

Scuola elementare d'Albertis

E773

Via Gaspare Buffa 36

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA

FONDO KYOTO - SCUOLA 3



Agosto 2018

COMUNE DI GENOVA
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER



Scuola elementare d'Albertis

E773

Via Gaspare Buffa 36

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA

FONDO KYOTO - SCUOLA 3

Agosto 2018

COMUNE DI GENOVA

STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER

Comune di Genova – Area Tecnica – Struttura di Staff Energy Manager

Via Di Francia 1 – 18° Piano Matitone – 16149 – Genova

Tel 010 5573560 – 5573855; energymanager@comune.genova.it; www.comune.genova.it

FABRYCA srl Società di Ingegneria

Via Matteotti, 20 – 26838 Tavazzano con Villavesco (LO)

genova.auditlotto7@fabryca.it

REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI

Revisione	Data	Realizzazione	Revisione	Approvazione	Descrizione
1	03/08/2018	Ing. BERTONI LUCA	Arch. TOMA MAURIZIO Responsabile	Ing. BERTONI LUCA	Prima Pubblicazione
		Arch. TOMA MAURIZIO	Involucro		
		RAVERA PAOLO	Ing. BATTAGLIA OSCAR Responsabile Impianti		

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

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

INDICE

PAGINA

REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI	3
INDICE.....	I
PAGINA.....	I
EXECUTIVE SUMMARY	I
CARATTERISTICHE DELL’EDIFICIO OGGETTO DELLA DE	I
TABELLA 0.1 - TABELLA RIEPILOGATIVA DEI DATI DELL’EDIFICIO	I
1 INTRODUZIONE	1
1.1 PREMESSA	1
1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA	1
1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO.....	1
1.4 IDENTIFICAZIONE DELL’EDIFICIO.....	2
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO	3
1.6 STRUTTURA DEL REPORT	6
2 DATI DELL’EDIFICIO.....	7
2.1 INFORMAZIONI SUL SITO	7
2.2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE, SOCIO-ECONOMICO E DESTINAZIONE D’USO	8
TABELLA 2.1 - SUDDIVISIONE IN PIANI DELL’EDIFICIO	8
2.3 VERIFICA DEI VINCOLI INTERFERENTI SULLE PARTI DELL’IMMOBILE INTERESSATE DAGLI ’INTERVENTI.....	9
2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO.....	10
3 DATI CLIMATICI	11
3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO.....	11
I GG COSÌ CALCOLATI DEFINISCONO I GG_{RIF} AI FINI DEL PROCESSO DI NORMALIZZAZIONE DI CUI AL CAPITOLO	
5.1.1.....	12
TABELLA 3.2 – PROFILI MENSILI DEI GGRIF.....	12
3.2 DATI CLIMATICI REALI.....	12
3.3 ANALISI DELL’ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO	13
4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI	15
4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL’INVOLUCRO EDILIZIO.....	15
4.1.1 <i>Involucro opaco</i>	15
TABELLA 4.1 – TRASMITTANZE TERMICHE DEI COMPONENTI DELL’INVOLUCRO OPACO.....	17
4.1.2 <i>Involucro trasparente</i>	17
4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/ CLIMATIZZAZIONE INVERNALE.....	19
4.2.1 <i>Sottosistema di emissione</i>	19
4.2.2 <i>Sottosistema di regolazione</i>	20
4.2.3 <i>Sottosistema di distribuzione</i>	21
IL RENDIMENTO COMPLESSIVO DEL SOTTOSISTEMA DI DISTRIBUZIONE È STATO ASSUNTO NELLA DE PARI AL	
87,80%.....	22
4.2.4 <i>Sottosistema di generazione</i>	22
4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA	23
4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE	23
4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE	24
5 CONSUMI RILEVATI	25
5.1 CONSUMI ENERGETICI STORICI PER CIASCUN VETTORE E CONNESSIONE ALLE RETI GAS NATURALE ED ELETTRICA.....	25
5.1.1 <i>Energia termica</i>	25



5.1.2	Energia elettrica.....	28	
I PROFILI DI PRELIEVO MENSILI NEL TRIENNIO DI RIFERIMENTO PRESENTANO ANDAMENTI COSTANTI E REGOLARI, CON UNA RIDUZIONE DEI CONSUMI NEL PERIODO ESTIVO (LUGLIO – AGOSTO).....			31
5.2	INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI	31	
6	MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO.....	35	
6.1	METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO	35	
6.1.1	Validazione del modello termico	36	
6.1.2	Validazione del modello elettrico	37	
6.2	FABBISOGNI ENERGETICI.....	37	
6.3	PROFILI ENERGETICI MENSILI.....	39	
7	ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO	41	
7.1	COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI	41	
7.1.1	Vettore termico.....	41	
7.1.2	Vettore elettrico.....	43	
7.2	TARIFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI.....	47	
7.3	COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI.....	47	
TALI SERVIZI PREVEDONO IL PAGAMENTO DI UN CANONE ANNUALE DA PARTE DELLA PA PARI A 22.673,00 €.			47
7.4	BASELINE DEI COSTI.....	48	
TABELLA 7.8 – VALORI DI COSTO INDIVIDUATI PER IL CALCOLO DELLA BASELINE			48
8	IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA	50	
8.1	DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI	50	
8.1.1	Involucro edilizio	50	
EEM1: CAPPOTTO ESTERNO			50
DESCRIZIONE DEI LAVORI.....			50
PRESTAZIONI RAGGIUNGIBILI			50
EEM2: RIFACIMENTO COPERTURA			51
GENERALITÀ			51
DESCRIZIONE DEI LAVORI.....			51
PRESTAZIONI RAGGIUNGIBILI			51
EEM3: SOSTITUZIONE SERRAMENTI.....			52
DESCRIZIONE DEI LAVORI.....			53
PRESTAZIONI RAGGIUNGIBILI			53
8.1.1	Impianto riscaldamento.....	54	
EEM4: SOSTITUZIONE CALDAIA.....			54
DESCRIZIONE DEI LAVORI.....			54
PRESTAZIONI RAGGIUNGIBILI			54
EEM6: VALVOLE TERMOSTATICHE E POMPE A GIRI VARIABILI			55
DESCRIZIONE DEI LAVORI.....			56
PRESTAZIONI RAGGIUNGIBILI			56
8.1.2	Impianto di illuminazione ed impianto elettrico	57	
EEM5: SOSTITUZIONE LAMPADE.....			57



DESCRIZIONE DEI LAVORI.....	57
PRESTAZIONI RAGGIUNGIBILI	57
9 VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA.....	59
9.1 ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	59
EEM1: CAPPOTTO INTERNO	59
EEM2: ISOLAMENTO COPERTURA	60
EEM3: SOSTITUZIONE SERRAMENTI.....	62
EEM4: SOSTITUZIONE CALDAIA.....	64
EEM5: SOSTITUZIONE LAMPADINE CON LAMPADINE A LED	67
EEM6: VALVOLE TERMOSTATICHE E POMPE A GIRI VARIABILI	68
9.2 ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	70
EEM1: CAPPOTTO ESTERNO.....	72
I FLUSSI DI CASSA RAPPRESENTATIVI DELL'ANALISI SONO RIPORTATI NELLE FIGURA 9.1 E FIGURA 9.2.	72
DALL'ANALISI EFFETTUATA È EMERSO CHE L'INTERVENTO RISULTA CONVENIENTE SE ATTUATO SIA CON CHE SENZA INCENTIVI (TRS < 15 ANNI) E VAN POSITIVO.	72
EEM2: RIFACIMENTO COPERTURA	73
DALL'ANALISI EFFETTUATA È EMERSO CHE L'INTERVENTO RISULTA CONVENIENTE SE ATTUATO SIA CON CHE SENZA INCENTIVI (TRS < 15 ANNI) E VAN POSITIVO.	73
DALL'ANALISI EFFETTUATA È EMERSO CHE L'INTERVENTO RISULTA CONVENIENTE SE ATTUATO MEDIANTE INCENTIVI (TRS < 25 ANNI), MENTRE SENZA INCENTIVI RISULTA NON CONVENIENTE CON VAN NEGATIVO. ...	74
EEM4: CALDAIA A CONDESAZIONE	74
L'ANALISI DI CONVENIENZA EFFETTUATA PER LA EEM 4 PORTA ALLA VALUTAZIONE DEI SEGUENTI INDICI FINANZIARI:.....	74
DALL'ANALISI EFFETTUATA È EMERSO CHE L'INTERVENTO RISULTA CONVENIENTE SE ATTUATO SIA CON CHE SENZA INCENTIVI (TRS < 15 ANNI) E VAN POSITIVO.	75
DALL'ANALISI EFFETTUATA È EMERSO CHE L'INTERVENTO RISULTA POCO CONVENIENTE IN QUANTO VAN NEGATIVO, MA TRS < 15 ANNI CON INCENTIVI.	76
DALL'ANALISI EFFETTUATA È EMERSO CHE L'INTERVENTO RISULTA CONVENIENTE SE ATTUATO SIA CON CHE SENZA INCENTIVI (TRS < 15 ANNI) E VAN POSITIVO.	77
SINTESI	77
9.3 IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D'INTERVENTO E SCENARI D'INVESTIMENTO.....	79
9.3.1 Scenario 2: 25 anni	81
DALL'ANALISI EFFETTUATA È EMERSO CHE LO SCENARIO RISULTA CONVENIENTE PER TRS < 25 ANNI	86
9.3.2 Scenario 1: 15 anni:	86
DALL'ANALISI EFFETTUATA È EMERSO CHE LO SCENARIO RISULTA CONVENIENTE PER TRS < 15 ANNI.	91
10 CONCLUSIONI	92
10.1 RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA	92
10.2 RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI	92
10.3 CONCLUSIONI E COMMENTI.....	93
ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA.....	A
ALLEGATO B – ELABORATI	1
ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA	2



ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI	1
ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI	1
ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE	1
ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA	1
ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI.....	1
ALLEGATO I – DATI CLIMATICI.....	1
ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT.....	1
ALLEGATO K – SCHEDE ORE.....	1
ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI	1
ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK.....	1
ALLEGATO N – CD-ROM	1

EXECUTIVE SUMMARY

Caratteristiche dell'edificio oggetto della DE

Tabella 0.1 - Tabella riepilogativa dei dati dell'edificio

PARAMENTO	U.M.	VALORE
Anno di costruzione edificio		1967
Anno di ristrutturazione		-
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E.7 – Edifici adibiti ad attività scolastiche
Superficie utile riscaldata	[m ²]	2.026,16
Superficie disperdente (S)	[m ²]	4.003,64
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	8.347,08
Rapporto S/V	[1/m]	0,48
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	2.298,00
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	0
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	2.298,00
Tipologia generatore riscaldamento		Caldaia tradizionale
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	422
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	-
Tipo di combustibile		Gas metano
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler elettrico
Emissioni CO ₂ di riferimento ⁽¹⁾	[kg/anno]	57.511
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{tt} /anno]	155.661
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	12.327
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	55.818
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	5.134

Nota (1): Valori di Baseline

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

- EEM 1: CAPPOTTO INTERNO
- EEM 2: COPERTURA
- EEM 3: SOSTITUZIONE SERRAMENTI
- EEM 4: SOSTITUZIONE CALDAIA
- EEM 5: SOSTITUZIONE LAMPADE
- EEM 6: VALVOLE TERMOSTATICHE E POMPE A GIRI VARIABILI
- SCN 1: CAPPOTTO INTERNO, COPERTURA, SOSTITUZIONE SERRAMENTI, SOSTITUZIONE CALDAIA, SOSTITUZIONE LAMPADE, VALVOLE TERMOSTATICHE E POMPE A GIRI VARIABILI
- SCN 2: CAPPOTTO INTERNO, COPERTURA, SOSTITUZIONE CALDAIA, SOSTITUZIONE LAMPADE, VALVOLE TERMOSTATICHE E POMPE A GIRI VARIABILI

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												DSCR	LLCR
	% Δ E	% Δ CO ₂	Δ C _E	Δ C _{MO}	Δ C _{MS}	I ₀	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP		
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	anni	anni	anni	[€]	%	[-]		
EEM 1	35.2	20.2	4.505	7.177	0	118.402	5.8	7.9	30	90.508	13.3	0.76	n/a	n/a
EEM 2	15.0	8.6	1.927	3.0780	0	62.129	6.9	10.6	30	32.748	11.0	0.53	n/a	n/a
EEM 3	6.7	3.9	859	1.368	0	190.036	35.2	46.5	30	-69.833	-2.1	-0.37	n/a	n/a
EEM 4	14.3	5.5	1.153	2.916	0	36.245	4.8	6.6	15	17.232	13.6	0.48	n/a	n/a
EEM 5	0	0	0	0	0	53.769	17.7	20.2	10	-27.694	-18.2	-0.52	n/a	n/a
EEM 6	17.4	13.8	3.165	3553	0	19.781	3.2	3.5	15	39.169	30	1.98	n/a	n/a
SCN 1	71.3	70.4	12.441	14.946	2.053	480.773	9.02	12.7	30	155.346	8.24	32	1.107	14.48
SCN 2	66.9	66	11.683	14.091	2.023	290.326	6.74	8.38	30	99.158	10.2	34.1	1.324	1.503

Figura 0.1 – Scenario 1: analisi finanziaria

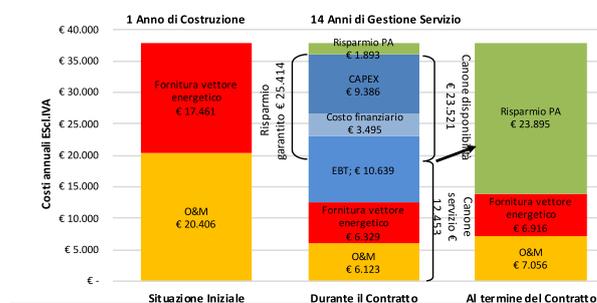
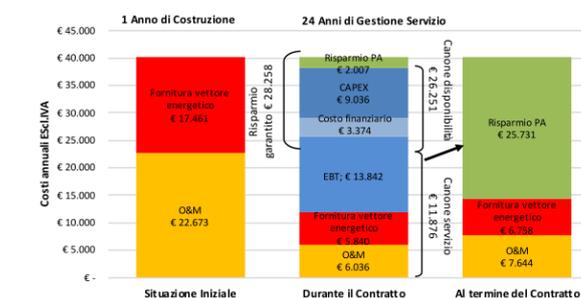


Figura 0.2 – Scenario 2: analisi finanziaria



Dall'analisi sia a con tempi di ritorno di 15 anni, che con tempi di ritorno di 25 anni, gli interventi risultano convenienti.

1 INTRODUZIONE

1.1 PREMESSA

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

Figura 1.1 - Vista della facciata



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

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

1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA

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

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

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

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

1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO

La presente DE è stata eseguita dalla **Società Fabryca S.r.l.**, il cui responsabile per il processo di audit è **l’ing. Luca Bertoni**, 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

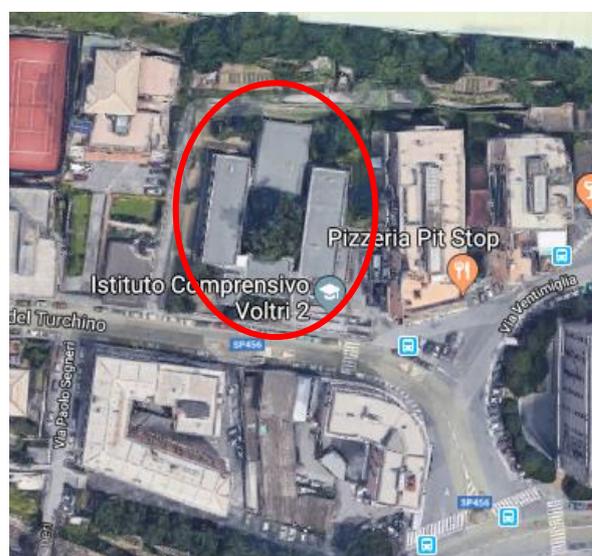
NOME E COGNOME	RUOLO	ATTIVITÀ SVOLTA
Maurizio Toma, Paolo Ravera		Sopralluogo in sito
Giordana Brognoli		Elaborazione dei dati relativi ai consumi energetici
Paolo Ravera		Elaborazione dei dati geometrici ed alla creazione del modello energetico
Maurizio Toma	Responsabile involucro	Revisione report di diagnosi energetica
Oscar Battaglia	Responsabile impianti	Revisione report di diagnosi energetica
Luca Bertoni	EGE	Approvazione report di diagnosi energetica

1.4 IDENTIFICAZIONE DELL’EDIFICIO

L’immobile oggetto della DE, catastalmente individuato al NCEU SEZ. B F. 32 Mapp. 339 Sub. 0 è sito nel Comune di Genova e più precisamente in via Gaspare Buffa 36.

L’edificio è di proprietà del Comune di Genova ed è attualmente adibito a scuola elementare.

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		1967
Anno di ristrutturazione		-
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E.7 – Edifici adibiti ad attività scolastiche
Superficie utile riscaldata	[m ²]	2.026,16
Superficie disperdente (S)	[m ²]	4.003,64
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	8.347,08
Rapporto S/V	[1/m]	0,48
Superficie netta aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	2.026,16
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	2.298,00
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	0
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	2.298,00

Tipologia generatore riscaldamento		Caldaia tradizionale
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	422
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	-
Tipo di combustibile		Gas metano
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler elettrico
Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	57.511
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{th} /anno]	155.661
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	12.327
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	55.818
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	5.134

Nota (1): Valori di Baseline

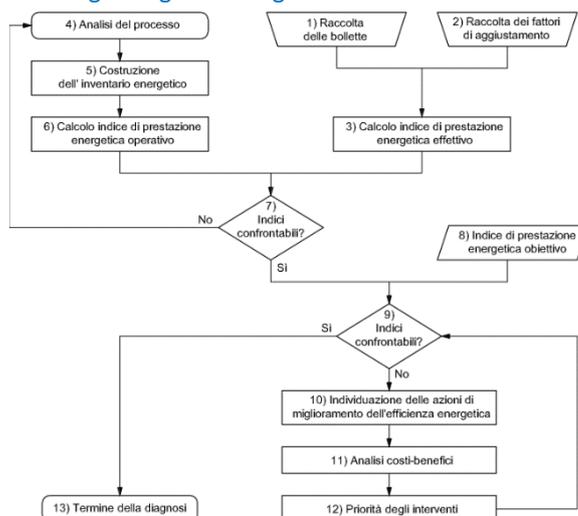
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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

- Acquisizione della documentazione utile, fornita dalla PA, come riportato all' Allegato B – Elaborati; **Errorre. L'origine riferimento non è stata trovata.**
- 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 12/12/2017 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, Assistal, Assopetroli e Assoenergia, e riportate all'Allegato J – Schede di audit;
- Elaborazione del comportamento termico ed elettrico dell'edificio, realizzata utilizzando il software commerciale Leto versione 4.0.2.5 in possesso di certificato di conformità rilasciato dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI) certificato n. 80 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%;
- Analisi delle possibili EEM necessarie per la riqualificazione energetica del sistema edificio-impianto analizzando gli aspetti tecnici, energetici, ed ambientali.

