

ASILO NIDO LA MONGOLFIERA E1319

VIA PAOLO RETI 25A, 16151, 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

ASILO NIDO LA MONGOLFIERA

E1319

VIA PAOLO RETI 25A, 16151, 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	Revisione come richiesto dalla PA in data 10/04/2018
			Ing. Elisa Bezzone		
C	25/05/2018	Ing. Alessandro Cieli	Ing. Elena Mazzucco	Ing. Fabio Gianola	Revisione Figura 3.2
			Ing. Elisa Bezzone		
D	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	8
2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO	10
3 DATI CLIMATICI.....	12
3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO.....	12
3.2 DATI CLIMATICI REALI.....	13
3.3 ANALISI DELL'ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO	13
4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI	15
4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO	15
4.1.1 <i>Involucro opaco</i>	15
4.1.2 <i>Involucro trasparente</i>	16
4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/CLIMATIZZAZIONE INVERNALE	18
4.2.1 <i>Sottosistema di emissione</i>	18
4.2.2 <i>Sottosistema di regolazione</i>	19
4.2.3 <i>Sottosistema di distribuzione</i>	20
4.2.4 <i>Sottosistema di generazione</i>	21
4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA	22
4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO/CLIMATIZZAZIONE ESTIVA	22
4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA	22
4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE	23
4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE	23
4.8 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DI IMPIANTI DI PRODUZIONE ENERGIA ELETTRICA O COGENERAZIONE	24
5 CONSUMI RILEVATI	25
5.1.1 <i>Energia termica</i>	25
5.1.2 <i>Energia elettrica</i>	27
5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI	33
6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO	37
6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO	37
6.1.1 <i>Validazione del modello termico</i>	38
6.1.2 <i>Validazione del modello elettrico</i>	39
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI.....	40
6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI.....	42
7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTERVENTO	43
7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI	43
7.1.1 <i>Vettore termico</i>	43
7.1.2 <i>Vettore elettrico</i>	44
7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI.....	47
7.3 COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI.....	48



7.4	BASELINE DEI COSTI.....	49
TABELLA 7.7 – VALORI DI COSTO INDIVIDUATI PER IL CALCOLO DELLA BASELINE.....		49
8	IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA	50
8.1	DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI	50
8.1.1	<i>Involucro edilizio.....</i>	50
8.1.2	<i>Impianto riscaldamento.....</i>	55
8.1.3	<i>Impianto produzione acqua calda sanitaria.....</i>	58
8.1.4	<i>Impianto di ventilazione e climatizzazione estiva.....</i>	58
8.1.5	<i>Impianto di illuminazione ed impianto elettrico.....</i>	58
8.1.6	<i>Impianto di generazione da fonti rinnovabili.....</i>	60
9	VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA.....	63
9.1	ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	63
9.2	ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	68
9.3	IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D’INTERVENTO E SCENARI D’INVESTIMENTO.....	76
9.3.1	<i>Scenario 1: EEM2 + EEM3.....</i>	78
9.3.2	<i>Scenario 2: EEM1 + EEM2 + EEM5.....</i>	84
10	CONCLUSIONI	90
10.1	RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA	90
10.2	RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI	90
10.3	CONCLUSIONI E COMMENTI.....	90
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.....		8
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	-	1935
Anno di ristrutturazione	-	2014: metanizzazione centrale termica e sostituzione generatore di calore
Zona climatica	-	[D]
Destinazione d'uso		E.7 Attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili E.2 Uffici
Superficie utile riscaldata	[m ²]	1.711
Superficie disperdente (S)	[m ²]	3.198
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	8.217
Rapporto S/V	[1/m]	0,39
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	2.098
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	680
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	2.778
Tipologia generatore riscaldamento		Generatore di calore a basamento a condensazione modulante
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	45,8-274,3 (P utile)
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	-
Tipo di combustibile	-	Gas metano
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)	-	Stessa caldaia del riscaldamento con accumulo Boiler Elettrico ad accumulo
Emissioni CO ₂ di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	43,34
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{th} /anno]	131.218
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	10.791
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	36.040
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	7.476

Nota (1): Valori di Baseline

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

- EEM 1: chiusure verticali trasparenti: sostituzione dei serramenti e installazione di valvole termostatiche
- EEM 2: copertura piana: isolamento dall'esterno con pannelli
- EEM 3: installazione di valvole termostatiche e pompe a giri variabili
- EEM 4: installazione di sorgenti luminose ad alta efficienza
- EEM 5: installazione di impianto fotovoltaico
- SCN 1: EEM2 + EEM3
- SCN 2: EEM2 + EEM3 + EEM5

E1319 – Asilo Nido Mongolfiera

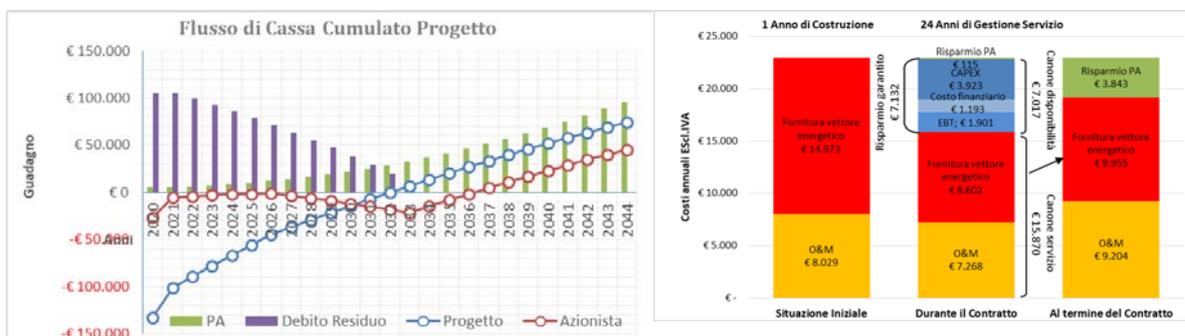
Tabella 0.2 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria delle misure di efficienza energetica proposte e degli scenari ottimali, caso con incentivi

	CON INCENTIVI													
	% Δ_E [%]	% Δ_{CO_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	33,4	34,6	6.106	0	0	196.990	17,8	31,5	30	<0	3,4	-0,05	n/a	n/a
EEM 2	13,3	13,8	2.428	0	0	46.318	9,9	14,8	30	15.863	7,8	0,34	n/a	n/a
EEM 3	12,1	12,5	2.211	1.161	309	11.417	3,3	3,6	15	24.118	28,9	2,11	n/a	n/a
EEM 4	8,8	8,4	1.615	0	0	58.628	11,0	12,4	8	<0	-9,8	-0,37	n/a	n/a
EEM 5	27,8	26,4	5.076	0	0	70.947	13,4	20,1	20	<0	3,9	-0,01	n/a	n/a
SCN 1	22,9	23,7	3.426	3.489	506	394.028	13,7	20,5	15	<0	2,9%	-0,055	0,98	1,11
SCN 2	68,2	68,2	4.178	7.587	3.489	57.735	17,2	23,1	25	1.340	9,8%	0,010	1,00	1,45

Figura 0.1 – Scenario 1: analisi finanziaria



Figura 0.2 – Scenario 2: analisi finanziaria



Gli interventi analizzati coinvolgono sia l'involucro edilizio, nel rispetto dei vincoli dell'edificio, sia gli impianti termico ed elettrico, compreso il ricorso allo sfruttamento di forme di energia rinnovabile.

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); al tempo stesso si è cercato di individuare interventi che consentissero l'ottenimento di valori adeguati degli indici DSCR e LLCR (si veda Capitolo 9.3).

Essendo l'edificio dotato di generatore modulante a condensazione (anno 2014), non si ritiene opportuno intervenire con la sua sostituzione in quanto sarebbe vanificato l'investimento recentemente sostenuto dalla PA per la sua riqualificazione. Escludendo questa soluzione, le uniche combinazioni di interventi che consentano di conseguire il salto di due classi sono quelle che comprendono la sostituzione dei serramenti. L'analisi di queste ultime ha restituito risultati non sostenibili dal punto di vista finanziario, con tempi di ritorno superiori a 25 anni. Per questo motivo si è optato per l'individuazione di proposte che garantissero il salto di un'unica classe energetica ma che fossero più sostenibili economicamente con tempi di ritorno inferiori a 15 e 25 anni, valori di LLCR superiori ad 1 e DSCR nell'intorno dell'unità.

1 INTRODUZIONE

1.1 PREMESSA

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

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

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

1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA

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

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

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

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

Figura 1.1 - Vista della facciata esposta a Nord



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.

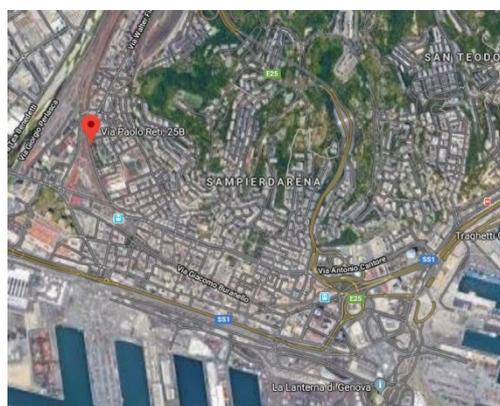
Tabella 1.1 – Soggetti coinvolti nella realizzazione del processo di Audit

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. Alice Frontini		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 44 Mapp. 1, Sub. 1 è sito nel Comune di Genova e più precisamente nel quartiere Sampierdarena, nel Municipio II - Centro Ovest.

Figura 1.2 – Ubicazione dell'edificio



L'edificio è di proprietà del Comune di Genova ed è attualmente adibito ad Asilo Nido. Sono presenti anche ulteriori destinazioni d'uso, come dettagliato nel paragrafo 2.2.

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	-	1935
Anno di ristrutturazione	-	2014: metanizzazione centrale termica e sostituzione generatore di calore
Zona climatica	-	[D]
Destinazione d'uso	-	E.7 Attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili E.2 Uffici
Superficie utile riscaldata	[m ²]	1.711
Superficie disperdente (S)	[m ²]	3.198
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	8.217
Rapporto S/V	[1/m]	0,39

Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	2.098
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	680
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	2.778
Tipologia generatore riscaldamento		Generatore di calore a basamento a condensazione modulante
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	45,8-274,3 (P utile)
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	-
Tipo di combustibile	-	Gas metano
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)	-	Stessa caldaia del riscaldamento con accumulo Boiler Elettrico ad accumulo
Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	43,34
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{th} /anno]	131.218
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	10.791
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	36.040
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	7.476

Nota (1): Valori di Baseline

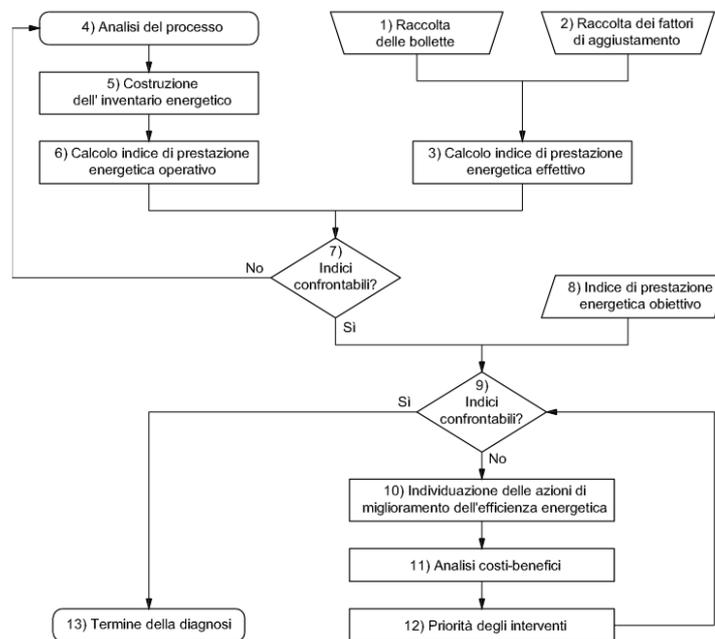
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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

- Acquisizione della documentazione utile, fornita dalla PA, come riportato all'Allegato A – Elenco documentazione fornita dalla committenza;
- Analisi del quadro normativo di riferimento, incluso la verifica dei vincoli ambientali, storici, archeologici e paesaggistici interferenti sull'immobile interessato dall'intervento;
- Visita agli edifici, effettuata in data [20/11/2017] con verifica degli elaborati forniti e rilievo dei dati relativi alle caratteristiche degli elementi disperdenti ed impiantistici costituenti il sistema edificio-impianto;
- Visita alla centrale termica e/o frigorifera, con il supporto del personale incaricato della conduzione e manutenzione degli impianti e rilevamento dei dati utili;
- Preparazione e compilazione delle schede di Audit previste per la diagnosi di livello II di cui all'appendice A delle LGEE - Linee Guida per l'Efficienza Energetica negli Edifici - sett. 2013 - elaborato da AiCARR per Agesi, Assital, Assopetroli e Assoenergia, e riportate all'Allegato J – Schede di audit;
- 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;
- Analisi dei profili annuali di consumi e costi dei servizi energetici reali dell'edificio, comprensivi della fornitura dei vettori energetici sia elettrici che di gas e degli oneri di O&M, relativamente alle annualità 2014-2015-2016;
- Analisi dei dati climatici reali del sito ove è ubicato l'edificio con conseguente calcolo dei Gradi Giorno reali (GG_{real}), utilizzando le temperature esterne rilevate dalla stazione meteo dell'Università di Genova e riportati all'Allegato I – Dati climatici;
- Individuazione della "baseline termica" di riferimento (e relative emissioni di CO₂) tramite opportuna ripartizione del consumo di combustibile tra le varie utenze a servizio dell'edificio e destagionalizzazione dello stesso, utilizzando i relativi GG reali (GG_{real}), e conseguente normalizzazione secondo i GG di riferimento (GG_{ref});
- 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;

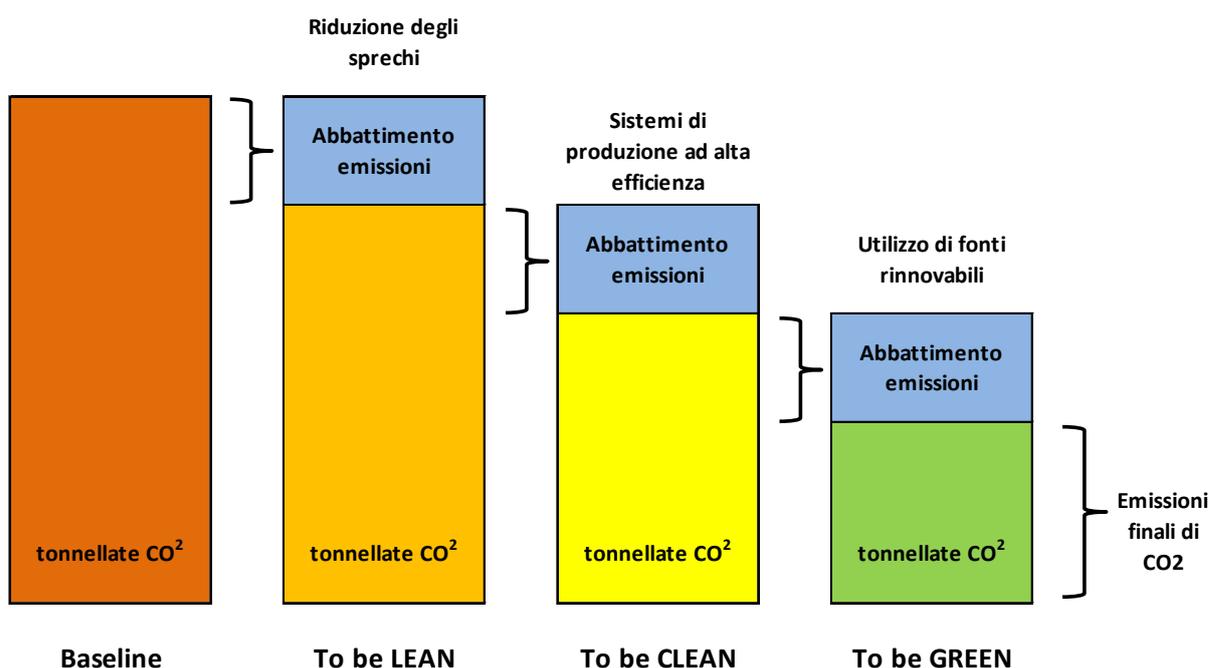
- k) Validazione del modello elaborato mediante il confronto con le baseline energetiche, al fine di ottenere uno scostamento inferiore al 5%;
- l) Analisi delle possibili EEM necessarie per la riqualificazione energetica del sistema edificio-impianto analizzando gli aspetti tecnici, energetici, ed ambientali.
- 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 inferiore 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:

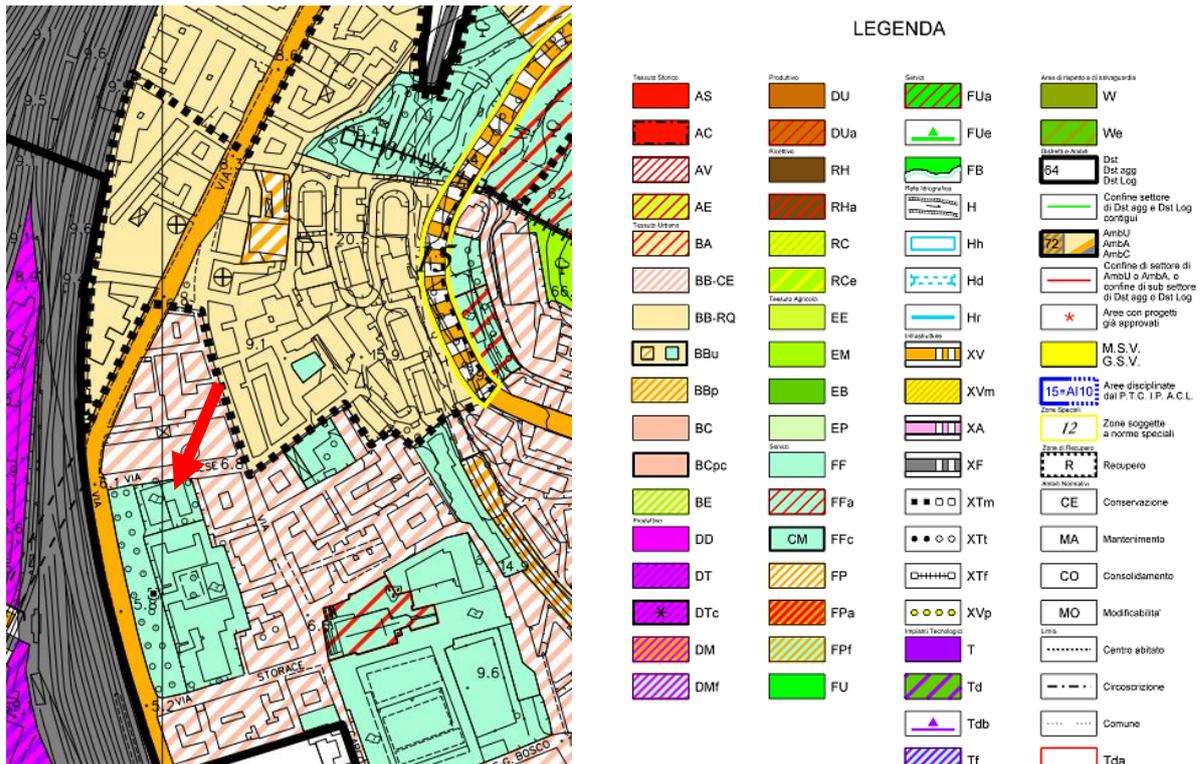
- Una prima parte nella quale sono descritti lo scopo ed i confini della DE e le metodologie di analisi adottate;
- Una seconda parte in cui sono riportate le informazioni dell'edificio rilevate in sede di sopralluogo e le valutazioni effettuate al fine di identificare le caratteristiche tecniche dei 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 FF, zona destinata a "servizi di quartiere di livello urbano o territoriale destinati a istruzione, interesse comune, verde, gioco e sport e attrezzature pubbliche di interesse generale".

Figura 2.1 - Particolare estratto dal Piano Urbanistico Comunale



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

L'edificio ove è ubicato l'Asilo Nido Mongolfiera è stato realizzato nel 1935 e, benchè non sia stato possibile reperire informazioni storiche in merito, è possibile ipotizzare che sia stato oggetto di riqualificazione nel dopoguerra. Attraverso l'indagine termografica, come meglio dettagliato nel paragrafo 4.1 e nell'Allegato C – Report di indagine termografica, sono state infatti rilevate tipologie edilizie differenti da quelle tipicamente utilizzate negli anni '30.

L'edificio, oltre all'asilo ospita anche la sede del CAI, un laboratorio musicale, le Scuole Vespertine (centri per apprendere tecniche artigianali di cucito, maglia, ricamo, découpage, ecc) e gli uffici dell'ASL. Nella presente DE viene analizzato il fabbricato nel suo complesso, comprensivo di tutte le destinazioni d'uso sopraelencate.

La centrale termica centralizzata è stata riqualificata nel 2014 con la sostituzione del generatore di calore ed il cambio di combustibile da gasolio a metano.

L'edificio ricade nelle destinazioni d'uso E.7 – Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili ed "E2. Uffici ed assimilabili".

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

L'edificio è frequentato giornalmente da circa 50 utenti tra bambini, maestre, collaboratori e personale degli uffici. 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 2 piani fuori terra, nei quali si sviluppano i locali dedicati alle attività scolastiche, oltre che gli uffici della ASL (piano rialzato) ed un piano seminterrato, che ospita il CAI, il laboratorio musicale e alcuni locali di servizio dell'asilo.

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

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

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



Tabella 2.1 - Suddivisione in piani dell'edificio

PIANO	UTILIZZO	U.M.	SUPERFICIE LORDA COMPLESSIVA ⁽²⁾	SUPERFICIE UTILE RISCALDATA ⁽³⁾	SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA ⁽³⁾
Seminterrato	Cucina e locali di servizio asilo nido	[m ²]	448,2	382,7	0
Seminterrato	CAI	[m ²]	209,0	181,8	0
Seminterrato	Laboratorio musicale	[m ²]	73,8	64,1	0
Rialzato	Atrio e sergreteria asilo nido	[m ²]	184,9	119,7	0
Rialzato	ASL	[m ²]	326,5	267,8	0
Rialzato	Scuola Vespertine	[m ²]	255,7	218,5	0
Primo	Aule e servizi igienici asilo nido	[m ²]	544,4	476,5	0
Secondo	Locali non riscaldati	[m ²]	55,7	0	0
TOTALE		[m ²]	2.098,10	1.711,10	0,00

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 II 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 di interesse culturale dichiarato.

I dettagli del vincolo sono visualizzabili al link di seguito riportato:

<http://vincoliinrete.beniculturali.it/VincoliInRete/vir/vincolo/dettagliovincolo249014>

Si osserva che la data del vincolo (16/06/1913) non è compatibile con l'anno di costruzione del fabbricato (1935).

