

ASILO NIDO "BRUCO PELLEGRINO"

E1360

VIA ANTONIO PELLEGRINI 19, 16127, GENOVA (GE)

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA
FONDO KYOTO - SCUOLA 3



Aprile 2018

COMUNE DI GENOVA
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER



COMUNE DI GENOVA



ASILO NIDO "BRUCO PELLEGRINO"

E1360

VIA ANTONIO PELLEGRINI 19, 16127, 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. Vittoria Citterio	Ing. Elena Mazzucco	Ing. Fabio Gianola	Prima Pubblicazione
B	23/04/2018	Ing. Vittoria Citterio	Ing. Elena Mazzucco Ing. Elisa Bezzone	Ing. Fabio Gianola	Revisione come richiesto dalla PA in data 10/04/2018
C	21/06/2018	Ing. Vittoria Citterio	Ing. Elena Mazzucco Ing. Elisa Bezzone	Ing. Fabio Gianola	Revisione come richiesto dalla PA in data 20/06/2018

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	9
3 DATI CLIMATICI	11
3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO.....	11
3.2 DATI CLIMATICI REALI.....	12
3.3 ANALISI DELL'ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO	12
4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI	14
4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO	14
4.1.1 <i>Involucro opaco</i>	14
4.1.2 <i>Involucro trasparente</i>	15
4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/ CLIMATIZZAZIONE INVERNALE.....	17
4.2.1 <i>Sottosistema di emissione</i>	17
4.2.2 <i>Sottosistema di regolazione</i>	17
4.2.3 <i>Sottosistema di distribuzione</i>	18
4.2.4 <i>Sottosistema di generazione</i>	19
4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA	20
4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO/CLIMATIZZAZIONE ESTIVA	20
4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA	20
4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE	21
4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE	21
4.8 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DI IMPIANTI DI PRODUZIONE ENERGIA ELETTRICA O COGENERAZIONE	22
5 CONSUMI RILEVATI	23
5.1.1 <i>Energia termica</i>	23
5.1.2 <i>Energia elettrica</i>	25
5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI	29
6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO.....	34
6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO	34
6.1.1 <i>Validazione del modello termico</i>	35
6.1.2 <i>Validazione del modello elettrico</i>	36
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI.....	37
6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI.....	39
7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTERVENTO	41
7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI	41
7.1.1 <i>Vettore termico</i>	41
7.1.2 <i>Vettore elettrico</i>	42
7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI.....	45
7.3 COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI.....	45



7.4	BASELINE DEI COSTI.....	46
8	IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA	48
8.1	DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI	48
8.1.1	<i>Involucro edilizio.....</i>	48
8.1.2	<i>Impianto riscaldamento.....</i>	52
8.1.3	<i>Impianto produzione acqua calda sanitaria</i>	54
8.1.4	<i>Impianto di ventilazione e climatizzazione estiva.....</i>	54
8.1.5	<i>Impianto di illuminazione ed impianto elettrico.....</i>	54
8.1.6	<i>Impianto di generazione da fonti rinnovabili.....</i>	54
9	VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA.....	57
9.1	ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	57
9.2	ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	60
9.3	IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D'INTERVENTO E SCENARI D'INVESTIMENTO	66
9.3.1	<i>Scenario 1: EEM3 + EEM4.....</i>	68
9.3.2	<i>Scenario 2: EEM1 + EEM3 + EEM4.....</i>	75
10	CONCLUSIONI	81
10.1	RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA	81
10.2	RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI	81
10.3	CONCLUSIONI E COMMENTI.....	82
	ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA.....	A
	ALLEGATO B – ELABORATI	A
	ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA	1
	ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI	2
	ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI	5
	ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE	6
	ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA	7
	ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI.....	1
	ALLEGATO I – DATI CLIMATICI.....	1
	ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT.....	1
	ALLEGATO K – SCHEDE ORE.....	1
	ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI	1
	ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK.....	2
	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	-	2014
Anno di ristrutturazione	-	-
Zona climatica	-	[D]
Destinazione d'uso	E.7 Attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili	
Superficie utile riscaldata	[m ²]	622
Superficie disperdente (S)	[m ²]	2.263
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	3.164
Rapporto S/V	[1/m]	0,72
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	730
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	425
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	1.155
Tipologia generatore riscaldamento	Generatore di calore a condensazione modulante murale	
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	min-max (80 °C-60 °C): 14,8-68,5 min-max (50 °C-30 °C): 16,3-75,3
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	-
Tipo di combustibile	-	Gas metano
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)	-	Caldaia tipo C a condensazione
Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	25,66
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{th} /anno]	77.759
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	6.043
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	21.318
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	4.465

Nota (1): Valori di Baseline

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

- EEM 1: isolamento dall'esterno della copertura piana
- EEM 2: sostituzione dei serramenti
- EEM 3: sostituzione dei generatori di calore con pompa di calore
- EEM 4: installazione di impianto fotovoltaico
- SCN 1: EEM3 + EEM4
- SCN 2: EEM1 + EEM3 + EEM4

E1345 – Scuola elementare Taviani e Media Sampierdarena

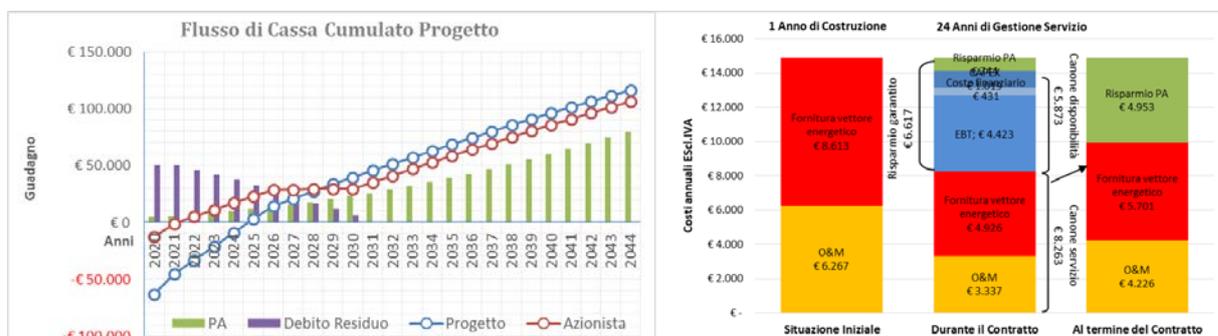
Tabella 0.2 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria delle misure di efficienza energetica proposte e degli scenari ottimali, caso con incentivi

CON INCENTIVI														
	% Δ_E	% Δ_{CO_2}	ΔC_E	ΔC_{MO}	ΔC_{MS}	I_0	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP	DSCR	LLCR
	[%]	[%]	[€/a]	[€/a]	[€/a]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]		
EEM 1	12,0%	12,7%	1.257	0	0	36.730	14,8	25,8	30,0	1.743	4,6%	0,05	-	-
EEM 2	3,3%	3,5%	345	0	0	90.874	48,0	56,8	30,0	-44.166	-6,7%	-0,49	-	-
EEM 3	32,1%	38,0%	3.375	3.441	382	20.782	2,2	2,3	15,0	60.111	42,2%	2,89	-	-
EEM 4	10,6%	9,7%	1.117	0	0	3.789	3,5	3,9	20,0	10.121	27,5%	2,67	-	-
SCN 1	42,2%	47,2%	4.435	3.441	382	24.570	4,0	4,1	15,0	31.948	64,3%	1,30	1,0	5,3
SCN 2	50,9%	55,2%	5.350	3.441	382	61.300	2,2	2,4	25,0	37.995	62,7%	0,62	1,5	3,1

Figura 0.1 – Scenario 1: analisi finanziaria



Figura 0.2 – Scenario 2: analisi finanziaria



Gli interventi analizzati coinvolgono sia l'involucro sia l'impianto nel rispetto dei vincoli dell'edificio oggetto di DE e gli scenari ottenuti sono stati condizionati dai requisiti imposti dalla committenza (salto superiore a due classi e tempi di ritorno rispettivamente inferiori a 15 e 25 anni).

Lo scenario 1 (SNC1) prevede il salto di 2 classi energetiche mediante la sostituzione dei generatori con pompe di calore e installazione di impianto fotovoltaico.

Lo scenario 2 (SNC2) prevede il salto di 3 classi energetiche mediante l'isolamento della copertura, la sostituzione dei generatori con pompe di calore e installazione di impianto fotovoltaico.

In termini di sostenibilità finanziaria degli investimenti, entrambi gli scenari risultano convenienti con VAN positivi, LLCR maggiore di 1; solo lo scenario 2 presenta DSCR maggiore di 1,3.

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 ovest



1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO

La presente DE è stata eseguita dalla Società IQS S.r.l., il cui responsabile per il processo di audit è l'ing. Fabio Gianola, soggetto certificato Esperto in Gestione dell'Energia (EGE) ai sensi della norma UNI CEI 11339.

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

Tabella 1.1 – Soggetti coinvolti nella realizzazione del processo di Audit

NOME E COGNOME	RUOLO	ATTIVITÀ SVOLTA
Ing. Alice Frontini Ing. Alessandro Cieli		Sopralluogo in sito
Ing. Vittoria Citterio		Elaborazione dei dati relativi ai consumi energetici
Ing. Vittoria Citterio		Elaborazione dei dati geometrici ed alla creazione del modello energetico
Ing. Alessandro Cieli		Tecnico Termografico secondo livello: rilievo termografico ed elaborazione report termografico
Ing. Vittoria Citterio		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 38 Mapp. 1520, Sub. 0 è sito nel Comune di Genova e più precisamente nel quartiere Sampierdarena.

L'edificio è di proprietà del Comune di Genova ed è attualmente adibito a Scuola Secondaria di Primo Grado.

Figura 1.2 – Ubicazione dell'edificio



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

Tabella 1.2 - Tabella riepilogativa dei dati dell'edificio

PARAMENTO	U.M.	VALORE
Anno di costruzione edificio	-	2014
Anno di ristrutturazione	-	-
Zona climatica	-	[D]
Destinazione d'uso	-	E.7 Attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili
Superficie utile riscaldata	[m ²]	622
Superficie disperdente (S)	[m ²]	2.263
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	3.164
Rapporto S/V	[1/m]	0,72
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	730

Superficie lorda aree esterne	[m ²]	425
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	1.155
Tipologia generatore riscaldamento	Generatore di calore a condensazione modulante murale	
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	min-max (80 °C-60 °C): 14,8-68,5 min-max (50 °C-30 °C): 16,3-75,3
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	-
Tipo di combustibile	-	Gas metano
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)	-	Caldaia tipo C a condensazione
Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	25,66
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{th} /anno]	77.759
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	6.043
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	21.318
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	4.465

Nota (1): Valori di Baseline

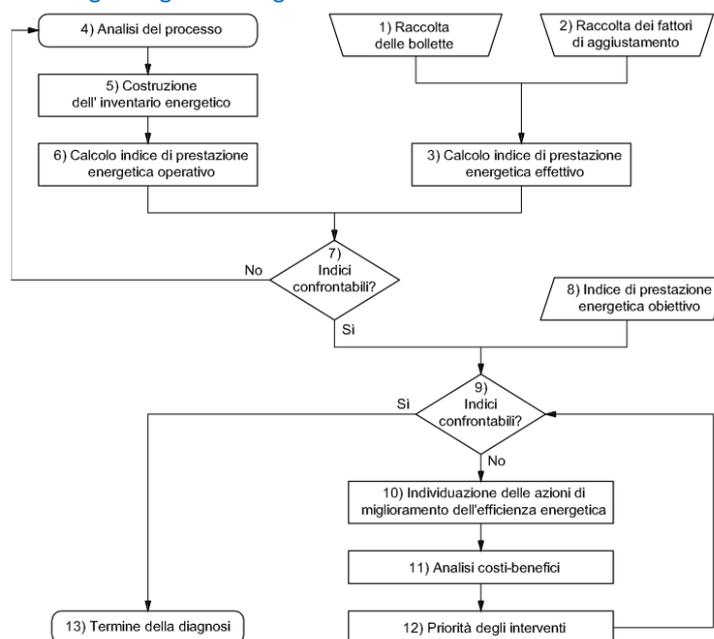
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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 28/11/2017 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, Assisat, 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_{rif});
- Individuazione della "baseline elettrica" di riferimento (e relative emissioni di CO₂) calcolata sulla media aritmetica dei valori relativi ai consumi elettrici reali per tre le annualità 2014, 2015, 2016;
- Validazione del modello elaborato mediante il confronto con le baseline energetiche, al fine di ottenere uno scostamento inferiore al 5%;

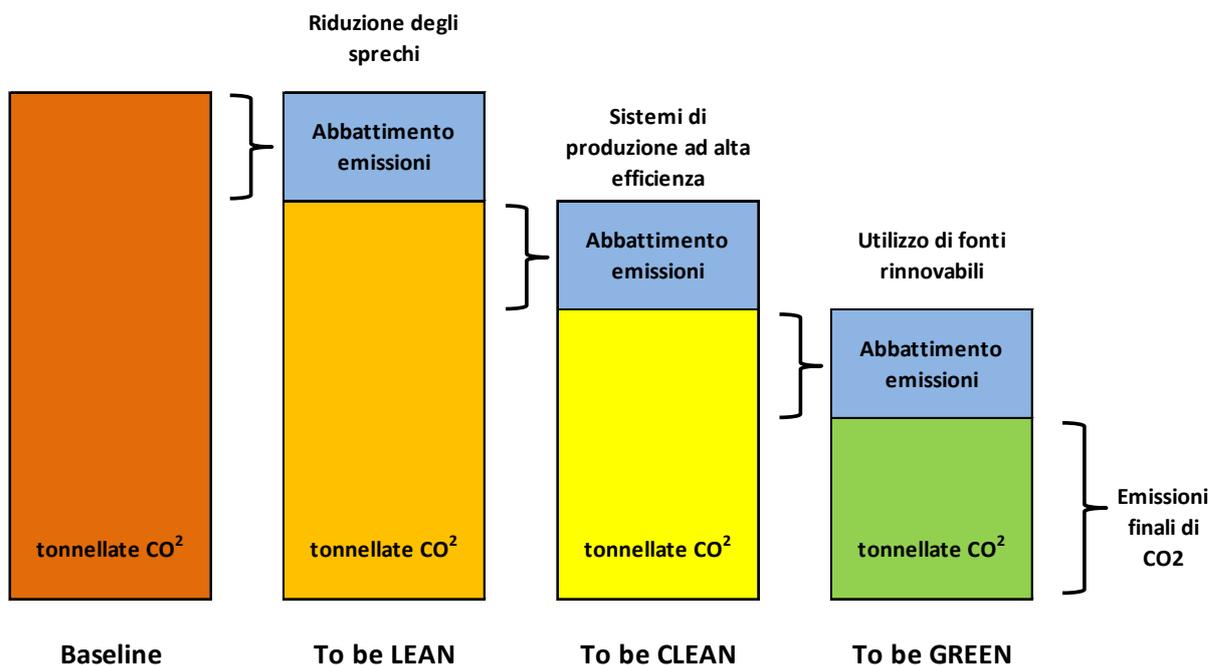
- l) Analisi delle possibili EEM necessarie per la riqualificazione energetica del sistema edificio-impianto analizzando gli aspetti tecnici, energetici, ed ambientali.
- m) Simulazione del comportamento energetico dell'edificio a seguito dell'attuazione delle varie EEM proposte singolarmente, ed individuazione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

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



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

Figura 1.4 - Principio della Gerarchia Energetica



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:

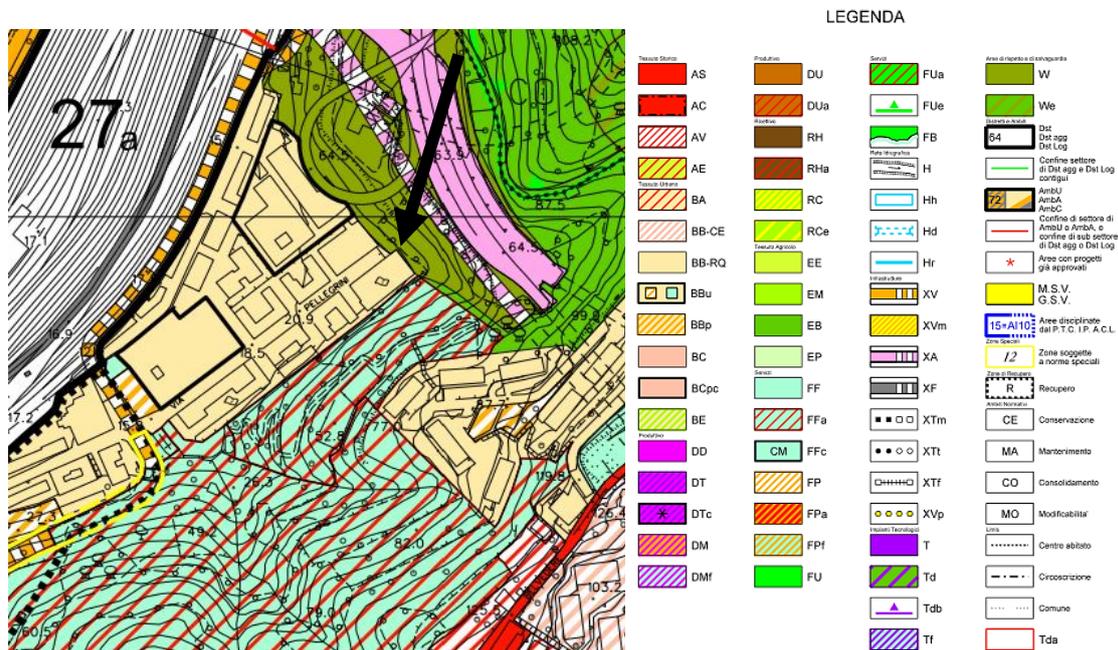
- Una prima parte nella quale sono descritti lo scopo ed i confini della DE e le metodologie di analisi adottate;
- Una seconda parte in cui sono riportate le informazioni dell'edificio rilevate in sede di sopralluogo e le valutazioni effettuate al fine di identificare le caratteristiche tecniche dei 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 BB-RQ "residenziale di riqualificazione, caratterizzata dalla inadeguatezza dell'assetto infrastrutturale e dei servizi, nella quale l'incremento del carico insediativo esistente, mediante interventi di completamento del tessuto edificato, costituisce occasione per il miglioramento dell'assetto urbanistico e della qualità architettonica e paesaggistica ancorché avente carattere puntuale".

Figura 2.1 - Particolare estratto dal Piano Urbanistico Comunale



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

L'edificio oggetto di DE è stato realizzato nel 2014.

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

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

L'edificio è frequentato giornalmente da circa 40 utenti tra bambini, docenti e collaboratori. 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 la scuola oggetto della DE è costituito da 1 piano fuori terra, nel quale si sviluppano le aule ed i locali accessori alla didattiche.

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

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

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



Tabella 2.1 - Suddivisione in piani dell'edificio

PIANO	UTILIZZO	U.M.	SUPERFICIE LORDA COMPLESSIVA ⁽²⁾	SUPERFICIE UTILE RISCALDATA ⁽³⁾	SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA ⁽³⁾
Terra	Aule, uffici, laboratori, cucina, servizi	[m ²]	730,00	622,00	0
TOTALE		[m ²]	730,00	622,00	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

Dal punto di vista storico, Sampierdarena è diventato un quartiere di Genova nel 1962. Precedentemente era un'importante cittadina industriale di cui ha mantenuto le caratteristiche architettoniche ed attualmente è una delle aree più popolate della città.

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 che ospita la scuola non risulta vincolato ma risulta appartenere ad un'area vincolata come BELLEZZE DI INSIEME che però non influisce su eventuali interventi sull'edificio.

Nell'analisi delle EEM non si è quindi resa necessaria l'identificazione delle possibili interferenze con i vincoli presenti, si procede nella 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

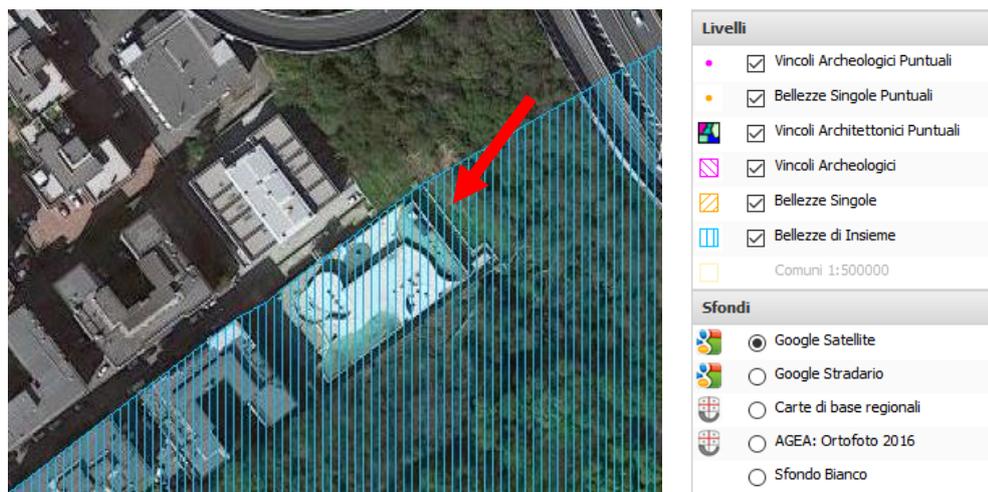


Tabella 2.2 - Misure di efficienza energetica individuate e valutazione delle interferenze con gli attuali vincoli

MISURA DI EFFICIENZA ENERGETICA	VINCOLO INTERESSATO	VALUTAZIONE INTERFERENZA ⁽⁴⁾	MISURA DI TUTELA DA ADOTTARE
EEM 1: isolamento dall'esterno della copertura piana	Bellezze d'insieme		Tutti gli interventi che riguarderanno l'aspetto esteriore del fabbricato dovranno essere eventualmente sottoposti a procedura di autorizzazione paesaggistica
EEM 2: sostituzione dei serramenti	Bellezze d'insieme		Tutti gli interventi che riguarderanno l'aspetto esteriore del fabbricato dovranno essere eventualmente sottoposti a procedura di autorizzazione paesaggistica
EEM 3: sostituzione del generatore di calore con pompa di calore	-		-
EEM 4: installazione impianto fotovoltaico	Bellezze d'insieme		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 (7.15 – 17.30 da lunedì a venerdì), mentre i periodi di funzionamento dell'impianto termico sono stati forniti dal personale di gestione e manutenzione degli impianti (11 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.