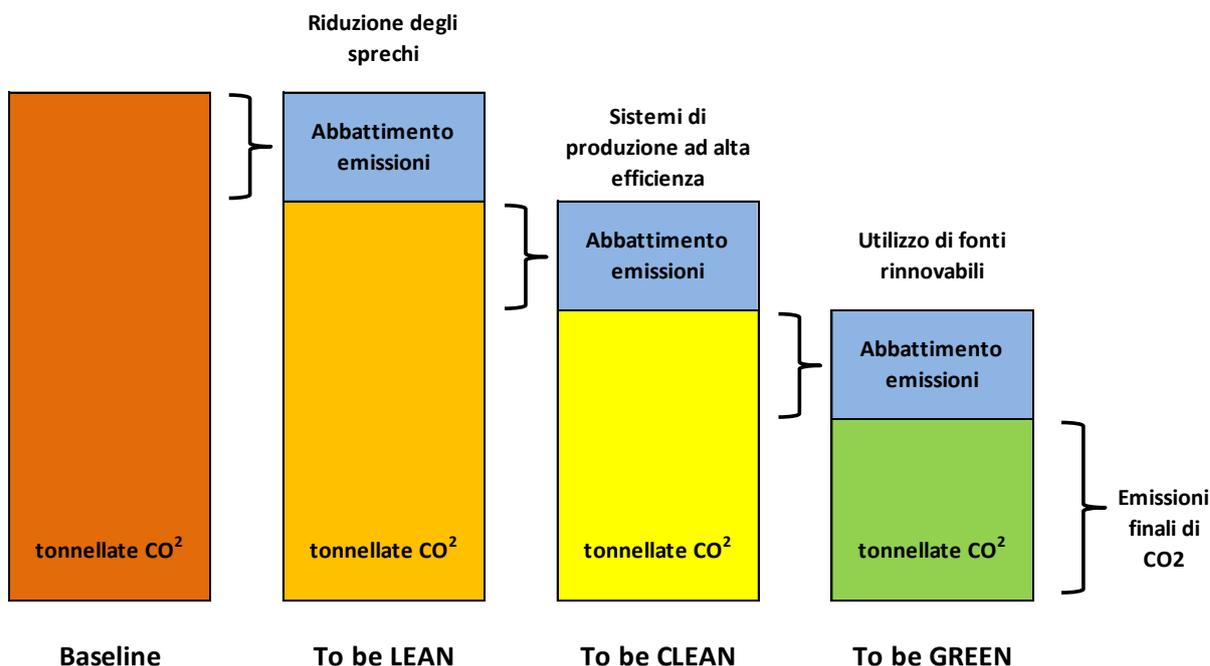
- m) Simulazione del comportamento energetico dell’edificio a seguito dell’attuazione delle varie EEM proposte singolarmente, ed individuazione della nuova classe energetica raggiungibile;
- n) Definizione di due scenari ottimali a partire dalla combinazione delle singole EEM proposte al fine di conseguire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

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



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

Figura 1.4 - Principio della Gerarchia Energetica



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

1.6 STRUTTURA DEL REPORT

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

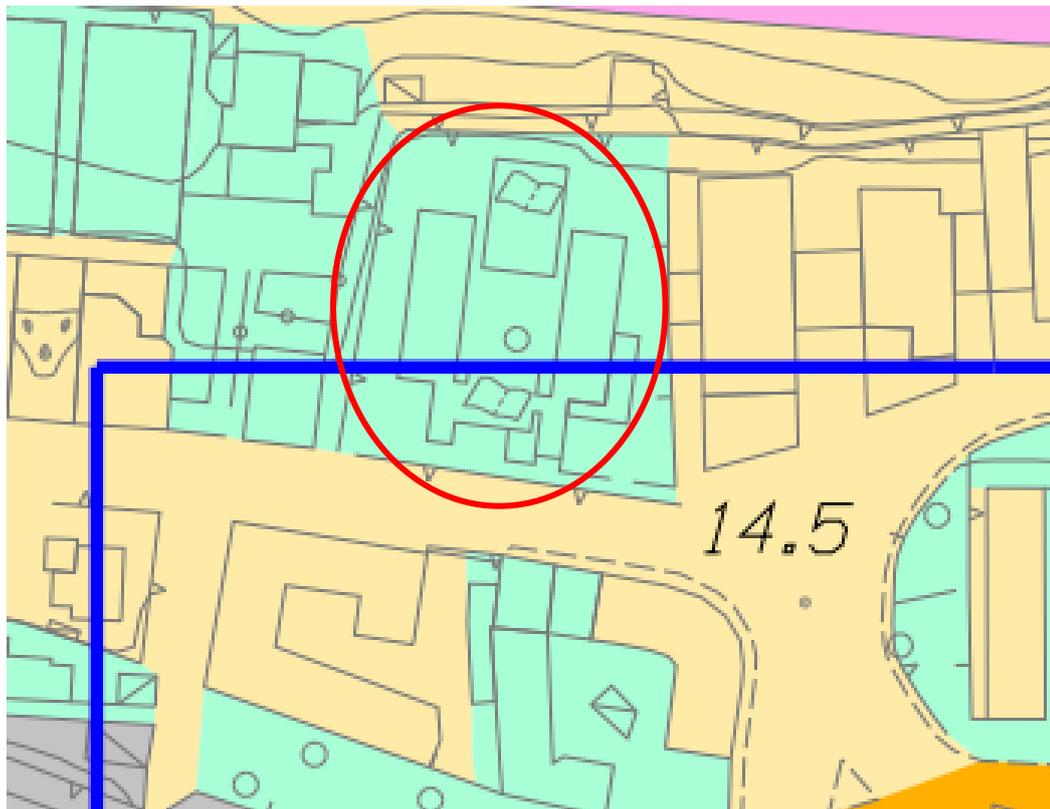
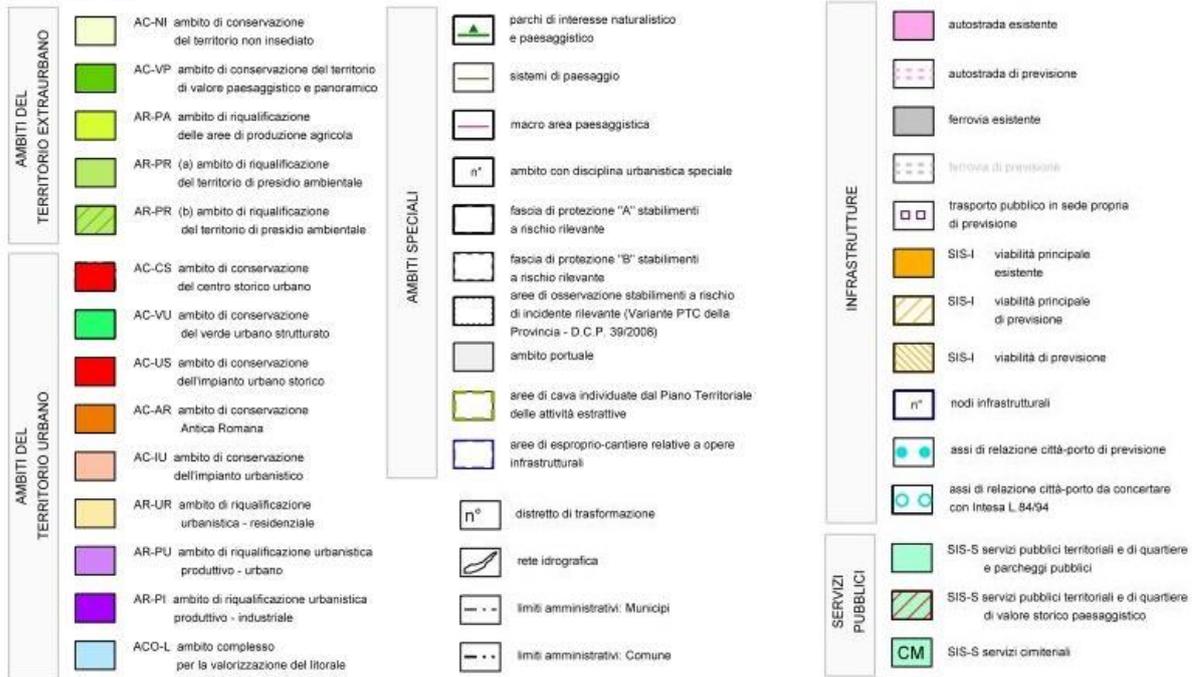
- Una prima parte nella quale sono descritti lo scopo ed i confini della DE e le metodologie di analisi adottate;
- Una seconda parte in cui sono riportate le informazioni dell'edificio rilevate in sede di sopralluogo e le valutazioni effettuate al fine di identificare le caratteristiche tecniche dei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

2 DATI DELL’EDIFICIO

2.1 INFORMAZIONI SUL SITO

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

Figura 2.1 - Particolare estratto dal Piano Urbanistico Comunale
LEGENDA



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

L'edificio ove è ubicata la scuola risale al 1967 e ai sensi del DPR 412/93 ricade nella destinazione d'uso E.7 – Edifici adibiti ad attività scolastiche.

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

La scuola elementare d'Albertis è situata nel centro di Voltri in via Buffa n° 36, in posizione comoda ai mezzi di trasporto. L'edificio si estende su due piani ed è sede degli uffici di Presidenza e di segreteria dell'Istituto Comprensivo Voltri II. Sono presenti anche un giardino interno ed un giardino esterno con fondo erboso.

L'edificio ospitante il complesso scolastico oggetto della DE è costituito complessivamente da tre piani fuori terra, nei quali si sviluppano le varie aule, i laboratori e la mensa. E' anche presente al piano terra una palestra a doppia altezza.

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 Earth)



Tabella 2.1 - Suddivisione in piani dell'edificio

PIANO	UTILIZZO	U.M.	SUPERFICIE LORDA COMPLESSIVA ⁽²⁾	SUPERFICIE UTILE RISCALDATA ⁽³⁾	SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA ⁽³⁾
Terra	Ingresso, uffici, mensa, palestra	[m ²]	936,72	803,84	0
Primo	Aule, laboratori	[m ²]	680,64	611,16	0
Secondo	Aule, laboratori	[m ²]	680,64	611,16	0
TOTALE		[m ²]	2.298,00	2.026,16	0

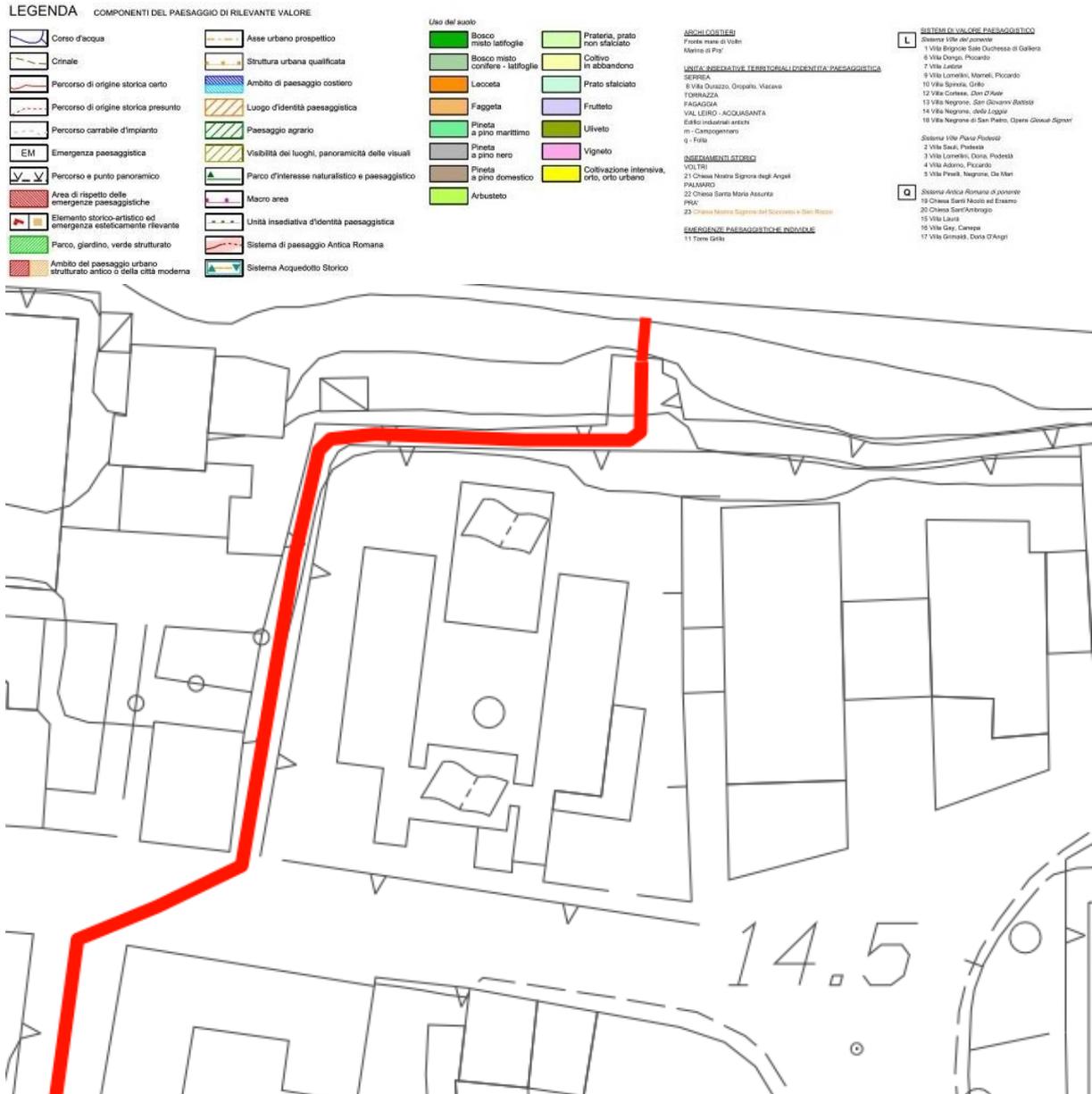
Nota (2): Superficie lorda comprensiva delle zone interne climatizzate e non climatizzate, valutate a partire dalle planimetrie progettuali, opportunamente verificate in fase di sopralluogo

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-artistico, l’edificio non è soggetto a vincoli di sorta.

Figura 2.3 - Particolare estratto dalla carta dei vincoli



Nell’analisi delle EEM si è comunque resa necessaria l’identificazione delle possibili interferenze con i vincoli presenti.

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

MISURA DI EFFICIENZA ENERGETICA	VINCOLO INTERESSATO	VALUTAZIONE INTERFERENZA ⁽⁴⁾	MISURA DI TUTELA DA ADOTTARE
EEM 1: cappotto esterno involucro opaco	-		-
EEM 2: riqualificazione copertura	-		-
EEM 3: sostituzione dei serramenti	-		-
EEM 4: riqualificazione impianto di riscaldamento	-		-
EEM 5: sostituzione apparecchi illuminanti	-		-
EEM 6: installazione valvole termostatiche	-		-

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

2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO

Durante la fase di sopralluogo è stato possibile rilevare gli orari di effettivo funzionamento dell'edificio, intesi come gli orari di espletamento delle lezioni e gli orari di effettiva presenza del personale all'interno dell'edificio scolastico.

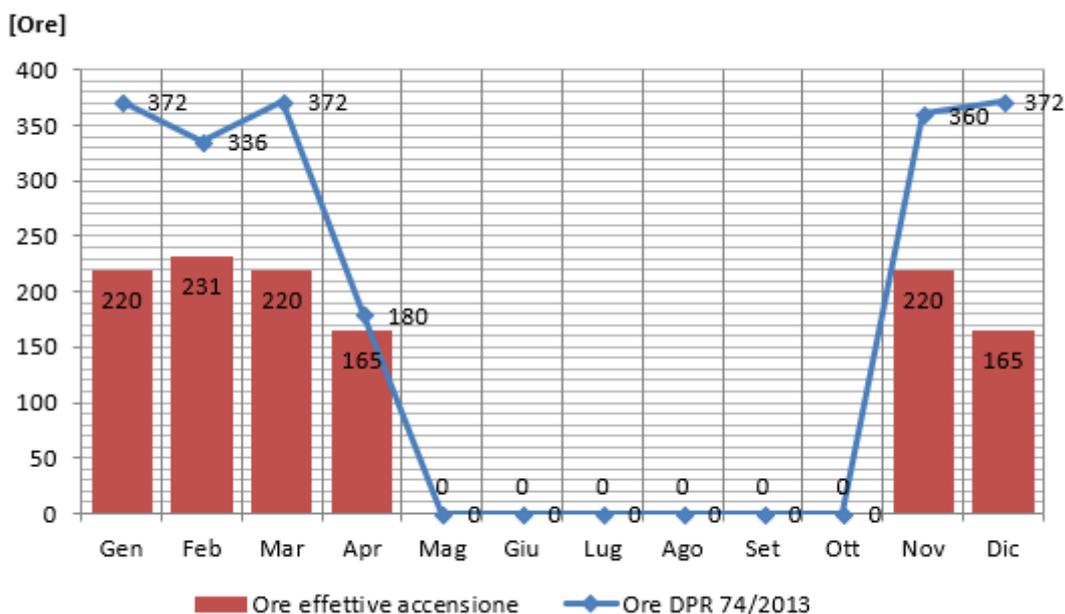
Gli orari di effettivo utilizzo dell'edificio sono stati ricavati tramite interviste al personale e visione del calendario scolastico, mentre i periodi di attivazione e spegnimento degli impianti sono stati forniti dal comune e verificati – ove possibile, da sonde di temperature e umidità interna.

