

SCUOLA SECONDARIA DI PRIMO GRADO BARABINO

E1323

LARGO PIETRO GOZZANO 3, 16149, GENOVA (GE)

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA
FONDO KYOTO - SCUOLA 3



Aprile 2018

COMUNE DI GENOVA
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER



COMUNE DI GENOVA



INGEGNERIA QUALITÀ SERVIZI

SCUOLA SECONDARIA DI PRIMO GRADO BARABINO

E1323

LARGO PIETRO GOZZANO 3, 16149, GENOVA (GE)

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA

FONDO KYOTO - SCUOLA 3

Aprile 2018

COMUNE DI GENOVA

STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER

Comune di Genova – Area Tecnica – Struttura di Staff Energy Manager
Via Di Francia 1 – 18° Piano Matitone – 16149 – Genova
Tel 010 5573560 – 5573855; energymanager@comune.genova.it; www.comune.genova.it

I.Q.S. Ingegneria, Qualità e Servizi S.r.l.
Via Pertini, 39 • 20060 • Bussero (MI)
T [+39 02 953 34 022](tel:+390295334022) ; F [+39 02 953 30 543](tel:+390295330543) ; info@iqssrl.eu ; <http://www.iqssrl.eu>

REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI

Revisione	Data	Realizzazione	Revisione	Approvazione	Descrizione
A	02/03/2018	Ing. Alessandro Cieli	Ing. Elena Mazzucco	Ing. Fabio Gianola	Prima Pubblicazione
			Ing. Elisa Bezzone		
B	23/04/2018	Ing. Alessandro Cieli	Ing. Elena Mazzucco	Ing. Fabio Gianola	Revisioni come richiesti dalla PA in data 10/04/2018
			Ing. Elisa Bezzone		
C	21/06/2018	Ing. Alessandro Cieli	Ing. Elena Mazzucco	Ing. Fabio Gianola	Revisione Figura 9.12-9.18
			Ing. Elisa Bezzone		

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

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

INDICE

PAGINA

EXECUTIVE SUMMARY	I
1 INTRODUZIONE	1
1.1 PREMessa	1
1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA	1
1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO.....	2
1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO.....	2
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO	3
1.6 STRUTTURA DEL REPORT	6
2 DATI DELL'EDIFICIO.....	7
2.1 INFORMAZIONI SUL SITO	7
2.2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE, SOCIO-ECONOMICO E DESTINAZIONE D'USO	7
2.3 VERIFICA DEI VINCOLI INTERFERENTI SULLE PARTI DELL'IMMOBILE INTERESSATE DAGLI INTERVENTI.....	9
2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO.....	10
3 DATI CLIMATICI	11
3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO.....	11
3.2 DATI CLIMATICI REALI.....	12
3.3 ANALISI DELL'ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO	12
4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI	14
4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO.....	14
4.1.1 <i>Involucro opaco</i>	14
4.1.2 <i>Involucro trasparente</i>	15
4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/CLIMATIZZAZIONE INVERNALE.....	16
4.2.1 <i>Sottosistema di emissione</i>	16
4.2.2 <i>Sottosistema di regolazione</i>	17
4.2.3 <i>Sottosistema di distribuzione</i>	18
4.2.4 <i>Sottosistema di generazione</i>	19
4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA	20
4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO/CLIMATIZZAZIONE ESTIVA	20
4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA	20
4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE	20
4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE	20
4.8 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DI IMPIANTI DI PRODUZIONE ENERGIA ELETTRICA O COGENERAZIONE	22
5 CONSUMI RILEVATI	22
5.1.1 <i>Energia termica</i>	22
5.1.2 <i>Energia elettrica</i>	24
5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI	30
6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO.....	35
6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO	35
6.1.1 <i>Validazione del modello termico</i>	36
6.1.2 <i>Validazione del modello elettrico</i>	37
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI.....	38
6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI.....	40
7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTERVENTO	42
7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI	42
7.1.1 <i>Vettore termico</i>	42
7.1.2 <i>Vettore elettrico</i>	43
7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI.....	46
7.3 COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI.....	47

7.4	BASELINE DEI COSTI.....	48
TABELLA 7.7 – VALORI DI COSTO INDIVIDUATI PER IL CALCOLO DELLA BASELINE		48
8	IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA	49
8.1	DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI	49
8.1.1	<i>Involucro edilizio.....</i>	49
8.1.2	<i>Impianto riscaldamento.....</i>	53
8.1.3	<i>Impianto produzione acqua calda sanitaria.....</i>	56
8.1.4	<i>Impianto di ventilazione e climatizzazione estiva.....</i>	56
8.1.5	<i>Impianto di illuminazione ed impianto elettrico.....</i>	57
8.1.6	<i>Impianto di generazione da fonti rinnovabili.....</i>	58
9	VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA.....	59
9.1	ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	59
9.2	ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	63
9.3	IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D’INTERVENTO E SCENARI D’INVESTIMENTO.....	71
9.3.1	<i>Scenario 1: EEM1 + EEM3 + EEM4 + EEM5.....</i>	73
9.3.2	<i>Scenario 2: EEM1 + EEM2 + EEM3 + EEM5.....</i>	79
10	CONCLUSIONI	85
10.1	RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA	85
10.2	RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI	85
10.3	CONCLUSIONI E COMMENTI.....	85
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		2
ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI		5
ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE		6
ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA		7
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		A

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	-	1550
Anno di ristrutturazione	-	2007: installazione sottostazione teleriscaldamento
Zona climatica	-	[D]
Destinazione d'uso		E.7 Attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili
Superficie utile riscaldata	[m ²]	1.659
Superficie disperdente (S)	[m ²]	3.442
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	12.122
Rapporto S/V	[1/m]	0,22
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	4.166
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	0
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	4.166
Tipologia generatore riscaldamento		Sottocentrale di teleriscaldamento
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	350
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	-
Tipo di combustibile	-	Acqua surriscaldata
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)	-	Non presente
Emissioni CO ₂ di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	39
Consumo di riferimento Calore da Teleriscaldamento ⁽¹⁾	[kWh _{th} /anno]	85.379
Spesa annuale Calore da Teleriscaldamento ⁽¹⁾	[€/anno]	7.048
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	28.449
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	5.703

Nota (1): Valori di Baseline

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

- EEM 1: partizioni orizzontali - solaio sottotetto: isolamento con pannelli o feltri
- EEM 2: chiusure verticali trasparenti: sostituzione dei serramenti e installazione di valvole termostatiche
- EEM 3: installazione pompa a portata variabile
- EEM 4: installazione di valvole termostatiche
- EEM 5: installazione di sorgenti luminose ad alta efficienza
- SCN 1: EEM1 + EEM3 + EEM4 + EEM5
- SCN 2: EEM1 + EEM2 + EEM3 + EEM5

E1323 – Scuola secondaria di primo grado Barabino

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

CON INCENTIVI														
	% ΔE [%]	% ΔCO_2 [%]	ΔC_E [€/a]	ΔC_{MO} [€/a]	ΔC_{MS} [€/a]	I_0 [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	ANNI [n]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]	DSCR	LLCR
EEM 1	2,8	3,4	361	0	0	8.162	10,8	16,7	30	2.038	7,0	0,25	n/a	n/a
EEM 2	23,0	27,4	2.929	0	0	123.972	20,7	34,1	30	-15.406	2,2	-0,12	n/a	n/a
EEM 3	1,3	1,0	161	5.524	1.101	4.348	0,8	0,8[MV1][n2]	15	57.134	129,6	13,14	n/a	n/a
EEM 4	12,1	14,4	1.542	0	0	2.031	1,4	1,5	15	12.761	66,4	6,28	n/a	n/a
EEM 5	7,8	5,9	992	0	0	21.452	9,6	10,8	8	-5.765	-5,5	-0,27	n/a	n/a
SCN 1	23,7	24,4	2.482	4.528	903	35.994	2,1	2,4	15	7.473	50,1	0,21	1,31	1,17
SCN 2	34,6	37,4	3.617	4.528	903	157.934	16,7	>25	25	<0	7,3	-0,02	0,99	1,29

Figura 0.1 – Scenario 1: analisi finanziaria



Figura 0.2 – Scenario 2: analisi finanziaria



Nella selezione degli interventi da combinare per la definizione degli scenari si è tenuto conto, per quanto possibile, delle richieste della committenza (salto superiore a due classi e tempi di ritorno rispettivamente inferiori a 15 e 25 anni).

L'edificio in esame presenta tuttavia la particolarità di essere allacciato alla rete di teleriscaldamento, mediante sottostazione realizzata nel 2007 e attualmente in ottime condizioni di conservazione con elevati rendimenti. Questo aspetto rende quindi non fattibile, oltre che non opportuna, l'attuazione di interventi consistenti sul comparto impiantistico, quali l'installazione di una caldaia a condensazione o di una pompa di calore. Ne consegue la non possibilità di ottenere il doppio salto di classe richiesto.

Occorre inoltre considerare che, essendo l'edificio sottoposto a vincolo architettonico, la gamma degli interventi applicabili è ulteriormente ridotta, essendo esclusa sia la possibilità di coibentare la muratura perimetrale, sia quella di ricorrere allo sfruttamento di fonti rinnovabili quali il fotovoltaico.

Volendo combinare in 2 scenari le soluzioni residue l'unica possibilità è stata quella di individuare una prima ipotesi comprensiva di tutti gli interventi applicabili ed una seconda in cui venga escluso l'intervento più oneroso (sostituzione dei serramenti), al fine di soddisfare il requisito del tempo di ritorno in meno di 15 anni.

In termini di sostenibilità finanziaria degli investimenti, si è cercato di individuare interventi che consentissero l'ottenimento di valori adeguati degli indici DSCR e LLCR (si veda Capitolo 9.3); tuttavia, le limitazioni di cui sopra non lo hanno reso sempre possibile. Si rilevano infatti valori ottimali solo per lo scenario SCN1, che esclude la sostituzione dei serramenti.

1 INTRODUZIONE

1.1 PREMESSA

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

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

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

1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA

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

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

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

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

Figura 1.1 - Vista della facciata esposta a Ovest



1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO

La presente DE è stata eseguita dalla Società IQS S.r.l., il cui responsabile per il processo di audit è l'ing. Fabio Gianola, 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. Alice Frontini Ing. Alessandro Cieli		Sopralluogo in sito
Ing. Alessandro Cieli		Elaborazione dei dati relativi ai consumi energetici
Ing. Alessandro Cieli		Elaborazione dei dati geometrici e creazione del modello energetico
Ing. Alessandro Cieli		Tecnico Termografico secondo livello: rilievo termografico ed elaborazione report termografico
Ing. Alessandro Cieli		Redazione report di diagnosi energetica
Ing. Elena Mazzucco	Responsabile involucro	Revisione report di diagnosi energetica
Ing. Elisa Bezzone	Responsabile impianti	Revisione report di diagnosi energetica
Ing. Fabio Gianola	EGE	Approvazione report di diagnosi energetica

1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO

L'immobile oggetto della DE, catastalmente individuato al NCEU, sezione SAM, foglio 40 Mapp. 130, Sbalterno 1, è sito nel Comune di Genova e più precisamente nel quartiere Sampierdarena.

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

Figura 1.2 – Ubicazione dell'edificio



Nella seguente tabella sono riportate le principali caratteristiche geometriche ed impiantistiche dell'edificio.

Tabella 1.2 - Tabella riepilogativa dei dati dell'edificio

PARAMENTO	U.M.	VALORE
Anno di costruzione edificio	-	1550
Anno di ristrutturazione	-	2007: installazione sottostazione teleriscaldamento
Zona climatica	-	[D]
Destinazione d'uso	-	E.7 Attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili
Superficie utile riscaldata	[m ²]	1.659
Superficie disperdente (S)	[m ²]	3.442
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	12.122
Rapporto S/V	[1/m]	0,22
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	4.166
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	0

Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	4.166
Tipologia generatore riscaldamento		Sottocentrale di teleriscaldamento
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	350
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	-
Tipo di combustibile	-	Acqua surriscaldata
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)	-	Non presente
Emissioni CO ₂ di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	39
Consumo di riferimento Calore da Teleriscaldamento ⁽¹⁾	[kWh _{th} /anno]	85.379
Spesa annuale Calore da Teleriscaldamento ⁽¹⁾	[€/anno]	7.048
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	28.449
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	5.703

Nota (1): Valori di Baseline

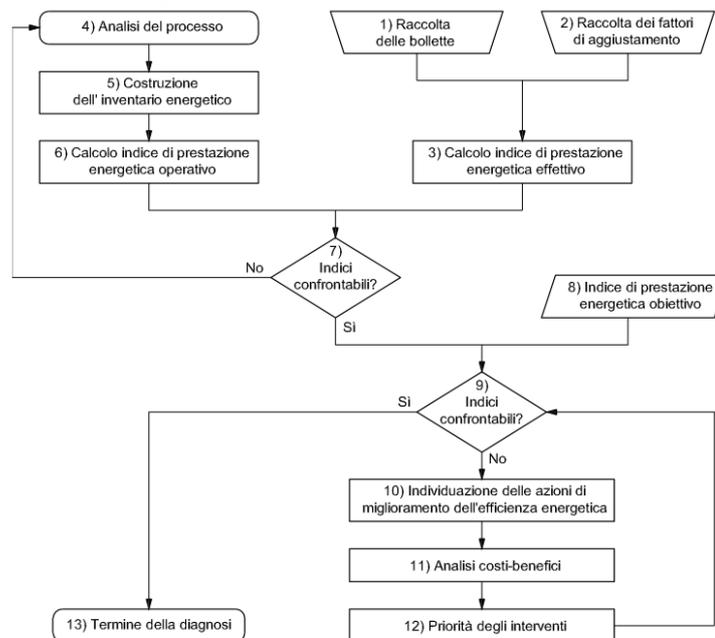
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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

- a) Acquisizione della documentazione utile, fornita dalla PA, come riportato all'Allegato A – Elenco documentazione fornita dalla committenza;
- b) Analisi del quadro normativo di riferimento, incluso la verifica dei vincoli ambientali, storici, archeologici e paesaggistici interferenti sull'immobile interessato dall'intervento;
- c) Visita agli edifici, effettuata in data [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;
- d) Visita alla centrale termica e/o frigorifera, con il supporto del personale incaricato della conduzione e manutenzione degli impianti e rilevamento dei dati utili;
- e) Preparazione e compilazione delle schede di Audit previste per la diagnosi di livello II di cui all'appendice A delle LGEE - Linee Guida per l'Efficienza Energetica negli Edifici - sett. 2013 - elaborato da AiCARR per Agesi, Assistal, Assopetroli e Assoenergia, e riportate all'Allegato J – Schede di audit;
- f) Elaborazione del comportamento termico ed elettrico dell'edificio, realizzata utilizzando il software commerciale Termolog Epix8 in possesso di certificato di conformità rilasciato dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI) [Numero certificato 65] ai sensi del D.lgs. 192/05 e s.m.i. e riportato all'Allegato F – Certificato CTI Software;
- g) Analisi dei profili annuali di consumi e costi dei servizi energetici reali dell'edificio, comprensivi della fornitura dei vettori energetici sia elettrici che di calore da teleriscaldamento e degli oneri di O&M, relativamente alle annualità 2014-2015-2016;
- h) Analisi dei dati climatici reali del sito ove è ubicato l'edificio con conseguente calcolo dei Gradi Giorno reali (GG_{real}), utilizzando le temperature esterne rilevate dalla stazione meteo dell'Università di Genova e riportati all'Allegato I – Dati climatici;
- i) Individuazione della “baseline termica” di riferimento (e relative emissioni di CO₂) tramite opportuna ripartizione del consumo di combustibile tra le varie utenze a servizio dell'edificio e destagionalizzazione dello stesso, utilizzando i relativi GG reali (GG_{real}), e conseguente normalizzazione secondo i GG di riferimento (GG_{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.

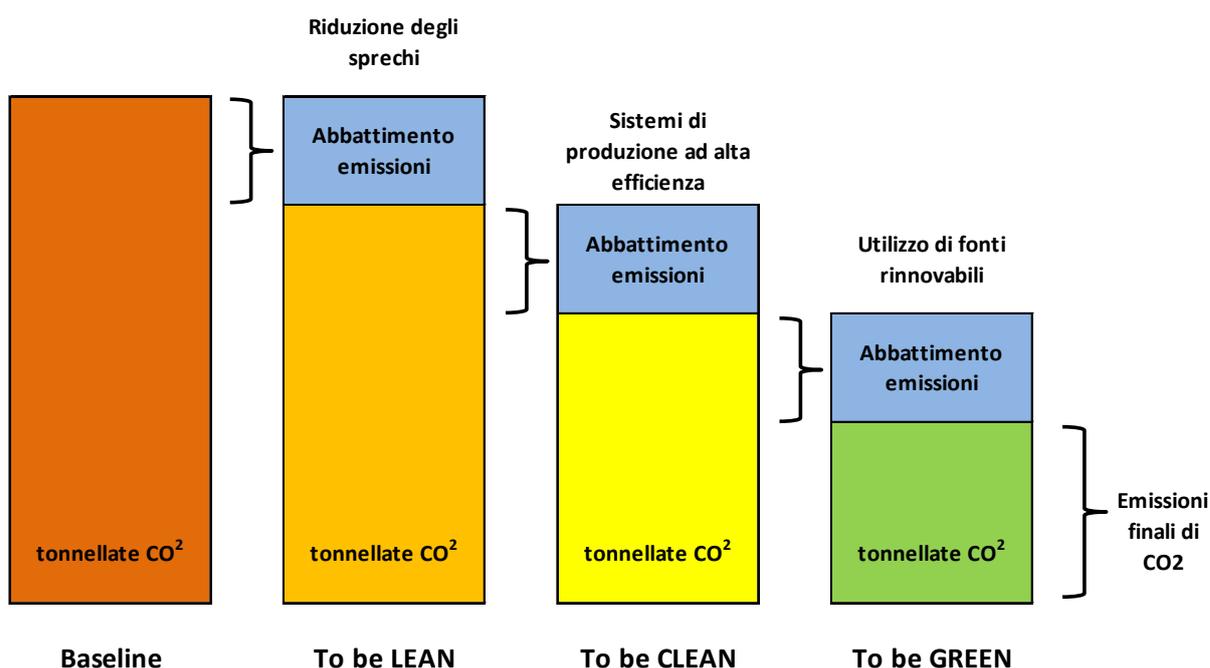
- m) Simulazione del comportamento energetico dell'edificio a seguito dell'attuazione delle varie EEM proposte singolarmente, ed individuazione della nuova classe energetica raggiungibile;
- n) Definizione di due scenari ottimali a partire dalla combinazione delle singole EEM proposte al fine di conseguire 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 energetico primario.

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

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

- TRS (Tempo di rientro semplice);
- TRA (Tempo di rientro attualizzato);
- VAN (Valore attuale netto);

- TIR (Tasso interno di rendimento);
- IP (indice di profitto).

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

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

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

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

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

1.6 STRUTTURA DEL REPORT

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

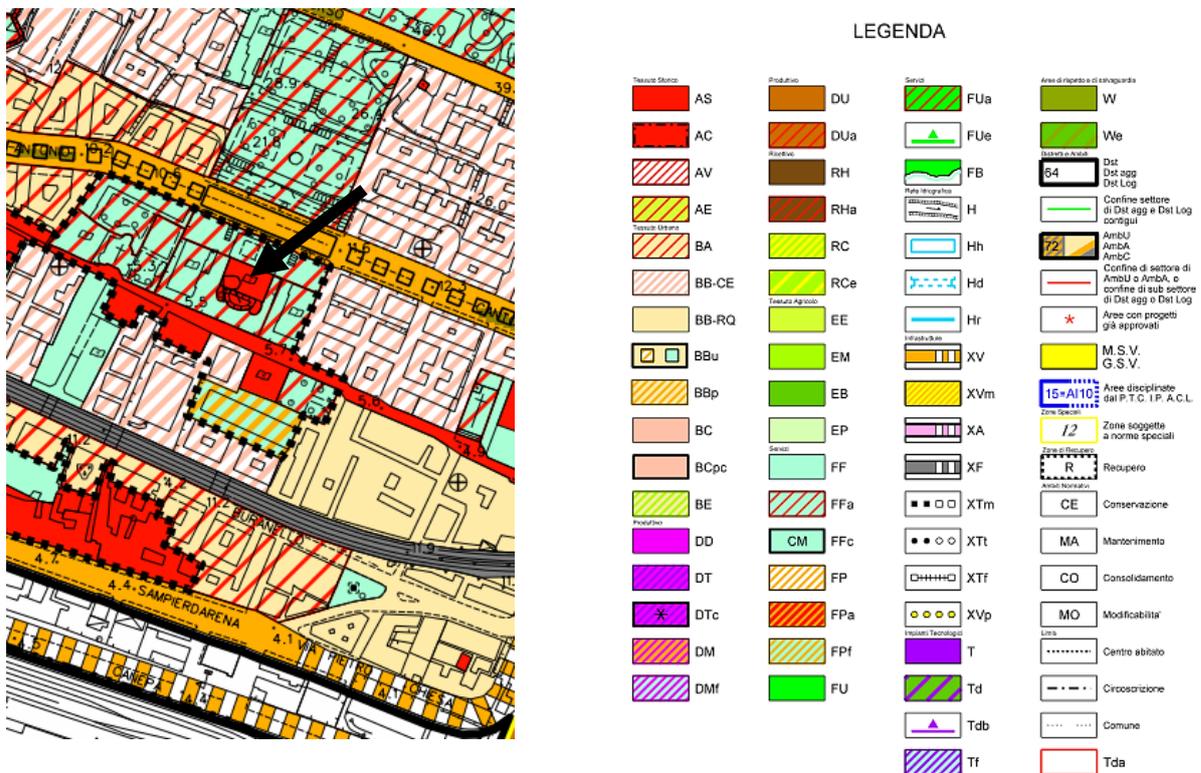
- Una prima parte nella quale sono descritti lo scopo ed i confini della DE e le metodologie di analisi adottate;
- Una seconda parte in cui sono riportate le informazioni dell'edificio rilevate in sede di sopralluogo e le valutazioni effettuate al fine di identificare le caratteristiche tecniche dei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

2 DATI DELL'EDIFICIO

2.1 INFORMAZIONI SUL SITO

Lo strumento urbanistico vigente, il P.U.C approvato con DD n° 2015/118.0.0./18 con entrata in vigore del 03/12/2015, classifica l'edificio oggetto della DE in zona AS, zona definita come "struttura urbana storica, comprendente centri e nuclei storici minori, tessuti edilizi e percorsi di valore storico, ville ed edifici antichi di valore architettonico". In tali ambiti gli interventi sugli edifici esistenti sono subordinati al rispetto e alla conservazione delle caratteristiche architettoniche, tipologiche e storico-ambientali degli edifici e degli spazi liberi nonché delle tecnologie e dei materiali tradizionali qualificanti.

Figura 2.1 - Particolare estratto dal Piano Urbanistico Comunale



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

La villa ove è ubicata la Scuola Secondaria di primo grado Barabino fu costruita per volere del principe Vincenzo Imperiale nel 1550. La proprietà rimase alla famiglia Imperiale sino al 1757. Dopo essere stata adibita per un breve periodo a caserma e poi come ospedale, venne acquistata nei primi decenni dell'Ottocento da Onofrio Scassi, che ne ordinava un completo restauro riportandola agli antichi splendori. Nel 1888 la villa fu acquistata dal comune di Sampierdarena e nel 1926, con la costituzione della Grande Genova, entrò a far parte del patrimonio del comune di Genova. Con l'espansione edilizia e viaria del Novecento la villa è stata completamente assorbita dal tessuto urbano cittadino. Dal 1922 l'edificio è adibito ad uso scolastico; dopo un nuovo restauro eseguito negli anni 1937-1938 ospitò l'istituto professionale "Principe di Napoli", per poi diventare in epoca recente sede della scuola oggetto di DE.

La Scuola fa parte dell'Istituto Comprensivo Nicolò Barabino, istituito il 1° Settembre 2012, che raggruppa i diversi gradi di istruzione del primo ciclo in un unico Istituto.

La centrale termica è stata completamente riqualificata nel 2007, quando l'impianto è stato allacciato alla rete di teleriscaldamento.

L'edificio ricade nella destinazione d'uso E.7 – Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili.

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

L'edificio è frequentato giornalmente da circa 165 utenti tra studenti, docenti, collaboratori e personale della segreteria. Si può pertanto affermare che la riqualificazione energetica dell'edificio potrebbe portare ad una maggiore valorizzazione socio-economica dell'edificio stesso e rappresentare un importante momento formativo sulle tematiche di efficienza energetica e protezione ambientale.

L'edificio ospitante il complesso scolastico oggetto della DE è costituito complessivamente da 3 piani fuori terra, oltre a due piani ammezzati, nei quali si sviluppano le aule ed i locali accessori alla didattiche.

I locali del piano secondo e del piano ammezzato tra piano primo e secondo sono dotati di terminali di emissione ma non sono utilizzati e non sono abitualmente riscaldati. L'ultimo piano è invece costituito da un sottotetto non abitabile.

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



È infine presente un piano seminterrato non riscaldato, ma utilizzato dal circolo ARCI La Bellezza e dal Centro Sportivo Superba.

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 ⁽²⁾	SUPERFICIE UTILE RISCALDATA ⁽³⁾	SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA ⁽³⁾
Seminterrato	Circolo ARCI e Centro Sportivo Superba	[m ²]	763,25	0,00	0
Terra	Scuola: uffici, atrio, servizi igienici e refettorio	[m ²]	756,87	578,40	0
Ammezzato tra PT e P1	Scuola: laboratori e servizi igienici	[m ²]	577,07	425,20	0
Primo	Scuola: aule e atrio	[m ²]	750,85	603,50	0
Ammezzato tra P1 e P2	Archivio e locali non utilizzati	[m ²]	454,86	51,70	0
Secondo	Locali non utilizzati	[m ²]	112,63	0,00	0
Sottotetto	Sottotetto non abitabile	[m ²]	750,85	0,00	0
TOTALE		[m²]	4.166,38	1.658,80	0,00 [MV3] [VB4]

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

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

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

Il quartiere Sampierdarena era in origine un Comune autonomo dal 1798 fino al 1926, quando insieme con altri 18 comuni del genovesato fu inglobato nel comune di Genova. Era un'importante cittadina industriale alle porte del capoluogo ligure; nella ripartizione amministrativa del Comune fu dal 1969 una "delegazione" e dal 1978 una "circonscrizione". Nella nuova ripartizione, in vigore dal 2005, fa parte del Municipio Il Centro Ovest, assieme al quartiere di San Teodoro.

Come mostra la Figura 2.3, che riporta un estratto dal portale della Regione Liguria (<http://geoportale.regione.liguria.it/geoviewer/pages/apps/vincoli/mappa.html>) l'edificio risulta sottoposto a vincolo architettonico puntuale.

Nell'analisi delle EEM non è stato necessario identificare le possibili interferenze; si procede comunque alla compilazione della Tabella 2.2.

Non si identificano inoltre interferenze con gli aspetti geologici, geotecnici, idraulici o idrogeologici della zona.