Nell'analisi delle EEM si è quindi resa necessaria l'identificazione delle possibili interferenze con i vincoli presenti; si procede pertanto 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

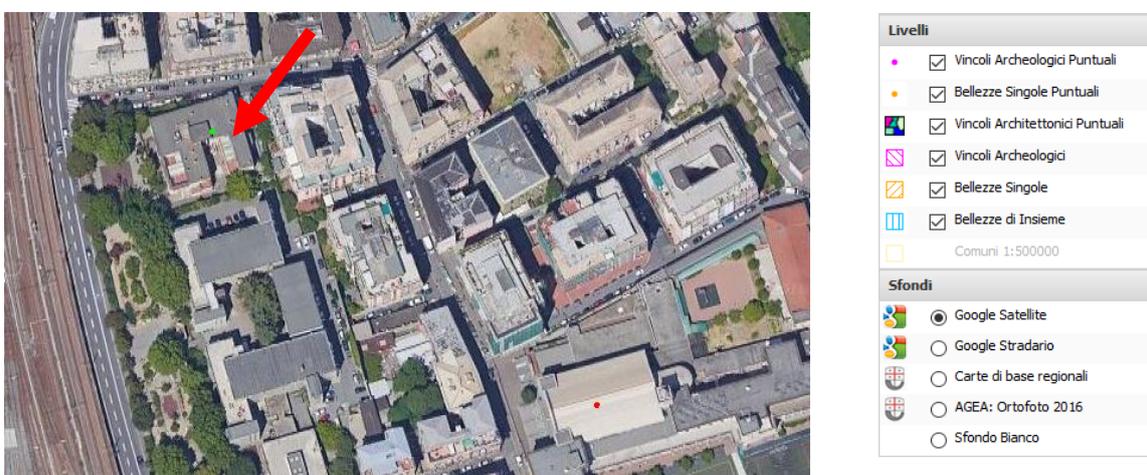


Tabella 2.2 - Misure di efficienza energetica individuate e valutazione delle interferenze con gli attuali vincoli

MISURA DI EFFICIENZA ENERGETICA	VINCOLO INTERESSATO	VALUTAZIONE INTERFERENZA ⁽⁴⁾	MISURA DI TUTELA DA ADOTTARE
EEM 1: 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 2: copertura piana: isolamento dall'esterno con pannelli	Vincolo architettonico		Da sottoporre al parere della Soprintendenza
EEM 3: installazione di valvole termostatiche e di pompe a giri variabili	-		-
EEM 4: installazione di sorgenti luminose ad alta efficienza	-		-
EEM 5: installazione impianto fotovoltaico	Vincolo architettonico		Parere Soprintendenza per installazione pannelli in copertura

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 (da lunedì a venerdì, 7.30 – 17.30 asilo nido; tabella 2.3 per il dettaglio delle altre attività), mentre i periodi di funzionamento dell'impianto termico sono stati forniti dal personale di gestione e manutenzione degli impianti (12 ore giornaliere da lunedì a venerdì). Non sono invece disponibili i dati delle temperature di settaggio del riscaldamento ma li si è ipotizzati sulla base dei rilievi eseguiti.

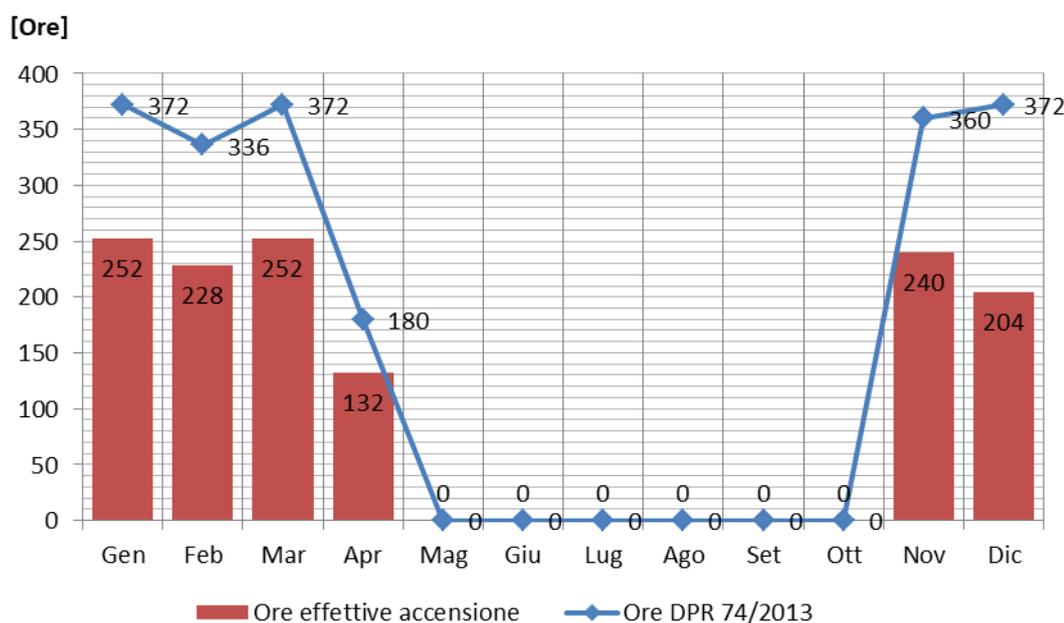
Nella Tabella 2.3 sono riportati gli orari di funzionamento dell'edificio e gli orari di funzionamento degli impianti termici.

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 trattandosi di un asilo nido.

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

PERIODO	GIORNI SETTIMENALI	ORARIO FUNZIONAMENTO EDIFICIO	ORARIO FUNZIONAMENTO IMPIANTO
Asilo Nido Mongolfiera			
Dal 1 Settembre al 30 Giugno	dal lunedì al venerdì	7.30-17.30 + 1 o 2 gg/sett fino alle 17.30	6:00-18:00
Uffici ASL			
Tutto l'anno	dal lunedì al venerdì	9.00-16.30	6:00-18:00
CIRCOLO MANDOLINISTICO "RISVEGLIO"			
Tutto l'anno	dal lunedì al venerdì	15.00-19.00	6:00-18:00
CAI			
Dicembre - Aprile	Martedì e venerdì Giovedì	21.00-22.30 17.00-18.00	6:00-18:00
Scuole Vespertine			
Dicembre - Aprile	dal lunedì al venerdì	Flessibile tra le 8.30 e le 18.30	6:00-18:00

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



Dall'analisi effettuata è emerso che gli orari di funzionamento degli impianti non sono strettamente correlati agli orari di espletamento delle attività. Non essendo presente una regolazione di zona ed essendo l'edificio adibito a molteplici attività con differenti orari di fruizione, vi sono dei momenti in cui alcune aree dell'edificio vengono riscaldata senza che ve ne sia la reale esigenza.

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.

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%

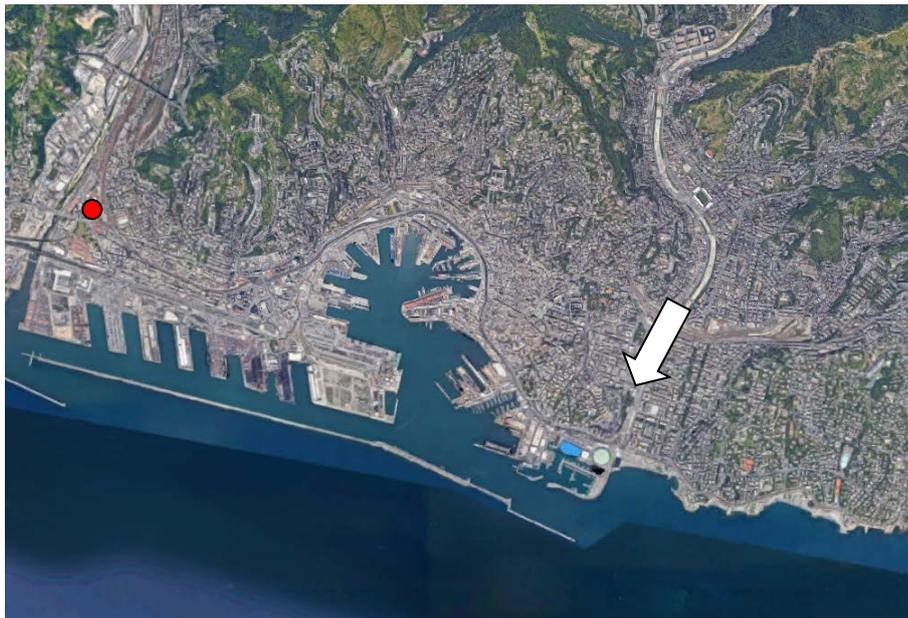
3.2 DATI CLIMATICI REALI

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 le tre annualità (2014-2015-2016) più vicina all'edificio oggetto di DE.

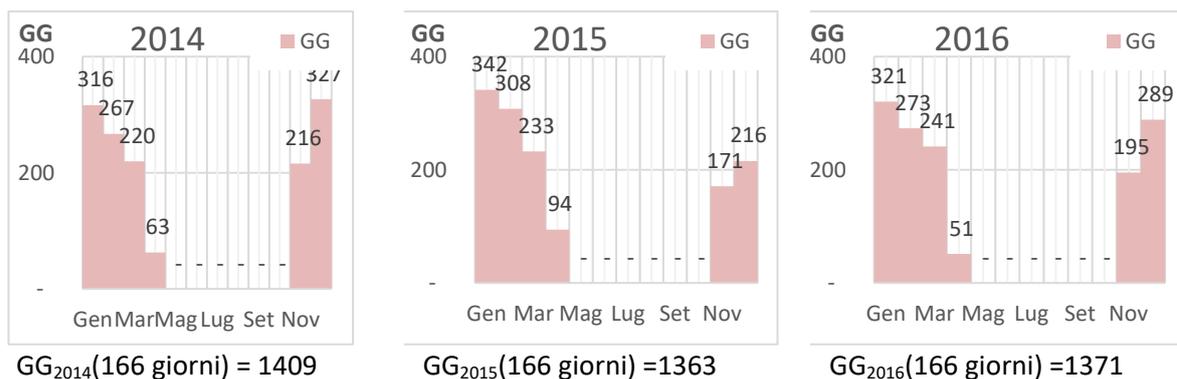
Figura 3.1 – Posizionamento della centralina meteo climatica (freccia bianca) rispetto all'edificio oggetto di DE (puntino rosso)



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

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

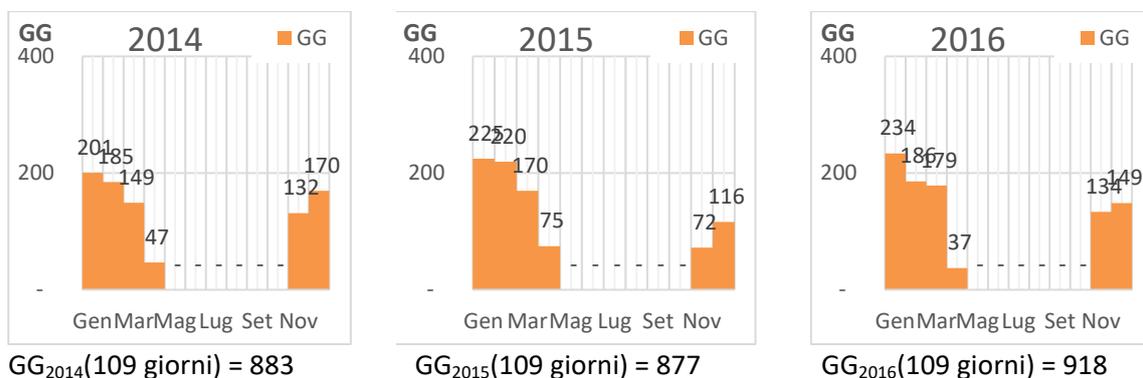


Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG reali sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 893 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 il triennio di riferimento



Come si può notare dai grafici sopra riportati, l'andamento dei GG risulta differente per il triennio. In particolare modo nel 2014 sono state registrate temperature vicine alla temperatura di set point rispetto agli anni 2015 e 2016.

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 portante in travi e pilastri.

La tamponatura è costituita da una muratura a cassa vuota in mattoni di laterizio, rivestita da intonaco sia internamente sia esternamente.

Tutti i solai sono realizzati in laterocemento e la copertura piana è impermeabilizzata mediante una guaina in bitume.

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:

- evidenza della presenza dei travetti in calcestruzzo nel solaio di copertura, tipici di una struttura in laterocemento;
- trama muraria in mattoni, osservabile all'infrarosso per via del differente comportamento termico del laterizio che li compone, rispetto alla malta che li separa;
- presenza di ponti termici lineari orizzontali in corrispondenza dell'innesto in facciata delle solette interpiano e verticali in corrispondenza dei pilastri.

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

La presenza di questi elementi risulta in contrasto rispetto alle informazioni note circa l'epoca costruttiva: trattandosi di un edificio del 1935 sarebbe stato lecito ipotizzare che fosse stato realizzato con una muratura portante in mattoni e sassi, tuttavia con questo tipo di struttura non sarebbe stato osservabile l'innesto in facciata del solaio interpiano e non sarebbe stata necessaria la presenza di pilastri. Si può quindi ipotizzare che l'edificio abbia subito trasformazioni nel periodo del dopoguerra, infatti le strutture in travi e pilastri con tamponatura a cassa vuota sono ampiamente diffuse nella Liguria degli anni '50.

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



Figura 4.2 - Particolare della porzione di involucro – copertura piana

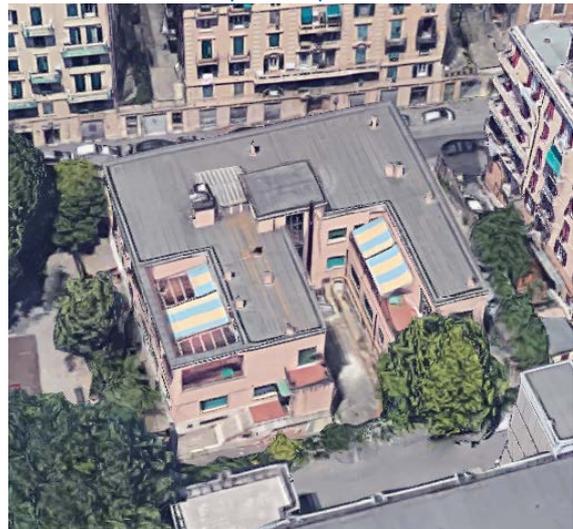
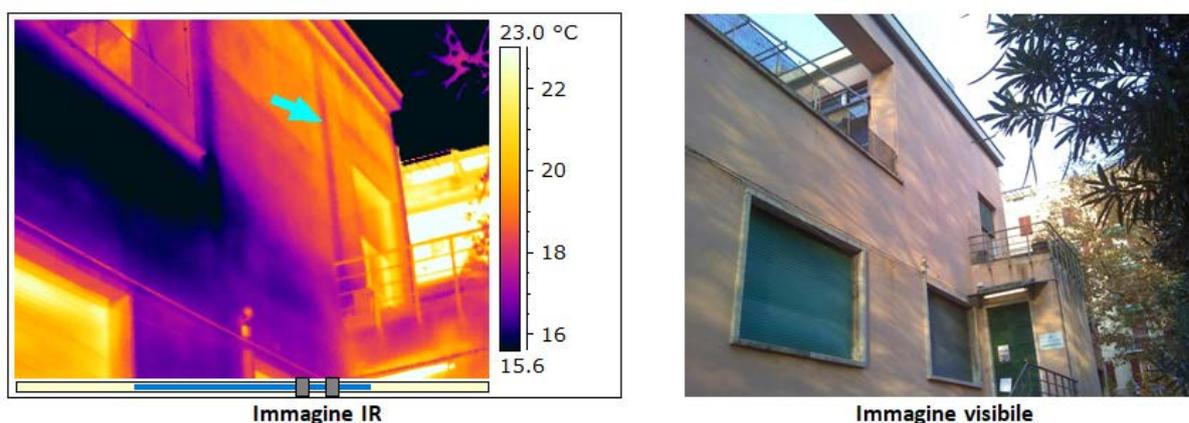


Figura 4.3 – Rilievo termografico del piano primo con esposizione Sud



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 [cm]	ISOLAMENTO	TRASMITTANZA TERMICA [W/mqK]	STATO DI CONSERVAZIONE
Muratura perimetrale	M1	50	assente	0,633	sufficiente
Sottofinesrta	M2	25	assente	1,929	sufficiente
Basamento su terreno	P1	30	assente	0,568	sufficiente
Soffitto verso NR	P2	30	assente	1,552	sufficiente
Copertura piana	C1	25	assente	1,580	sufficiente

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

4.1.2 Involucro trasparente

L'involucro trasparente che costituisce l'edificio è composto da diverse tipologie di serramenti:

- infissi in metallo senza taglio termico e vetro singolo;
- infissi in metallo senza taglio termico e vetro doppio;
- infissi in legno e vetro singolo;
- infissi in legno e vetro doppio;

Lo stato di conservazione dei serramenti è sufficiente, tuttavia la tipologia di vetri e telai comporta notevoli dispersioni termiche.

Figura 4.4 - Particolari dei serramenti



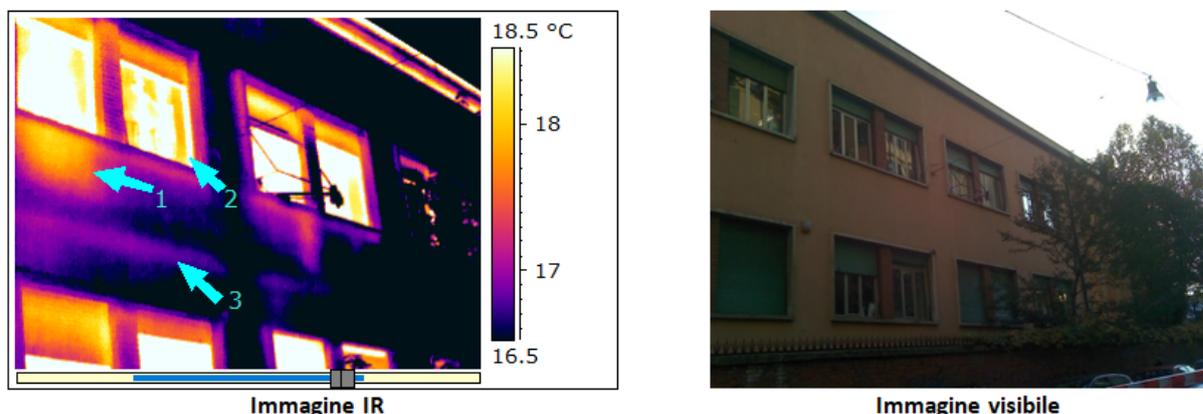
Ai fini di un'identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell'involucro trasparente si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione delle seguenti indagini diagnostiche:

- Rilievo termografico
- Indagine con spessivetro

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- serramenti in metallo con vetro singolo da 6 mm e vetri doppi da 4-12-4 mm; serramenti in legno con vetro singolo da 6 mm e doppio da 6-11-6 mm
- dispersioni termiche dai telai con forti spifferi all'intersezione tra telaio e muratura;
- dispersioni termiche in corrispondenza dei cassonetti.

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 1	F1, F2, F3, F4, F5, F6, F12, F13, F14, F16, F20, FA1, FA2, FA3, FA4, FA5, FA6	180x390, 100x390, 170x200, 130x210, 2x11(m), 185x320, 200x200, 120x200, 290x200, 160x290, 65(diametro), 365x345, 215x345, 270x190, 115x215, 170x215, 170x200	Metallo	Singolo	5,76	Sufficiente
Serramento tipo 2	F3bis, F7, F8, F9, F10, F11, F13bis, F15, F17	170x200, 330x350, 100x235, 295x180, 330x430, 190x290, 120x200, 305x370, 160x200	Metallo	Doppio	3,70	Buono
Serramento tipo 3	F21, F21bis, F22, F23	80x210, 80x210, 225x290, 120x130	Legno	Singolo	4,88	Sufficiente
Serramento tipo 4	F18, F19	80x115, 280x115	Legno	Doppio	3,06	Sufficiente

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 un impianto tradizionale con caldaia a basamento modulante a gas metano a condensazione e radiatori.

4.2.1 Sottosistema di emissione

Il sottosistema di emissione è costituito principalmente da radiatori senza valvole termostatiche. Sono poi presenti degli aerotermi al piano seminterrato

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
Tutte le zone	Radiatori	92%
Z2	Aerotermi	89%

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 ^(x)	POTENZA FRIGORIFERA COMPLESSIVA
			[kW]	[kW]
Seminterrato	Su parete interna/esterna non isolata - radiatori	13	16,7	0,00
	Aerotermi pensili	4	7,3	0,00
Rialzato	Su parete interna/esterna non isolata	26	33,73	0,00
Primo	Su parete interna/esterna non isolata	20	23,86	0,00
TOTALE		63	74,29	0,00

Nota (X): 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 dalle sonde di temperatura sulla tubazione di mandata del generatore. L'impianto è inoltre telegestito.

Non sono presenti termostati ambiente e il personale scolastico non è in possesso di informazioni sulle temperature impostate.

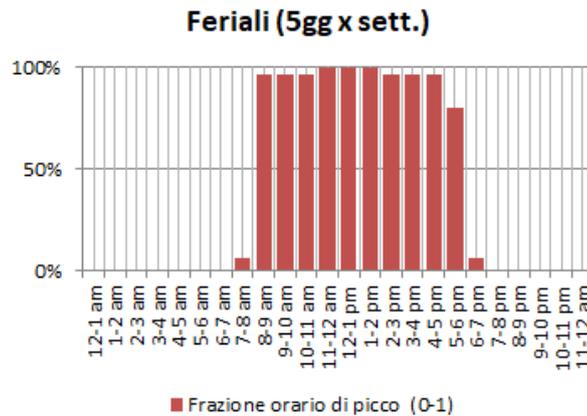
Figura 4.7 - Particolare della valvola miscelatrice



Figura 4.8 – Quadro elettrico centrale termica



Figura 4.9 - Profilo di utilizzo dell'edificio



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	58%

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 da un unico collettore di mandata servito da una pompa gemellare, da cui si diramano 2 circuiti, ciascuno servito da due pompe singole in funzionamento alternato.

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 UPS 40-60/2	primario	-	-	250
DAB BP 60/340-65 T	mandata radiatori	-	-	940
DAB BNH 60/280-50 T	mandata aerotermi	-	-	410

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.