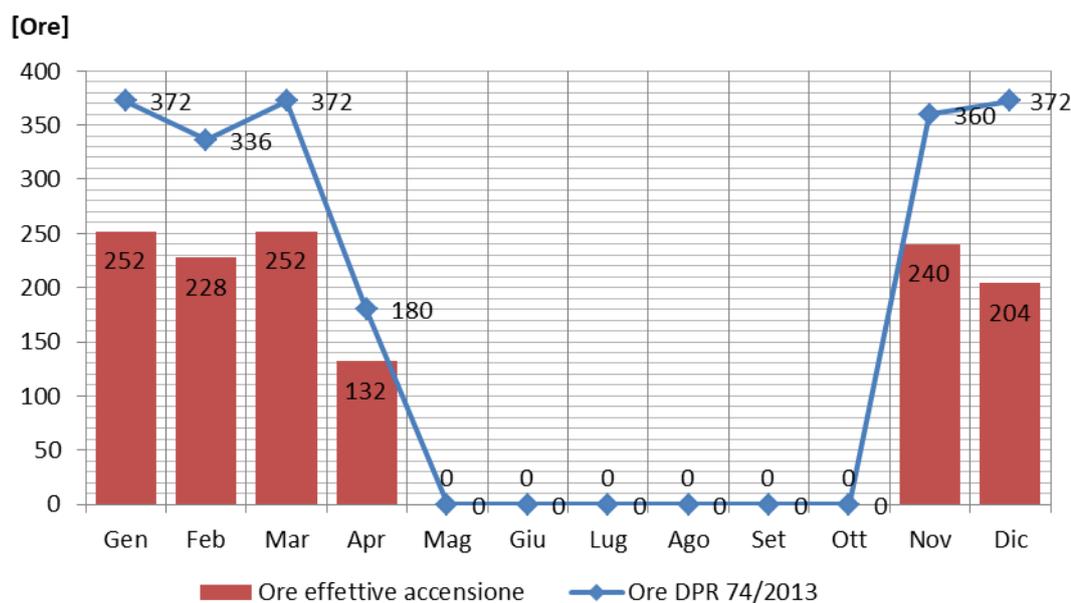
Nella Tabella 2.3 sono riportati gli orari di funzionamento dell'edificio e gli orari di funzionamento degli impianti termici.

Il calendario scolastico della Regione Liguria, riportato sul portale internet regionale, segnala l'inizio delle lezioni a metà settembre e la fine a metà giugno. Si sono considerati i mesi di giugno e settembre completi in quanto il personale docente utilizza l'edificio anche nelle prime settimane di settembre e nelle ultime di giugno per la preparazione/conclusione dell'anno scolastico.

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

PERIODO	GIORNI SETTIMENALI	ORARIO FUNZIONAMENTO EDIFICIO	ORARIO FUNZIONAMENTO IMPIANTO
Asilo Nido Bruco Pellegrino			
Dal 1 Settembre al 30 Giugno	dal lunedì al venerdì	7.15-17.30	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 sono strettamente correlati agli orari di espletamento delle lezioni.

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 di Conduzione e Manutenzione (O&M>35 kW), mentre la fornitura avviene tramite un contratto di fornitura del solo vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura.

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	20	21	202	22%
Febbraio	28	10,5	28	266	20	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	-	-	-
Giugno	30	22,4	-	-	20	-	-	-
Luglio	31	24,6	-	-	20	-	-	-
Agosto	31	23,6	-	-	-	-	-	-
Settembre	30	22,2	-	-	20	-	-	-
Ottobre	31	18,2	-	-	21	-	-	-
Novembre	30	13,3	30	201	20	20	134	14%
Dicembre	31	10,0	31	310	15	17	170	18%
TOTALE	365	16,7	166	1421	218	109	929	100%

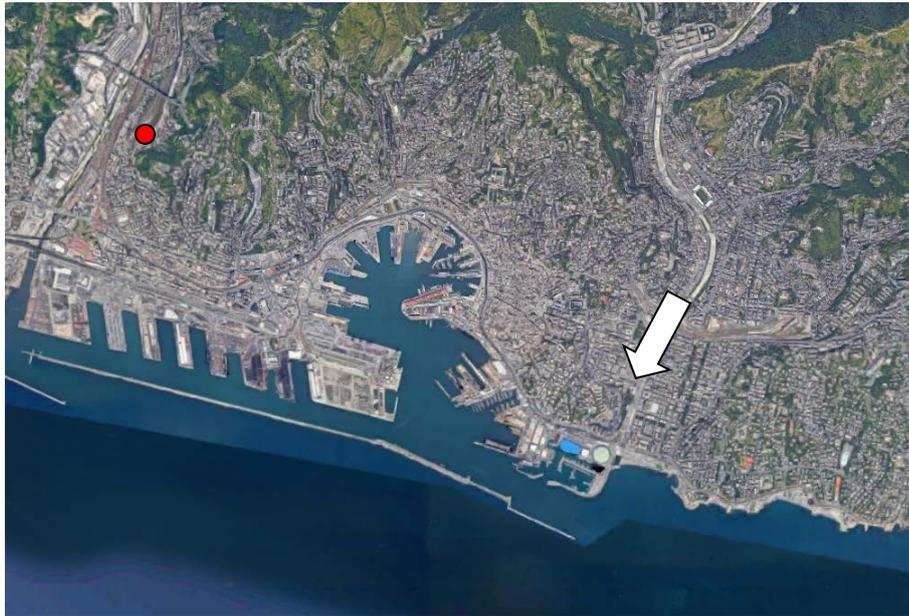
3.2 DATI CLIMATICI REALI

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 l'anno di riferimento (2017) più vicina all'edificio oggetto di DE.

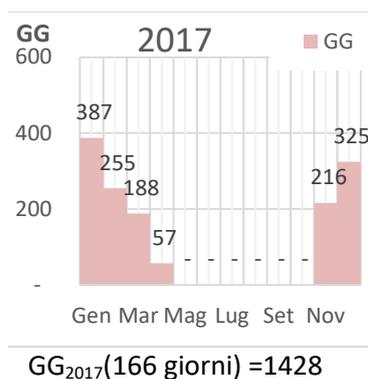
Figura 3.1 – Posizionamento della centralina meteo climatica (freccia bianca) rispetto all'edificio oggetto di DE (puntino rosso)



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

Di seguito si riportano i valori mensili dei GG reali, calcolati in funzione delle temperature esterne medie orarie per l'anno di riferimento (2017), valutati come la sommatoria, estesa a tutti i giorni del periodo annuale di riscaldamento compreso tra il 1 Novembre e il 15 Aprile, delle sole differenze positive giornaliere tra la temperatura interna di 20°C e quella esterna giornaliera media mensile calcolata in funzione delle temperature orarie rilevate dalla centralina meteorologica.

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

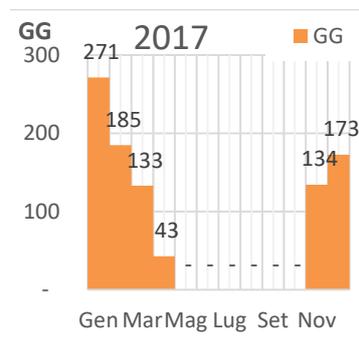


Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG reali sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 939 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 l'anno di riferimento



$GG_{2017}(109 \text{ giorni}) = 939$

Come si può notare è stato utilizzato un solo anno di riferimento che coincide con i consumi disponibili per l'edificio oggetto di diagnosi.

4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI

4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO

4.1.1 Involucro opaco

L'edificio scolastico risulta costruito con una struttura in ca.

L'involucro edilizio opaco di muratura esterna che costituisce l'edificio è composto da mattoni forati, isolante e blocco di laterizio porizzato e presenta un rivestimento con intonaco.

L'involucro opaco di copertura si compone di una struttura piana in cemento armato ricoperta da uno strato isolante e da guaina in bitume.

L'involucro opaco di basamento si compone presumibilmente di una soletta in laterocemento verso vespaio areato.

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:

- dispersioni attraverso i telai dei serramenti;
- assenza di ponti termici lineari orizzontali e verticali, la quale fornisce indirettamente un'indicazione circa la tipologia edilizia, costituita certamente da una muratura portante.

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

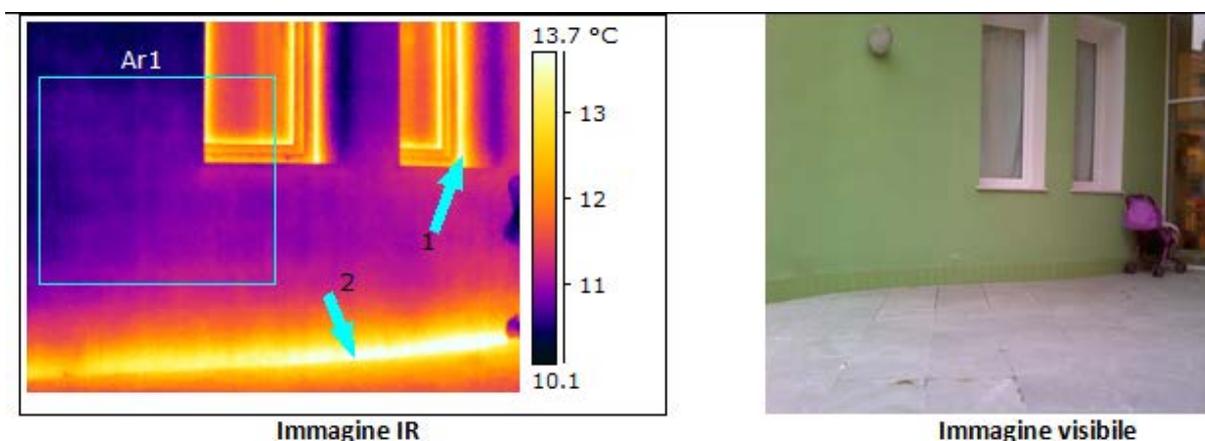
Figura 4.1 - Particolare della porzione di involucro



Figura 4.2 - Particolare della copertura



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
Copertura palestra	C1	21,5	presente	0,66	buono
Pavimento verso vespaio	P1	35,0	presente	0,60	buono
Muratura perimetrale 1	M1	45,5	presente	0,25	buono

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

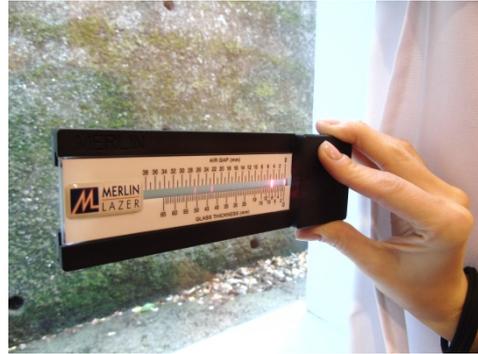
4.1.2 Involucro trasparente

L'involucro trasparente che costituisce l'edificio è composto prevalentemente da serramenti in pvc con vetro doppio e trattamento basso emissivo.

Lo stato di conservazione dei serramenti in pvc è molto buono.

Figura 4.4 - Particolari dei serramenti





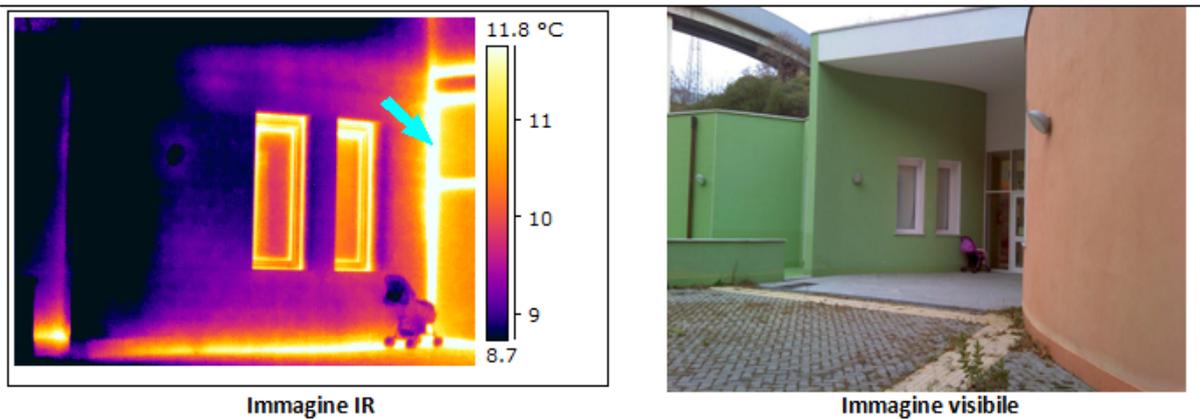
Ai fini di un'identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell'involucro trasparente si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione delle seguenti indagini diagnostiche:

- Rilievo termografico
- Indagine con spessivetro

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- Serramenti in pvc con vetro doppio da 9-18-9 mm;
- Dispersioni termiche dai telai all'intersezione tra telaio e muratura.

Figura 4.5 – Rilievo termografico dei serramenti



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

Tabella 4.2 – Trasmittanze termiche dei componenti dell'involucro trasparente

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	DIMENSIONI [LXH] [cm]	TIPO TELAIO	TIPO VETRO	TRASMITTANZA TERMICA [W/mqK]	STATO DI CONSERVAZIONE
Serramento tipo prevalente	da F1 a F4, da F6 a F14	F1(75x200) - F2(75x300) - F3(75x200) - F4(310x335) - F6 (135x470) - F7 (420x470) - F8(275x470) - F9 (420x470) -F10 (75x130) - F11(550x133) - F12(200x470) - F13(75x300) - F14(75x100)	pvc	doppio	2,0	Molto buono
Lucernario	F5	φ 109	-	policarbonato	5,7	Insufficiente

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

4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/CLIMATIZZAZIONE INVERNALE

L'impianto di riscaldamento degli ambienti è costituito da un impianto con caldaia murale a condensazione modulante a gas metano e radiatori e pannelli radianti.

4.2.1 Sottosistema di emissione

Il sottosistema di emissione è costituito da radiatori con valvole termostatiche e pannelli radianti.

Figura 4.6 - Particolare sistema di emissione



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

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

ZONA TERMICA	TIPOLOGIA DI TERMINALE	RENDIMENTO
Aule asilo nido	Pannelli radianti	91%
Uffici	Radiatori	97%

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

Tabella 4.4 - Riepilogo caratteristiche dei terminali di emissione installati

PIANO	TIPO DI INSTALLAZIONE	NUMERO	POTENZA TERMICA COMPLESSIVA ⁽¹⁾	POTENZA FRIGORIFERA COMPLESSIVA
			[kW]	[kW]
Terra	Radiatori su parete interna/esterna isolata	5	12,00	0,00
Terra	Pannelli radianti annegati a pavimento	481 ⁽²⁾	50,60	0,00
TOTALE		-	62,60	0,00

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

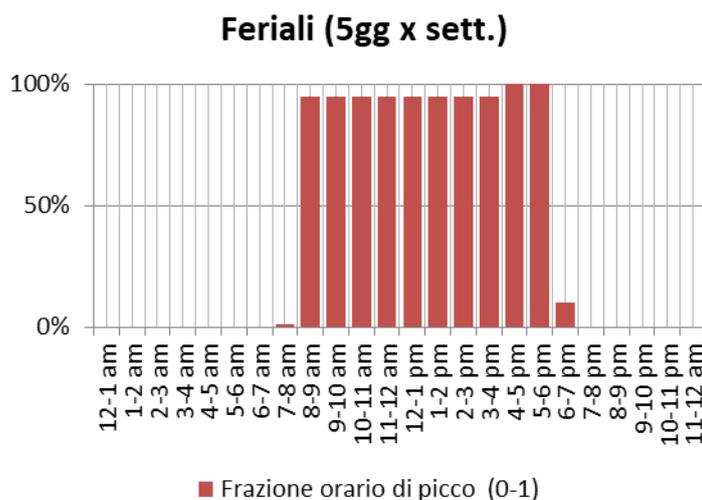
Nota (2): Superficie radiante

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 del funzionamento dell'impianto avviene da centrale termica con sonda climatica e in ogni ambiente con termostati e valvole termostatiche.

Figura 4.7 - Profilo di funzionamento invernale dell'impianto per l'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+singolo ambiente	95%

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 una pompa gemellare di mandata per ogni circuito (circuito radiatori e circuito pannelli radianti).

Le caratteristiche dei circolatori a servizio dei circuiti 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]
SALSOM DXM 40-40M	mandata	136	4	0,390
SALSOM DXM 40-40M	mandata	136	4	0,390

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

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

Nota (3): Valori ricavati da dati di targa

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

Tabella 4.7 – Temperature di mandata e ritorno del circuito primario

CIRCUITO			TEMPERATURA RILEVATA ⁽¹⁾	TEMPERATURA CALCOLO ⁽²⁾
Radiatori			°C	°C
GEN1	Mandata	Caldo	-	70
GEN1	Ritorno	Caldo	-	50

Pannelli radianti			°C	°C
GEN1	Mandata	Caldo	45	45
GEN1	Ritorno	Caldo	30	30

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

Il rendimento complessivo del sottosistema di distribuzione è stato assunto nella DE pari al 97% (riferimento normativo 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 murale modulante RIELLO CONDEXA PRO 100 M RES, installata nel 2014, con bruciatore integrato.

Figura 4.8 - 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 ⁽¹⁾	POTENZA ASSORBITA COMPLESSIVA [W]
Gen 1 Riscaldamento	RIELLO	CONDEXA PRO 100 M RES	2014	15-69,6	min-max (80 °C-60 °C): 14,8-68,5 min-max (50 °C-30 °C): 16,3-75,3	Rendimento a P. max 80-60°C 98% Rendimento a P. max 50-30°C 107,7%	154

Nota (1) rendimento da scheda tecnica.

Il rendimento complessivo del sottosistema di generazione, in regime di riscaldamento è stato assunto nella DE pari al 89%.

Il rendimento da scheda tecnica della caldaia in esame è pari al 107,7%.

Il rendimento della scheda tecnica è in linea con quello relativo alla prova fumi mentre il rendimento della modellazione energetica risulta il più basso dei tre.

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

4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA

Il sistema di generazione dell'acqua calda sanitaria è costituito da una Caldaia tipo C a condensazione RIELLO RESIDENCE, installata nel 2014, con bruciatore e impianto solare termico integrato con accumulo in centrale termica.

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

Figura 4.9 - Caldaia e accumulo per la produzione di ACS



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 ⁽⁴⁾
1,00	92,6%	-	n/d	80% ⁽³⁾	42%

Nota (1): sottosistema non presente

Nota (2): sottosistema non presente

Nota (3): fonte: software TERMOLG (Logical soft spa)

Nota (4): 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 LIM, PC, stampanti e altri dispositivi di supporto alle attività specifiche della destinazione d'uso.

Tali tipologie di utenze sono state raggruppate insieme ed identificate con la denominazione di forza elettromotrice (FEM) e sono riportate nella Tabella 4.10.

Tabella 4.10 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA NOMINALE [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]	ORE ANNUE DI UTILIZZO [ore]
Z2	Computer Desktop	1	200	200	1.200(6h x 200gg)
Z2	Monitor PC	1	80	80	1.200(6h x 200gg)
Z2	Stampante Multifunzione (in stampa)	1	675	675	67(0,33h x 200gg)
Z2	Stampante Multifunzione (in standby)	1	30	30	1.540(7,67h x 200gg)
Z2	Rack (switch+router)	1	200	200	8.760(24h x 365gg)
Z2	Frigorifero grande	1	150	150	4.800(24h x 200gg)
Z2	Cappa	1	250	250	400(2h x 200gg)
Z2	Macchinetta caffè	1	550	550	67(0,33h x 200gg)
Z2	Frigorifero Piccolo	1	20	20	8.760(24h x 365gg)
Z2	Lavastoviglie	1	4000	4000	400(2h x 200gg)
Z2	Lavatrice	1	900	900	400(2h x 200gg)
Z2	Frullatore	1	700	700	67(0,33h x 200gg)

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 a led, fluorescenti lineari e lampade a incandescenza.

Figura 4.10 - 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	Led da 26 W	44	0,026	1,144
Z2	Led da 26 W	90	0,026	2,340
	Led da 12 W	16	0,012	0,192
	Fluorescente lineare 18 W	37	0,018	0,666
	Incandescente da 20 W	9	0,020	0,180
	Incandescente da 22 W	2	0,022	0,044

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

Attualmente è presente un impianto Solare termico installato sulla copertura opaca al di sopra dei locali adibiti ad aule, con una superficie di circa 12 mq, realizzato nell'anno 2014.

Il suddetto impianto è costituito da 6 pannelli solari piani, installati con inclinazione 45 gradi, ma si sottolinea che non è ancora stato realizzato l'allaccio alla rete impiantistica, pertanto non è ancora stato possibile usufruire dell'energia solare prodotta.

Figura 4.11 - Vista dell'impianto solare termico

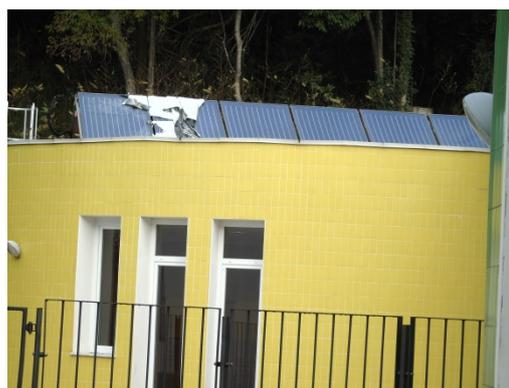


Tabella 4.12 – Caratteristiche impianto solare termico

TIPO DI IMPIANTO	SUPERFICIE	TIPO DI MODULI	POTENZA INSTALLATA	RENDIMENTO IMPIANTO	ENERGIA PRODUCIBILE
	[mq]		[kW]		[kWh/anno]
Solare termico	12	Collettore piano	-	78%	3.221

Le caratteristiche di tali impianti rilevati in sede di sopralluogo e delle relative caratteristiche tecniche sono riportate nella Sezione 9 dell' Allegato J – Schede di audit.

5 CONSUMI RILEVATI

Consumi energetici storici per ciascun vettore e connessione alle reti gas naturale ed elettrica. L'analisi dei consumi storici termici ed elettrici dell'edificio oggetto della DE è stata effettuata facendo riferimento all'anno 2017 in quanto l'edificio è stato costruito nel 2014 e le attività scolastiche sono iniziate a settembre 2016.

I vettori energetici analizzati sono i seguenti:

- Gas metano;
- Energia elettrica.

5.1.1 Energia termica

Il vettore termico utilizzato per la climatizzazione invernale è il gas metano.