Figura 2.3 - Particolare estratto dalla carta dei vincoli



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: partizioni orizzontali - solaio sottotetto: isolamento con pannelli o feltri	-		-
EEM 2: chiusure verticali trasparenti: sostituzione dei serramenti e installazione di valvole termostatiche	Vincolo architettonico		Rispetto delle condizioni geometriche e di materiale originarie. Da sottoporre al parere della Soprintendenza
EEM 3: installazione pompa a portata variabile	-		-
EEM 4: installazione di valvole termostatiche	Vincolo architettonico		Da sottoporre al parere della Soprintendenza
EEM 5: installazione di sorgenti luminose ad alta efficienza	Vincolo architettonico		Da sottoporre al parere della Soprintendenza

Nota (4): Legenda livelli di interferenza:

	Non perseguibile
	Perseguibile tramite adozione misure di tutela indicate
	Interferenza nulla

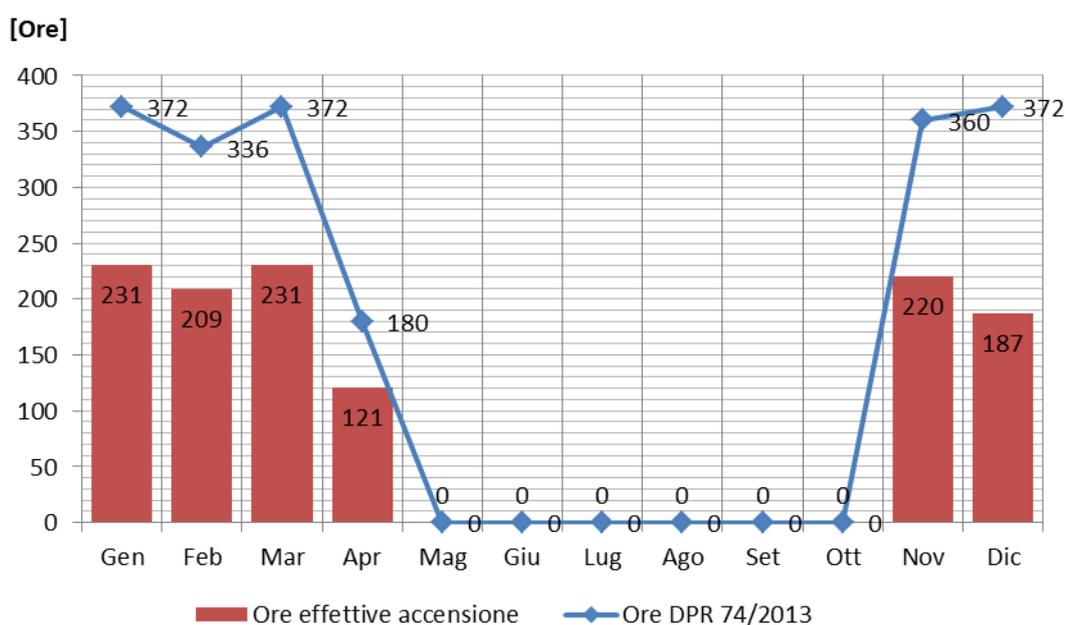
2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO

Durante la fase di sopralluogo è stato possibile rilevare gli orari di occupazione dell'edificio, intesi come gli orari di espletamento delle lezioni e gli orari di effettiva presenza del personale all'interno dell'edificio scolastico (7.55 – 13.55 da lunedì a venerdì, con due rientri pomeridiani per due classi dalle 15.00 alle 17; personale della segreteria presente anche di sabato), mentre i periodi di funzionamento dell'impianto termico sono stati forniti dal personale di gestione e manutenzione degli impianti (11 ore giornaliere). Non sono invece disponibili i dati delle temperature di settaggio del riscaldamento ma li si è ipotizzati sulla base dei rilievi eseguiti. Nella Tabella 2.3 sono riportati gli orari di funzionamento dell'edificio e gli orari di funzionamento degli impianti termici. Il calendario scolastico della Regione Liguria, riportato sul portale intranet regionale, segnala l'inizio delle lezioni a metà settembre e la fine a metà giugno. Si sono considerati i mesi di giugno e settembre completi in quanto il personale docente utilizza l'edificio anche nelle prime settimane di settembre e nelle ultime di giugno per la preparazione/conclusione dell'anno scolastico.

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

PERIODO	GIORNI SETTIMENALI	ORARIO FUNZIONAMENTO EDIFICIO	ORARIO FUNZIONAMENTO IMPIANTO
Scuola Secondaria di primo grado Barabino			
Dal 1 Settembre al 30 Giugno	dal lunedì al venerdì	7.55-17.00	6:00-17:00

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



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

Il contratto è stato stipulato a partire da Ottobre 2016 e ha una durata di 6 anni. Precedentemente era presente un altro contratto di "Fornitura del servizio energia e manutenzione degli impianti termici e di condizionamento negli edifici di proprietà o di competenza del comune di Genova", di durata 3 anni.

3 DATI CLIMATICI

3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO

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

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

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

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

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

Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 929 GG calcolati su 109 giorni effettivi di utilizzo dell'impianto di riscaldamento.

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

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

Tabella 3.2 – Profili mensili dei GG_{rif}

Mese	GIORNI MENSILI	TEMPERATURA ESTERNA UNI 10349:2016 [°C]	GIORNI RISCALDAMENTO [g/m]	GG	GIORNI DI UTILIZZO [g/m]	GIORNI RISCALDAMENTO EFFETTIVI [g/m]	GG _{rif}	PROFILO DI INCIDENZA
Gennaio	31	10,4	31	298	21	21	202	22%
Febbraio	28	10,5	28	266	19	19	181	19%
Marzo	31	11,1	31	276	21	21	187	20%
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	-	0	-
Settembre	30	22,2	-	-	20	-	0	-
Ottobre	31	18,2	-	-	21	-	0	-
Novembre	30	13,3	30	201	20	20	134	14%
Dicembre	31	10,0	31	310	17	17	170	18%
TOTALE	365	16,7	166	1421	220	109	929	100%

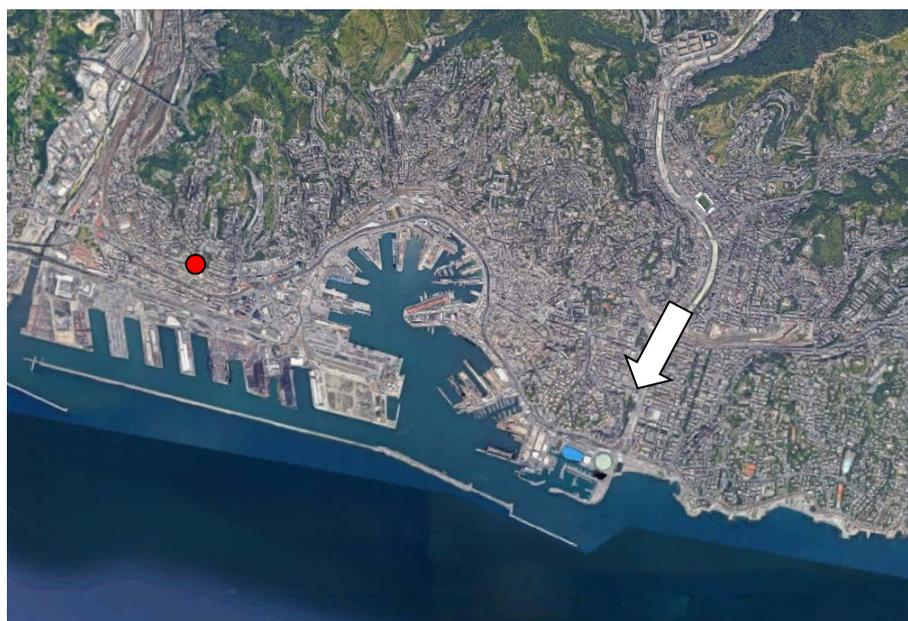
3.2 DATI CLIMATICI REALI

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

I dati climatici utilizzati sono stati rilevati dalla centralina meteo climatica Genova-Centro Funzionale-Foce (GECF).

Si è deciso di utilizzare come riferimento tale centralina in quanto è la stazione climatica con i dati disponibili per la stagione termica 2016-2017 più vicina all'edificio oggetto di DE.

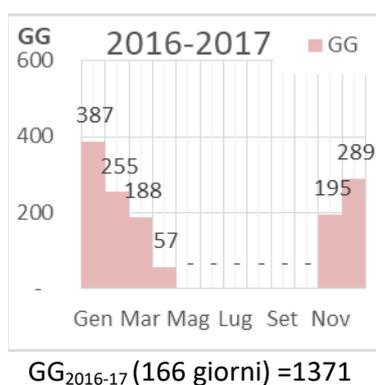
Figura 3.1 – Posizionamento della centralina meteo climatica (freccia bianca) rispetto all'edificio oggetto di DE (puntino rosso)



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 la stagione termica 2016-2017, 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 meteoroclimatica.

Figura 3.2 - Andamento mensile dei GG reali per la stagione termica di riferimento

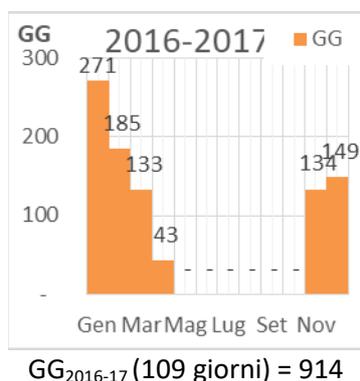


Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG reali sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 914 GG calcolati su 109 giorni effettivi di utilizzo dell'impianto di riscaldamento.

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



4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI

4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO

4.1.1 Involucro opaco

L'edificio risulta costruito con una struttura in muratura portante.

L'involucro opaco di muratura esterna è composto da mattoni di laterizio pieno di spessore variabile lungo il perimetro dell'edificio.

Tutti i solai interpiano, compreso quello sul seminterrato non riscaldato, sono costituiti da volte in mattoni, pertanto risultano presenti delle intercapedini tra il soffitto di un piano ed il pavimento del piano superiore. L'ultimo solaio è infine costituito da una soletta in laterizio rinforzata con una struttura portante in acciaio ed è rivolto verso un sottotetto non riscaldato e non abitabile.

Ai fini di un'identificazione più precisa delle caratteristiche 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 T 335.

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- presenza di ponti termici lineari in corrispondenza delle numerose discontinuità di tipo geometrico presenti in facciata in corrispondenza di colonne, cornicioni e decorazioni.

Le specifiche degli strumenti di misura sono riportate all'Allegato D - Report relativi ad altre prove diagnostiche strumentali.

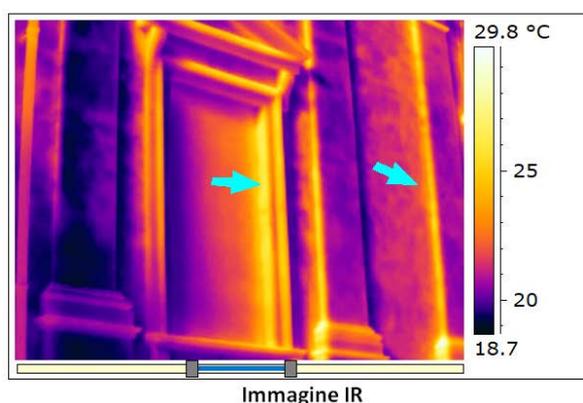
Figura 4.1 - Particolare della porzione di involucro – parete verticale opaca



Figura 4.2 - Particolare del sottotetto non abitabile



Figura 4.3 – Rilievo termografico del piano primo con esposizione Ovest



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

Mettendo in relazione le analisi effettuate con l'epoca costruttiva e la norma UNI 11552, sono stati identificati i valori di trasmittanza dei componenti dell'involucro opaco riportati nella Tabella 4.1.

Tabella 4.1 – Trasmittanze termiche dei componenti dell'involucro opaco

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	SPESSORE	ISOLAMENTO	TRASMITTANZA TERMICA	STATO DI CONSERVAZIONE
		[cm]		[W/mqK]	
Muratura perimetrale	M1/2/3/4/5/6	da 70 a 130	assente	da 0,874 a 0,506	Sufficiente
Sottofinestra	M7	30	assente	1,7	Sufficiente
Tramezzo verso NR	M8	10	assente	1,675	Sufficiente
Solaio su seminterrato	S1	23	assente	1,404	Discreto
Solaio sotto NR	S2	23	assente	1,967	Discreto
Solaio verso sottotetto	S3	23	assente	2,006	Discreto

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

4.1.2 Involucro trasparente

L'involucro trasparente che costituisce l'edificio è composto da serramenti in legno con vetro singolo. Nelle aule sono presenti alcuni doppi serramenti, costituiti da due portefinestre, sempre in legno e vetro singolo, separate da un intercapedine. Alcuni infissi sono dotati di oscuranti interni in legno.

Lo stato di conservazione dei serramenti è da considerarsi insufficiente sia da un punto di vista estetico sia per quanto concerne la funzionalità dei sistemi di chiusura e di conseguenza della tenuta all'aria. Inoltre la tipologia di vetro comporta di per sé notevoli dispersioni termiche.

Figura 4.4 - Particolari dei serramenti



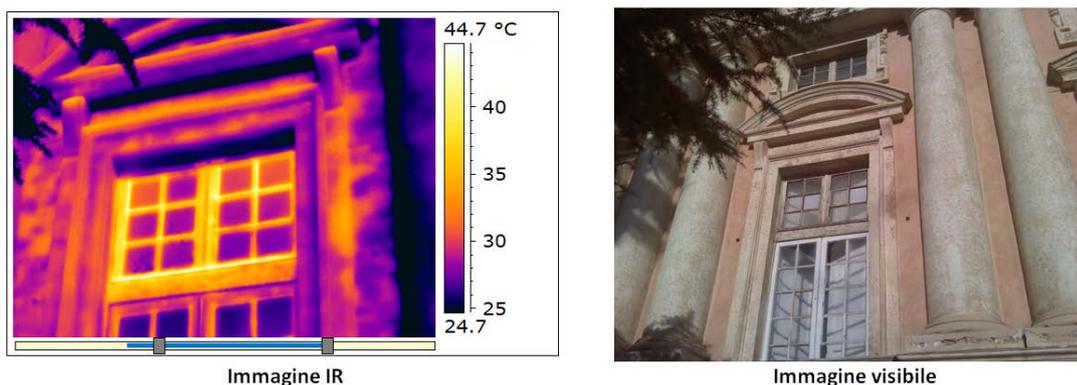
Ai fini di un'identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell'involucro trasparente si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione delle seguenti indagini diagnostiche:

- Rilievo termografico
- Indagine con spessivetro

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- Serramenti in legno con vetri singoli da 3 mm;
- Evidenza di dispersioni termiche attraverso i telai in legno dovute principalmente alla scarsa tenuta all'aria degli stessi.

Figura 4.5 – Rilievo termografico dei serramenti



Mettendo in relazione le analisi effettuate con l'epoca costruttiva e la norma UNI 11552, sono stati identificati i valori di trasmittanza dei componenti dell'involucro trasparente riportati nella Tabella 4.2.

Tabella 4.2 – Trasmittanze termiche dei componenti dell'involucro trasparente

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	DIMENSIONI [LXH] [cm]	TIPO TELAIO	TIPO VETRO	TRASMITTANZA TERMICA [W/mqK]	STATO DI CONSERVAZIONE
Serramento tipo prevalente	da F01 a F06; da F08 a F12	F01 (160x415) - F02 (160x110) - F03 (160x330) - F04 (160x220) - F05 (160x380) - F06 (270x590) - F08 (160x75) - F09 (160x110) - F10 (160x180) - F11 (60x100) - F12(160x210)	Legno	Singolo	3,5	Insufficiente
Serramento tipo 2 (doppi serramenti)	F7	160x415	Legno	Singolo	2,0	Insufficiente

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

4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/CLIMATIZZAZIONE INVERNALE

L'impianto di riscaldamento degli ambienti è costituito da una sottocentrale allacciata alla rete di teleriscaldamento.

4.2.1 Sottosistema di emissione

Il sottosistema di emissione è costituito da radiatori senza valvole termostatiche.

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

Figura 4.6 - Particolare sistema di emissione



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

ZONA TERMICA	TIPOLOGIA DI TERMINALE	RENDIMENTO
Edificio	radiatori	92%

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

Tabella 4.4 - Riepilogo caratteristiche dei terminali di emissione installati

PIANO	TIPO DI INSTALLAZIONE	NUMERO	POTENZA TERMICA COMPLESSIVA ⁽¹⁾	POTENZA FRIGORIFERA COMPLESSIVA
			[kW]	[kW]
Terra	Su parete interna/esterna non isolata	15	12,09	0,00
Ammezzato tra piano terra e piano primo	Su parete interna/esterna non isolata	11	6,18	0,00
Primo	Su parete interna/esterna non isolata	19	21,37	0,00
Ammezzato tra piano primo e piano secondo	Su parete interna/esterna non isolata	2	1,42	0,00
TOTALE		47	41,6	0,00

Nota (1): La potenza è stata verificata secondo la UNI 10200 che definisce un codice forma-materiale.

In sede di sopralluogo si sono verificati i dati delle check list fornite dalla PA e sono state prese le misure ulteriori richieste dalla UNI 10200 per il calcolo della potenza.

4.2.2 Sottosistema di regolazione

La regolazione della centrale termica è realizzata mediante valvola miscelatrice e valvole deviatrici, comandate dalla sonda climatica esterna e dalla sonda di temperatura sulla tubazione di mandata. L'impianto è dotato di sistema di telegestione.

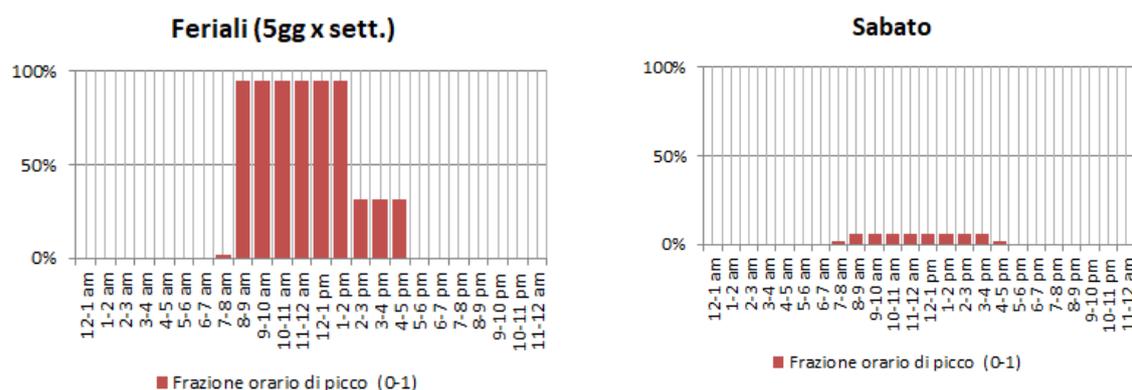
Figura 4.7 – Regolatore climatico



Figura 4.9 - Profilo di utilizzo dell'edificio

Figura 4.8 – Particolare della sonda di temperatura sulla tubazione di mandata





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

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

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

ZONA TERMICA	TIPO DI REGOLAZIONE	RENDIMENTO
Edificio	Climatica	64%

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

4.2.3 Sottosistema di distribuzione

Il sottosistema di distribuzione è costituito, oltre che dal circuito primario del teleriscaldamento, da un unico circuito secondario servito da una pompa gemellare.

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

Tabella 4.6 - Riepilogo caratteristiche pompe

NOME	SERVIZIO	PORTATA ⁽¹⁾ [m ³ /h]	PREVALENZA ⁽²⁾ [m]	POTENZA ASSORBITA ⁽³⁾ [W]
Grundfos UPSD 65-120 F	mandata	-	-	1.150

Nota (1): Dato non disponibile da sopralluogo (libretto e visita centrale termica) e da scheda tecnica

Nota (2): Dato non disponibile da sopralluogo (libretto e visita centrale termica) e da scheda tecnica

Nota (3): Valori ricavati da dati di targa

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

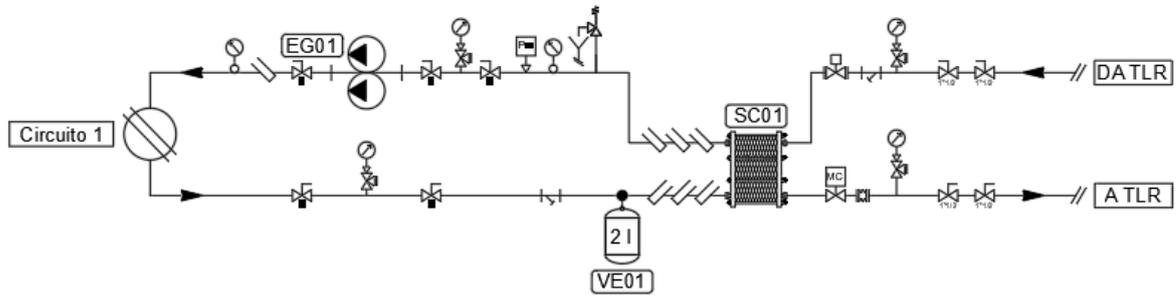
Tabella 4.7 – Temperature di mandata e ritorno del circuito primario

CIRCUITO	TEMPERATURA RILEVATA ⁽¹⁾		TEMPERATURA CALCOLO ⁽²⁾
		Caldo	°C
SC1	Lato 1 scambiatore	Caldo	115-65
	Lato 1 scambiatore	Caldo	60-75

Nota (1): 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.

Nota (2): Valori utilizzati nel modello di calcolo

Figura 4.10 - Particolare dello schema di impianto (Fonte: Tavola 184-S01-001.dwg)



Il rendimento complessivo del sottosistema di distribuzione è stato assunto nella DE pari al 99% (riferimento normativo UNI TS 11300-2).

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

4.2.4 Sottosistema di generazione

La centrale termica ospita una sottostazione per il terleriscaldamento AMARC modello CTAS 350, con scambiatore di calore a piastre Alfa Laval M6 MFG 42 PL.

Figura 4.11 - Scambiatore



Figura 4.12 - Vista d'insieme



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

Tabella 4.8 - Riepilogo caratteristiche centrale termica

Servizio	MARCA	MODELLO	ANNO DI COSTRUZIONE	POTENZA AL FOCOLARE [kW]	POTENZA TERMICA UTILE [kW]	RENDIMENTO ⁽⁷⁾	POTENZA ASSORBITA COMPLESSIVA [W]	
SC1	Riscaldamento	AMARC	CTAS	2007	n/a	350	n/a	n/a

Nota (7) rendimento da scheda tecnica.

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

Non presente

4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO/CLIMATIZZAZIONE ESTIVA

Non presente

4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA

Non presente

4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE

Le utenze sottese all'impianto elettrico, oltre a quelle precedentemente descritte, sono costituite essenzialmente da utenze locali quali LIM, PC, stampanti e altri dispositivi di supporto alle attività specifiche della destinazione d'uso.

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

Tabella 4.9 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA NOMINALE [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]	ORE ANNUE DI UTILIZZO [ore]
Z1, Z3, Z4	PC desktop	38	330	12.540	660 (3h x 220gg)
Z1	Server	1	200	200	8.760 (24h x 365gg)
Z1, Z3	Stampante da tavolo	6	200	1.200	73 (0,33h x 220gg)
Z1	Stampante multifunzione	2	600	1.200	73 (3h x 220gg)
Z1, Z3	Rack	2	200	400	8.760 (24h x 365gg)
Z1	Fax	1	39	39	73 (0,33h x 220gg)
Z2	Scaldavivande	1	4.200	4.200	73 (0,33h x 220gg)
Z3	TV	2	250	500	73 (0,33h x 220gg)
Z3	Lettore DVD	1	100	100	73 (0,33h x 220gg)
Z4	Macchina caffè	1	600	600	73 (0,33h x 220gg)
Z4	Frigorifero	1	70	70	8.760 (24h x 220gg)
Z4	LIM	3	340	1.020	770 (3,5h x 220gg)
Z1	Ventilatore	1	45	45	87 (0,4h x 218gg)
Z1, Z3	Scanner	2	30	60	68 (0,33h x 220gg)
Z1	Stufetta elettrica	4	2.000	8.000	524 (4h x 20gg)
Z1	Impianto audio	1	600	600	73 (0,33h x 220gg)

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

4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE

L'impianto di illuminazione è costituito prevalentemente da lampade fluorescenti lineari.

Figura 4.13 - Particolare dei corpi illuminanti



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

Tabella 4.10 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA UNITARIA	POTENZA COMPLESSIVA
			[kW]	[kW]
Z1	Fluorescente lineare 1x36 W	4	0,036	0,144
	Proiettore alogeno da 300 W	3	0,300	0,9
	Fluorescente lineare 1x18 W	1	0,018	0,018
	Lampada al mercurio ad alta pressione da 100 W	22	0,100	2,2
	Fluorescente lineare 2x58 W	20	0,116	2,32
	Proiettore LED da 30 W	1	0,030	0,03
	Proiettore con lampada a scarica da 250W	1	0,250	0,25
Z2	Fluorescente lineare 2x58 W	6	0,116	0,696
Z3	Fluorescente lineare 1x36 W	2	0,036	0,072
	Fluorescente lineare 1x18 W	6	0,018	0,108
	Lampada al mercurio ad alta pressione da 100 W	2	0,100	0,2
	Fluorescente lineare 2x58 W	21	0,116	2,436
	Fluorescente circolare da 23 W	3	0,023	0,069
	SAP da 100W	2	0,100	0,2
Z4	Fluorescente lineare 1x36 W	1	0,036	0,036
	Fluorescente lineare 1x18 W	2	0,018	0,036
	Lampada al mercurio ad alta pressione da 100 W	1	0,100	0,1
	Fluorescente lineare 2x58 W	20	0,116	2,32
	Proiettore LED da 30 W	2	0,030	0,06
	Fluorescente circolare da 23 W	1	0,023	0,023
	SAP da 100W	8	0,100	0,8
	Fluorescente lineare 1x58 W	1	0,058	0,058
Z5	Fluorescente lineare 4x18 W	6	0,072	0,432

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

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

Non presente

5 CONSUMI RILEVATI

L'analisi dei consumi storici termici ed elettrici dell'edificio oggetto della DE è stata effettuata facendo riferimento all'anno 2016 per il teleriscaldamento e al triennio 2014-2015-2016 per l'energia elettrica.

I vettori energetici analizzati sono i seguenti:

- Calore da teleriscaldamento;
- Energia elettrica

5.1.1 Energia termica

Il vettore termico utilizzato per la climatizzazione invernale è il calore da teleriscaldamento, pertanto il dato di consumo è già disponibile in kWh, senza bisogno di ulteriori conversioni.

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]
Calore TLR	Valore di consumo già in kWh perché impianto allacciato a teleriscaldamento				

Essendo l'edificio allacciato al teleriscaldamento, non è più presente il contatore del gas.

L'analisi dei consumi storici di teleriscaldamento si basa sui kWh rilevati dalla società di distribuzione nel solo anno 2016. Non si ha disponibilità del dato per gli anni precedenti.

Tali consumi sono riportati nella Tabella 5.2.