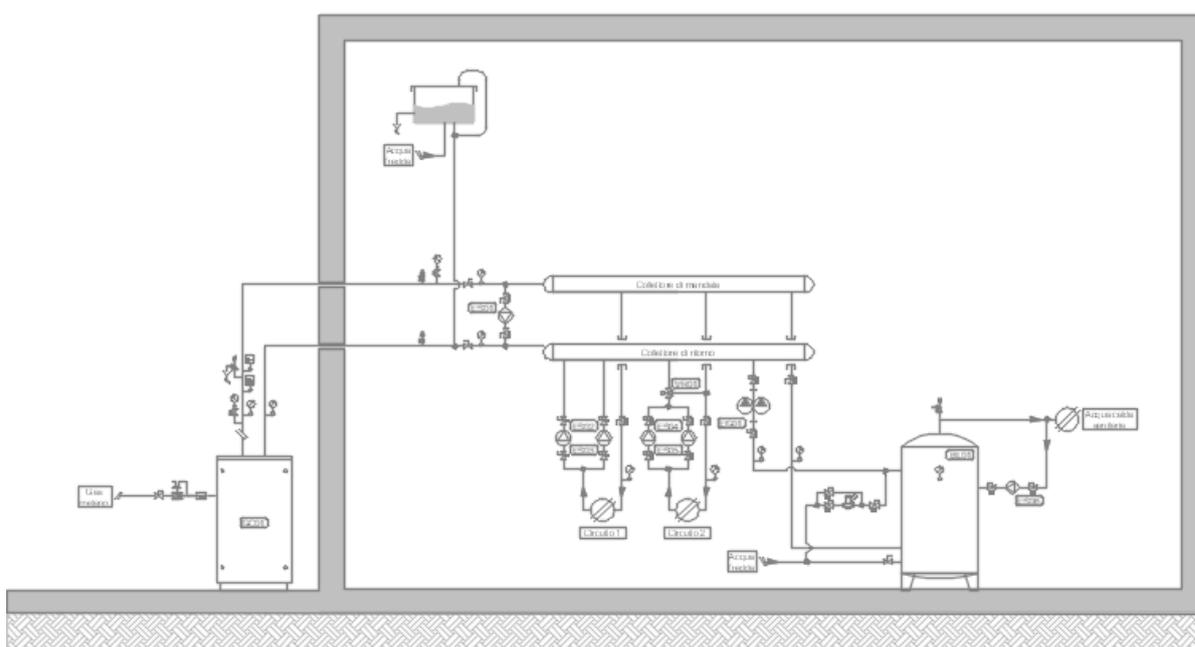
Tabella 4.7 – Temperature di mandata e ritorno del circuito primario

CIRCUITO			TEMPERATURA RILEVATA ⁽¹⁾ °C	TEMPERATURA CALCOLO ⁽²⁾ °C
GEN1	Mandata	Caldo	-	80
	Ritorno	Caldo	-	65

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 115-S01-001.dwg)



Il rendimento complessivo del sottosistema di distribuzione è stato assunto nella DE pari al 93,1% (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

Il sottosistema di generazione è costituito da una caldaia a basamento modulante a condensazione ICI CALDAIE WALL 300 M, installata nel 2014, con bruciatore incorporato.

Figura 4.11 - Generatore di calore



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]
Gen 1 Riscaldamento	ICI CALDAIE	WALL 300 M	2014	46,5-279,1	45,8-274,3	98,3 % (70 °C) 107,5 % (50/30°C)	400

Nota (7) rendimento da scheda tecnica.

Il rendimento complessivo del sottosistema di generazione, in regime di riscaldamento è stato assunto nella DE pari al 103%.

Il rendimento da scheda tecnica della caldaia in esame è pari al 98,3% (70 °C).

Il rendimento della scheda tecnica è in linea con quello relativo alla prova fumi e a quello della modellazione energetica.

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

La produzione di acqua calda sanitaria per l'asilo nido è eseguita tramite la medesima caldaia del sistema di riscaldamento, la quale è abbinata ad un bollitore ad accumulo da 230 litri modello SILE BIM VERTINOX.

Al piano rialzato è inoltre presente un bollitore elettrico ad accumulo.

Figura 4.12 - Particolare dell'accumulo in centrale termica e del boiler elettrico per la produzione di acqua calda sanitaria



I rendimenti caratteristici dei sottosistemi dell'impianto di produzione acqua calda sanitaria sono riportati nella Tabella 4.9.

Tabella 4.9 – Rendimenti dell'impianto di produzione acqua calda sanitaria

SOTTOSISTEMA DI EROGAZIONE	SOTTOSISTEMA DI DISTRIBUZIONE	SOTTOSISTEMA DI RICIRCOLO ⁽¹⁾	SOTTOSISTEMA DI ACCUMULO ⁽²⁾	SOTTOSISTEMA DI GENERAZIONE	RENDIMENTO GLOBALE MEDIO STAGIONALE ⁽³⁾
Bollitore elettrico ad accumulo					
95%	93%	-	-	75%	88 %
Generatore a gas					
95%	96,3%	98%	66,8%	103%	

Nota (1): sottosistema non presente per il bollitore elettrico

Nota (2): perdite incluse nelle perdite di generazione per il bollitore elettrico

Nota (3): il rendimento globale medio stagionale comprende le perdite dovute alla rete elettrica nazionale. Fonte: modellazione energetica.

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

4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO 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 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 4.10.

Tabella 4.10 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA NOMINALE [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]	ORE ANNUE DI UTILIZZO [ore]
Z1, Z4, Z5	PC desktop	12	330	3.960	1.760 (8h x 220gg)
Z1, Z4	Stampante da tavolo	4	300	1.200	59 (0,33h x 176gg)
Z1, Z5	Stampante multifunzione	2	750	1.500	73 (0,33h x 220gg)
Z1, Z5	Rack	2	250	500	8.760 (24h x 365gg)
Z1, Z5	Distributore bevande/snack	2	1.500	3.000	8.760 (24h x 365gg)
Z5	Montacarichi	1	1.500	1.500	73 (0,33h x 220gg)
Z6	Forno elettrico	1	1.500	1.500	73 (0,33h x 220gg)
Z6	Cappa	1	300	300	73 (0,33h x 220gg)
Z6	Frigorifero grande	1	250	250	8.760 (24h x 365gg)
Z1	Frigorifero piccolo	1	100	100	8.760 (24h x 365gg)
Z6	Lavastoviglie	2	5.000	10.000	73 (0,33h x 220gg)
Z2	Lavatrice	2	1.000	2.000	220 (1h x 220gg)
Z2	Asciugatrice	1	1.000	1.000	220 (1h x 220gg)
Z1, Z5	Ventilatore	18	75	1.350	540 (6h x 90gg)

Le apparecchiature elettriche della zona Z1 – ASL non sono state considerate per la taratura del modello elettrico in quanto gli uffici della ASL hanno un proprio contatore, pertanto tali utenze non contribuiscono ai consumi fatturati al Comune di Genova.

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 da lampade fluorescenti lineari e lampade a incandescenza.

Figura 4.13 - Particolare dei corpi illuminanti



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

Tabella 4.11 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA UNITARIA	POTENZA COMPLESSIVA
			[kW]	[kW]
Z1	Fluorescente lineare 1x36 W	34	0,036	1,224
	Fluorescente lineare 2x36 W	1	0,072	0,072
	Fluorescente lineare 1x18 W	3	0,018	0,054
Z2	Fluorescente lineare 1x36 W	31	0,036	1,116
	Fluorescente lineare 1x18 W	1	0,018	0,018
Z3	Fluorescente lineare 2x36 W	8	0,072	0,576
Z4	Fluorescente lineare 2x36 W	10	0,072	0,72
Z5	Fluorescente lineare 2x36 W	15	0,072	1,08
Z6	Fluorescente lineare 2x36 W	6	0,072	0,432
Z7	Fluorescente lineare 2x36 W	31	0,072	2,232
	Fluorescente lineare 1x36 W	1	0,036	0,036
	Fluorescente lineare 1x18 W	5	0,018	0,09
Z8	Fluorescente lineare 2x36 W	65	0,072	4,68
	Fluorescente lineare 1x58 W	3	0,058	0,174
	Fluorescente lineare 1x18 W	2	0,018	0,036

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 al triennio 2014, 2015 e 2016.

I vettori energetici analizzati sono i seguenti:

- Gas metano;
- Gasolio;
- Energia elettrica

5.1.1 Energia termica

Il vettore termico utilizzato per la climatizzazione invernale è il gas metano dal 2015. Fino al 2014 la centrale termica era invece a gasolio.

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

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

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

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

La fornitura di Gas metano avviene tramite la presenza di 1 contatore a servizio della Centrale termica per il riscaldamento dell'intero edificio.

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

L'analisi dei consumi storici di Gas metano si basa sui m³ di gas rilevati dall'Ufficio Gestione Calore in quanto quelli dalla società di distribuzione risultavano anomali.

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

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

PDR	Utilizzo	2014 [litri]	2015 [Sm ³]	2016 [Sm ³]	2014 [kWh]	2015 [kWh]	2016 [kWh]
-	Riscaldamento - gasolio	17.042					
16220050674737	Riscaldamento - gas	-	10.084	16.985	171.945	94.991	159.999

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

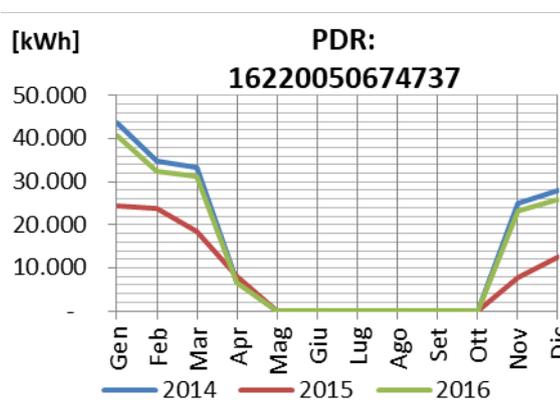
La ripartizione dei consumi annuli di energia termica in consumi mensili verrà eseguita in modo proporzionale rispetto ai GGreali per il triennio di riferimento. I consumi così ripartiti sono riportati nella tabella seguente.

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

PDR: 16220050674737	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Mese	[l]	[Sm ³]	[Sm ³]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen	3.874	2.582	4.326	43.796	24.320	40.753
Feb	3.565	2.524	3.439	34.817	23.778	32.398
Mar	2.883	1.950	3.306	33.469	18.368	31.144
Apr	905	859	689	6.976	8.095	6.491
Mag	-	-	-	-	-	-
Giu	-	-	-	-	-	-
Lug	-	-	-	-	-	-
Ago	-	-	-	-	-	-
Set	-	-	-	-	-	-
Ott	-	-	-	-	-	-
Nov	2.539	830	2.474	25.050	7.819	23.309
Dic	3.275	1.339	2.750	27.838	12.612	25.904
Totale	17.042	10.084	16.985	171.945	94.991	159.999

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

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

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

Dove:

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

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

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

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

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

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

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

\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 gas metano 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]
2014	-	-	-	-	-	-	-	-
2015	877	929	9.946	93.691	107	99.247	1.300	0
2016	918	929	16.753	157.809	172	159.700	2.190	0
Media	898	929	13.349	125.750	139	129.473	1.745	0

Come si può notare dai dati riportati, il comportamento energetico dell'edificio, negli anni considerati, è stato caratterizzato da un andamento crescente dei consumi tra il 2015 e il 2016.

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}	1.745 ^[1]
\bar{Q}_{ALTRO}	0,0
$\bar{a}_{rif} \times GG_{rif}$	129.473
$Q_{baseline}$	131.218

Nota (1) Il valore relativo all'ACS è stato determinato utilizzando la % di energia termica per l'ACS elaborata dal software in condizioni adattate all'utenza.

5.1.2 Energia elettrica

La fornitura di energia elettrica avviene tramite la presenza di 1 contatore a servizio delle porzioni di edificio di proprietà comunale. Gli uffici della ASL sono poi dotati di un proprio contatore.

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

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

L'analisi dei consumi storici di energia elettrica è effettuata sui kWh ottenuti dai dati di fatturazione rilevati nel periodo 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]
IT001E00096006	Intero edificio	35.803	35.023	37.294	36.040,00

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-E1319 e sono emerse le seguenti differenze:

- i dati delle fatture per l'anno 2014 coincidono con quelli del file kyotoBaseline-E1319;
- i dati delle fatture per gli anni 2015 e 2016 sono inferiori a quanto indicato nel file kyotoBaseline-E1319, rispettivamente di 2.254 kWh e 6.558 kWh.

Dati relativi a Kyoto Baseline: anno 2014 35.803 kWh; anno 2015 37.277 kWh; anno 2016 43.852 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 36.040 kWh.

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

POD: IT001E00096006	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 14	2.645	587	784	4.016
Feb - 14	2.631	618	672	3.921
Mar - 14	2.470	643	738	3.851
Apr - 14	1.972	460	555	2.987
Mag - 14	2.136	448	383	2.967
Giu - 14	1.815	387	439	2.641
Lug - 14	1.482	344	379	2.205
Ago - 14	194	158	306	658
Set - 14	2.020	425	377	2.822
Ott - 14	2.170	449	467	3.086
Nov - 14	2.054	524	786	3.364
Dic - 14	1.803	523	959	3.285
Totale	23.392	5.566	6.845	35.803
POD: IT001E00096006	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 15	2.191	575	874	3.640
Feb - 15	2.199	557	649	3.405
Mar - 15	2.525	629	753	3.907
Apr - 15	1.444	334	378	2.156
Mag - 15	2.019	486	565	3.070
Giu - 15	1.840	475	529	2.844
Lug - 15	1.465	438	458	2.361
Ago - 15	282	157	310	749
Set - 15	1.610	435	536	2.581
Ott - 15	2.602	555	525	3.682
Nov - 15	2.494	551	556	3.601
Dic - 15	2.026	413	588	3.027
Totale	22.697	5.605	6.721	35.023

POD: IT001E00096006	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 16	2.180	457	614	3.251
Feb - 16	2.653	540	529	3.722
Mar - 16	2.471	538	628	3.637
Apr - 16	2.167	570	592	3.329
Mag - 16	2.399	540	613	3.552
Giu - 16	1.934	474	545	2.953
Lug - 16	1.434	446	540	2.420
Ago - 16	443	231	403	1.077
Set - 16	2.231	516	563	3.310
Ott - 16	2.272	557	605	3.434
Nov - 16	2.471	485	566	3.522
Dic - 16	2.071	448	568	3.087
Totale	24.726	5.802	6.766	37.294

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.

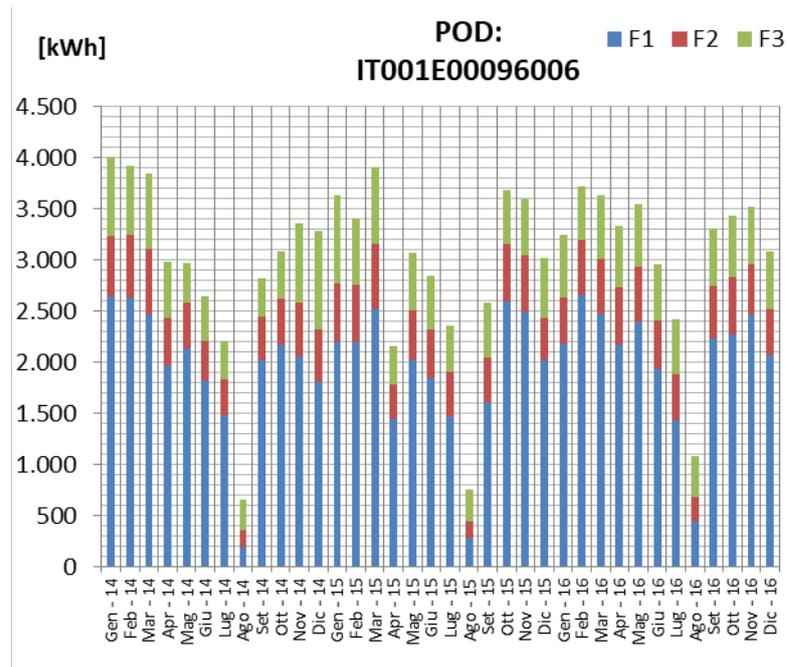
Tali valori sono riportati nella Tabella 5.8.

Tabella 5.8 – Consumi mensili di Baseline

BASELINE	F1	F2	F3	TOTALE
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	2.339	540	757	3.636
Febbraio	2.494	572	617	3.683
Marzo	2.489	603	706	3.798
Aprile	1.861	455	508	2.824
Maggio	2.185	491	520	3.196
Giugno	1.863	445	504	2.813
Luglio	1.460	409	459	2.329
Agosto	306	182	340	828
Settembre	1.954	459	492	2.904
Ottobre	2.348	520	532	3.401
Novembre	2.340	520	636	3.496
Dicembre	1.967	461	705	3.133
Totale	23.605	5.658	6.777	36.040

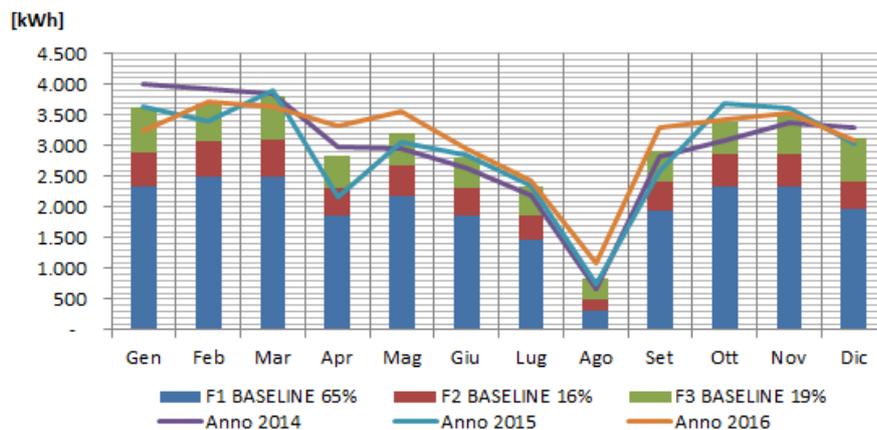
Il profilo così ottenuto è rappresentato nel grafico in Figura 5.2.

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 il mese di agosto, in cui l'occupazione dell'edificio è pressoché nulla.

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 IT001E00096006.

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 34,74 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.

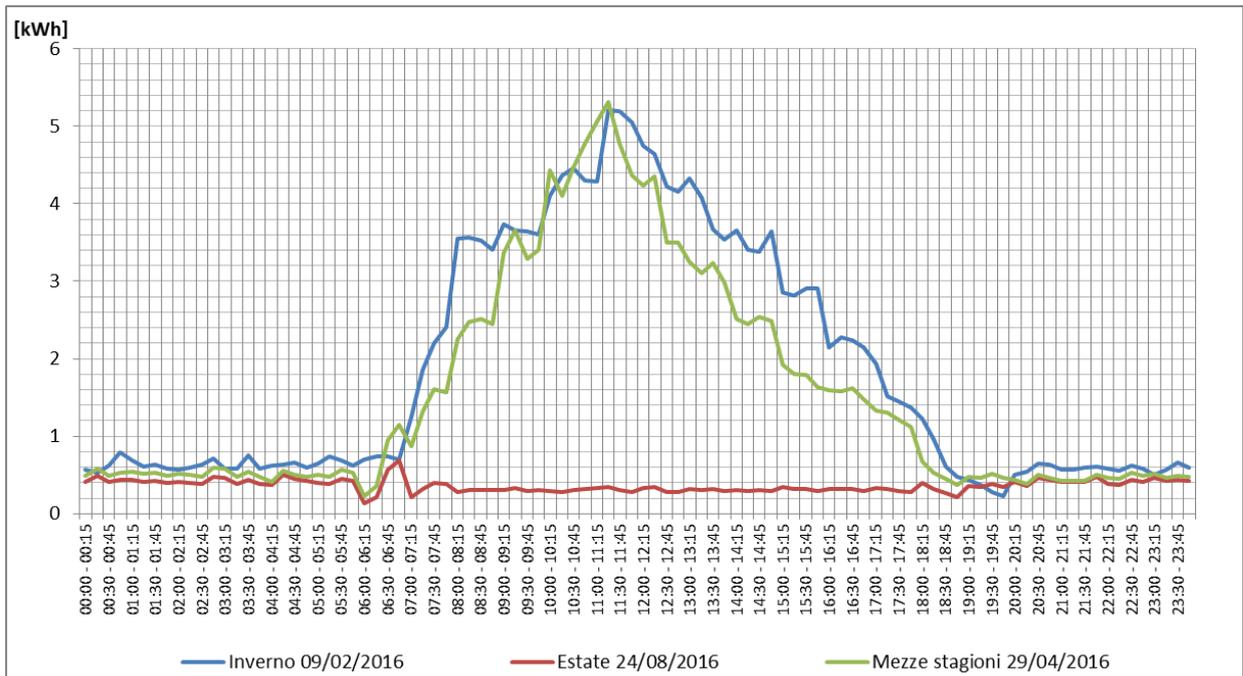
Nella tabella seguente si riporta l'analisi relativa a 3 giornate tipologiche.

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

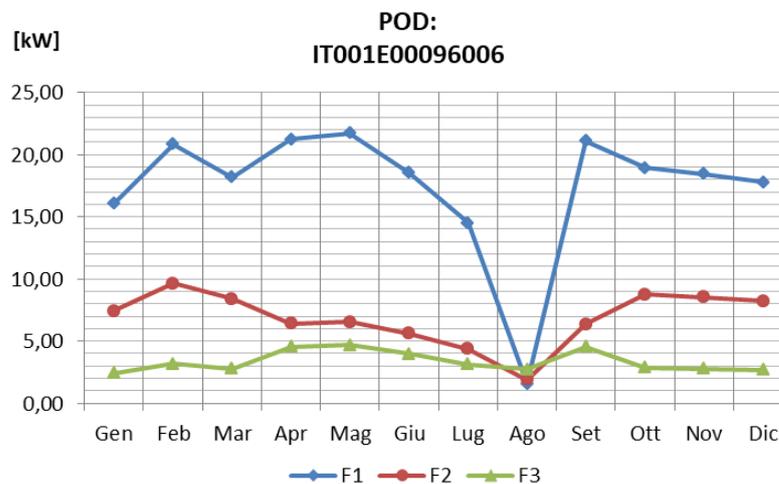
L'andamento dei profili giornalieri di consumo è riportato nei grafici a seguire.

Figura 5.4 – Profili giornalieri tipo dei consumi elettrici per il POD IT001E00096006



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 19 fino al mattino alle 7.30), 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 i frigoriferi, i rack e i distributori di bevande e snack.