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

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

PERIODO	GIORNI SETTIMENALI	ORARIO FUNZIONAMENTO EDIFICIO	ORARIO FUNZIONAMENTO IMPIANTO
Dal 1 novembre al 15 aprile	Dal lunedì al venerdì	7.30 – 18.00	6.00 – 17.00
	sabato e domenica	chiuso	spento
Dal 15 aprile al 31 ottobre	tutti i giorni	spento	nessuno

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, ma vengono avviati e spenti secondo un orario che anticipa e posticipa la presenza e l’uscita del personale. Questo viene effettuato per portare a temperatura ottimale e di comfort interno le aule. Tuttavia, durante, ad esempio, le pause pranzo l’impianto lavora anche senza la presenza di studenti in aula.

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

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 11 ore al giorno (DPR 74/2013).

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

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

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

Tali temperature sopra indicate sono quelle utilizzate per la creazione del modello energetico termico, a cui corrispondono 1421 GG di riferimento, valutati in condizioni standard di utilizzo dell’edificio, come la sommatoria, estesa a tutti i giorni del periodo annuale di riscaldamento

compreso tra il 1 Novembre e il 15 Aprile, delle sole differenze positive giornaliere tra la temperatura interna di 20°C e quella esterna giornaliera media mensile riportata in Tabella 3.1.

Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell’impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell’impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 926 GG calcolati su 111 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	20	192	21%
Febbraio	28	10,5	28	266	20	21	190	19%
Marzo	31	11,1	31	276	21	20	187	19%
Aprile	30	15,3	15	71	20	15	73	5%
Maggio	31	18,7	-	-	21	0	-	0%
Giugno	30	22,4	-	-	20	0	-	0%
Luglio	31	24,6	-	-	20	0	-	0%
Agosto	31	23,6	-	-	-	0	-	0%
Settembre	30	22,2	-	-	20	0	-	0%
Ottobre	31	18,2	-	-	21	0	-	0%
Novembre	30	13,3	30	201	20	20	134	14%
Dicembre	31	10,0	31	310	15	15	150	22%
TOTALE	365	16,7	166	1421	218	111	926	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 delle temperature 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 – PEGLI:

- Longitudine Gradi° Primi' Secondi'' 8° 49' 28.56'
- Latitudine Gradi° Primi' Secondi'' 44° 25' 56.172''
- Altezza sul livello del mare (m) 69.

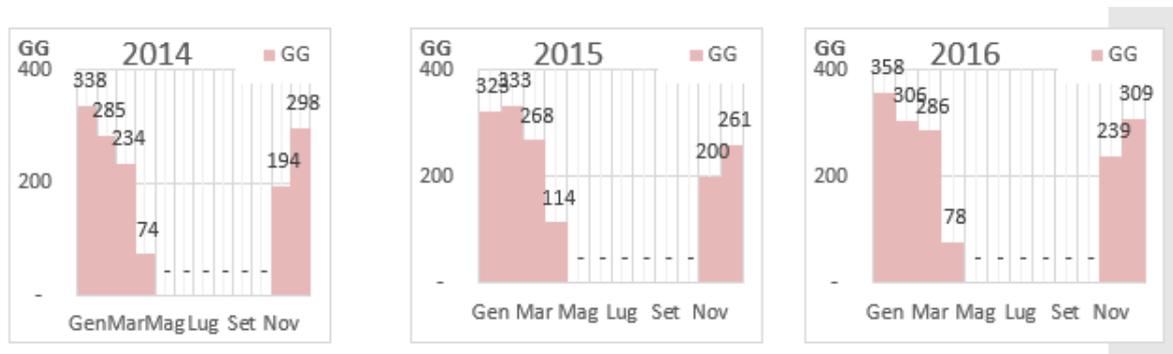
Figura 3.1 – Posizionamento della centralina meteo climatica rispetto all’edificio oggetto di DE (fonte Google Maps)



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

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

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



$GG_{2014}(166 \text{ giorni}) = 1423$

$GG_{2015}(166 \text{ giorni}) = 1498$

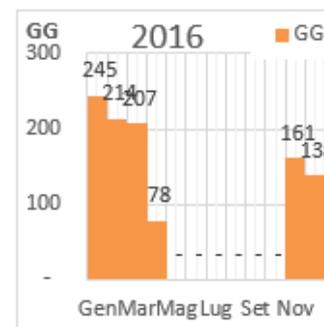
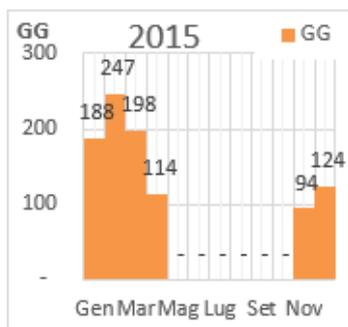
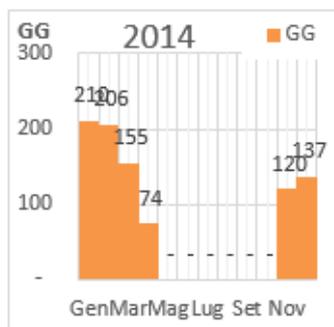
$GG_{2016}(166 \text{ giorni}) = 1576$

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 926 GG calcolati su 111 giorni effettivi di utilizzo dell’impianto di riscaldamento.

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

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

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



GG₂₀₁₄(111 giorni) = 902

GG₂₀₁₅(111 giorni) = 965

GG₂₀₁₆(111 giorni) = 1043

Come si può notare dai grafici sopra riportati, l'andamento dei GG aumenta nel triennio di analisi, indicando un sensibile aumento delle temperature esterne.

4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI

4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO

4.1.1 Involucro opaco

L'involucro edilizio opaco che costituisce l'edificio è sostanzialmente composto da un unico blocco strutturale, realizzato in calcestruzzo armato prefabbricato e in parte intonacato. L'intera struttura poggia su un vespaio. I serramenti sono in telaio di alluminio con vetri doppi.

Figura 4.1 - Particolare della porzione di involucro



Il comportamento termico dell'edificio è dato dalla sua morfologia: pareti di spessore contenuto, ma non isolate, copertura piana non coibentata e una superficie vetrata di notevoli dimensioni.

Figura 4.2 - Particolare della facciata

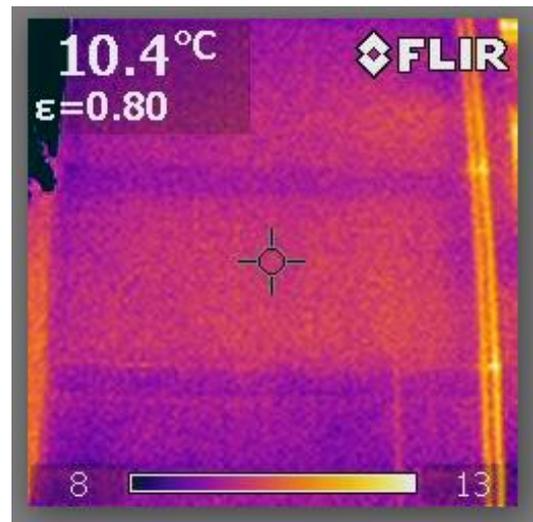
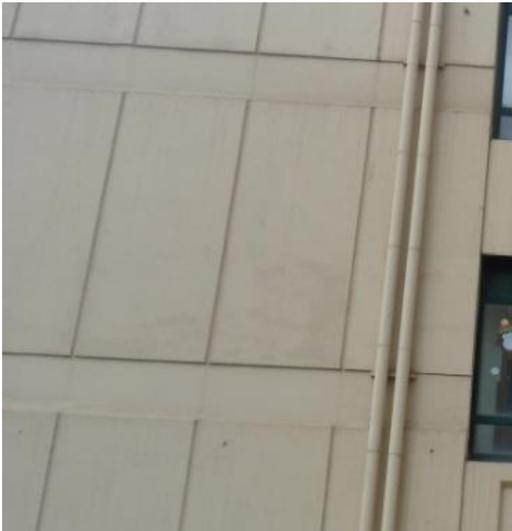


Ai fini di un'identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell'involucro e delle modalità di utilizzo degli ambienti interni si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione delle seguenti indagini diagnostiche:

- Rilievo termografico eseguito tramite l'utilizzo di termo camera per determinare la posizione delle irregolarità termiche;
- Rilievo dei valori di temperatura ed umidità relativa interne, mediante posizionamento di sonde termoigrometriche con frequenza di acquisizione ogni 30'.

Non si è proceduto alla verifica delle trasmittanze di parete mediante termoflussimetro, non avendo riscontrato, per il posizionamento dello strumento nelle zone in cui la misura poteva ritenersi significativa, le condizioni di sicurezza richieste per una misura validabile, per il tempo necessario.

Figura 4.3 – Rilievo termografico della parete

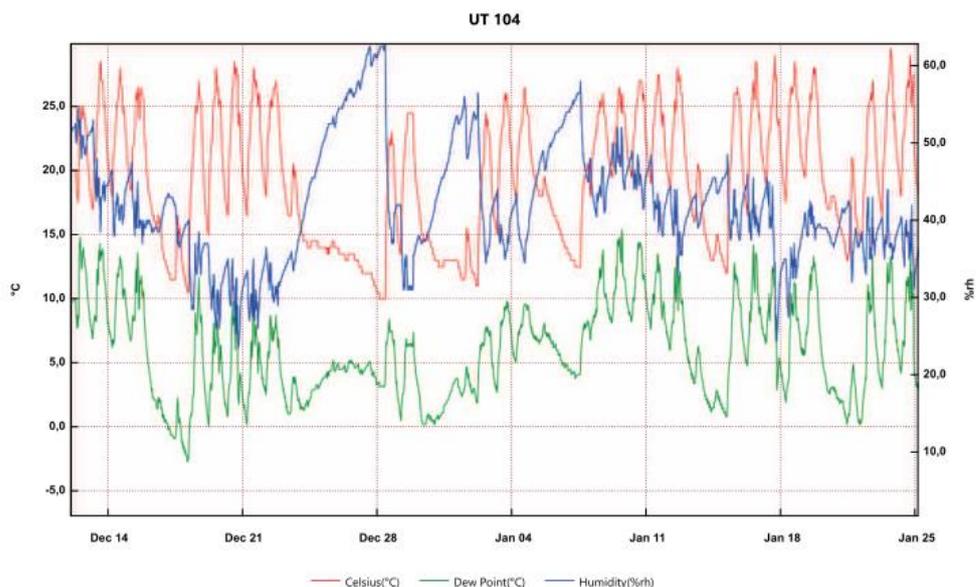


Dal 12 dicembre 2017 al 24 gennaio 2018 è stata posizionata, all’interno dell’edificio scolastico, una sonda che ha rilevato in continuo i valori di temperatura ed umidità relativa, i cui risultati sono riportati in allegato - UT 104.

La sonda è stata posizionata in un’aula con presenza costante di studenti. Interrogando il corpo docenti sullo stato di comfort dell’istituto, si è cercato di posizionare la sonda nella zona più “critica” dell’istituto (o la più fredda o la più calda) per avere risultati significativi e utili ai fini della diagnosi.

Il grafico riporta le seguenti informazioni:

- la linea rossa riporta i valori di temperatura in °C, secondo la scala graduata a sinistra;
- la linea blu riporta i valori di umidità relativa, secondo la scala graduata sulla destra;
- la linea verde riporta il valore di temperatura (cd. temperatura di rugiada)



From: martedì 12 dicembre 2017 0.46.34 - To: giovedì 25 gennaio 2018 4.20.01

Le temperature registrate sono comprese tra i 18 e i 26-27 °C. Si può notare come le temperature interne siano molto elevate rispetto alla stagione di riferimento e allo stato di comfort atteso.

In fase di sopralluogo, le aule si presentavano molto calde e talvolta le finestre erano aperte con impianto di riscaldamento acceso.

I dettagli delle indagini diagnostiche effettuate sono riportati all’Allegato C – Report di indagine termografica ed all’Allegato D – Report relativi ad altre prove diagnostiche strumentali.

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

Tabella 4.1 – Trasmittanze termiche dei componenti dell’involucro opaco

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	SPESSORE [cm]	ISOLAMENTO	TRASMITTANZA TERMICA [W/m ² K]	STATO DI CONSERVAZIONE
Copertura	E773 - Copertura	30	Assente	1,681	Buono
Parete verticale	E773 - M1	30	Assente	3,311	Buono
Parete verticale interna	E773 - M1	30	Assente	2,551	Buono
Parete verticale interna	E773 - M2	10	Assente	2,016	Buono
Parete verticale interna	E773 - M3	5	Assente	1,646	Buono
Pavimento controterra	E773 - Pavimento	30	Assente	1,318	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 da serramenti con telaio in alluminio e vetri doppi.

Lo stato di conservazione degli stessi è sufficientemente buono, ma le loro prestazioni generano rilevanti infiltrazioni d’aria all’interno degli ambienti, causando elevati dispersioni termiche e creando un notevole disagio per gli utenti presenti all’interno dell’edificio, specialmente in estate.

Figura 4.4 - Particolare dei serramenti



Ai fini di un’identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell’involucro e delle modalità di utilizzo degli ambienti interni si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione delle seguenti indagini diagnostiche:

- Rilievo termografico eseguito tramite l’utilizzo di termo camera per determinare la posizione delle irregolarità termiche;

- Rilievo dei valori di temperatura ed umidità relativa interne, mediante posizionamento di sonde termoisometriche con frequenza di acquisizione ogni 30’.

Non si è proceduto alla verifica delle trasmittanze di parete mediante termoflussimetro, non avendo riscontrato, per il posizionamento dello strumento nelle zone in cui la misura poteva ritenersi significativa, le condizioni di sicurezza richieste per una misura validabile, per il tempo necessario.

Figura 4.5 – Rilievo termografico dei serramenti



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

Tabella 4.2 – Trasmittanze termiche dei componenti dell’involucro trasparente

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	DIMENSIONI [HXL] [cm]	TIPO TELAIO	TIPO VETRO	TRASMITTANZA TERMICA [W/mqK]	STATO DI CONSERVAZIONE
Serramento verticale	F1	120X270	Alluminio	Vetro doppio	5,284	Buono
Serramento verticale	F2	90X145	Alluminio	Vetro doppio	5,355	Buono
Serramento verticale	F3	355X270	Alluminio	Vetro doppio	0,320	Buono
Serramento verticale	F4	120X145	Alluminio	Vetro doppio	5,116	Buono
Serramento verticale	F5	355X270	Alluminio	Vetro doppio	0,320	Buono
Serramento verticale	F6	60X145	Alluminio	Vetro doppio	4,731	Buono
Serramento verticale	F7	480X270	Alluminio	Vetro doppio	0,271	Buono
Serramento verticale	F8	480X160	Alluminio	Vetro doppio	0,343	Buono
Serramento verticale	F9	240X70	Alluminio	Vetro doppio	0,587	Buono
Serramento verticale	F10	120X70	Alluminio	Vetro doppio	4,802	Buono
Serramento verticale	F11	100X70	Alluminio	Vetro doppio	5,028	Buono
Serramento verticale	F12	150X70	Alluminio	Vetro doppio	1,738	Buono
Serramento verticale	F13	245X70	Alluminio	Vetro doppio	0,691	Buono
Serramento verticale	F14	245X70	Alluminio	Vetro doppio	0,691	Buono
Serramento verticale	F15	220X180	Alluminio	Vetro doppio	0,533	Buono
Serramento verticale	F16	100X180	Alluminio	Vetro doppio	0,623	Buono
Serramento verticale	F17	200X100	Alluminio	Vetro doppio	0,497	Buono
Serramento verticale	F18	200X130	Alluminio	Vetro doppio	0,433	Buono
Serramento verticale	F19	120X100	Alluminio	Vetro doppio	3,287	Buono

Serramento verticale	F20	370X210	Alluminio	Vetro doppio	0,313	Buono
----------------------	-----	---------	-----------	--------------	-------	-------

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 n.1 caldaia tradizionale per la climatizzazione invernale.

4.2.1 Sottosistema di emissione

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

- Radiatori su parete
- Aerotermi

Va sottolineato che le tubazioni dei radiatori non sono incassate nella muratura ma esposte verso l’interno e sono dotate di un isolamento piuttosto scadente.

Figura 4.6 – Particolare dei radiatori



Figura 4.7 - Particolare degli aerotermi



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 (UNI TS 11300:2)
Scuola	Radiatori su parete	95%
Palestra	Aerotermi	95%

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

Tabella 4.4 - Riepilogo caratteristiche dei terminali di emissione installati

PIANO	TIPO DI INSTALLAZIONE	NUMERO	POTENZA TERMICA UNITARIA [kW]	POTENZA TERMICA COMPLESSIVA [kW]
-------	-----------------------	--------	----------------------------------	-------------------------------------

Primo	Radiatori su parete	33	2,763	91,164
Secondo	Radiatori su parete	37	1,948	72,093
Terzo	Radiatori su parete	37	2,670	98,776
Palestra	Aerotermini	5	1.000	5,000
TOTALE		107		267,033

L'elenco dei componenti del sottosistema di emissione per il riscaldamento degli ambienti, rilevati in sede di sopralluogo, e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 6.5 dell'Allegato J – Schede di audit e Allegato E – Mappatura termosifoni E773.

4.2.2 Sottosistema di regolazione

La regolazione del funzionamento dell'impianto avviene attraverso l'impostazione degli orari di funzionamento. Non sono presenti termostati ambiente.