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

PDR	Utilizzo	2014	2015	2016	2014	2015	2016
		[Sm ³]	[Sm ³]	[Sm ³]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
-	Riscaldamento	n/a	n/a	n/a	n.d.	n.d.	84.000

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

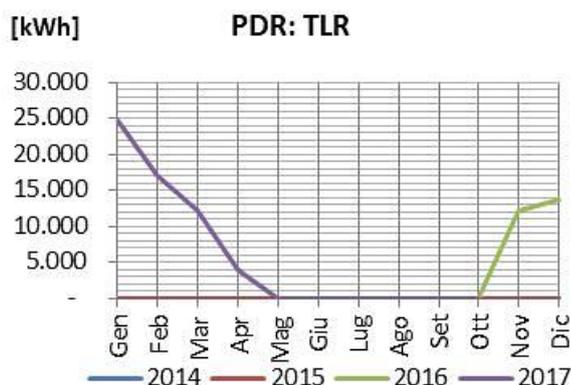
La ripartizione dei consumi annuli di energia termica in consumi mensili verrà eseguita in modo proporzionale rispetto ai GGreali per il triennio di riferimento. I consumi così ripartiti sono riportati nella tabella seguente.

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

PDR: TLR	2014	2015	2016	2014	2015	2016	2017
Mese	na	na	na	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen	-	-	-	-	-	-	24.916
Feb	-	-	-	-	-	-	16.987
Mar	-	-	-	-	-	-	12.205
Apr	-	-	-	-	-	-	3.948
Mag	-	-	-	-	-	-	-
Giu	-	-	-	-	-	-	-
Lug	-	-	-	-	-	-	-
Ago	-	-	-	-	-	-	-
Set	-	-	-	-	-	-	-
Ott	-	-	-	-	-	-	-
Nov	-	-	-	-	-	12.288	-
Dic	-	-	-	-	-	13.656	-
Totale	-	-	-	-	-	84.000	-

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

Figura 5.1 – Andamento mensile dei consumi termici fatturati



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

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

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

Dove:

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

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

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

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

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

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

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

\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

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

Tabella 5.4 – Normalizzazione dei consumi annuali di energia termica

ANNO	GG _{REAL} SU [109] GIORNI	GG _{RIF} SU [109] GIORNI	CONSUMO REALE RISC. [Sm ³]	CONSUMO REALE RISC. [kWh]	α_{rif}	CONSUMO NORMALIZZATO A [929] GG [kWh]	CONSUMO ACS [kWh]	CONSUMO ALTRO [kWh]
2016-2017	914	929	n/a	84.000	92	85.379	0	0
Media	914	929	n/a	84.000	92	85.379	0	0

Non essendo disponibili i dati degli anni 2014 e 2015 non è possibile fare osservazioni circa l'andamento del consumo termico.

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}	0,0
\bar{Q}_{ALTRO}	0,0
$\bar{a}_{rif} \times GG_{rif}$	85.379
$Q_{baseline}$	85.379

5.1.2 Energia elettrica

La fornitura di energia elettrica avviene tramite la presenza di 1 contatore a servizio dell'intero edificio.

L'effettiva ubicazione del contatore è rappresentata nella planimetria riportata 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 è effettuata sui kWh ottenuti dai dati di fatturazione rilevati nel triennio di riferimento. Tali consumi annuali derivanti dall'analisi delle fatture elettriche sono riportati nella Tabella 5.6 con indicazione dei POD di riferimento.

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

POD	ZONA SERVITA	2014	2015	2016	MEDIA
		[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
IIT001E11708597	Intero edificio	27.419	27.339	30.588	28.448,67

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-E1323 e sono emerse le seguenti differenze:

- i dati delle fatture 2014 sono identici a quelli del file kyotoBaseline-E1323;
- i dati delle fatture 2015 sono inferiori a quelli del file kyotoBaseline-E1323 di 3.226 kWh;
- i dati delle fatture 2016 sono inferiori a quelli del file kyotoBaseline-E1323 di 2.312 kWh.

Dati relativi a Kyoto Baseline: anno 2014 27.419 kWh; anno 2015 30.565 kWh; anno 2016 32.900 kWh.

La 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 28.449 kWh.

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

POD: IT001E11708597	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 14	2.440	318	369	3.127
Feb - 14	2.398	334	342	3.074
Mar - 14	1.949	310	323	2.582
Apr - 14	2.230	265	326	2.821
Mag - 14	1.738	255	285	2.278
Giu - 14	1.131	268	311	1.710
Lug - 14	586	187	274	1.047
Ago - 14	446	207	343	996
Set - 14	1.329	282	328	1.939
Ott - 14	1.872	307	304	2.483
Nov - 14	1.950	267	328	2.545
Dic - 14	2.168	285	364	2.817
Totale	20.237	3.285	3.897	27.419
POD: IT001E11708597	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 15	2.515	325	370	3.210
Feb - 15	2.615	302	266	3.183
Mar - 15	2.013	253	268	2.534
Apr - 15	1.195	192	213	1.600
Mag - 15	1.866	266	311	2.443
Giu - 15	1.115	286	326	1.727
Lug - 15	498	182	281	961
Ago - 15	437	178	304	919
Set - 15	1.340	251	331	1.922
Ott - 15	2.257	340	340	2.937
Nov - 15	2.426	297	319	3.042
Dic - 15	2.195	278	388	2.861
Totale	20.472	3.150	3.717	27.339

POD: IT001E11708597	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 16	2.424	300	434	3.158
Feb - 16	2.834	311	285	3.430
Mar - 16	2.642	322	346	3.310
Apr - 16	2.238	303	323	2.864
Mag - 16	2.525	333	347	3.205
Giu - 16	1.203	283	349	1.835
Lug - 16	581	230	342	1.153
Ago - 16	554	183	307	1.044
Set - 16	1.333	274	319	1.926
Ott - 16	1.950	295	320	2.565
Nov - 16	2.526	332	371	3.229
Dic - 16	2.254	273	342	2.869
Totale	23.064	3.439	4.085	30.588

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

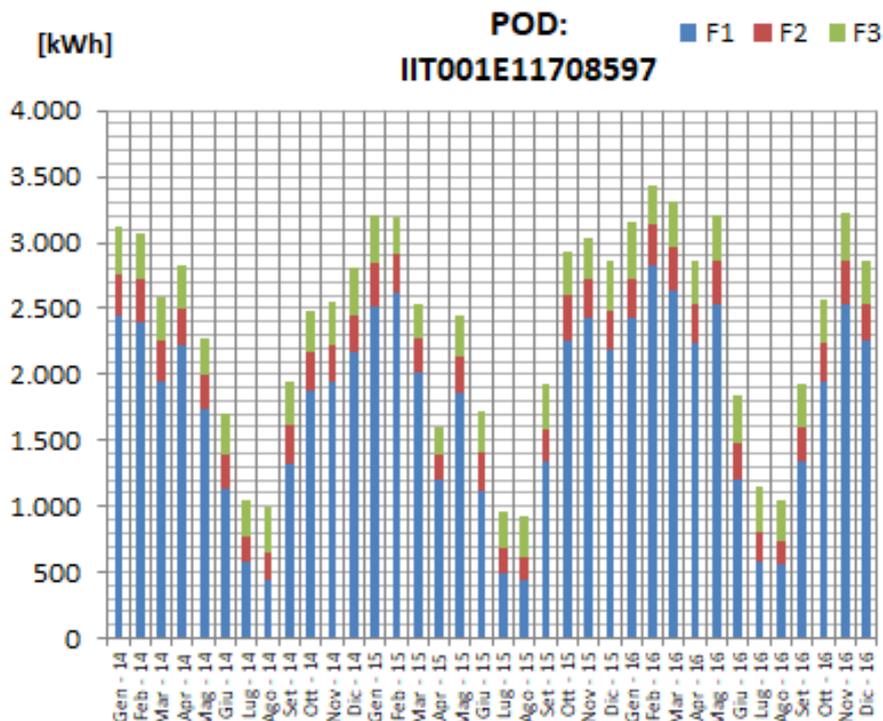
Tali valori sono riportati nella Tabella 5.8.

Tabella 5.8 – Consumi mensili di Baseline

BASELINE	F1	F2	F3	TOTALE
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	2.460	314	391	3.165
Febbraio	2.616	316	298	3.229
Marzo	2.201	295	312	2.809
Aprile	1.888	253	287	2.428
Maggio	2.043	285	314	2.642
Giugno	1.150	279	329	1.757
Luglio	555	200	299	1.054
Agosto	479	189	318	986
Settembre	1.334	269	326	1.929
Ottobre	2.026	314	321	2.662
Novembre	2.301	299	339	2.939
Dicembre	2.206	279	365	2.849
Totale	21.258	3.291	3.900	28.449

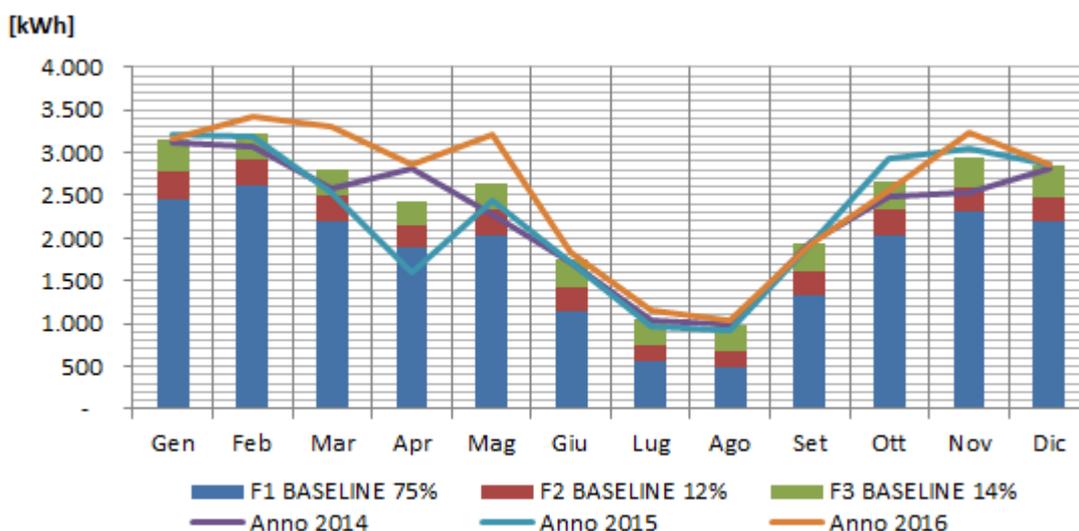
Il profilo così ottenuto è rappresentato nel grafico in Figura 5.2

Figura 5.2 – Profili mensili di Baseline riferimento



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

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



I profili di prelievo mensili nel triennio di riferimento presentano andamenti maggiori nei mesi invernali, durante i quali si utilizza maggiormente l'illuminazione, e più bassi per i mesi primaverili/autunnali. I consumi sono invece molto bassi durante i mesi estivi (luglio e agosto) di chiusura della scuola, periodo durante il quale la struttura viene utilizzata saltuariamente solo dal corpo docenti.

In considerazione del fatto che sul portale e-distribuzione sono presenti le letture dei contatori con potenza superiore a 55 kW, non è stato possibile effettuare l'analisi dei profili orari dei consumi elettrici del POD IT001E11708597.

Per questa ragione si è proceduto ad effettuare delle stime finalizzate alla verifica dei seguenti aspetti:

- compatibilità degli andamenti mensili deducibili dalla analisi delle letture riportate dal distributore con l'utilizzo delle utenze effettivamente presenti nell'edificio;
- adeguatezza della potenza impegnata del contatore.

La procedura utilizzata per le stime è la seguente:

- essendo il fabbricato non utilizzato per tutto il mese di agosto è possibile ipotizzare che i consumi di tale mese siano simili per ciascun giorno, ricavando quindi il consumo giornaliero dell'edificio in assenza di fruizione; è stato quindi possibile assumere per l'edificio oggetto di DE un consumo di base costante di circa 33,68 kWh/giorno;
- a partire da dati noti relativi ai profili di carico quarto-orari del mese di agosto di un edificio con caratteristiche analoghe, in termini di destinazione d'uso e tipologie di apparecchiature elettriche presenti, sono state individuate le percentuali di consumo di ciascun quarto d'ora rispetto al totale della giornata tipo del mese di agosto;
- proporzionando il consumo di base dell'edificio alle percentuali di cui sopra, è stato possibile stimare l'andamento del profilo di carico del giorno tipo del mese di agosto;
- per tutti gli altri mesi si è proceduto sottraendo al consumo mensile il consumo di tutti i giorni in cui l'edificio non è fruito (assumendo come consumo giornaliero il consumo di base sopra definito); il consumo residuo è stato ripartito per i giorni di fruizione del singolo mese ed infine è stato riproporzionato sul singolo quarto d'ora in funzione di percentuali di utilizzo rappresentative del fabbricato, tenendo conto della stagione e degli orari di occupazione;
- avendo così determinato per ciascun mese dell'anno il profilo di carico di un giorno tipo, è stato infine possibile individuare, per ciascun mese e per ciascuna fascia oraria di consumo, una stima dei profili di potenza massima.

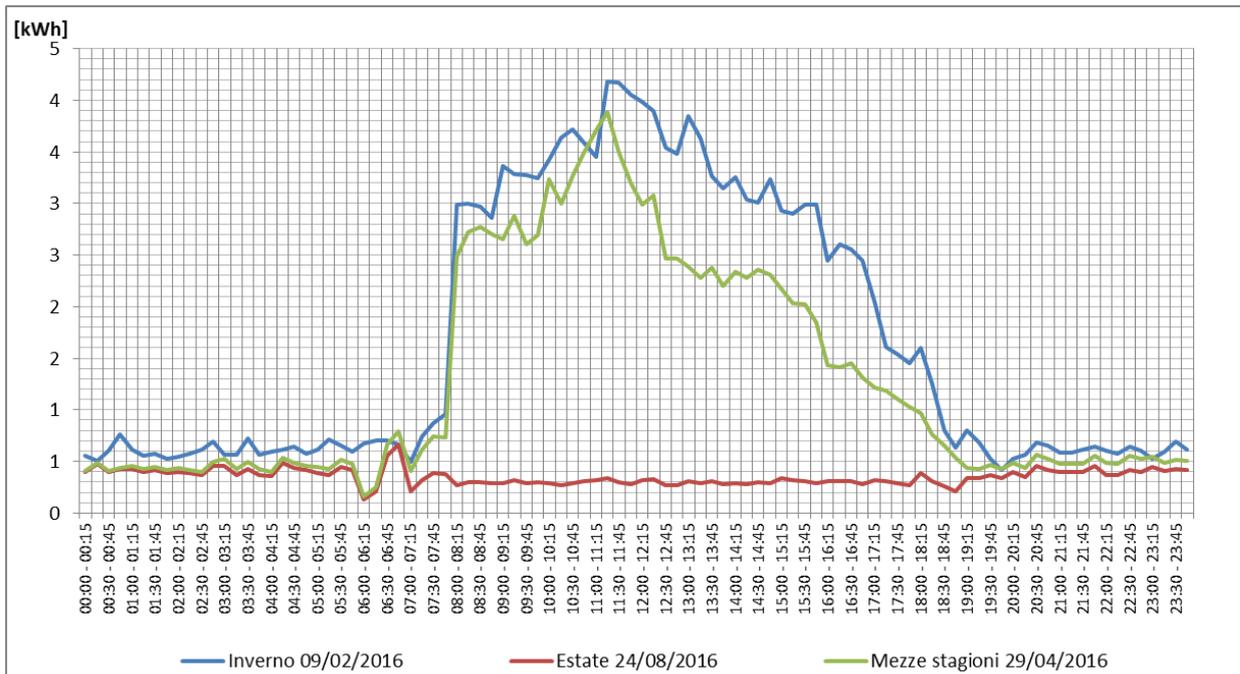
Nella tabella seguente si riporta l'analisi relativa a 3 giornate tipologiche.

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

PROFILO	DATA	GIORNO DELLA SETTIMANA	PERIODO	TEMPERATURA ESTERNA MEDIA [°C]
Profilo 1	09/02/2016	Martedì	Periodo invernale	13,2
Profilo 2	24/08/2016	Mercoledì	Periodo di chiusura	28,2
Profilo 3	29/04/2016	Venerdì	Mezza stagione	16,2

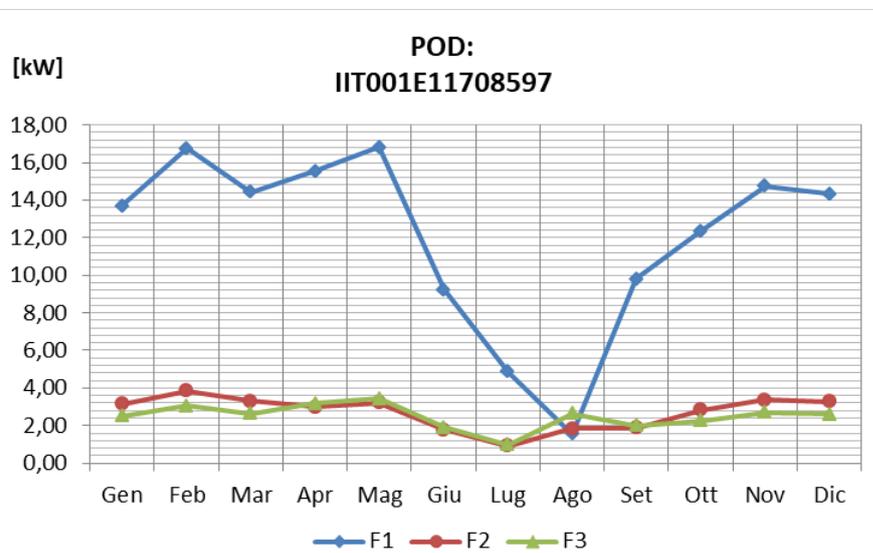
L'andamento dei profili giornalieri di consumo è riportato nei grafici a seguire.

Figura 5.4 – Profili giornalieri tipo dei consumi elettrici per il POD IT001E11708597



Dai grafici così ottenuti si rileva un andamento dei consumi di tipo “a campana”, dovuto ai limitati consumi dell’edificio durante il periodo di non utilizzo (dalla sera dopo le 17 fino al mattino alle 8.00), e all’entrata in funzione graduale delle varie utenze durante il giorno fino a raggiungere un picco di consumo nelle ore centrali della giornata. Fa eccezione l’andamento del giorno tipo estivo, nel quale i consumi diurni risultano analoghi a quelli notturni, essendo l’edificio non fruito in tale periodo. Si osserva inoltre come nelle mezze stagioni i consumi abbiano un andamento simile ma quantitativamente inferiore nelle ore pomeridiane, presumibilmente per via della maggiore disponibilità di luce naturale e della conseguente minore accensione del sistema di illuminazione interna. Tali andamenti risultano coerenti rispetto alle caratteristiche delle utenze rilevate in sede di sopralluogo ed i consumi notturni ed estivi sono compatibili con le poche utenze che rimangono costantemente in funzione, come il frigorifero, i rack e il server.

Figura 5.5 – Profili di potenza giornalieri per il POD IT001E11708597



I profili di potenza giornalieri risultano coerenti con l'effettivo utilizzo dell'edificio e delle utenze elettriche presenti, essendo le fasce di maggiore e minore consumo rispettivamente la F1 e la F3 ed essendo il periodo invernale quello con la potenza assorbita superiore.

Il prelievo di potenza massima stimato è pari a 16,80 kW e si verifica nel mese di maggio in fascia F1. Tale potenza richiesta risulta coerente con la potenza impegnata del contatore installato.

5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI

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

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

Tabella 5.10 - 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

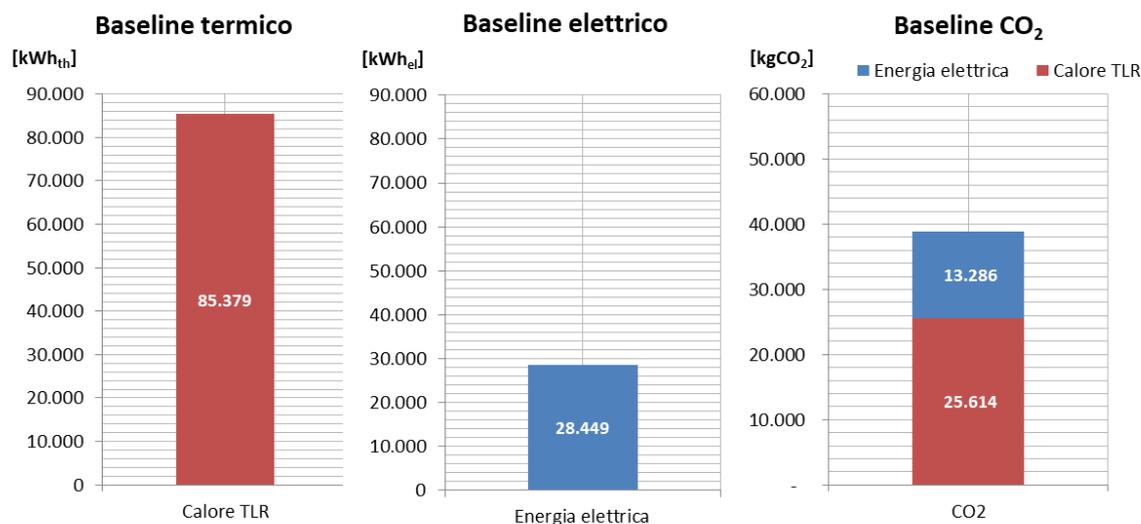
* da "Linee Guida Patto dei Sindaci" per anno 2010

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

Tabella 5.11 – Baseline delle emissioni di CO₂.

COMBUSTIBILE	CONSUMO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE	
	[kWh]	[tCO ₂ /MWh]	[tCO ₂]
Energia elettrica	28.449	* 0,467	13,29
Calore TLR	85.379	**0,3	25,61

** da "www.energiaenergetica.enea.it/regioni/siape/poteri-calorifici-inferiori-dei-combustibili-e-fattori-di-emissione-della-CO₂"

Figura 5.6 – Rappresentazione grafica delle Baseline dei consumi e delle emissioni di CO₂

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

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

COMBUSTIBILE	F _{p,nren}	F _{p,ren}	F _{p,tot}
Calore TLR	***1,3	0	1,3
Energia elettrica da rete	1,95	0,47	2,42

***da “IREN - Fattori di conversione in energia primaria dell’energia termica fornita ai punti di consegna della rete di teleriscaldamento della rete di Genova”

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

Tabella 5.13 – Fattori di riparametrizzazione

	PARAMETRO	VALORE	U.M.
FATTORE 1	Superficie netta riscaldata	1.659	m ²
FATTORE 2	Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	3.097	m ²
FATTORE 3	Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate)	17.632	m ³

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

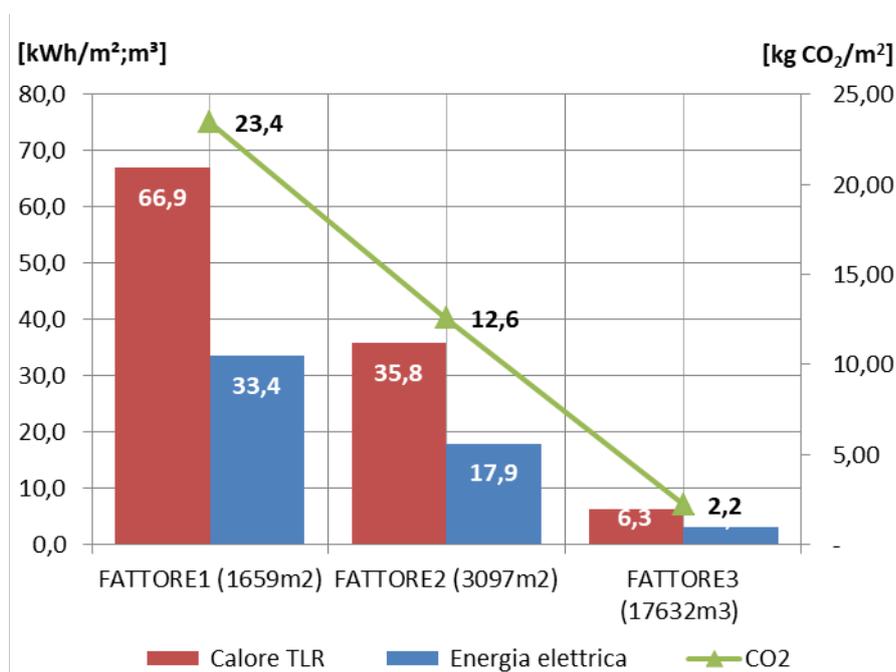
Tabella 5.14 – Indicatori di performance calcolati con riferimento all’energia primaria totale

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE [kWh/anno]	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA TOTALE	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA TOTALE [kWh/anno]	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA TOTALE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1 [kWh/m ²]	FATTORE 2 [kWh/m ²]	FATTORE 3 [kWh/m ³]	FATTORE 1 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 2 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 3 [Kg CO ₂ /m ³]
Calore TLR	85.379	1,3	110.992	66,9	35,8	6,3	15,44	8,27	1,45
Energia elettrica	28.449	2,42	68.847	41,5	22,2	3,9	8,01	4,29	0,75

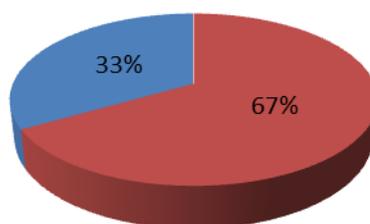
TOTALE	179.838,70	108,40	58,07	10,20	23,45	12,56	2,21
---------------	-------------------	---------------	--------------	--------------	--------------	--------------	-------------

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

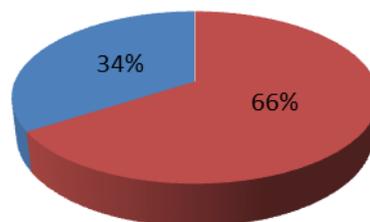
VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE [kWh/anno]	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA NON RINN.	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA NON RINN. [kWh/anno]	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1 [kWh/m ²]	FATTORE 2 [kWh/m ²]	FATTORE 3 [kWh/m ³]	FATTORE 1 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 2 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 3 [Kg CO ₂ /m ³]
Calore TLR	85.379	1,3	110.992	66,9	35,8	6,3	15,44	8,27	1,45
Energia elettrica	28.449	1,95	55.476	33,4	17,9	3,1	8,01	4,29	0,75
TOTALE			166.467,67	100,34	53,75	9,44	23,45	12,56	2,21

Figura 5.7 – Indicatori di performance e relative emissioni di CO₂ valutati in funzione dei fattori di riparametrizzazioneFigura 5.8 – Ripartizione % dei consumi di energia primaria e delle relative emissioni di CO₂

Ripartizione % energia primaria



Ripartizione % emissioni CO₂



■ Calore TLR ■ Energia elettrica

Trattandosi di edifici scolastici, 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 termica normalizzati in funzione dei seguenti fattori di aggiustamento:

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

La formula definita è sotto riportata:

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

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

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

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

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

Tabella 5.16 – Indicatori di performance energetici

COMBUSTIBILE	IEN _R			IEN _E		
	2014	2015	2016-17	2014	2015	2016
	Wh/(m ³ GG anno)			Wh/(m ³ anno)		
Calore TLR	n.d.	n.d.	4,3	-	-	-
Energia elettrica	-	-	-	12,8	12,8	14,3

E' stato quindi possibile effettuare un raffronto con le classi di merito riportate nelle suddette Linee Guida ENEA - FIRE, ottenendo un valore BUONO per l'indice IEN_R e valori SUFFICIENTI per l'indice IEN_E .

