 - Costi per la progettazione	€ 232	€ 51	€ 283
EEM5 - Costi per la progettazione	€ 306	€ 67	€ 373
EEM6 - Costi per la progettazione	€ 124	€ 27	€ 151
TOTALE (I₀)	€ 10.396	€ 2.287	€ 12.683
VOCE MANUTENZIONE	CMO (IVA INCLUSA)	CMS (IVA INCLUSA)	CM (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM4 O&M	Come pre - intervento	Come pre - intervento	Come pre - intervento
EEM5 O&M	Come pre - intervento	Come pre - intervento	Come pre - intervento
EEM6 O&M	Come pre - intervento	Come pre - intervento	Come pre - intervento
TOTALE (C_M)	Come pre - intervento	Come pre - intervento	Come pre - intervento
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	[€]
Incentivi	Conto termico		€ 5.073
Durata incentivi			€ 5
Incentivo annuo			€ 1.015

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

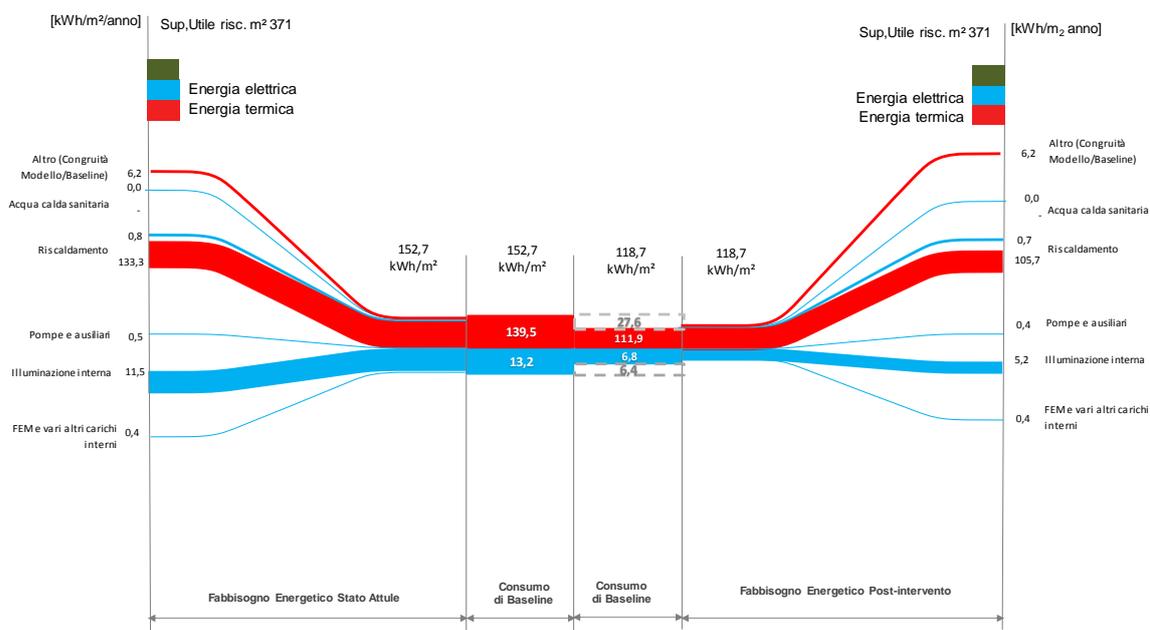


Dall'analisi dei diagrammi di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio post intervento è possibile notare che è diminuita l'energia primaria in ingresso all'impianto termico.

È aumentato il rendimento termico del generatore di calore, mentre i fabbisogni termici per la produzione di ACS rimangono invariati.

Dai risultati dell'analisi del SCN1 si ha avuto un solo passaggio di classe, dalla classe G dello stato di fatto, alla classe F dello scenario presentato.

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



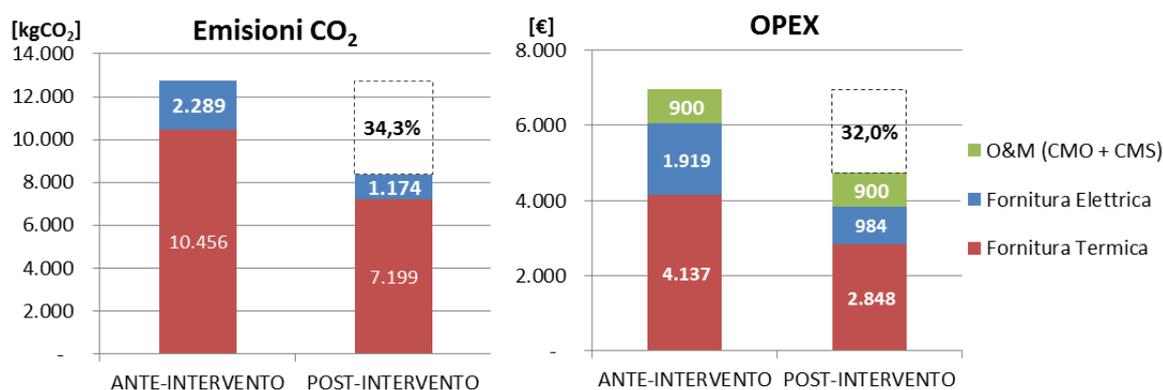
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella Tabella 9.16 e nella Figura 9.15.

Tabella 9.16 – Risultati analisi SCN1

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Rendimento di regolazione	[%]	79,4	98	-23,4%
Rendimento di generazione - riscaldamento	[%]	89,1	101,2	-13,6%
Potenza elettrica installata per illuminazione	[W]	2070	572	72,4%
$Q_{teorico}$	[kWh]	49.463	34.055	31,2%
$EE_{teorico}$	[kWh]	4.970	2.550	48,7%
$Q_{baseline}$	[kWh]	51.763	35.638	31,2%
$EE_{baseline}$	[kWh]	4.901	2.515	48,7%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	10.456	7.199	31,2%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	2.289	1.174	48,7%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	12.745	8.373	34,3%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	4.137	2.848	31,2%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	1.919	984	48,7%
Fornitura Energia, C_E	[€]	6.055	3.832	36,7%
C_{MO}	[€]	810	810	0,0%
C_{MS}	[€]	90	90	0,0%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	900	900	0,0%
OPEX	[€]	6.955	4.732	32,0%
Classe energetica	[-]	G	F	+1 CLASSE

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,080 [€/kWh] per il vettore termico e 0,392 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 9.15 - SCN1: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline

E' stato quindi possibile presentare un modello semplificato di Piano Economico Finanziario (PEF) indicativo, i cui calcoli di dettaglio sono riportati all'Allegato L – Piano Economico Finanziario scenari. I risultati dell'analisi sono riportati nella Tabella 9.17, Tabella 9.18 e Tabella 9.19 e nelle successive figure.