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

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

TIPO COMBUSTIBILE	PCI	DENSITÀ	PCI	FATTORE DI CONVERSIONE	PCI
	[kWh/kg]	[kWh/Sm ³]	[kWh/Nm ³]	[Sm ³ /Nm ³]	[kWh/Sm ³]
Metano	n/a	n/a	9,94 ⁽¹⁾	1,0549	9,42

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 e la produzione di acs.

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

L'analisi dei consumi storici di Gas metano si basa sui m³ di gas rilevati dalla società di fornitura per l'anno 2017.

Tabella 5.2 - Consumi mensili di energia termica per l'anno 2017 – Dati fatturati da società di fornitura

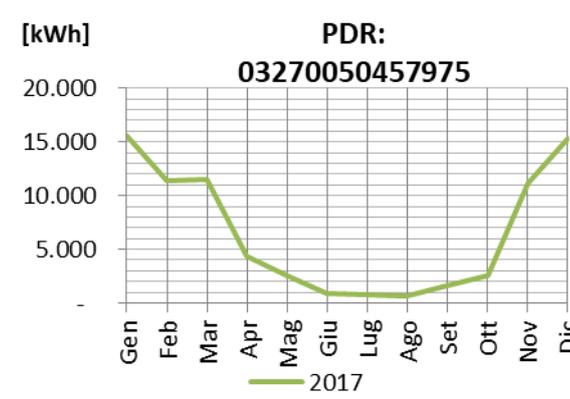
PDR: 03270050457975	2017	2017
Mese	[Sm ³]	[kWh]
Gen	1.646	15.505
Feb	1.205	11.351
Mar	1.227	11.558
Apr	468	4.409
Mag	279	2.628
Giu	90	848
Lug	85	801
Ago	76	716
Set	174	1.639
Ott	278	2.619
Nov	1.186	11.172
Dic	1.623	15.289

Totale

8.337

78.535

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 periodo 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 fornitura e i gradi giorno reali, $GG_{real,i}$ relativi all'anno 2017.

Tabella 5.3 – Normalizzazione dei consumi annuali di energia termica

ANNO	GG _{REAL} SU [109] GIORNI	GG _{RIF} SU [109] GIORNI	CONSUMO REALE RISC. [Smc]	CONSUMO REALE RISC. [kWh]	α_{rif}	CONSUMO NORMALIZZATO A [929] GG [kWh]	CONSUMO ACS [kWh]	CONSUMO ALTRO [kWh]
2017	939	929	7.837	73.822	79	73.047	4.712	0
Media	939	929	7.837	73.822	79	73.047	4.712	0

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

Tabella 5.4 – Individuazione della Baseline termica

GRANDEZZA	VALORE [kWh]
\bar{Q}_{ACS}	4.712
\bar{Q}_{ALTRO}	0,0
$\bar{\alpha}_{rif} \times GG_{rif}$	73.047
$Q_{baseline}$	77.759

Il valore relativo all'acs è stato determinato utilizzando la percentuale di energia termica di acs elaborata dal software in condizioni adattata all'utenza.

5.1.2 Energia elettrica

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

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

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

L'analisi dei consumi storici di energia elettrica si basa sulla base dei kWh ottenuti dai dati di fatturazione rilevati nel triennio di riferimento. Tali consumi annuali sono riportati nella Tabella 5.5 con indicazione dei POD di riferimento.

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

POD	ZONA SERVITA	2015 [kWh]	2016 [kWh]	2017 [kWh]	MEDIA [kWh]
IT001E02667600	Intero edificio	-	-	21.318	21.318

La baseline elettrica di riferimento è uguale ai consumi dell'anno 2017 in quanto nel 2015 e 2016 l'edificio non era ancora utilizzato.

Si è pertanto definito un consumo $EE_{baseline}$ pari a 21.318 kWh.

Dall'analisi effettuata è stato possibile definire i profili mensili dei consumi elettrici di Baseline. Tali valori sono riportati nella Tabella 5.6.

Tabella 5.6 – Consumi mensili di energia elettrica suddivisi per fasce, per l'anno di riferimento / Consumi mensili di Baseline

BASELINE	F1	F2	F3	TOTALE
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	1.188	525	595	2.308
Febbraio	1.230	490	479	2.199
Marzo	1.153	474	503	2.130
Aprile	688	335	460	1.483
Maggio	862	265	350	1.477
Giugno	642	227	315	1.184
Luglio	159	143	351	653
Agosto	114	164	535	813
Settembre	775	648	669	2.092
Ottobre	1.081	530	845	2.456
Novembre	1.334	447	528	2.309
Dicembre	1.130	487	597	2.214
Totale	10.356	4.735	6.227	21.318

Il profilo così ottenuto è rappresentato nel grafico in Figura 5.2

Figura 5.2 – Profili mensili di Baseline riferimento

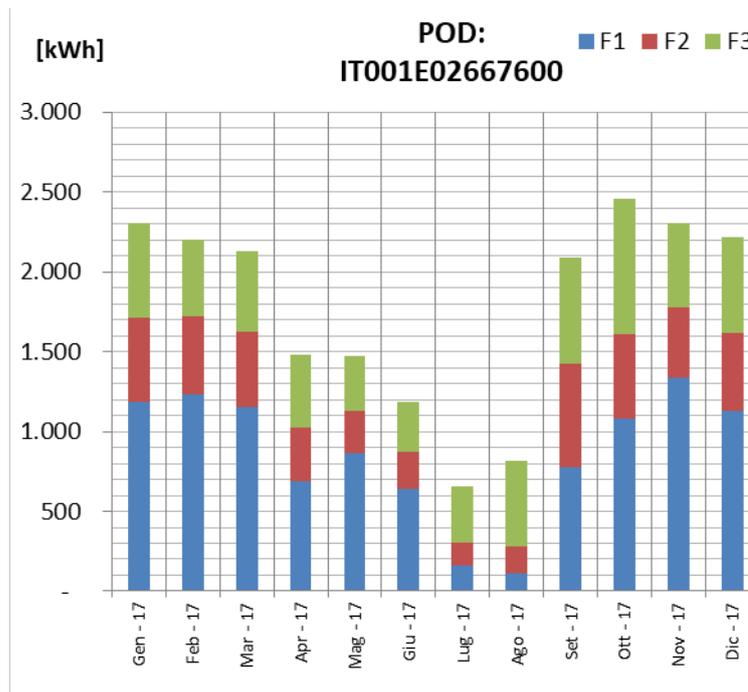
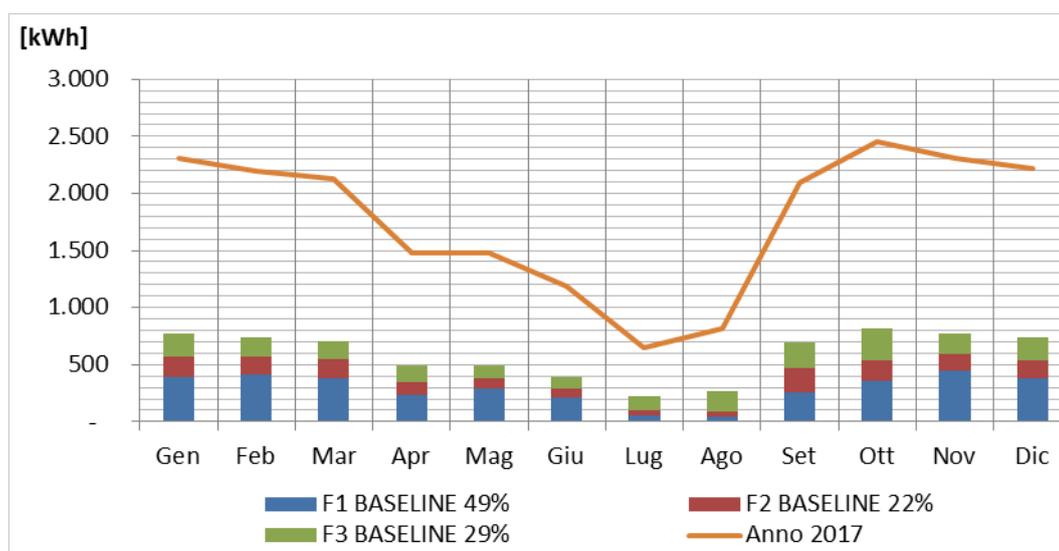


Figura 5.3 – Confronto tra i profili mensili elettrici reali ed i valori di Baseline per l'anno di riferimento



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 IT001E02667600.

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 26,23 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.

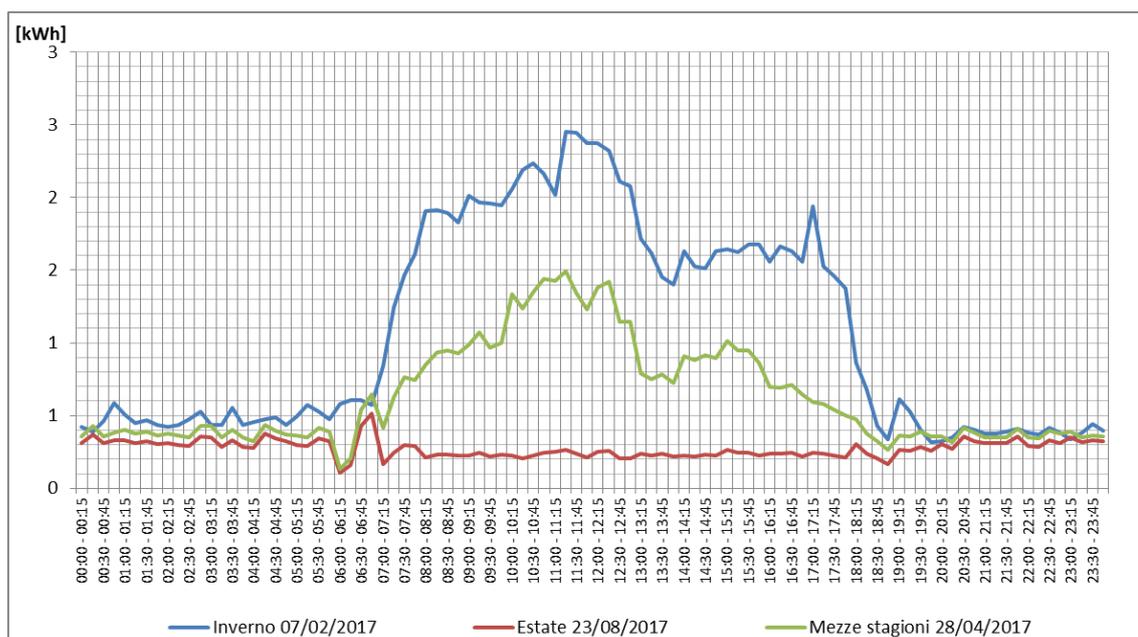
Nella tabella seguente si riporta l'analisi relativa a 3 giornate tipologiche.

Tabella 5.7 – Giornate valutate per l'analisi dei profili giornalieri di consumo elettrico

PROFILO	DATA	GIORNO DELLA SETTIMANA	PERIODO	TEMPERATURA ESTERNA MEDIA [°C]
Profilo 1	07/02/2017	Martedì	Periodo invernale	12,0
Profilo 2	23/08/2017	Mercoledì	Periodo di chiusura	24,0
Profilo 3	28/04/2017	Venerdì	Mezza stagione	13,0

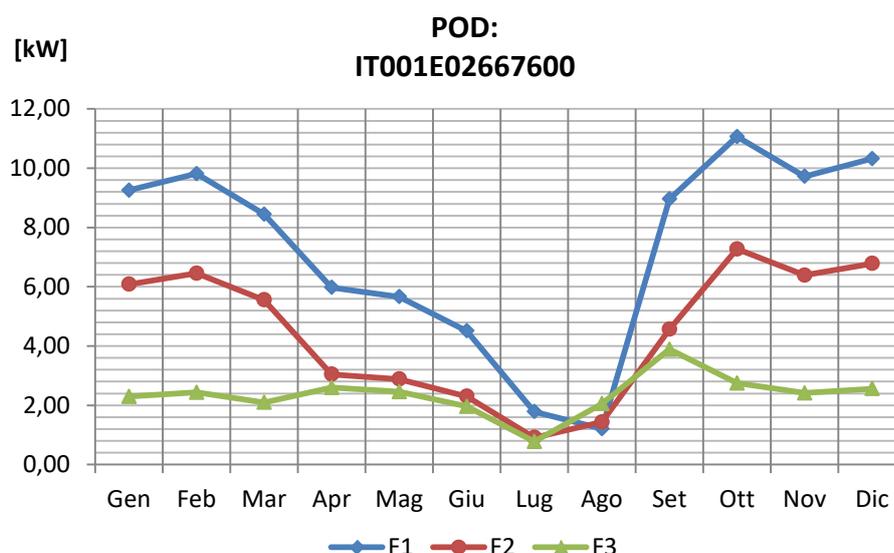
L'andamento dei profili giornalieri di consumo è riportato nei grafici a seguire.

Figura 5.4 – Profili giornalieri tipo dei consumi elettrici per il POD IT001E02667600



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 18 fino al mattino alle 6.00), e all'entrata in funzione graduale delle varie utenze durante il giorno fino a raggiungere un picco di consumo nelle ore centrali della giornata. Fa eccezione l'andamento del giorno tipo estivo, nel quale i consumi diurni risultano analoghi a quelli notturni, essendo l'edificio non fruito in tale periodo. Si osserva inoltre come nelle mezza stagioni i consumi abbiano un andamento simile ma quantitativamente inferiore nelle ore pomeridiane, presumibilmente per via della maggiore disponibilità di luce naturale e della conseguente minore accensione del sistema di illuminazione interna. Tali andamenti risultano coerenti rispetto alle caratteristiche delle utenze rilevate in sede di sopralluogo ed i consumi notturni ed estivi sono compatibili con le poche utenze che rimangono costantemente in funzione, come il frigorifero ed il rack.

Figura 5.5 – Profili di potenza giornalieri per il POD IT001E02667600



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 11,06 kW e si verifica nel mese di ottobre 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 5.8.

Tabella 5.8 - Fattori di emissione di CO₂.

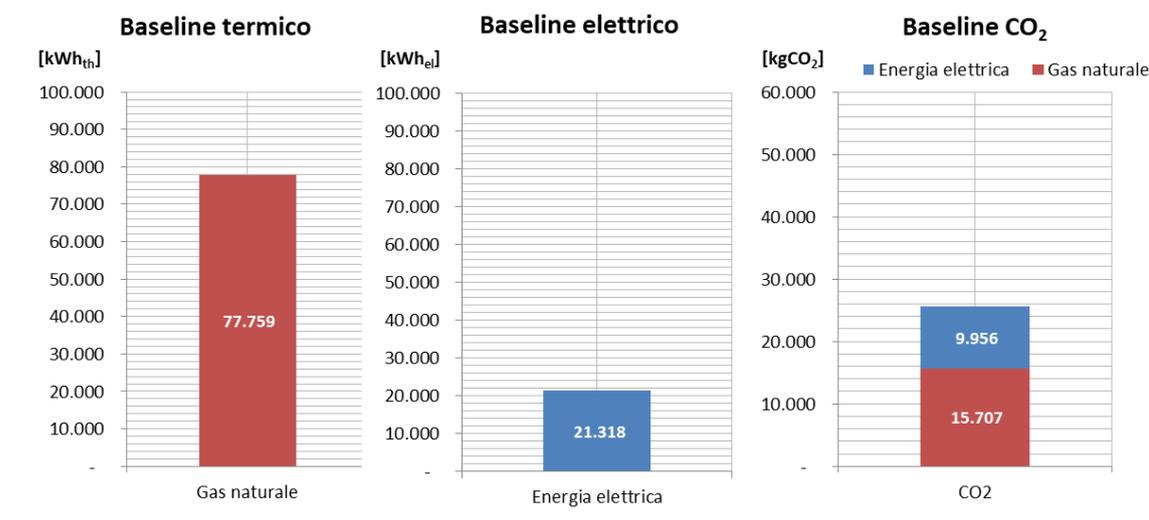
COMBUSTIBILE	FATTORE DI CONVERSIONE
	kgCO ₂ /kWh
Energia elettrica	* 0,467
Gas naturale	* 0,202
GPL	* 0,227
Olio combustibile	* 0,267
Gasolio	* 0,267
Benzina	* 0,249

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

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

Tabella 5.9 – Baseline delle emissioni di CO₂.

COMBUSTIBILE	CONSUMO DI BASELINE		FATTORE DI CONVERSIONE	
	[kWh]		[tCO ₂ /MWh]	[tCO ₂]
Energia elettrica	21.318		* 0,467	9,96
Gas naturale	77.759		*0,202	15,70

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 5.10 - Fattori di conversione in energia primaria dei vettori energetici

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

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

Tabella 5.11 – Fattori di riparametrizzazione

	PARAMETRO	VALORE	U.M.
FATTORE 1	Superficie netta riscaldata	622	m ²
FATTORE 2	Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	739	m ²
FATTORE 3	Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate)	3.164	m ³

Nella Tabella 5.12 e

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

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

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE [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	77.759	1,05	81.647	131,3	110,5	25,8	25,25	21,25	4,96
Energia elettrica	21.318	2,42	51.590	82,9	69,8	16,3	16,01	13,47	3,15
TOTALE			133.237	214	180	42	41	35	8

Tabella 5.13 – 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	77.759	1,05	81.647	131,3	110,5	25,8	25,25	21,25	4,96
Energia elettrica	21.318	1,95	41.570	66,8	56,3	13,1	16,01	13,47	3,15
TOTALE			123.217	198	167	39	41	35	8

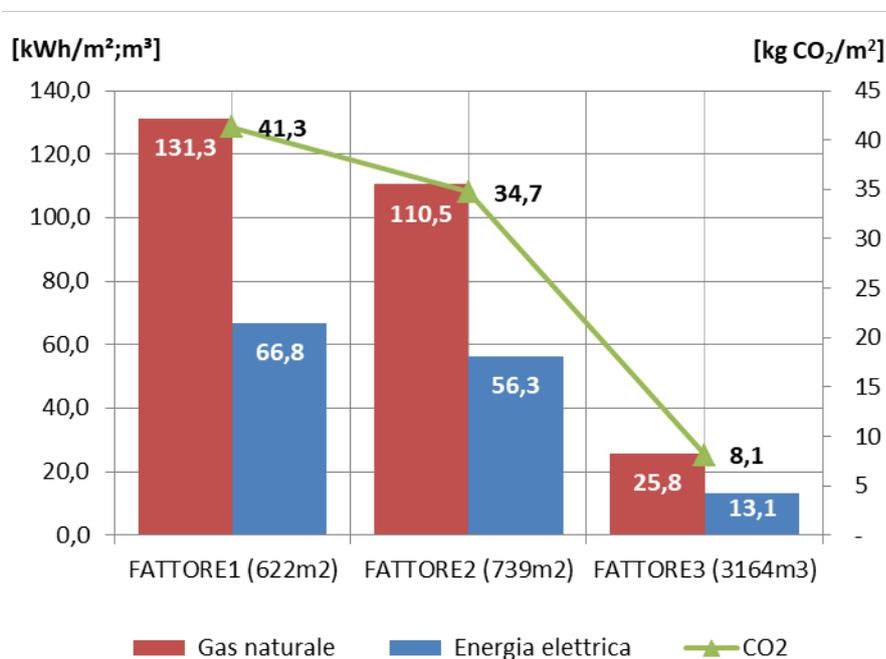
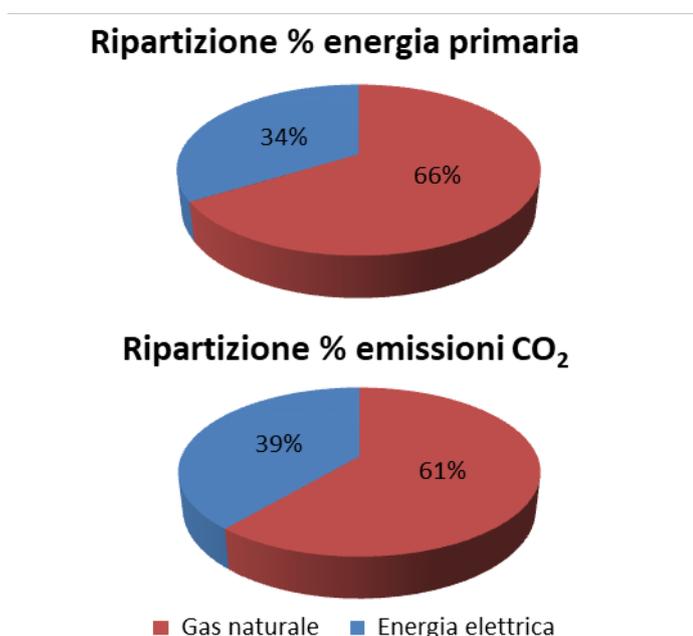
Figura 5.7 – Indici di performance e relative emissioni di CO₂ valutati in funzione della superficie utile riscaldata

Figura 5.8 – Ripartizione % dei consumi di energia primaria e delle relative emissioni di 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 5.14 – Indicatori di performance energetici

COMBUSTIBILE	IEN _R			IEN _E		
	Wh/(m ³ GG anno)			Wh/(m ³ anno)		
	2015	2016	2017	2015	2016	2017
Gas Naturale	-	-	12,6	-	-	-
Energia elettrica	-	-	-	-	-	26,0

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

I dettagli dell'analisi degli indici di performance enregtici 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 UNITS 11300 parte 1, considerando le temperature esterne come definite dalla norma UNI 10349:2016 e con una durata del periodo di riscaldamento come da DPR 74/2013.

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale non rinnovabile	$EP_{gl,nren}$	kWh/mq anno	287,33	267,04
Climatizzazione invernale	EP_H	kWh/mq anno	191,22	187,79
Produzione di acqua calda sanitaria	EP_w	kWh/mq anno	11,29	10,92
Ventilazione	EP_v	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	EP_c	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	EP_L	kWh/mq anno	78,42	63,19
Trasporto di persone e cose	EP_T	kWh/mq anno	-	-
Emissioni equivalenti di CO ₂	CO _{2eq}	Kg/mq anno	72,34	72,34

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

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
	[mc/anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	11.467	113.420
Energia Elettrica	-	52.357

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

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

Dove:

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

- $E_{baseline}$ è il consumo energetico reale di baseline dell'edificio assunto rispettivamente pari al $Q_{baseline}$ e a $EE_{baseline}$

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

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

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

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

6.1.1 Validazione del modello termico

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

Si è quindi provveduto alla simulazione dei parametri reali di utilizzo dell'edificio considerando le temperature medie reali di ogni mese, il profilo di utilizzo dell'edificio e le temperature interne rilevate durante il sopralluogo.