Figura 5.5 – Profili di potenza giornalieri per il POD IT001E00096006



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 21,73 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

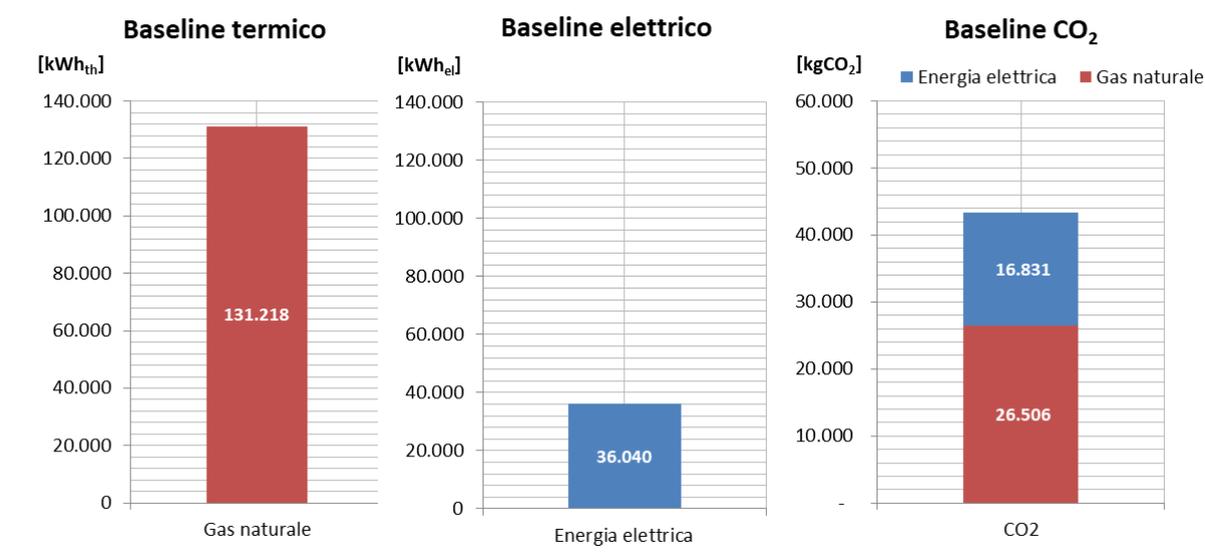
* da "Linee Guida Patto dei Sindaci" per anno 2010

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	36.040	* 0,467	16,83
Gas naturale	131.218	* 0,202	26,51

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

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

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

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

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

Tabella 5.13 – Fattori di riparametrizzazione

	PARAMETRO	VALORE	U.M.
FATTORE 1	Superficie netta riscaldata	1.711	m ²
FATTORE 2	Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	1.761	m ²
FATTORE 3	Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate)	8.379	m ³

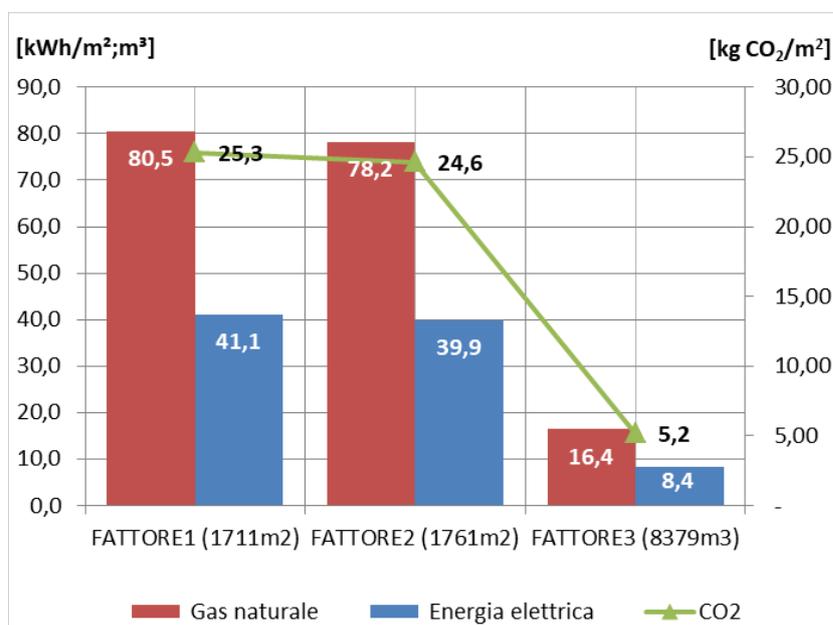
In Tabella 5.14 e Tabella 5.15 sono riportati gli indicatori di performance valutati coerentemente con quanto riportato nella sezione 2.5 dell’Allegato J – Schede di audit.

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

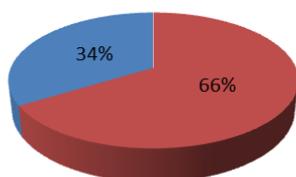
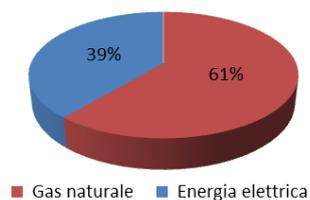
VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE [kWh/anno]	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA TOTALE	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA TOTALE [kWh/anno]	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA TOTALE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1 [kWh/m ²]	FATTORE 2 [kWh/m ²]	FATTORE 3 [kWh/m ³]	FATTORE 1 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 2 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 3 [Kg CO ₂ /m ³]
Gas naturale	131.218	1,05	137.779	80,5	78,2	16,4	15,49	15,05	3,16
Energia elettrica	36.040	2,42	87.217	50,97	49,53	10,41	9,84	9,56	2,01
TOTALE			224.995,80	131,50	127,77	26,85	25,33	24,61	5,17

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]
Gas naturale	131.218	1,05	137.779	80,5	78,2	16,4	15,49	15,05	3,16
Energia elettrica	36.040	1,95	70.278	41,07	39,91	8,39	9,84	9,56	2,01
TOTALE			208.057,00	121,60	118,15	24,83	25,33	24,61	5,17

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

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 per gas naturale 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		
	Wh/(m ³ GG anno)			Wh/(m ² anno)		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Gas Naturale	17,9	9,4	15,3	-	-	-
Energia elettrica	-	-	-	20,6	20,1	21,4

E' stato quindi possibile effettuare un raffronto con le classi di merito riportate nelle suddette Linee Guida ENEA - FIRE, ottenendo valori BUONI per l'indice IEN_R e INSUFFICIENTI 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	256,27	245,32
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	190,54	189,87
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	12,81	12,81
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	52,92	42,64
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	-	-
Emissioni equivalenti di CO ₂	CO _{2eq}	Kg/mq anno	60,25	60,25

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

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	U.M.	CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE [kWh/anno]
Gas Naturale	34.472	[m ³ /anno]	340.963
Energia Elettrica	38.851	[kWh/anno]	75.759

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

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

Dove:

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

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

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

FABBISOGNO	Corrispondenza UNI TS 11300 [kWh _{el}]
Energia ausiliaria complessiva assorbita dal sottosistema di generazione per la produzione di ACS	$E_{W, aux, gn}$
Energia ausiliaria complessiva assorbita dal sottosistema di generazione per il riscaldamento	$E_{H,aux, gn}$
Fabbisogno di energia elettrica dell'impianto di ventilazione meccanica e dei terminali di emissione	$E_{ve,el} + E_{aux,e}$
Fabbisogno di energia elettrica per gli ausiliari di distribuzione (Riscaldamento e ACS)	$E_{W, aux, d} + E_{W, aux, d}$
Fabbisogno di energia elettrica per l'illuminazione interna dell'edificio	$E_{L,int}$
Fabbisogno di energia elettrica per gli ausiliari degli impianti di climatizzazione	$Q_{c,aux}$
Fabbisogno di energia elettrica per i sistemi di trasporto (+ eventuali altri carichi interni)	$E_T + E_{altro}^{(1)}$
Perdite al trasformatore	$E_{trasf}^{(1)}$
Energia elettrica esportata dall'impianto a fonti rinnovabili	$E_{exp,el}$

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	$EP_{gl,ren}$	kWh/mq anno	132,52	121,97
Climatizzazione invernale	EP_H	kWh/mq anno	78,48	78,21
Produzione di acqua calda sanitaria	EP_w	kWh/mq anno	1,13	1,11
Ventilazione	EP_v	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	EP_c	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	EP_L	kWh/mq anno	52,92	42,64
Trasporto di persone e cose	EP_T	kWh/mq anno	-	-
Emissioni equivalenti di CO2	CO_{2eq}	kg/mq anno	35,52	35,52

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	CONSUMO
	[mc/anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale (modello termico)	13.523	127.388
Energia Elettrica (modello elettrico)	-	34.707

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

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

$Q_{teorico}$	$Q_{baseline}$	Congruità
[kWh /anno]	[kWh /anno]	[%]
127.388	131.218	3 %

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)

$EE_{teorico}$ [kWh/anno]	$EE_{baseline}$ [kWh/anno]	Congruità [%]
34.707	36.040	4%

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

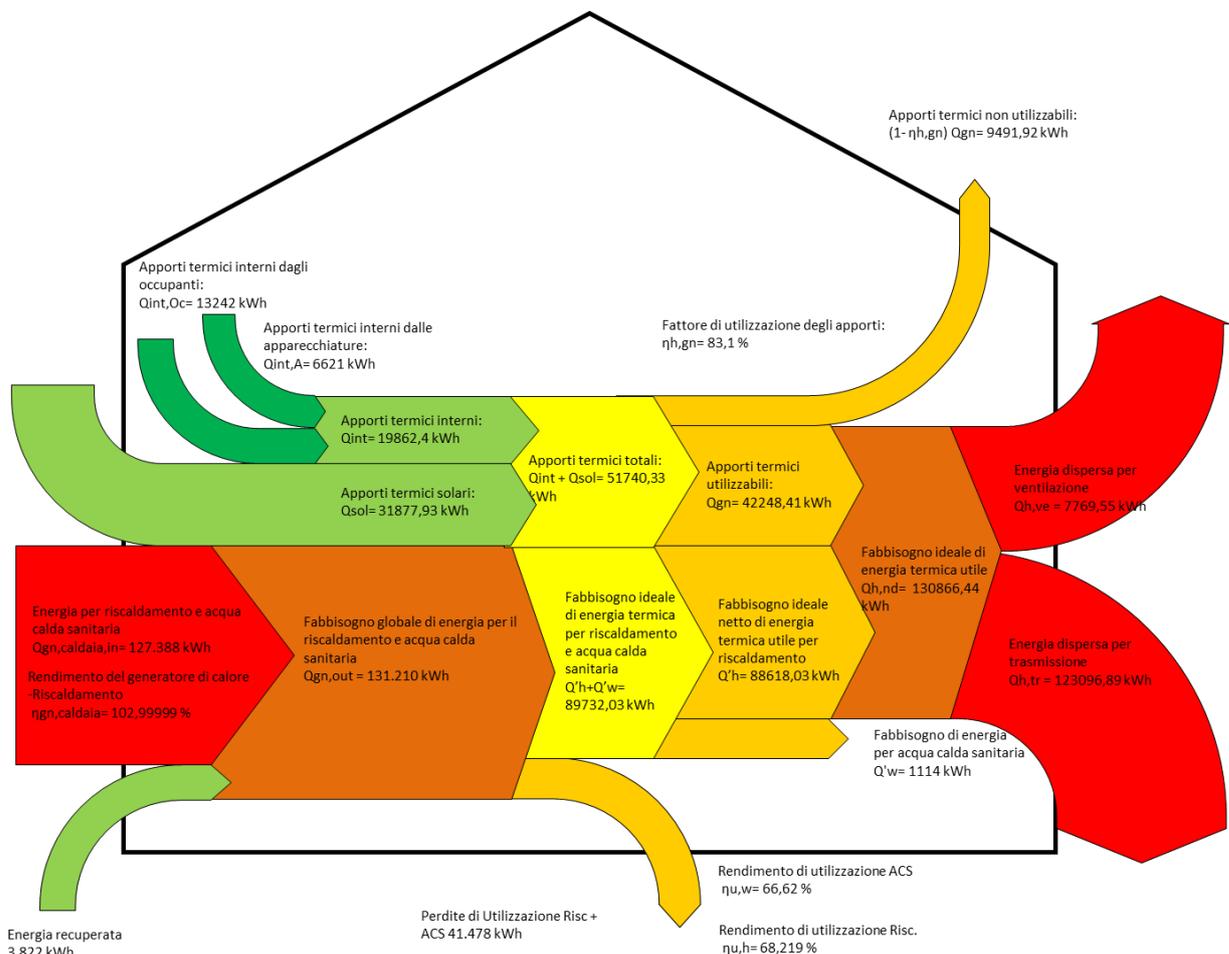
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

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.

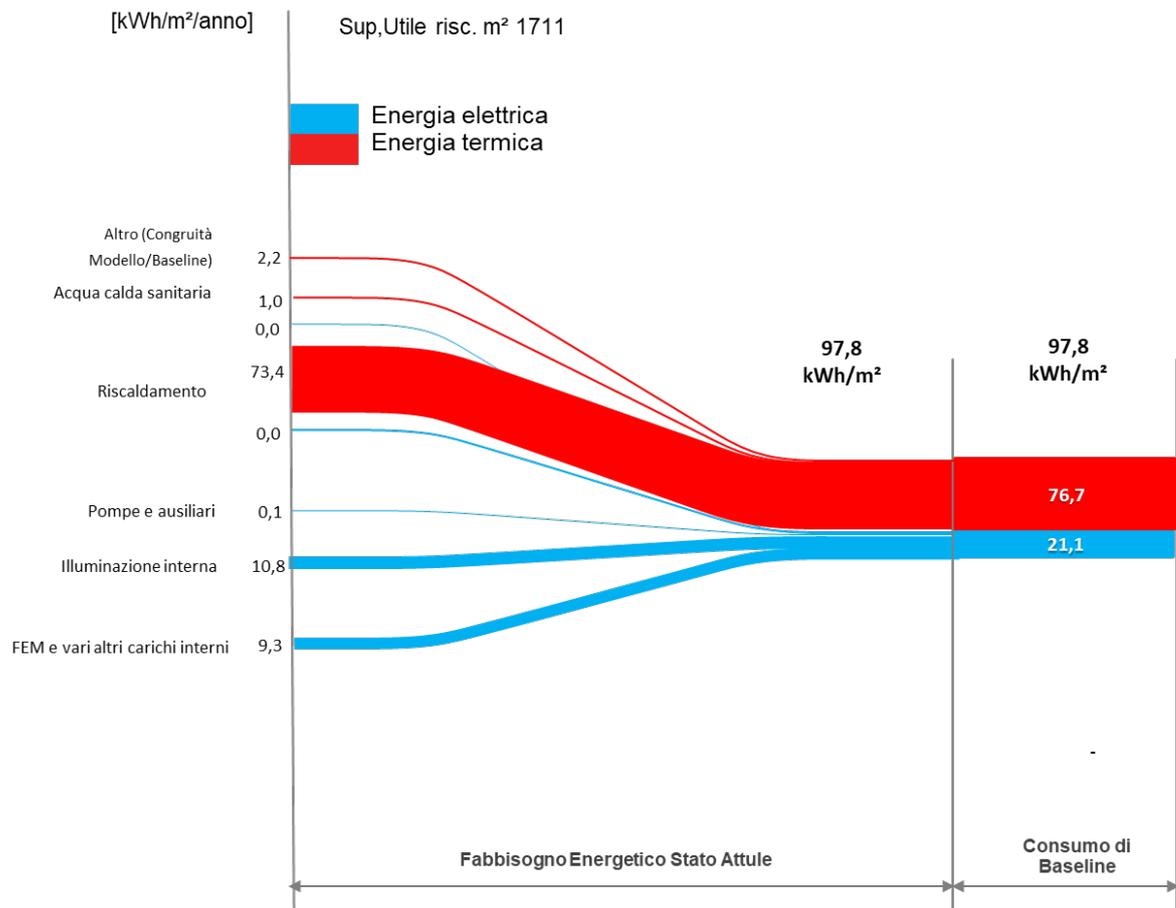
Figura 6.1 – Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio allo stato attuale



Dall'analisi del diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio è possibile notare che per l'edificio oggetto di DE è presente una quota di energia recuperata dal sottosistema di generazione, grazie all'utilizzo di una caldaia a condensazione. Non è invece presente energia termica da fonte rinnovabile. Il fattore di utilizzazione degli apporti gratuiti è pari ad 83,1% mentre i rendimenti di utilizzazione del sistema di riscaldamento e produzione di acs sono rispettivamente 68,2% e 66,6%.

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.

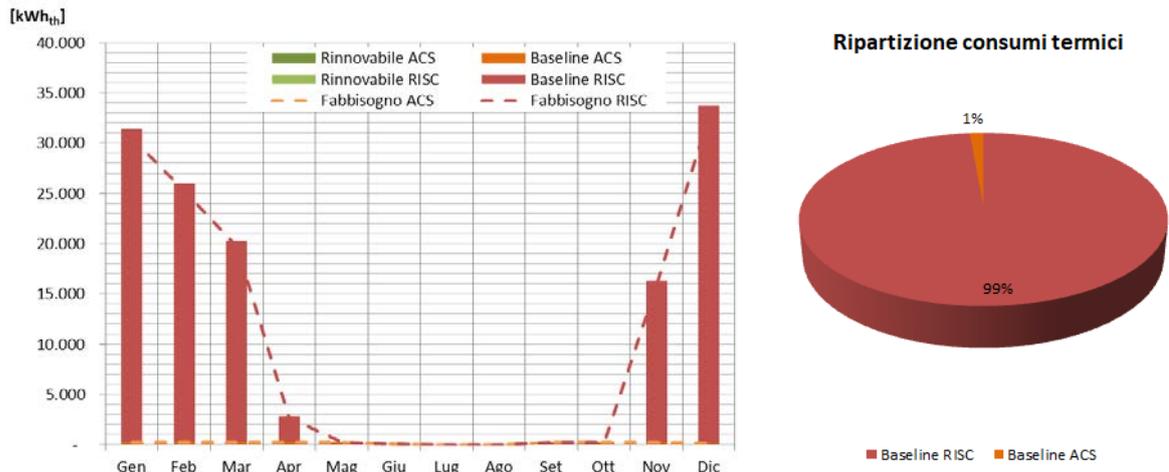
Dall'analisi del diagramma di Sankey relativo al bilancio energetico complessivo dell'edificio è possibile notare che il gas naturale è impiegato principalmente per il riscaldamento ed in piccola parte per il servizio di produzione di ACS, che viene soddisfatto anche mediante il vettore elettrico. Il 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

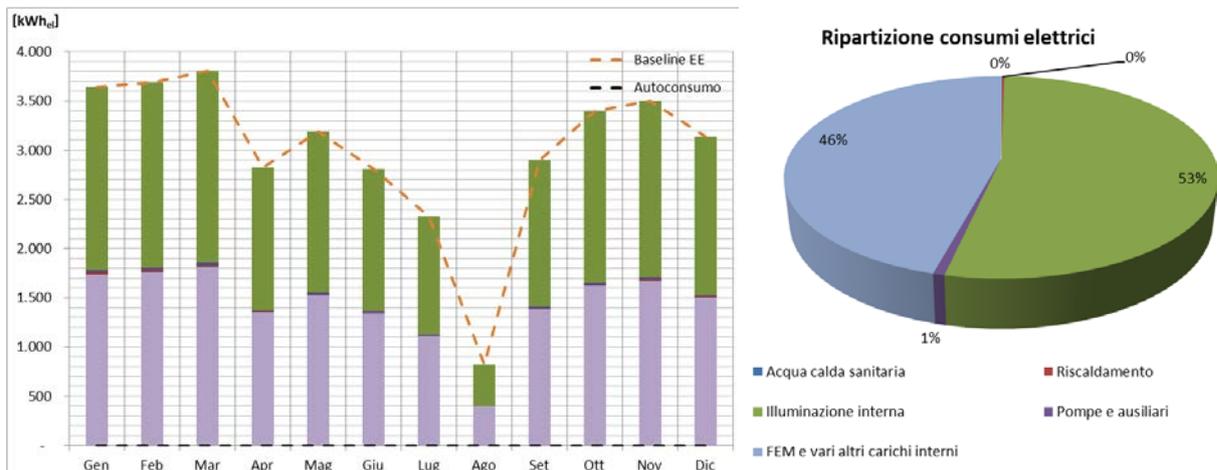


Si può notare come la maggior parte dei consumi termici sia da attribuirsi all'utilizzo per la climatizzazione dei locali, pertanto gli interventi migliorativi proposti andranno ad interessare principalmente tale utilizzo. Anche relativamente all'analisi dei fabbisogni di energia elettrica, la ripartizione 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.

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 riferito al PDR 16220050674737 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.

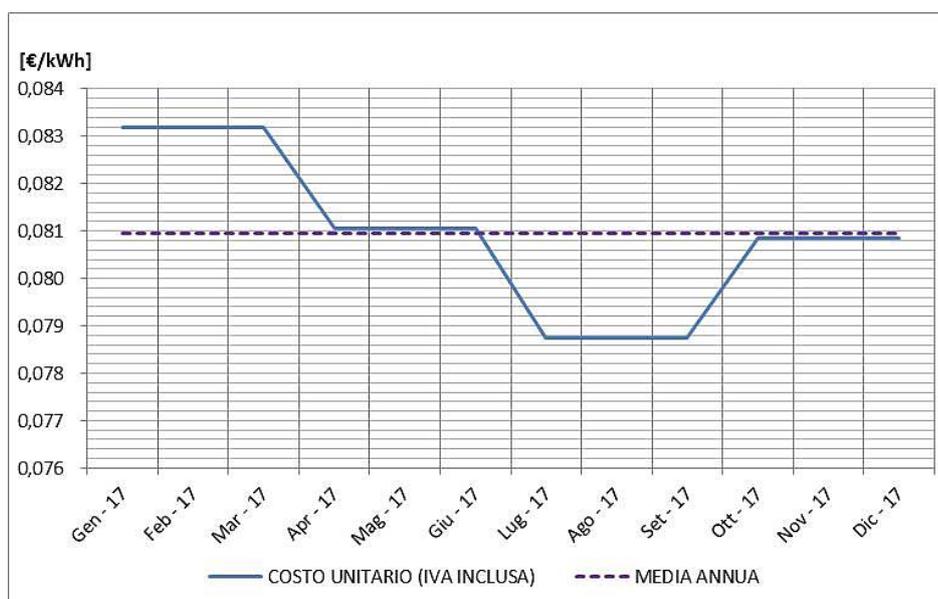
Nella Tabella 7.1 si riporta l'andamento mensile del costo del vettore termico nell'anno 2017.