Tabella 9.17 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN1

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	n_i	1
Anni Gestione Servizio	n_s	14
Anni Concessione	n	15
Anno inizio Concessione	n_0	2020
Anni dell'ammortamento	n_A	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	k_{CDP}	2,00%
Costo Capitale Azienda	WACC	4,00%
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CDP})$	$k_{progetto}$	4,00%
Inflazione ISTAT	f	0,50%
deriva dell'inflazione	f'	0,70%
%, interessi debito	k_D	3,82%
%, interessi equity	k_E	9,00%
Aliquota IRES	IRES	24,0%
Aliquota IRAP	IRAP	3,9%
Aliquota fiscale	τ	27,90%
Anni debito (finanziamento)	n_D	12
Anni Equity	n_E	14
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	Io	€ 12.683
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 380
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti), IVA incl.	CAPEX	€ 13.063
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€ 10.451
Equity	I_E	€ 2.613
Fattore di annualità Debito	FA_D	9,62
Rata annua debito	q_D	€ 1.087
Costo finanziamento,(D+INT _D)	$q_D * n_D$	€ 13.043
Costi per interessi debito, INT _D	$INT_D = q_D * n_D - D$	€ 2.592

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

PARAMETRI ECONOMICI			
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{ED}	€	4.963
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{MO}	€	738
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€	5.701
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€	-
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$		36,7%
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$		0,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$		10,0%
Risparmio annuo PA garantito	18,4%	€	1.494
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€	570
Risparmio PA durante la concessione	9%	€	19.397
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€	2.179
N° di Canoni annuali	anni		14
Utile lordo della ESCO	%CAPEX		35,54%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	€	332
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€	185
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€	407
Canone O&M €/anno	C_{nM}	€	766
Canone Energia €/anno	C_{nE}	€	3.440
Canone Servizi €/anno IVA escl.	C_{nS}	€	4.207
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	C_{nD}	€	924
Canone Totale €/anno IVA escl.	C_n	€	5.131
Aliquota IVA %	IVA		22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€	2.287
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€	5.073
Durata Incentivi, anni	n_B		5
Inizio erogazione Incentivi, anno			2022

Tabella 9.19 – Risultati dell’analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN1

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.		6,54
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		7,99
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€	3.541
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC		9,63%
Indice di Profitto	IP		27,92%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.		2,19
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		2,44
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€	2.996
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke		55,33%
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3		1,346
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1		1,005
Indice di Profitto Azionista	IP		23,62%

Figura 9.16 –SCN1: Flussi di cassa del progetto

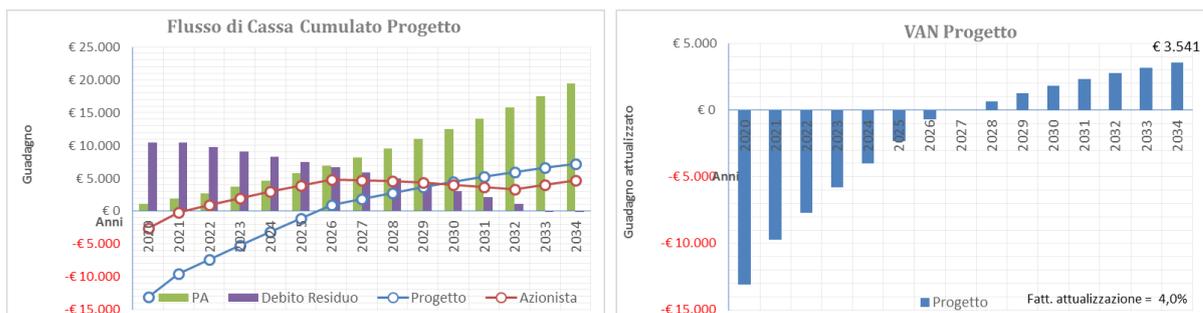


Figura 9.17 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



Infine si è provveduto all'identificazione del possibile canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale con incentivi attraverso la partecipazione di ESCO secondo lo schema di EPC descritto in Figura 9.18.

Figura 9.18 – Scenario 1: Schema di Energy Performance Contract

9.3.2 Scenario 2: <25 ANNI

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

- EEM 1: Coibentazione solai
- EEM 2: Coibentazione murature verticali
- EEM 3: Sostituzione infissi
- EEM 4: Installazione valvole termostatiche ed elettropompa di circolazione a giri variabili
- EEM 5: Ristrutturazione impianto termico
- EEM 6: Sostituzione corpi illuminanti

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

- Installazione di tecnologie di gestione e controllo automatico (building automation) degli impianti termici ed elettrici, inclusa l'installazione di sistemi di termoregolazione e contabilizzazione del calore (art.4, c.1, lett.g)
 - Percentuale incentivata = 55% della spesa ammissibile;
 - Costo massimo ammissibile = 25 €/mq
 - Costo unitario valutato per l'intervento: 12 €/mq
- Sostituzione impianti di climatizzazione invernale con generatori di calore a condensazione (art.4, c.1, lett.c)
 - Percentuale incentivata = 55% della spesa ammissibile;
 - Costo massimo ammissibile = 130 €/kWt
 - Costo unitario valutato per l'intervento: 83 €/kWt
- Sostituzione di sistemi per l'illuminazione di interni e delle pertinenze esterne con sistemi di illuminazione efficienti (art.4, c.1, lett.f)
 - Percentuale incentivata = 40% della spesa ammissibile;

- Costo massimo ammissibile = 35 €/mq
- Costo unitario valutato per l'intervento: 6 €/mq
- Isolamento copertura dall'interno (art.4, c.1, lett.a)
 - Percentuale incentivata = 55% della spesa ammissibile;
 - Costo massimo ammissibile = 100 €/mq
 - Costo unitario valutato per l'intervento: 62 €/mq
- Isolamento termico di superfici opache delimitanti il volume climatizzato (art.4, c.1, lett.a)
 - Percentuale incentivata = 55% della spesa ammissibile;
 - Costo massimo ammissibile = 80 €/mq
 - Costo unitario valutato per l'intervento: 66 €/mq
- Sostituzione di chiusure trasparenti comprensive di infissi delimitanti il volume climatizzato (art.4, c.1, lett.b)
 - Percentuale incentivata = 55% della spesa ammissibile;
 - Costo massimo ammissibile = 450 €/mq
 - Costo unitario valutato per l'intervento: 560 €/mq
 - Calcolo incentivo = 55%*450€/mq*mq infissi sostituiti.