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

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA	U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE	
Globale non rinnovabile	$EP_{gl,nren}$	kWh/mq anno	234,19	213,96
Climatizzazione invernale	EP_H	kWh/mq anno	139,84	136,42
Produzione di acqua calda sanitaria	EP_w	kWh/mq anno	9,55	9,21
Ventilazione	EP_v	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	EP_c	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	EP_L	kWh/mq anno	78,42	63,19
Trasporto di persone e cose	EP_T	kWh/mq anno	-	-
Emissioni equivalenti di CO ₂	CO_{2eq}	Kg/mq anno	60,86	60,86

Nota: 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)

FORTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO [mc/anno]	CONSUMO [kWh/anno]
Gas Naturale	8.178,34	77.040
Energia Elettrica	-	21.078

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

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

$Q_{teorico}$ [kWh /anno]	$Q_{baseline}$ [kWh /anno]	Congruità [%]
77.040	77.759	0,9

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

6.1.2 Validazione del modello elettrico

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

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

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

EE _{teorico}	EE _{baseline}	Congruità
[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
21.078	21.318	1,1

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

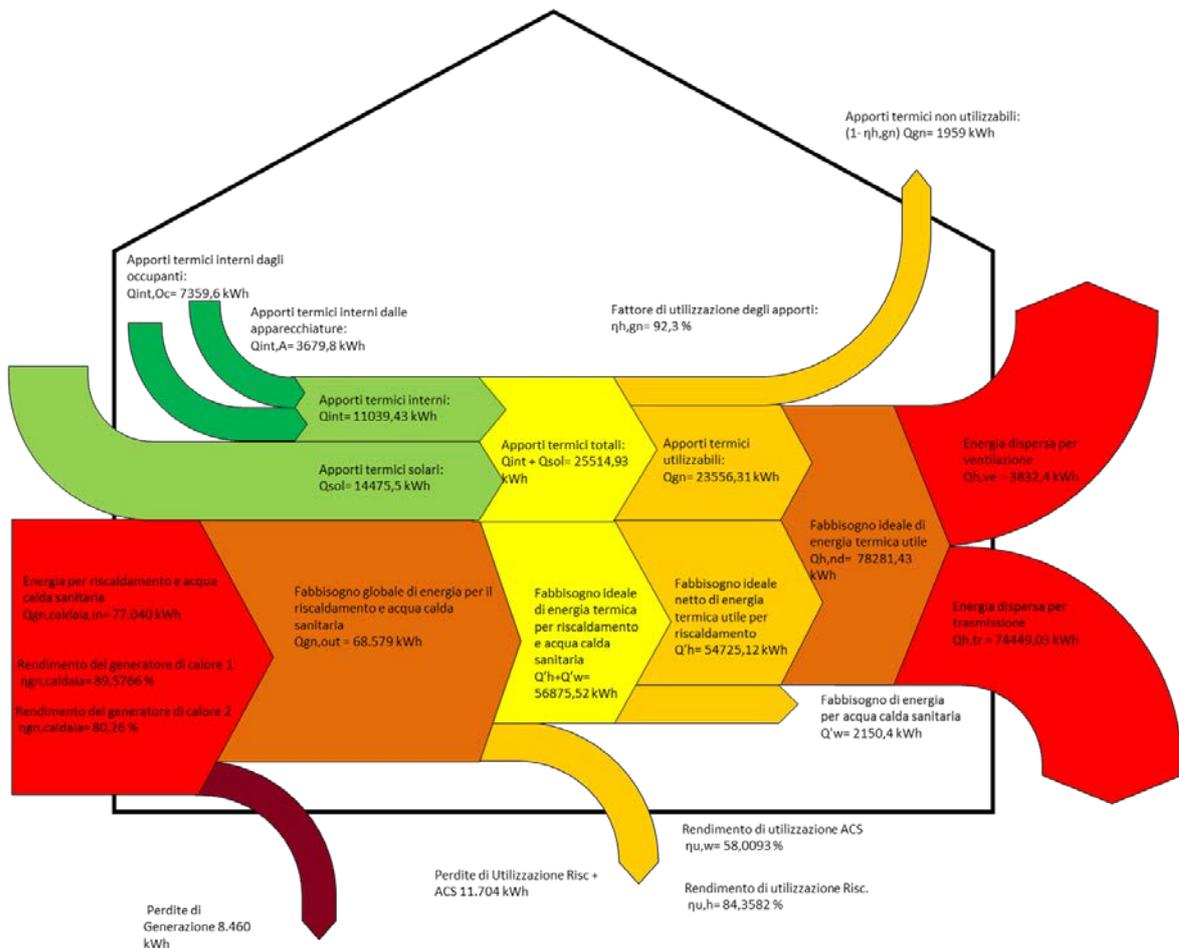
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

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

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

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

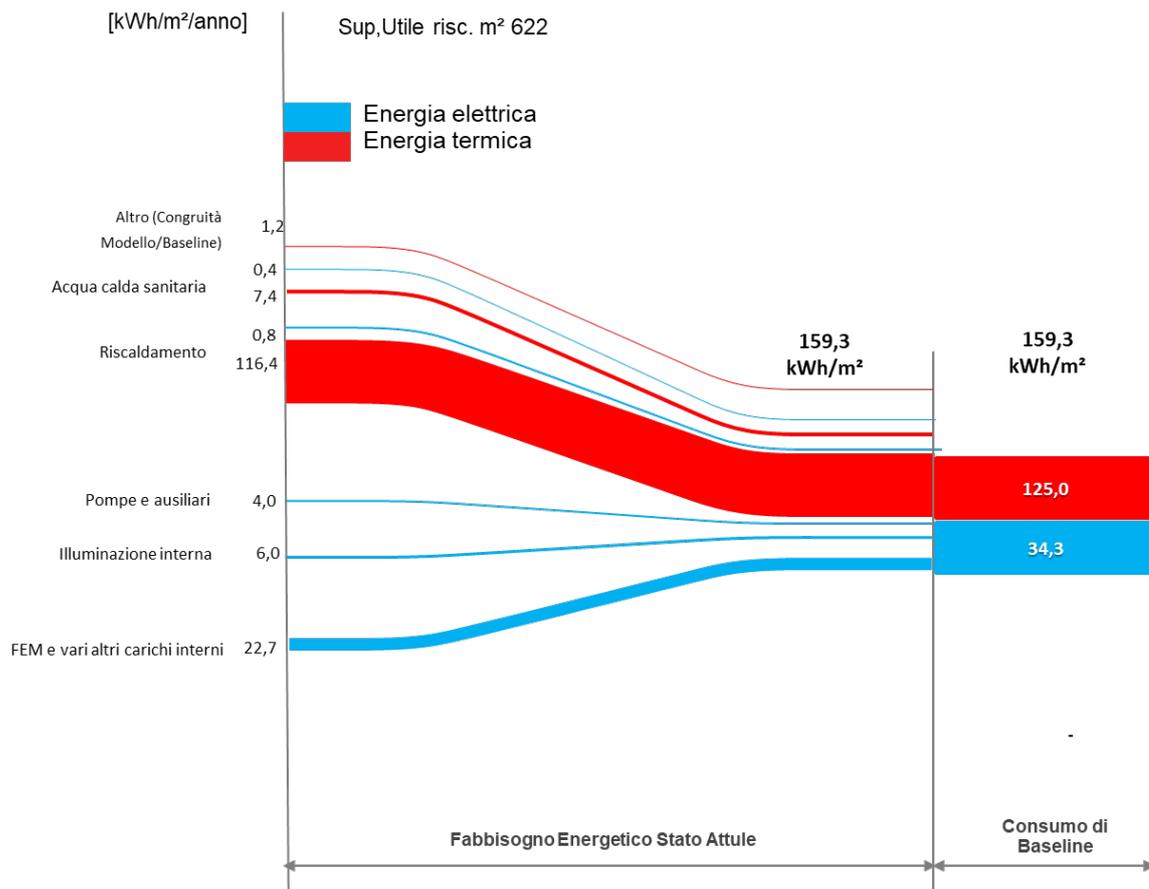
Figura 6.1 – Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell’edificio allo stato attuale



Dall'analisi dei diagrammi di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio è possibile notare che non emerge la presenza di una quota di energia recuperata, nonostante la simulazione, nel modello dello stato di fatto, della caldaia a condensazione; questo è dovuto al fatto che, con il metodo di calcolo utilizzato dal software (UNI TS 11300), il generatore non risulta operare in condensazione. Si osserva un fattore di utilizzazione degli apporti gratuiti di 92% e un rendimento di utilizzazione del sistema di riscaldamento pari a 84%.

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

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



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

Il contributo definito come "Altro – Congruit "   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 – Congruit " rappresenta la differenza per eccesso tra i consumi specifici di Baseline ed i consumi teorici.

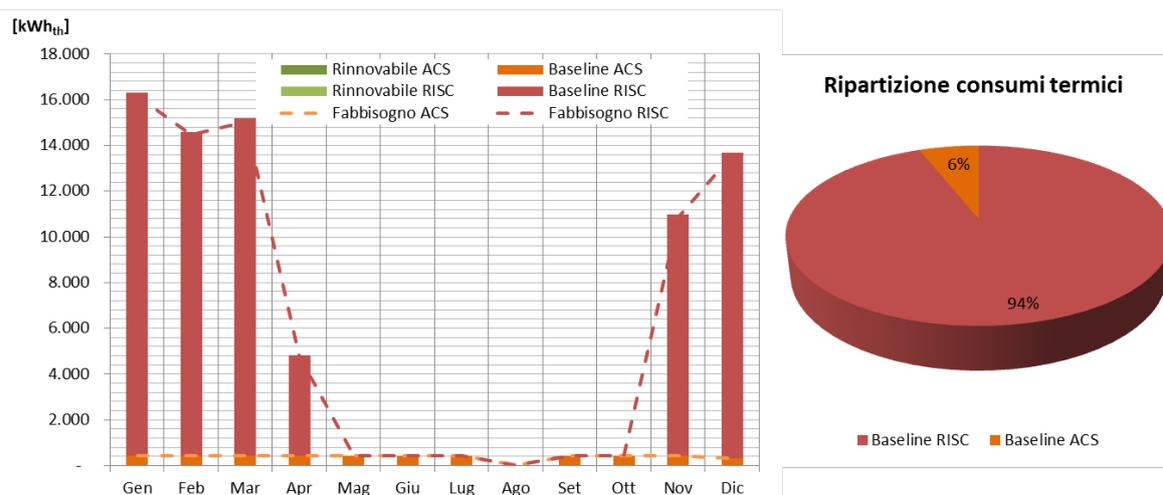
Dall'analisi del diagramma di Sankey relativo al bilancio energetico complessivo dell'edificio   possibile notare che il gas naturale   impiegato sia per il riscaldamento sia per la produzione di ACS. Il principale utilizzo dell'energia elettrica risulta essere FEM e vari altri carichi interni.

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.

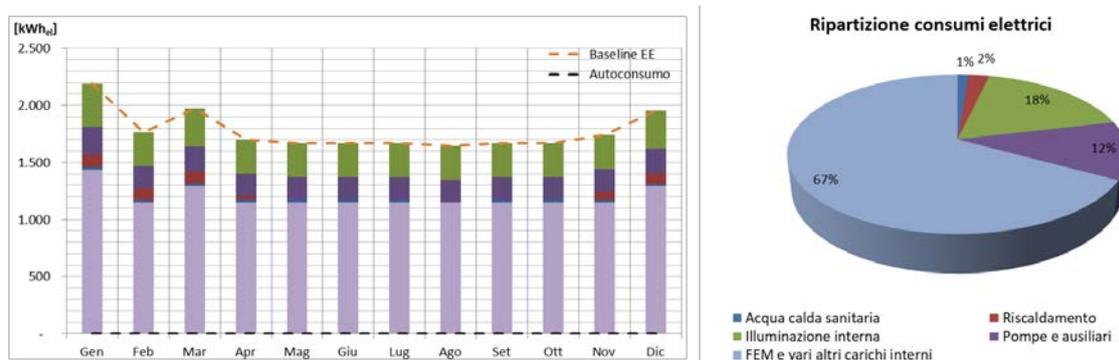
Anche relativamente all'analisi dei fabbisogni di energia elettrica, la ripartizione tra i vari utilizzi è stata effettuata in funzione degli esiti della modellazione.

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



Si può notare come la maggior parte dei consumi sia da attribuirsi all'utilizzo FEM e altri carichi interni mentre l'illuminazione interna ha un peso minore sul totale dei consumi in quanto l'impianto è costituito al 90% da lampade led.

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

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 l'anno 2017.

7.1.1 Vettore termico

La fornitura del vettore termico riferito al PDR 03270050457975 avviene tramite un contratto di fornitura del solo 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.

PDR: 03270050457975	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					(IVA INCLUSA)
ANNO 2017	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[kWh]	[€/kWh]
Gen - 17	437	32	188	310	182	1.149	15.505	0,074
Feb - 17	321	32	135	255	164	907	11.351	0,080
Mar - 17	272	32	115	218	140	778	11.558	0,067
Apr - 17	124	32	53	99	68	376	4.409	0,085
Mag - 17	72	32	31	59	43	237	2.628	0,090
Giu - 17	23	32	10	19	19	103	848	0,122
Lug - 17	20	32	10	18	18	98	801	0,122
Ago - 17	18	32	9	16	17	92	716	0,128
Set - 17	40	32	20	37	28	158	1.639	0,096
Ott - 17	70	32	26	59	41	227	2.619	0,087
Nov - 17	297	32	109	251	152	841	11.172	0,075
Dic - 17	406	32	150	344	205	1.137	15.289	0,074
Totale	2.099	388	857	1.685	1.075	6.103	78.535	0,078

Figura 7.1 – Andamento del costo unitario del vettore termico per l'anno di riferimento 2017

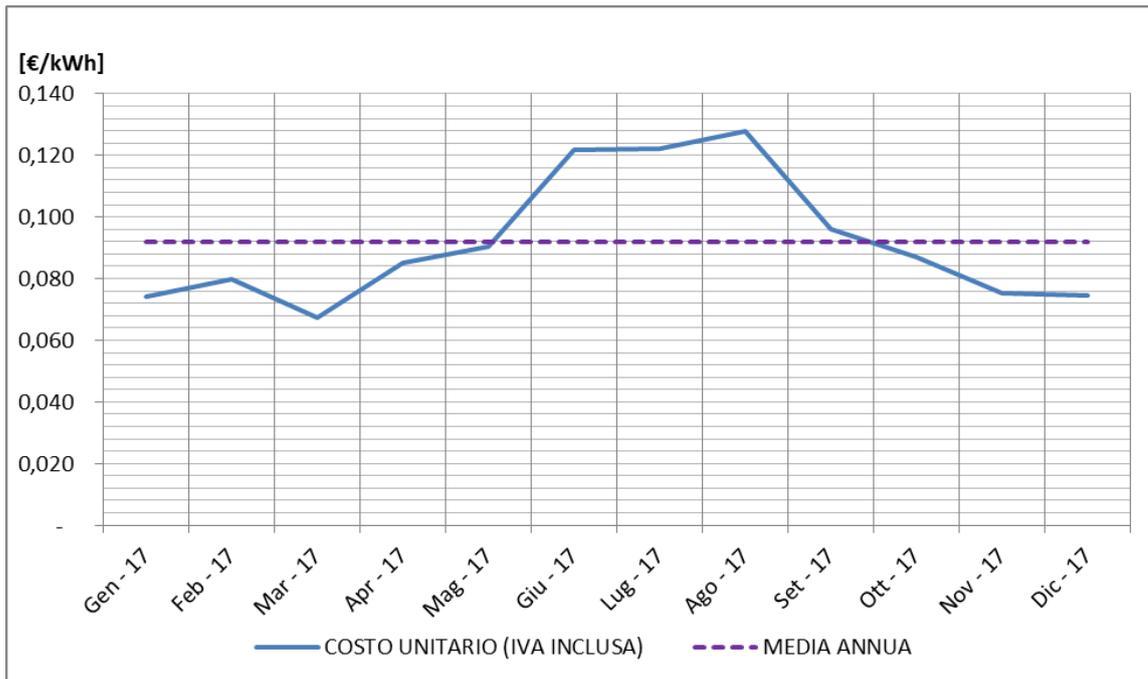
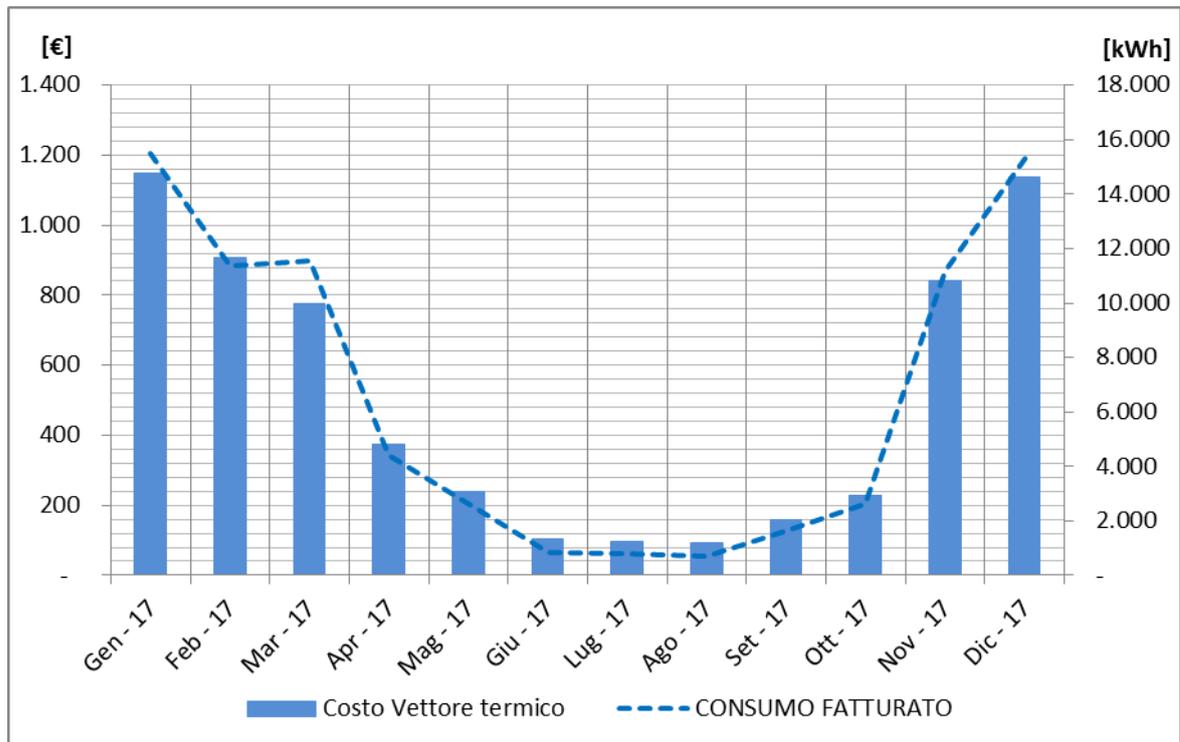


Figura 7.2 – Andamento dei consumi e dei costi dell'energia termica



7.1.2 Vettore elettrico

La fornitura del vettore elettrico riferito al POD IT001E02667600 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 7.1 si riportano le principali caratteristiche del contratto di fornitura del vettore termico per gli anni di riferimento.

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

POD: IT001E00098037	2015	2016	2017
Indirizzo di fornitura	VIA ANTONIO PELLEGRINI 19 - GENOVA		
Dati di intestazione fattura	COMUNE DI GENOVA		COMUNE DI GENOVA
Società di fornitura	HERA COMM S.r.L.; IREN MERCATO SPA		IREN MERCATO SPA
Inizio periodo fornitura	01/01/2016; 01/04/2016		01/01/2017
Fine periodo fornitura	31/03/2016 31/12/2016		31/12/2017
Potenza elettrica impegnata	35 kW		15 kW
Potenza elettrica disponibile	35 kW		35 kW
Tipologia di contratto	BT		BT
Opzione tariffaria ⁽¹⁾	Offerta: Salvaguardia Lotto 1 Codice contratto: 3011991804		CONSIP13 VERDE - L0390
Prezzi del fornitore dell'energia elettrica ⁽²⁾ [€/kWh]	0,07		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 7.2 si riporta l'andamento del costo del vettore elettrico nell'anno di riferimento, suddiviso nelle varie componenti.