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	0,079
Ago - 17	0,079
Set - 17	0,079
Ott - 17	0,081
Nov - 17	0,081
Dic - 17	0,081
Media, CuQ	0,0822

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 IT001E00096006 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: IT001E00096006	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura	SALITA DI GRANAROLO, 24 - 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	30 kW	30 kW	30 kW
Potenza elettrica disponibile	30 kW	30 kW	30 kW
Tipologia di contratto	Forniture in BT (escluso IP)	Utenza Altri Usi	Utenza Altri Usi
Opzione tariffaria ⁽¹⁾	Genova-2013-NEW	Genova-2013-NEW; CONSIP EE12 - Lotto 2 - Tariffa BTA6	CONSIP EE12 - L2 - Delibera 308/2016/R/eel - Tariffa BTA6; CONSIP13 VERDE - L0390
Prezzi del fornitore dell'energia elettrica ⁽²⁾ [€/kWh]	0,08	0,09	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: IT001E00096006	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	205	34	278	36	122	674	4.016	0,168
Feb - 14	411	51	484	63	222	1.231	3.921	0,314
Mar - 14	298	50	353	48	165	913	3.851	0,237
Apr - 14	233	52	297	37	136	755	2.987	0,253
Mag - 14	232	51	300	37	136	756	2.967	0,255
Giu - 14	205	45	267	33	121	670	2.641	0,254
Lug - 14	170	35	221	28	100	554	2.205	0,251
Ago - 14	47	11	71	8	30	166	658	0,253
Set - 14	220	45	280	35	128	707	2.822	0,251
Ott - 14	238	45	307	39	138	767	3.086	0,248
Nov - 14	250	49	331	42	148	820	3.364	0,244
Dic - 14	234	48	325	41	143	791	3.285	0,241
Totale	2.741	517	3.512	448	1.588	8.806	35.803	0,246

POD: IT001E00096006	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	302	-	343	46	152	843	3.640	0,231
Feb - 15	275	-	324	43	141	783	3.405	0,230
Mar - 15	305	-	371	49	159	884	3.907	0,226
Apr - 15	124	-	202	27	78	431	2.156	0,200
Mag - 15	129	-	212	29	81	450	3.070	0,147
Giu - 15	120	-	207	28	78	433	2.844	0,152
Lug - 15	223	-	205	27	100	556	2.361	0,235
Ago - 15	310	-	242	32	129	713	749	0,952
Set - 15	- 132	-	240	32	31	171	2.581	0,066
Ott - 15	125	-	260	34	92	511	3.682	0,139
Nov - 15	282	-	266	35	128	711	3.601	0,197
Dic - 15	285	-	319	38	141	784	3.027	0,259
Totale	2.349	-	3.192	418	1.311	7.269	35.023	0,208

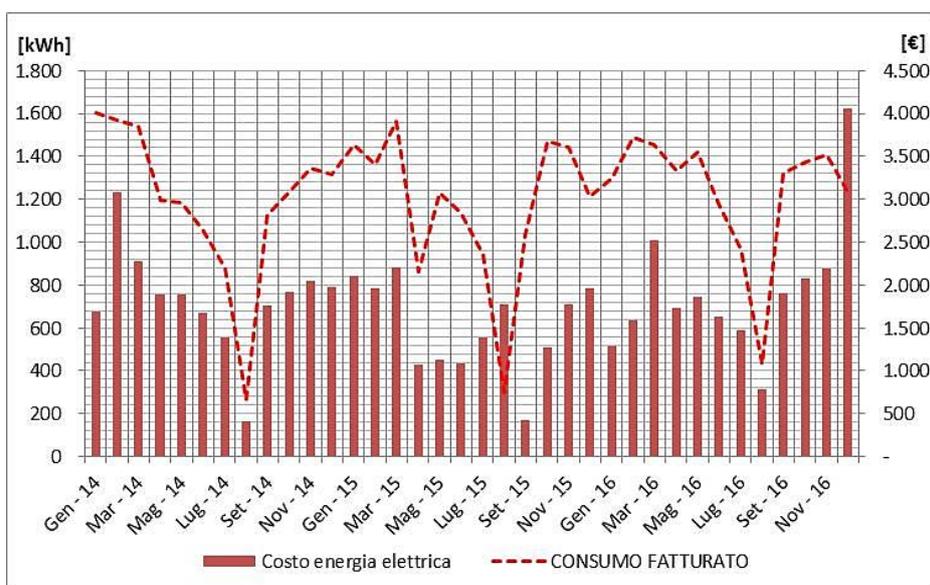
POD: IT001E00096006	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 16	127	-	258	36	93	513	3.251	0,158
Feb - 16	145	-	331	43	114	634	3.722	0,170
Mar - 16	352	-	424	53	182	1.012	3.637	0,278
Apr - 16	177	110	239	42	125	691	3.329	0,208
Mag - 16	201	111	254	44	134	745	3.552	0,210
Giu - 16	177	106	213	37	117	651	2.953	0,220
Lug - 16	176	102	177	30	107	592	2.420	0,244
Ago - 16	69	90	85	13	57	313	1.077	0,291
Set - 16	238	110	237	41	138	764	3.310	0,231
Ott - 16	277	112	247	43	149	828	3.434	0,241
Nov - 16	308	114	253	44	158	876	3.522	0,249
Dic - 16	262	805	223	39	292	1.621	3.087	0,525
Totale	2.507	1.660	2.941	466	1.666	9.240	37.294	0,248

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'ARERA.

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	-	-	-	35.803	8.806	0,25
2015	94.991	n.d.	n.d.	35.023	7.269	0,21
2016	159.999	n.d.	n.d.	37.294	9.240	0,25
Media	127.495	n.d.	n.d.	36.040	8.439	0,23

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 0,082 [€/kWh]
Costo unitario dell'energia elettrica	valore ARERA scontato del 5%	Cu _{EE} 0,207 [€/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:

- L1-042-115: servizio SIE3

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

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

Tali servizi prevedono il pagamento di un canone annuale da parte della PA pari a 20.586 €.

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:

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

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

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

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

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

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

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

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

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	CM_o 7.738	[€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Media relativa a gli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici	CM_s 2.057	[€/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:

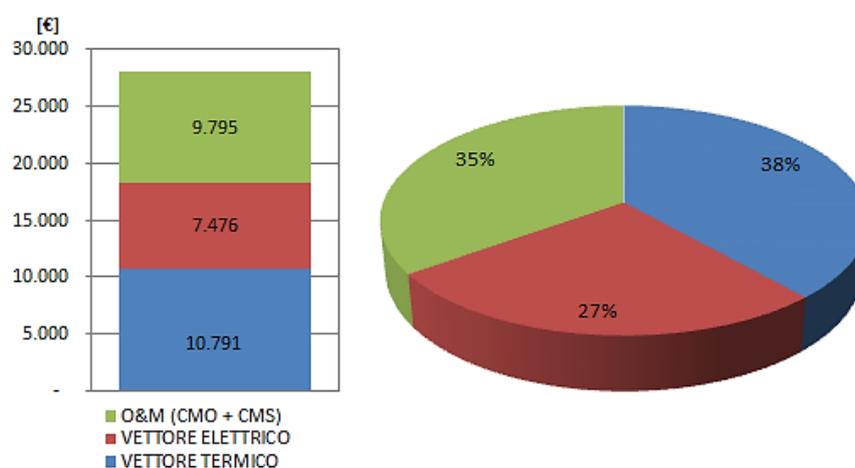
$$C_{baseline} = C_E + C_{MO} + C_{MS}$$

Ne risulta quindi un C_E pari a 18.267 € e un $C_{baseline}$ pari a 28.063 €.

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]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
131.218	0,082	10.791	36.040	0,207	7.476	9.795	7.738	2.057	28.063

Figura 7.4 – Baseline dei costi e loro ripartizione



8 IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA

8.1 DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI

8.1.1 Involucro edilizio

EEM1: 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 geometriche 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 confort interno e della sicurezza.

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

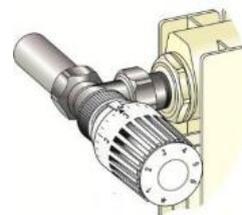
Infissi in pvc con sistema a giunto aperto, permeabilità all'aria secondo norma EN 12207, tenuta alla pioggia battente secondo norma EN 12208, resistenza al vento secondo la norma EN 12210.

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.

Figura 8.1 - Particolare serramenti da sostituire e delle attuali valvole dei radiatori, prive di testina termostatica



Descrizione dei lavori

SERRAMENTI

Inserire nell'opera muraria un'apposita controcassa, 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.

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

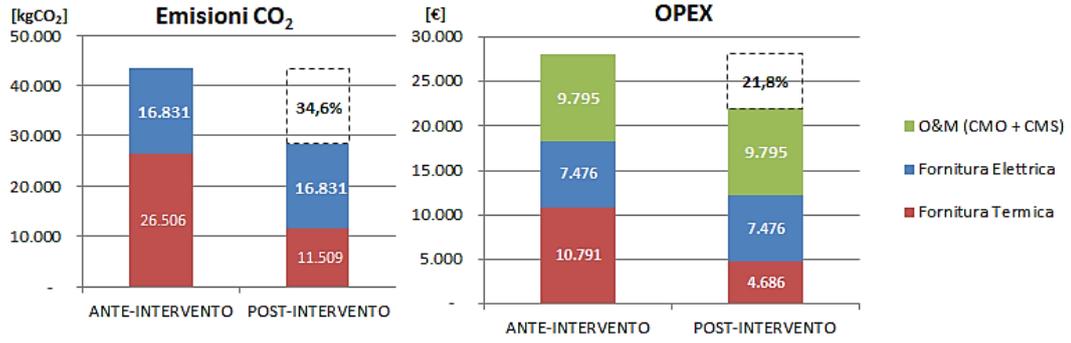
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM1 sono riportati nella Tabella 8.1 e nella Figura 8.2.

Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM1 – Sostituzione serramenti e installazione di valvole termostatiche

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Trasmittanza	[W/m ² K]	5,6	1,5	73,2%
Q _{teorico}	[kWh]	127.388	55.313	56,6%
EE _{teorico}	[kWh]	34.707	34.707	0,0%
Q _{baseline}	[kWh]	131.218	56.976	56,6%
EE _{Baseline}	[kWh]	36.040	36.040	0,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	26.506	11.509	56,6%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	16.831	16.831	0,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	43.337	28.340	34,6%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	10.791	4.686	56,6%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	7.476	7.476	0,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	18.267	12.162	33,4%
C _{MO}	[€]	7.738	7.738	0,0%
C _{MS}	[€]	2.057	2.057	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	9.795	9.795	0,0%
OPEX	[€]	28.063	21.957	21,8%
Classe energetica	[-]	D	C	+1 classe

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,476 [kgCO₂/kWh] I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,082 [€/kWh] per il vettore termico e 0,207 [€/kWh]

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



EEM2: isolamento dall'esterno della copertura piana

Generalità

La misura prevede la posa di uno strato di materiale isolante all'estradosso della copertura piana al fine di raggiungere un valore di trasmittanza totale per la struttura orizzontale opaca conforme da quanto incentivabile attraverso il conto termico vigente.

Il sistema comporta l'applicazione al di sopra della struttura esistente, di un nuovo strato isolante, di un nuovo manto impermeabile ed infine e di una eventuale protezione del manto stesso.

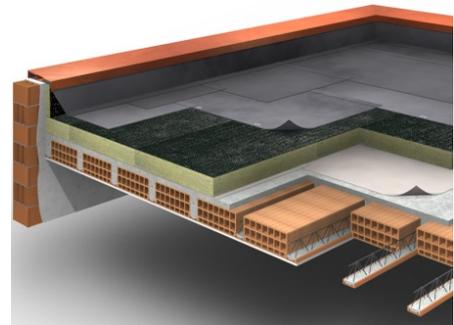
Figura 8.3 - Foto aerea della copertura piana su cui intervenire



Caratteristiche funzionali e tecniche

Questo tipo di soluzione prevede che l'elemento di tenuta sia posto al di sopra dell'elemento termoisolante realizzando così una copertura continua. È molto importante in questo caso la scelta della membrana impermeabile in quanto, essendo a contatto con gli agenti atmosferici, deve resistere con successo alle sollecitazioni termiche e meccaniche (vento).

La protezione dell'elemento termoisolante dall'umidità proveniente dagli ambienti sottostanti mediante barriera al vapore consente al materiale coibente di mantenere le sue caratteristiche di resistenza alla trasmissione del calore.



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

Spessore isolante: 14 cm

Descrizione dei lavori

L'intervento è così articolato:

- verifica della planarità della superficie destinata a ricevere la barriera al vapore ed eliminazione di eventuali asperità;
- posa della barriera al vapore;
- posa a secco dei pannelli isolanti in un unico strato sfalsati, avendo cura di accostarli perfettamente fra loro per non creare ponti termici in corrispondenza dei giunti: si utilizzano, per questo, pannelli con bordi perimetrali a battente;
- stesura dello strato di separazione costituito da un tessuto non tessuto in poliestere
- posa del manto impermeabile
- posa di un eventuale strato di protezione della membrana impermeabile

Prestazioni raggiungibili

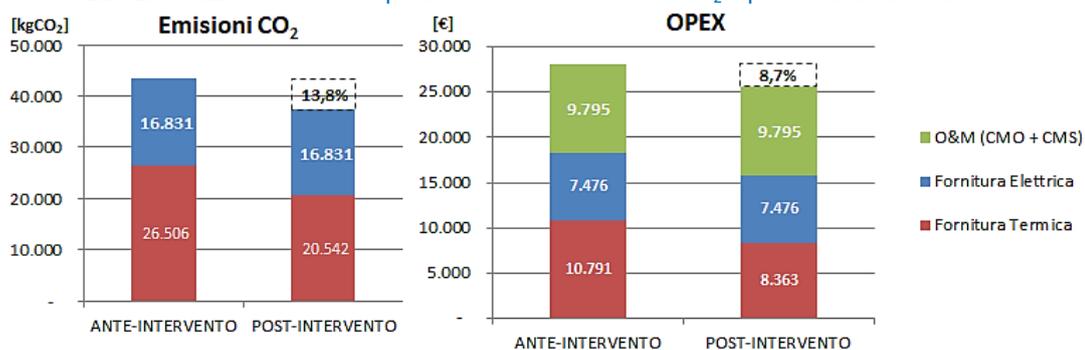
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM2 sono riportati nella Tabella 8.2 e nella Figura 8.4.

Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM2 – Isolamento dall'esterno della copertura piana

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Trasmittanza	[W/m ² K]	1,58	0,22	86,1%
Q _{teorico}	[kWh]	127.388	98.725	22,5%
EE _{teorico}	[kWh]	34.707	34.707	0,0%
Q _{baseline}	[kWh]	131.218	101.693	22,5%
EE _{Baseline}	[kWh]	36.040	36.040	0,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	26.506	20.542	22,5%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	16.831	16.831	0,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	43.337	37.373	13,8%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	10.791	8.363	22,5%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	7.476	7.476	0,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	18.267	15.839	13,3%
C _{MO}	[€]	7.738	7.738	0,0%
C _{MS}	[€]	2.057	2.057	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	9.795	9.795	0,0%
OPEX	[€]	28.063	25.635	8,7%
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: 0,082 [€/kWh] per il vettore termico e 0,207 [€/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 di valvole termostatiche e di pompe a giri variabili

Generalità

VALVOLE TERMOSTATICHE

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.

Figura 8.5 – Particolare sistema di emissione



POMPE A PORTATA VARIABILE

La misura prevede la sostituzione degli attuali circolatori di mandata dell'impianto di riscaldamento con pompe a giri variabili.

Figura 8.6 – Particolare sistema di distribuzione

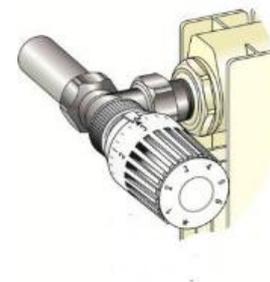


Caratteristiche funzionali e tecniche

VALVOLE TERMOSTATICHE

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.



POMPE A PORTATA VARIABILE

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.

L'intervento si esegue sempre in presenza di valvole termostatiche a due vie. 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

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

POMPE A PORTATA VARIABILE

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 e nella Figura 8.7.

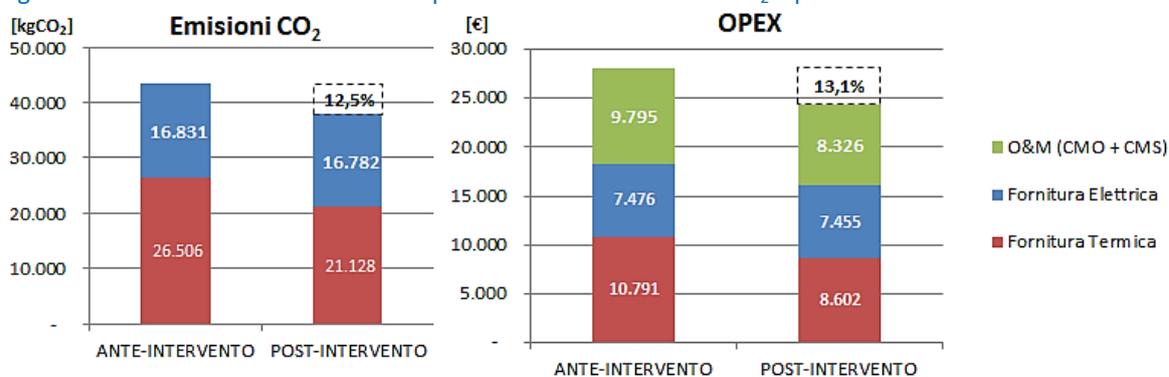
Tabella 8.3 – Risultati analisi EEM3 – Installazione di valvole termostatiche e di pompe a giri variabili

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Rendimento di regolazione	[%]	58	75,5	-30,2%
$Q_{teorico}$	[kWh]	127.388	101.542	20,3%
$EE_{teorico}$	[kWh]	34.707	34.607	0,3%
$Q_{baseline}$	[kWh]	131.218	104.595	20,3%
$EE_{baseline}$	[kWh]	36.040	35.936	0,3%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	26.506	21.128	20,3%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	16.831	16.782	0,3%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	43.337	37.910	12,5%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	10.791	8.602	20,3%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	7.476	7.455	0,3%
Fornitura Energia, C_E	[€]	18.267	16.056	12,1%
C_{MO}	[€]	7.738	6.578	15,0%
C_{MS}	[€]	2.057	1.748	15,0%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	9.795	8.326	15,0%
OPEX	[€]	28.063	24.382	13,1%
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]

Nota (2) I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,082 [€/kWh] per il vettore termico e 0,207 [€/kWh]

Nota (3) La riduzione del 15% del costo di manutenzione è dovuto alla minore spesa per le riparazioni e i controlli.

Figura 8.7 – EEM3: 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

EEM4: 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 e a incandescenza con lampade a led.

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

Figura 8.8 - Particolare impianto illuminazione su cui intervenire.



Caratteristiche funzionali e tecniche

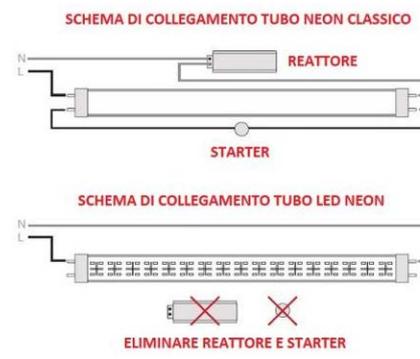
Alcuni dei vantaggi che si possono ottenere grazie all'utilizzo della tecnologia a led sono i seguenti:

- 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

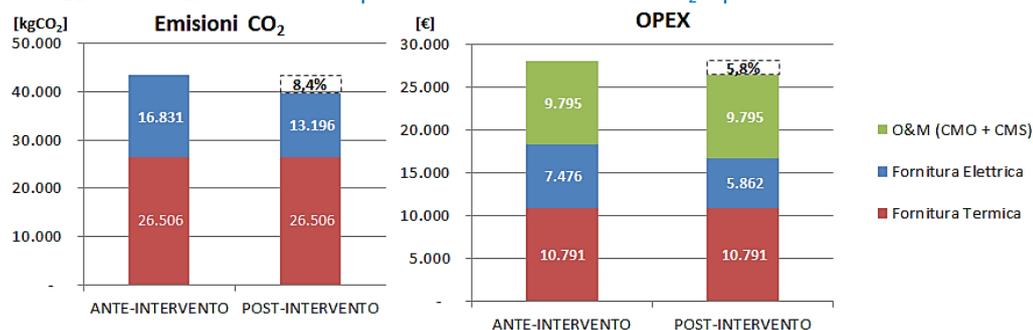
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM4 sono riportati nella Tabella 8.4 e nella Figura 8.11.

Tabella 8.4 – Risultati analisi EEM4 – 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]	127.388	127.388	0,0%
$EE_{teorico}$	[kWh]	34.707	27.211	21,6%
$Q_{baseline}$	[kWh]	131.218	131.218	0,0%
$EE_{baseline}$	[kWh]	36.040	28.256	21,6%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	26.506	26.506	0,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	16.831	13.196	21,6%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	43.337	39.702	8,4%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	10.791	10.791	0,0%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	7.476	5.862	21,6%
Fornitura Energia, C_E	[€]	18.267	16.653	8,8%
C_{MO}	[€]	7.738	7.738	0,0%
C_{MS}	[€]	2.057	2.057	0,0%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	9.795	9.795	0,0%
OPEX	[€]	28.063	26.448	5,8%
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] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,082 [€/kWh] per il vettore termico e 0,207 [€/kWh] per il vettore elettrico.

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



8.1.6 Impianto di generazione da fonti rinnovabili

EEM5: installazione di impianto fotovoltaico

Generalità – impianto fotovoltaico

Realizzazione di un impianto di produzione di energia elettrica tramite conversione fotovoltaica, avente una potenza di picco pari a **26 kWp** sulla copertura a falda dell'edificio.

Produzione di circa **23.565 kWh** annui distribuiti su una superficie di 175 m² circa.

Nota: intervento da sottoporre ad autorizzazione della Soprintendenza in quanto edificio sottoposto a vincolo.