I dettagli dell'analisi degli indici di performance energetici sono riportati nell'Allegato M Report di Benchmark.

6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO

6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO

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

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

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

La creazione di un modello energetico dell'edificio oggetto della DE ha fornito come output un profilo di fabbisogno energetico valutato in condizioni standard di utilizzo dell'edificio come definite dal prospetto 2 della norma 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 non rinnovabile	EP _{gl,nren}	kWh/mq anno	243,62	232,44
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	191,56	190,49
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	-	-
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	52,06	41,95
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	-	-
Emissioni equivalenti di CO2	CO _{2eq}	Kg/mq anno	44,68	44,68

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)

FORTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	U.M.	CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE [kWh/anno]
Calore TLR	243.505	[kWh/anno]	316.556
Energia Elettrica	41.099	[kWh/anno]	80.143

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 ($Q_{\text{gn,in}}$) 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	$E_{W, \text{aux, gn}}$
Energia ausiliaria complessiva assorbita dal sottosistema di generazione per il riscaldamento	$E_{H, \text{aux, gn}}$
Fabbisogno di energia elettrica dell'impianto di ventilazione meccanica e dei terminali di emissione	$E_{\text{ve,el}} + E_{\text{aux,e}}$
Fabbisogno di energia elettrica per gli ausiliari di distribuzione (Riscaldamento e ACS)	$E_{W, \text{aux, d}} + E_{W, \text{aux, d}}$
Fabbisogno di energia elettrica per l'illuminazione interna dell'edificio	$E_{L, \text{int}}$
Fabbisogno di energia elettrica per gli ausiliari degli impianti di climatizzazione	$Q_{\text{c,aux}}$
Fabbisogno di energia elettrica per i sistemi di trasporto (+ eventuali altri carichi interni)	$E_T + E_{\text{altro}}^{(1)}$
Perdite al trasformatore	$E_{\text{trasf}}^{(1)}$
Energia elettrica esportata dall'impianto a fonti rinnovabili	$E_{\text{exp,el}}$

Nota (1) Tale contributo non è definito all'interno delle norme UNI TS 11300 pertanto è stato valutato dall'Auditor sulla base del censimento delle utenze e del relativo tempo di utilizzo, rilevati in sede di sopralluogo.

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 le temperature medie reali di ogni mese, il profilo di utilizzo dell'edificio e le temperature interne rilevate durante il sopralluogo.

I valori effettivi di temperatura rilevati ed utilizzati all'interno della modellazione, e gli altri eventuali parametri che sono stati modificati rispetto alla condizione standard sono riportati nell'Allegato E – Relazione di dettaglio dei calcoli.

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale non rinnovabile	$EP_{gl,nren}$	kWh/mq anno	127,80	116,16
Climatizzazione invernale	EP_H	kWh/mq anno	74,52	73,23
Produzione di acqua calda sanitaria	EP_w	kWh/mq anno	-	-
Ventilazione	EP_v	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	EP_c	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	EP_L	kWh/mq anno	53,28	42,93
Trasporto di persone e cose	EP_T	kWh/mq anno	-	-
Emissioni equivalenti di CO2	CO_{2eq}	Kg/mq anno	29,43	29,43

Nota (x): i fattori utilizzati per il calcolo della produzione di CO₂ dal software di modellazione energetica sono 0,227 kgCO₂/kWh per il gas metano e 0,200 kgCO₂/kWh per l’energia elettrica.

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

Gli indicatori di performance energetica ricavati dai consumi di baseline (Tabelle 5.13 e 5.14) e quelli ricavati dalla modellazione in modalità adattata all’utenza (Tabella 6.4) non sono congruenti in quanto non è possibile eseguire una validazione del modello elettrico mediante il software per la modellazione energetica.

Il metodo utilizzato per la validazione del modello elettrico è riportato al paragrafo 6.1.2 Validazione del modello elettrico.

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO [kWh/anno]
Calore TLR (modello termico)	86.561
Energia Elettrica (modello elettrico)	29.701

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)

$Q_{teorico}$ [kWh /anno]	$Q_{baseline}$ [kWh /anno]	Congruità [%]
86.561	85.379	1,4 %

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

6.1.2 Validazione del modello elettrico

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

Il dettaglio dei calcoli effettuati ai fini della definizione del modello elettrico è riportato nell’Allegato B – Elaborati.

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

$EE_{teorico}$	$EE_{baseline}$	Congruità
[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
29.701	28.449	4 %

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

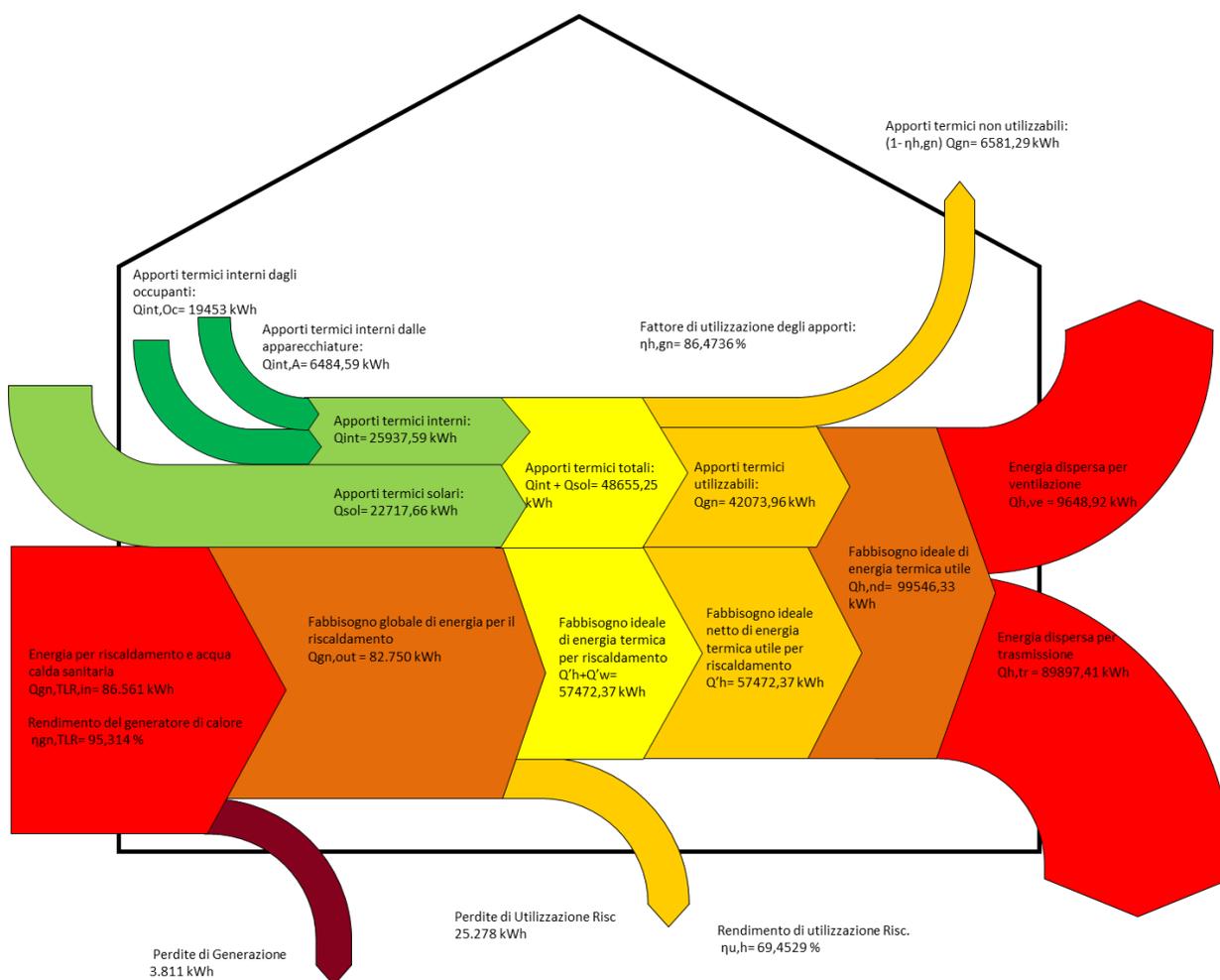
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

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

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

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

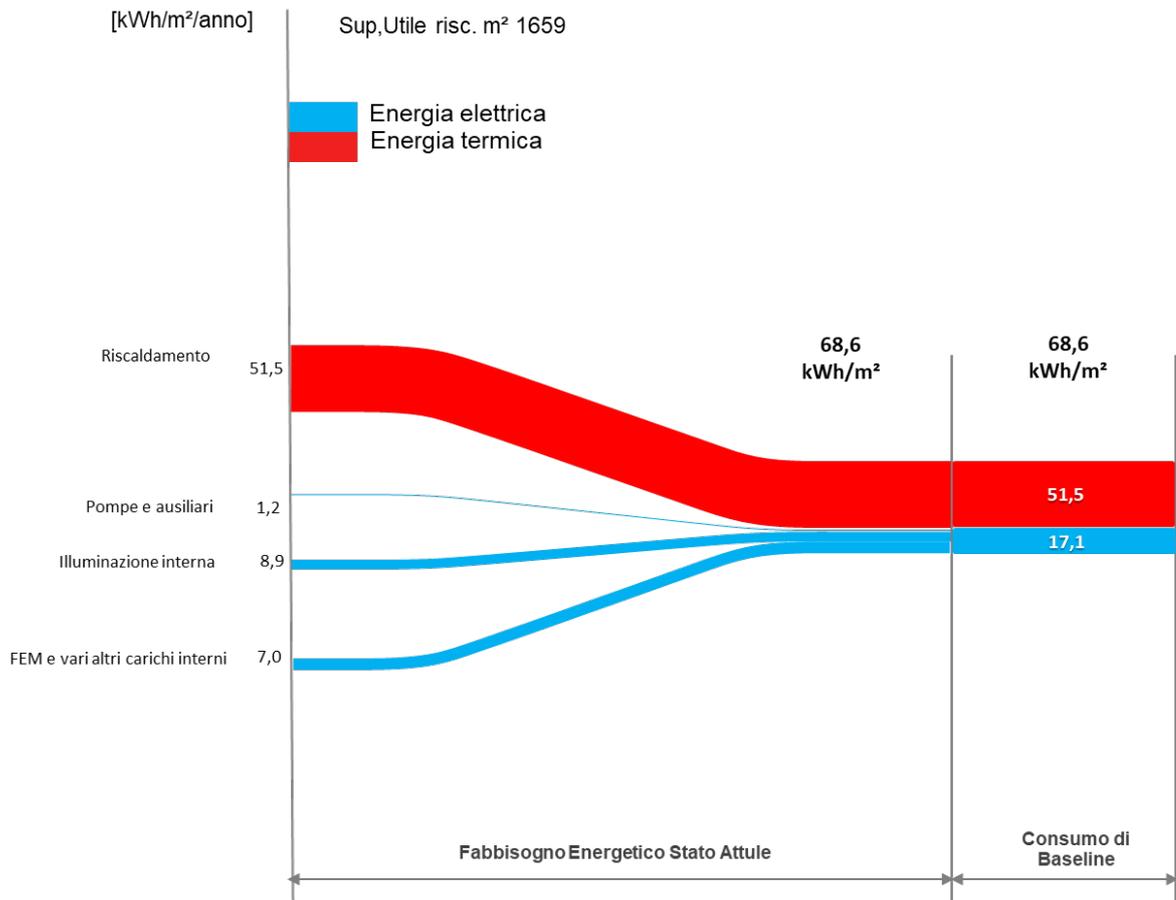
Figura 6.1 – Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio allo stato attuale



Dall'analisi del diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio è possibile notare che l'edificio oggetto di DE non presenta né energia recuperata nel sottosistema di generazione né energia termica da fonte rinnovabile. Il fattore di utilizzazione degli apporti gratuiti è 86% mentre il rendimento di utilizzazione del sistema di riscaldamento è pari al 69%.

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

Figura 6.2 – Bilancio energetico complessivo dell'edificio



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

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

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

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

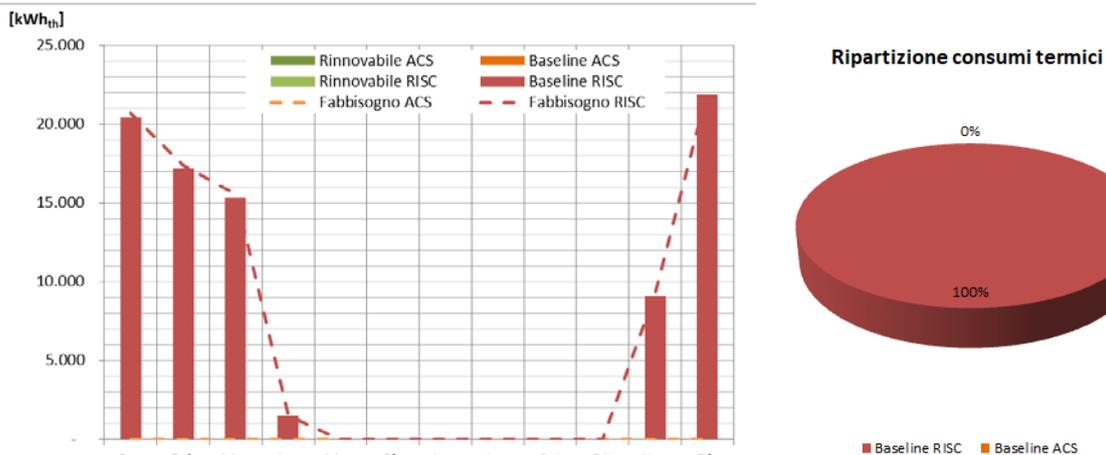
Dall'analisi del diagramma di Sankey relativo al bilancio energetico complessivo dell'edificio è possibile notare che il vettore termico è impiegato esclusivamente per il riscaldamento e che il principale utilizzo dell'energia elettrica risulta essere l'illuminazione interna.

6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI

La creazione di un modello energetico consente di effettuare una più corretta ripartizione dei consumi energetici in funzione 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 totalità dei consumi termici sia da attribuirsi all'utilizzo per la climatizzazione dei locali, pertanto gli interventi migliorativi proposti andranno ad interessare esclusivamente tale utilizzo.

Si è inoltre effettuato un confronto grafico tra i profili mensili ottenuti dalla modellazione termica ed i profili mensili ottenuti tramite la ripartizione dei consumi annuali di Baseline, adibiti al riscaldamento degli ambienti, in funzione dei profili mensili dei GG_{ref}.

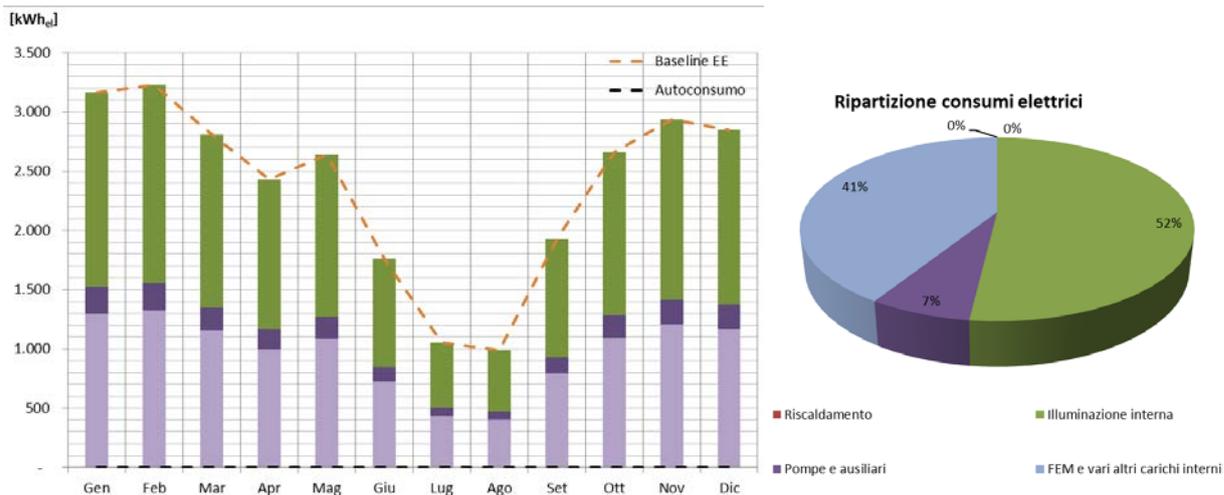
Anche relativamente all'analisi dei fabbisogni di energia elettrica, la ripartizione tra i vari utilizzi è stata effettuata in funzione degli esiti della modellazione.

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

Il dato di FEM è stato calcolato come prodotto tra la potenza elettrica complessiva delle apparecchiature elettriche e i relativi profili di utilizzo.

I risultati di tale valutazione sono riportati nella Figura 6.4, assieme alla ripartizione dei fabbisogni energetici elettrici ricavati dalla modellazione.

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



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 assume come periodo di riferimento il triennio 2014 – 2015 – 2016.

7.1.1 Vettore termico

La fornitura del vettore termico avviene tramite un contratto di Servizio Integrato Energia 3 (SIE3) stipulato dalla PA con un soggetto terzo, comprensivo sia della fornitura del vettore energetico sia della conduzione e manutenzione degli impianti. Non è stato quindi possibile effettuare un'analisi dei costi di fatturazione del vettore energetico in quanto tali fatture non sono a disposizione.

Per le forniture di gas metano gestite tramite il Contratto di Servizio Energia SIE3, non essendo disponibile la fatturazione, è stato considerato il prezzo desunto da ARERA per l'anno 2017.

Il calcolo della tariffa è stato effettuato considerando come tipologia di classe del contatore il range G10-G40.

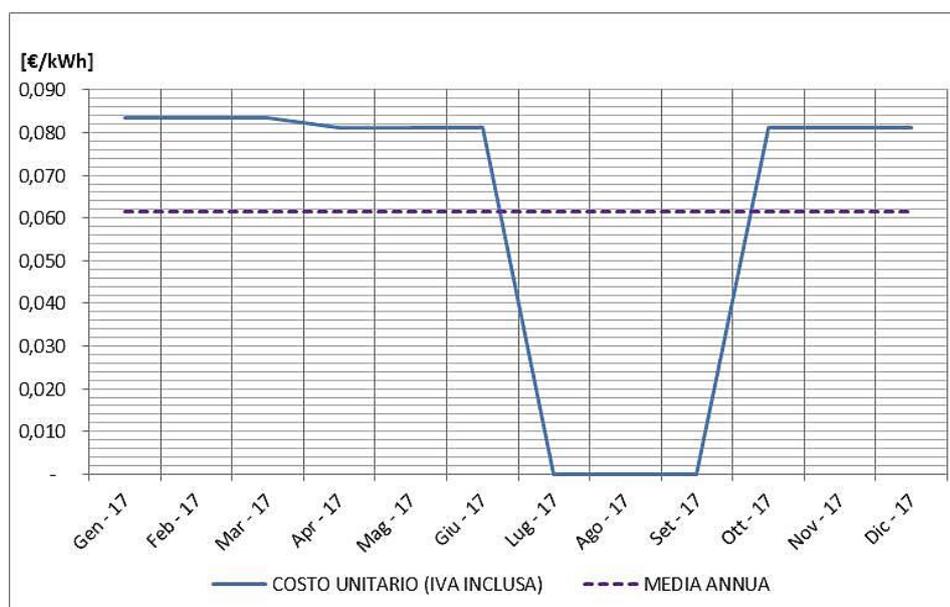
Nella Tabella 7.1 si riporta l'andamento mensile del costo del vettore termico nell'anno 2017.

Tabella 7.1 – Prezzo unitario mensile 2017

ANNO 2017	[€/kWh]
Gen - 17	0,083
Feb - 17	0,083
Mar - 17	0,083
Apr - 17	0,081
Mag - 17	0,081
Giu - 17	0,081
Lug - 17	-
Ago - 17	-
Set - 17	-
Ott - 17	0,081
Nov - 17	0,081
Dic - 17	0,081
Media, CuQ	0,0825

Nel grafico in Figura 7.1 è riportato l'andamento del costo unitario del vettore termico per le mensilità dell'anno 2017 per cui è stato possibile ricavare i costi unitari forniti da ARERA.

Figura 7.1 – Andamento del costo unitario del vettore termico per il 2017



7.1.2 Vettore elettrico

La fornitura del vettore elettrico riferito al POD IT001E11708597 avviene tramite un contratto di fornitura del vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. E' stato quindi possibile effettuare un'analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura.

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

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

POD: IT001E11708597	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura	LARGO PIETRO GOZZANO, 1 - GENOVA		
Dati di intestazione fattura	COMUNE DI GENOVA, Via Francia 1, 16124 Genova	COMUNE DI GENOVA – DIREZIONE PATRIMONIO, Via Francia 1, 16124 Genova	COMUNE DI GENOVA – DIREZIONE PATRIMONIO, Via Francia 1, 16124 Genova; COMUNE DI GENOVA, VIA GARIBALDI 9, 16124 GENOVA
Società di fornitura	Edison	Edison; Gala	Gala; Iren Mercato
Inizio periodo fornitura	01/01/2014	01/01/2015; 01/04/2015	01/01/2016 ; 01/04/2016
Fine periodo fornitura	31/12/2014	31/03/2015; 31/12/2015	31/03/2016 ; 31/12/2016
Potenza elettrica impegnata	44 kW	44 kW	21 kW
Potenza elettrica disponibile	44 kW	44 kW	44 kW
Tipologia di contratto	Forniture in BT (escluso IP)	Utenza altri usi BT	Utenza altri usi BT
Opzione tariffaria ⁽¹⁾	Genova-2013-NEW	Genova-2013-NEW; CONSIP EE12 - Lotto 2 - Tariffa BTA6	CONSIP EE12 - Lotto 2 - Tariffa BTA5; CONSIP13 VERDE - L0390
Prezzi del fornitura dell'energia elettrica ⁽²⁾ [€/kWh]	0,08	0,06	0,07

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

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

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

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

POD: IIT001E11708597	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
	FISSA	PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[kWh]	[€/kWh]
Gen - 14	248	37	300	39	62	686	3.127	0,219
Feb - 14	248	40	290	38	62	678	3.074	0,221
Mar - 14	204	33	248	32	52	570	2.582	0,221
Apr - 14	225	49	286	35	60	655	2.821	0,232
Mag - 14	179	39	228	28	47	522	2.278	0,229
Giu - 14	132	29	176	21	36	394	1.710	0,230
Lug - 14	79	17	109	13	22	239	1.047	0,228
Ago - 14	73	16	105	12	21	227	996	0,228
Set - 14	149	31	200	24	40	445	1.939	0,229
Ott - 14	193	36	250	31	51	562	2.483	0,226
Nov - 14	196	37	268	32	53	586	2.545	0,230
Dic - 14	212	41	293	35	58	639	2.817	0,227
Totale	2.137	407	2.752	343	564	6.203	27.419	0,226
POD: IIT001E11708597	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[kWh]	[€/kWh]
Gen - 15	234	42	313	40	63	692	3.210	0,216
Feb - 15	224	42	311	40	62	679	3.183	0,213
Mar - 15	226	44	323	42	63	698	2.534	0,276
Apr - 15	92	-	167	20	28	307	1.600	0,192
Mag - 15	120	-	211	27	36	394	2.443	0,161
Giu - 15	104	-	193	24	32	353	1.727	0,205
Lug - 15	75	-	164	19	26	283	961	0,295
Ago - 15	71	-	153	17	24	265	919	0,289
Set - 15	47	-	106	12	17	182	1.922	0,095
Ott - 15	89	-	204	24	32	349	2.937	0,119
Nov - 15	118	-	310	36	46	510	3.042	0,168
Dic - 15	365	-	565	68	100	1.098	2.861	0,384
Totale	1.764	128	3.021	370	528	5.812	27.339	0,213

POD: IIT001E11708597	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA		IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 16	96	-	212	28	34	370	3.158	0,117
Feb - 16	148	-	337	44	53	583	3.430	0,170
Mar - 16	347	-	409	52	81	889	3.310	0,269
Apr - 16	152	71	207	36	47	512	2.864	0,179
Mag - 16	182	79	230	40	53	585	3.205	0,183
Giu - 16	110	57	137	23	33	359	1.835	0,196
Lug - 16	83	28	90	14	22	237	1.153	0,205
Ago - 16	71	27	88	14	20	221	1.044	0,212
Set - 16	133	52	138	23	35	381	1.926	0,198
Ott - 16	210	72	187	32	50	551	2.565	0,215
Nov - 16	288	81	233	40	64	706	3.229	0,219
Dic - 16	246	82	208	36	57	630	2.869	0,219
Totale	2.066	549	2.478	382	548	6.023	30.588	0,197

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

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

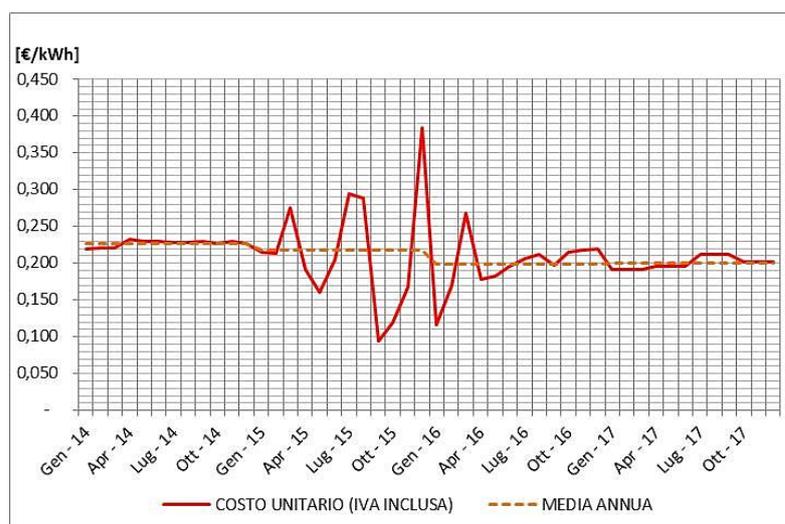
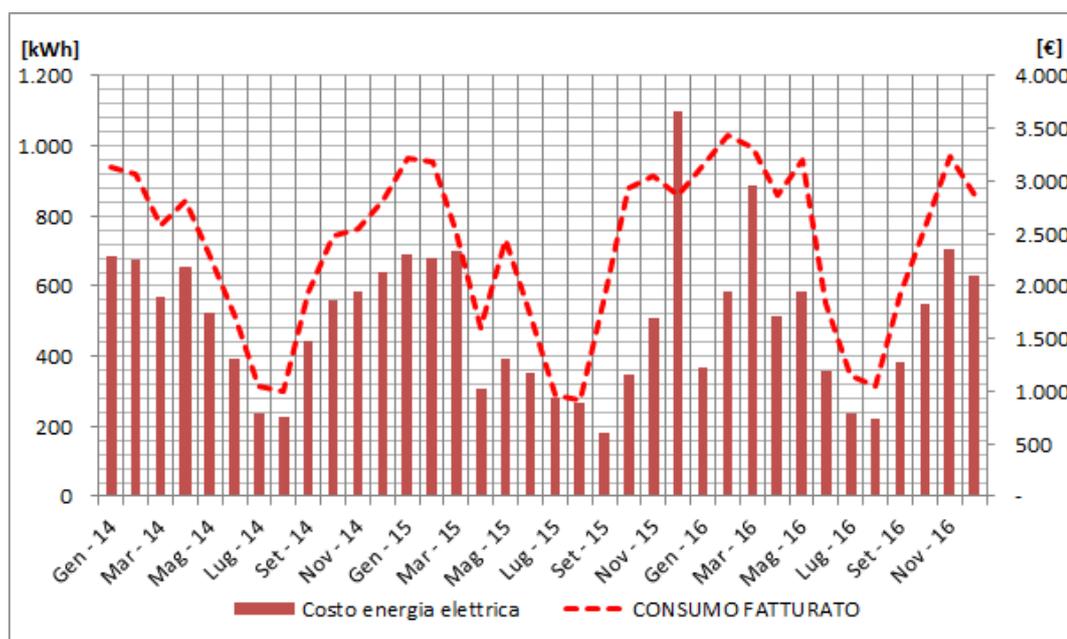


Figura 7.3 – Andamento dei consumi e dei costi dell'energia elettrica



Dall'analisi effettuata risulta evidente che l'andamento dei costi segue l'andamento dei consumi di energia elettrica, minori nel periodo estivo e maggiori nel periodo invernale.