Figura 4.6 - Profilo di funzionamento invernale dell'impianto per la zona termica scuola

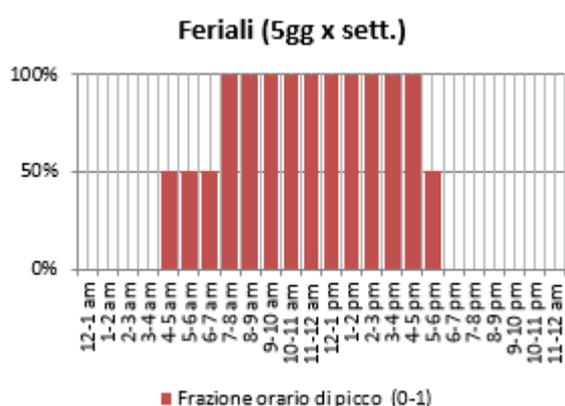
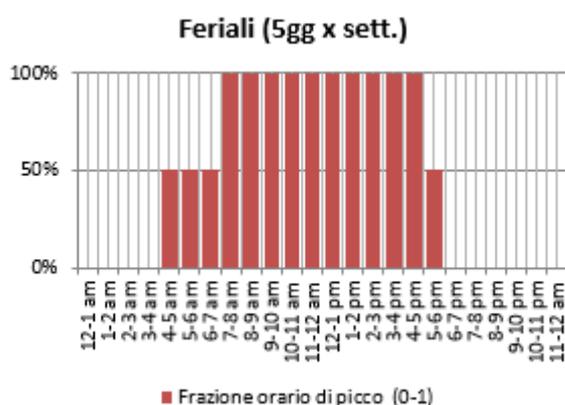


Figura 4.7 - Profilo di funzionamento invernale dell'impianto per la zona termica palestra



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
Scuola	Climatica	82,90%
Palestra	Climatica	82,90%

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

4.2.3 Sottosistema di distribuzione

Il sottosistema di distribuzione è costituito dai seguenti elementi:

- 1) Circuito secondario di mandata ai radiatori e agli aerotermi (fluido termovettore acqua).

Circuito secondario: è presente una pompa di circolazione gemellare per i due circuiti secondari così denominati:

- Zona 1: scuola;
- Zona 2: palestra

Dai rilievi effettuati è stato possibile ricavare solo la potenza assorbita dalle pompe.

Le caratteristiche dei circolatori a servizio dei circuiti secondari sono riportate nella Tabella 4.6.

Tabella 4.6 - Riepilogo caratteristiche pompe circuito secondario

	NOME	SERVIZIO	PORTATA ⁽⁷⁾	PREVALENZA ⁽⁷⁾	POTENZA ASSORBITA ⁽⁸⁾
			m ³ /h	kPa	kW
Zona 1	P1/A – P1/B	mandata acqua calda	-	-	1,7
Zona 2	P2/A – P2/B	mandata acqua calda	-	-	0,8

Nota (5): Valori ricavati dal modello energetico

Nota (6): Valori ricavati da progetto

Nota (7): Valori ricavati da dati di targa

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

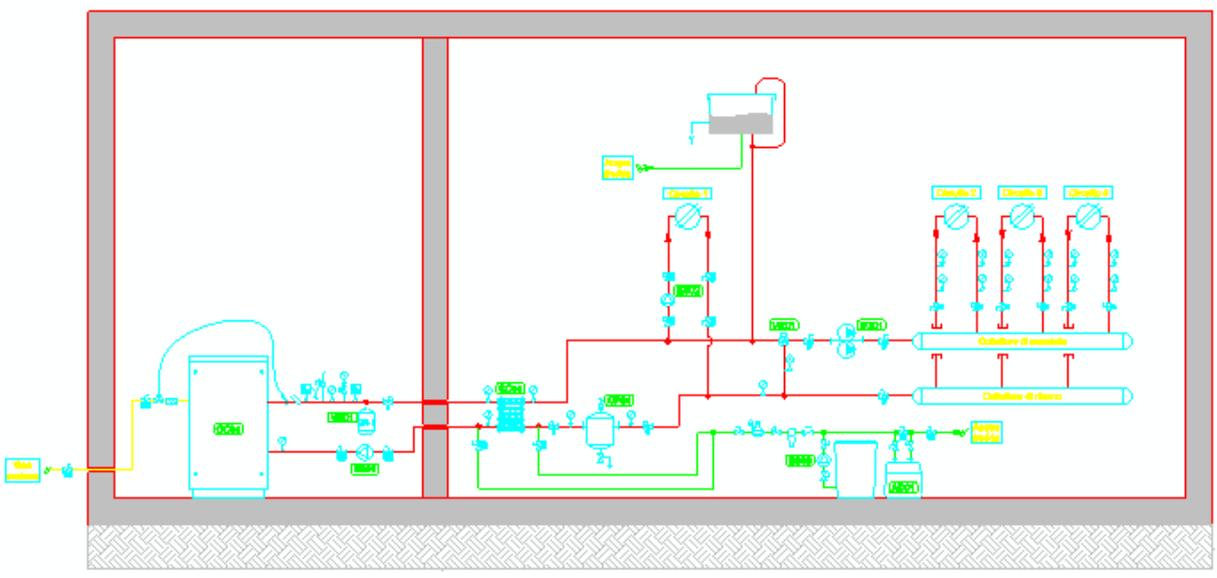
Tabella 4.7 – Temperature di mandata e ritorno del circuito secondario

	CIRCUITO		TEMPERATURA RILEVATA ⁽⁶⁾	TEMPERATURA CALCOLO
			°C	°C
Zona 1	Mandata	Caldo	Non rilevata	70
	Ritorno	Caldo	Non rilevata	40
Zona 2	Mandata	Caldo	Non rilevata	55
	Ritorno	Caldo	Non rilevata	35

Nota (5): Valori utilizzati nel modello di calcolo

Nota (6): Valori ricavati da progetto

Figura 4.8 - Particolare dello schema di impianto



Il rendimento complessivo del sottosistema di distribuzione è stato assunto nella DE pari al 87,80%.

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 n.1 caldaia tradizionale.

Figura 4.9 - Particolare del generatore



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

Tabella 4.8 - Riepilogo caratteristiche sistemi di generazione

Servizio	MARCA	MODELLO	ANNO DI COSTRUZIONE	POTENZA AL FOCOLARE [kW]	POTENZA TERMICA UTILE [kW]	RENDIMENTO	POTENZA ASSORBITA COMPLESSIVA [kW]
Gen 1 Riscaldamento	UNICAL	440	2010	440	422,2	100,10%	39

Il rendimento complessivo del sottosistema di generazione, in regime di riscaldamento è stato assunto nella DE pari al 87,80%.

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

4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA

Il consumo di acqua calda sanitaria è relativamente ridotto data la destinazione d’uso dell’edificio. La produzione è eseguita tramite tre bollitori elettrici ad accumulo installati localmente nei servizi igienici a ad uso del personale della scuola e degli studenti.

Figura 4.10 - Particolare di un boiler elettrico per la produzione di acqua calda sanitaria



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

Tabella 4.9 – Rendimenti dell’impianto di produzione acqua calda sanitaria (UNI TS 11300:2)

SOTTOSISTEMA DI EROGAZIONE	SOTTOSISTEMA DI DISTRIBUZIONE	SOTTOSISTEMA DI RICIRCOLO	SOTTOSISTEMA DI ACCUMULO	SOTTOSISTEMA DI GENERAZIONE	RENDIMENTO GLOBALE MEDIO STAGIONALE
100%	99%	0	0	75%	31%

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

4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE

Le utenze sottese all’impianto elettrico, oltre a quelle precedentemente descritte, sono costituite essenzialmente da utenze locali quali ascensori, PC ed altri dispositivi in uso del personale e delle attività specifiche della destinazione d’uso.

Tali tipologie di utenze sono state raggruppate insieme e sono riportate nella Tabella 4.10.

Tabella 4.10 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche (UNI TS 11300:2)

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA NOMINALE W	POTENZA COMPLESSIVA W	ORE ANNUE DI UTILIZZO ore
Scuola	PC 1	30	500	15.000	2.530
Scuola	PC 2	9	600	5.400	2.530
Scuola	Lavagna interattiva	1	200	200	2.760
Scuola	Stampante	12	1000	12.000	2.530

L'elenco riportato in tabella 4.13 fa riferimento alle principali utenze elettriche rilevate nell'edificio scolastico oltre all'illuminazione. Le utenze elettriche presenti nelle aule dedicate al ristoro del corpo insegnanti e di altro personale non sono riportati nella precedente tabella in quanto non significativi. Sono tuttavia state elencate nell'Allegato E - Schema energetico – E773 con specifiche caratteristiche.

Ai fini di un'identificazione più precisa del funzionamento dei componenti impiantistici si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione delle seguenti indagini diagnostiche:

- Rilievo con censimento di tutte le utenze elettriche e interviste al personale sulle ore di utilizzo / funzionamento
- Realizzazione di un modello energetico elettrico dove per ciascun'utenza rilevata sono state indicate le ore e i giorni di utilizzo, numero e potenza elettrica installata, fattori di contemporaneità e di carico che hanno permesso di individuare il consumo annuo totale di tutte le utenze elettriche in funzione dei consumi rilevati da bolletta.

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- Gli apparati ICT vengono utilizzati quasi per l'intera giornata
- Le altre utenze vengono usate solo in caso di necessità.

L'elenco delle altre utenze elettriche rilevate in sede di sopralluogo e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 11 dell' Allegato J – Schede di audit e in Allegato E - Schema energetico E773.

4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE

L'impianto di illuminazione è costituito da lampade di diverse tipologie, principalmente neon e fluorescenti da 36 e 18 W.

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 [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]
Scuola	Fluorescente	38	36	1.368
Scuola	Fluorescente	846	18	15.228

L'elenco completo dei corpi illuminanti rilevati in sede di sopralluogo e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 10 dell' Allegato J – Schede di audit e in Allegato E - Schema energetico – E773.

5 CONSUMI RILEVATI

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

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

I vettori energetici analizzati sono i seguenti:

- Gas metano;
- Energia elettrica

5.1.1 Energia termica

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

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

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

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

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

La fornitura di gas metano avviene tramite la presenza di 2 contatori i quali risultato a servizio dei seguenti utilizzi:

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

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

L'analisi dei consumi storici di gas metano si basa sulla base de m³ di gas rilevati dalla società di distribuzione nel triennio di riferimento.

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

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

PDR	Utilizzo	2014 [Sm ³]	2015 [Sm ³]	2016 [Sm ³]	2014 [kWh]	2015 [kWh]	2016 [kWh]
3270049626336	Riscaldamento	13.391	14.189	15.770	126.144	133.662	148.553
3270017472802	Riscaldamento	1.604	1.980	3.502	15.109	18.648	32.987

Parallelamente all'analisi dei consumi storici forniti dalla società di distribuzione si è provveduto alla valutazione dei consumi fatturati nel triennio di riferimento. E' stato possibile verificare i consumi di un solo PDR.

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

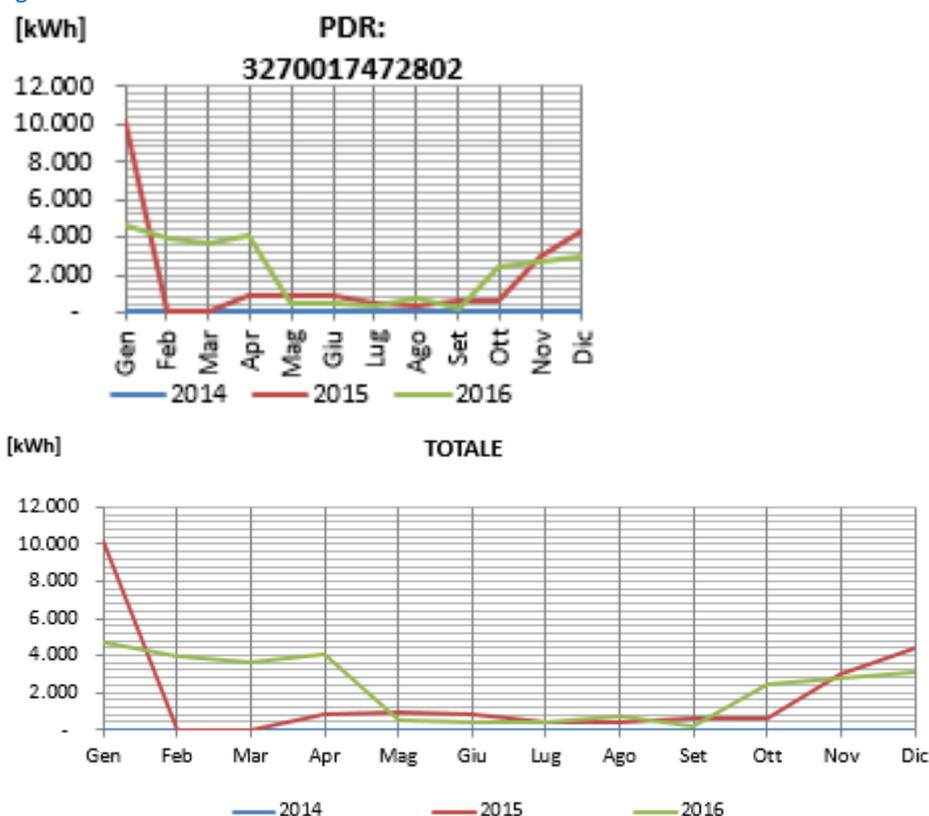
Tabella 5.3 - Consumi mensili di energia termica per il triennio di riferimento – Dati fatturati da società di fornitura

PDR: 3270017472802	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Mese	[Sm ³]	[Sm ³]	[Sm ³]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen			497	-	10.170	4.682
Feb		1.080	421	-	-	3.966
Mar			387	-	-	3.646
Apr		92	428	-	867	4.032
Mag		94	49	-	885	462
Giu		92	45	-	867	424
Lug		46	41	-	433	386
Ago		43	74	-	405	697
Set		63	16	-	593	151
Ott		61	263	-	575	2.477
Nov		312	290	-	2.939	2.732
Dic		468	323	-	4.409	3.043
Totale	-	2.351	2.834	-	22.143	26.696

I dati mancanti risultano assenti nella documentazione fornita.

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

Figura 5.1 – Andamento mensile dei consumi termici fatturati



Dall’analisi effettuata è emerso che il prelievo termico del triennio è caratterizzato da un valore minimo pari a 41, e un valore di massimo prelievo 497. I consumi annui non hanno subito una sostanziale variazione, ma seguono l’andamento stagionale delle temperature.

Considerando che i consumi di gas metano a servizio degli impianti di riscaldamento degli ambienti sono soggetti a variazioni dovute all’andamento degli effettivi dati climatici che hanno caratterizzato il triennio di riferimento, si è reso necessario riportare tali consumi ad un comportamento normalizzato e non più strettamente dipendente dalle caratteristiche climatiche dell’anno a cui si

riferiscono, con lo scopo di ottenere un consumo destagionalizzato che possa poi essere utilizzato per effettuare la taratura del modello energetico di cui al capitolo 6.1.

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

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

Dove:

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

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

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

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

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

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

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

\bar{Q}_{ALTRO} = Consumo termico reale per eventuali altri utilizzi dell'edificio, kWh/anno, valutato come la media dei consumi per altri usi, nel triennio di riferimento.

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

Tabella 5.4 – Normalizzazione dei consumi annuali di energia termica

ANNO	GG _{REALI} SU [166] GIORNI	GG _{RIF} SU [111] GIORNI	CONSUMO REALE RISC. [Smc]	CONSUMO REALE RISC. [kWh]	α_{rif}	CONSUMO NORMALIZZATO A 1421 GG [kWh]
2014	1.423	1.421	14.995	141293	99,3	141.134
2015	1.498	1.421	16.169	152.356	101,7	144.488
2016	1.576	1.421	19.272	181594	115,2	163.742
Media	1.499	1.421		157.414	105,7	150.174

Come si può notare dai dati riportati il comportamento energetico dell'edificio, negli anni considerati, è stato caratterizzato da una generica aumento dei consumi.

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

Tabella 5.5 – Individuazione della Baseline termica

GRANDEZZA	VALORE
	[Kwh]
\bar{Q}_{ACS}	0
\bar{Q}_{ALTRO}	0
$\bar{a}_{rif} \times GG_{rif}$	
$Q_{baseline}$	150.174

5.1.2 Energia elettrica

La fornitura di energia elettrica avviene tramite la presenza di 1 contatore il quale risulta a servizio dei seguenti utilizzi:

- Scuola elementare

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 5.6 con indicazione dei POD di riferimento.

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

POD	ZONA SERVITA	2014	2015	2016	MEDIA
		[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
IT001E00096475	Scuola elementare	54.481	55.705	54.401	57.106
TOTALE		54.481	55.705	54.401	57.106

Tali consumi sono stati confrontati con i consumi annui elaborati e forniti dalla PA ed (identificati per l'edificio oggetto della DE all'interno del file kyotoBaseline-E773) ed è emerso che i consumi forniti dalla PA risultano maggiori di quelli ricavati dalle bollette.

L'individuazione della baseline elettrica di riferimento è calcolata sulla media aritmetica dei valori relativi ai consumi elettrici reali per il triennio di riferimento.

Si è pertanto definito un consumo $EE_{baseline}$ pari a 55.818 kWh.