Tabella 7.2 – Andamento del costo del vettore elettrico nel triennio di riferimento 2017

POD: IT001E02667600	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA		IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2017	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[kWh]	[€/kWh]
Gen - 17	235	56	159	29	48	527	2.308	0,228
Feb - 17	176	52	152	27	41	449	2.199	0,204
Mar - 17	139	49	148	27	36	398	2.130	0,187
Apr - 17	93	46	102	19	57	315	1.483	0,213
Mag - 17	95	45	101	18	57	317	1.477	0,215
Giu - 17	84	33	83	15	47	262	1.184	0,221
Lug - 17	45	16	51	8	26	146	653	0,223
Ago - 17	57	17	60	10	32	176	813	0,217
Set - 17	124	38	120	22	67	372	2.092	0,178
Ott - 17	176	52	163	31	93	514	2.456	0,209
Nov - 17	202	57	170	-	42	472	2.309	0,204
Dic - 17	183	56	163	28	43	473	2.214	0,214
Totale	1.610	516	1.472	234	590	4.421	21.318	0,207

Nel grafico in Figura 7.3 è riportato l'andamento del costo unitario del vettore elettrico nell'anno di riferimento 2017

Figura 7.3 – Andamento del costo unitario del vettore elettrico per l’anno di riferimento 2017

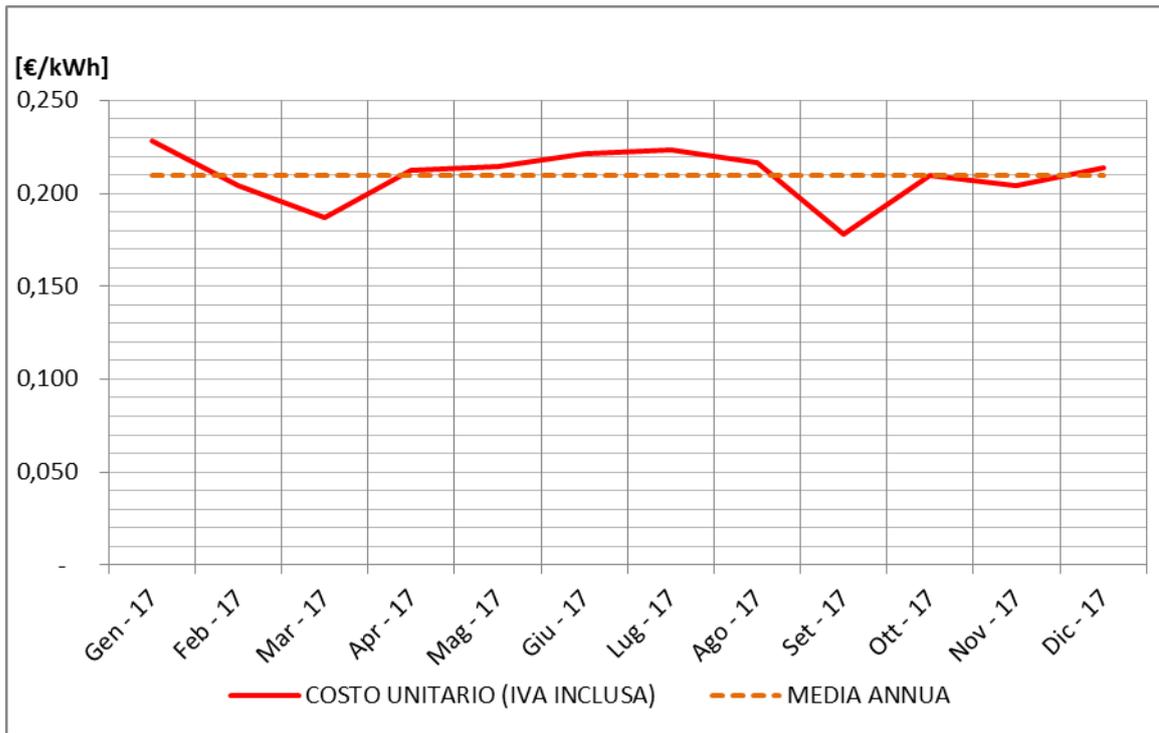
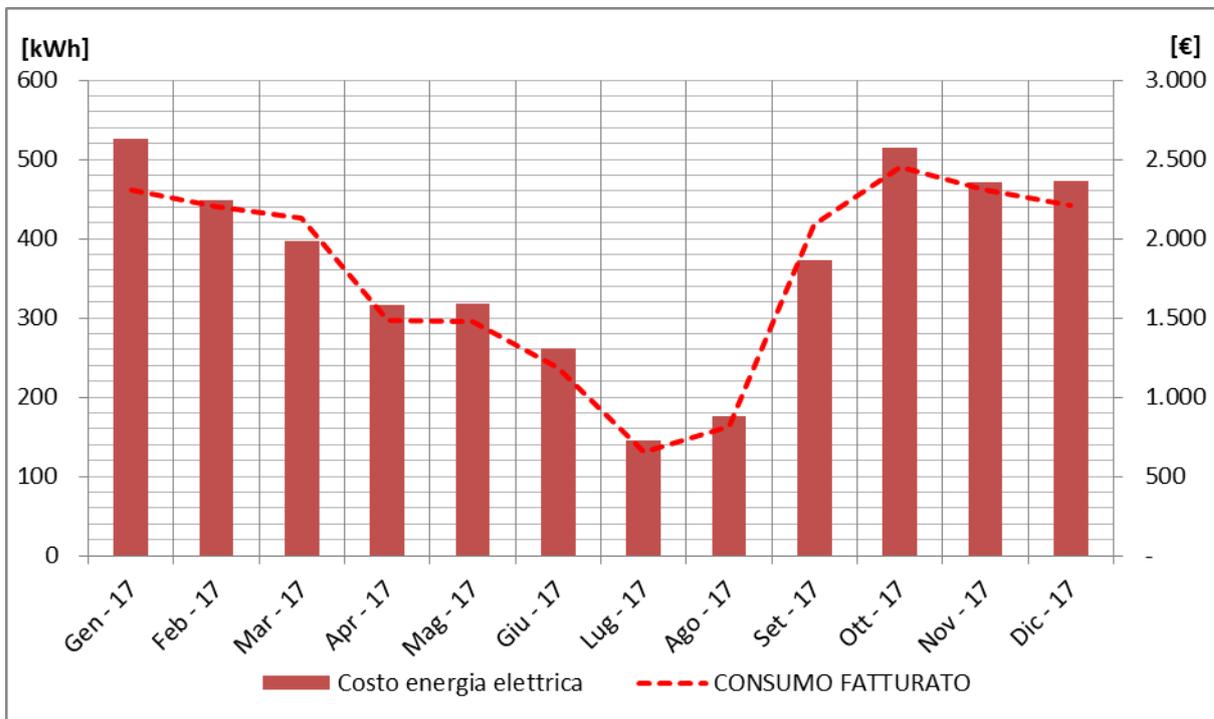


Figura 7.4 – Andamento dei consumi e dei costi dell’energia elettrica



Dall’analisi effettuata risulta evidente che l’andamento dei costi segue l’andamento dei consumi di energia elettrica.

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

Tabella 7.3 - Sintesi dei consumi nel triennio di riferimento

ANNO	VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO		
	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[kWh]	[€]	[€/kWh]
2015	-	-	-	-	-	-
2016	-	-	-	-	-	-
2017	78.535	6.103	0,078	21.318	4.421	0,207
Media	78.535	6.103	0,078	21.318	4.421	0,207

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

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

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo unitario dell'energia termica	Valore medio relativo all'ultimo anno a disposizione	C _{uQ}	0,078 [€/kWh]
Costo unitario dell'energia elettrica	Valore medio relativo all'ultimo anno a disposizione	C _{uEE}	0,209 [€/kWh]

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:

- servizio O&M>35

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 7.646 €.

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_{SI E3}) 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:

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

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

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

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo per la gestione e manutenzione ordinaria	Corrispettivo annuale relativo al contratto O&M in essere	C_{MO}	6.881 [€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Media relativa a gli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici	C_{MS}	765 [€/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:

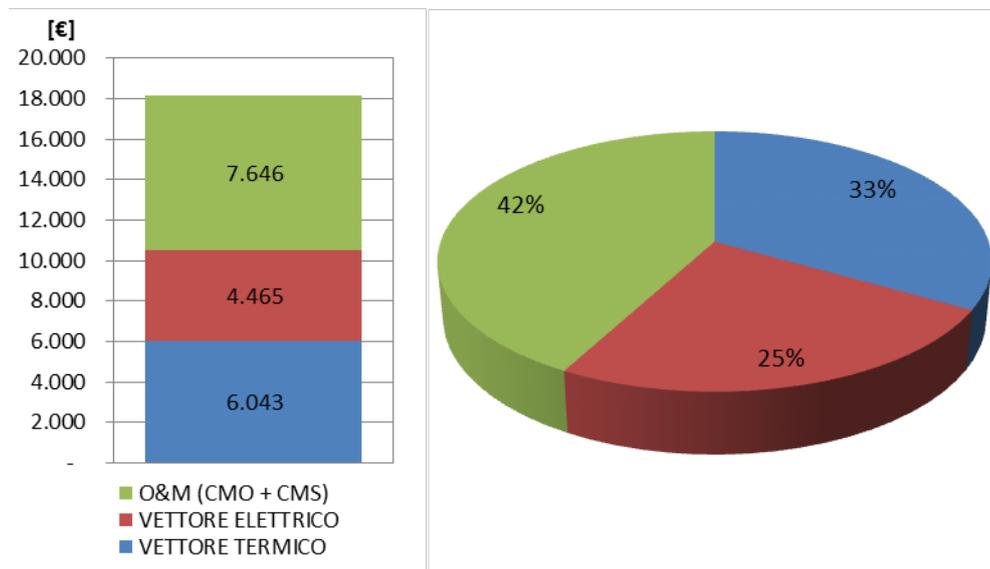
$$C_{baseline} = C_E + C_{MO} + C_{MS}$$

Ne risulta quindi un C_E pari a 10.508 € e un $C_{baseline}$ pari a 18.154 €.

Tabella 7.6 – 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]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
77.759	0,078	6.043	21.318	0,209	4.465	7.646	6.881	765	18.154

Figura 7.5 – Confronto tra i costi medi e di baseline



8 IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA

8.1 DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI

8.1.1 Involucro edilizio

EEM1: 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.

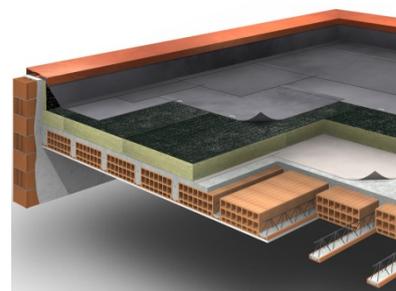
Figura 8.1 - Particolare copertura piana su cui intervenire.



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 lambda **0,037 W/mK**, 150 kg/m³

Spessore isolante: 11 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 EEM1 sono riportati nella Tabella 8.1 e nella Figura 8.2

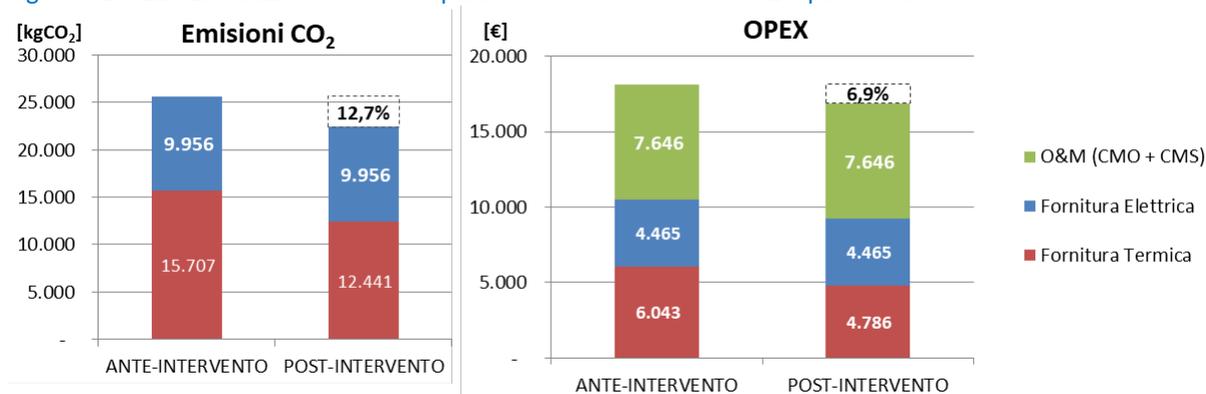
Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM1 – isolamento dall'esterno della copertura piana

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Trasmittanza	[W/m ² K]	0,66	0,22	66,7%
Q _{teorico}	[kWh]	77.040	61.017	20,8%
EE _{teorico}	[kWh]	21.078	21.078	0,0%
Q _{baseline}	[kWh]	77.759	61.587	20,8%
EE _{Baseline}	[kWh]	21.318	21.318	0,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	15.707	12.441	20,8%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	9.956	9.956	0,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	25.663	22.396	12,7%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	6.043	4.786	20,8%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	4.465	4.465	0,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	10.508	9.251	12,0%
C _{MO}	[€]	6.881	6.881	0,0%
C _{MS}	[€]	765	765	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	7.646	7.646	0,0%
OPEX	[€]	18.154	16.897	6,9%
Classe energetica	[-]	D	D	stessa classe

Nota: 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: 0,078 [€/kWh] per il vettore termico e 0,209 [€/kWh]

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



EEM2: sostituzione dei serramenti

Generalità

La misura prevede la sostituzione di tutti i serramenti.

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

Figura 8.3 - Particolare serramenti da sostituire.



Caratteristiche funzionali e tecniche

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

Serramenti in 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.



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 poliuretana negli spazi rimanenti, materiale che permette il continuo assestamento del serramento.

Prestazioni raggiungibili

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

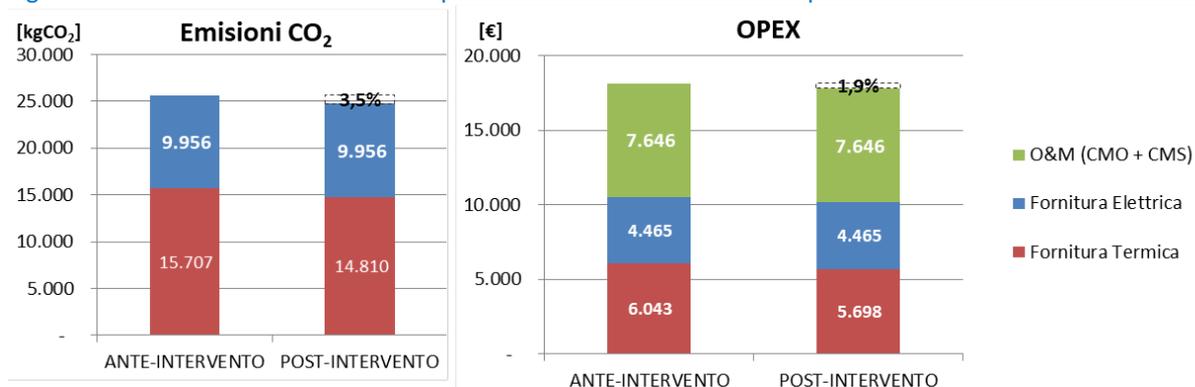
Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM2 – sostituzione serramenti

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Trasmittanza	[W/m ² K]	2	1,5	25,0%
Q _{teorico}	[kWh]	77.040	72.638	5,7%
EE _{teorico}	[kWh]	21.078	21.078	0,0%
Q _{baseline}	[kWh]	77.759	73.316	5,7%
EE _{Baseline}	[kWh]	21.318	21.318	0,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	15.707	14.810	5,7%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	9.956	9.956	0,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	25.663	24.765	3,5%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	6.043	5.698	5,7%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	4.465	4.465	0,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	10.508	10.163	3,3%
C _{MO}	[€]	6.881	6.881	0,0%
C _{MS}	[€]	765	765	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	7.646	7.646	0,0%
OPEX	[€]	18.154	17.808	1,9%
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: 0,078 [€/kWh] per il vettore termico e 0,209 [€/kWh]

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



8.1.2 Impianto riscaldamento

EEM3: sostituzione dei generatori di calore con pompa di calore

Generalità

L'intervento prevede la sostituzione dei due generatori di calore (uno destinato al riscaldamento degli ambienti e uno alla produzione di acs) con una pompa di calore.

Il miglioramento delle prestazioni energetiche del sottosistema di generazione e regolazione dell'impianto termico si può ottenere intervenendo con la sostituzione del generatore di calore di tipo tradizionale con una pompa di calore ad alta efficienza e contestuale installazione di circolatori ad inverter in classe "A".

Figura 8.5 – Sistema di generazione da sostituire



La pompa di calore, ad alta efficienza, dovrà garantire temperature di mandata compatibili con la temperatura esterna di progetto riferita al comune di Genova e con il sistema di distribuzione ed emissione esistenti.

Per migliorare la distribuzione del calore si prevede la sostituzione dei vecchi circolatori esistenti con nuove elettropompe ad inverter a portata variabile.

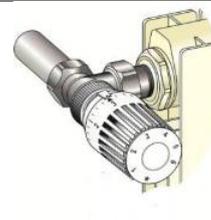
La regolazione della temperatura nel sistema di distribuzione secondaria avverrà grazie a valvole miscelatrici comandate da servomotori modulanti gestite da propria centralina climatica

Caratteristiche funzionali e tecniche

La pompa di calore dovrà essere dotata di un circolatore ad inverter gestito con un segnale 0-10 dalla centralina di comando installata a bordo della pompa di calore. Tale pompa garantirà la circolazione dell'acqua primaria tra la pompa di calore ed il serbatoio di accumulo mantenendo costante la differenza di temperatura tra mandata e ritorno al variare del carico termico. La temperatura e gli orari di funzionamento dei circuiti di distribuzione secondari verranno gestite da una centralina climatica che, in funzione della temperatura esterna agirà sui servomotori delle valvole miscelatrici regolando le temperature dei vari circuiti in funzione delle temperature di mandata rilevate.

L'utilizzo degli inverter per la modulare la velocità di rotazione sulle pompe di circolazione consentirà di modificare l'effettiva portata dei circuiti in funzione dei carichi termici e delle prestazioni attese.

Tale soluzione consentirà primariamente di ridurre i consumi energetici dei motori di pertinenza in presenza di carichi parziali. L'installazione di un inverter su ogni circolatore permetterà all'impianto di adattarsi alla curva di carico termico richiesta. La logica con cui si opererà sarà quella di parzializzare i dispositivi in funzione dell'effettivo carico termico, inserendo valvole e sonde per la gestione automatica: tale soluzione risulta di estremo vantaggio specialmente nel corso delle stagioni intermedie. Così facendo, si otterrà un considerevole risparmio energetico dovuto alla minore potenza assorbita dalle apparecchiature



Descrizione dei lavori

I lavori consisteranno nello smantellamento del generatore di calore, delle pompe, delle valvole miscelatrici e della relativa componentistica elettrica. Successivamente verrà installata la pompa di calore con serbatoio di accumulo e circuito primario. Al serbatoio verranno successivamente collegati i circuiti secondari dotati dei nuovi circolatori e delle nuove valvole miscelatrici. A completamento verranno installati i dispositivi di controllo (termometri, manometri), regolazione (servomotori, sonde) e sicurezza (vasi di espansione, ecc.).

Terminata l'installazione idraulica si provvederà al cablaggio elettrico delle varie apparecchiature e delle centraline di regolazione. La fase terminale comporterà la regolazione, il controllo di funzionamento e l'ottimizzazione del sistema.

Prestazioni raggiungibili

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

Tabella 8.3 – Risultati analisi EEM3 – sostituzione dei generatori di calore con pompa di calore

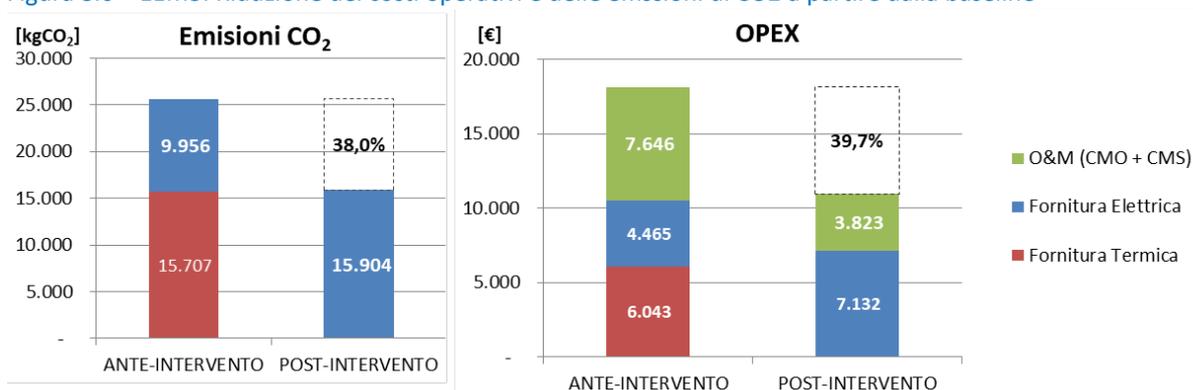
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Rendimento	[%]	88	236	-168,2%
$Q_{teorico}$	[kWh]	77.040	-	100,0%
$EE_{teorico}$	[kWh]	21.078	33.671	-59,7%
$Q_{baseline}$	[kWh]	77.759	-	100,0%
$EE_{baseline}$	[kWh]	21.318	34.055	-59,7%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	15.707	-	100,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	9.956	15.904	-59,7%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	25.663	15.904	38,0%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	6.043	-	100,0%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	4.465	7.132	-59,7%
Fornitura Energia, C_E	[€]	10.508	7.132	32,1%
C_{MO}	[€]	6.881	3.441	50,0%
C_{MS}	[€]	765	382	50,0%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	7.646	3.823	50,0%
OPEX	[€]	18.154	10.955	39,7%
Classe energetica	[-]	D	B	+2 classi

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: 0,078 [€/kWh] per il vettore termico e 0,209 [€/kWh]

Nota (2) La riduzione del 50% del costo di manutenzione è dovuto alla minore spesa per le riparazioni e i controlli.

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



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

Nessuna EEM prevista in quanto l'impianto di illuminazione soddisfa già quasi completamente lo standard energetico e non si ritiene conveniente applicare misure di efficientamento energetico in termini di costi-benefici.

8.1.6 Impianto di generazione da fonti rinnovabili

Generalità

Realizzazione di un impianto di produzione di energia elettrica tramite conversione fotovoltaica, avente una potenza di picco pari a **5,2 kWp** sulla copertura piana dell'edificio.

Figura 8.7 – Particolare impianto a fonte rinnovabile

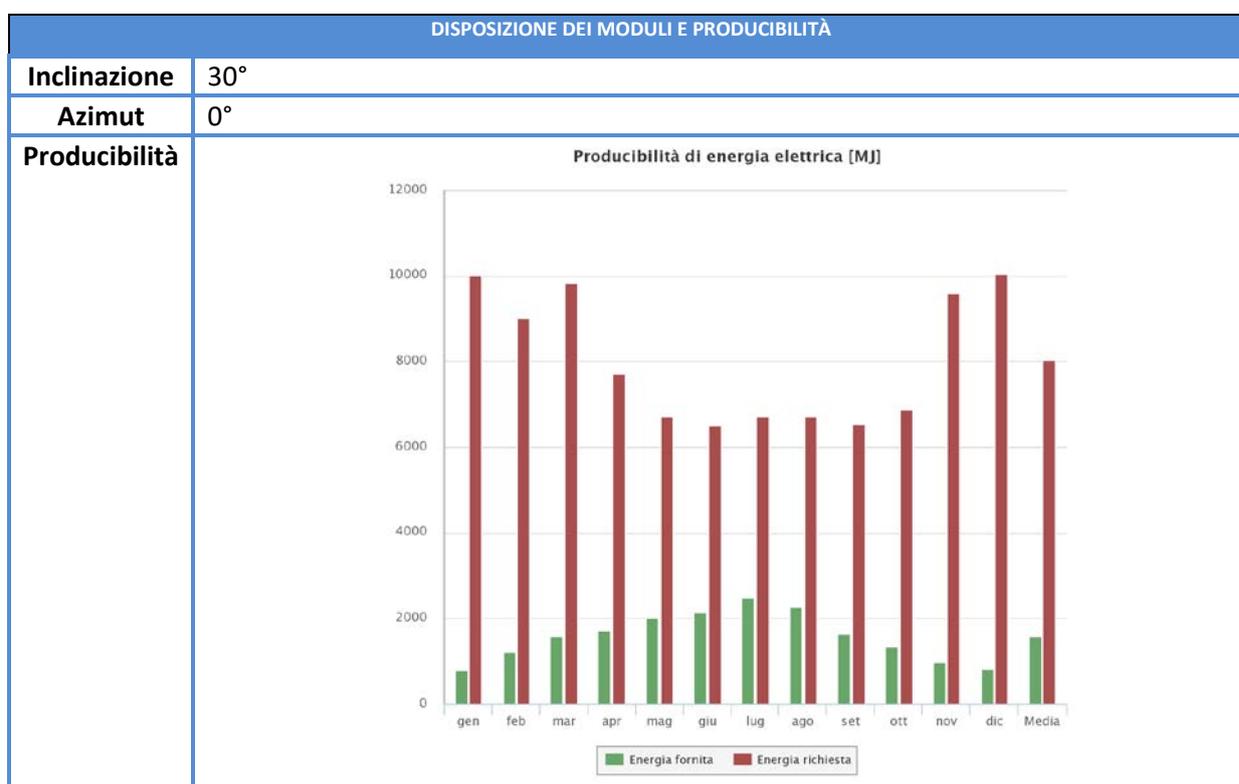


Produzione di circa **5.272 kWh** annui distribuiti su una superficie di **35 m²** circa.