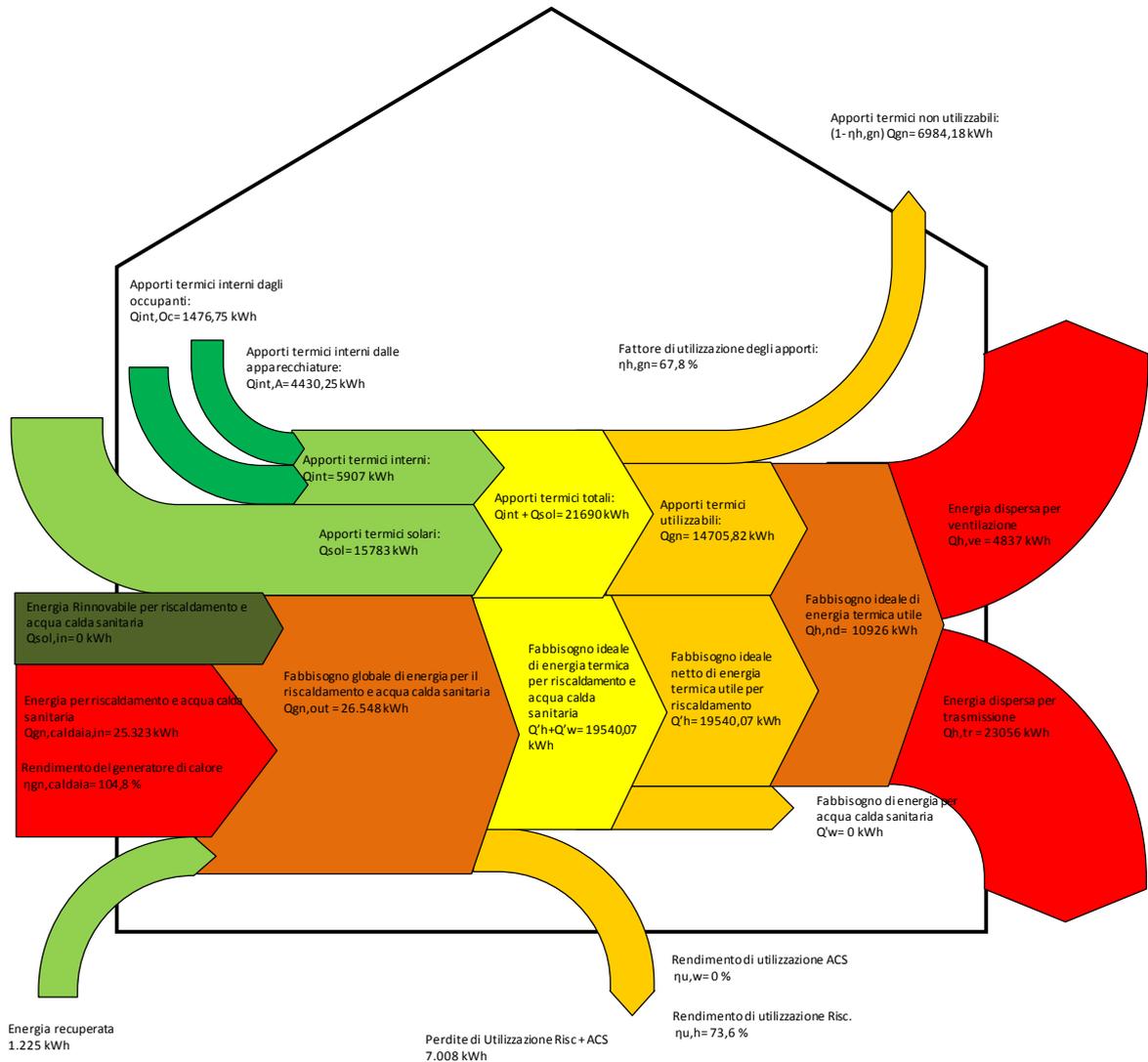
Tabella 9.20 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 2

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE	IVA Al 22%	TOTALE
	(IVA ESCLUSA)		(IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1: Coibentazione intradosso solaio esterno	€ 5.837,49	€ 1.284,25	€ 7.122
EEM2: Coibentazione interna murature verticali	€ 26.801,35	€ 5.896,30	€ 32.698
EEM3: Sostituzione infissi	€ 33.593,42	€ 7.391	€ 40.984
EEM4 : Installazione valvole termostatiche e pompa a giri variabili	€ 3.316,75	€ 730	€ 4.046
EEM5 : Sostituzione generatore di calore	€ 4.365,28	€ 960	€ 5.326
EEM6 - Sostituzione corpi illuminanti	€ 1.769	€ 389	€ 2.158
EEM1 - Costi per la sicurezza	€ 175	€ 39	€ 214
EEM2 - Costi per la sicurezza	€ 804	€ 177	€ 981
EEM3 - Costi per la sicurezza	€ 1.008	€ 222	€ 1.230
EEM4 - Costi per la sicurezza	€ 100	€ 22	€ 121
EEM5 - Costi per la sicurezza	€ 131	€ 29	€ 160
EEM6 - Costi per la sicurezza	€ 53	€ 12	€ 65
EEM1 -Costi per la progettazione	€ 409	€ 90	€ 499
EEM2 -Costi per la progettazione	€ 1.876	€ 413	€ 2.289
EEM3 -Costi per la progettazione	€ 2.352	€ 517	€ 2.869
EEM4 -Costi per la progettazione	€ 232	€ 51	€ 283
EEM5 -Costi per la progettazione	€ 306	€ 67	€ 373
EEM6 - Costi per la progettazione	€ 124	€ 27	€ 151
TOTALE (I₀)	€ 83.251	€ 18.315	€ 101.566
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO}	C _{MS}	C _M
	(IVA INCLUSA)	(IVA INCLUSA)	(IVA INCLUSA)

	[€]	[€]	[€]
EEM1 O&M	Come pre - intervento	Come pre - intervento	Come pre - intervento
EEM2 O&M	Come pre - intervento	Come pre - intervento	Come pre - intervento
EEM3 O&M	Come pre - intervento	Come pre - intervento	Come pre - intervento
EEM4 O&M	Come pre - intervento	Come pre - intervento	Come pre - intervento
EEM5 O&M	Come pre - intervento	Come pre - intervento	Come pre - intervento
TOTALE (C_M)	Come pre - intervento	Come pre - intervento	Come pre - intervento
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	[€]
Incentivi	Conto termico		€ 52.490
Durata incentivi			€ 5
Incentivo annuo			€ 10.498