7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI

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

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

Tabella 7.4 - Sintesi dei consumi nel triennio di riferimento

ANNO	VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO		
	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[kWh]	[€]	[€/kWh]
2014	n.d.	n.d.	n.d.	27.419	6.203	0,23
2015	n.d.	n.d.	n.d.	27.339	5.812	0,21
2016	84.000	n.d.	n.d.	30.588	6.023	0,20
Media	84.000	n.d.	n.d.	28.449	6.012	0,21

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

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo unitario dell'energia termica	Valore ARERA scontato del 5% *	Cu _Q	0,083 [€/kWh]
Costo unitario dell'energia elettrica	Valore ARERA scontato del 5%	Cu _{EE}	0,200 [€/kWh]

Nota (*): Non essendo pubblicato dall'ARERA un costo di riferimento per il Teleriscaldamento è stato utilizzato il valore ARERA del del gas naturale convertito in €/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:

- L1-042-185: servizio SIE3

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

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

Tali servizi prevedono il pagamento di un canone annuale da parte della PA pari a 42.008 €.

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-EXXXX. In questo caso i costi della manutenzione sono ripartiti in una quota ordinaria (C_{MO}) e in una quota straordinaria (C_{MS}) come segue:

$$\begin{aligned} C_{MS} &= 0.1 \times C_M \\ C_{MO} &= 0.9 \times C_M \end{aligned}$$

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

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

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

$$\begin{aligned} C_{MS} &= 0.21 \times C_M \\ C_{MO} &= 0.79 \times C_M \end{aligned}$$

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

Tabella 7.6 – Valori di costo 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} 27.618	[€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Media relativa a gli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici	C_{MS} 7.342	[€/anno]

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

7.4 BASELINE DEI COSTI

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

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

Per la componente energetica vale la seguente formula:

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

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

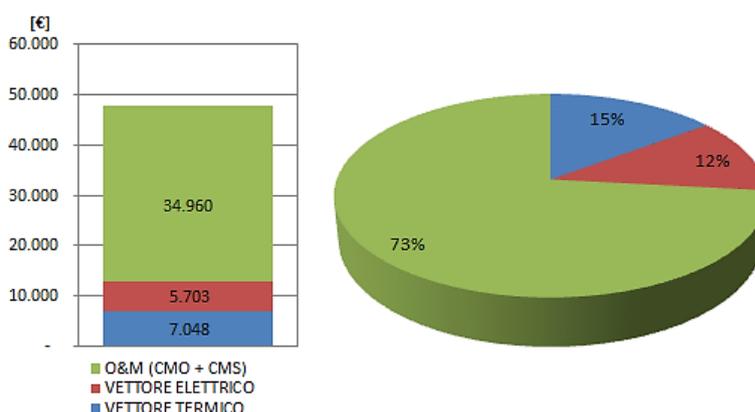
$$C_{baseline} = C_E + C_{MO} + C_{MS}$$

Ne risulta quindi un C_E pari a 12.750 € e un $C_{baseline}$ pari a 47.710 €.

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

VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO				O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)		TOTALE
$Q_{baseline}$	Cu_Q	C_Q	$EE_{baseline}$	Cu_{EE}	C_{EE}	C_M	C_{MO}	C_{MS}	$C_Q + C_{EE} + C_M$
[kWh]	[€/kWh]	[€]	[kWh]	[€/kWh]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
85.379	0,083	7.048	28.449	0,200	5.703	34.960	27.618	7.342	47.710

Figura 7.4 – Baseline dei costi e loro ripartizione



8 IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA

8.1 DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI

8.1.1 Involucro edilizio

EEM 1: partizioni orizzontali - solaio sottotetto: isolamento con pannelli o feltri

Generalità

La misura prevede la posa di uno strato di materiale isolante all'estradosso del solaio a volta posizionato sopra il salone del piano primo al fine di raggiungere un valore di trasmittanza totale per la struttura orizzontale opaca conforme a quanto incentivabile attraverso il conto termico vigente. Le altre porzioni di sottotetto sono posizionate sopra ambienti non riscaldati, quindi il beneficio derivante da un eventuale isolamento non giustificerebbe la spesa da sostenere per l'intervento.

Figura 8.1 - Particolare solaio sottotetto



Caratteristiche funzionali e tecniche

La posa del materiale isolante sul solaio sottotetto rende più efficiente il sistema edificio impianto riducendo il fabbisogno termico dell'edificio.

Lana di roccia ad alta resistenza meccanica, conduttività termica λ **0,037 W/mK**, 150 kg/m^3

Spessore isolante: 12 cm



Descrizione dei lavori

L'isolamento termico dell'ultima soletta effettuato all'estradosso, viene realizzato posando il materiale isolante, senza alcuna protezione superiore sul solaio pulito ed asciutto. I pannelli devono essere ben accostati tra di loro, avendo cura di rivestire in modo continuo il supporto. Sugli angoli o nei punti d'incontro tra pavimento e parete verso esterno (parapetti, muretti o altro), è necessario prevedere il rivestimento per almeno 60 cm per lato.

Vista la tipologia di soletta a volta si suggerisce di valutare in alternativa alla posa di pannelli isolanti una soluzione che preveda l'insufflaggio di materiale coibente: il materiale viene insufflato sfuso e steso a tappeto su tutta la superficie da ricoprire; questo tipo di applicazione consente di saturare tutti gli spazi presenti, anche quelli inaccessibili alla persona.

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM1 sono riportati nella Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM1: solaio sottotetto: isolamento con pannelli o feltri e nella Figura 8.2.

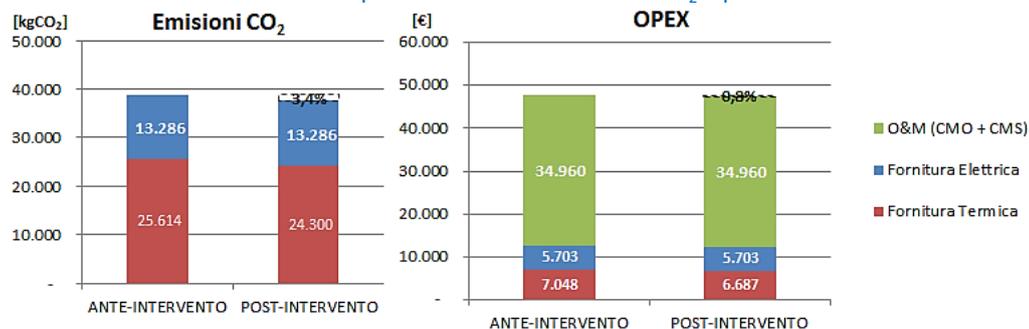
Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM1: solaio sottotetto: isolamento con pannelli o feltri

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Trasmittanza	[W/m ² K]	2	0,26	87,0%
Q _{teorico}	[kWh]	86.561	82.123	5,1%
EE _{teorico}	[kWh]	29.701	29.701	0,0%
Q _{baseline}	[kWh]	85.379	81.001	5,1%
EE _{Baseline}	[kWh]	28.449	28.449	0,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	25.614	24.300	5,1%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	13.286	13.286	0,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	38.899	37.586	3,4%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	7.048	6.687	5,1%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	5.703	5.703	0,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	12.750	12.389	2,8%
C _{MO}	[€]	27.618	27.618	0,0%
C _{MS}	[€]	7.342	7.342	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	34.960	34.960	0,0%
OPEX	[€]	47.710	47.349	0,8%
Classe energetica	[-]	D	D	stessa classe

Nota: i fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,30 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,476 [kgCO₂/kWh]

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,083 [€/kWh] per il vettore termico e 0,200 [€/kWh]

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



EEM 2: chiusure verticali trasparenti: sostituzione dei serramenti e installazione di valvole termostatiche

Generalità

La misura prevede la sostituzione di tutti i serramenti a vetro singolo e l'installazione delle valvole termostatiche sui radiatori.

Poiché l'edificio è sottoposto a vincoli, come descritto nel paragrafo 2.3, i nuovi serramenti installati dovranno rispettare le caratteristiche estetiche e di materiale di quelli esistenti.

Caratteristiche funzionali e tecniche

L'intervento permette la diminuzione delle dispersioni attraverso i serramenti e gli spifferi esistenti e un netto miglioramento del comfort interno e della sicurezza.

Serramenti in legno vetro doppio basso emissivo con trasmittanza complessiva pari a 1,5 W/m²K.

Infissi in legno con sistema a giunto aperto, permeabilità all'aria secondo norma EN 12207, tenuta alla pioggia battente secondo norma EN 12208, resistenza al vento secondo la norma EN 12210.

Vetrocamera costituito da due lastre antieffrazione e anticaduta; una lastra è rifinita con uno speciale trattamento basso-emissivo che garantisce un elevato isolamento termico. L'intercapedine tra i vetri è riempita con argon.

La valvola termostatica è una valvola la cui apertura è proporzionale alla differenza fra la temperatura impostata dall'utente sul sensore di temperatura chiamato testa termostatica e la temperatura ambiente misurata. Lo scopo della valvola termostatica è mantenere la temperatura ambiente pari a quella impostata sulla testa termostatica, perciò quando la temperatura ambiente è uguale alla temperatura impostata, la valvola regola in chiusura.

Descrizione dei lavori

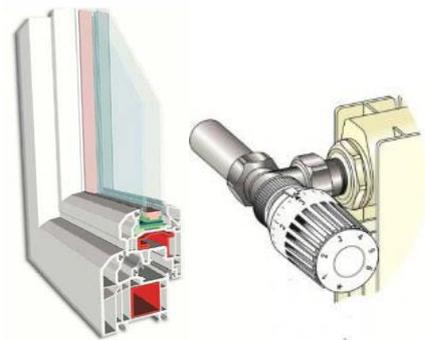
SERRAMENTI

Inserire nell'opera muraria un'apposita controccassa, su misura da progetto. Successivamente effettuare l'installazione del serramento completo di ferramenta, guarnizioni e vetro per garantire il corretto isolamento termico e acustico.

Il piano di separazione tra clima ambiente e clima esterno sarà realizzato in modo da garantire la protezione del giunto dal clima ambiente. Il rispetto di questo requisito viene assicurato dall'esecuzione in forma di barriera al vapore (nastri di tenuta, sigillanti, membrane impermeabili).

Grazie alla sigillatura esterna, il piano di protezione dagli agenti atmosferici nella zona di raccordo correrà sulla superficie esterna della costruzione.

Figura 8.3 - Particolare serramenti da sostituire



I fissaggi dovranno trasmettere all'edificio, con la necessaria sicurezza, tutte le forze che agiscono a livello della finestra, tenendo conto dei movimenti che intervengono nella zona di raccordo. Nella fase di progettazione valutare le condizioni della struttura esistente, il rilevamento delle forze agenti nella zona di raccordo e dei movimenti che interessano tale zona. A seguito di tale analisi verranno scelti i punti e gli elementi di fissaggio.

L'installazione del profilo tramite viti autofilettanti in acciaio, garantirà il diretto fissaggio tra i componenti edilizi, aumentato ulteriormente dall'inserimento di schiuma poliuretanica negli spazi rimanenti, materiale che permette il continuo assestamento del serramento.

VALVOLE TERMOSTATICHE

Fasi di installazione:

1. Scollegamento del radiatore dal vecchio corpo valvola esistente e dal circuito di riscaldamento.
2. Eliminazione dei raccordi dai tubi del circuito.
3. Montaggio della nuova valvola sul tubo di mandata, e del nuovo detentore sul tubo di ritorno.
4. Montaggio dei nuovi codoli di raccordo alle estremità.
5. Ricollegamento del radiatore ai tubi del circuito

Prestazioni raggiungibili

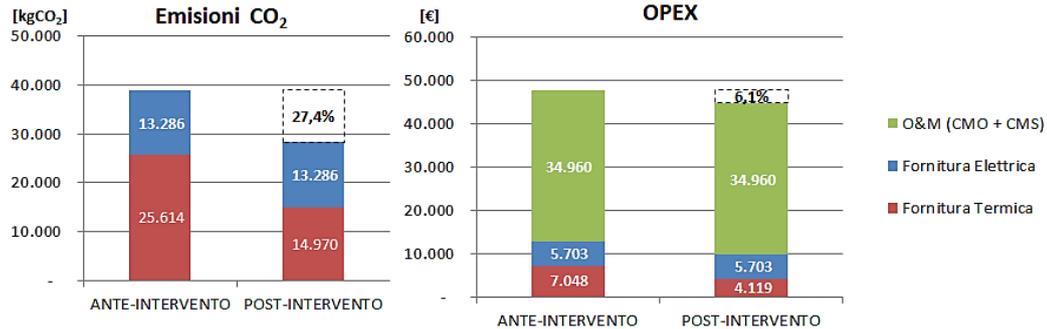
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM2 sono riportati nella Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM2: sostituzione dei serramenti e installazione di valvole termostatiche e nella Figura 8.4.

Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM2: sostituzione dei serramenti e installazione di valvole termostatiche

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Trasmittanza	[W/m ² K]	3,5	1,5	57,1%
Q _{teorico}	[kWh]	86.561	50.593	41,6%
EE _{teorico}	[kWh]	29.701	29.701	0,0%
Q _{baseline}	[kWh]	85.379	49.902	41,6%
EE _{baseline}	[kWh]	28.449	28.449	0,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	25.614	14.970	41,6%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	13.286	13.286	0,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	38.899	28.256	27,4%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	7.048	4.119	41,6%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	5.703	5.703	0,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	12.750	9.822	23,0%
C _{MO}	[€]	27.618	27.618	0,0%
C _{MS}	[€]	7.342	7.342	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	34.960	34.960	0,0%
OPEX	[€]	47.710	44.782	6,1%
Classe energetica	[-]	D	D	stessa classe

Nota: i fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,30 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,476 [kgCO₂/kWh]

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,083 [€/kWh] per il vettore termico e 0,200 [€/kWh]

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

8.1.2 Impianto riscaldamento

EEM 3: installazione pompa a portata variabile

Generalità

La misura prevede la sostituzione dell'attuale circolatore gemellare di mandata dell'impianto di riscaldamento con una pompa gemellare a giri variabili..

Caratteristiche funzionali e tecniche

In qualunque edificio, le richieste di riscaldamento cambiano continuamente a causa di diversi fattori, tra cui:

- temperatura ambientale;
- cambi di stagione;
- attività umana;
- presenza di altre fonti di calore.

Sia i circolatori a velocità fissa sia quelli a velocità variabile possono soddisfare le richieste di riscaldamento. Lo fanno, però, in modi molto diversi.

Nei sistemi dotati di circolatori a velocità fissa, come quello attualmente installato, la pressione aumenta con il diminuire della portata; è richiesta una valvola bypass di pressione differenziale per ridurre la pressione a carico parziale; il motore funziona sempre alla velocità massima. I circolatori a velocità variabile adattano invece automaticamente la velocità alle continue richieste, consentendo quindi un risparmio energetico.

Figura 8.5 – Particolare circolatori da sostituire



L'intervento si esegue sempre in presenza di valvole termostatiche a due vie (EEM 4). La chiusura delle valvole termostatiche, infatti, comporta una riduzione della portata idraulica, di conseguenza una pompa di circolazione a giri fissi si troverebbe a lavorare con prevalenze elevatissime. Una pompa a giri variabili è, invece, in grado, attraverso un differenziale di pressione, di percepire la graduale riduzione della portata, causata dalla proporzionale chiusura delle valvole termostatiche, e quindi ridurre il numero di giri, attraverso un inverter, con limitazione della prevalenza data al

circuito idraulico. Le pompe a inverter possono funzionare a pressione costante o proporzionale. La scelta e la programmazione dipendono dalle esigenze idrauliche dell'impianto di riscaldamento.

Descrizione dei lavori

Fasi di installazione:

1. Svuotamento dell'impianto di riscaldamento.
2. Dopo aver tolto l'alimentazione elettrica e protetto i dispositivi elettrici sottostanti dall'eventuale fuoriuscita d'acqua, scollegamento del cavo di alimentazione del circolatore esistente.
3. Inserimento del nuovo circolatore.
4. Esecuzione dei collegamenti elettrici.
5. Se l'impianto è dotato di una valvola di non ritorno, verifica della pressione di mandata minima impostata (che sia superiore alla pressione di chiusura della valvola di regolazione)

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM3 sono riportati nella Tabella 8.3 – Risultati analisi EEM3: installazione pompa a portata variabile e nella Figura 8.6.

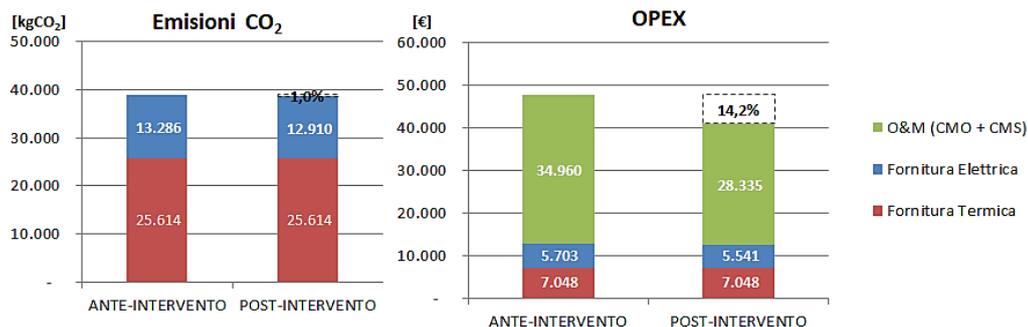
Tabella 8.3 – Risultati analisi EEM3: installazione pompa a portata variabile

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Presenza inverter	[-]	No	Si	-
$Q_{teorico}$	[kWh]	86.561	86.561	0,0%
$EE_{teorico}$	[kWh]	29.701	28.861	2,8%
$Q_{baseline}$	[kWh]	85.379	85.379	0,0%
$EE_{baseline}$	[kWh]	28.449	27.644	2,8%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	25.614	25.614	0,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	13.286	12.910	2,8%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	38.899	38.524	1,0%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	7.048	7.048	0,0%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	5.703	5.541	2,8%
Fornitura Energia, C_E	[€]	12.750	12.589	1,3%
C_{MO}	[€]	27.618	22.095	20,0%
C_{MS}	[€]	7.342	6.240	15,0%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	34.960	28.335	19,0%
OPEX	[€]	47.710	40.924	14,2%
Classe energetica	[-]	D	D	stessa classe

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,476 [kgCO₂/kWh]

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,083 [€/kWh] per il vettore termico e 0,200 [€/kWh]

Nota (2) La riduzione del 19% del costo di manutenzione è dovuto alla minore spesa per le riparazioni e i controlli.

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

EEM 4: installazione di valvole termostatiche

Generalità

La misura prevede su ciascun corpo scaldante la sostituzione delle valvole ed i detentori per permettere l'installazione di testine di termoregolazione a bassa inerzia.

Caratteristiche funzionali e tecniche

La valvola termostatica è una valvola la cui apertura è proporzionale alla differenza fra la temperatura impostata dall'utente sul sensore di temperatura chiamato testa termostatica e la temperatura ambiente misurata.

Lo scopo della valvola termostatica è mantenere la temperatura ambiente pari a quella impostata sulla testa termostatica, perciò quando la temperatura ambiente è uguale alla temperatura impostata, la valvola regola in chiusura.

Figura 8.7 – Particolare sistema di emissione



Descrizione dei lavori

Fasi di installazione:

1. Scollegamento del radiatore dal vecchio corpo valvola esistente e dal circuito di riscaldamento.
2. Eliminazione dei raccordi dai tubi del circuito.
3. Montaggio della nuova valvola sul tubo di mandata, e del nuovo detentore sul tubo di ritorno.
4. Montaggio dei nuovi codoli di raccordo alle estremità.
5. Ricollegamento del radiatore ai tubi del circuito.

Prestazioni raggiungibili

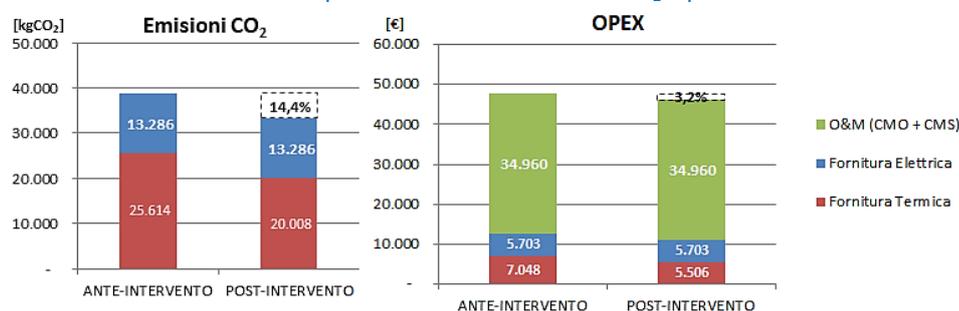
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM4 sono riportati nella Tabella 8.4 – Risultati analisi EEM4 e nella Figura 8.8.

Tabella 8.4 – Risultati analisi EEM4: installazione di valvole termostatiche

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Rendimento di regolazione	[%]	64	86	-34,4%
Q _{teorico}	[kWh]	86.561	67.618	21,9%
EE _{teorico}	[kWh]	29.701	29.701	0,0%
Q _{baseline}	[kWh]	85.379	66.694	21,9%
EE _{Baseline}	[kWh]	28.449	28.449	0,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	25.614	20.008	21,9%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	13.286	13.286	0,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	38.899	33.294	14,4%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	7.048	5.506	21,9%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	5.703	5.703	0,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	12.750	11.208	12,1%
C _{MO}	[€]	27.618	27.618	0,0%
C _{MS}	[€]	7.342	7.342	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	34.960	34.960	0,0%
OPEX	[€]	47.710	46.168	3,2%
Classe energetica	[-]	D	D	stessa classe

Nota: i fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,30 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,476 [kgCO₂/kWh]

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,083 [€/kWh] per il vettore termico e 0,200 [€/kWh]

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

8.1.3 Impianto produzione acqua calda sanitaria

Nessuna EEM prevista in quanto il consumo dell'acqua calda sanitaria risulta poco significativo e non si ritiene conveniente applicare misure di efficientamento energetico in termini di costi-benefici.

8.1.4 Impianto di ventilazione e climatizzazione estiva

Nessuna EEM prevista perché l'impianto di ventilazione e climatizzazione estiva non è presente.

8.1.5 Impianto di illuminazione ed impianto elettrico

EEM5: installazione di sorgenti luminose ad alta efficienza

Generalità

Il miglioramento delle prestazioni energetiche dell'impianto di illuminazione si può ottenere sostituendo le attuali lampade fluorescenti con lampade led.

L'intervento interessa tutte le lampade dei locali abitualmente utilizzati, e comporta la sostituzione degli apparecchi esistenti con nuovi apparecchi dotati di lampade LED.

Figura 8.9 - Particolare impianto illuminazione su cui intervenire.



Caratteristiche funzionali e tecniche

Alcuni dei vantaggi che si possono ottenere grazie all'utilizzo della tecnologia a led sono i seguenti:

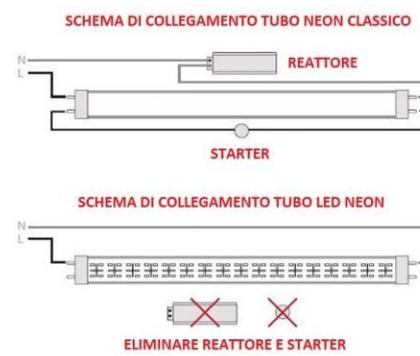
- Risparmio energetico: il consumo dei led è provato nettamente inferiore alle tecnologie tradizionali.
- Durata del ciclo di vita: la durata media di una lampada a LED viene stimata da laboratori specializzati intorno alle 60.000 ore (ovvero 13 anni con un funzionamento di 12 ore/giorno); tale ciclo di vita stimato è tuttavia conservativo; Di fatto si stima che può facilmente raggiungere oltre le 80000 – 100000 ore (ovvero fino a 23 anni con un uso di 12 ore al giorno). Per fare un confronto con le lampade al sodio ad alta pressione queste hanno una durata di 4000 – 5000 ore (tradotto dagli 11 ai 14 mesi sempre con un uso di 12 ore/giorno) e dopo 3000 ore subiscono una riduzione del 40% del flusso luminoso.
- Qualità della luce: i LED emettono luce bianca che consente di far risaltare in modo ottimale i colori.
- Efficienza luminosa: l'efficienza luminosa di una sorgente di luce è il rapporto tra il flusso luminoso e la potenza in ingresso ed è espressa in lumen/watt. La tecnologia a **LED** proposta ha una efficienza luminosa che va da **90 lm/W** per il modello standard a **150 lm/W**.
- Salubrità e rischio inquinamento: i LED non contengono gas nocivi alla salute e le emissioni di raggi ultravioletti che possono essere dannose per l'uomo in caso di lunghe esposizioni sono nulle.

Descrizione dei lavori

Per effettuare la sostituzione di un tubo neon classico con tubo led bisogna applicare due modifiche, in quanto il LED richiede una tensione di 220V diretti:

- eliminare lo STARTER
- eliminare il REATTORE connettendo tutti e due i fili sullo stesso morsetto

In questo caso si prevede la sostituzione dell'INTERA PLAFONIERA, cioè andando a sostituire la vecchia plafoniera per tubi neon con un prodotto già privo di alimentatore e starter dotato di apposita certificazione.



Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM5 sono riportati nella Tabella 8.5 – Risultati analisi EEM5: installazione di sorgenti luminose ad alta efficienza e nella Figura 8.8.