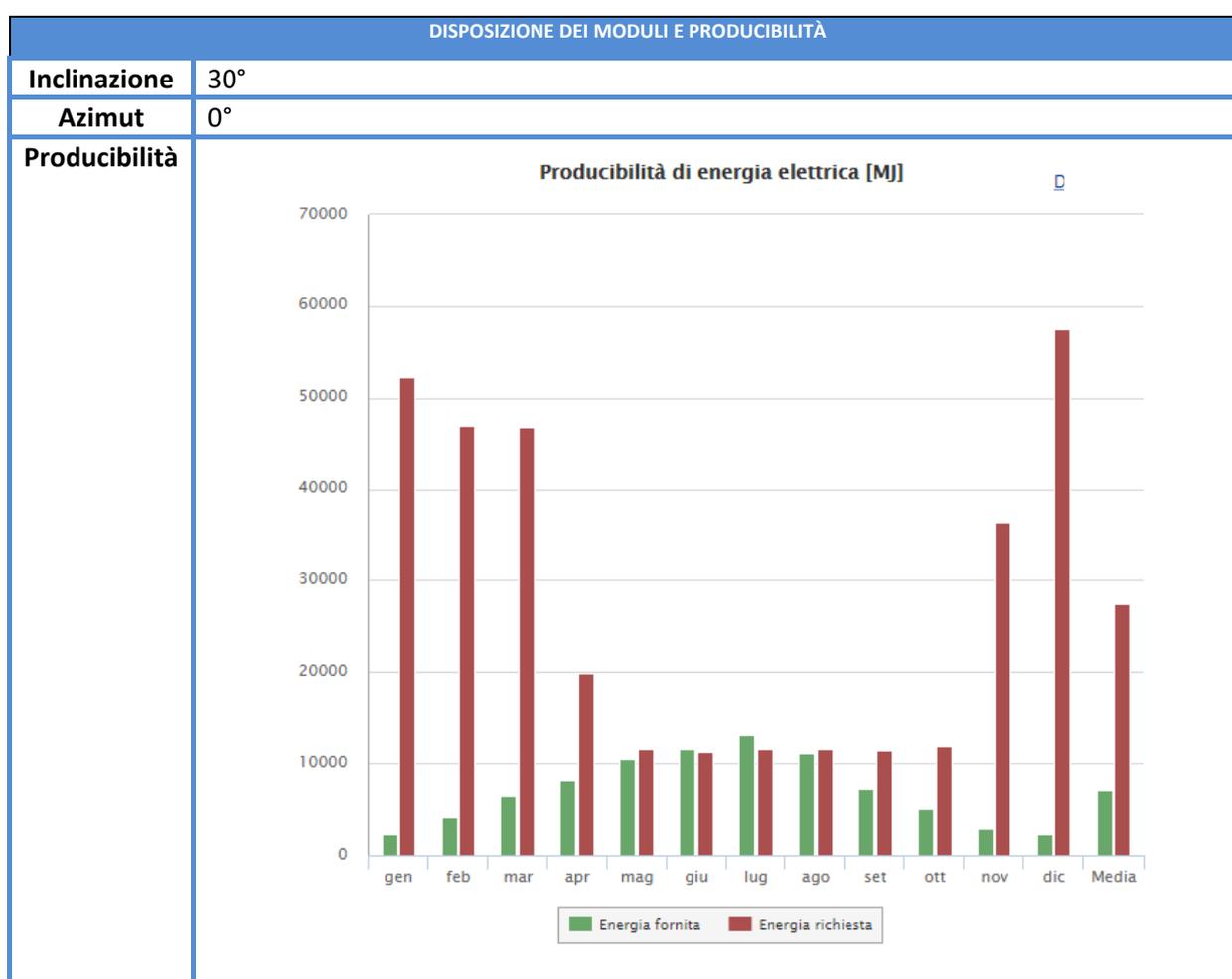
Figura 8.10 – Particolare impianto a fonte rinnovabile



Caratteristiche funzionali e tecniche

DATI TECNICI PANNELLO FOTOVOLTAICO TIPOLOGICO		
Specifiche meccaniche	Dimensioni del modulo (L x W x H) ³	1.654 x 989 x 40 mm
	Dimensioni della cella	156 x 156 mm
	Numero di celle	60
	Tipo di celle	Cella policristallina, tecnologia a 3 busbar
	NOCT ⁴	46° C ± 2° C
	Massimo carico consentito ⁵	6.000 Pa
	Tipo di copertura anteriore	Vetro solare microstrutturato spessore 3,2 mm
	Scatola di giunzione	ZJRH Renhesolar GF20, Classe di Protezione IP 67, dimensioni 90 x 77 x 16 mm
	Diodi di bypass	3 diodi; Tipo PST4020
	Cavi	2 x lunghezza 1.000 mm, sezione 4 mm ²
	Tipo di connettore	ZJRH Renhesolar 05-6 (compatibile MC4)
	Materiale della cornice	Alluminio anodizzato
	Peso del modulo	18,2 kg
	Certificazioni	IEC/EN 61215 Ed. 2, IEC/EN 61730, Factory Inspection, ISO 9001:2008, ISO14001:2004, OHSAS 18001, MCS, Classe di isolamento II

Parametri elettrici	Potenza massima (P_{MPP})	≥ 260 Wp
	Tolleranza sulla potenza	-0 %/+3 %
	Efficienza del modulo	15,98 %
	Tensione MPP (V_{MP})	30,90 V
	Corrente MPP (I_{MPP})	8,48 A
	Tensione a vuoto (V_{oc})	37,78 V
	Corrente di cortocircuito (I_{sc})	8,93 A
	Coefficiente di temperatura (P_{MPP}), percentuale	-0,42 %/°C
	Coefficiente di temperatura (V_{oc}), assoluto	-0,121 V/°C
	Coefficiente di temperatura (V_{oc}), percentuale	-0,32 %/°C
	Coefficiente di temperatura (I_{sc}), assoluto	5,27 mA/°C
	Coefficiente di temperatura (I_{sc}), percentuale	0,059 %/°C



Descrizione dei lavori

I lavori di installazione dell'impianto sulla copertura comprendono:

- fissaggio delle staffe e dei profilati in alluminio, con viti dotate di guarnizione;
- montaggio dei moduli fotovoltaici con gli appositi morsetti di serraggio;
- installazione apparecchiature elettriche (nel locale tecnico sottotetto sono montati i quadri di stringa, i gruppi di conversione, il quadro di protezione c.a. ed il contatore fiscale);

- collegamento con l'impianto elettrico e la rete tramite una linea di adeguata sezione posata in canalizzazioni nuove ed esistenti fino al quadro principale del fabbricato.
- Quadri di protezione e linea dal contatore

Prestazioni raggiungibili

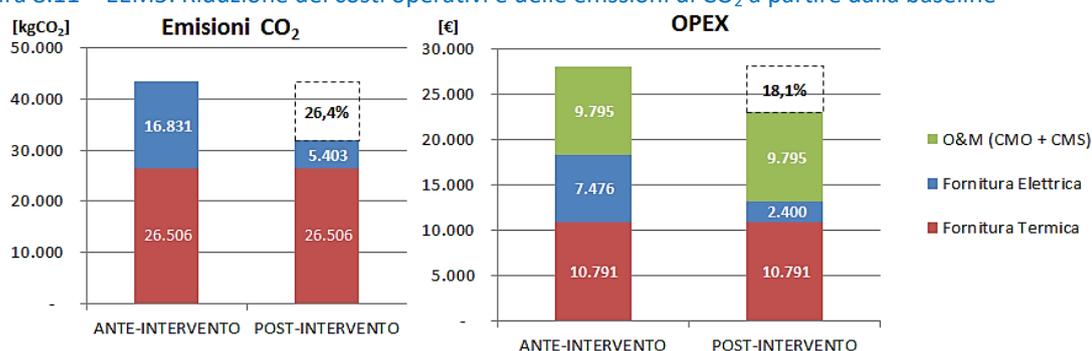
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM5 sono riportati nella Tabella 8.5 e nella Figura 8.11.

Tabella 8.5 – Risultati analisi EEM5 – Installazione di impianto fotovoltaico

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM5 Producibilità	[kWh]	0	23.565	-100,0%
$Q_{teorico}$	[kWh]	127.388	127.388	0,0%
$EE_{teorico}$	[kWh]	34.707	11.142	67,9%
$Q_{baseline}$	[kWh]	131.218	131.218	0,0%
$EE_{baseline}$	[kWh]	36.040	11.570	67,9%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	26.506	26.506	0,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	16.831	5.403	67,9%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	43.337	31.909	26,4%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	10.791	10.791	0,0%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	7.476	2.400	67,9%
Fornitura Energia, C_E	[€]	18.267	13.191	27,8%
C_{MO}	[€]	7.738	7.738	0,0%
C_{MS}	[€]	2.057	2.057	0,0%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	9.795	9.795	0,0%
OPEX	[€]	28.063	22.987	18,1%
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: 0,082 [€/kWh] per il vettore termico e 0,207 [€/kWh]

Figura 8.11 – EEM5: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



9 VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA

9.1 ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

EEM1: chiusure verticali trasparenti: sostituzione dei serramenti e installazione di valvole termostatiche

Nella Tabella 9.2 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 1, che consiste nella sostituzione dei serramenti e installazione di valvole termostatiche.

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 68.940 euro.

Tabella 9.1 – 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 9.2 – Analisi dei costi della EEM1

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO [€/n° o €/m ₂]	PREZZO UNITARIO SCONTATO [€/n° o €/m ₂]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA [%]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
Smontaggio e recupero delle parti riutilizzabili, incluso accantonamento nell'ambito del cantiere, di: serramenti in acciaio, PVC, alluminio, compreso telaio (misura minima 2,00 m ²)	Prezziario Regione Liguria - voce: 25.A05.H01.100	383	mq	39,61	36,01	13.791,48	22%	16.825,61
Finestra o portafinestra in PVC apertura ad una o due ante	Prezziario Regione Liguria - voce: PR.A23.A30.010	383	mq	328,90	299,00	114.517,00	22%	139.710,74
Posa serramento	Prezziario Regione Liguria - voce: 25.A80.A30.010	383	mq	47,62	43,29	16.580,42	22%	20.228,11
Costi per la sicurezza	-	3%	%			4.346,67	22%	5.302,93
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			10.142,22	22%	12.373,51
TOTALE (I₀ – EEM1-a)						159.377,79	22%	194.440,90

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO [€/n° o €/m ₂]	PREZZO UNITARIO SCONTATO [€/n° o €/m ₂]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA [%]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
Valvole micrometriche a squadra complete di testa termostatica con elemento sensibile a gas: Ø 15 mm	Prezziario Regione Liguria PR.C17.A15.010	59	cad	35,42	32,20	1.899,80	22%	2.317,76
Costi per la sicurezza	-	3%	%			56,99	22%	69,53
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			132,99	22%	162,24
TOTALE (I₀ – EEM1-b)						2.089,78	22%	2.549,53

Incentivi	Conto termico 2.0	68.940
Durata incentivi		5 anni
Incentivo annuo		13.788

EEM2: copertura piana: isolamento dall'esterno con pannelli

Nella Tabella 9.4 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 2, che consiste nella coibentazione della copertura piana.

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 18.527 euro.

Tabella 9.3 – Stima dell'incentivo da Conto Termico

STIMA INCENTIVO CONTO TERMICO	
Percentuale spesa ammissibile	40%
Costo massimo ammissibile	200 €/m ²
Valore massimo incentivo	400.000 €

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]	[€]	[%]	[€]
Posa isolamento termo-acustico superfici orizzontali (coperture e simili)	Prezziario Regione Liguria - voce: 25.A44.A50.010	638,71	mq	6,55	5,95	3.803,23	22%	4.639,94
Membrana elastoplastomerica munita di adesivo incorporata	Prezziario Regione Liguria - voce: PR.A18.A25.039	638,71	mq	5,67	5,15	3.292,26	22%	4.016,56
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	8.941,94	mq cm	2,00	1,82	16.258,07	22%	19.834,85
Ponteggio: nolo, montaggio e smontaggio per il primo mese	Prezziario Regione Liguria - voce: 95.B10.S10.010	875,00	mq	14,03	12,75	11.160,23	22%	13.615,48
Costi per la sicurezza	-	3%	%			1.035,41	22%	1.263,20
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			2.415,97	22%	2.947,48
TOTALE (I₀ – EEM2)						37.965,17	22%	46.317,50

Incentivi	Conto termico 2.0	18.527
Durata incentivi		5 anni
Incentivo annuo		3.705

EEM3: installazione di valvole termostatiche e di pompe a giri variabili

Nella Tabella 9.5 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 3, che consiste nell'installazione di valvole termostatiche sui radiatori e nella sostituzione degli attuali circolatori con nuove pompe a giri variabili.

La realizzazione di tale intervento è soggetta a incentivo solo se unito alla EEM 1.

Tabella 9.5 – Analisi dei costi della EEM3

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	59	cad	35,42	32,20	1.899,80	22%	2.317,76
Circolatori per impianti di riscaldamento e condizionamento a velocità variabile, regolate elettronicamente, classe di protezione IP44, classe energetica A, 230V, del tipo: versione singola con attacchi flangiati, Ø 65, PN6-10, prevalenza da 1 a 10 m, portata da 1 a 28 m ³ /h	Prezziario Regione Liguria PR.C47.H10.075	4	cad	1.744,44	1.585,85	6.343,42	22%	7.738,97
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	4	cad	50,06	45,51	182,04	22%	222,08
Interruttore automatico magnetotermico con potere di interruzione 4,5KA bipolare fino a 32 A - 230 V	Prezziario Regione Liguria PR.E40.B05.210	4	cad	22,69	20,63	82,51	22%	100,66
Costi per la sicurezza	-	3%	%			255,23	22%	311,38
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			595,54	22%	726,56
TOTALE (I₀ – EEM3)						9.358,54	22%	11.417,42

EEM4: installazione di sorgenti luminose ad alta efficienza

Nella Tabella 9.7 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 4, 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 23.451 euro.

Tabella 9.6 – 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 9.7 – 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]	[€]	[%]	[€]
Rimozione e smaltimento di corpo illuminante	Prezziario Comune di Milano - voce: 1E.02.070.0020	214	cad	5,73	5,21	1.114,75	22%	1.359,99
Plafoniera per installazione a soffitto o a sospensione - lampada led 4000K 3700lm potenza 31 W - modulo da 300x1200 mm	Prezziario Comune di Milano - voce: 1E.06.060.0120.a	164	cad	260,87	237,15	38.893,35	22%	47.449,88
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	3	cad	139,50	126,82	380,45	22%	464,15
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	36	cad	96,24	87,49	3.149,67	22%	3.842,60
Lampade a led corpo ceramico, temperatura di colore 2700° K - potenza 6 W	Prezziario Comune di Milano - voce: 1E.06.060.0180.b	11	cad	14,85	13,50	148,50	22%	181,17
Costi per la sicurezza	-	3%	%			1.310,60	22%	1.598,93
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			3.058,07	22%	3.730,85
TOTALE (I₀ – EEM4)						48.055,39	22%	58.627,58
Incentivi	Conto termico 2.0							23.451
Durata incentivi								5 anni
Incentivo annuo								4.690

EEM5: installazione di impianto fotovoltaico

Nella Tabella 9.8 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 4, che consiste nell'installazione di un impianto fotovoltaico in copertura.

L'intervento non è soggetto a incentivi.

Tabella 9.8 – Analisi dei costi della EEM5

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO [€/n° o €/m ₂]	PREZZO UNITARIO SCONTATO [€/n° o €/m ₂]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA [%]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
Fornitura e posa di impianto fotovoltaico costituito da:								
1. Modulo fotovoltaico a struttura rigida in silicio monocristallino/policristallino (compreso: sostegno e struttura per qualsiasi tipo di tetto in materiale anticorrosivo inossidabile; cablaggi, condutture, connettori e scatole IP 65, diodi di bypass, involucro in classe II con struttura sandwich e telaio anodizzato).								
2. Inverter bidirezionale, filtri e controllore di isolamento.								
3. Quadro di parallelo inverter.								
4. Oneri relativi a tutte le pratiche documentali e fiscali necessarie.								
5. Dichiarazioni di conformità, garanzie, manuale.								
Sono comprese nel prezzo le assistenze murarie								
Con potenza complessiva per singolo impianto:								
da 21 a 50 kWp	1E.17.010.0010.c	26,00	kWp	2.236,65	2.033,32	52.866,27	22%	64.496,85
Costi per la sicurezza	-	3%	%			1.585,99	22%	1.934,91
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			3.700,64	22%	4.514,78
TOTALE (I₀ – EEM5)						58.152,90	22%	70.946,54

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

EEM1: chiusure verticali trasparenti: sostituzione dei serramenti e installazione di valvole termostatiche

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

Tabella 9.9 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM1

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	196.990
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	30
Incentivo annuo	B	€/anno	13.788
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	28,0	17,8
Tempo di rientro attualizzato	TRA	46,2	31,5
Valore attuale netto	VAN	- 71.104	- 9.723
Tasso interno di rendimento	TIR	0,3%	3,4%
Indice di profitto	IP	-0,36	-0,05

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

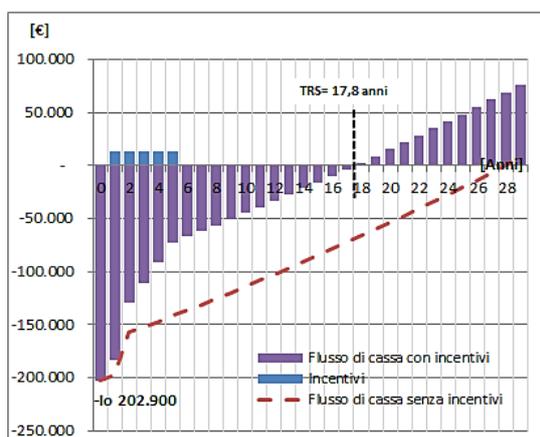
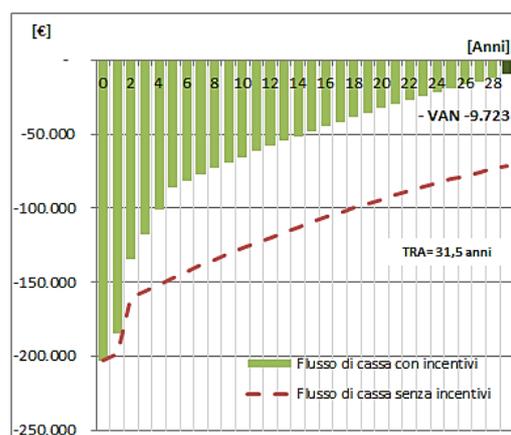


Figura 9.2 – EEM1: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che la EEM1 non risulta economicamente vantaggiosa in termini di TRA, sebbene la sostituzione dei serramenti dell'edificio oggetto di DE sia da ritenere prioritario per il miglioramento dell'efficienza del sistema edificio-impianto e del comfort degli utenti.

EEM2: copertura piana: isolamento dall'esterno con pannelli

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	€	46.318
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	30
Incentivo annuo	B	€/anno	3.705
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	17,7	9,9
Tempo di rientro attualizzato	TRA	30,4	14,8
Valore attuale netto	VAN	- 632	15.863
Tasso interno di rendimento	TIR	3,9%	7,8%
Indice di profitto	IP	-0,01	0,34

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

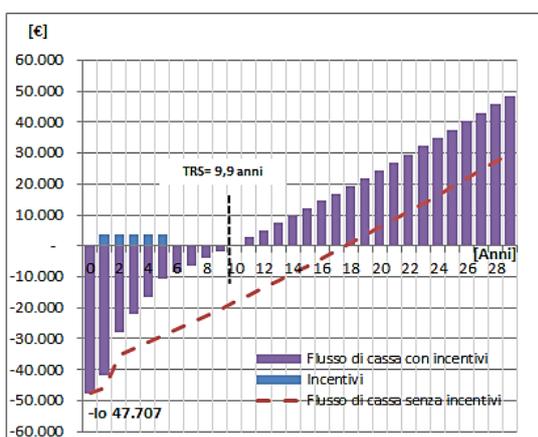
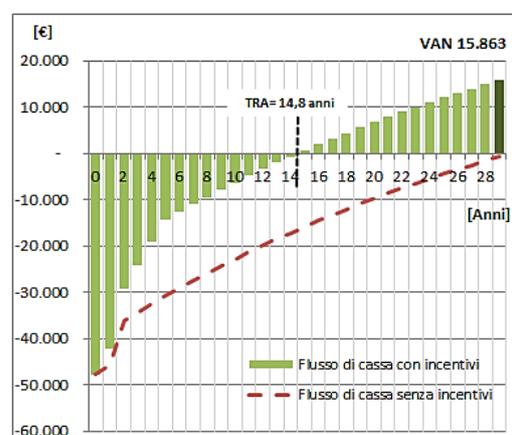


Figura 9.4 – EEM2: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che la EEM2 risulta economicamente sostenibile ed è da ritenere prioritaria per il miglioramento dell'efficienza del sistema edificio-impianto e del comfort degli utenti.

EEM3: installazione di valvole termostatiche e di pompe a giri variabili

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	€	11.417
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	3,3	3,3
Tempo di rientro attualizzato	TRA	3,6	3,6
Valore attuale netto	VAN	24.118	24.118
Tasso interno di rendimento	TIR	28,9%	28,9%
Indice di profitto	IP	2,11	2,11

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

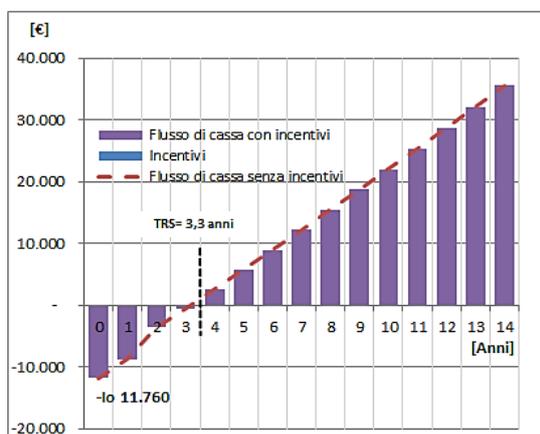
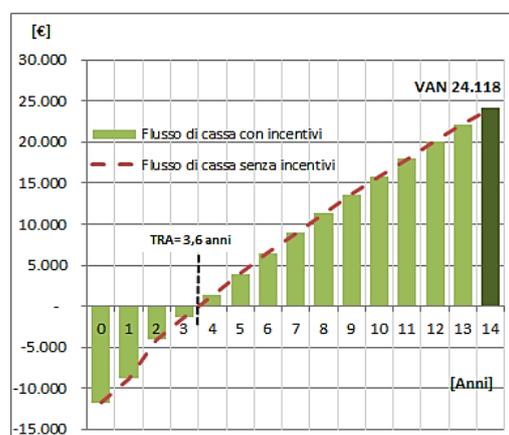


Figura 9.6 – EEM3: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che la EEM3 risulta economicamente vantaggiosa ed è da ritenere prioritaria per il miglioramento dell'efficienza dell'impianto e del comfort degli utenti.

EEM4: installazione di sorgenti luminose ad alta efficienza (LED)

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	€	58.628
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	8
Incentivo annuo	B	€/anno	4.690
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	23,8	11,0
Tempo di rientro attualizzato	TRA	26,7	12,4
Valore attuale netto	VAN	- 42.292	- 21.412
Tasso interno di rendimento	TIR	-26,6%	-9,8%
Indice di profitto	IP	-0,72	-0,37

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

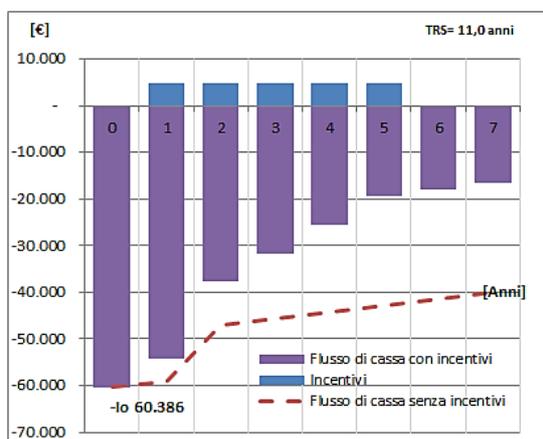
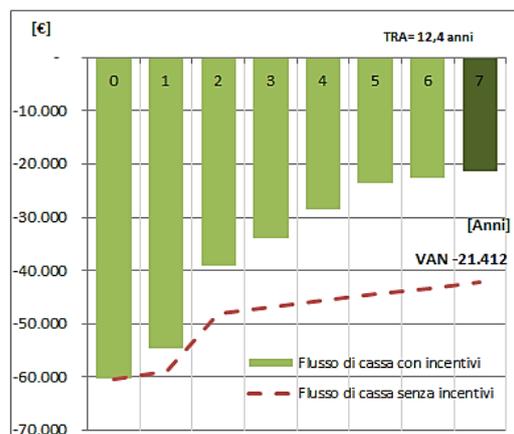


Figura 9.8 – EEM4: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata la EEM 4 non sembrerebbe sostenibile. Ciò è dovuto al fatto che la si raffronti a un tempo di vita utile basso per il tipo di lampada che si andrebbe a installare; gli apparecchi LED sono infatti generalmente caratterizzati da tempi di vita maggiori. Pertanto la misura è da considerarsi sostenibile ed è consigliata al fine della riduzione del consumo elettrico e dell'incremento dell'efficienza luminosa.