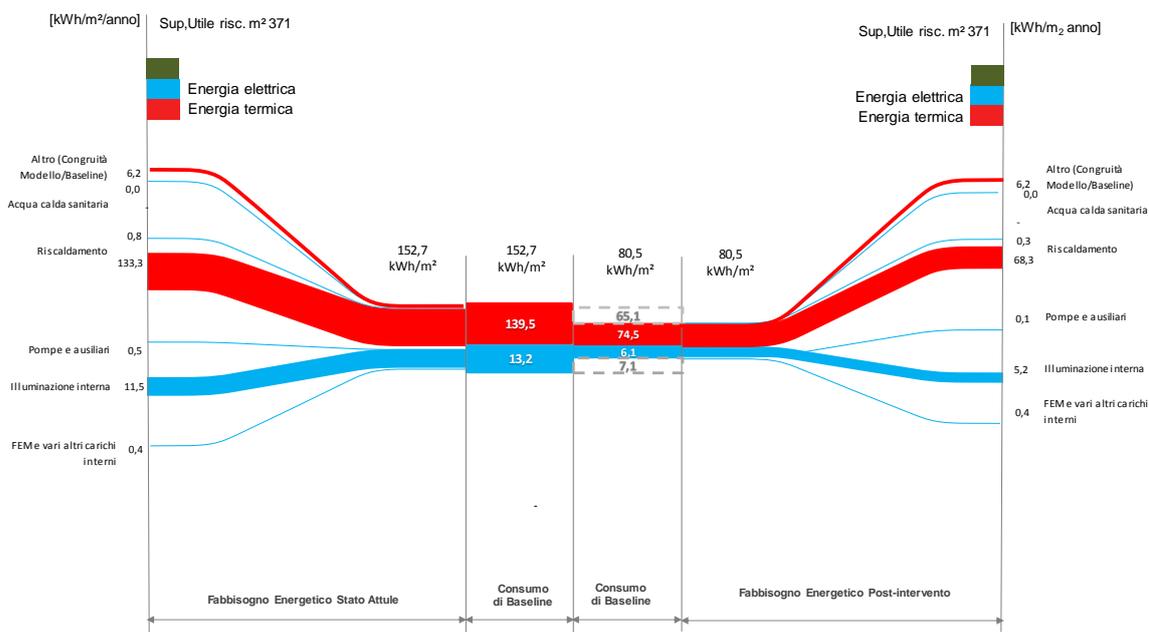
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di sankey relativo alle situazioni post-intervento.

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



Dall’analisi dei diagrammi di Sankey relativo al fabbisogno termico dell’edificio post intervento è possibile notare che l’energia termica persa per trasmissione è diminuita rispetto allo stato di fatto, come anche l’energia primaria in ingresso all’impianto termico.

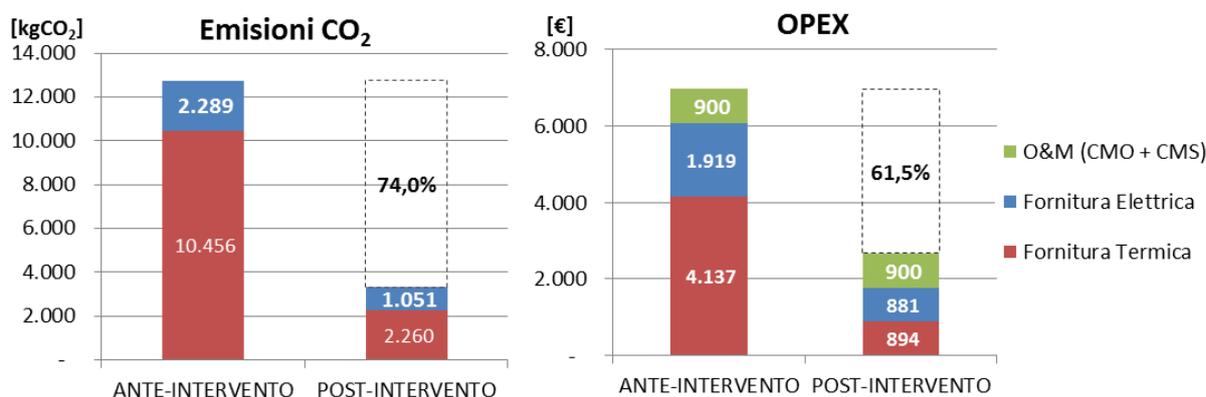
Figura 9.20 – SCN2: Bilancio energetico complessivo dell'edificio post intervento



I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario 2 sono riportati nella Tabella 9.21e nella Figura 9.21. È possibile notare che a fronte degli interventi di efficientamento energetico proposti si ha un miglioramento di 5 classi energetiche, passando dalla classe F dello stato di fatto alla classe B.

Tabella 9.21 – Risultati analisi SCN2

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Trasmittanza media solai disperdenti	[W/mqK]	1,5	0,22	85,3%
Trasmittanza media murature disperdenti	[W/mqK]	1,369	0,407	70,3%
Trasmittanza media infissi	[W/mqK]	3,668	1,621	55,8%
Rendimento di regolazione	[%]	79,4	98	-23,4%
Rendimento di generazione - riscaldamento	[%]	89,1	101,2	-13,6%
Potenza elettrica installata per illuminazione	[W]	2070	572	72,4%
Q _{teorico}	[kWh]	49.463	10.692	78,4%
EE _{teorico}	[kWh]	4.970	2.283	54,1%
Q _{baseline}	[kWh]	51.763	11.190	78,4%
EE _{baseline}	[kWh]	4.901	2.251	54,1%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	10.456	2.260	78,4%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	2.289	1.051	54,1%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	12.745	3.312	74,0%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	4.137	894	78,4%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	1.919	881	54,1%
Fornitura Energia, C_E	[€]	6.055	1.776	70,7%
C _{MO}	[€]	810	810	0,0%
C _{MS}	[€]	90	90	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	900	900	0,0%
OPEX	[€]	6.955	2.676	61,5%
Classe energetica	[-]	G	B	+5 CLASSI

Figura 9.21 – SCN2: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline

E' stato quindi possibile presentare un modello semplificato di Piano Economico Finanziario (PEF) indicativo, i cui calcoli di dettaglio sono riportati all'Allegato L – Piano Economico Finanziario scenari. I risultati dell'analisi sono riportati nella Tabella 9.17, Tabella 9.18 e Tabella 9.19 e nelle successive figure.