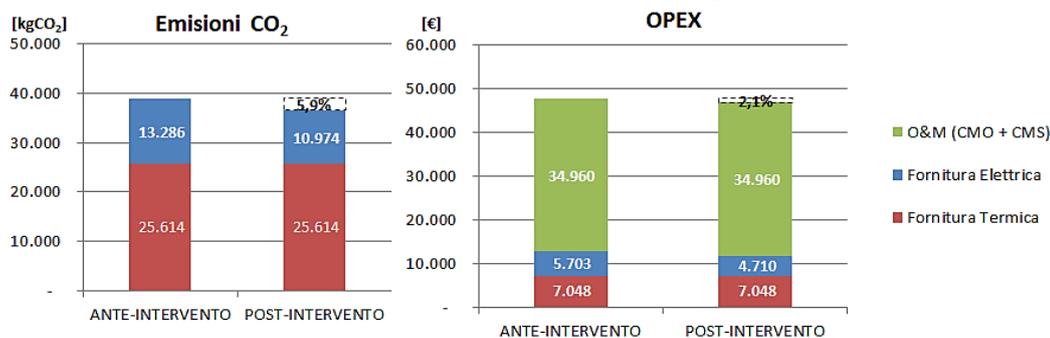
Tabella 8.5 – Risultati analisi EEM5: installazione di sorgenti luminose ad alta efficienza

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Efficienza luminosa	[lm/W]	84	150	-78,6%
$Q_{teorico}$	[kWh]	86.561	86.561	0,0%
$EE_{teorico}$	[kWh]	29.701	24.532	17,4%
$Q_{baseline}$	[kWh]	85.379	85.379	0,0%
$EE_{baseline}$	[kWh]	28.449	23.498	17,4%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	25.614	25.614	0,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	13.286	10.974	17,4%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	38.899	36.587	5,9%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	7.048	7.048	0,0%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	5.703	4.710	17,4%
Fornitura Energia, C_E	[€]	12.750	11.758	7,8%
C_{MO}	[€]	27.618	27.618	0,0%
C_{MS}	[€]	7.342	7.342	0,0%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	34.960	34.960	0,0%
OPEX	[€]	47.710	46.718	2,1%
Classe energetica	[-]	D	D	stessa classe

Nota: i fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,30 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,476 [kgCO₂/kWh]

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,083 [€/kWh] per il vettore termico e 0,200 [€/kWh]

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



8.1.6 Impianto di generazione da fonti rinnovabili

Nessuna EEM prevista, in quanto non sussistono le condizioni per la realizzazione di un impianto a fonti rinnovabili.

9 VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA

9.1 ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

EEM 1: partizioni orizzontali - solaio sottotetto: isolamento con pannelli o feltri

Nella Tabella 9.2 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 1, che consiste nella posa di uno strato di materiale isolante all'estradosso del solaio a volta posizionato sopra il salone del piano primo.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal Conto Termico 2.0, i quali possono essere quantificati in un incentivo complessivo di 3.625 euro.

Tabella 9.1 – Stima dell'incentivo da Conto Termico

STIMA INCENTIVO CONTO TERMICO	
Percentuale spesa ammissibile	40%
Costo massimo ammissibile	120 €/m ²
Valore massimo incentivo	400.000 €

Tabella 9.2 – Analisi dei costi della EEM1

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ²]	[€/n° o €/m ²]	[€]	[%]	[€]
Posa isolamento termo-acustico superfici orizzontali (coperture e simili)	Prezziario Regione Liguria - voce: 25.A44.A50.010	219	mq	6,55	5,95	1.304,05	22%	1.590,94
Pannelli rigidi in lana di roccia della densità di 150 kg/mc e lambda pari a 0,037 W/mK	Prezziario Regione Liguria - voce: PR.A17.Y04.010	2.628	mq cm	2,00	1,82	4.778,18	22%	5.829,38
Costi per la sicurezza	-	3%	%			182,47	22%	222,61
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			425,76	22%	519,42
TOTALE (I₀ – EEM1)						6.690,45	22%	8.162,35
Incentivi	Conto termico 2.0							3.625
Durata incentivi								5 anni
Incentivo annuo								725

EEM 2: chiusure verticali trasparenti: sostituzione dei serramenti e installazione di valvole termostatiche

Nella Tabella 9.4 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 2, che consiste nella sostituzione dei serramenti e nell'installazione di valvole termostatiche sui radiatori.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal Conto Termico 2.0, i quali possono essere quantificati in un incentivo complessivo di 49.589 euro.

Tabella 9.3 – Stima dell'incentivo da Conto Termico

STIMA INCENTIVO CONTO TERMICO	
Percentuale spesa ammissibile	40%
Costo massimo ammissibile	450 €/m ²
Valore massimo incentivo	100.000 €

Tabella 9.4 – Analisi dei costi della EEM2

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ₂]	[€/n° o €/m ₂]	[€]	[%]	[€]
Smontaggio e recupero delle parti riutilizzabili, incluso accantonamento nell'ambito del cantiere, di: serramenti in legno (misura minima 2,00 m ²)	Prezziario Regione Liguria - voce: 25.A05.H01.110	279	mq	10,15	9,23	2.570,16	22%	3.135,60
Finestra o portaf. in legno apert. ad una o due ante ribalta	Prezziario Regione Liguria - voce: PR.A23.A20.020	279	mq	301,07	273,70	76.236,40	22%	93.008,41
Posa serramento	Prezziario Regione Liguria - voce: 25.A80.A30.010	279	mq	47,62	43,29	12.058,25	22%	14.711,06
Costi per la sicurezza	-	3%	%			2.725,94	22%	3.325,65
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			6.360,54	22%	7.759,85
TOTALE (I₀ – EEM2-a)						99.951,29	22%	121.940,58

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ₂]	[€/n° o €/m ₂]	[€]	[%]	[€]
Valvole micrometriche a squadra complete di testa termostatica con elemento sensibile a gas: Ø 15 mm	Prezziario Regione Liguria PR.C17.A15.010	47	cad	35,42	32,20	1.513,40	22%	1.846,35
Costi per la sicurezza	-	3%	%			45,40	22%	55,39
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			105,94	22%	129,24
TOTALE (I₀ – EEM2-b)						1.664,74	22%	2.030,98
Incentivi	Conto termico 2.0							49.589
Durata incentivi								5 anni
Incentivo annuo								9.918

EEM 3: installazione pompa a portata variabile

Nella Tabella 9.5 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 3, che consiste nella sostituzione dell'attuale circolatore gemellare a velocità costante con un circolatore gemellare a portata variabile. La misura non è soggetta a incentivi.

Tabella 9.5 – Analisi dei costi della EEM3

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)	
				[€/n° o €/m ₂]	[€]			[€]
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 65, PN6-10, prevalenza da 1 a 10 m, portata da 1 a 38 m ³ /h	Prezziario Regione Liguria PR.C47.H10.140	1	cad	3.491,40	3.174,00	3.174,00	22%	3.872,28
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 40.E10.A10.020	1	cad	50,06	45,51	45,51	22%	55,52
Interruttore automatico magnetotermico con potere di interruzione 4,5KA bipolare fino a 32 A - 230 V	Prezziario Regione Liguria PR.E40.B05.210	1	cad	22,69	20,63	20,63	22%	25,17
Costi per la sicurezza	-	3%	%			97,20	22%	118,59
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			226,81	22%	276,71
TOTALE (I₀ – EEM1)						3.564,15	0,22	4.348,26

EEM4: installazione di valvole termostatiche

Nella Tabella 9.6 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 4, che consiste nell'installazione di valvole termostatiche sui radiatori ed è soggetta a incentivo solo se unita alla EEM 2.

Tabella 9.6 – Analisi dei costi della EEM4

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ₂]	[€/n° o €/m ₂]	[€]	[%]	[€]
Valvole micrometriche a squadra complete di testa termostatica con elemento sensibile a gas: Ø 15 mm	Prezziario Regione Liguria PR.C17.A15.010	47	cad	35,42	32,20	1.513,40	22%	1.846,35
Costi per la sicurezza	-	3%	%			45,40	22%	55,39
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			105,94	22%	129,24
TOTALE (I₀ – EEM1)						1.664,74	22%	2.030,98

EEM5: installazione di sorgenti luminose ad alta efficienza

Nella Tabella 9.8 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 5, che consiste nella installazione di sorgenti luminose ad alta efficienza.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati in un incentivo complessivo di circa 8.581 euro.

Tabella 9.7 – Stima dell'incentivo da Conto Termico

STIMA INCENTIVO CONTO TERMICO	
Percentuale spesa ammissibile	40%
Costo massimo ammissibile	35 €/m ²
Valore massimo incentivo	70.000 €

Tabella 9.8 – Analisi dei costi della EEM5

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ₂]	[€/n° o €/m ₂]	[€]	[%]	[€]
Rimozione e smaltimento di corpo illuminante	Prezziario Comune di Milano - voce: 1E.02.070.0020	106	cad	5,73	5,21	552,16	22%	673,64
Plafoniera ad incasso per controsoffittature - lampada led 4000K 3700lm potenza 31 W - modulo da 600x600 mm	Prezziario Comune di Milano - voce: 1E.06.060.0095.b	6	cad	197,53	179,57	1.077,44	22%	1.314,47
Plafoniera a tenuta stagna per installazione diretta a parete o a soffitto - monolampada led 4000K 2800 lm potenza 29 W - lunghezza 1600 mm	Prezziario Comune di Milano - voce: 1E.06.060.0140.c	1	cad	139,50	126,82	126,82	22%	154,72
Plafoniera a tenuta stagna per installazione diretta a parete o a soffitto - monolampada led 4000K 1600 lm potenza 13 W - lunghezza 690 mm	Prezziario Comune di Milano - voce: 1E.06.060.0140.a	7	cad	96,24	87,49	612,44	22%	747,17
Plafoniera a tenuta stagna per installazione diretta a parete o a soffitto - bilampada led 4000K 7500 lm potenza 56 W - lunghezza 1600 mm	Prezziario Comune di Milano - voce: 1E.06.060.0140.f	67	cad	183,70	167,00	11.189,00	22%	13.650,58
Proiettore orientabile da esterno / interno - lampade led 4000K 6400 Lm potenza 47 W	Prezziario Comune di Milano - voce: 1E.06.060.0040.a	3	cad	285,30	259,36	778,09	22%	949,27
Plafoniera tonda per interni ed esterni - 1300 lm potenza 16 W - Ø 300 mm	Prezziario Comune di Milano - voce: 1E.06.060.0130.a	11	cad	108,04	98,22	1.080,40	22%	1.318,09
Lampade a led corpo ceramico, temperatura di colore 2700° K - potenza 6 W	Prezziario Comune di Milano - voce: 1E.06.060.0180.b	10	cad	14,85	13,50	135,00	22%	164,70
Proiettore orientabile da esterno / interno - lampade led 4000K 6400 Lm potenza 94 W	Prezziario Comune di Milano - voce: 1E.06.060.0040.b	1	cad	525,01	477,28	477,28	22%	582,28
Costi per la sicurezza	-	3%	%			466,54	22%	569,18
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			1.088,59	22%	1.328,08
TOTALE (I₀ – EEM1)						17.583,76	22%	21.452,19
Incentivi	Conto termico 2.0							8.581
Durata incentivi								5 anni
Incentivo annuo								1.716

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.

In attuazione delle disposizioni di cui all'articolo 7, comma 6 del decreto legislativo 102/2014, le amministrazioni pubbliche che optino, anche per il tramite di una ESCO, per la procedura di prenotazione dell'incentivo del Conto Termico, possono richiedere l'erogazione di una rata di acconto al momento della comunicazione dell'avvio dei lavori e di una rata di saldo a seguito della sottoscrizione della scheda-contratto. A tal fine, il GSE eroga la rata di acconto entro 60 giorni dalla ricezione della comunicazione di avvio dei lavori suddetta. La rata di acconto è pari ai due quinti del beneficio complessivamente riconosciuto, se la durata dell'incentivo è di cinque anni, ovvero al 50%, nel caso in cui la durata sia di due anni.

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.

EEM 1: partizioni orizzontali - solaio sottotetto: isolamento con pannelli o feltri

Tabella 9.9 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM1

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	8.162
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	725
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	10,8
Tempo di rientro attualizzato	TRA	34,9	16,7
Valore attuale netto	VAN	- 1.189	2.038
Tasso interno di rendimento	TIR	2,6%	7,0%
Indice di profitto	IP	-0,15	0,25

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

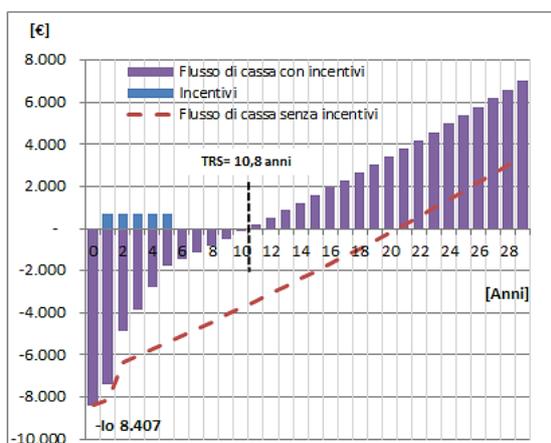
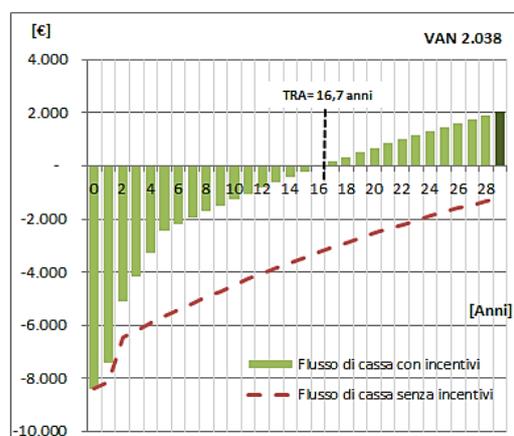


Figura 9.2 – EEM1: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che la EEM1 risulta economicamente sostenibile, grazie alla riduzione delle dispersioni attraverso l’involucro opaco orizzontale.

EEM 2: chiusure verticali trasparenti: sostituzione dei serramenti e installazione di valvole termostatiche

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

Tabella 9.10 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM2

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	123.972
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	9.918
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	36,1	20,7
Tempo di rientro attualizzato	TRA	56,2	34,1
Valore attuale netto	VAN	- 59.558	- 15.406
Tasso interno di rendimento	TIR	-1,4%	2,2%
Indice di profitto	IP	-0,48	-0,12

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

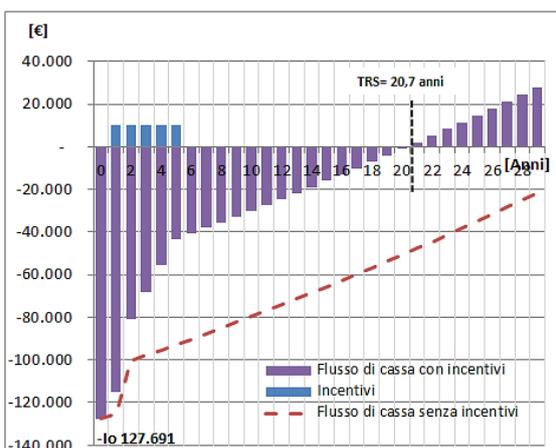
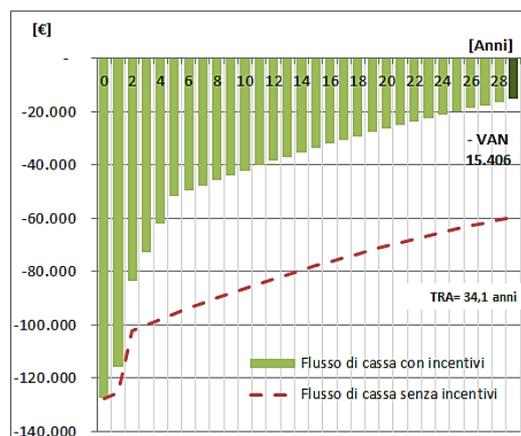


Figura 9.4 – EEM2: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che la EEM2 non risulta vantaggiosa, tuttavia si tratta di un intervento prioritario per l'ottimizzazione dell'efficienza del sistema edificio-impianto, grazie sia alla riduzione delle dispersioni attraverso i serramenti sia al miglioramento del rendimento di regolazione conseguente all'installazione delle valvole termostatiche. Questo intervento è inoltre fondamentale per il miglioramento del comfort degli utenti.

EEM 3: installazione pompa a portata variabile

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

Tabella 9.11 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM3

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	4.348
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	15
Incentivo annuo	B	€/anno	-
Durata incentivo	n_B	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	0,8	0,80
Tempo di rientro attualizzato	TRA	0,8	0,83
Valore attuale netto	VAN	57.134	57.134
Tasso interno di rendimento	TIR	129,6%	129,6%
Indice di profitto	IP	13,14	13,14

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

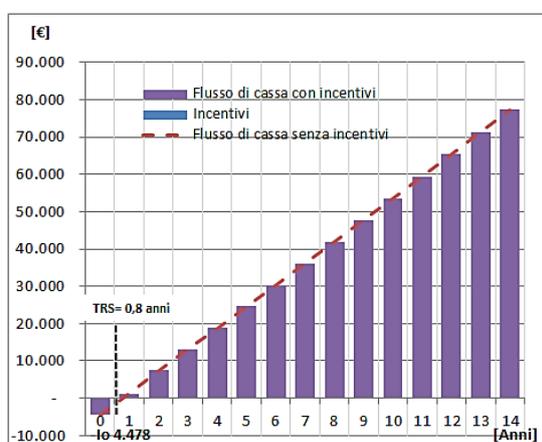
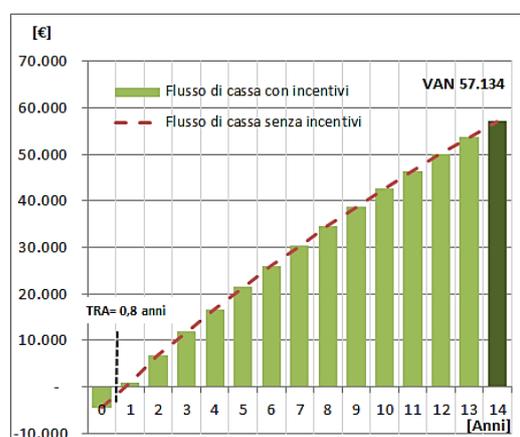


Figura 9.6 – EEM3: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che la EEM3 si ripaga in pochissimo tempo grazie al risparmio di energia elettrica ottenibile adattando la velocità della pompa di circolazione all'effettiva richiesta dell'impianto.

EEM4: installazione di valvole termostatiche

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

Tabella 9.12 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM4

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	2.031
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	15
Incentivo annuo	B	€/anno	-
Durata incentivo	n_B	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	1,4	1,42
Tempo di rientro attualizzato	TRA	1,5	1,51
Valore attuale netto	VAN	12.761	12.761
Tasso interno di rendimento	TIR	66,4%	66,4%
Indice di profitto	IP	6,28	6,28

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

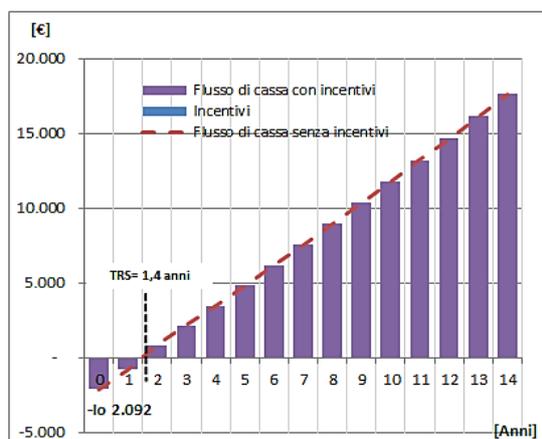
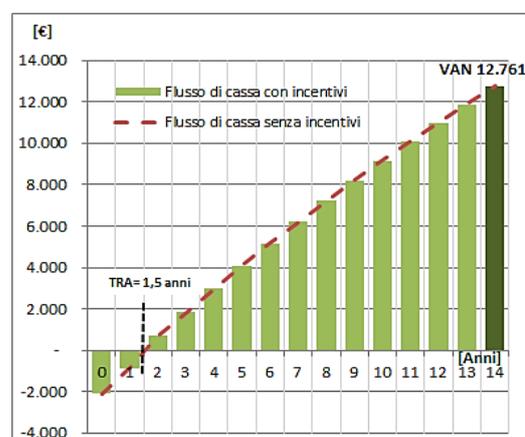


Figura 9.8 – EEM4: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che la EEM4 risulta economicamente vantaggiosa, grazie alla massimizzazione dell'efficienza degli impianti termici.

EEM5: installazione di sorgenti luminose ad alta efficienza

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

Tabella 9.13 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM5

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	21.452
Oneri Finanziari % l_0	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	8
Incentivo annuo	B	€/anno	1.716
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	18,0	9,6
Tempo di rientro attualizzato	TRA	20,3	10,8
Valore attuale netto	VAN	- 13.405	- 5.765
Tasso interno di rendimento	TIR	-19,8%	-5,5%
Indice di profitto	IP	-0,62	-0,27

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

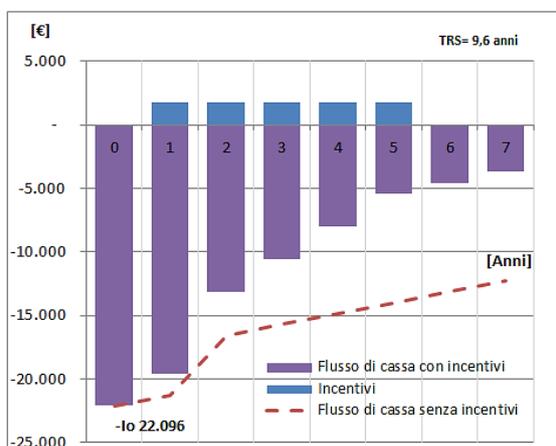
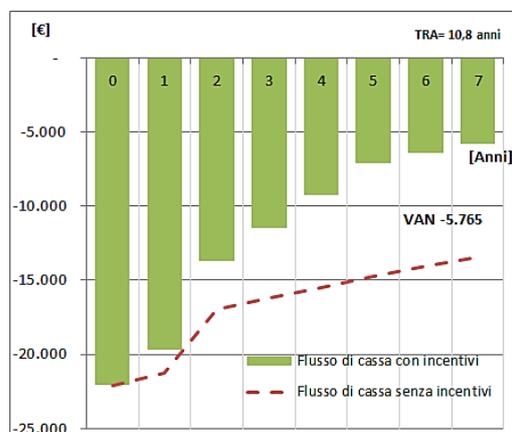


Figura 9.10 – EEM5: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata la EEM5 non sembra risultare economicamente sostenibile; questo avviene perché la si paragona a un tempo di vita utile basso per la tipologia di lampada che si andrebbe a installare; il LED è infatti caratterizzato da tempi di vita generalmente maggiori. Di conseguenza la EEM è da considerarsi sostenibile e vantaggiosa, ed è quindi consigliata al fine della riduzione del consumo elettrico e dell'adeguamento dell'efficienza luminosa.

Sintesi

La sintesi della valutazione economico – finanziaria delle EEM proposte è riportata in Tabella 9.14 e in Tabella 9.15.

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

	SENZA INCENTIVI											
	% Δ_E [%]	% Δ_{CO_2} [%]	ΔC_E [€/anno]	ΔC_{MO} [€/anno]	ΔC_{MS} [€/anno]	I_0 [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	anni [n]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]
EEM 1	2,8	3,4	361	0	0	8.162	20,6	34,9	30	-1.189	2,6	-0,15
EEM 2	23,0	27,4	2.929	0	0	123.972	36,1	56,2	30	-59.558	-1,4	-0,48
EEM 3	1,3	1,0	161	5.524	1.101	4.348	0,8	0,8	15	57.134	129,6	13,14
EEM 4	12,1	14,4	1.542	0	0	2.031	1,4	1,5	15	12.761	66,4	6,28
EEM 5	7,8	5,9	992	0	0	21.452	18,0	20,3	8	12.761	-19,8	-0,62

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

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

Dall'analisi dei risultati emerge che la misura con un risparmio energetico maggiore è quella che prevede la sostituzione dei serramenti (EEM2); essa tuttavia comporta investimenti onerosi che si riflettono su tempi di ritorno non appetibili. Ciononostante gli interventi sull'involucro sarebbero proprio quelli da preferire nell'ottica di un vero efficientamento dell'edificio.

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

	CON INCENTIVI											
	% Δ_E [%]	% Δ_{CO_2} [%]	ΔC_E [€/anno]	ΔC_{MO} [€/anno]	ΔC_{MS} [€/anno]	I_0 [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	anni [n]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]
EEM 1	2,8	3,4	361	0	0	8.162	10,8	16,7	30	2.038	7,0	0,25
EEM 2	23,0	27,4	2.929	0	0	123.972	20,7	34,1	30	-15.406	2,2	-0,12
EEM 3	1,3	1,0	161	5.524	1.101	4.348	0,8	0,8	15	57.134	129,6	13,14
EEM 4	12,1	14,4	1.542	0	0	2.031	1,4	1,5	15	12.761	66,4	6,28
EEM 5	7,8	5,9	992	0	0	21.452	9,6	10,8	8	-5.765	-5,5	-0,27

Dall'analisi dei risultati considerando gli incentivi del conto termico emerge che i tempi di ritorno degli investimenti diminuiscono in modo proporzionale. La misura EEM2 continua ad avere un TRA superiore alla vita utile ma, migliorando TIR ed IP, si può valutare la realizzazione di questa misura in combinazione con altri interventi più performanti dal punto di vista della sostenibilità economica.

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

A seguito dell'analisi delle singole misure di efficienza energetica è stato possibile la definizione di due scenari ottimali a partire dalla combinazione delle singole EEM proposte, 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 sarà verificato un tempo di ritorno semplice, $TRS \leq 15$ anni;
- Scenario ottimale 2, (SCN2), per il quale sarà verificato un tempo di ritorno semplice, $TRS \leq 25$ anni.

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

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

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

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

Dove:

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

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

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

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

Essi sono così definiti:

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

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

Dove:

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

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

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

Dove:

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

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

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

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

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

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

- **Scenario 1: [EEM1 + EEM3 + EEM4 + EEM5]:** Tale scenario consiste nell'applicazione di tutte le misure dello scenario 1 ad eccezione della sostituzione dei serramenti, pertanto consiste nella coibentazione di una porzione di solaio verso ambiente riscaldato e nel miglioramento delle prestazioni degli impianti termico ed elettrico attraverso l'installazione di valvole termostatiche, la sostituzione del circolatore esistente con un circolatore a portata variabile e la sostituzione degli apparecchi illuminanti con lampade a LED.
- **Scenario 2: [EEM1 + EEM2 + EEM3 + EEM5]:** Tale scenario consiste nella riqualificazione dell'involucro edilizio attraverso la sostituzione dei serramenti e la coibentazione di una porzione di solaio verso ambiente riscaldato e nel miglioramento delle prestazioni degli impianti termico ed elettrico attraverso l'installazione di valvole termostatiche, la sostituzione del circolatore esistente con un circolatore a portata variabile e la sostituzione degli apparecchi illuminanti con lampade a LED.