EEM5: installazione di impianto fotovoltaico

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	€	70.947
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	20
Incentivo annuo	B	€/anno	-
Durata incentivo	n_B	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	13,4	13,4
Tempo di rientro attualizzato	TRA	20,1	20,1
Valore attuale netto	VAN	- 380	- 380
Tasso interno di rendimento	TIR	3,9%	3,9%
Indice di profitto	IP	-0,01	-0,01

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

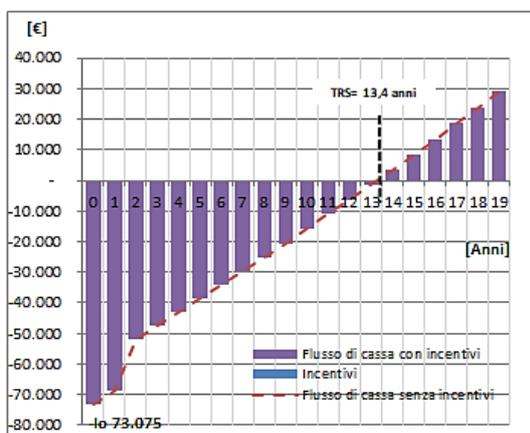
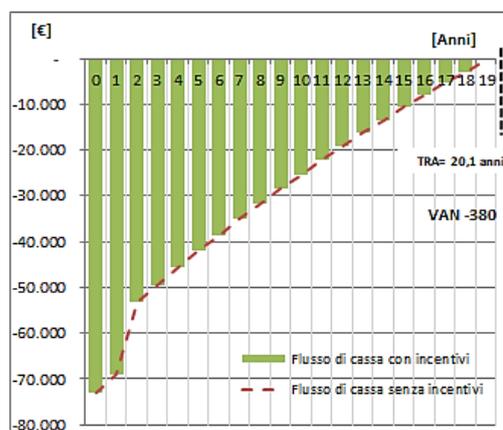


Figura 9.10 – EEM5: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata la EEM5 risulta avere un TRA quasi coincidente con il tempo di vita utile dell'impianto, non sufficiente ad avere un VAN positivo. Oltre alla non convenienza, l'intervento sarebbe inoltre di difficile realizzazione poichè da sottoporre al parere della Soprintendenza, per via dell'insistenza di un vincolo architettonico sull'edificio.

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	33,4	34,6	6.106	0	0	196.990	28,0	>30	30	<0	0,3	-0,36
EEM 2	13,3	13,8	2.428	0	0	46.318	17,7	30,4	30	<0	3,9	-0,01
EEM 3	12,1	12,5	2.211	1.161	309	11.417	3,3	3,6	15	24.118	28,9	2,11
EEM 4	8,8	8,4	1.615	0	0	58.628	23,8	26,7	8	<0	-26,6	-0,72
EEM 5	27,8	26,4	5.076	0	0	70.947	13,4	20,1	20	<0	3,9	-0,01

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 le misure con un risparmio energetico maggiore sono la EEM1 (sostituzione dei serramenti) e la EEM5 (impianto FV). Gli interventi sull'involucro, vincoli permettendo, sarebbero in generale quelli da preferire nell'ottica di un vero efficientamento dell'edificio. In termini di tempo di ritorno la misura migliore risulta essere EEM3.

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	33,4	34,6	6.106	0	0	196.990	17,8	31,5	30	<0	3,4	-0,05
EEM 2	13,3	13,8	2.428	0	0	46.318	9,9	14,8	30	15.863	7,8	0,34
EEM 3	12,1	12,5	2.211	1.161	309	11.417	3,3	3,6	15	24.118	28,9	2,11
EEM 4	8,8	8,4	1.615	0	0	58.628	11,0	12,4	8	<0	-9,8	-0,37
EEM 5	27,8	26,4	5.076	0	0	70.947	13,4	20,1	20	<0	3,9	-0,01

Dall'analisi dei risultati considerando gli incentivi del conto termico emerge che i tempi di ritorno degli investimenti diminuiscono in modo proporzionale. Grazie agli incentivi risulta fattibile anche la misura EEM 2 (coibentazione della copertura), non sostenibile altrimenti.

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: [EEM2 + EEM3]:** Tale scenario consiste nella riqualificazione dell'involucro edilizio attraverso la coibentazione della copertura, e nel miglioramento dei sottosistemi di regolazione e distribuzione, mediante installazione di valvole termostatiche sui radiatori e di circolatori a portata variabile.
- **Scenario 2: [EEM1 + EEM2 + EEM5]:** Tale scenario si differenzia dal precedente per l'aggiunta dell'intervento di installazione di impianto fotovoltaico.

9.3.1 Scenario 1: EEM2 + EEM3

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

- EEM 2: isolamento dall'esterno della copertura piana
- EEM 3: installazione di valvole termostatiche e di pompe a giri variabili

Tabella 9.16 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 1

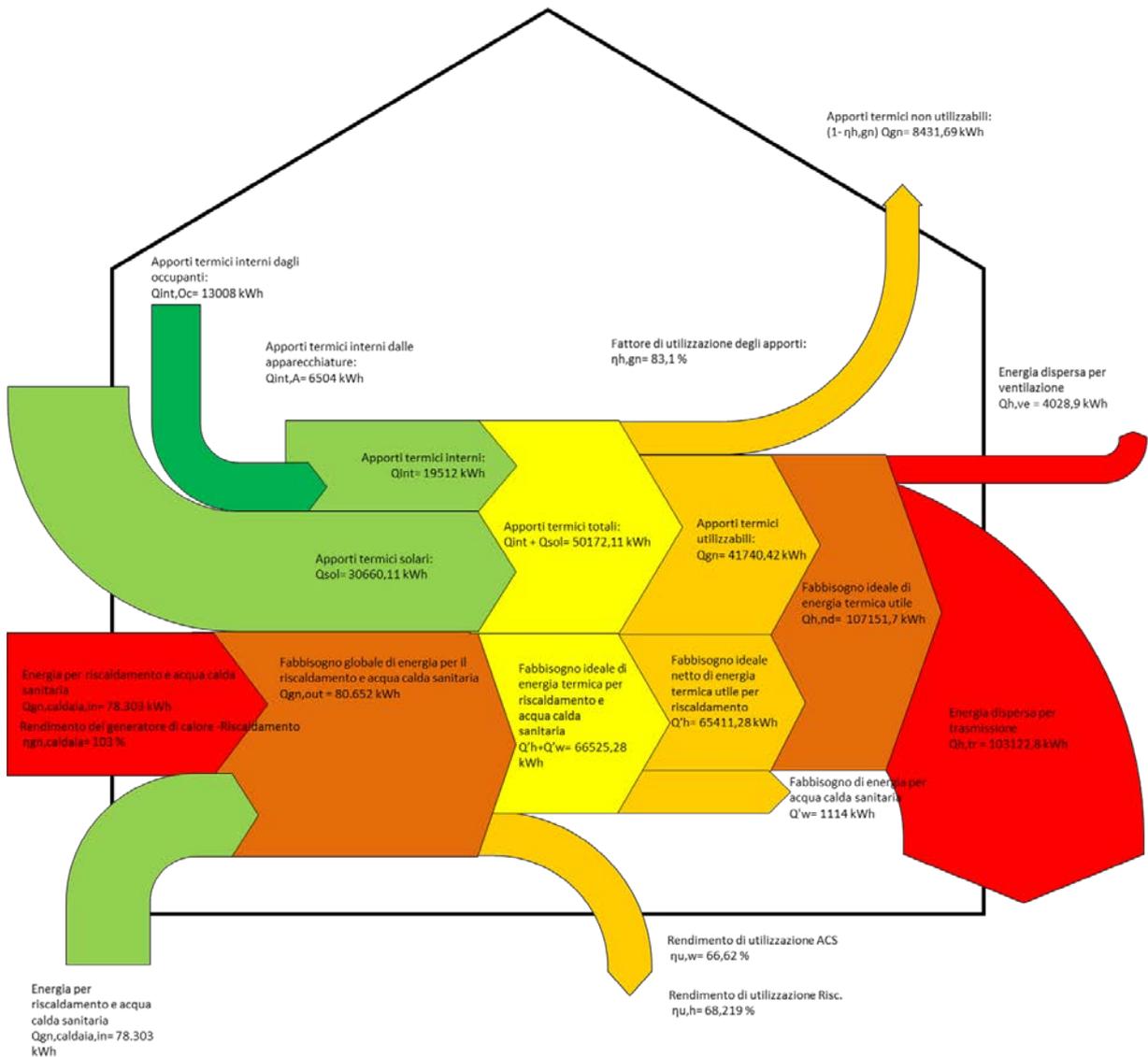
VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA AL 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM2 Fornitura & Posa	34.513,79	7.593,03	42.106,82
EEM3 Fornitura & Posa	8.507,76	1.871,71	10.379,47
Costi per la sicurezza	1.290,65	283,94	1.574,59
Costi per la progettazione	3.011,51	662,53	3.674,04
TOTALE (I₀)	322.974	71.054	394.028
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO} (IVA INCLUSA)	C _{MS} (IVA INCLUSA)	C _M (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM2 O&M	-	-	-
EEM3 O&M	6.578	1.748	8.326
TOTALE (C_M)	6.578	1.748	8.326
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	
		[€]	
Incentivi	Conto termico	18.527	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		3.705	

Tabella 9.17– Stima dell'incentivo da Conto Termico

STIMA INCENTIVO CONTO TERMICO	
Percentuale spesa ammissibile per EEM2	40%
Percentuale spesa ammissibile per EEM3	n/a
Costo massimo ammissibile per EEM2	200 €/m ²
Costo massimo ammissibile per EEM3	n/a
Valore massimo incentivo EEM2	400.000 €
Valore massimo incentivo EEM3	n/a

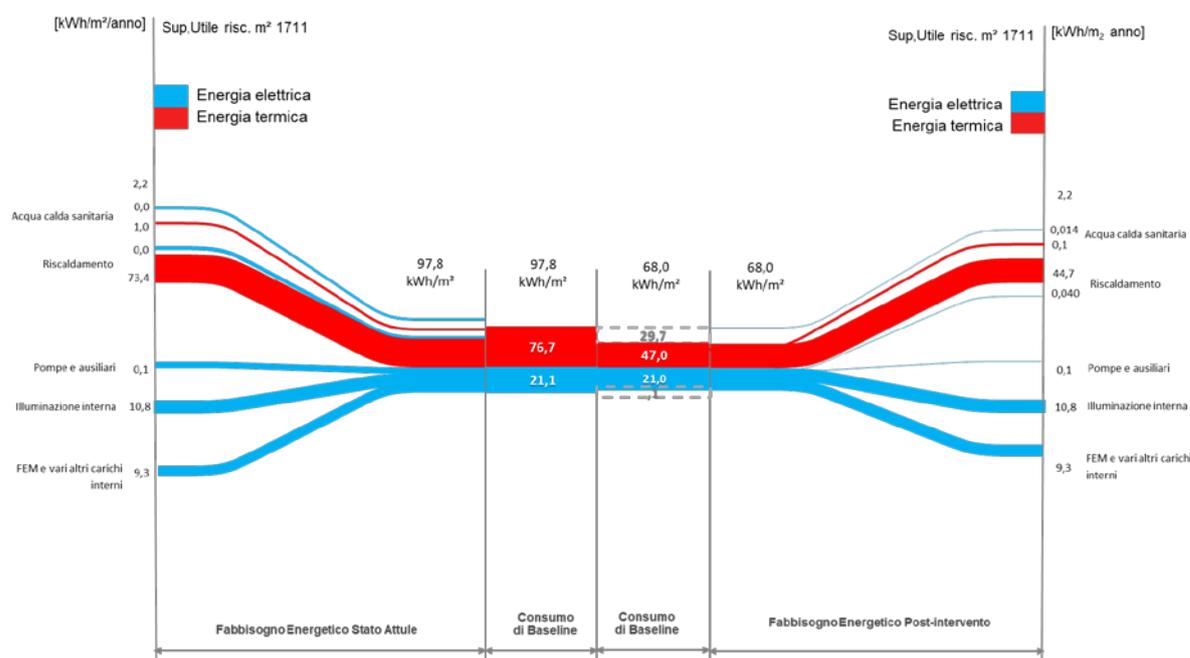
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di Sankey relativo alle situazioni post-intervento.

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 una riduzione rispetto allo stato di fatto del fabbisogno di energia in ingresso al generatore, per effetto del minor fabbisogno ideale di energia termica utile per riscaldamento.

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



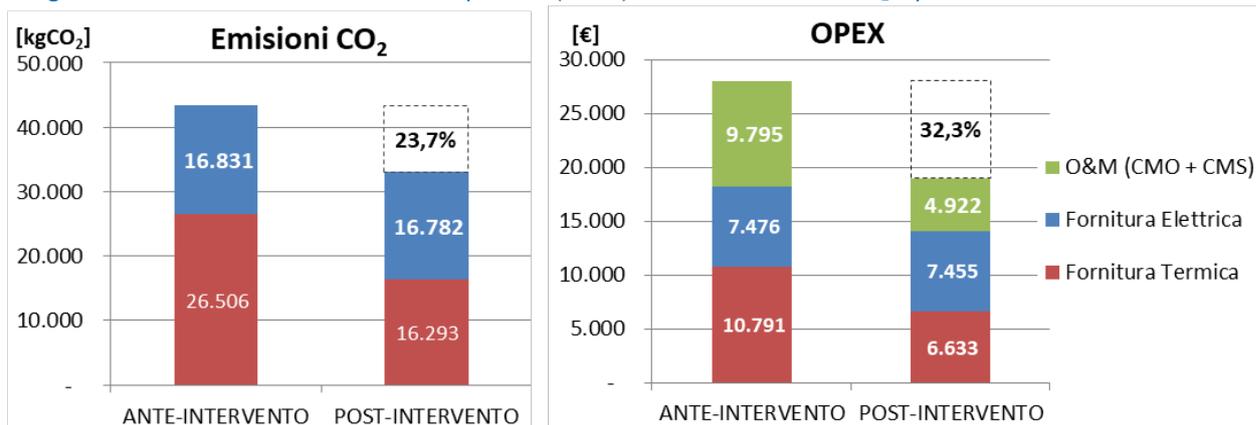
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella Tabella 9.18 e nella Figura 9.13

Tabella 9.18 – Risultati analisi SCN1 – EEM2+EEM3

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM2 Trasmittanza	[W/m²K]	1,58	0,22	86,1%
EEM3 Rendimento di regolazione	[%]	58	75,5	-30,2%
$Q_{teorico}$	[kWh]	127.388	78.303	38,5%
$EE_{teorico}$	[kWh]	34.707	34.607	0,3%
$Q_{baseline}$	[kWh]	131.218	80.658	38,5%
$EE_{baseline}$	[kWh]	36.040	35.936	0,3%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	26.506	16.293	38,5%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	16.831	16.782	0,3%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	43.337	33.075	23,7%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	10.791	6.633	38,5%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	7.476	7.455	0,3%
Fornitura Energia, C_E	[€]	18.267	14.088	22,9%
C_{MO}	[€]	7.738	3.482	55,0%
C_{MS}	[€]	2.057	1.440	30,0%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	9.795	4.922	49,8%
OPEX	[€]	28.063	19.010	32,3%
Classe energetica	[-]	D	C	+1 classe

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

Nota (2) I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,082 [€/kWh] per il vettore termico e 0,207 [€/kWh]

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%
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{cdp})$	$k_{progetto}$	4,00%
Inflazione ISTAT	f	0,50%
deriva dell'inflazione	f'	0,70%
%, interessi debito	k_D	3,82%
%, interessi equity	k_E	9,00%
Aliquota IRES	IRES	24,0%
Aliquota IRAP	IRAP	3,9%
Aliquota fiscale	τ	27,90%
Anni debito (finanziamento)	n_D	8
Anni Equity	n_E	14
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_0	€ 57.735
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 1.732
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 59.467
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€ 47.574
Equity	I_E	€ 11.893
Fattore di annualità Debito	FA_D	6,88
Rata annua debito	q_D	€ 6.910
Costo finanziamento,(D+INT _D)	$q_D * n_D$	€ 55.282
Costi per interessi debito, INT _D	$INT_D = q_D * n_D - D$	€ 7.709

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

PARAMETRI ECONOMICI			
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€	14.973
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€	8.029
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€	23.002
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€	-
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$		22,9%
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$		15,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$		0,5%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€	3.273
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€	115
Risparmio PA durante la concessione	14%	€	34.379
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€	5.544
N° di Canoni annuali	anni		14
Utile lordo della ESCO	%CAPEX		4,44%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	€	188
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€	551
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€	2.419
Canone O&M €/anno	CnM	€	7.086
Canone Energia €/anno	CnE	€	12.643
Canone Servizi €/anno IVA escl.	CnS	€	19.729
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	CnD	€	3.158
Canone Totale €/anno IVA escl.	Cn	€	22.887
Aliquota IVA %	IVA		22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€	10.411
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€	15.186
Durata Incentivi, anni	n_B		5
Inizio erogazione Incentivi, anno			2022

Tabella 9.21 – Risultati dell’analisi di redditività e sostenibilità finanziaria dello SCN1

INDICATORI DI REDDITIVITA' DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.		10,45
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		16,67
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN < 0	-€	1.846
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR < WACC		3,30%
Indice di Profitto	IP		-0,032
INDICATORI DI REDDITIVITA' DELLA ESCO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.		13,66
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		20,54
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN < 0	-€	3.180
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR < ke		2,86%
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3		0,978
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1		1,114
Indice di Profitto Azionista	IP		-0,0551

Figura 9.14 –SCN1: Flussi di cassa del progetto

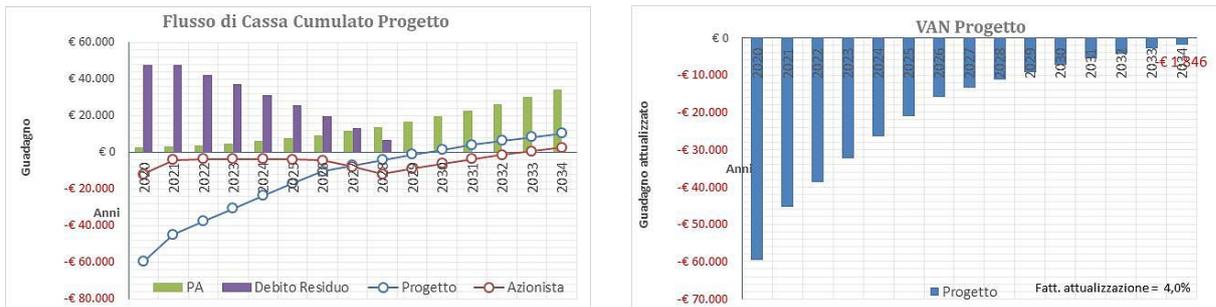
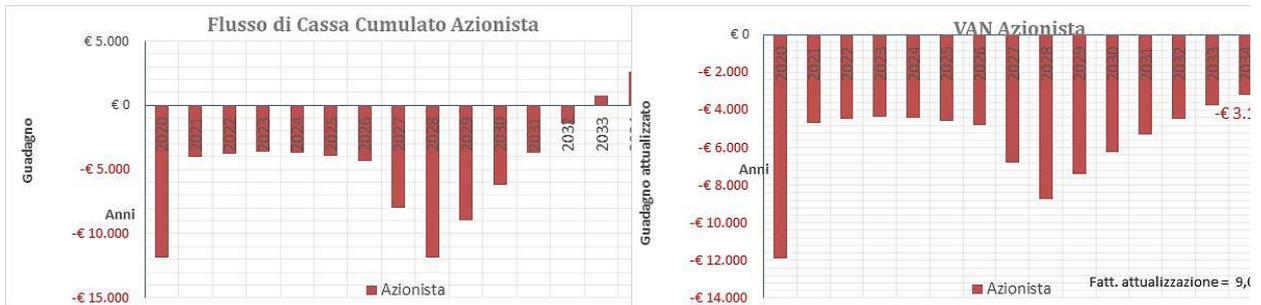


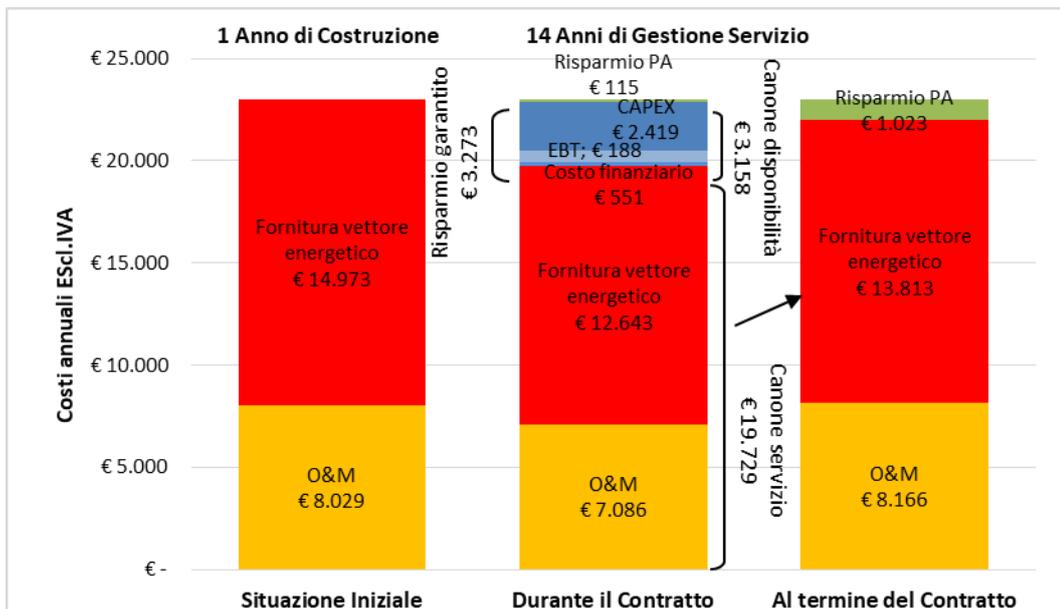
Figura 9.15 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



Dall’analisi effettuata è emerso che lo Scenario 1 risulta avere un tempo di ritorno semplice lato ESCO di poco inferiore ai 15 anni. Il tempo di ritorno attualizzato è invece superiore alla durata della concessione sia dal punto di vista del progetto sia da quello dell’azionista. Dal punto di vista degli indicatori di sostenibilità finanziaria, solo LLCR mostra un buon valore, mentre DSCR si avvicina all’unità senza raggiungere l’intorno ottimale.