Tabella 9.22 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN2

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	n_i	1
Anni Gestione Servizio	n_s	24
Anni Concessione	n	25
Anno inizio Concessione	n_0	2020
Anni dell'ammortamento	n_A	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	k_{CDP}	2,00%
Costo Capitale Azienda	WACC	4,00%
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CDP})$	$k_{progetto}$	4,00%
Inflazione ISTAT	f	0,50%
deriva dell'inflazione	f'	0,70%
%, interessi debito	k_D	3,82%
%, interessi equity	k_E	9,00%
Aliquota IRES	IRES	24,0%
Aliquota IRAP	IRAP	3,9%
Aliquota fiscale	τ	27,90%
Anni debito (finanziamento)	n_D	24
Anni Equity	n_E	24
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_0	€ 101.566
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 3.047
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 104.613
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€ 83.690
Equity	I_E	€ 20.923
Fattore di annualità Debito	FA_D	15,70
Rata annua debito	q_D	€ 5.330
Costo finanziamento,(D+INT _D)	$q_D * n_D$	€ 127.926
Costi per interessi debito, INT _D	$INT_D = q_D * n_D - D$	€ 44.236

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

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€ 4.963
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€ 738
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€ 5.701
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$	70,7%
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$	0,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$	5,0%
Risparmio annuo PA garantito	51,6%	€ 3.221
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€ 285
Risparmio PA durante la concessione	14%	€ 35.909
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€ 4.732
N° di Canoni annuali	anni	24
Utile lordo della ESCO	$\% CAPEX$	-7,26%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	-€ 316
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€ 1.843
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€ 1.409
Canone O&M €/anno	C_{nM}	€ 786
Canone Energia €/anno	C_{nE}	€ 1.695
Canone Servizi €/anno IVA escl.	C_{nS}	€ 2.480
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	C_{nD}	€ 2.935
Canone Totale €/anno IVA escl.	C_n	€ 5.416
Aliquota IVA %	IVA	22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€ 18.315
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€ 52.490
Durata Incentivi, anni	n_B	5
Inizio erogazione Incentivi, anno		2022

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

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	11,93
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	21,90
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	$VAN > 0$	€ 3.373
Tasso interno di rendimento del progetto	$TIR > WACC$	4,55%
Indice di Profitto	IP	3,32%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	2,56
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	2,86
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	$VAN > 0$	€ 10.995
Tasso interno di rendimento dell'azionista	$TIR > k_e$	1,79%
Debit Service Cover Ratio	$DSCR < 1,3$	1,054
Loan Life Cover Ratio	$LLCR > 1$	0,444
Indice di Profitto Azionista	IP	10,83%

Figura 9.22 –SCN2: Flussi di cassa del progetto



Figura 9.23 – SCN2: Flussi di cassa dell'azionista



Infine si è provveduto all'identificazione del possibile canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale con incentivi attraverso la partecipazione di ESCO secondo lo schema di EPC descritto in Figura 9.18.

Figura 9.24 – Scenario 2: Schema di Energy Performance Contract

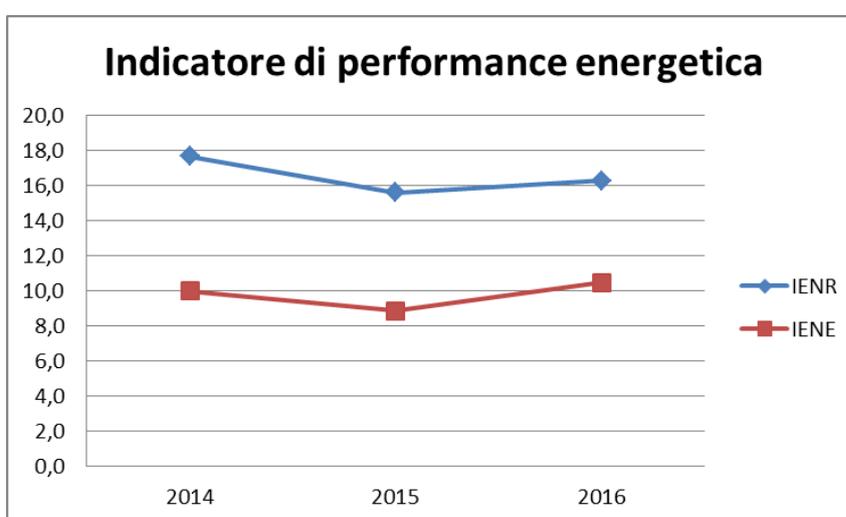
10 CONCLUSIONI

10.1 RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA

Nel presente documento sono stati individuati diverse tipologie di indici di performance energetica, tra cui IEN e ed IEN_r, ricavati dal documento ENEA-FIRE “Guida per il contenimento della spesa energetica nelle scuole” e gli indici calcolati secondo DM 26/06/2015.

Relativamente alle classi di merito riportate nelle Linee Guida ENEA - FIRE, è possibile rintracciare un comportamento pressoché lineare dei due indicatori nel triennio considerato, ottenendo relativamente ad IEN_r una valutazione di “buono” per 2014-2016, mentre l’indicatore IEN_e invece rimane “insufficiente” per tutto il triennio considerato.

Figura 10.1 – Indicatori di performance energetica



In riferimento al modello realizzato in funzionamento standard, così come richiesto per la redazione degli attestati di prestazione energetica, l’edificio oggetto di diagnosi risulta in classe energetica G, se confrontato con il relativo edificio di riferimento.

Nella seguente tabella sono riportati gli indicatori di prestazione energetica riferiti all’energia primaria totale ed energia primaria totale non rinnovabile.

Tabella 10.1 – Indicatori di prestazione energetica secondo DM 26/06/2015 riferiti all’energia primaria totale ed energia primaria totale non rinnovabile (modalità di funzionamento standard) – Stato di fatto

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale	EP _{gl}	kWh/mq anno	195,62	189,39
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	167,34	166,60
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	0,08	0,07
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	0	0
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	0	0
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	28,20	22,72
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	0	0
Emissioni equivalenti di CO2	CO _{2eq}	Kg/mq anno	39	39

Nelle Tabella 10.2 e Tabella 10.3 sono invece riportati gli indici di prestazione energetica ricavati a seguito della valutazione dei 2 scenari di intervento descritti in precedenza.

Tabella 10.2– Indicatori di prestazione energetica secondo DM 26/06/2015 riferiti all'energia primaria totale ed energia primaria totale non rinnovabile (modalità di funzionamento standard) – SCN1

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale	EP _{gl}	kWh/mq anno	122,30	118,88
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	109,38	108,47
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	0,08	0,07
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	0	0
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	0	0
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	12,84	10,34
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	0	0
Emissioni equivalenti di CO2	CO _{2eq}	Kg/mq anno	24	24

Tabella 10.3– Indicatori di prestazione energetica secondo DM 26/06/2015 riferiti all'energia primaria totale ed energia primaria totale non rinnovabile (modalità di funzionamento standard) – SCN2

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale	EP _{gl}	kWh/mq anno	36,54	33,79
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	23,62	23,88
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	0,08	0,07
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	0	0
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	0	0
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	12,84	10,34
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	0	0
Emissioni equivalenti di CO2	CO _{2eq}	Kg/mq anno	7	7