9.3.1 Scenario 1: EEM1 + EEM3 + EEM4 + EEM5

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

- EEM 1: partizioni orizzontali - solaio sottotetto: isolamento con pannelli o feltri
- EEM 3: installazione pompa a portata variabile
- EEM 4: installazione di valvole termostatiche
- EEM 5: installazione di sorgenti luminose ad alta efficienza

Tabella 9.16 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 1

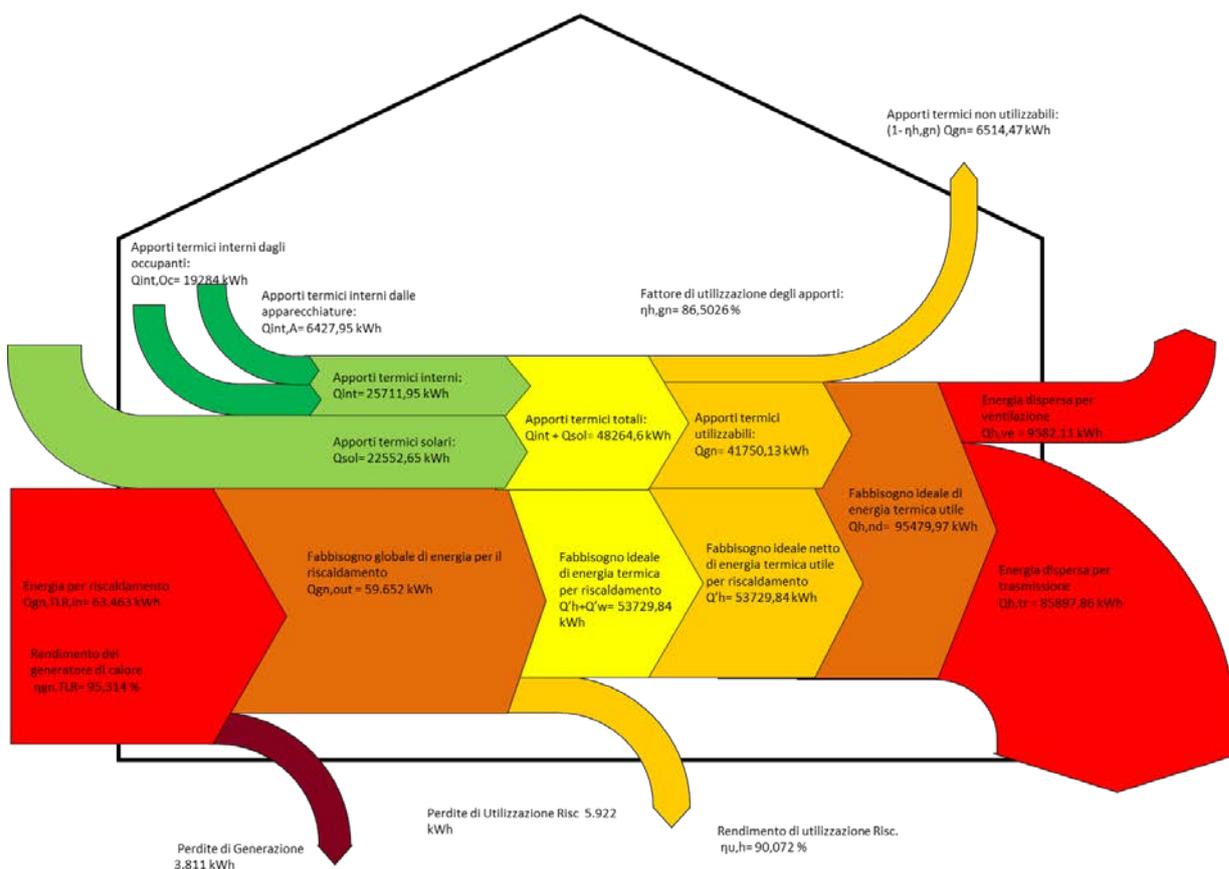
VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA AI 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 Fornitura & Posa	6.082,23	1.338,09	7.420,32
EEM3 Fornitura & Posa	3.240,14	712,83	3.952,97
EEM4 Fornitura & Posa	1.513,40	332,95	1.846,35
EEM5 Fornitura & Posa	16.028,63	3.526,30	19.554,93
Costi per la sicurezza	791,61	174,15	965,77
Costi per la progettazione	1.847,10	406,36	2.253,46
TOTALE (I₀)	29.503,10	6.490,68	35.993,78
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO} (IVA INCLUSA)	C _{MS} (IVA INCLUSA)	C _M (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 O&M	-	-	-
EEM3 O&M	22.095	6.240	28.335
EEM4 O&M	-	-	-
EEM5 O&M	-	-	-
TOTALE (C_M)	22.095	6.240	28.335
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	
		[€]	
Incentivi	Conto termico	11.846	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		2.369	

Tabella 9.17– Stima dell’incentivo da Conto Termico

STIMA INCENTIVO CONTO TERMICO	
Percentuale spesa ammissibile per EEM1	40%
Percentuale spesa ammissibile per EEM3	n/a
Percentuale spesa ammissibile per EEM4	n/a
Percentuale spesa ammissibile per EEM5	40%
Costo massimo ammissibile per EEM1	120 €/m ²
Costo massimo ammissibile per EEM3	n/a
Costo massimo ammissibile per EEM4	n/a
Costo massimo ammissibile per EEM5	35 €/m ²
Valore massimo incentivo EEM1	400.000 €
Valore massimo incentivo EEM2	100.000 €
Valore massimo incentivo EEM3	n/a
Valore massimo incentivo EEM5	70.000 €

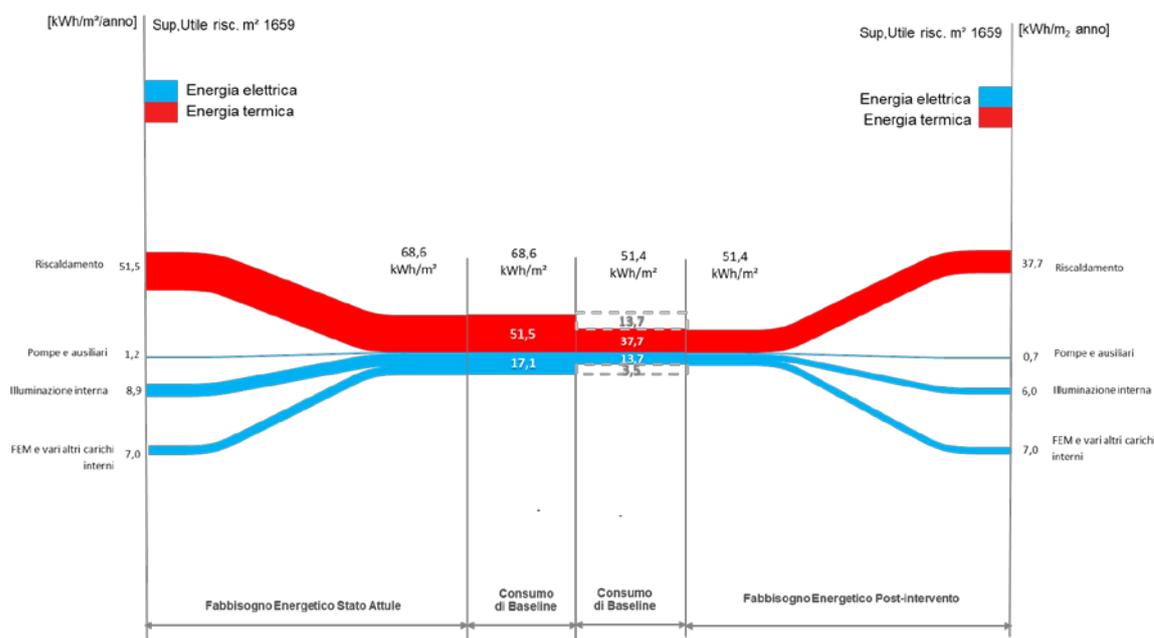
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di Sankey relativo alle situazioni post-intervento.

Figura 9.11 – Scenario 1: Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico post intervento



Dall’analisi del diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell’edificio post intervento è possibile notare una riduzione del fabbisogno globale di energia termica per il riscaldamento rispetto allo stato di fatto, dovuto sia alla riduzione delle perdite di utilizzazione per effetto dell’introduzione delle valvole termostatiche, sia al minor fabbisogno ideale netto di energia termica utile, grazie alla riduzione delle dispersioni attraverso il solaio verso sottotetto.

Figura 9.12 – Scenario 1: Bilancio energetico complessivo dell'edificio post intervento

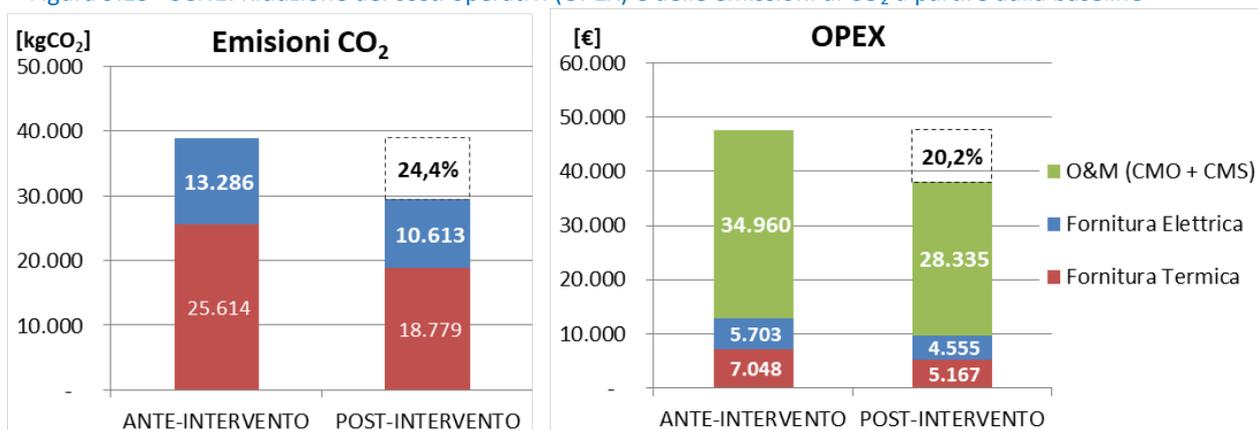


I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella Tabella 9.18 e nella

Figura 9.13

Tabella 9.18 – Risultati analisi SCN1

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EM1 [Trasmittanza]	[W/m²K]	2	0,26	87,0%
EM3 [presenza inverter]	[-]	No	Si	-
EM4 [rendimento regolazione]	[%]	64	86	-34,4%
EM5 [Efficienza luminosa]	[lm/W]	84	150	-78,6%
$Q_{teorico}$	[kWh]	86.561	63.463	26,7%
$EE_{teorico}$	[kWh]	29.701	23.726	20,1%
$Q_{baseline}$	[kWh]	85.379	62.596	26,7%
$EE_{baseline}$	[kWh]	28.449	22.726	20,1%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	25.614	18.779	26,7%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	13.286	10.613	20,1%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	38.899	29.392	24,4%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	7.048	5.167	26,7%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	5.703	4.555	20,1%
Fornitura Energia, C_E	[€]	12.750	9.723	23,7%
C_{MO}	[€]	27.618	22.095	20,0%
C_{MS}	[€]	7.342	6.240	15,0%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	34.960	28.335	19,0%
OPEX	[€]	47.710	38.058	20,2%
Classe energetica	[-]	D	D	stessa classe

Figura 9.13 - SCN1: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline

E' stato quindi possibile presentare un modello semplificato di Piano Economico Finanziario (PEF) indicativo, i cui calcoli di dettaglio sono riportati all'Allegato L – Piano Economico Finanziario scenari. I risultati dell'analisi sono riportati nella Tabella 9.19, Tabella 9.20 e Tabella 9.21 e nelle successive figure.

Tabella 9.19 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN1

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%
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{cdP})$	$k_{pogetto}$	4,00%
Inflazione ISTAT	f	0,50%
deriva dell'inflazione	f'	0,70%
%, interessi debito	k_D	3,82%
%, interessi equity	k_E	9,00%
Aliquota IRES	IRES	24,0%
Aliquota IRAP	IRAP	3,9%
Aliquota fiscale	τ	27,90%
Anni debito (finanziamento)	n_D	10
Anni Equity	n_E	14
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_o	€ 35.994
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 1.080
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 37.074
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€ 29.659
Equity	I_E	€ 7.415
Fattore di annualità Debito	FA_D	8,30
Rata annua debito	q_D	€ 3.573
Costo finanziamento,(D+INT _D)	$q_D * n_D$	€ 35.726

Costi per interessi debito, INT_D	$INT_D = q_D * n_D - D$	€	6.067
-------------------------------------	-------------------------	---	-------

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

PARAMETRI ECONOMICI			
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€	10.451
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€	28.656
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€	39.107
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€	-
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$		23,7%
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$		19,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$		9,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€	6.273
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€	3.520
Risparmio PA durante la concessione	14%	€	100.689
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€	9.479
N° di Canoni annuali	anni		14
Utile lordo della ESCO	%CAPEX		35,49%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	€	940
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€	433
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€	1.380
Canone O&M €/anno	CnM	€	24.101
Canone Energia €/anno	CnE	€	8.733
Canone Servizi €/anno IVA escl.	CnS	€	32.834
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	CnD	€	2.754
Canone Totale €/anno IVA escl.	Cn	€	35.587
Aliquota IVA %	IVA		22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€	6.491
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€	11.257
Durata Incentivi, anni	n_B		5
Inizio erogazione Incentivi, anno			2022

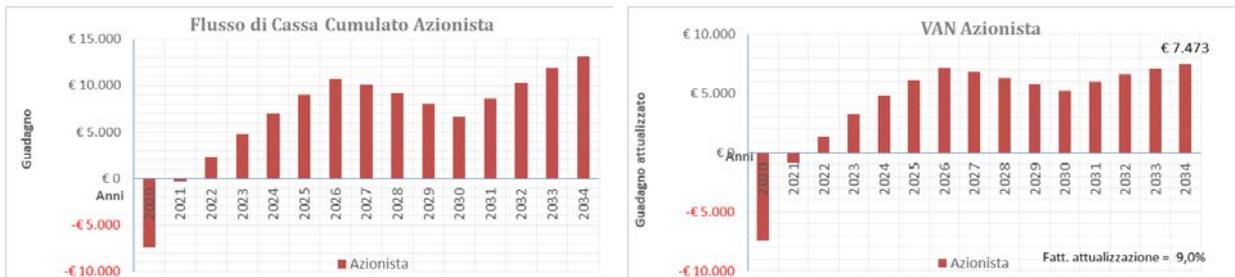
Tabella 9.21 – Risultati dell'analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN1

INDICATORI DI REDDITIVITA' DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, $Spb = Io / FC$, Anni	T.R.S.		6,52
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		7,88
Valore Attuale Netto, $VAN = VA - Io$	VAN > 0	€	9.394
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC		9,53%
Indice di Profitto	IP		0,2610
INDICATORI DI REDDITIVITA' DELLA ESCO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, $Spb = Io / FC$, Anni	T.R.S.		2,12
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		2,40
Valore Attuale Netto, $VAN = VA - Io$	VAN > 0	€	7.473
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke		50,05%
Debit Service Cover Ratio	DCSR > 1,3		1,314
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1		1,167
Indice di Profitto Azionista	IP		0,2076

Figura 9.14 –SCN1: Flussi di cassa del progetto



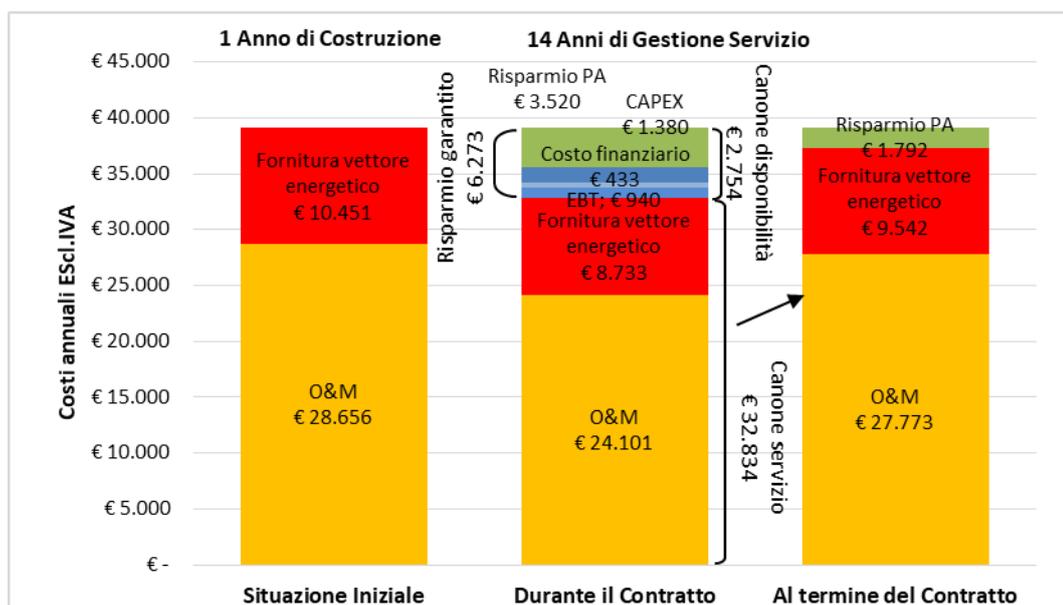
Figura 9.15 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



Dall’analisi effettuata è emerso che lo Scenario 1 risulta avere tempi di ritorno semplici ed attualizzati di molto inferiori a 15 anni sia dal punto di vista del progetto sia da quello dell’azionista. Il tempo di ritorno attualizzato è invece in entrambi i casi superiore ai 25 anni. Gli indicatori di sostenibilità finanziaria risultano avere valori ottimali.

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 9.16.

Figura 9.16 – Scenario 1: Schema di Energy Performance Contract



9.3.2 Scenario 2: EEM1 + EEM2 + EEM3 + EEM5

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

- EEM 1: partizioni orizzontali - solaio sottotetto: isolamento con pannelli o feltri
- EEM 2: chiusure verticali trasparenti: sostituzione dei serramenti e installazione di valvole termostatiche
- EEM 3: installazione pompa a portata variabile
- EEM 5: installazione di sorgenti luminose ad alta efficienza

Tabella 9.22 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 2

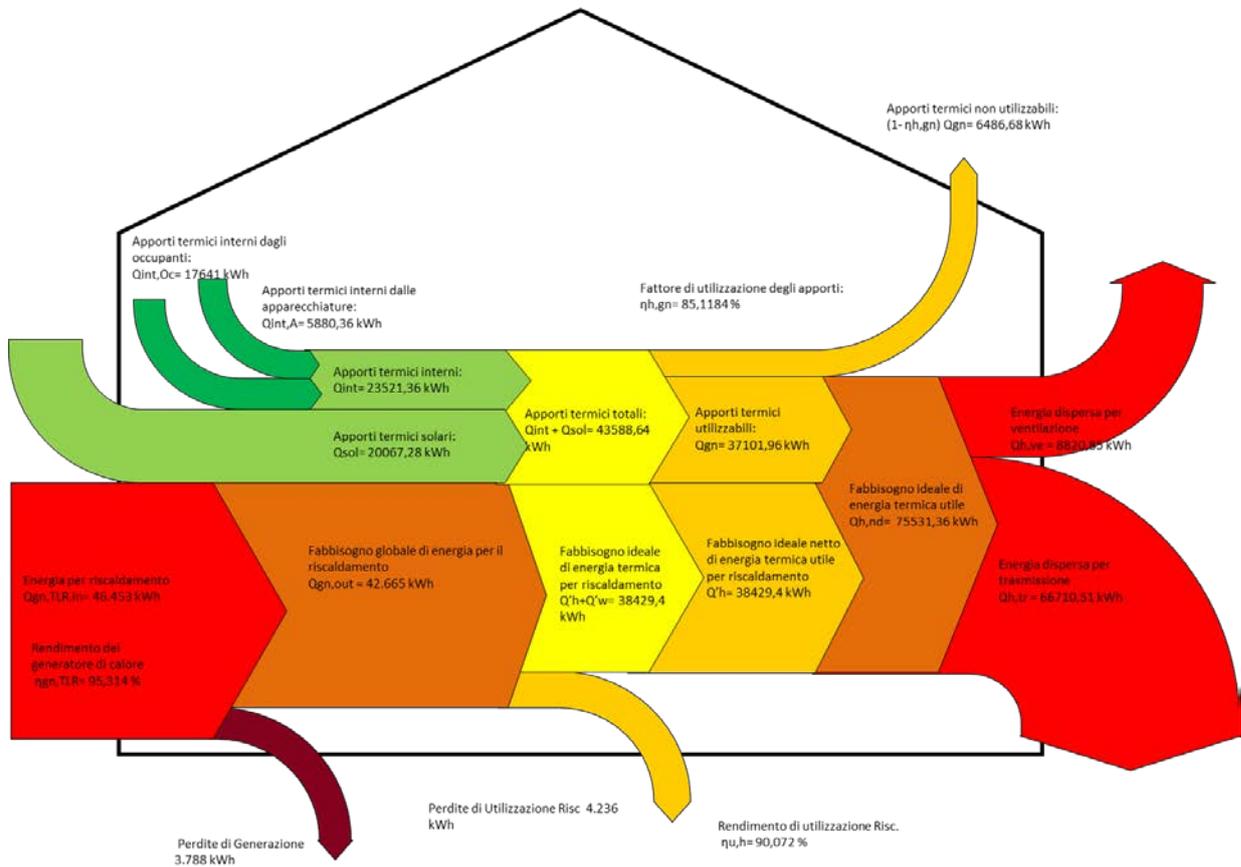
VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA Al 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 Fornitura & Posa	6.082,23	1.338,09	7.420,32
EEM2 Fornitura & Posa	92.378,21	20.323,21	112.701,42
EEM3 Fornitura & Posa	3.240,14	712,83	3.952,97
EEM5 Fornitura & Posa	16.028,63	3.526,30	19.554,93
Costi per la sicurezza	3.517,56	773,86	4.291,42
Costi per la progettazione	8.207,63	1.805,68	10.013,31
TOTALE (I₀)	129.454,40	28.479,97	157.934,36
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO} (IVA INCLUSA)	C _{MS} (IVA INCLUSA)	C _M (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 O&M	-	-	-
EEM2 O&M	-	-	-
EEM3 O&M	22.095	6.240	28.335
EEM5 O&M	-	-	-
TOTALE (C_M)	22.095	6.240	28.335
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	
		[€]	
Incentivi	Conto termico 2.0	61.434	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		12.287	

Tabella 9.23– Stima dell’incentivo da Conto Termico

STIMA INCENTIVO CONTO TERMICO	
Percentuale spesa ammissibile per EEM1	40%
Percentuale spesa ammissibile per EEM2	40%
Percentuale spesa ammissibile per EEM3	n/a
Percentuale spesa ammissibile per EEM5	40%
Costo massimo ammissibile per EEM1	120 €/m ²
Costo massimo ammissibile per EEM2	450 €/m ²
Costo massimo ammissibile per EEM3	n/a
Costo massimo ammissibile per EEM5	35 €/m ²
Valore massimo incentivo EEM1	400.000 €
Valore massimo incentivo EEM2	100.000 €
Valore massimo incentivo EEM3	n/a
Valore massimo incentivo EEM5	70.000 €

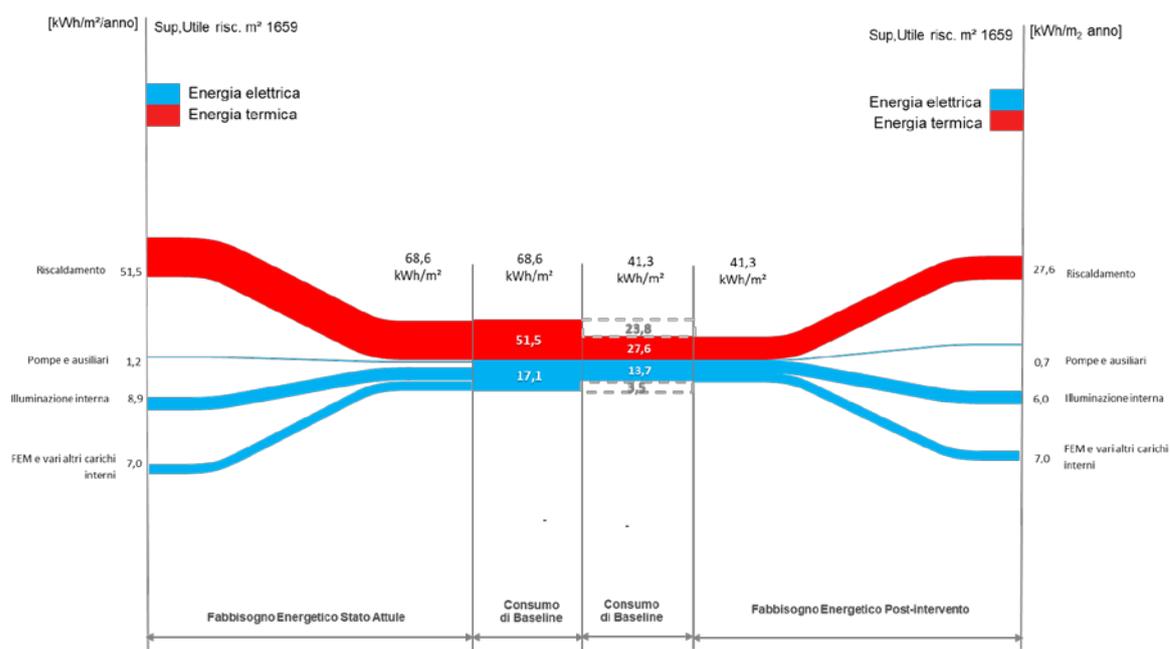
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di Sankey relativo alle situazioni post-intervento.

Figura 9.17 – SCN2: Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico post intervento



Dall'analisi del diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio post intervento è possibile notare, come osservato anche per lo scenario SCN1, una riduzione del fabbisogno globale di energia termica per il riscaldamento rispetto allo stato di fatto. In questo caso, però, l'entità del risparmio energetico è maggiore in quanto oltre alla coibentazione del sottotetto, anche la sostituzione dei serramenti contribuisce alla riduzione del fabbisogno ideale netto di energia termica utile.

Figura 9.18 – SCN2: Bilancio energetico complessivo dell'edificio post intervento



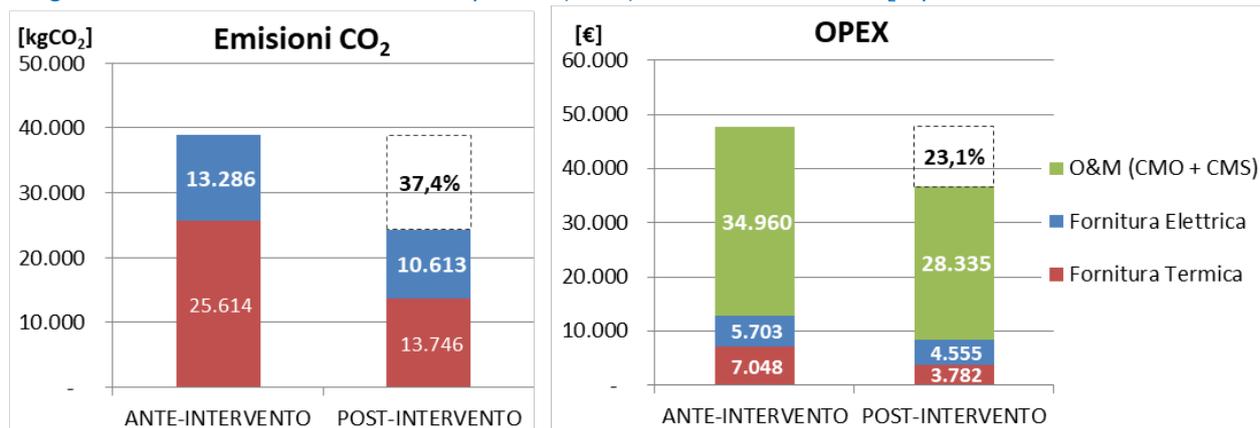
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario 2 sono riportati nella Tabella 9.24 e nella Figura 9.19.