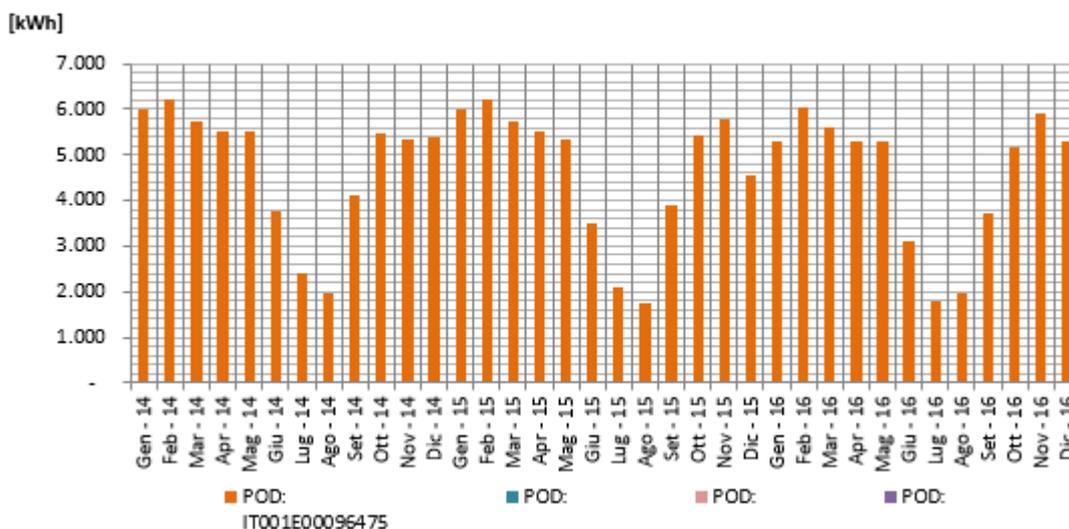
Tabella 5.7 – Consumi mensili di energia elettrica suddivisi per fasce, per il triennio di riferimento

POD: IT001E00096475	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 14	4.109	1.023	847	5.979
Feb - 14	4.562	995	640	6.197
Mar - 14	4.006	956	765	5.727
Apr - 14	3.598	985	909	5.492
Mag - 14	3.330	1.081	1.110	5.521
Giu - 14	2.247	729	786	3.762
Lug - 14	1.170	508	721	2.399
Ago - 14	854	425	701	1.980
Set - 14	2.743	684	677	4.104
Ott - 14	3.802	1.008	675	5.485
Nov - 14	3.695	919	707	5.321
Dic - 14	3.586	938	857	5.381
Totale	37.702	10.251	9.395	57.348
POD: IT001E00096475	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 15	4.109	1.023	847	5.979
Feb - 15	4.562	995	640	6.197
Mar - 15	4.006	956	765	5.727
Apr - 15	3.858	889	745	5.492
Mag - 15	3.485	925	935	5.345
Giu - 15	2.211	710	593	3.514
Lug - 15	1.163	402	535	2.100
Ago - 15	804	348	573	1.725
Set - 15	2.609	610	683	3.902
Ott - 15	3.869	898	656	5.423
Nov - 15	4.234	846	675	5.755
Dic - 15	3.222	681	643	4.546
Totale	38.132	9.283	8.290	55.705
POD: IT001E00096475	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 16	3.783	839	668	5.290
Feb - 16	4.440	950	638	6.028
Mar - 16	3.972	922	696	5.590
Apr - 16	3.501	902	877	5.280
Mag - 16	3.738	868	700	5.306
Giu - 16	1.975	522	606	3.103
Lug - 16	932	361	505	1.798
Ago - 16	1.035	372	551	1.958
Set - 16	2.467	579	665	3.711
Ott - 16	3.652	838	665	5.155
Nov - 16	4.272	931	690	5.893
Dic - 16	3.283	926	1.080	5.289
Totale	37.050	9.010	8.341	54.401

I consumi relativi al periodo gennaio – marzo 2014 sono stati ipotizzati (valore in rosso) in quanto non è stato possibile ricavare i dati.

Considerando la presenza di più POD a servizio dell’edificio oggetto della DE si riporta nella Figura 5.2 si riporta un confronto grafico tra i profili elettrici reali relativi a ciascuna utenza elettrica per il triennio di riferimento.

Figura 5.2 – Confronto tra i profili elettrici reali relativi a ciascun POD per il triennio di riferimento



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

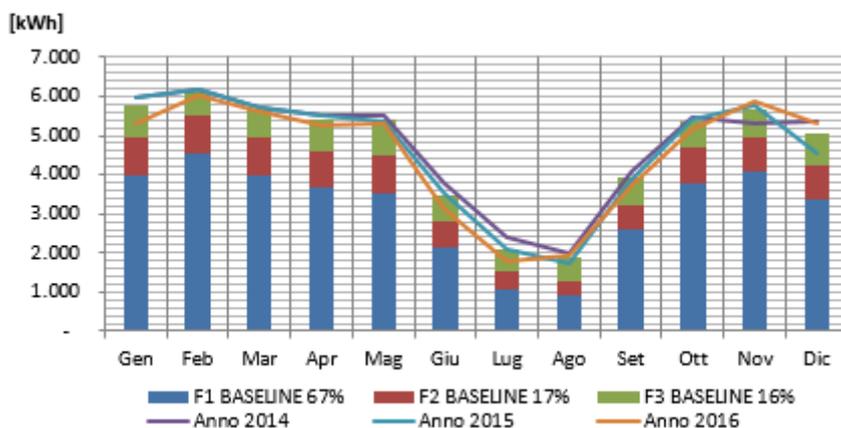
Tali valori sono riportati nella Tabella 5.8.

Tabella 5.8 – Consumi mensili di Baseline

BASELINE	F1	F2	F3	TOTALE
Mese	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen	4.000	962	787	5.749
Feb	4.521	980	639	6.141
Mar	3.995	945	742	5.681
Apr	3.652	925	844	5.421
Mag	3.518	958	915	5.391
Giu	2.144	654	662	3.460
Lug	1.088	424	587	2.099
Ago	898	382	608	1.888
Set	2.606	624	675	3.906
Ott	3.774	915	665	5.354
Nov	4.067	899	691	5.656
Dic	3.364	848	860	5.072
Totale	37.628	9.515	8.675	55.818

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

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



I profili di prelievo mensili nel triennio di riferimento presentano andamenti costanti e regolari, con una riduzione dei consumi nel periodo estivo (luglio – agosto).

Non è stato possibile rappresentare i profili giornalieri dei consumi.

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 5.9 - Fattori di emissione di CO₂. Tabella 5.9.

Tabella 5.9 - Fattori di emissione di CO₂.

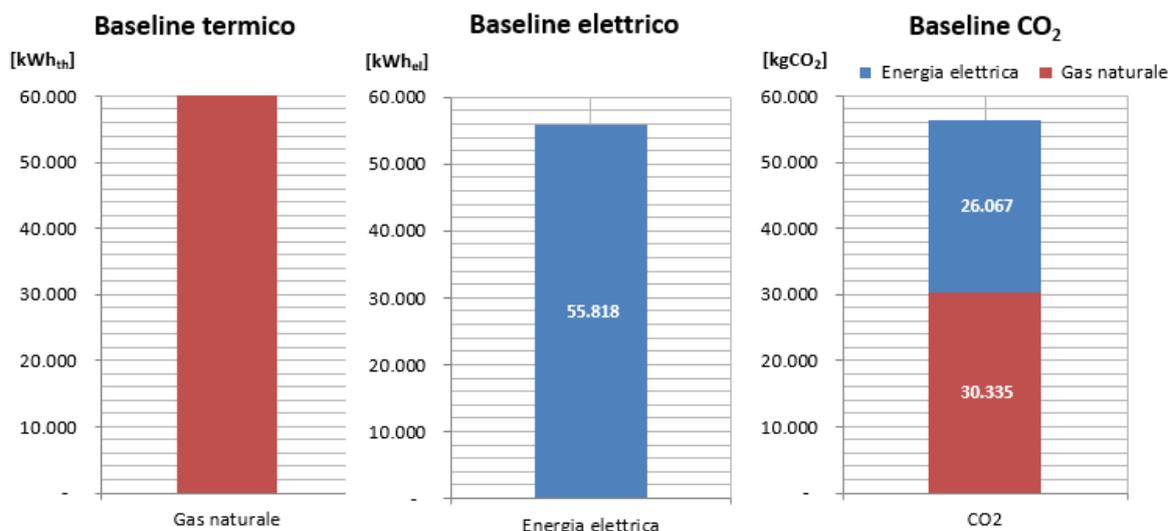
COMBUSTIBILE	FATTORE DI CONVERSIONE
	kgCO ₂ /kWh
Energia elettrica	* 0,467
Gas naturale	* 0,202
GPL	* 0,227
Olio combustibile	* 0,267
Gasolio	* 0,267
Benzina	* 0,249

* 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 5.10 – Baseline delle emissioni di CO₂ Tabella 5.10 e nella Figura 5.4

Tabella 5.10 – Baseline delle emissioni di CO₂

COMBUSTIBILE	CONSUMO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE	EMISSIONI DI CO ₂
	[kWh]	[kgCO ₂ /kWh]	[kgCO ₂]
Gas naturale	150.171	0,202	30.335
Energia elettrica	55.818	0,467	26.067
TOTALE			56.402

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

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

Tabella 5.11 - Fattori di conversione in energia primaria dei vettori energetici

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

La valutazione degli indicatori di performance è stata effettuata parametrizzando i consumi reali di Baseline di cui al Capitolo 5, in funzione dei fattori riportati nella Tabella 5.12.

Tabella 5.12 – Fattori di riparametrizzazione

PARAMETRO		VALORE	U.M.
FATTORE 1	Superficie netta riscaldata	2.026	m ²
FATTORE 1	Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	2.298	m ²
FATTORE 1	Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate)	8.346	m ³

Nella Tabella 5.13 e

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

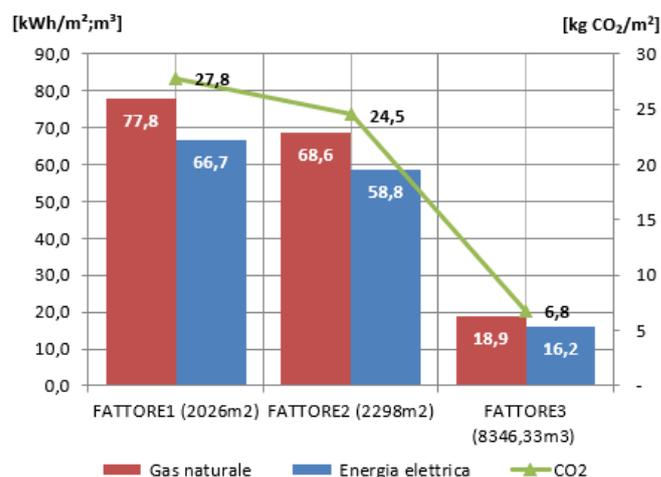
Tabella 5.13 – Indicatori di performance calcolati con riferimento all’energia primaria totale

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA TOTALE	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA TOTALE	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA TOTALE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3	FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3
	kWh/anno		kWh/anno	[kWh/m ²]	[kWh/m ²]	[kWh/m ³]	Kg CO ₂ /m ²	Kg CO ₂ /m ²	Kg CO ₂ /m ³
Gas naturale	155.661	1,05	163.444	80.7	71.1	19.6	15.52	13.68	3.77
Energia elettrica	55.818	2,42	135.080	66.7	58.8	16.2	12.87	11.34	3.12

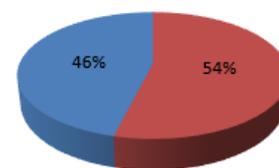
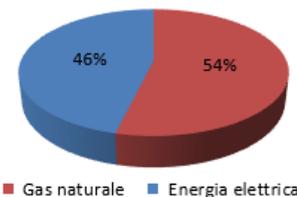
TOTALE	298.524	147	130	36	28	25	7
---------------	----------------	------------	------------	-----------	-----------	-----------	----------

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

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA NON RINN.	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA NON RINN.	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3	FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3
	kWh/anno		kWh/anno	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ³	Kg CO ₂ /m ²	Kg CO ₂ /m ²	Kg CO ₂ /m ³
Gas naturale	150.171	1,05	157.680	77,8	68,6	18,9	14,97	13,20	3,63
GPL o gasolio	-	1,07	-	0,0	0,0	0,0	-	-	-
Energia elettrica	55.818	2,42	135.080	66,7	58,8	16,2	12,87	11,34	3,12
Teleriscaldamento	-	1,5	-	0,0	0,0	0,0	-	-	-
Altro	-	0	-	0,0	0,0	0,0	-	-	-
TOTALE			292.759	145	127	35	28	25	7

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

Ripartizione % energia primaria

Ripartizione % emissioni CO₂

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

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

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

La formula definita è sotto riportata:

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

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

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

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

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

Tabella 5.15 – Indicatori di performance energetici

COMBUSTIBILE	IEN _R			IEN _E		
	Wh/(m ³ GG anno)			Wh/(m ³ anno)		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Gas Naturale	68	73	87	--	--	--
Energia elettrica				23.88	24.4	23.84

E' stato quindi possibile effettuare un raffronto con le classi di merito riportate nelle suddette Linee Guida ENEA - FIRE, ottenendo classe di merito insufficiente per il riscaldamento e per energia elettrica. Si veda dettaglio dei risultati nell'Allegato M.

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	270,18	257,05
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	216,30	213,63
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	0,47	0,38
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	0,00	0,00
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	0,00	0,00
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	53,41	43,03
Trasporto di persone e cose	EP _{Tr}	kWh/mq anno	0,00	0,00
Emissioni equivalenti di CO2	CO _{2eq}	Kg/mq anno	58,90	56,04

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

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
	[m ³ /anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	46.511	--
Energia Elettrica	--	55.818

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

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

Dove:

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

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

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

FABBISOGNO	Corrispondenza UNI TS 11300 [kWhel]
Energia ausiliaria complessiva assorbita dal sottosistema di generazione per la produzione di ACS	$E_{W, \text{aux, gn}}$
Energia ausiliaria complessiva assorbita dal sottosistema di generazione per il riscaldamento	$E_{H, \text{aux, gn}}$
Fabbisogno di energia elettrica dell’impianto di ventilazione meccanica e dei terminali di emissione	$E_{\text{ve,el}} + E_{\text{aux,e}}$
Fabbisogno di energia elettrica per gli ausiliari di distribuzione (Riscaldamento e ACS)	$E_{W, \text{aux, d}} + E_{W, \text{aux, d}}$
Fabbisogno di energia elettrica per l’illuminazione interna dell’edificio	$E_{L, \text{int}}$
Fabbisogno di energia elettrica per gli ausiliari degli impianti di climatizzazione	$Q_{\text{c,aux}}$
Fabbisogno di energia elettrica per i sistemi di trasporto (+ eventuali altri carichi interni)	$E_{\text{T}} + E_{\text{altro}}^{(*)}$
Perdite al trasformatore	$E_{\text{trasf}}^{(*)}$
Energia elettrica esportata dall’impianto a fonti rinnovabili	$E_{\text{exp,el}}$

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:

- Ore e giorni reali di funzionamento dell’impianto
- Temperature reali esterne (GG reali) ed interne (uso sonda di temperatura interna)
- Indici di affollamento: valutato l’indice di affollamento in funzione del numero di persone presenti e della superficie occupata da persone
- Rendimento generatore: dal dato di progetto si passa al valore dichiarato da prova fumi
- Indice di affollamento: viene ridotto l’indice di affollamento ipotizzando di ridurre l’indice rispetto alle condizioni standard, dimezzando il numero delle persone presenti nell’istituto.

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale non rinnovabile	$EP_{gl,ren}$	kWh/mq anno	118.53	76.81
Climatizzazione invernale	EP_H	kWh/mq anno	48.53	63.66
Produzione di acqua calda sanitaria	EP_w	kWh/mq anno	0.14	0.11
Ventilazione	EP_v	kWh/mq anno	0	0
Raffrescamento	EP_c	kWh/mq anno	0	0
Illuminazione artificiale	EP_L	kWh/mq anno	15.96	12.86
Trasporto di persone e cose	EP_T	kWh/mq anno	0	0
Emissioni equivalenti di CO ₂	CO_{2eq}	Kg/mq anno	17.6	16.75

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

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO [mc/anno]	CONSUMO [kWh/anno]
Gas Naturale		150.171
Energia Elettrica	--	55.818

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 [%]
156.799	150.171	4

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

6.1.2 Validazione del modello elettrico

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

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

$EE_{teorico}$ [kWh/anno]	$EE_{baseline}$ [kWh/anno]	Congruità [%]
56.818	55.818	2

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

6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

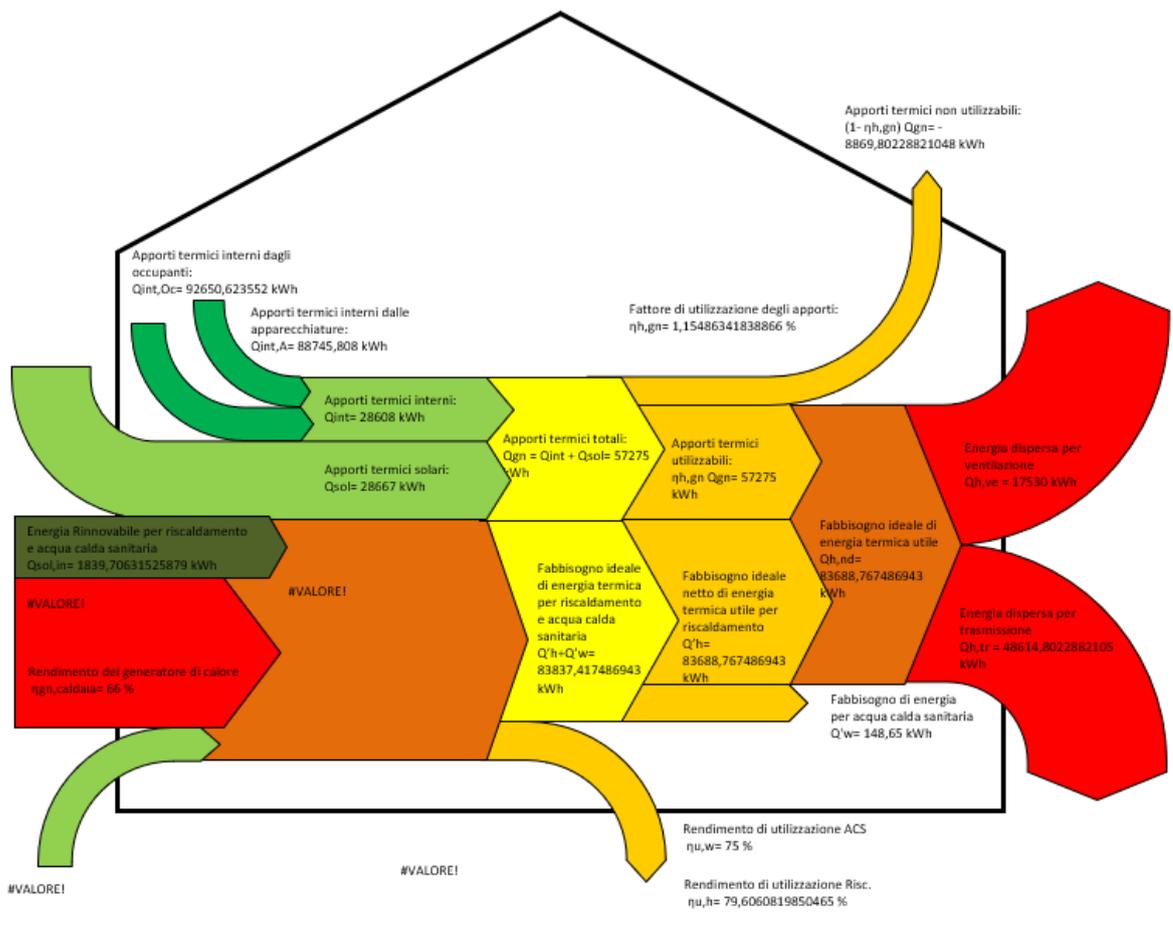
Al fine di valutare la prestazione energetica del sistema edificio-impianti si è reso necessario predisporre i risultati della modellazione energetica nella forma di un bilancio energetico che descriva l’andamento dei flussi energetici caratteristici dell’edificio in modo da valutare in maniera

puntuale i consumi specifici, le criticità e gli interventi da considerare, sia per quanto riguarda il bilancio termico, sia per quanto riguarda il bilancio elettrico.