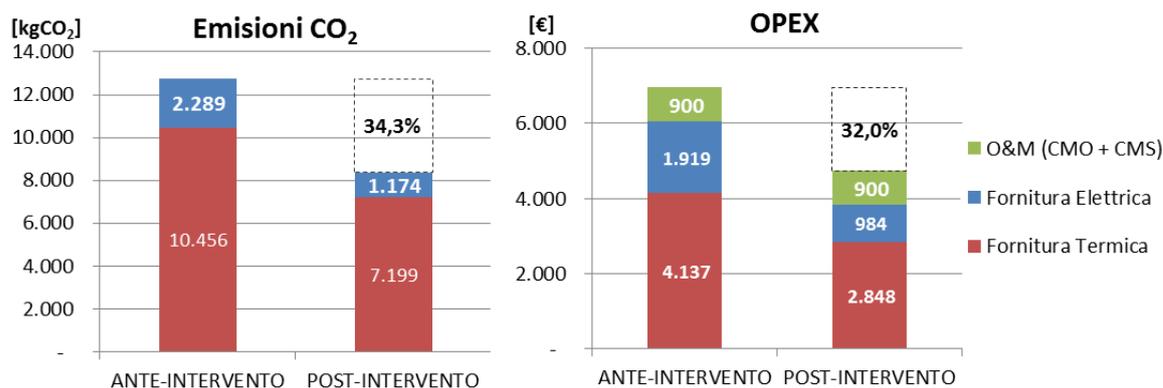
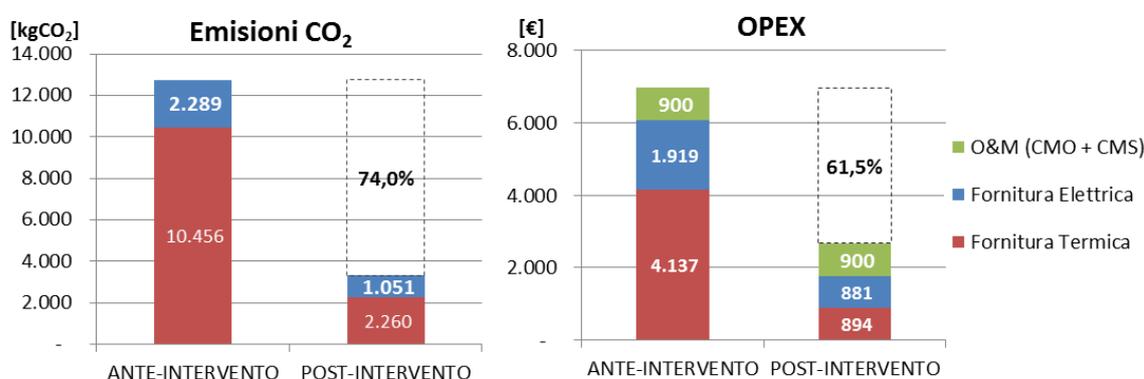
Nelle tabelle precedenti si possono vedere in dettaglio i risultati sugli indicatori di prestazione energetica calcolati in modalità di funzionamento standard, che determinano il salto di 1 e 5 classi energetiche a seconda che venga attuato rispettivamente lo scenario 1 e lo scenario 2.

10.2 RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI

A seguito dell'individuazione dei possibili interventi di efficientamento energetico, sono state proposte due soluzioni progettuali, SCN1 ed SCN2 con tempi di ritorno semplice a 15 e 25 anni, comprendenti i seguenti interventi:

- **Scenario 1: SCN1** – Tale scenario consiste nella sostituzione dei corpi illuminanti interna, nell'installazione di valvole termostatiche con pompa ad inverter e sostituzione del generatore di calore con un generatore a condensazione
- **Scenario 2: SCN2** – Tale scenario consiste, oltre che la realizzazione degli interventi dello SCN1 anche la coibentazione della copertura disperdente, delle murature verticali, la sostituzione degli infissi e la sostituzione dei corpi illuminanti.

Di seguito si riportano la riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO2 nelle due ipotesi adottate.

Figura 10.2 - SCN1: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baselineFigura 10.3 – SCN2: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline

Come è possibile notare sono maggiori i risparmi in costi operativi e in emissioni nello scenario a 25 anni (SCN2), infatti sono più numerosi e più incisivi gli interventi effettuati sull'edificio. In entrambi gli scenari si raggiungono comunque ottimi risultati sia in termini di emissioni di anidride carbonica sia in termini di spesa per l'energia. L'edificio oggetto di diagnosi risulta quindi avere un ampio margine di miglioramento delle sue performance energetiche, principalmente intervenendo sull'involucro attualmente non coibentato e sulla regolazione più spinta dell'impianto di riscaldamento.

Dagli approfondimenti eseguiti non esistono particolari interferenze tra gli interventi relativi alle coibentazioni degli involucri edilizi tra di loro e nemmeno con l'intervento di sostituzione dei corpi illuminanti. Un'interferenza potrebbe derivare dalla sostituzione del generatore di calore che, se effettuata a valle degli interventi di coibentazione, è certamente condizionata da un abbassamento della potenza termica di dispersione dai componenti edilizi, pertanto sarebbe necessario effettuare l'intervento successivamente.

Le proposte presentate possono essere realizzate con un unico cantiere nel periodo di chiusura estiva dell'Accademia, al fine di non creare interferenze o disturbi alle normali lezioni. Tuttavia interventi quali la sostituzione del generatore di calore può avvenire fuori dal periodo di riscaldamento, essendo la centrale termica a servizio della sola climatizzazione invernale.

Al fine di misurare in modo efficace i risparmi energetici a valle delle azioni di efficientamento intraprese, si dovrebbe dotare l'edificio di un semplice sistema di monitoraggio dell'energia elettrica e termica. Per quanto riguarda il fabbisogno elettrico, si potrebbe prevedere l'installazione di una apparecchiatura di misura a trasformatori amperometrici sul quadro elettrico generale; in questo modo si riuscirebbero a tenere sotto controllo i consumi globali della struttura e confrontarli con ciò che arriva dalla misura del distributore in fattura. Tuttavia l'installazione di diversi punti di misura per le diverse utenze (illuminazione, FEM, etc), consentirebbe di valutare più accuratamente altri possibili margini di risparmio dell'energia, principalmente per quanto riguarda il comportamento delle persone che usufruiscono della struttura. Essendo i consumi termici dovuti alla sola climatizzazione invernale e l'impianto costituito da un unico circuito, sarebbe sufficiente

l'installazione di un sistema di contabilizzazione del calore composto da un misuratore di portata e da una coppia di sonde di temperatura. In questo modo sarebbe possibile confrontare il consumo di gas naturale derivante dalle letture al contatore con la produzione di energia termica generata in centrale. Per entrambe le soluzioni di misura dei fabbisogni energetici esistono applicazioni ICT, ormai molto diffuse, in grado di monitorare quasi in tempo reale i consumi di energia.