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 EEM4 sono riportati nella Tabella 8.4 e nella Figura 8.8.

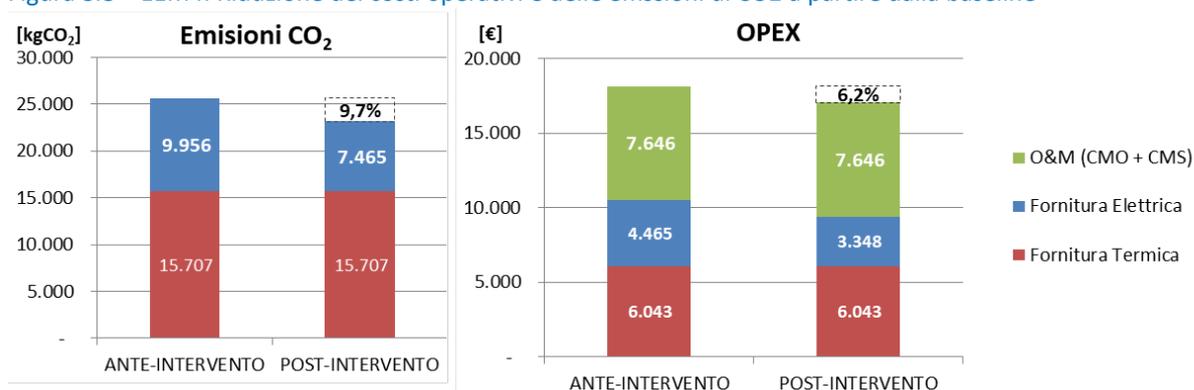
Tabella 8.4 – Risultati analisi EEM4 – installazione di sorgenti luminose ad alta efficienza

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Produzione energia da FER	[kWh/anno]	0	5273	-
$Q_{teorico}$	[kWh]	77.040	77.040	0,0%
$EE_{teorico}$	[kWh]	21.078	15.805	25,0%
$Q_{baseline}$	[kWh]	77.759	77.759	0,0%
$EE_{baseline}$	[kWh]	21.318	15.985	25,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	15.707	15.707	0,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	9.956	7.465	25,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	25.663	23.173	9,7%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	6.043	6.043	0,0%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	4.465	3.348	25,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	10.508	9.391	10,6%
C_{MO}	[€]	6.881	6.881	0,0%
C_{MS}	[€]	765	765	0,0%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	7.646	7.646	0,0%
OPEX	[€]	18.154	17.037	6,2%
Classe energetica	[-]	D	D	stessa classe

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

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,078 [€/kWh] per il vettore termico e 0,209 [€/kWh]

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



9 VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA

9.1 ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

EEM1: isolamento dall'esterno della copertura piana

Nella Tabella 9. è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 1, che consiste nell'isolamento dall'esterno 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 14.692 euro.

Tabella 9.1– 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 9.2– Analisi dei costi della EEM1

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ₂]	[€/n° o €/m ₂]	[€]	[%]	[€]
Posa isolamento termo-acustico superfici orizzontali (coperture e simili)	Prezziario Regione Liguria - voce: 25.A44.A50.010	683	mq	6,55	5,95	4.066,95	22%	4.961,68
Membrana elastoplastomerica munita di adesivo incorporata	Prezziario Regione Liguria - voce: PR.A18.A25.039	683	mq	5,67	5,15	3.520,55	22%	4.295,08
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	7513	mq cm	2,00	1,82	13.660,00	22%	16.665,20
Ponteggio: nolo, montaggio e smontaggio per il primo mese	Prezziario Regione Liguria - voce: 95.B10.S10.010	480	mq	14,03	12,75	6.122,18	22%	7.469,06
Costi per la sicurezza	-	3%	%			821,09	22%	1.001,73
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			1.915,88	22%	2.337,37
TOTALE (I₀ – EEM1)						30.106	22%	36.730
Incentivi	Conto termico 2.0							14.692
Durata incentivi								5 anni
Incentivo annuo								2.938

EEM2: sostituzione serramenti

Nella Tabella 9. è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 2, che consiste nella sostituzione dei serramenti.

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 32.220 euro.

Tabella 9.3– Stima dell'incentivo da Conto Termico

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

Tabella 9.4– Analisi dei costi della EEM2

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ²]	[€/n° o €/m ²]	[€]	[%]	[€]
Smontaggio e recupero delle parti riutilizzabili, incluso accantonamento nell'ambito del cantiere, di: serramenti in acciaio, PVC, alluminio, compreso telaio (misura minima 2,00 m ²)	Prezziario Regione Liguria - voce: 25.A05.H01.100	179	mq	39,61	36,01	6.445,63	22%	7.863,67
Finestra o portafinestra in PVC apertura ad una o due ante	Prezziario Regione Liguria - voce: PR.A23.A30.010	179	mq	328,90	299,00	53.521,00	22%	65.295,62
Posa serramento	Prezziario Regione Liguria - voce: 25.A80.A30.010	179	mq	47,62	43,29	7.749,07	22%	9.453,87
Costi per la sicurezza	-	3%	%			2.031,47	22%	2.478,39
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			4.740,10	22%	5.782,92
TOTALE (I₀ – EEM2)						74.487	22%	90.874
Incentivi	Conto termico 2.0							32.220
Durata incentivi								5 anni
Incentivo annuo								6.444

EEM3: sostituzione dei generatori con pompa di calore

Nella Tabella 9. è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 3, che consiste sostituzione del sistema di generazione con pompa di calore.

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 13.508 euro.

Tabella 9.5– Stima dell'incentivo da Conto Termico

STIMA INCENTIVO CONTO TERMICO	
Percentuale spesa ammissibile	$I_{a\ tot} = Q_{ui} * [1 - 1 / (COP)] * C_i$ <p>Dove</p> <p>I_{a tot} = incentivo annuo (rata annua) in euro</p> <p>Q_{ui}: calore totale prodotto dall'impianto, espresso in kWh</p> <p>C_i: coefficiente di valorizzazione dell'energia termica prodotta</p>

Riferimento: Regole Applicative Conto Termico - 5.8.4 Calcolo dell'incentivo

Costo massimo ammissibile	n.a.
Valore massimo incentivo	65%

Tabella 9.6 – 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]	[€]	[%]	[€]
Pompa di calore con ventilatori elicoidali - inclusa manodopera oltre 60 fino a 75 kWf - oltre 70 fino a 88 kWt - n° 2 compressori	Prezziario Comune di Milano - voce: 1M.02.050.0010.e	1	cad	15.804,36	14.367,60	14.367,60	22%	17.528,47
Kit idronico oltre 100 fino a 175 kWf - oltre 115 fino a 200 kWt - n° 4 compressori	Prezziario Comune di Milano - voce: 1M.02.050.0030.a	1	cad	1.229,69	1.117,90	1.117,90	22%	1.363,84
Costi per la sicurezza	-	3%	%			464,57	22%	566,77
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			1.083,99	22%	1.322,46
TOTALE (I₀ – EEM3)						17.034	22%	20.782
Incentivi	Conto termico 2.0							13.508
Durata incentivi								5 anni
Incentivo annuo								2.702

EEM4: installazione di impianto fotovoltaico

Nella Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 4, che consiste nella installazione di impianto fotovoltaico.

Tabella 9.1 – Analisi dei costi della EEM4

DESCRIZIONE	FORNTE 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 1 fino a 6 kWp	1E.17.010.0010.a	1	kWp	3.105,42	2.823,11	2.823,11	22%	3.444,19
Costi per la sicurezza	-	3%	%			84,69	22%	103,33
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			197,62	22%	241,09
TOTALE (I₀ – EEM4)						3.105,42	22%	3.788,61
Incentivi	-							-
Durata incentivi								-
Incentivo annuo								-

9.2 ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

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

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

Gli indicatori economici d'investimento utilizzati sono:

- TRS (tempo di ritorno semplice);

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

Essi sono così definiti:

- 1) Tempo di ritorno semplice (TRS):

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

Dove:

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

- 2) Tempo di ritorno attualizzato (TRA):

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

Dove:

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

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

Dove:

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

- 3) Valore Attuale Netto (VAN) del progetto:

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

Dove:

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

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

- 5) Indice di Profitto (IP):

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

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

- Tasso di sconto: **R = 4%**

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

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

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

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

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

EEM1: isolamento dall'esterno della copertura piana

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

Tabella 9.2 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM1– isolamento dall'esterno della copertura piana

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	36.730
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	30
Incentivo annuo	B	€/anno	2.938
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	25,7	14,8
Tempo di rientro attualizzato	TRA	42,8	25,8
Valore attuale netto	VAN	- 11.339	1.743
Tasso interno di rendimento	TIR	0,9%	4,6%
Indice di profitto	IP	-0,31	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

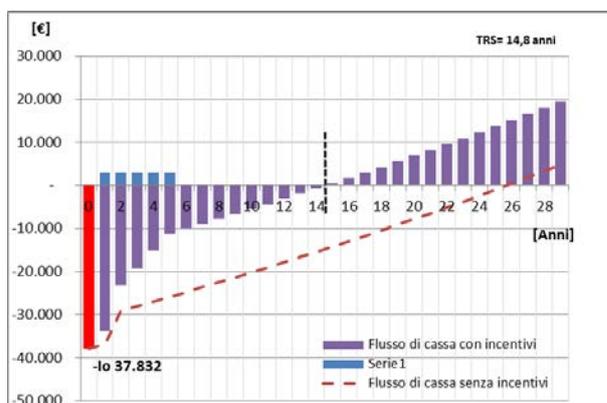
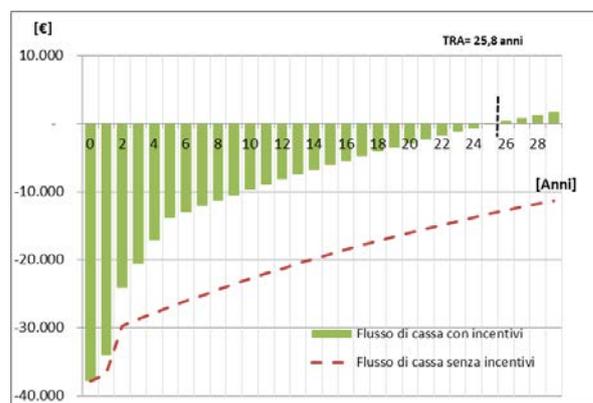


Figura 9.2 – EEM1: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che la EEM1 risulta economicamente conveniente anche se non è da considerare prioritaria per il miglioramento dell'efficienza del sistema edificio-impianto e del comfort degli utenti in quanto la copertura risulta già isolata.

EEM2: sostituzione dei serramenti

L'analisi di convenienza effettuata per la EEM2 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

Tabella 9.3 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM2– sostituzione dei serramenti

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	90.874
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	6.444
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	106,9	48,0
Tempo di rientro attualizzato	TRA	135,3	56,8
Valore attuale netto	VAN	- 72.854	- 44.166
Tasso interno di rendimento	TIR	-10,0%	-6,7%
Indice di profitto	IP	-0,80	-0,49

I flussi di cassa rappresentativi dell'analisi sono riportati nella Figura 9.3 e Figura 9.4.

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

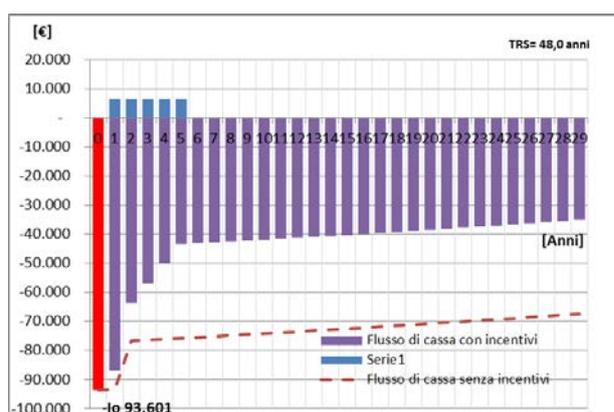
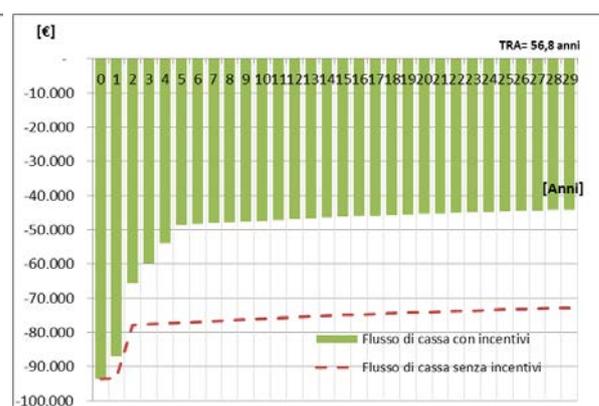


Figura 9.4 – EEM2: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che la EEM2 non risulta economicamente vantaggiosa né prioritaria per il miglioramento dell'efficienza del sistema edificio-impianto e del comfort degli utenti in quanto i serramenti esistenti presentano già una buona trasmittanza.

EEM3: Sostituzione sistema di generazione con caldaia pompa di calore

L'analisi di convenienza effettuata per la EEM3 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

Tabella 9.4 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM3– Sostituzione sistema di generazione con pompa di calore

PARMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	20.782
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	2.702
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	3,0	2,2
Tempo di rientro attualizzato	TRA	3,4	2,3
Valore attuale netto	VAN	48.083	60.111
Tasso interno di rendimento	TIR	31,0%	42,2%
Indice di profitto	IP	2,31	2,89

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

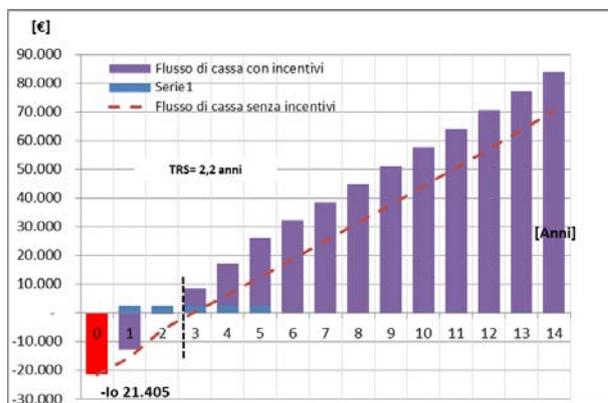
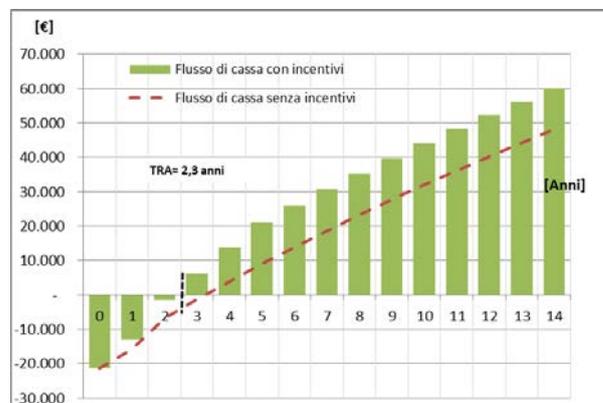


Figura 9.6 – EEM3: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che la EEM3 risulta economicamente vantaggiosa sebbene la sostituzione dei due generatori di calore installati nel 2014 non risulti un intervento prioritario per il miglioramento dell'efficienza del sistema edificio-impianto e del comfort degli utenti.

Tale misura si potrebbe prendere in considerazione tra 10 anni in occasione della sostituzione delle caldaie attuali.

EEM4: Installazione di impianto fotovoltaico

L'analisi di convenienza effettuata per la EEM4 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

Tabella 9.5 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM4– Installazione di impianto fotovoltaico

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	3.789
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	3,5	3,5
Tempo di rientro attualizzato	TRA	3,9	3,9
Valore attuale netto	VAN	10.121	10.121
Tasso interno di rendimento	TIR	27,5%	27,5%
Indice di profitto	IP	2,67	2,67

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

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

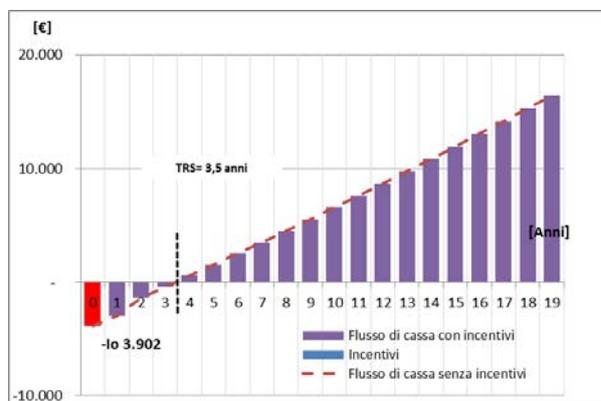
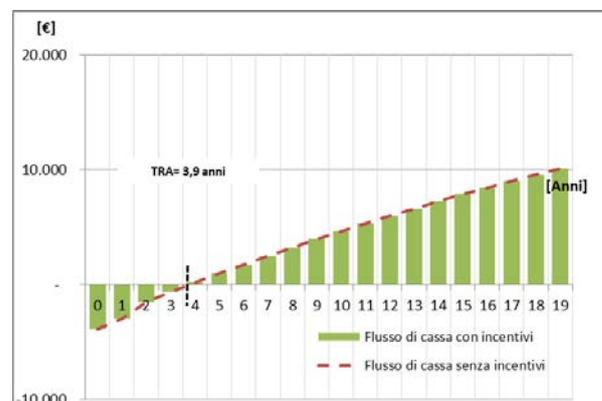


Figura 9.8 – EEM4: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che la EEM4 risulta economicamente vantaggiosa e prioritaria in quanto l'installazione di un impianto fotovoltaico potrebbe ridurre i consumi di energia elettrica dovuti all'utilizzo di FEM e vari altri carichi interni.

Sintesi

La sintesi della valutazione economico – finanziaria delle EEM proposte è riportata nelle Tabella 9.6 e Tabella 9.7.

Tabella 9.6 – 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]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]
EEM 1	12,0%	12,7%	1.257	0	0	36.730	25,7	42,8	30,0	-11.339	0,9%	-0,31
EEM 2	3,3%	3,5%	345	0	0	90.874	106,9	135,3	30,0	-72.854	-10,0%	-0,80
EEM 3	32,1%	38,0%	3.375	3.441	382	20.782	3,0	3,4	15,0	48.083	31,0%	2,31
EEM 4	10,6%	9,7%	1.117	0	0	3.789	3,5	3,9	20,0	10.121	27,5%	2,67

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 del caso senza incentivi emerge che gli interventi EEM1, EEM3 e EEM4 hanno un tempo di ritorno TRS inferiore alla loro vita utile ma solo EEM3 e EEM4 risultano economicamente convenienti.

Tabella 9.7 – 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]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]
EEM 1	12,0%	12,7%	1.257	0	0	36.730	14,8	25,8	30,0	1.743	4,6%	0,05
EEM 2	3,3%	3,5%	345	0	0	90.874	48,0	56,8	30,0	-44.166	-6,7%	-0,49
EEM 3	32,1%	38,0%	3.375	3.441	382	20.782	2,2	2,3	15,0	60.111	42,2%	2,89
EEM 4	10,6%	9,7%	1.117	0	0	3.789	3,5	3,9	20,0	10.121	27,5%	2,67

Dall'analisi del caso con incentivi emerge che gli interventi EEM1, EEM3 e EEM4 hanno un tempo di ritorno TRS inferiore alla loro vita utile e risultano tutti e tre economicamente convenienti.

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 ottimali 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 intenderanno accettabili le soluzioni che verificano i seguenti scenari economici:

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

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

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

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

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

Dove:

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

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

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

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

Essi sono così definiti:

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

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

Dove:

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

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

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

Dove:

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

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

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

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

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

Si sono quindi 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: EEM3 + EEM4:** Tale scenario consiste nella sostituzione del sistema di generazione con pompa di calore ed installazione dell'impianto fotovoltaico.
- **Scenario 2: EEM1 + EEM3 + EEM4:** Tale scenario consiste nell'isolamento della copertura piana, nella sostituzione del sistema di generazione con pompa di calore e installazione dell'impianto fotovoltaico.