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

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

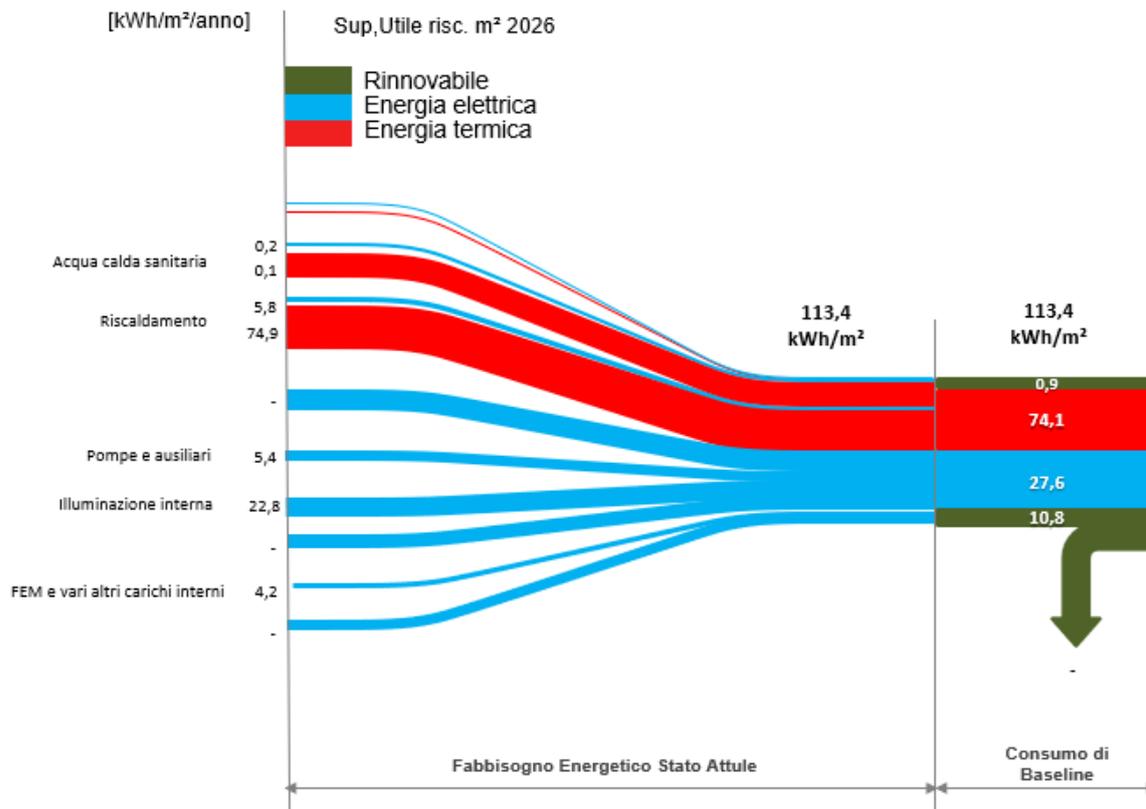
Figura 6.1 – Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell’edificio allo stato attuale



Dall’analisi del diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell’edificio è possibile notare che l’edificio presenta dei rendimenti globali medi stagionali bassi per riscaldamento. Questo è facilmente intuibile se consideriamo il fabbisogno globale di energia per riscaldamento e acs. Le perdite per ventilazione e trasmissione risultano molto alte, e questo rispecchia lo stato di fatto dell’immobile.

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

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



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

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

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

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

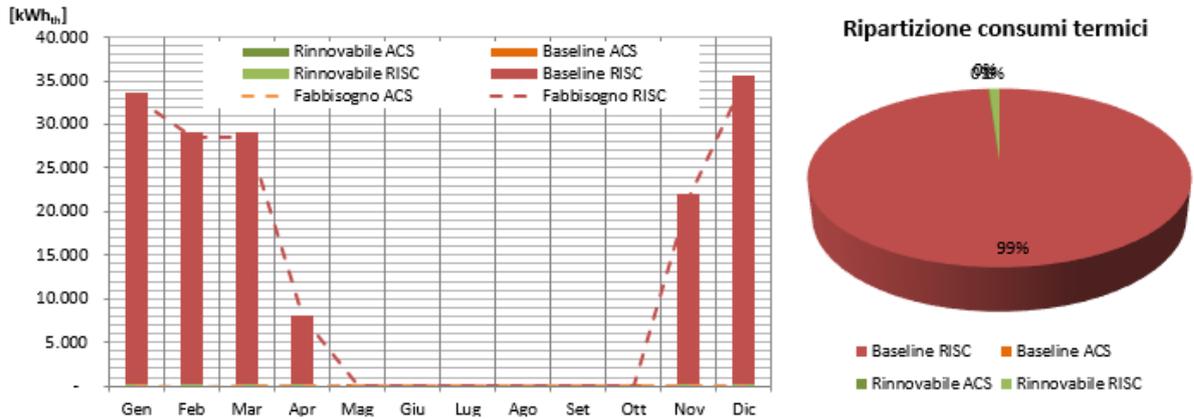
Dall’analisi del diagramma di Sankey relativo al bilancio energetico complessivo dell’edificio è possibile notare che la maggior richiesta di energia è relativa alla parte di energia termica (con una quota di rinnovabile molto bassa).

6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI

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

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

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



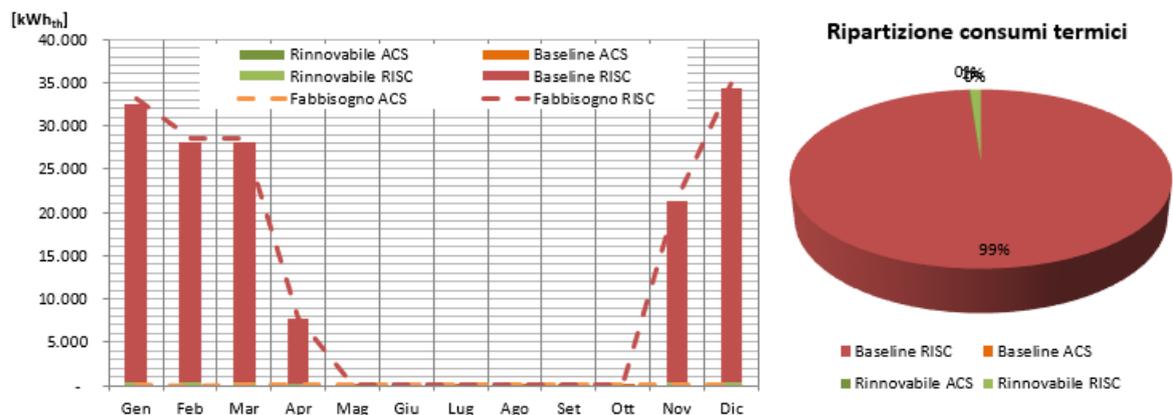
Si può notare come la maggior parte dei consumi termici sia da attribuirsi alla climatizzazione invernale.

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

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

I risultati di tale valutazione sono riportati nella Figura 6.4.

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



Si può notare come la maggior parte dei consumi sia da attribuirsi all’illuminazione interna.

7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO

7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI

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

7.1.1 Vettore termico

La fornitura del vettore termico avviene tramite due contratti differenti per i due PDR presenti all’interno dell’edificio, come di seguito elencato:

- PDR 1 – 3270049626336: contratto di Servizio Integrato Energia 3 (SIE3) stipulato dalla PA con un soggetto terzo, comprensivo sia la fornitura del vettore energetico che la conduzione e manutenzione degli impianti. Non è stato quindi possibile effettuare un’analisi dei costi di fatturazione del vettore energetico in quanto tali fatture non sono a disposizione della PA ;
- PDR 2 – 3270017472802: 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.

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 termico per il triennio di riferimento

PDR: 3270017472802	2015	2016
Indirizzo di fornitura	VIA GASPARE BUFFA 36	
Dati di intestazione fattura	COMUNE DI GENOVA 16124 GENOVA (GE) VIA DI FRANCIA 1	COMUNE DI GENOVA 16124 GENOVA (GE) VIA GARIBALDI 9
Società di fornitura	ENI spa	Energetic spa
Inizio periodo fornitura	01-04-2015	01-04-2016
Fine periodo fornitura	01-04-2016	-
Classe del contatore	G0010	G0010
Tipologia di contratto	UTENZE CON ATTIVITA' DI SERVIZIO PUBBLICO	Punto di riconsegna per usi diversi
Opzione tariffaria (*)	-	
Valore del coefficiente correttivo dei consumi	1,023	1,023
Potere calorifico inferiore convenzionale del combustibile	9,42	9,42

Prezzi di fornitura del combustibile (*) (IVA INCLUSA)

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

Nota (*): 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.

Dalle informazioni riportate nella tabella si può desumere che il fornitore è stato sostituito tra il 2015 e il 2016.

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

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

PDR: 3270017472802	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA		IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWh]	[€/kWh]
Gen - 15						891	10.170	0,088
Feb - 15	463	68	163	198	0	-	-	-
Mar - 15						-	-	-
Apr - 15						238	867	0,275
Mag - 15	79	72	33	54	-	-	885	-
Giu - 15						-	867	-
Lug - 15	12	24	6	9	-	51	433	0,117
Ago - 15	12	24	5	8	-	49	405	0,121
Set - 15	17	24	8	12	1	61	593	0,103
Ott - 15	17	24	7	12	-	60	575	0,104
Nov - 15	86	24	36	66	0	212	2.939	0,072
Dic - 15	129	24	54	99	-	306	4.409	0,069
Totale	814	283	312	459	1	1.869	22.143	0,084
PDR: 3270017472802	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA		IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2016	[€]	PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWh]	[€/kWh]
Gen - 16	125	28	57	84	0	293	4.682	0,063
Feb - 16	109	28	51	82	1	271	3.966	0,068
Mar - 16	100	28	46	76	-	250	3.646	0,069
Apr - 16	88	55	53	84	0	279	4.032	0,069
Mag - 16	10	27	6	10	-	52	462	0,113
Giu - 16	9	27	6	9	-	50	424	0,118
Lug - 16	9	27	5	8	-	49	386	0,126
Ago - 16						-	697	-
Set - 16						-	151	-
Ott - 16	14	-	8	15	-	37	2.477	0,015
Nov - 16						-	2.732	-
Dic - 16						-	3.043	-
Totale	462	219	231	367	2	1.281	26.696	0,048

Nel grafico in Figura 7.1 è riportato l'andamento del costo unitario del vettore termico nel triennio di riferimento e per le mensilità dell'anno 2017 per cui è stato possibile ricavare i costi unitari forniti dall'AEESGI.

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

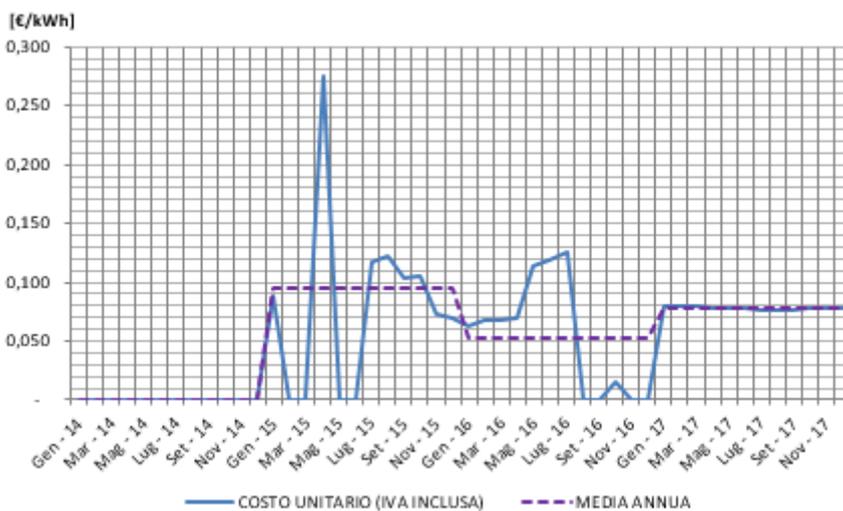
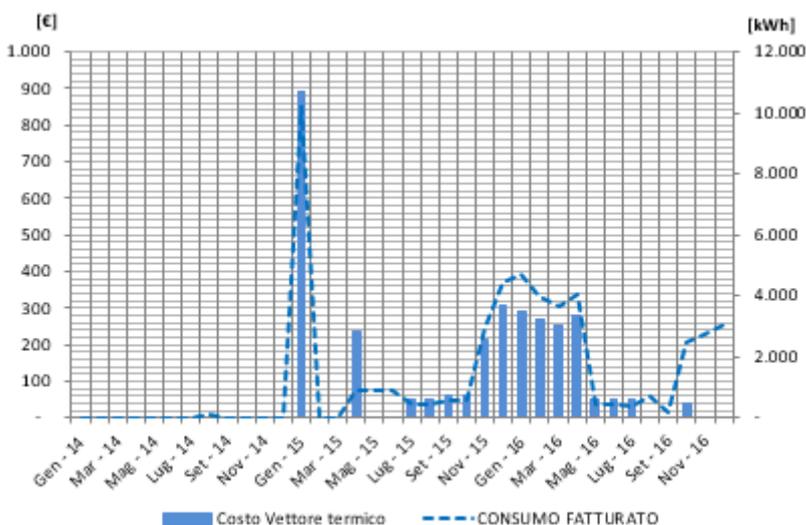


Figura 7.2 – Andamento dei consumi e dei costi dell'energia termica



7.1.2 Vettore elettrico

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

- POD 1 – IT001E00096475: 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 7.3 si riportano le principali caratteristiche del contratto di fornitura del vettore termico per gli anni di riferimento.

Tabella 7.3 – Caratteristiche dei contratti di fornitura del vettore elettrico per il triennio di riferimento

POD: IT001E00096475	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura	VIA GASPARE BUFFA 36		
Dati di intestazione fattura	COMUNE DI GENOVA 16124 GENOVA (GE) VIA DI FRANCIA 1		
Società di fornitura	EDISON spa	GALA spa	IREN spa
Inizio periodo fornitura	01-10-2013	Aprile 2015	Aprile 2016
Fine periodo fornitura	Aprile 2015	Aprile 2016	-
Potenza elettrica impegnata	3,00	40,00	9,00
Potenza elettrica disponibile	4,50	40,00	40,00
Tipologia di contratto	Forniture in BT (escluso IP)	Utenza Altri Usi	Altri usi
Opzione tariffaria ⁽¹⁾	-	-	-
Prezzi del fornitura dell'energia elettrica ⁽²⁾	12	15	15

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.

Dalle informazioni riportate nella tabella si può desumere che il fornitore è stato sostituito nel corso degli anni e che la potenza elettrica disponibile e impegnata sono aumentate molto tra il 2014 e il 2015 per avere poi una riduzione della potenza disponibile tra il 2015 e il 2016.

Nella Tabella 7.4 si riporta l'andamento del costo del vettore elettrico nel triennio di riferimento, suddiviso nelle varie componenti.

Tabella 7.4 – Andamento del costo del vettore elettrico nel triennio di riferimento

POD: IT001E00096475	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 14						-	5.979	-
Feb - 14						-	6.197	-
Mar - 14						-	5.727	-
Apr - 14						-	5.492	-
Mag - 14						-	5.521	-
Giu - 14	327	12	367	47	75	827	3.762	0,220
Lug - 14						-	2.399	-
Ago - 14	309	12	292	45	57	716	1.980	0,362
Set - 14	384	12	385	57	58	896	4.104	0,218
Ott - 14	458	12	477	69	102	1.118	5.485	0,204
Nov - 14	440	12	503	67	102	1.124	5.321	0,211
Dic - 14	449	12	540	71	58	1.130	5.381	0,210
Totale	2.367	73	2.564	355	452	5.811	57.348	0,101

POD: IT001E00096475	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA		IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 15	459	13	577	75	-	1.123	5.979	0,188
Feb - 15	470	13	588	80	115	1.265	6.197	0,204
Mar - 15						-	5.727	-
Apr - 15	306	14	452	69	-	840	5.492	0,153
Mag - 15	290	14	441	67	-	811	5.345	0,152
Giu - 15	183	14	299	44	-	539	3.514	0,153
Lug - 15	106	14	193	26	-	340	2.100	0,162
Ago - 15	87	14	164	22	-	286	1.725	0,166
Set - 15	162	15	320	45	-	542	3.902	0,139
Ott - 15	238	14	477	68	-	797	5.423	0,147
Nov - 15	238	14	504	72	-	829	5.755	0,144
Dic - 15	188	14	404	57	-	664	4.546	0,146
Totale	2.728	153	4.417	623	115	8.036	55.705	0,144
POD: IT001E00096475	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA		IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2016	[€]	PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
Gen - 16	221	14	432	66	-	734	5.290	0,139
Feb - 16	234	14	489	75	-	814	6.028	0,135
Mar - 16	228	14	461	71	-	774	5.590	0,138
Apr - 16	391	372		66	83	912	5.280	0,173
Mag - 16	418	373		66	86	943	5.306	0,178
Giu - 16	269	223		39	53	584	3.103	0,188
Lug - 16	170	134		22	33	360	1.798	0,200
Ago - 16	173	145		24	34	377	1.958	0,193
Set - 16	370	264		46	68	748	3.711	0,202
Ott - 16	537	364		64	97	1.062	5.155	0,206
Nov - 16	657	415		66	114	1.252	5.893	0,213
Dic - 16	571	373		66	101	1.112	5.289	0,210
Totale	4.239	2.708	1.383	673	668	9.672	54.401	0,178

Nel grafico in

Figura 7.3 è riportato l’andamento del costo unitario del vettore elettrico nel triennio di riferimento e per le mensilità dell’anno 2017 per cui è stato possibile ricavare i costi unitari forniti dall’AEEGSI.