Specificatamente per il caso di studio in oggetto, sarebbe possibile ed auspicabile l'installazione di un sistema di contabilizzazione della produzione di energia termica da parte del generatore di calore, pensando di installare tre diversi misuratori, uno in uscita al generatore e due sui circuiti secondari di riscaldamento dell'edificio E1600 e dell'edificio E1602.

10.3 RACCOMANDAZIONI

Di seguito sono riportate le raccomandazioni e le buone pratiche per il miglioramento dell'efficienza energetica, a completamento del lavoro di diagnosi energetica eseguito, che comprendono vari aspetti relativi l'edificio: dall'utilizzo della struttura fatta dagli utenti, alle modalità di utilizzo delle apparecchiature elettriche, all'illuminazione, agli aspetti gestionali e di formazione.

Ambito	Raccomandazioni	Considerazioni
Acquisti	Acquistare attrezzature ad alta efficienza energetica.	<p>In caso di nuovo acquisto di apparecchiature elettriche di vario tipo e soggette ad etichettatura energetica, verificare che siano in classe A o superiore.</p> <p>Nel caso di acquisto di notebook, fotocopiatrici e stampanti verificare la predisposizione alla modalità di funzionamento in stand-by.</p>
Apparecchiature elettriche	Spegnere le fotocopiatrici, le stampanti, i monitor, i pc e le altre attrezzature elettriche se non utilizzate per lungo tempo e nei periodi di chiusura della struttura.	<p>Per non avere sprechi nelle ore di chiusura dell'edificio è possibile spegnere manualmente le apparecchiature elettriche prima dell'uscita del personale o programmare adeguatamente il temporizzatore già inserito a bordo macchina dei modelli più recenti.</p> <p>Predisporre prese comandate per togliere l'alimentazione dai pc, dalle stampanti multifunzione e dalle apparecchiature informatiche in generale, in quanto il consumo in stand-by dei dispositivi elettrici / informatici può essere notevole quando questi sono molto numerosi all'interno dell'edificio (si stima che un pc spento consumi circa 7-8 Wh).</p> <p>Terminato l'uso, spegnere le macchinette portatili del caffè, in quanto il consumo di energia elettrica derivante da queste è significativo. Si stima che una macchinetta da caffè espresso consumi fino a 50 kWh all'anno dovuti al suo consumo in modalità stand-by.</p>

Ambito	Raccomandazioni	Considerazioni
Climatizzazione	Mantenere la temperatura di set-point di legge pari a 20°C.	Evitare di modificare i valori di temperatura imposti dalla legge pari a 20°C agendo con una modifica su valvola termostatica (una volta installata) o termostato, si stima un consumo medio maggiore del 7-8 % per ogni grado che si discosta dalla temperatura di set-point invernale.
	Corretta regolazione delle centraline climatiche	Si consiglia di verificare con il manutentore i settaggi delle centraline climatiche. Le centraline climatiche dovrebbero essere una per ogni zona termica, in modo tale da poter personalizzare gli orari di funzionamento e le temperatura di mandata a seconda del tipo di utenza servita.
	Non utilizzare altri generatori di calore esterni al circuito del riscaldamento principale.	Non usare stufette elettriche che, oltre che creare ulteriori consumi, spesso comportano rischi per la sicurezza e discomfort nell'ambiente di lavoro (sovratemperatura indesiderata, secchezza dell'aria, pericoli di folgorazione e di incendio). Si stima che il risparmio annuale dovuto alla mancata accensione di una stufa elettrica sia pari a 300 kWh.
	Regolazione dell'impianto termico in funzione dei locali effettivamente utilizzati.	In caso di mancato utilizzo di un locale, per un solo giorno o per un periodo di tempo più prolungato, prevedere, se possibile, l'eventuale spegnimento del terminale di emissione. Il beneficio dovuto a questo accorgimento può fare risparmiare dall'1% al 3% di energia primaria all'anno.
	Limitare la ventilazione naturale dei locali a brevi periodi e negli orari corretti.	L'apertura delle finestre deve essere limitata ad una durata di pochi minuti, specie con temperature esterne estreme, in quanto le perdite di energia termica per ventilazione ricoprono una quota importante delle dispersioni termiche degli edifici. Tuttavia se ben utilizzata la ventilazione naturale garantisce un'adeguata qualità dell'aria degli ambienti. Le perdite di energia termica per ventilazione ricoprono una quota importante delle dispersioni termiche degli edifici e per limitare questi effetti è importante che il ricambio d'aria venga realizzato quanto possibile negli orari corretti, ovvero la mattina presto in estate e nelle ore di piena insolazione in inverno.
Tenere i terminali di emissione del calore liberi da eventuali ostruzioni.	Il personale deve inoltre assicurarsi della chiusura di tutte le aperture vetrate prima dell'uscita dall'edificio.	

Ambito	Raccomandazioni	Considerazioni
	Spegnimento dell'impianto di produzione del calore.	<p>I terminali di emissione di calore devono essere liberi e non coperti da tendaggi o altro materiale che ostruisce la diffusione del calore nell'ambiente e riduce l'efficienza dell'impianto. Avere dei terminali più efficienti può permettere di regolare la temperatura di mandata del fluido termovettore ad un valore più basso, e di conseguenza può ridurre i consumi di metano o gasolio.</p> <p>Dopo diverse ore di funzionamento l'edificio mantiene una propria inerzia termica, è pertanto consigliabile spegnere l'impianto termico 30-60 minuti prima dell'uscita, ottenendo anche un adattamento alle condizioni esterne. Si può prevedere un ulteriore risparmio fino al 4%.</p>
Formazione del personale	Eseguire una campagna informativa in tema di risparmio energetico.	<p>Fornire informazioni su tutte le possibili azioni di risparmio energetico realizzate e di potenziale realizzazione all'interno dell'edificio.</p> <p>Realizzare incontri per la diffusione della cultura del risparmio energetico.</p> <p>Distribuzione di materiale informativo sull'efficienza energetica negli edifici.</p>
Illuminazione	<p>Prediligere l'utilizzo della luce naturale durante il giorno.</p> <p>Evitare gli sprechi.</p>	<p>Non tenere la tapparella abbassata con l'illuminazione accesa.</p> <p>Uscendo dalla stanza o da un altro ambiente spegnere le luci, specialmente negli ambienti poco frequentati (archivi, sale riunioni e bagni).</p> <p>Il personale deve inoltre assicurarsi dello spegnimento di tutte le luci prima dell'uscita dall'edificio.</p>

10.4 CONCLUSIONI E COMMENTI

L'Accademia Ligustica presenta uno stato di fatto, al momento del sopralluogo avvenuto a dicembre 2017, in scarse condizioni. Si presentano anche criticità di tipo edile, come ad esempio distacchi di intonaco e presenza di muffe, sia al piano seminterrato che al piano terra, dovute probabilmente a scarsa ventilazione dei locali interessati.