9.3.1 Scenario 1: EEM3 + EEM4

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

- EEM 3: sostituzione del generatore di calore con pompa di calore
- EEM 4: installazione di impianto fotovoltaico

Tabella 9.8 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 1

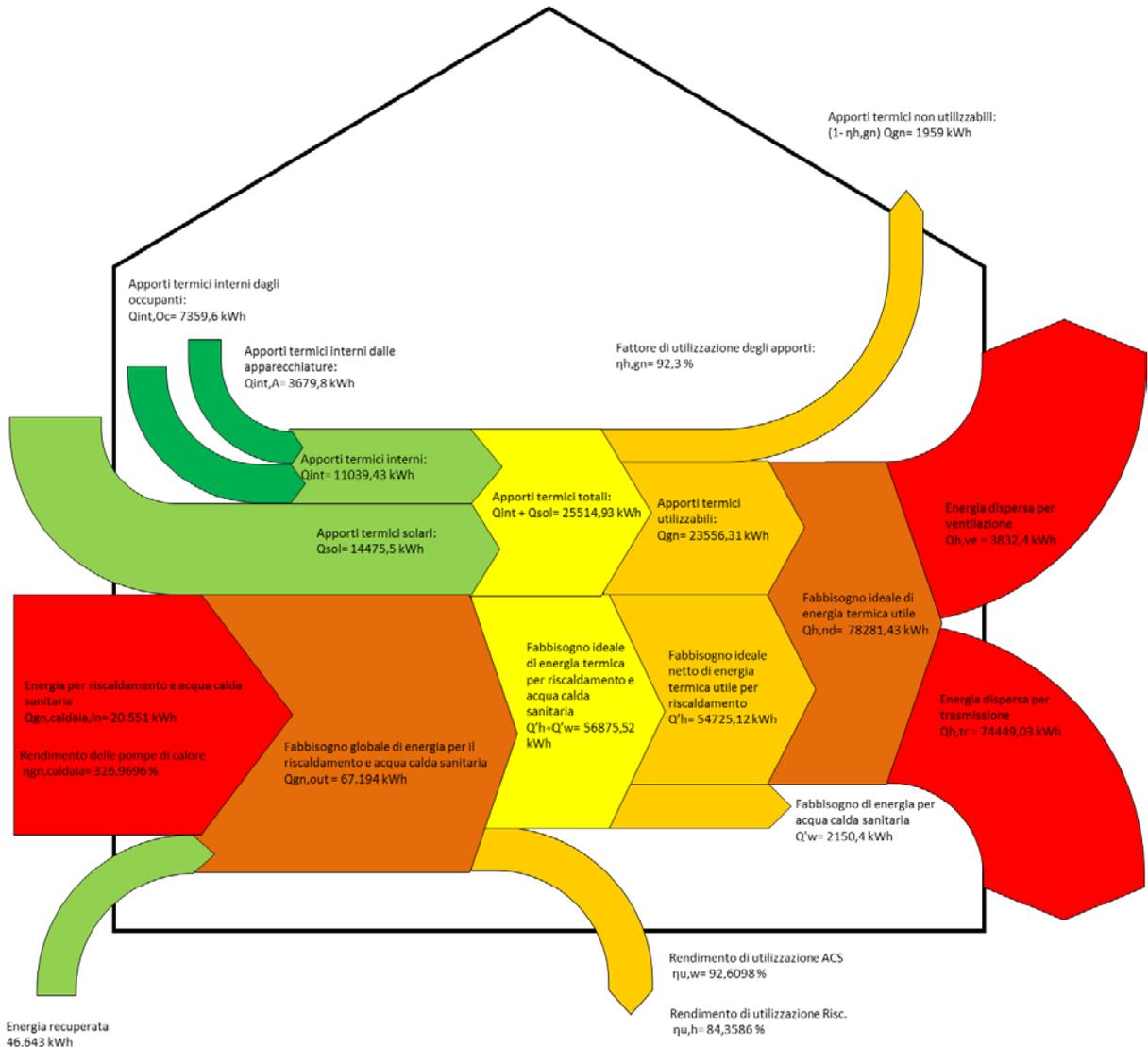
VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA Al 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM3 Fornitura & Posa	15.486	3.407	18.892
EEM4 Fornitura & Posa	2.823	621	3.444
Costi per la sicurezza	549	121	670
Costi per la progettazione	1.282	282	1.564
TOTALE (I₀)	20.139	4.431	24.570
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO} (IVA INCLUSA)	C _{MS} (IVA INCLUSA)	C _M (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM3 O&M	3.441	382	3.823
EEM4 O&M	-	-	-
TOTALE (C_M)	3.441	382	3.823
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	
		[€]	
Incentivi	Conto termico	13.508	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		2.702	

Tabella 9.9– Stima dell’incentivo da Conto Termico

STIMA INCENTIVO CONTO TERMICO	
	$I_{a\ tot} = Q_u \cdot [1 - 1 / (COP)] \cdot C_i$
	Dove
Percentuale spesa ammissibile	$I_{a\ tot}$ = incentivo annuo (rata annua) in euro Q_u : calore totale prodotto dall'impianto, espresso in kWh C_i : coefficiente di valorizzazione dell'energia termica prodotta
	<i>Riferimento: Regole Applicative Conto Termico - 5.8.4 Calcolo dell'incentivo</i>
Costo massimo ammissibile	n.a.
Valore massimo incentivo	65%

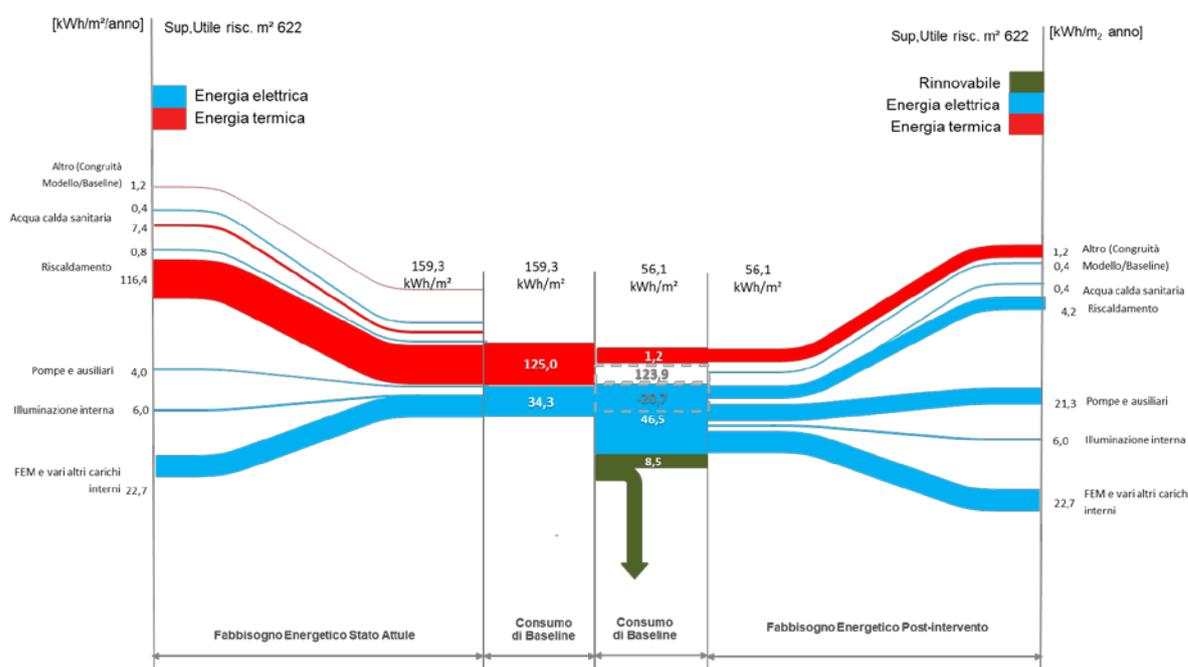
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di sankey relativo alle situazioni post-intervento.

Figura 9.9 – SCN1: Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico post intervento



Dall'analisi dei diagrammi di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio post intervento è possibile notare un rendimento delle pompe di calore superiore al 100% e risulta presente dell'energia recuperata dall'aria esterna, sfruttata come sorgente dalla pompa di calore. Il rendimento di utilizzazione per il riscaldamento è 93% mentre quello per la produzione di acs è 84%.

Figura 9.10 – SCN1: Bilancio energetico complessivo dell'edificio post intervento



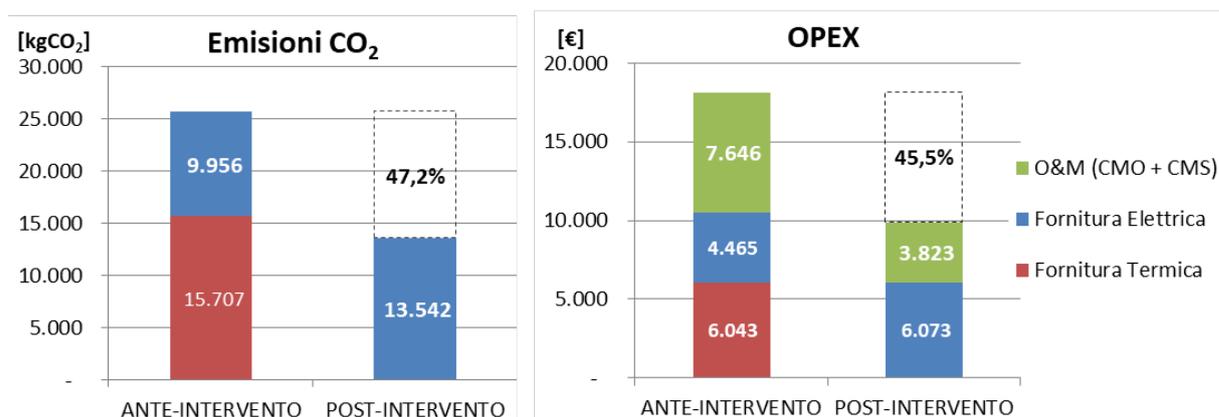
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella Tabella 9.10 e nella Figura 9.11

Tabella 9.10 – Risultati analisi SCN1 – EEM3+EEM4

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM3 Rendimento generatore di calore risc	[%]	88	236	-168,2%
EEM4 Produzione energia da FER	[kWh/anno]	0	5273	-
$Q_{teorico}$	[kWh]	77.040	-	100,0%
$EE_{teorico}$	[kWh]	21.078	28.671	-36,0%
$Q_{baseline}$	[kWh]	77.759	-	100,0%
$EE_{baseline}$	[kWh]	21.318	28.997	-36,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	15.707	-	100,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	9.956	13.542	-36,0%
Emiss. CO2 Totale	[kgCO₂]	25.663	13.542	47,2%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	6.043	-	100,0%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	4.465	6.073	-36,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	10.508	6.073	42,2%
Costo Manutenzione Ordinaria, C_{MO}	[€]	6.881	3.441	50,0%
Costo Manutenzione Straordinaria, C_{MS}	[€]	765	382	50,0%
Costo per O&M ($C_M = C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	7.646	3.823	50,0%
OPEX	[€]	18.154	9.896	45,5%
Classe energetica	[-]	D	B	+2 classi

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: 0,078 [€/kWh] per il vettore termico e 0,209 [€/kWh]

Figura 9.11 - 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 9.11,

Tabella 9.12 e Tabella 9.13 e nelle successive figure.

Tabella 9.11 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN1–EEM3+EEM4

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	3
Anni Equity	n_E	14
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_0	€ 24.570
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 737
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 25.307
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€ 20.246
Equity	I_E	€ 5.061
Fattore di annualità Debito	FA_D	2,83
Rata annua debito	q_D	€ 7.153

Costo finanziamento, (D+INT ₀)	$q_0 \cdot n_0$	€	21.459
Costi per interessi debito, INT ₀	$INT_0 = q_0 \cdot n_0 \cdot D$	€	1.214

Tabella 9.12 – Parametri Economici dell'analisi di redditività dello SCN1

PARAMETRI ECONOMICI			
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€	8.613
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€	6.267
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€	14.880
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€	-
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$		42,2%
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$		50,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$		5,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€	6.175
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€	744
Risparmio PA durante la concessione	14%	€	34.935
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€	8.099
N° di Canoni annuali	anni		14
Utile lordo della ESCO	%CAPEX		256,89%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	€	4.644
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€	87
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€	700
Canone O&M €/anno	CnM	€	3.254
Canone Energia €/anno	CnE	€	5.452
Canone Servizi €/anno IVA escl.	CnS	€	8.705
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	CnD	€	5.431
Canone Totale €/anno IVA escl.	Cn	€	14.136
Aliquota IVA %	IVA		22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€	4.431
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€	11.072
Durata Incentivi, anni	n_B		5
Inizio erogazione Incentivi, anno			2022

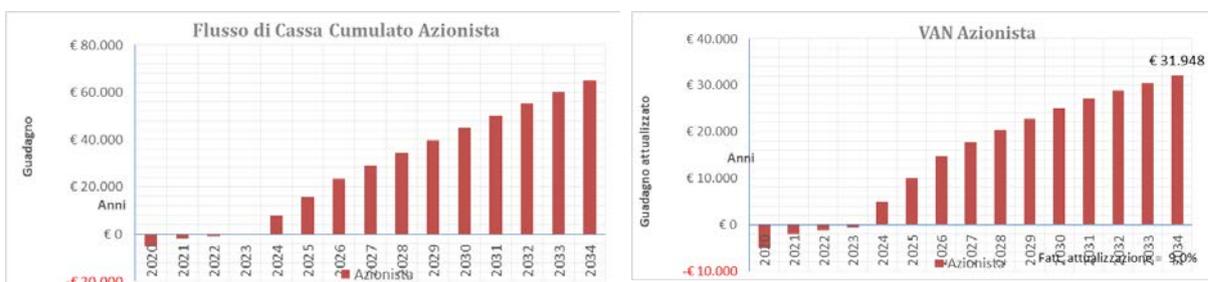
Tabella 9.13 – Risultati dell'analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN1

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.		3,85
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		4,11
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€	46.343
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC		31,23%
Indice di Profitto	IP		188,61%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.		4,01
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		4,12
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€	31.948
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke		64,27%
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3		1,042
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1		5,252

Figura 9.12 –SCN1: Flussi di cassa del progetto



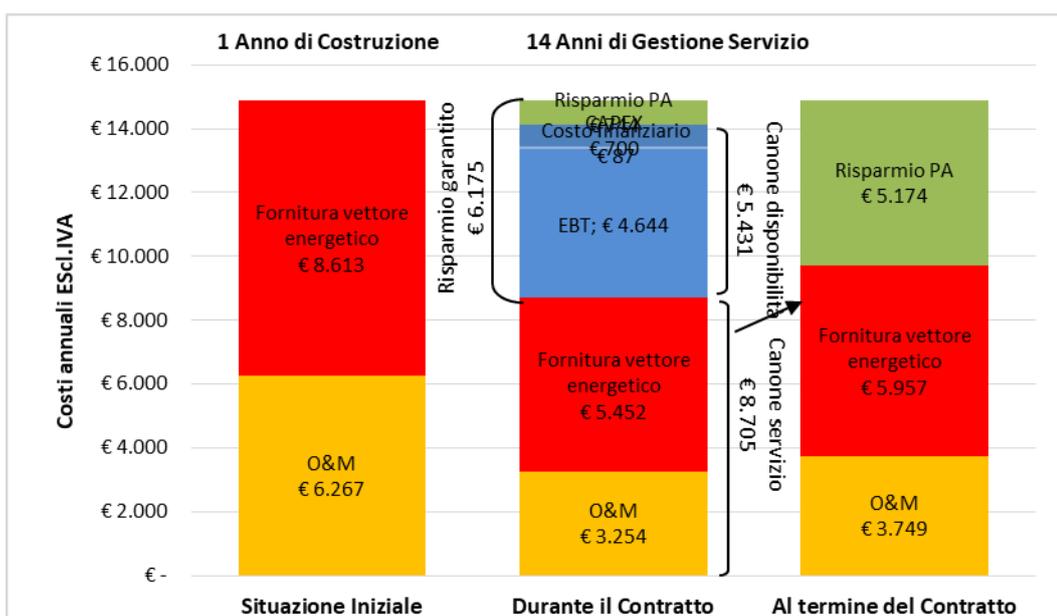
Figura 9.13 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



Dall'analisi effettuata è emerso che lo Scenario 1 ha un TRS intorno ai 4 anni e risulta conveniente con LLCR > 1 e DSCR < 1,3.

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 9.14.

Figura 9.14 – Scenario 1: Schema di Energy Performance Contract



9.3.2 Scenario 2: EEM1 + EEM3 + EEM4

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

- EEM 1: isolamento dall'esterno della copertura piana
- EEM 3: sostituzione del generatore di calore con pompa di calore
- EEM 4: installazione di impianto fotovoltaico

Tabella 9.14 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 2

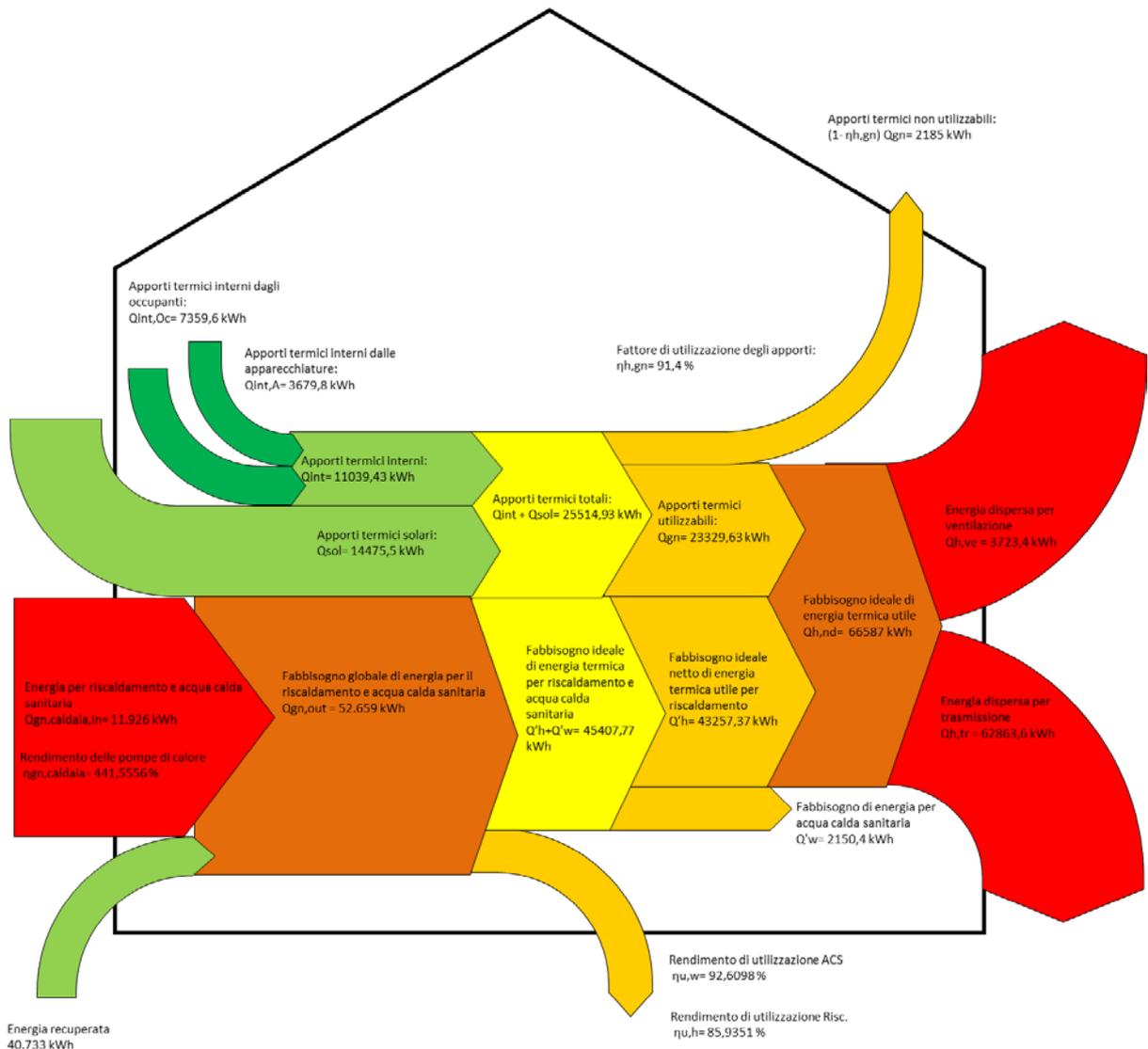
VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA AI 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 Fornitura & Posa	27.370	6.021	33.391
EEM3 Fornitura & Posa	15.486	3.407	18.892
EEM4 Fornitura & Posa	2.823	621	3.444
Costi per la sicurezza	1.370	301	1.672
Costi per la progettazione	3.197	703	3.901
TOTALE (I₀)	50.246	11.054	61.300
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO} (IVA INCLUSA)	C _{MS} (IVA INCLUSA)	C _M (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 O&M	-	-	-
EEM3 O&M	3.441	382	3.823
EEM4 O&M	-	-	-
TOTALE (C_M)	3.441	382	3.823
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	
		[€]	
Incentivi	Conto termico	33.710	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		6.742	

Tabella 9.15– Stima dell'incentivo da Conto Termico

STIMA INCENTIVO CONTO TERMICO	
Percentuale spesa ammissibile per EEM1	55%
Percentuale spesa ammissibile per EEM3	65%
Costo massimo ammissibile per EEM1	200 €/m ²
Costo massimo ammissibile per EEM3	n.a.
Valore massimo incentivo EEM1	100.000 €
Valore massimo incentivo EEM3	65% della spesa

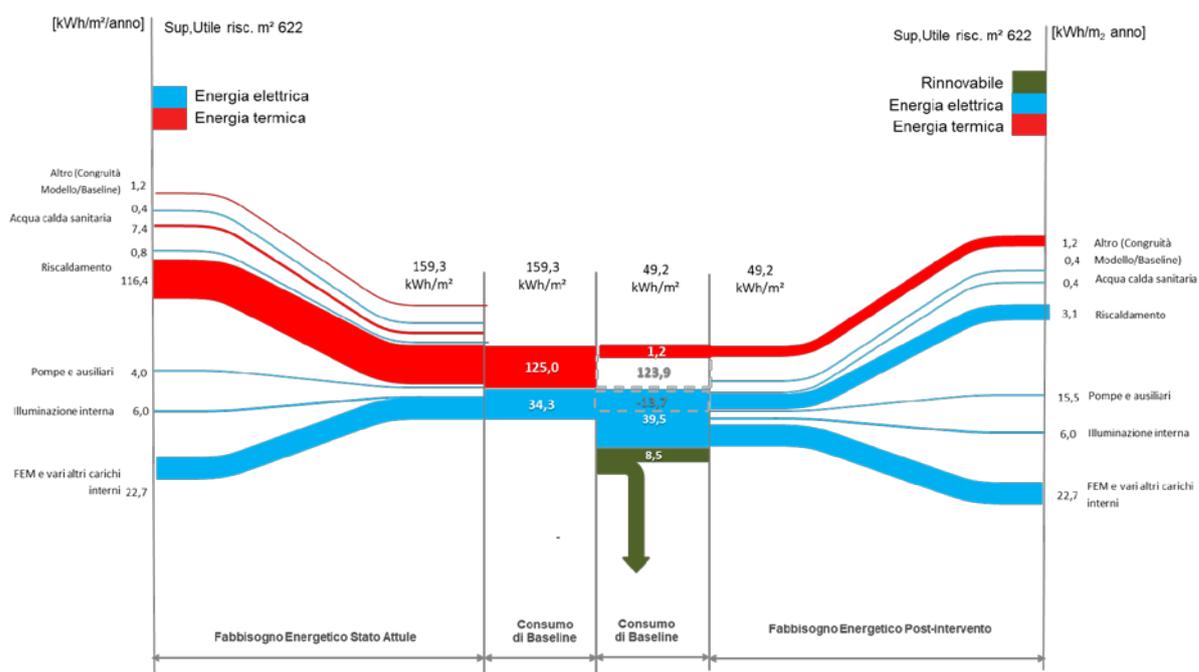
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di sankey relativo alle situazioni post-intervento.