Figura 7.3 – Andamento del costo unitario del vettore elettrico per il triennio di riferimento e per il 2017

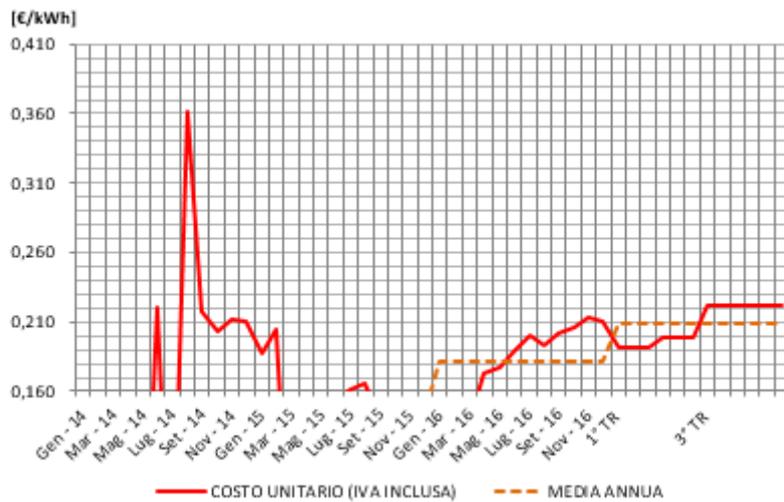
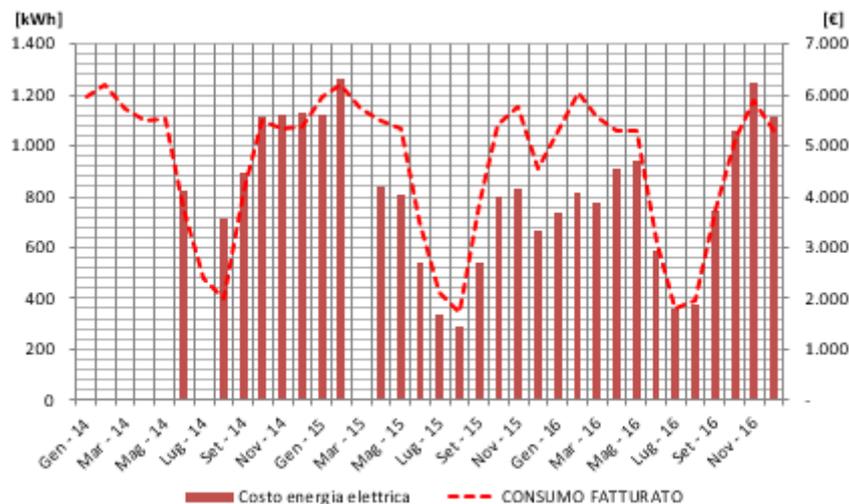


Figura 7.4 – Andamento dei consumi e dei costi dell’energia elettrica



Dall’analisi effettuata risulta evidente che l’andamento dei costi è costante e regolare.

7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL’ANALISI

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

Nella Tabella 7.5 sono sintetizzati i costi ed i consumi energetici precedentemente analizzati.

Tabella 7.5 – Sintesi dei consumi nel triennio di riferimento

ANNO	VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			TOTALE
	[€]	[kWh]	[€/kWh]	[€]	[kWh]	[€/kWh]	[€]
2014	-	141	-	5.811	57.348	0,101	5.811
2015	1.869	22.143	0,084	8.036	55.705	0,144	9.905
2016	1.281	26.696	0,048	9.672	54.401	0,178	10.953
2017	-	-	0,0792	-	-	0,092	-
Media	1.575	16.327	0,070	7.840	55.818	0,129	8.890

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

Tabella 7.6 – Valori di costo individuati per il calcolo della Baseline

Definizione		Valore	U.M.
Costo unitario dell’energia termica	Valore relativo all’ultimo anno a disposizione	Cu _Q 0,0792	[€/kWh]
Costo unitario dell’energia elettrica	Valore relativo all’ultimo anno a disposizione	Cu _{EE} 0,092	[€/kWh]

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

7.3 COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI

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

- L1-042-049: servizio SIE3

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

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

Tali servizi prevedono il pagamento di un canone annuale da parte della PA pari a 22.673,00 €.

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

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo per la gestione e manutenzione ordinaria	Corrispettivo annuale relativo al contratto O&M in essere	CM _o	20.406 [€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Media relativa a gli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici	CM _s	2.267 [€/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:

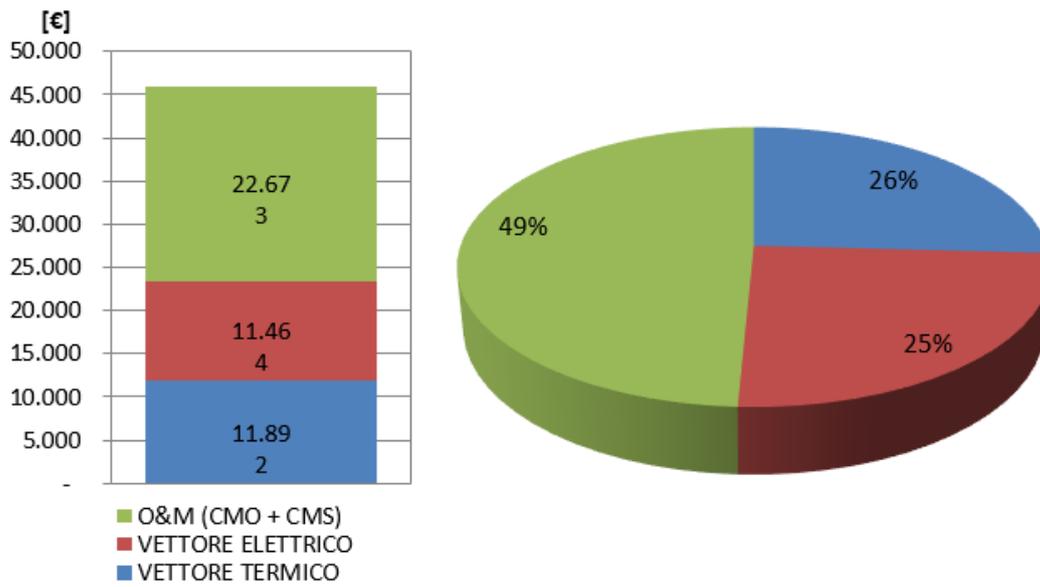
$$C_{baseline} = C_E + C_{MO} + C_{MS}$$

Ne risulta quindi un C_E pari a € 5.134 e un C_{baseline} pari a € 40.134.

Tabella 7.8 – 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]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
150.171									
150.171	0,079	11.892	55.818	0,205	11.464	22.673	20.406	2.267	46.029
									46.029

Figura 7.5 – Baseline dei costi e loro ripartizione



8 IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA

8.1 DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI

8.1.1 Involucro edilizio

EEM1: Cappotto esterno

Generalità

La misura prevede la realizzazione di un cappotto in polistirene espanso additivato con grafite (valore di conduttività pari a $0,031 \text{ W/m}^{\circ}\text{K}$) al fine di ridurre la trasmittanza termica di parete, protetto da una lastra in cartongesso.

La realizzazione del cappotto, migliorando la trasmittanza termica di parete, consente di ridurre l'energia termica dispersa per trasmissione ed un miglioramento delle condizioni di comfort termico

Caratteristiche funzionali e tecniche

La parete verticale, mediante la realizzazione di un cappotto termico, raggiungerà un valore di trasmittanza termica inferiore a $0,32 \text{ W/m}^2\text{K}$, così come stabilito dal DM 26 giugno 2015 per gli interventi di riqualificazione energetica nella zona climatica D a partire dal 2021.

Descrizione dei lavori

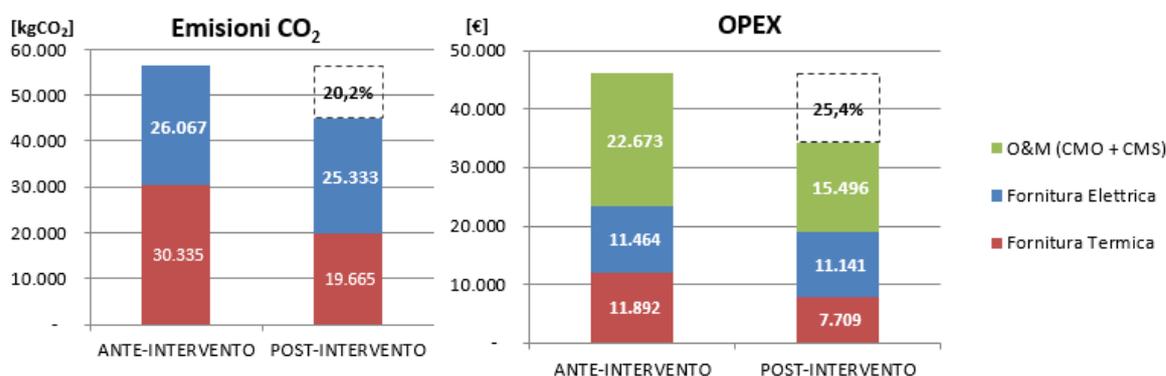
La posa deve essere effettuata da personale tecnico specializzato che rilasci una garanzia di conformità di installazione del prodotto rispetto alle specifiche tecniche, con garanzia decennale. Tutti i prodotti utilizzati dovranno essere corredati da Dichiarazione di Prestazione con marcatura CE.

Prestazioni raggiungibili

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

Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM1 – cappotto esterno

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM1 trasmittanza	[W/m ² K]	3,3	0,3	90,9%
Q _{teorico}	[kWh]	156.799	101.650	35,2%
EE _{teorico}	[kWh]	56.818	55.218	2,8%
Q _{baseline}	[kWh]	150.171	97.353	35,2%
EE _{Baseline}	[kWh]	55.818	54.246	2,8%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	30.335	19.665	35,2%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	26.067	25.333	2,8%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	56.402	44.998	20,2%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	11.892	7.709	35,2%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	11.464	11.141	2,8%
Fornitura Energia, C_E	[€]	23.356	18.851	19,3%
C _{MO}	[€]	20.406	13.229	35,2%
C _{MS}	[€]	2.267	2.267	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	22.673	15.496	31,7%
OPEX	[€]	46.029	34.347	25,4%

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

EEM2: Rifacimento copertura

Generalità

La misura prevede la realizzazione di un isolamento termico in polistirene espanso ad alta densità (EPS, valore di conduttività pari a 0,033 W/m²K) al fine di ridurre la trasmittanza termica della copertura.

La realizzazione dell'isolamento, migliorando la trasmittanza termica della copertura, consente di ridurre l'energia termica dispersa per trasmissione ed un miglioramento delle condizioni di comfort termico.

Caratteristiche funzionali e tecniche

La copertura, mediante la realizzazione di un isolamento termico, raggiungerà un valore di trasmittanza termica pari a 0,24 W/m²K, così come stabilito dal DM 26 giugno 2015 per gli interventi di riqualificazione energetica nella zona climatica D a partire dal 2021. A protezione dell'isolamento termico e per garantire l'impermeabilità della copertura, verrà realizzata una doppia guaina bituminosa, la più esterna delle quali avrà un valore di riflettanza solare non inferiore a 0,76, così come stabilito dal DM 11 ottobre 2017, in tema di criteri ambientali minimi per gli edifici pubblici.

Descrizione dei lavori

La posa deve essere effettuata da personale tecnico specializzato che rilasci una garanzia di conformità di installazione del prodotto rispetto alle specifiche tecniche, con garanzia decennale. Tutti i prodotti utilizzati dovranno essere corredati da Dichiarazione di Prestazione con marcatura CE.

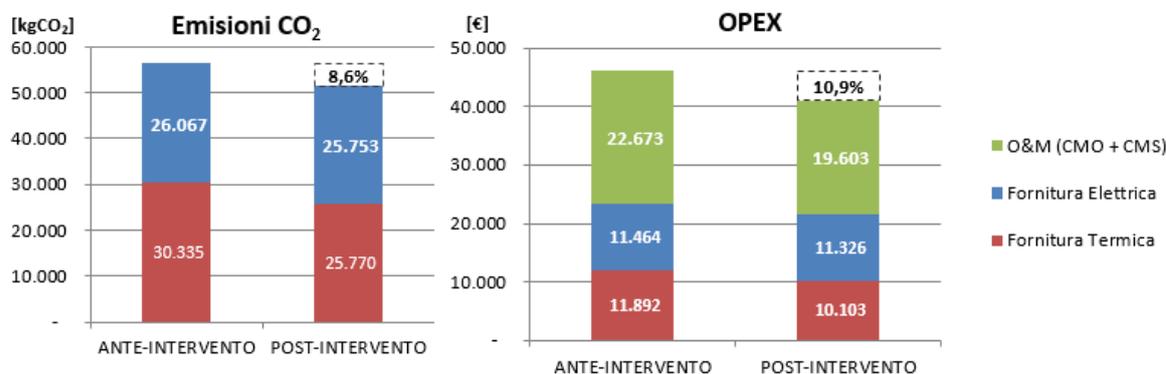
Prestazioni raggiungibili

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

Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM2 – COPERTURA

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM2 trasmittanza	[W/m²K]	1,6	0,26	83,8%
Q _{teorico}	[kWh]	156.799	133.206	15,0%
EE _{teorico}	[kWh]	56.818	56.134	1,2%
Q _{baseline}	[kWh]	150.171	127.576	15,0%
EE _{baseline}	[kWh]	55.818	55.146	1,2%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	30.335	25.770	15,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	26.067	25.753	1,2%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	56.402	51.524	8,6%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	11.892	10.103	15,0%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	11.464	11.326	1,2%
Fornitura Energia, C_E	[€]	23.356	21.429	8,3%
C _{MO}	[€]	20.406	17.335	15,0%
C _{MS}	[€]	2.267	2.267	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	22.673	19.603	13,5%
OPEX	[€]	46.029	41.031	10,9%
Classe energetica	[-]	D	D	OCLASSI

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



EEM3: sostituzione serramenti

Generalità

La misura prevede la sostituzione dei serramenti esistenti con nuovi serramenti in PVC, al fine di ridurre la trasmittanza termica degli stessi.

La posa di nuovi serramenti, migliorando la trasmittanza termica degli infissi, consente di ridurre l'energia termica dispersa per trasmissione, un miglioramento delle condizioni di comfort termico e, con l'utilizzo di vetri stratificati, una significativa riduzione del rumore esterno.

Figura 8.3 – Serramento



Caratteristiche funzionali e tecniche

I nuovi serramenti raggiungeranno un valore di trasmittanza termica inferiore a $1,40 \text{ W/m}^2\text{K}$, così come stabilito dal DM 26 giugno 2015 per gli interventi di riqualificazione energetica nella zona climatica D a partire dal 2021.

Il serramento avrà un doppio vetro, costituito da due lastre stratificate, livello di sicurezza 2(B)2 secondo norma UNI EN 12600 ed un valore di trasmissione solare inferiore o uguale a 0,35, così come stabilito dal DM 26 giugno 2015.

Descrizione dei lavori

La posa deve essere effettuata da personale tecnico specializzato che rilasci una garanzia di conformità di installazione del prodotto rispetto alle specifiche tecniche, con garanzia decennale. Tutti i prodotti utilizzati dovranno essere corredati da Dichiarazione di Prestazione con marcatura CE.

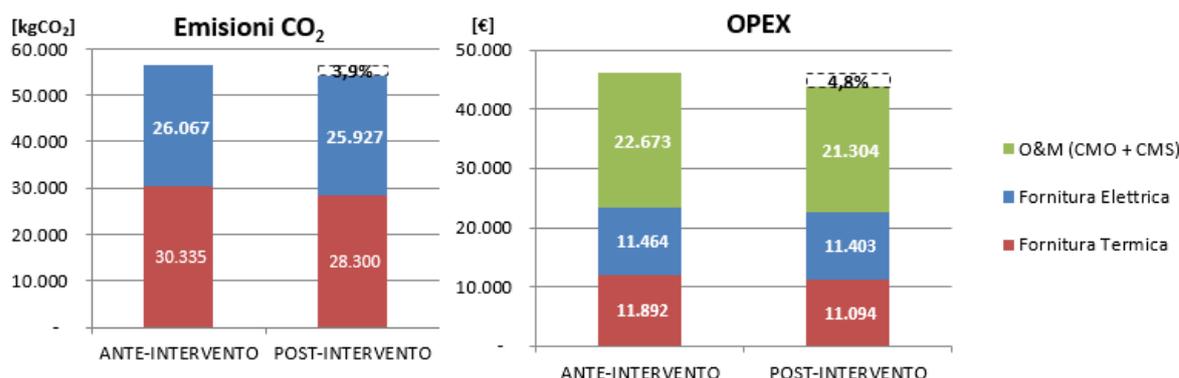
Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM3 sono riportati nella Tabella 8.1 e nella Figura 8.1.