Dall'intervista eseguita agli occupanti della struttura sono emerse alcune criticità relative all'impianto termico relativamente agli orari di accensione della centrale termica e l'attivazione del circuito dedicato che spesso non seguono le reali esigenze degli occupanti della struttura. La centrale termica presente fornisce calore a due strutture adiacenti, alla Scuola Dell'Infanzia "Bertani" e palesrea "Umberto I" (edificio E1602) ed alla Accademia Ligustica (edificio E1600).

Dopo aver eseguito l'analisi dei consumi e la modellazione energetica, si sono definiti i possibili interventi di efficientamento energetico ed i possibili scenari con tempi di ritorno a 15 e 25 anni.

Nei due scenari individuati si presentano due situazioni diverse, nello SCN 1 si ha la riqualificazione dell'impianto termico, con la sostituzione del generatore di calore, installazione di valvole termostatiche e di pompe ad inverter e la sostituzione dei corpi illuminanti. In questo contesto si presenta solo un passaggio di classe rispetto allo stato di fatto, dalla classe G alla classe F.

Nello SCN2, oltre gli interventi contenuti nello SCN1, sono stati eseguiti interventi di efficientamento mediante coibentazione delle strutture opache e sostituzione di quelle trasparenti.

Secondo questa seconda soluzione adottata si ha il passaggio di 5 classi energetiche, dalla classe G dello stato di fatto, alla classe B dello scenario SCN2.

ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA

	Titolo	Data	Nome file
1	Elenco documentazione fornita	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1600_revB_Allegato A_Elenco doc fornita.xlsx

ALLEGATO B – ELABORATI

	Titolo	Descrizione	Data	Nome file
1	Grafici template	Grafici ed elaborazioni dati utilizzati per la diagnosi ed il calcolo degli interventi migliorativi e gli scenari	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1600_revB-Allegato B-Grafici_Template.xlsx
2	Posizionamento centrale termica, POD e PDR	Posizionamento centrale termica, POD e PDR	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1600_revB-Allegato B_Localizzazione CT POD e PDR.dwg
3	Zone termiche piano seminterrato	Posizionamento delle zone termiche piano seminterrato	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1600_revB-Allegato B_Planimetria e ZT - PIAN1SS.dwg
4	Zone termiche piano terra	Posizionamento delle zone termiche piano terra	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1600_revB-Allegato B_Planimetria e ZT - PIAN1.dwg
5	Zone termiche piano primo	Posizionamento delle zone termiche piano primo	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1600_revB-Allegato B_Planimetria e ZT - PIAN1.dwg
6	Zone termiche piano secondo	Posizionamento delle zone termiche piano secondo	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1600_revB-Allegato B_Planimetria e ZT - PIAN2.dwg
7	Elenco illuminazione e FEM	Elenco illuminazione e modellazione energetica FEM	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1600_revB-Allegato B_Elenco illuminazione e FEM.xlsx
8	Visura catastale	Visura catastale	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1600_revB-Allegato B_Visura catastale.JPG
9	Planimetria catastale	Planimetria catastale	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1600_revB-Allegato B_Planimetria catastale.pdf
10	Schema quadri elettrici	Schema quadri elettrici	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1600_revB-Allegato B_Schema a blocchi elettrico.xlsx
11	Schema impianto termico	Schema impianto termico	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1600_revB-Allegato B_Schema impianto termico.dwg

ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

	Titolo	Data	Nome file
1	Report termografico	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1600_revB-Allegato C-Report termografico.docx



ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI

	Titolo	Data	Nome file
1	Report strumentazione utilizzata	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1600_revB-Allegato D-Report strumentali.docx



ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI

	Titolo	Data	Nome file
1	Relazione di calcolo energetico Accademia Ligustica	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1600_revB-Allegato E-Relazione di dettaglio dei calcoli.rtf



ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

	Titolo	Data	Nome file
1	Certificato CTI software	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1600_revB-Allegato F-CertCTI.pdf

ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

	Titolo	Data	Nome file
1	Attestato di prestazione energetica – Edificio E1600 – Bozza	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1600_revB-Allegato G-APE ACCADEMIA LIGUSTICA.rtf

ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

	Titolo	Data	Nome file
1	Attestato di prestazione energetica – Edificio E1600 – Scenario SCN1 – 15 anni –Bozza	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1600_revB-Allegato H-APE SCN1 ACCADEMIA LIGUSTICA.RTF
2	Attestato di prestazione energetica – Edificio E1600 – Scenario SCN2 – 25 anni –Bozza	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1600_revB-Allegato H-APE SCN2 ACCADEMIA LIGUSTICA.RTF

ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

	Titolo	Data	Nome file
1	Dati climatici di riferimento	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1600_revB-Allegato I - Dati meteo Stazione Centro Funzionale.xlsx



ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

	Titolo	Data	Nome file
1	Schede AICARR E1600	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1600_revB-Allegato J_check list AICARR.xlsx

ALLEGATO K – SCHEDE ORE

	Titolo	Data	Nome file
1	Sostituzione serramenti	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1600_revB-Allegato K_A1.2 – Chiusure verticali trasparenti – sostituzione serramenti.pdf
2	Coibentazione interna delle murature verticali	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1600_revB-Allegato K_A2.5 - Chiusure verticali opache-coibentazione dall interno con pannelli.pdf
3	Coibentazione dell'intradosso del solaio con pannelli	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1600_revB-Allegato K_A3.4 – Partizioni orizzontali – isolamento all'intradosso con pannelli
4	Sostituzione del generatore di calore con caldaia a condensazione	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1600_revB-Allegato K_H2 - Sostituzione sistemi di generazione obsoleti con caldaie a condensazione.pdf
5	Installazione pompe ad inverter	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1600_revB-Allegato K_H15 - Installazione di pompe a portata variabile.pdf
6	Installazione valvole termostatiche	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1600_revB-Allegato K_H16 – Installazione valvole termostatiche.pdf
7	Sostituzione corpi illuminanti	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1600_revB-Allegato K_L1 - Installazione di sorgenti luminose ad alta efficienza.pdf



ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI

	Titolo	Data	Nome file
1	Analisi Piano Economico Finanziario	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1600_revB-Allegato L_Analisi PEF.xlsx



ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

	Titolo	Data	Nome file
1	Report di Benchmark	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1600_revB-Allegato M-Report di benchmark.docx



ALLEGATO N – CD-ROM