Figura 9.15 – SCN2: Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico post intervento



Dall'analisi dei diagrammi di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio post intervento è possibile notare che i rendimenti di generazione delle pompe di calore è superiore al 100% e risulta presente dell'energia recuperata dall'aria esterna, sfruttata come sorgente dalla pompa di calore. È inoltre presente energia da fonte rinnovabile e il rendimento di utilizzazione per il riscaldamento è 93% mentre quello per la produzione di acs è 86%.

Figura 9.16 – SCN2: Bilancio energetico complessivo dell'edificio post intervento



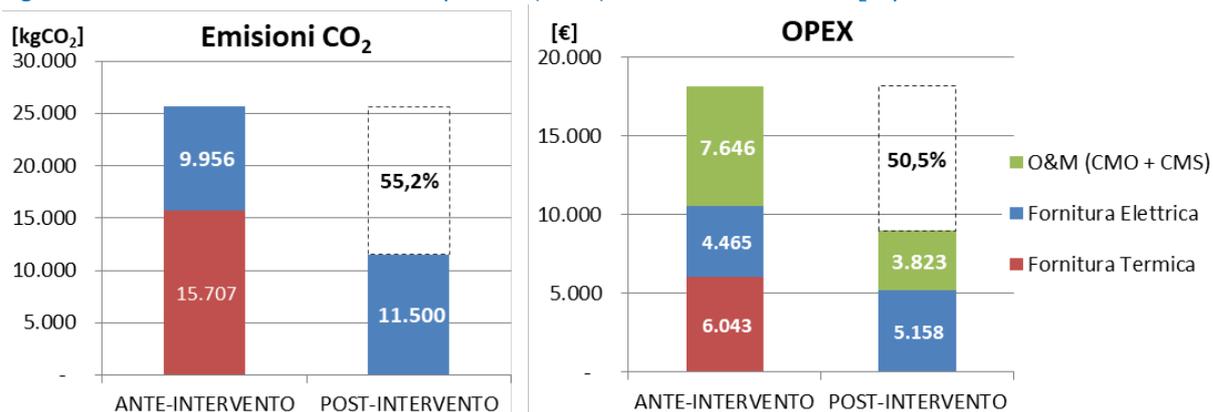
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario 2 sono riportati nella Tabella 9.16 e nella Figura 9.17.

Tabella 9.16 – Risultati analisi SCN2 – EEM1+EEM3+EEM4

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM1 Trasmittanza	[W/m²K]	0,66	0,22	66,7%
EEM3 Rendimento generatore di calore risc	[%]	88	236	-168,2%
EEM4 Produzione energia da FER	[kWh/anno]	0	5273	-
$Q_{teorico}$	[kWh]			
$EE_{teorico}$	[kWh]	77.040	-	100,0%
$Q_{baseline}$	[kWh]	21.078	24.349	-15,5%
$EE_{baseline}$	[kWh]	77.759	-	100,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	21.318	24.626	-15,5%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	15.707	-	100,0%
Emiss. CO2 Totale	[kgCO₂]	9.956	11.500	-15,5%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	25.663	11.500	55,2%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	6.043	-	100,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	4.465	5.158	-15,5%
Costo Manutenzione Ordinaria, C_{MO}	[€]	10.508	5.158	50,9%
Costo Manutenzione Straordinaria, C_{MS}	[€]	6.881	3.441	50,0%
Costo per O&M ($C_M = C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	765	382	50,0%
OPEX	[€]	7.646	3.823	50,0%
Classe energetica	[-]	D	A1	+3 classi

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: 0,093 [€/kWh] per il vettore termico e 0,209 [€/kWh]

Figura 9.17 – SCN2: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline

E' stato quindi possibile presentare un modello semplificato di Piano Economico Finanziario (PEF) indicativo, i cui calcoli di dettaglio sono riportati all'Allegato L – Piano Economico Finanziario scenari.

I risultati dell'analisi sono riportati nella Tabella 9.17, Tabella 9.18, Tabella 9.19 e nelle successive figure.

Tabella 9.17 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN2–EEM1+EEM3+EEM4

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	n_i	1
Anni Gestione Servizio	n_s	24
Anni Concessione	n	25
Anno inizio Concessione	n_0	2020
Anni dell'ammortamento	n_A	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	k_{cdp}	2,00%
Costo Capitale Azienda	WACC	4,00%
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{cdp})$	$k_{progetto}$	4,00%
Inflazione ISTAT	f	0,50%
deriva dell'inflazione	f'	0,70%
%, interessi debito	k_D	3,82%
%, interessi equity	k_E	9,00%
Aliquota IRES	IRES	24,0%
Aliquota IRAP	IRAP	3,9%
Aliquota fiscale	τ	27,90%
Anni debito (finanziamento)	n_D	10
Anni Equity	n_E	24
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_0	€ 61.300
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 1.839
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 63.139
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€ 50.511
Equity	I_E	€ 12.628
Fattore di annualità Debito	FA_D	8,30
Rata annua debito	q_D	€ 6.084
Costo finanziamento,(D+INT _D)	$q_D * n_D$	€ 60.844
Costi per interessi debito, INT _D	$INT_D = q_D * n_D - D$	€ 10.332

Tabella 9.18 – Parametri Economici dell'analisi di redditività dello SCN2

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€ 8.613
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€ 6.267
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€ 14.880
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$	50,9%
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$	50,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$	5,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€ 6.617
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€ 744
Risparmio PA durante la concessione	14%	€ 79.975
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€ 10.140
N° di Canoni annuali	anni	24
Utile lordo della ESCO	$\% CAPEX$	168,13%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	€ 4.423
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€ 431
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€ 1.019
Canone O&M €/anno	CnM	€ 3.337
Canone Energia €/anno	CnE	€ 4.926
Canone Servizi €/anno IVA escl.	CnS	€ 8.263
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	CnD	€ 5.873
Canone Totale €/anno IVA escl.	Cn	€ 14.136
Aliquota IVA %	IVA	22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€ 11.054
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€ 27.631
Durata Incentivi, anni	n_B	5
Inizio erogazione Incentivi, anno		2022

Tabella 9.19 – Risultati dell'analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN2

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	5,76
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	6,42
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€ 62.808
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC	16,13%
Indice di Profitto	IP	102,46%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	2,16
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	2,37
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€ 37.995
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke	62,73%
Debit Service Cover Ratio	DCSR > 1,3	1,544
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1	3,130
Indice di Profitto Azionista	IP	61,98%

Figura 9.18 –SCN2: Flussi di cassa del progetto



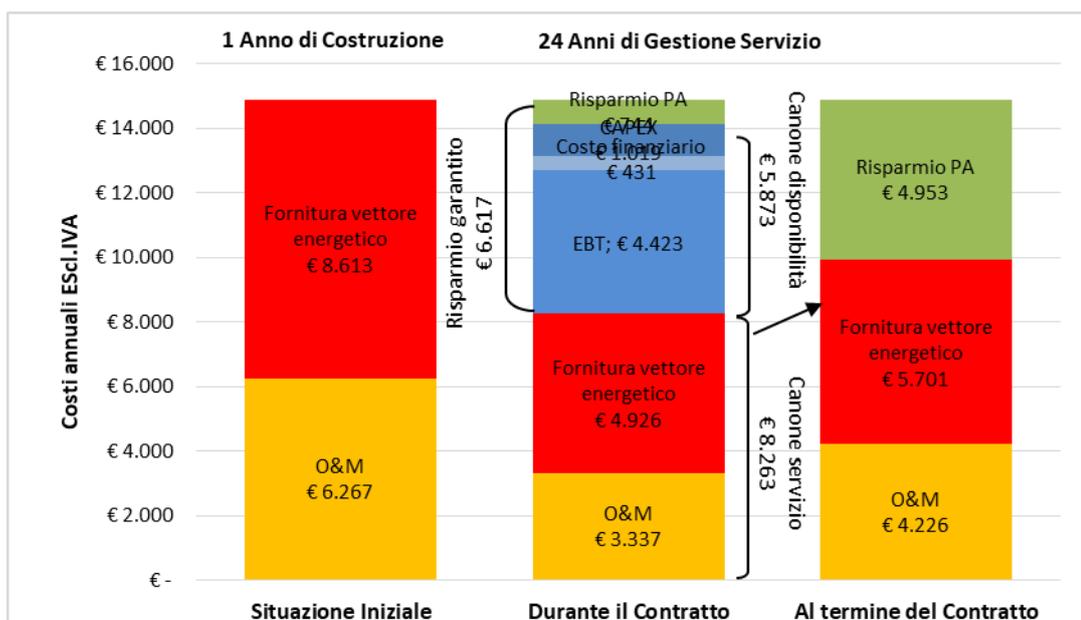
Figura 9.19 – SCN2: Flussi di cassa dell'azionista



Dall’analisi effettuata è emerso che lo Scenario 2 ha un TRS lato ESCO è vicino ai 2 anni, DSCR >1,3 e LLCR > 1,0 quindi risulta conveniente.

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 9.20

Figura 9.20 – 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	2017	2014	2015	2017
Gas Naturale	-	-	12,6	-	-	-
Energia elettrica	-	-	-	-	-	26,0

10.2 RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI

Lo scenario 1 (SNC1) prevede il salto di 2 classi energetiche mediante la sostituzione dei generatori con pompe di calore e installazione di impianto fotovoltaico.

Lo scenario 2 (SNC2) prevede il salto di 3 classi energetiche mediante l'isolamento della copertura, la sostituzione dei generatori con pompe di calore e installazione di impianto fotovoltaico.

Nel caso con incentivi, in termini di sostenibilità finanziaria degli investimenti, entrambi gli scenari risultano convenienti con VAN positivi, LLCR maggiore di 1; solo lo scenario 2 ha DSCR maggiore di 1,3.

	CON INCENTIVI													
	%Δ _E	%Δ _{CO2}	ΔC _E	ΔC _{MO}	ΔC _{MS}	I ₀	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP	DSCR	LLCR
	[%]	[%]	[€/a]	[€/a]	[€/a]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]		
SCN 1	42,2%	47,2%	4.435	3.441	382	24.570	4,0	4,1	15,0	31.948	64,3%	1,30	1,0	5,3
SCN 2	50,9%	55,2%	5.350	3.441	382	61.300	2,2	2,4	25,0	37.995	62,7%	0,62	1,5	3,1

Nel caso senza incentivi, in termini di sostenibilità finanziaria degli investimenti, entrambi gli scenari risultano economicamente convenienti e con valori di LLCR maggiori di 1; entrambi i valori di DSCR risultano invece inferiori a 1,3.

	SENZA INCENTIVI													
	%Δ _E	%Δ _{CO2}	ΔC _E	ΔC _{MO}	ΔC _{MS}	I ₀	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP	DSCR	LLCR
	[%]	[%]	[€/a]	[€/a]	[€/a]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]		
SCN 1	42,2%	47,2%	4.435	3.441	382	24.570	4,8	5,0	15,0	24.046	45,6%	0,98	0,9	4,5
SCN 2	50,9%	55,2%	5.350	3.441	382	61.300	3,8	11,1	25,0	18.275	25,32%	0,30	1,2	2,9

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 alti rendimenti;
- non è stata constatata la presenza di significative dispersioni di calore attraverso l'involucro;
- non è stato constatato un discomfort termoigrometrico degli ambienti.

Si sottolinea che gli scenari SCN1 e SCN2 sono stati definiti in modo da rispettare i vincoli della committenza (salto superiore a due classi e tempi di ritorno rispettivamente inferiori a 15 e 25 anni).

Non si ritiene prioritario intervenire sul miglioramento delle prestazioni dell'involucro poiché l'edificio è di recente costruzione (2014).

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

ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA

	Titolo	Data	Nome file
01	STATO ATTUALE - PLANIMETRIA GENERALE-SEZIONE-PIANTA P.T.	12/2013	229APG-PE-02
02	PROGETTO - PLANIMETRIE E SEZIONI D'INSIEME	12/2013	229APG-PE-03
03	PROGETTO - PROSPETTI D'INSIEME	12/2013	229APG-PE-04
04	PROGETTO – PIANTA PIANO TERRA QUOTA +29.15 m	12/2013	229APG-PE-05
05	PROGETTO – PIANTA PIANO TERRA QUOTATA (+29.15 m)	12/2013	229APG-PE-06
06	PROGETTO – PIANTA PIANO TERRA QUOTA +33.50 m	12/2013	229APG-PE-07
07	PROGETTO – PIANTA COPERTURE	12/2013	229APG-PE-08
08	PROGETTO – PROSPETTI	12/2013	229APG-PE-09
09	PROGETTO – PROSPETTI	12/2013	229APG-PE-10
10	PROGETTO – SEZIONI	12/2013	229APG-PE-11
11	PROGETTO – DETTAGLIO INGRESSI A CASETTA	12/2013	229APG-PE-12
12	PROGETTO – SERVIZI IGIENICI DETTAGLIO	12/2013	229APG-PE-13
13	PROGETTO – ARREDI FISSI	12/2013	229APG-PE-14
14	PROGETTO – ABACO MURATURE	12/2013	229APG-PE-15
15	PROGETTO – ABACO PORTE E FINESTRE	12/2013	229APG-PE-16
16	PROGETTO – TAVOLA COLORI	12/2013	229APG-PE-17
17	IMPIANTO ICRICO SANITARIO-DISTRIBUZIONE	12/2013	ESECUTIVO - 56E-IDRICO SANITARIO
18	IMPIANTO GAS METANO RISCALDAMENTO RADIATORI	12/2013	ESECUTIVO - 58E-RISCALDAMENTO - radiatori
19	IMPIANTO RISCALDAMENTO A PAVIMENTO	12/2013	ESECUTIVO - 59E-RISCALDAMENTO - pavimento
20	IMPIANTO DEFLUENZE ACQUE NERE E VENTILAZIONE - DISTRIBUZIONE	12/2013	ESECUTIVO - 60E-ACQUE NERE E VENTILAZIONE
21	IMPIANTO TERMOIDRAULICO – SCHEMA DI DISTRIBUZIONE	12/2013	ESECUTIVO - 63E-SCHEMA IDRAULICO
22	IMPIANTO IDRO SANITARIO – SCHEMA DI DISTRIBUZIONE	12/2013	ESECUTIVO -64E-IDRICO SANITARIO
23	IMPIANTO DI RISCALDAMENTO A PAVIMENTO	12/2013	ESECUTIVO -65E -RISCALDAMENTO - pavimento
24	IMPIANTO ELETTRICO DI POTENZA E SEGNALI	12/2013	ESECUTIVO - 51E-ELETTRICO - fm
25	IMPIANTO ELETTRICO ILLUMINAZIONE NORMALE ED EMERGENZA	12/2013	ESECUTIVO - 52E-ELETTRICO - luci
26	IMPIANTO ELETTRICO IMPIANTO DI TERRA E DISTRIBUZIONE	12/2013	ESECUTIVO - 53E-ELETTRICO - distribuzione
27	IMPIANTO ELETTRICO QUADRI ELETTRICI DI DISTRIBUZIONE	12/2013	ESECUTIVO - 54E-ELETTRICO - quadri elettrici
28	SCHEMI A BLOCCHI DI DISTRIBUZIONE	12/2013	ESECUTIVO - 55E-ELETTRICO - schemi
29	FATTURA DEL 22/09/2014	-	5700320256
30	FATTURA DEL 14/10/2014	-	5700345638
31	FATTURA DEL 17/11/2014	-	5700397633
32	FATTURA DEL 12/12/2014	-	5700411615
33	FATTURA DEL 24/02/2015	-	5700448338
34	FATTURA DEL 06/03/2015	-	5700493164
35	FATTURA DEL 17/03/2015	-	5700544358
36	FATTURA DEL 17/03/2015	-	5700544358
37	FATTURA DEL 13/04/2015	-	5750082011
38	FATTURA DEL 24/06/2015	-	411504520341
39	FATTURA DEL 10/07/2015	-	411504902073
40	FATTURA DEL 11/08/2015	-	411505673850
41	FATTURA DEL 10/09/2015	-	411506452551
42	FATTURA DEL 10/10/2015	-	411507326865
43	FATTURA DEL 10/11/2015	-	411508002863
44	FATTURA DEL 10/12/2015	-	411508831241
45	FATTURA DEL 28/01/2016	-	411600668488
46	FATTURA DEL 09/02/2016	-	411600996520
47	FATTURA DEL 11/03/2016	-	411601994120
48	FATTURA DEL 08/04/2016	-	411602745901
49	FATTURA DEL 28/06/2016	-	011640025277
50	FATTURA DEL 13/10/2016	-	011640087949

*E1360 – Asilo Nido Bruco Pellegrino*

51	FATTURA DEL 28/06/2016	-	011640025277
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 16/02/2017	-	011740023046
59	FATTURA DEL 19/04/2017	-	011740058782
60	FATTURA DEL 13/06/2017	-	011740083888
61	FATTURA DEL 13/09/2017	-	011740147489
62	FATTURA DEL 13/07/2017	-	011740103344
63	FATTURA DEL 16/08/2017	-	011740123973
64	FATTURA DEL 16/10/2017	-	011740155462
65	FATTURA DEL 15/11/2017	-	011740183847
66	FATTURA DEL 25/07/2014	-	20141122054
67	FATTURA DEL 15/07/2015	-	P150008978
68	FATTURA DEL 18/08/2015	-	P150012621
69	FATTURA DEL 16/09/2015	-	P150018601
70	FATTURA DEL 16/10/2015	-	P150032785
71	FATTURA DEL 16/11/2015	-	P150041248
72	FATTURA DEL 30/12/2015	-	20152364
73	FATTURA DEL 16/12/2015	-	P150044516
74	FATTURA DEL 19/01/2016	-	P160003352
75	FATTURA DEL 16/02/2016	-	P160009906
76	FATTURA DEL 16/03/2016	-	P160022665
77	FATTURA DEL 15/04/2016	-	P160028442
78	FATTURA DEL 06/05/2016	-	EX15064/2016
79	FATTURA DEL 18/05/2016	-	P160036697
80	FATTURA DEL 10/06/2016	-	EX19105/2016
81	FATTURA DEL 04/07/2016	-	EX22891/2016
82	FATTURA DEL 08/08/2016	-	EX26898/2016
83	FATTURA DEL 05/09/2016	-	EX31008/2016
84	FATTURA DEL 06/10/2016	-	EX33532/2016
85	FATTURA DEL 14/11/2016	-	EX38842/2016
86	FATTURA DEL 12/12/2016	-	EX43771/2016
87	FATTURA DEL 10/01/2017	-	EX03009/2017
88	FATTURA DEL 31/01/2017	-	EX07677/2017
89	FATTURA DEL 28/02/2017	-	EX13231/2017
90	FATTURA DEL 31/03/2017	-	EX17721/2017
91	FATTURA DEL 31/03/2017	-	EX26087/2017
92	FATTURA DEL 30/04/2017	-	EX25322/2017
93	FATTURA DEL 31/05/2017	-	EX28909/2017
94	FATTURA DEL 30/06/2017	-	EX35512/2017
95	FATTURA DEL 31/07/2017	-	EX40631/2017
96	FATTURA DEL 31/08/2017	-	EX45404/2017
97	FATTURA DEL 30/09/2017	-	EX50205/2017
98	FATTURA DEL 31/10/2017	-	EX55094/2017
99	FATTURA DEL 30/11/2017	-	EX60153/2017
100	FATTURA DEL 31/12/2017	-	EX03612/2018

ALLEGATO B – ELABORATI

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO B – ELABORATI P00	03/2018	DE_Lotto.2-E1360_revA-AllegatoB-ElaboratoPlanimetricoP0
03	ALLEGATO B – ANALISI FATTURE	03/2018	DE_Lotto.2-E1360_revA-AllegatoB-AnalisiFattureFornituraElettrica
04	ALLEGATO B – ANALISI FATTURE	03/2018	DE_Lotto.2-E1360_revA-AllegatoB-AnalisiFattureFornituraGas
06	ALLEGATO B- DEFINIZIONE DEL MODELLO ELETTRICO	04/2018	DE_Lotto.2-E1360_revA-AllegatoB-DefinizioneDelModelloElettrico
07	ALLEGATO B –DETTAGLIO DEI CALCOLI DELLE SINGOLE EEM	04/2018	E1360 Grafici_Template_rev13

ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA	03/2018	DE_Lotto.2-E1360_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

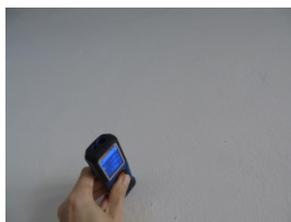
Distanziometro e bindella metrica

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 riporta una fotografia che documenta 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.

E1360 – Asilo Nido Bruco Pellegrino

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

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



MISURE ILLUMINOTECNICHE

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

ANALISI TERMOGRAFICA

Si veda ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA.

RILIEVO TERMOFLUSSIMETRO

Metodi di calcolo e misura della trasmittanza

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

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

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

Stima della trasmittanza della muratura dell'edificio oggetto di audit

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

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

RILIEVI TERMOIGROMETRICI

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

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

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

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

Di seguito si riporta la fotografia che documenta 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-E1360_revA-AllegatoE-RelazioneDiCalcolo
02	ALLEGATO E – EXCEL DETTAGLIO DEI CALCOLI	04/2018	DE_Lotto.2-E1360_revA-AllegatoE-DettagliDiCalcolo

ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE	03/2017	DE_Lotto.2-E1360_revA-AllegatoF-CertificatoDiConformita

**ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA**

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA	01/2018	DE_Lotto.2-E1360_revA-AllegatoG-ApeStatoDiFatto

ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARIO 1	04/2018	DE_Lotto.2-E1360_revA-AllegatoH-ApeScenario1
02	ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARIO 2	04/2018	DE_Lotto.2-E1360_revA-AllegatoH-ApeScenario2

ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO I – DATI CLIMATICI	04/2018	DE_Lotto.2-E1360_revA-AllegatoI-Dati climatici

ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT	04/2018	DE_Lotto.2-E1360_revA-AllegatoJ-SchedaAudit

ALLEGATO K – SCHEDE ORE

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO K – SCHEDE ORE	03/2018	DE_Lotto.2-E1360_revA-AllegatoK-SchedeOre

ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO L – PEF SCENARI CON INCENTIVO	04/2018	DE_Lotto.2-E1360_revA-AllegatoL-AnalisiPEF_con incentivi
02	ALLEGATO L – PEF SCENARI SENZA INCENTIVO	04/2018	DE_Lotto.2-E1360_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-E1360_revA-AllegatoM-ReportDiBenchmark

ALLEGATO N – CD-ROM