Tabella 9.24 – Risultati analisi SCN2

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EM1 [Trasmittanza]	[W/m²K]	2	0,26	87,0%
EM 2 [Trasmittanza]	[W/m²K]	3,5	1,5	57,1%
EM3 [presenza inverter]	[%]	No	Si	-
EM5 [Efficienza luminosa]	[lm/W]	84	150	-78,6%
Q _{teorico}	[kWh]	86.561	46.453	46,3%
EE _{teorico}	[kWh]	29.701	23.726	20,1%
Q _{baseline}	[kWh]	85.379	45.819	46,3%
EE _{Baseline}	[kWh]	28.449	22.726	20,1%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	25.614	13.746	46,3%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	13.286	10.613	20,1%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	38.899	24.359	37,4%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	7.048	3.782	46,3%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	5.703	4.555	20,1%
Fornitura Energia, C_E	[€]	12.750	8.338	34,6%
C _{MO}	[€]	27.618	22.095	20,0%
C _{MS}	[€]	7.342	6.240	15,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	34.960	28.335	19,0%
OPEX	[€]	47.710	36.673	23,1%
Classe energetica	[-]	D	C	+1 classe

Nota: I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,30 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,476 [kgCO₂/kWh]

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,083 [€/kWh] per il vettore termico e 0,200 [€/kWh]

Figura 9.19 – 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 9.25 Tabella 9.19, Tabella 9.20 e Tabella 9.21 e nelle successive figure.

Tabella 9.25 – 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	10
Anni Equity	n_E	24
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_0	€ 157.934
Oneri Finanziari (costi indiretti)	$\%Of$	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 4.738
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 162.672
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€ 130.138
Equity	I_E	€ 32.534
Fattore di annualità Debito	FA_D	8,30
Rata annua debito	q_D	€ 15.676
Costo finanziamento, $(D+INT_D)$	$q_D * n_D$	€ 156.758
Costi per interessi debito, INT_D	$INT_D = q_D * n_D - D$	€ 26.621

Tabella 9.26 – Parametri Economici dell’analisi di redditività dello SCN2

PARAMETRI ECONOMICI			
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€	10.451
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€	28.656
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€	39.107
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€	-
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$		34,6%
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$		19,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$		1,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€	6.423
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€	391
Risparmio PA durante la concessione	14%	€	122.063
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€	12.219
N° di Canoni annuali	anni		24
Utile lordo della ESCO	$\% CAPEX$		22,04%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	€	1.494
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€	1.109
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€	3.429
Canone O&M €/anno	CnM	€	24.719
Canone Energia €/anno	CnE	€	7.965
Canone Servizi €/anno IVA escl.	CnS	€	32.684
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	CnD	€	6.032
Canone Totale €/anno IVA escl.	Cn	€	38.716
Aliquota IVA %	IVA		22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€	28.480
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€	51.903
Durata Incentivi, anni	n_B		5
Inizio erogazione Incentivi, anno			2022

Tabella 9.27 – 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.		12,06
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		20,52
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€	7.267
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC		4,72%
Indice di Profitto	IP		4,60%
INDICATORI DI REDDITIVITA' DELLA ESCO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.		16,65
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		32,53
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN < 0		-€ 3.280
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR < ke		7,30%
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3		0,985
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1		1,285
Indice di Profitto Azionista	IP		-2,08%

Figura 9.20 –SCN2: Flussi di cassa del progetto

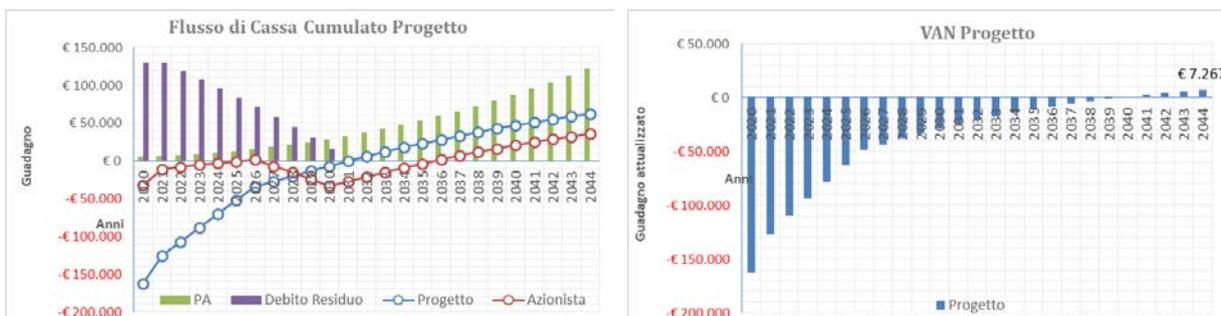


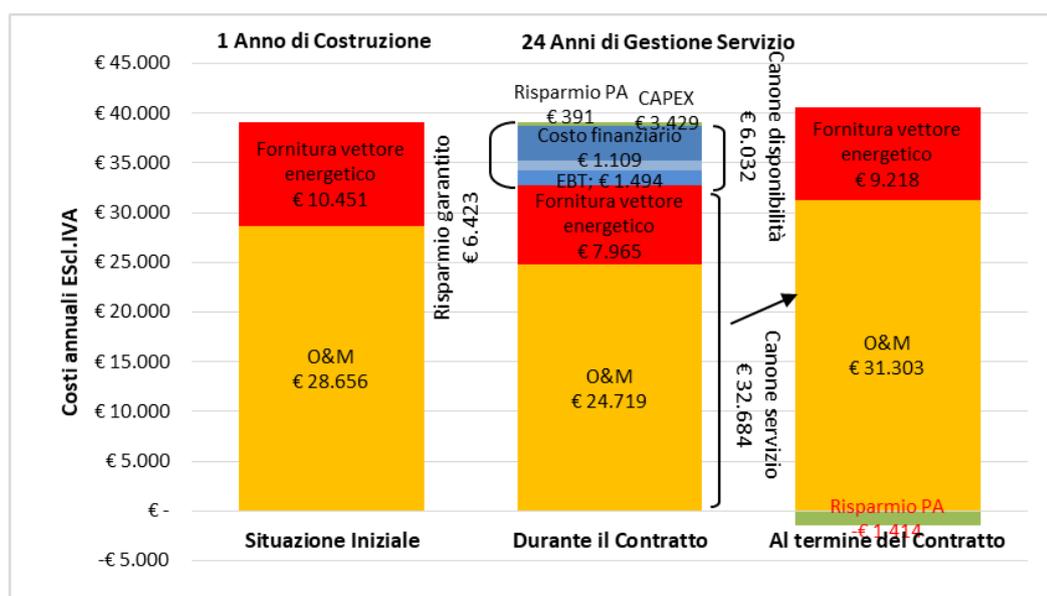
Figura 9.21 – SCN2: Flussi di cassa dell'azionista



Dall’analisi effettuata è emerso che lo Scenario 2 risulta avere un tempo di ritorno attualizzato inferiore a 25 anni solo dal punto di vista del progetto. L’analisi dal punto di vista della ESCO, infatti, restituisce un VAN negativo ed un valore ottimale solo dell’indicatore LLCR; DSCR risulta invece di poco inferiore all’unità.

Infine si è provveduto all’identificazione del possibile canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale con incentivi attraverso la partecipazione di ESCO secondo lo schema di EPC descritto in Figura 9.16.

Figura 9.22 – Scenario 2: Schema di Energy Performance Contract



10 CONCLUSIONI

10.1 RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA

La classe di merito che si ottiene confrontando gli indici di performance energetica dell'edificio oggetto di analisi con la classificazione riportata nelle Linee Guida ENEA – FIRE porta a un giudizio BUONO per l'indice IEN_R e SUFFICIENTE per l'indice IEN_E.

COMBUSTIBILE	IEN _R			IEN _E		
	Wh/(m ³ GG anno)			Wh/(m ³ anno)		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Calore TLR	n.d.	n.d.	4,3	-	-	-
Energia elettrica	-	-	-	12,8	12,8	14,3

10.2 RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI

L'analisi di sostenibilità finanziaria dei due scenari ha dato come risultato ottimale, in termini di tempo di ritorno e remunerabilità dell'investimento, lo Scenario 1, che ha un tempo di ritorno semplice inferiore al limite richiesto anche senza l'applicazione di incentivi.

Di seguito si riassumono i risultati dello scenario sopra citato.

	SENZA INCENTIVI												
	%Δ _E [%]	%Δ _{CO2} [%]	ΔC _E [€/anno]	ΔC _{MO} [€/anno]	ΔC _{MS} [€/anno]	I ₀ [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]	DSCR	LLCR
SCN 1	23,7	24,4	2.482	4.528	903	35.994	7,2	>15	<0	5,8	-0,02	1,01	1,08

	CON INCENTIVI												
	%Δ _E [%]	%Δ _{CO2} [%]	ΔC _E [€/anno]	ΔC _{MO} [€/anno]	ΔC _{MS} [€/anno]	I ₀ [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]	DSCR	LLCR
SCN 1	23,7	24,4	2.482	4.528	903	35.994	2,1	2,4	7.473	50,1	0,21	1,31	1,17

10.3 CONCLUSIONI E COMMENTI

L'analisi dei consumi di energia termica ed elettrica e dei possibili scenari di intervento dell'edificio oggetto di DE ha portato alle seguenti conclusioni:

- gli impianti termici per la produzione e la distribuzione di energia presentano elevati rendimenti in quanto la centrale termica è stata riqualificata nel 2007 mediante allaccio alla rete di teleriscaldamento;
- è stata constatata la presenza di significative dispersioni di calore attraverso l'involucro;
- non è stato constatato un discomfort termoigrometrico degli ambienti.

Si ritiene prioritario intervenire sul miglioramento delle prestazioni dell'involucro tuttavia, essendo l'edificio sottoposto a vincolo architettonico non risulta possibile intervenire su tutte le componenti edilizie. In particolare non è possibile coibentare la muratura perimetrale, mentre per quanto concerne le chiusure trasparenti è necessario installare serramenti con le stesse caratteristiche estetiche e di materiale di quelli esistenti.

In merito al sottotetto, il solaio è posizionato in gran parte sopra ambienti non riscaldati, quindi il beneficio derivante da un eventuale isolamento non giustificerebbe la spesa da sostenere per l'intervento, per questo motivo si è ipotizzato di coibentare la sola soletta soprastante il salone del piano primo.

Per quanto riguarda il lato impiantistico si suggeriscono:

- l'efficientamento dei sottosistemi di distribuzione e regolazione, mediante installazione di un circolatore a portata variabile e di valvole termostatiche sui radiatori;
- la riqualificazione dell'impianto di illuminazione.

Si ricorda infine che, come già segnalato in più passaggi della presente DE, nella definizione degli scenari è stato possibile rispettare solo uno dei due requisiti richiesti dalla committenza, vale a dire quello sul tempo di ritorno, mentre non avviene il salto di 2 classi.

L'edificio in esame infatti presenta la particolarità di essere allacciato alla rete di teleriscaldamento, mediante sottostazione realizzata nel 2007 e attualmente in ottime condizioni di conservazione con elevati rendimenti. Questo aspetto rende quindi non fattibile, oltre che non opportuno, l'attuazione di interventi consistenti sul comparto impiantistico, quali l'installazione di una caldaia a condensazione o di una pompa di calore. Ne consegue la non possibilità di ottenere il doppio salto di classe richiesto.

In termini di sostenibilità finanziaria degli investimenti, si è cercato di individuare interventi che consentissero l'ottenimento di valori adeguati degli indici DSCR e LLCR (si veda Capitolo 9.3); tuttavia, le limitazioni di cui sopra non lo hanno reso sempre possibile. Si rilevano infatti valori ottimali solo nel caso dello scenario SCN1.

Si propone l'attuazione di un Piano di Misure e Verifiche (PMV) in accordo con il protocollo EVO (Efficiency Valuation Organization) per accertare i risparmi energetici conseguiti dopo l'implementazione delle raccomandazioni.

Per poter massimizzare i benefici delle EEM proposte si suggerisce la realizzazione di campagne di sensibilizzazione degli utenti finali volte a:

- favorire un uso più razionale dell'energia incrementando la consapevolezza delle proprie azioni sul risparmio energetico
- migliorare la gestione dei sistemi di regolazione, come ad esempio le valvole termostatiche, attraverso l'informazione agli utenti circa il loro funzionamento;

ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA

	Titolo	Data	Nome file
01	TAVOLA DI INQUADRAMENTO COMPLESSO	10/1997	E01323
02	TAVOLA PIANO SEMINTERRATO	10/1997	PIAN1SS
03	TAVOLA PIANO TERRA	10/1997	PIANT
04	TAVOLA PIANO TERRA AMMEZZATO	10/1997	PIANTA
05	TAVOLA PIANO 1	10/1997	PIAN1
06	TAVOLA PIANO 1 AMMEZZATO	10/1997	PIAN1A
07	TAVOLA PIANO 2	10/1997	PIAN2
08	TAVOLA PIANO COPERTURA	10/1997	PIANC
09	CENSIMENTO PIANO S01	06/2017	L1-042-185-S01
10	CENSIMENTO PIANO TERRA	06/2017	L1-042-185-P00
11	CENSIMENTO PIANO 1	06/2017	L1-042-185-P01
12	CENSIMENTO PIANO S01 -CHECKLIST	06/2017	L1-042-185-S01 – Checklist
13	CENSIMENTO PIANO TERRA-CHECKLIST	06/2017	L1-042-185-P00 - Checklist
14	CENSIMENTO PIANO 1-CHECKLIST	06/2017	L1-042-185-P01 - Checklist
15	FATTURA DEL 06/03/2014	-	5700065497
16	FATTURA DEL 20/03/2014	-	5700098222
17	FATTURA DEL 23/04/2014	-	5700134953
18	FATTURA DEL 27/05/2014	-	5700176198
19	FATTURA DEL 23/06/2014	-	5700214976
20	FATTURA DEL 21/07/2014	-	5700248943
21	FATTURA DEL 08/08/2014	-	5700261513
22	FATTURA DEL 12/09/2014	-	5700291175
23	FATTURA DEL 14/10/2014	-	5700345592
24	FATTURA DEL 13/11/2014	-	5700373692
25	FATTURA DEL 12/12/2014	-	5700411925
26	FATTURA DEL 06/03/2015	-	5700492869
27	FATTURA DEL 13/04/2015	-	5750082199
28	FATTURA DEL 17/03/2015	-	5700544104
29	FATTURA DEL 07/05/2015	-	E000140845
30	FATTURA DEL 11/03/2016	-	E000163930
31	FATTURA DEL 03/06/2015	-	E000175673
32	FATTURA DEL 02/09/2015	-	E000337523
33	FATTURA DEL 01/07/2015	-	E000234066
34	FATTURA DEL 03/08/2015	-	E000281521
35	FATTURA DEL 02/10/2015	-	E000386677
36	FATTURA DEL 02/11/2015	-	E000432864
37	FATTURA DEL 01/12/2015	-	E000483583
38	FATTURA DEL 02/01/2016	-	E000018558
39	FATTURA DEL 02/02/2016	-	E000084137
40	FATTURA DEL 16/06/2016	-	E000310246
41	FATTURA DEL 03/03/2016	-	E000150591
42	FATTURA DEL 02/02/2016	-	E000084138
43	FATTURA DEL 01/04/2016	-	E000194174
44	FATTURA DEL 17/06/2016	-	E000334605
45	FATTURA DEL 02/05/2016	-	E000238238
46	FATTURA DEL 01/06/2016	-	E000278555

*E1323 – Scuola secondaria di primo grado Barabino*

47	FATTURA DEL 13/10/2016	-	011640087946
48	FATTURA DEL 28/06/2016	-	011640025275
49	FATTURA DEL 25/07/2016	-	011640048519
50	FATTURA DEL 24/08/2016	-	011640060830
51	FATTURA DEL 26/09/2016	-	011640074903
52	FATTURA DEL 19/12/2016	-	011640126639
53	FATTURA DEL 14/03/2017	-	011740042570
54	FATTURA DEL 15/11/2016	-	011640100078
55	FATTURA DEL 16/01/2017	-	011740001581

ALLEGATO B – ELABORATI

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO B – Elaborato planimetrico P00	02/2018	DE_Lotto.2-E1323_revA-AllegatoB-ElaboratoPlanimetricoP0
02	ALLEGATO B – Elaborato planimetrico P01	02/2018	DE_Lotto.2-E1323_revA-AllegatoB-ElaboratoPlanimetricoP1
03	ALLEGATO B – Elaborato planimetrico S01	02/2018	DE_Lotto.2-E1323_revA-AllegatoB-ElaboratoPlanimetricoS1
04	ALLEGATO B – Analisi fatture fornitura elettrica	03/2018	DE_Lotto.2-E1323_revA-AllegatoB-AnalisiFattureFornituraElettrica
05	ALLEGATO B – DETTAGLIO DEI CALCOLI DELLE SINGOLE EEM	04/2018	E1323 Grafici_Template_rev13
06	ALLEGATO B- DEFINIZIONE DEL MODELLO ELETTRICO	03/2018	DE_Lotto.2-E1323_revA-AllegatoB-DefinizioneDelModelloElettrico

ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA	03/2018	DE_Lotto.2-E1323_revA-AllegatoC-ReportDiIndagineTermografica

ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI

Il presente allegato è finalizzato ad illustrare l'utilizzo o motivare il mancato utilizzo degli strumenti di diagnostica strumentale dichiarati nella Proposta Tecnica (Relazione illustrativa sulla metodologia di lavoro e gestione della commessa).

RISORSE STRUMENTALI DEDICATE ALL'APPALTO

Le risorse strumentali in dotazione dedicate all'appalto, descritte nel suddetto documento, sono di seguito elencate.

N.	Strumento
01	DISTANZIOMETRO LASER LEICA Disto A2
02	SPESSIVETRO MERLIN GLAZER GMGlass
03	LUXMETRO DELTA-OHM HD 2102.2
04	TERMOFLUSSIMETRO EXTRATECH THERMOZIG SN20/21/22/23/24
05	TERMOCAMERA FLIR T335
06	TERMOIGROMETRO EXTECH MO297
07	Centralina Microclimatica DELTA-OHM HD 32.3
08	PINZA AMPEROMETRICA FLUKE 345

STRUMENTAZIONE E CAMPAGNE DI MISURA

MISURE METRICHE

Distanziometro e bindella metrica

Durante i sopralluoghi ci si è avvalsi di metro laser e bindella metrica al fine di verificare le misure planimetriche del fabbricato e rilevare le dimensioni dei serramenti, le quote e gli spessori dei componenti edilizi.

A seconda del tipo di misura da rilevare è stato utilizzato il primo o il secondo strumento, sulla base della praticità di impiego.

Tali strumenti, per loro natura, non producono un output ma restituiscono valori da leggere istantaneamente; ad ogni modo il modello tridimensionale dell'edificio elaborato con il software di calcolo è da considerarsi come il risultato delle misure effettuate, riproducendo fedelmente tutte le caratteristiche plani-volumetriche reali.

Di seguito si riportano delle fotografie che documentano l'utilizzo degli strumenti durante il sopralluogo presso l'edificio oggetto di DE.



Spessivetro

Durante i sopralluoghi ci si è avvalsi di uno spessivetro al fine di rilevare le caratteristiche dimensionali dei vetri.

Analogamente alle altre misure metriche, lo strumento, per sua natura, non produce un output ma restituisce valori da visualizzare istantaneamente; gli esiti delle misure sono riportati nel paragrafo 4.1.2.

Di seguito si riporta una fotografia che documenta l'utilizzo dello strumento durante il sopralluogo presso l'edificio oggetto di DE.



MISURE ILLUMINOTECNICHE

Durante il sopralluogo non sono stati rilevate palesi situazioni di inadeguatezza del livello di illuminamento e non sono state riscontrate segnalazioni di particolari criticità in merito da parte degli utenti intervistati. Non essendo l'illuminamento un parametro di input della modellazione energetica e non essendo la progettazione illuminotecnica ambito del presente lavoro, si è ritenuto non necessario, stante l'assenza di anomalie, un approfondimento diagnostico attraverso l'utilizzo di un luxmetro.

ANALISI TERMOGRAFICA

Si veda ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA.

RILIEVO TERMOFLUSSIMETRO

Metodi di calcolo e misura della trasmittanza

L'acquisizione dei dati necessari per la diagnosi energetica di un edificio esistente risulta spesso problematica a causa delle difficoltà di reperimento dei dati progettuali. Per questo motivo, in assenza di informazioni precise, risulta indispensabile effettuare delle misure strumentali sul campo. Per quanto concerne la valutazione della trasmittanza termica dell'involucro edilizio si procede tenendo conto dei seguenti possibili scenari:

Condizione	Metodo
Stratigrafia della struttura nota (sono disponibili i disegni aggiornati del progetto architettonico o della relazione di legge 10/91)	La trasmittanza viene calcolata in accordo con la norma UNI EN ISO 6946
Stratigrafia della struttura non nota ma edificio riconducibile ad una determinata tipologia edilizia di cui si conoscono le stratigrafie	La trasmittanza viene stimata avvalendosi di opportuni abachi di riferimento (ES: raccomandazioni CTI, norma UNI TS 11300)
Stratigrafia della struttura non nota	Si esegue un foro nella struttura (endoscopio o carotaggio) per determinare la stratigrafia e si procede al calcolo in accordo con la norma UNI EN ISO 6946 Si determina la trasmittanza mediante misura in opera (termoflussimetria) in accordo con la norma ISO 9869

Nel caso non sia possibile determinare la stratigrafia della struttura o non siano note le proprietà termofisiche dei materiali utilizzati, il rilievo termoflussimetrico risulta essere l'unica metodologia di indagine non invasiva.

Stima della trasmittanza della muratura dell'edificio oggetto di audit

Nel caso in esame le strutture del fabbricato sono riconducibili a tipologie edilizie di cui si conoscono le stratigrafie, grazie alla ridondanza di informazioni a disposizione:

Tipo di informazione	Dettaglio
Informazioni reperite sull'edificio	Epoca costruttiva
Evidenze di sopralluogo	Riscontro acustico (suono pieno/vuoto) Spessori murari rilevati con bindella metrica
Rilievo termografico	Osservazione diretta della trama muraria attraverso la tecnica della termografia attiva Osservazione indiretta della composizione muraria attraverso l'analisi dei ponti termici caratteristici della tipologia edilizia

RILIEVI TERMOIGROMETRICI

Durante il sopralluogo sono state effettuate misure di temperatura e umidità relativa sia all'esterno sia all'interno degli ambienti, aventi le seguenti finalità:

- 1) individuazione di eventuali anomalie legate al comfort termoigrometrico;
- 2) individuazione di eventuali anomalie legate alla regolazione degli impianti termici;
- 3) quantificazione dei parametri di settaggio della termocamera.

Per quanto concerne i primi due punti, le misurazioni istantanee effettuate tramite il termoigrometro sono risultate congruenti con quanto dichiarato dagli utenti, pertanto non si è ritenuto necessario procedere all'installazione della centralina climatica per acquisire dati in continuo.

Per l'ultimo punto, il termoigrometro rappresenta infine l'unico strumento idoneo, in quanto la termocamera richiede come dati di input i valori di temperatura e umidità relativa registrati istantaneamente al momento del rilievo.

Di seguito si riportano delle fotografie che documentano l'utilizzo del termoigrometro durante il sopralluogo presso l'edificio oggetto di DE.



MISURE ELETTRICHE

Durante il sopralluogo è stato effettuato un censimento di dettaglio di tutte le utenze elettriche presenti all'interno del fabbricato. Ove possibile sono stati rilevati i dati di targa riportanti la potenza o l'assorbimento nominale. Tali dati sono stati utilizzati, congiuntamente agli orari di utilizzo, per stimare il consumo annuo di ciascuna utenza. Per le apparecchiature sprovviste di targa non è stato ad ogni modo necessario effettuare rilievi strumentali, infatti, trattandosi di dispositivi di comune utilizzo nelle scuole è stato possibile avvalersi di valori di letteratura e/o derivanti dall'esperienza pregressa in attività svolte in edifici aventi una dotazione analoga.

ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI	04/2018	DE_Lotto.2-E1323_revA-AllegatoE-RelazioneDiCalcolo
02	ALLEGATO E – EXCEL DETTAGLIO DEI CALCOLI	04/2018	DE_Lotto.2-E1323_revA-AllegatoE-DettagliDiCalcolo

ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE	03/2017	DE_Lotto.2-E1323_revA-AllegatoF-CertificatoDiConformita

ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

Nel caso in esame la modellazione dell'edificio eseguita tramite software nell'ambito della presente DE differisce da quella effettuata per la redazione dell'Attestato di Prestazione Energetica (APE). Quest'ultimo infatti definisce l'uso standard del fabbricato, a prescindere dall'uso effettivo; pertanto nella modellazione, laddove siano presenti dei terminali di emissione, gli ambienti vengono considerati come riscaldati. Nella diagnosi energetica, invece, sono stati considerati non riscaldati tutti gli ambienti ove i radiatori siano abitualmente mantenuti spenti.

Per questo motivo, oltre all'APE valido ai sensi di legge, viene allegato anche un fac simile di APE corrispondente all'analisi effettuata nell'ambito della DE. Il confronto con gli scenari di cui all'allegato H deve essere effettuato a partire da quest'ultimo file.

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA	02/2018	DE_Lotto.2-E1323_revA-AllegatoG-ApeStatoDiFattoA
02	ALLEGATO G – FAC SIMILE ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA – Solo parti riscaldate	02/2018	DE_Lotto.2-E1323_revA-AllegatoG-ApeStatoDiFattoB

ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARIO 1	04/2018	DE_Lotto.2-E1323_revA-AllegatoH-ApeScenario1
02	ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARIO 2	04/2018	DE_Lotto.2-E1323_revA-AllegatoH-ApeScenario2

ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO I – DATI CLIMATICI	04/2018	DE_Lotto.2-E1323_revA-AllegatoI-Dati climatici

ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT	04/2018	DE_Lotto.2-E1323_revA-AllegatoJ-SchedaAudit

ALLEGATO K – SCHEDE ORE

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO K – SCHEDE ORE	03/2018	DE_Lotto.2-E1323_revA-AllegatoK-SchedeOre

ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO L – PEF SCENARI CON INCENTIVI	04/2018	DE_Lotto.2-E1323_revA-AllegatoL-AnalisiPEF_con incentivi
02	ALLEGATO L – PEF SCENARI SENZA INCENTIVI	04/2018	DE_Lotto.2-E1323_revA-AllegatoL-AnalisiPEF_senza incentivi

ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK	04/2018	DE_Lotto.2-E1323_revA-AllegatoM-ReportDiBenchmark

ALLEGATO N – CD-ROM