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 + EEM5

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

- EEM 2: isolamento dall'esterno della copertura piana
- EEM 3: installazione di valvole termostatiche e di pompe a giri variabili
- EEM 5: installazione di impianto fotovoltaico

Tabella 9.22 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 2

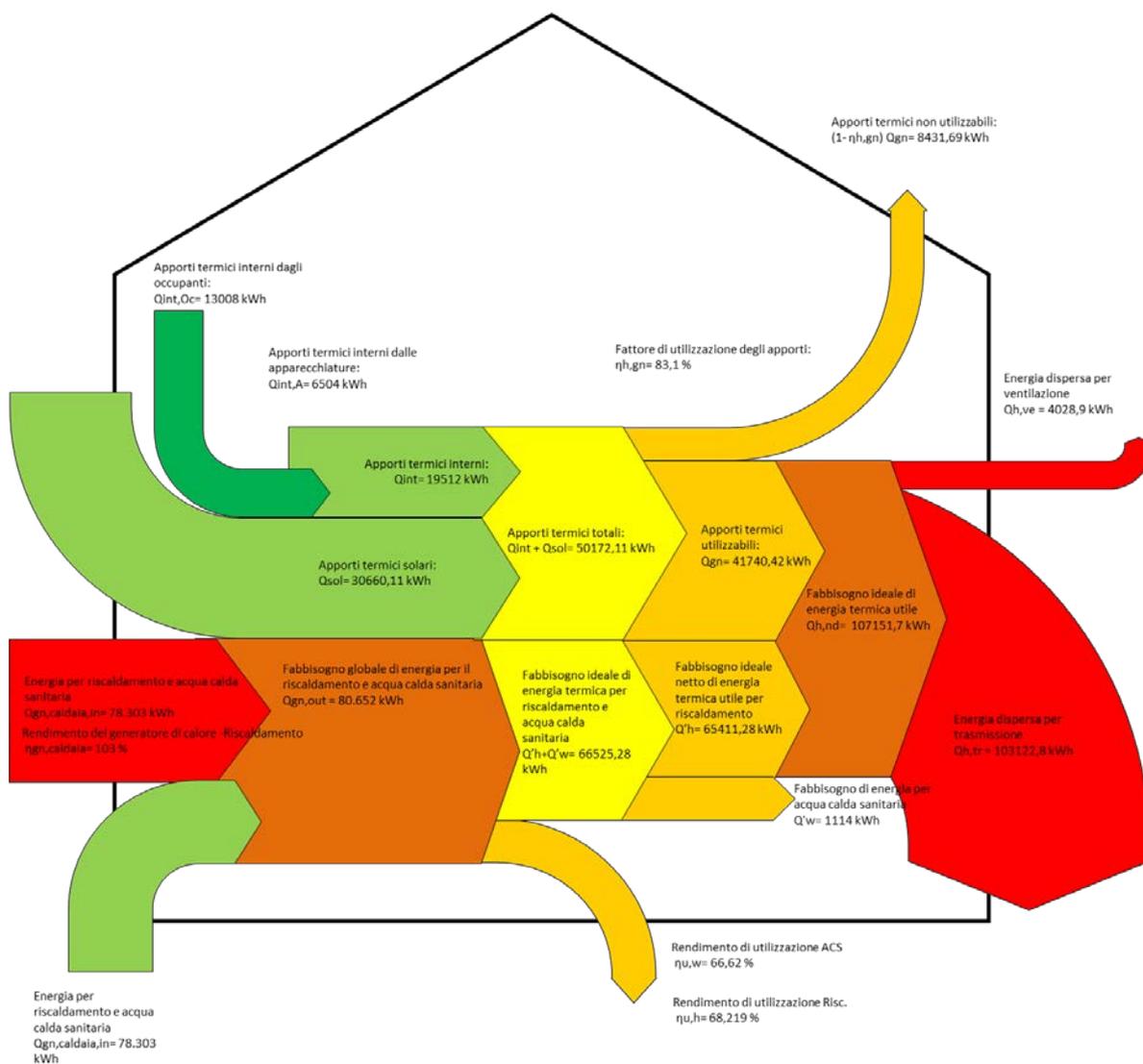
VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA AL 22% [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
EEM2 Fornitura & Posa	34.513,79	7.593,03	42.106,82
EEM3 Fornitura & Posa	8.507,76	1.871,71	10.379,47
EEM5 Fornitura & Posa	52.866,27	11.630,58	64.496,85
Costi per la sicurezza	2.876,63	632,86	3.509,49
Costi per la progettazione	6.712,15	1.476,67	8.188,82
TOTALE (I₀)	105.476,61	23.204,85	128.681,46
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO} (IVA INCLUSA) [€]	C _{MS} (IVA INCLUSA) [€]	C _M (IVA INCLUSA) [€]
EEM2 O&M	-	-	-
EEM3 O&M	6.578	1.748	8.326
EEM5 O&M	-	-	-
TOTALE (C_M)	6.578	1.748	8.326
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]	
Incentivi	Conto termico	18.527	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		3.705	

Tabella 9.23– Stima dell'incentivo da Conto Termico

STIMA INCENTIVO CONTO TERMICO	
Percentuale spesa ammissibile per EEM2	40%
Percentuale spesa ammissibile per EEM3	n/a
Costo massimo ammissibile per EEM2	200 €/m ²
Costo massimo ammissibile per EEM3	n/a
Valore massimo incentivo EEM2	400.000 €
Valore massimo incentivo EEM3	n/a

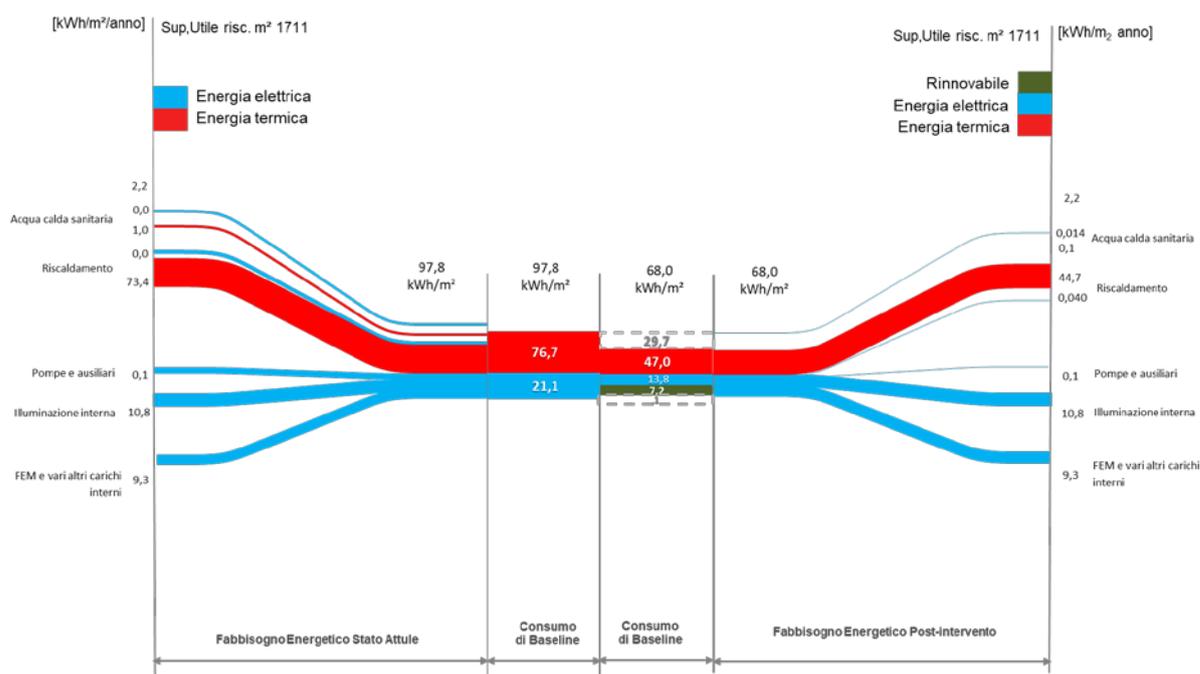
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di Sankey relativo alle situazioni post-intervento.

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



Il diagramma di Sankey relativo allo scenario SCN2 coincide con quello dello scenario SCN1, in quanto la differenza tra i due scenari consiste solo nell'installazione di un impianto fotovoltaico, che non incide sul modello termico dell'edificio.

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

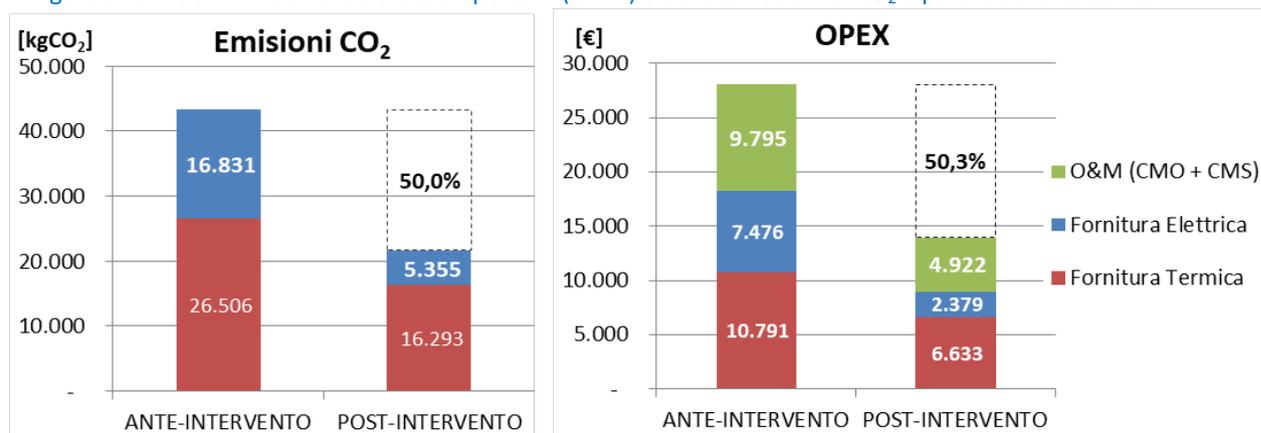


I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario 2 sono riportati nella Tabella 9.24 e nella Figura 9.19.

Tabella 9.24 – Risultati analisi SCN2 – EEM1 + EEM2 + EEM5

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM2 Trasmittanza	[W/m ² K]	1,58	0,22	86,1%
EEM3 Rendimento di regolazione	[%]	58	75,5	-30,2%
EEM5 Producibilità	[kWh]	0	23565	-100,0%
Q _{teorico}	[kWh]	127.388	78.303	38,5%
EE _{teorico}	[kWh]	34.707	11.042	68,2%
Q _{baseline}	[kWh]	131.218	80.658	38,5%
EE _{baseline}	[kWh]	36.040	11.466	68,2%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	26.506	16.293	38,5%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	16.831	5.355	68,2%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	43.337	21.647	50,0%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	10.791	6.633	38,5%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	7.476	2.379	68,2%
Fornitura Energia, C_E	[€]	18.267	9.012	50,7%
C _{MO}	[€]	7.738	3.482	55,0%
C _{MS}	[€]	2.057	1.440	30,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	9.795	4.922	49,8%
OPEX	[€]	28.063	13.934	50,3%
Classe energetica	[-]	D	C	+1 classe

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,476 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,082 [€/kWh] per il vettore termico e 0,207 [€/kWh] per il vettore elettrico.

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	13
Anni Equity	n_E	24
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_0	€ 128.681
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 3.860
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti), IVA incl.	CAPEX	€ 132.541
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€ 106.033
Equity	I_E	€ 26.508
Fattore di annualità Debito	FA_D	10,24
Rata annua debito	q_D	€ 10.360
Costo finanziamento,(D+INT _D)	$q_D * n_D$	€ 134.676

Costi per interessi debito, INT_D	$INT_D = q_D * n_D - D$	€	28.643
-------------------------------------	-------------------------	---	--------

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

PARAMETRI ECONOMICI			
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€	14.973
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€	8.029
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€	23.002
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€	-
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$		50,7%
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$		15,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$		0,5%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€	7.132
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€	115
Risparmio PA durante la concessione	14%	€	96.469
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€	11.862
N° di Canoni annuali	anni		24
Utile lordo della ESCO	%CAPEX		34,42%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	€	1.901
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€	1.193
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€	3.923
Canone O&M €/anno	CnM	€	7.268
Canone Energia €/anno	CnE	€	8.602
Canone Servizi €/anno IVA escl.	CnS	€	15.870
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	CnD	€	7.017
Canone Totale €/anno IVA escl.	Cn	€	22.887
Aliquota IVA %	IVA		22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€	23.205
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€	15.186
Durata Incentivi, anni	n_B		5
Inizio erogazione Incentivi, anno			2022

Tabella 9.27 – Risultati dell'analisi di redditività e sostenibilità finanziaria dello SCN2

INDICATORI DI REDDITIVITA' DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, $Spb = Io / FC$, Anni	T.R.S.		12,99
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		19,42
Valore Attuale Netto, $VAN = VA - Io$	$VAN > 0$	€	13.675
Tasso interno di rendimento del progetto	$TIR > WACC$		5,35%
Indice di Profitto	IP		10,63%
INDICATORI DI REDDITIVITA' DELLA ESCO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, $Spb = Io / FC$, Anni	T.R.S.		17,23
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		23,13
Valore Attuale Netto, $VAN = VA - Io$	$VAN > 0$	€	1.340
Tasso interno di rendimento dell'azionista	$TIR > ke$		9,82%
Debit Service Cover Ratio	$DSCR < 1,3$		0,999
Loan Life Cover Ratio	$LLCR > 1$		1,451
Indice di Profitto Azionista	IP		1,04%

Figura 9.20 –SCN2: Flussi di cassa del progetto



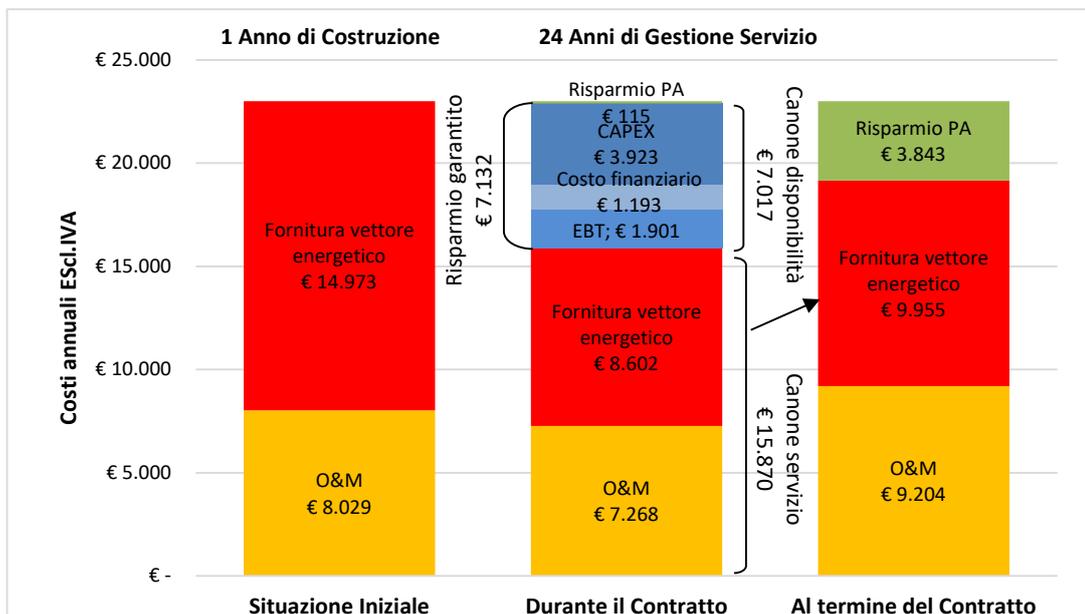
Figura 9.21 – SCN2: Flussi di cassa dell'azionista



Dall’analisi effettuata è emerso che lo Scenario 2 risulta conveniente sia dal punto di vista del progetto sia da quello della ESCO, infatti, sia TRS sia TRA sono inferiori a 25 anni e tutti gli indicatori risultano avere valori positivi dal punto di vista economico-finanziario, ad eccezione di DSCR, il cui valore nell’intorno dell’unità può essere ad ogni modo considerato sufficiente.

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 INSUFFICIENTE 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
Gas Naturale	17,9	9,4	15,3	-	-	-
Energia elettrica	-	-	-	20,6	20,1	21,4

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 salto di classe energetica, tempo di ritorno e remunerabilità dell'investimento, lo Scenario 2.

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 2	68,2	68,2	4.178	7.587	3.489	57.735	19,7	>25	<0	0,05	-0,07	0,89	0,70

	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 2	68,2	68,2	4.178	7.587	3.489	57.735	17,2	23,1	1.340	9,8	0,010	1,00	1,45

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 per la produzione e la distribuzione di energia presentano buoni rendimenti, con la sola eccezione del sistema di regolazione;
- è stata constatata la presenza di elevate dispersioni di calore attraverso l'involucro;
- non è stato constatato un discomfort termoigrometrico degli ambienti.

Essendo stata riqualificata recentemente la centrale termica si ritiene prioritario intervenire sul miglioramento delle prestazioni dell'involucro: essendo l'edificio sottoposto a vincolo architettonico, gli unici interventi realizzabili, previa autorizzazione della Soprintendenza, sono la coibentazione della copertura e la sostituzione dei serramenti.

Si sottolinea che gli scenari SCN1 e SCN2 sono stati definiti in modo da rispettare la richiesta della committenza di ottenere tempi di ritorno inferiori rispettivamente a 15 e 25 anni, mentre non è stato possibile conseguire un salto di 2 classi con combinazioni di interventi sostenibili da un punto di vista finanziario.

Si propone l'attuazione di un Piano di Misure e Verifiche (PMV) in accordo in accordo con il protocollo EVO (Efficiency Valutation 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	07/2004	E01319
02	TAVOLA PIANO SEMINTERRATO	07/2004	PIAN1SS
03	TAVOLA PIANO TERRA	07/2004	PIANT
04	TAVOLA PIANO 1	07/2004	PIAN1
05	TAVOLA PIANO COPERTURA	07/2004	PIANC
06	TAVOLA DI INQUADRAMENTO COMPLESSO	07/2004	E01319
07	TAVOLA PIANO SEMINTERRATO	07/2004	PIAN1SS
08	TAVOLA PIANO TERRA	07/2004	PIANT
09	SCHEMA CENTRALE TERMICA	08/2017	112-S01-001
10	CENSIMENTO PIANO SEMINTERRATO	08/2017	L1-042-115-PS01
11	CENSIMENTO PIANO TERRA	08/2017	L1-042-114-P00
12	CENSIMENTO PIANO 1	08/2017	L1-042-114-P01
13	CENSIMENTO PIANO S01 - CHECKLIST	06/2017	L1-042-115-S01 – Checklist
14	CENSIMENTO PIANO TERRA - CHECKLIST	06/2017	L1-042-115-P00 - Checklist
15	CENSIMENTO PIANO 1 - CHECKLIST	06/2017	L1-042-115-P01 - Checklist
16	FATTURA DEL 06/03/2014	-	5700065502
17	FATTURA DEL 20/03/2014	-	5700098231
18	FATTURA DEL 23/04/2014	-	5700134947
19	FATTURA DEL 27/05/2014	-	5700176175
20	FATTURA DEL 23/06/2014	-	5700214999
21	FATTURA DEL 21/07/2014	-	5700248920
22	FATTURA DEL 08/08/2014	-	5700261220
23	FATTURA DEL 22/09/2014	-	5700320256
24	FATTURA DEL 14/10/2014	-	5700345638
25	FATTURA DEL 17/11/2014	-	5700397633
26	FATTURA DEL 12/12/2014	-	5700411615
27	FATTURA DEL 24/02/2015	-	5700448338
28	FATTURA DEL 06/03/2015	-	5700493164
29	FATTURA DEL 17/03/2015	-	5700544358
30	FATTURA DEL 13/04/2015	-	5750082011
31	FATTURA DEL 07/05/2015	-	E000140853
32	FATTURA DEL 11/03/2016	-	E000163938
33	FATTURA DEL 03/06/2015	-	E000175681
34	FATTURA DEL 02/09/2015	-	E000337531
35	FATTURA DEL 01/07/2015	-	E000234074
36	FATTURA DEL 03/08/2015	-	E000281529
37	FATTURA DEL 02/10/2015	-	E000386685
38	FATTURA DEL 02/11/2015	-	E000432872
39	FATTURA DEL 01/12/2015	-	E000483591
40	FATTURA DEL 02/01/2016	-	E000018566
41	FATTURA DEL 02/02/2016	-	E000084153
42	FATTURA DEL 16/06/2016	-	E000310254
43	FATTURA DEL 03/03/2016	-	E000150599
44	FATTURA DEL 03/03/2016	-	E000150599
45	FATTURA DEL 02/02/2016	-	E000084154
46	FATTURA DEL 01/04/2016	-	E000194182

*E1319 – Asilo Nido Mongolfiera*

47	FATTURA DEL 17/06/2016	-	E000334613
48	FATTURA DEL 02/05/2016	-	E000238246
49	FATTURA DEL 01/06/2016	-	E000278563
50	FATTURA DEL 28/06/2016	-	011640025277
51	FATTURA DEL 13/10/2016	-	011640087949
52	FATTURA DEL 25/07/2016	-	011640048520
53	FATTURA DEL 24/08/2016	-	011640060831
54	FATTURA DEL 26/09/2016	-	011640074904
55	FATTURA DEL 19/12/2016	-	011640125737
56	FATTURA DEL 14/03/2017	-	011740039680
57	FATTURA DEL 15/11/2016	-	011640100079
58	FATTURA DEL 16/01/2017	-	011740023046

ALLEGATO B – ELABORATI

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO B – Elaborato planimetrico P00	02/2018	DE_Lotto.2-E1319_revA-AllegatoB-ElaboratoPlanimetricoP0
02	ALLEGATO B – Elaborato planimetrico P01	02/2018	DE_Lotto.2-E1319_revA-AllegatoB-ElaboratoPlanimetricoP1
03	ALLEGATO B – Elaborato planimetrico S01	02/2018	DE_Lotto.2-E1319_revA-AllegatoB-ElaboratoPlanimetricoP2
04	ALLEGATO B – Analisi fatture fornitura elettrica	03/2018	DE_Lotto.2-E1319_revA-AllegatoB-AnalisiFattureFornituraElettrica
05	ALLEGATO B – DETTAGLIO DEI CALCOLI DELLE SINGOLE EEM	04/2018	E1319 Grafici_Template_rev13
06	ALLEGATO B- DEFINIZIONE DEL MODELLO ELETTRICO	04/2018	DE_Lotto.2-E1319_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-E1319_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 Osservazione diretta della trama muraria attraverso la tecnica della termografia attiva
Rilievo termografico	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-E1319_revA-AllegatoE-RelazioneDiCalcolo
02	ALLEGATO E – EXCEL DETTAGLIO DEI CALCOLI	04/2018	DE_Lotto.2-E1319_revA-AllegatoE-DettagliDiCalcolo

ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE	03/2017	DE_Lotto.2-E1319_revA-AllegatoE- RelazioneDiCalcolo

ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

Come premesso nella presente DE viene analizzato il fabbricato nel suo complesso, tuttavia viene emesso il solo APE relativo alle proprietà del Comune di Genova, escludendo cioè gli uffici della ASL. Per questo motivo oltre all'APE dell'asilo viene allegato anche un fac simile dell'APE dell'intero edificio, in modo che sia possibile effettuare un confronto con le bozze di APE degli scenari SCN1 ed SCN2.

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA – NIDO MONGOLFIERA	02/2018	DE_Lotto.2-E1319_revA-AllegatoG- ApeStatoDiFattoSub1
02	ALLEGATO G – FAC SIMILE ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA – INTERO EDIFICIO	02/2018	DE_Lotto.2-E1319_revA-AllegatoG- ApeStatoDiFattoSub2

ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARIO 1	04/2018	DE_Lotto.2-E1319_revA-AllegatoH-ApeScenario1
02	ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARIO 2	04/2018	DE_Lotto.2-E1319_revA-AllegatoH-ApeScenario2

ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO I – DATI CLIMATICI	04/2018	DE_Lotto.2-E1319_revA-AllegatoI-Dati climatici

ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT	04/2018	DE_Lotto.2-E1319_revA-AllegatoJ-SchedaAudit

ALLEGATO K – SCHEDE ORE

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO K – SCHEDE ORE	04/2018	DE_Lotto.2-E1319_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-E1319_revA-AllegatoL-AnalisiPEF_con incentivi
02	ALLEGATO L – PEF SCENARI SENZA INCENTIVI	04/2018	DE_Lotto.2-E1319_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-E1319_revA-AllegatoM-ReportDiBenchmark

ALLEGATO N – CD-ROM