Tabella 8.3 – Risultati analisi EEM3 – sostituzione serramenti

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM3 trasmittanza	[W/m ² K]	4	1,3	67,5%
Q _{teorico}	[kWh]	156.799	146.282	6,7%
EE _{teorico}	[kWh]	56.818	56.513	0,5%
Q _{baseline}	[kWh]	150.171	140.099	6,7%
EE _{baseline}	[kWh]	55.818	55.519	0,5%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	30.335	28.300	6,7%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	26.067	25.927	0,5%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	56.402	54.227	3,9%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	11.892	11.094	6,7%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	11.464	11.403	0,5%
Fornitura Energia, C_E	[€]	23.356	22.497	3,7%
C _{MO}	[€]	20.406	19.037	6,7%
C _{MS}	[€]	2.267	2.267	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	22.673	21.304	6,0%
OPEX	[€]	46.029	43.801	4,8%
Classe energetica	[-]	D	F	-1 CLASSE

Figura 8.4 – EEM3: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO2 a partire dalla baseline



8.1.1 Impianto riscaldamento

EEM4: Sostituzione caldaia

Generalità

La misura prevede la sostituzione del generatore di calore con un generatore a gas metano a condensazione.

La sostituzione del generatore di calore, comporterà un miglior rendimento nella combustione del gas metano e, conseguentemente, una riduzione delle emissioni

Caratteristiche funzionali e tecniche

L'intervento prevede la riqualificazione generale della centrale termica, con la installazione di un nuovo generatore di calore a condensazione. La potenza termica del nuovo generatore viene assunta pari a quella del generatore esistente, considerando il singolo intervento, senza ulteriori interventi sull'involucro edilizio.

Descrizione dei lavori

La sostituzione del generatore di calore deve essere effettuata da personale tecnico specializzato che rilasci una garanzia di conformità di installazione del prodotto rispetto alle specifiche tecniche, con garanzia decennale. Tutti i prodotti utilizzati dovranno essere corredati da Dichiarazione di Prestazione con marcatura CE.

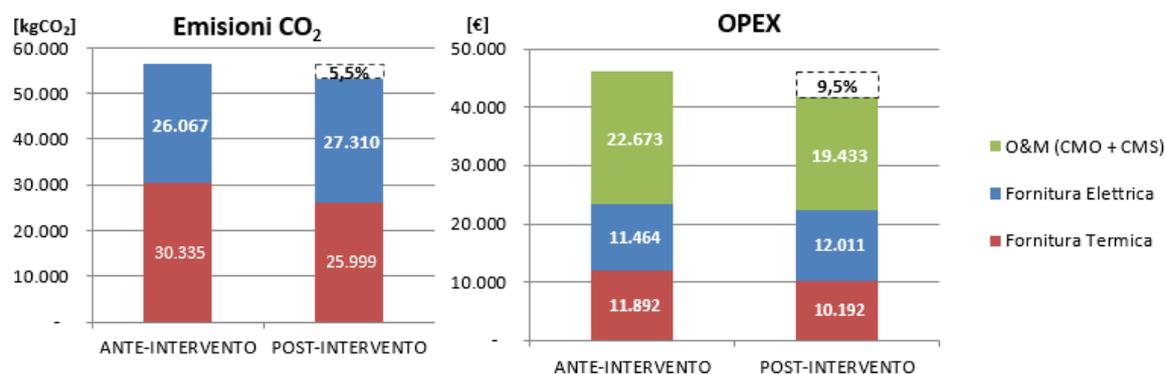
Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM4 sono riportati nella Tabella 8.1 e nella Figura 8.1.

Tabella 8.4 – Risultati analisi EEM4 – sostituzione caldaia

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM4 rendimento di generazione	-	87,8	104	18,5%
Q _{teorico}	[kWh]	156.799	134.389	14,3%
EE _{teorico}	[kWh]	56.818	59.527	-4,8%
Q _{baseline}	[kWh]	150.171	128.709	14,3%
EE _{baseline}	[kWh]	55.818	58.479	-4,8%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	30.335	25.999	14,3%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	26.067	27.310	-4,8%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	56.402	53.309	5,5%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	11.892	10.192	14,3%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	11.464	12.011	-4,8%
Fornitura Energia, C_E	[€]	23.356	22.203	4,9%
C _{MO}	[€]	20.406	17.489	14,3%
C _{MS}	[€]	2.267	1.943	14,3%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	22.673	19.433	14,3%
OPEX	[€]	46.029	41.636	9,5%
Classe energetica	[-]	D	D	0 CLASSI

Figura 8.5 – EEM4: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO2 a partire dalla baseline



EEM6: Valvole termostatiche e pompe a giri variabili

Generalità



La misura prevede l’installazione di valvole termostatiche sui radiatori e installazione di inverter sulle pompe di circolazione.

Caratteristiche funzionali e tecniche

La misura prevede l’installazione di valvole termostatiche sui radiatori e installazione di inverter sulle pompe di circolazione.

Descrizione dei lavori

L’installazione delle valvole e degli inverter deve essere effettuata da personale tecnico specializzato che rilasci una garanzia di conformità di installazione del prodotto rispetto alle specifiche tecniche, con garanzia decennale. Si prevede tale attività nella stagione estiva.

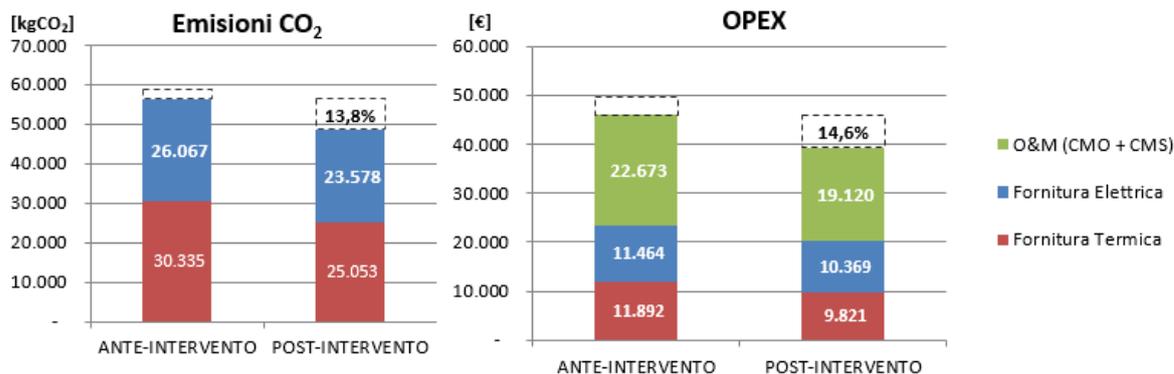
Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione della EEM6 sono riportati nella Tabella 8.1 e nella Figura 8.1.

Tabella 8.5 – Risultati analisi EEM6 – valvole termostatiche e pompe a giri variabili

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM6 rendimento di regolazione	-	83	99,5	19,9%
$Q_{teorico}$	[kWh]	156.799	129.496	17,4%
$EE_{teorico}$	[kWh]	56.818	51.392	9,5%
$Q_{baseline}$	[kWh]	150.171	124.023	17,4%
$EE_{Baseline}$	[kWh]	55.818	50.487	9,5%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	30.335	25.053	17,4%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	26.067	23.578	9,5%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	56.402	48.630	13,8%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	11.892	9.821	17,4%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	11.464	10.369	9,5%
Fornitura Energia, C_E	[€]	23.356	20.191	13,6%
C_{MO}	[€]	20.406	16.853	17,4%
C_{MS}	[€]	2.267	2.267	0,0%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	22.673	19.120	15,7%
OPEX	[€]	46.029	39.310	14,6%
Classe energetica	[-]	D	D	0 CLASSI

Figura 8.6 – EEM6: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO2 a partire dalla baseline



8.1.2 Impianto di illuminazione ed impianto elettrico

EEM5: Sostituzione lampade

Generalità

La misura preveda la sostituzione dei corpi illuminanti nelle aule, corridoi, servizi igienici e aule del personale.

Figura 8.7 – Particolare di un corpo illuminante



Caratteristiche funzionali e tecniche

Verranno installati corpi illuminanti a led, con accensione e spegnimento automatico con sensore di presenza nei corridoi e nei bagni. Nelle aule ci sarà la possibilità di regolare manualmente l’illuminazione. Sarà installato un orologio per lo spegnimento automatico di tutti i corpi durante le ore notturne (tranne le luci di emergenza).

Descrizione dei lavori

La posa deve essere effettuata da personale tecnico specializzato che rilasci una garanzia di conformità di installazione del prodotto rispetto alle specifiche tecniche, con garanzia decennale. Tutti i prodotti utilizzati dovranno essere corredati da Dichiarazione di Prestazione con marcatura CE.

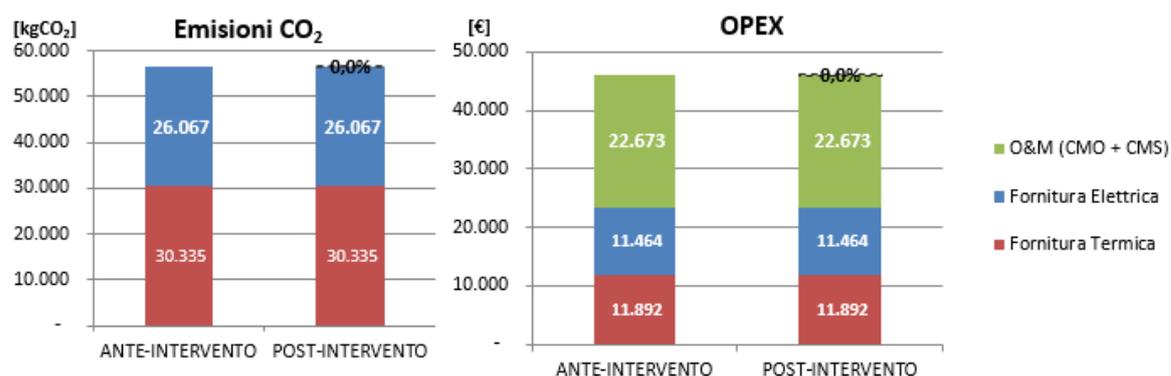
Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione della EEM6 sono riportati nella Tabella 8.1 e nella Figura 8.1.

Tabella 8.6 – Risultati analisi EEM5 – sostituzione corpi illuminanti

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM5 Potenza elettrica	Watt	16790	10044	40,2%
Q _{teorico}	[kWh]	156.799	156.799	0,0%
EE _{teorico}	[kWh]	56.818	56.818	0,0%
Q _{baseline}	[kWh]	150.171	150.171	0,0%
EE _{Baseline}	[kWh]	55.818	55.818	0,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	30.335	30.335	0,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	26.067	26.067	0,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	56.402	56.401	0,0%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	11.892	11.892	0,0%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	11.464	11.464	0,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	23.356	23.356	0,0%
C _{MO}	[€]	20.406	20.406	0,0%
C _{MS}	[€]	2.267	2.267	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	22.673	22.673	0,0%
OPEX	[€]	46.029	46.029	0,0%
Classe energetica	[-]	D	D	0 CLASSI

Figura 8.8 – EEM5: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO2 a partire dalla baseline



9 VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA

9.1 ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

EEM1: cappotto interno

Nella tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 1, che consiste nell'isolamento interno dell'involucro opaco.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati come di seguito descritto Allegato II *Metodologia di calcolo degli incentivi* nel Decreto 16 febbraio 2016 Aggiornamento della disciplina per l'incentivazione di interventi di piccole dimensioni per l'incremento dell'efficienza energetica e per la produzione di energia termica da fonti rinnovabili:

Tabella 5 - Coefficienti di calcolo dell'incentivo per tecnologia e corrispondente valore massimo dell'incentivo

Tipologia di intervento		Percentuale incentivata della spesa ammissibile (% spesa)	Costo massimo ammissibile (C _{max})	Valore massimo dell'incentivo (I _{max}) [€]
Articolo 4, comma 1, lettera a)	<i>i.</i> Strutture opache orizzontali: isolamento coperture			$(i+ii+iii) \leq 400.000$
	Esterno	40 (*) (**)	200 €/m ²	
	Interno	40 (*) (**)	100 €/m ²	
	Copertura ventilata	40 (*) (**)	250 €/m ²	
	<i>ii.</i> Strutture opache orizzontali: isolamento pavimenti			
	Esterno	40 (*) (**)	120 €/m ²	
	Interno	40 (*) (**)	100 €/m ²	
	<i>iii.</i> Strutture opache verticali: isolamento pareti perimetrali			
	Esterno	40 (*) (**)	100 €/m ²	
Interno	40 (*) (**)	80 €/m ²		
Parete ventilata	40 (*) (**)	150 €/m ²		
Articolo 4, comma 1, lettera b)	<i>i.</i> Sostituzione di chiusure trasparenti, comprensive di infissi, se installate congiuntamente a sistemi di termoregolazione o valvole termostatiche ovvero in presenza di detti sistemi al momento dell'intervento.	40 (**)	350 €/m ² per le zone climatiche A, B e C	75.000
			450 €/m ² per le zone climatiche D, E e F	100.000
Articolo 4, comma 1, lettera c)	<i>i.</i> Installazione di generatore di calore a condensazione con $P_{n\ int} \leq 35$ kWt	40 (**)	160 €/kW _t	3.000

Tabella 9.1 – Analisi dei costi della EEM1 – cappotto esterno

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M	PREZZO	PREZZO	TOTALE	IVA	TOTALE
				UNITA- RIO PRE- ZARIO	UNITA- RIO SCON- TATO	(IVA ESCLUSA)	[%]	(IVA INCLUSA)
				€/m²cm	€/m²cm	€	[%]	€
Isolanti di origine minerale. Pannelli in silicato di calcio, per l'isolamento termoacustico a cappotto di facciate e soffitti; permeabili al vapore, antincendio, traspirabili, incombustibili (classe 0). Lambda = 0,045 W/mK spessore da 6 a 20 cm per ogni cm	Prezzario Regione Liguria	12511,2	m2cm	€ 3,49	€ 3,17	€ 39.694,63	22%	€ 48.427,44
Malta premiscelata Rivestimento minerale per rasature armate /cappotto termico idr/m2orepellente, impermeabile e traspirante in sacchi . Resa per mano 1,8 kg.	Prezzario Regione Liguria	1042,6	kg	€ 0,82	€ 0,75	€ 777,21	22%	€ 948,20
Collante cementizio per murature in cemento cellulare espanso.	Prezzario Regione Liguria	521,3	kg	€ 0,49	€ 0,45	€ 232,22	22%	€ 283,30
Ponteggiature "di facciata", in elementi metallici prefabbricati e/o "giunto-tubo", compreso il montaggio e lo smontaggio finale, i piani di lavoro, idonea segnaletica, impianto di messa a terra, compresi gli eventuali oneri di progettazione, escluso: mantovane, illuminazione notturna e reti di protezione - Montaggio, smontaggio e noleggio per il primo mese di utilizzo.	Prezzario Regione Liguria	1042,6	m2	€ 14,28	€ 12,98	€ 13.534,84	22%	€ 16.512,51
Scrostamento intonaco fino al vivo della muratura, esterno, su muratura di mattoni o calcestruzzo	Prezzario Regione Liguria	1042,6	m2	€ 7,26	€ 6,60	€ 6.881,16	22%	€ 8.395,02
Intonaco esterno in malta a base di calce idraulica strato aggrappante a base di calce idraulica naturale NHL 3,5 (EN459-1) e sabbie calcaree classificate, spessore 5 mm circa.	Prezzario Regione Liguria	1042,6	m2	€ 4,81	€ 4,37	€ 4.559,01	22%	€ 5.561,99
Rasatura armata con malta preconfezionata a base minerale eseguita a due riprese fresco su fresco rifinita a frattazzo, con interposta rete in fibra di vetro o in poliestere compresa pulizia e preparazione del supporto con una mano di apposito primer. per rivestimento di intonaco con rete in fibra di vetro 4x4 da 150 gr/mq , spessore totale circa mm 4.	Prezzario Regione Liguria	1042,6	m2	€ 23,79	€ 21,63	€ 22.548,59	22%	€ 27.509,29
Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 2.646,83	22%	€ 3.229,13
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 6.175,94	22%	€ 7.534,64
TOTALE (I₀ – EEM1)						€ 97.050	22%	€ 118.402
Incentivi	[Conto termico]							€ 47.360,61
Durata incentivi								5
Incentivo annuo								€ 9.472,12

EEM2: isolamento copertura

Nella tabella 9.2 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 2, che consiste nel rifacimento copertura.

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

calcolo degli incentivi nel Decreto 16 febbraio 2016 Aggiornamento della disciplina per l'incentivazione di interventi di piccole dimensioni per l'incremento dell'efficienza energetica e per la produzione di energia termica da fonti rinnovabili:

Tabella 5 - Coefficienti di calcolo dell'incentivo per tecnologia e corrispondente valore massimo dell'incentivo

Tipologia di intervento		Percentuale incentivata della spesa ammissibile (% spesa)	Costo massimo ammissibile (C_{max})	Valore massimo dell'incentivo (I_{max}) [€]
Articolo 4, comma 1, lettera a)	<i>i.</i> Strutture opache orizzontali: isolamento coperture			$(i+ii+iii) \leq 400.000$
	Esterno	40 (*) (**)	200 €/m ²	
	Interno	40 (*) (**)	100 €/m ²	
	Copertura ventilata	40 (*) (**)	250 €/m ²	
	<i>ii.</i> Strutture opache orizzontali: isolamento pavimenti			
	Esterno	40 (*) (**)	120 €/m ²	
	Interno	40 (*) (**)	100 €/m ²	
	<i>iii.</i> Strutture opache verticali: isolamento pareti perimetrali			
	Esterno	40 (*) (**)	100 €/m ²	
Interno	40 (*) (**)	80 €/m ²		
Parete ventilata	40 (*) (**)	150 €/m ²		
Articolo 4, comma 1, lettera b)	<i>i.</i> Sostituzione di chiusure trasparenti, comprensive di infissi, se installate congiuntamente a sistemi di termoregolazione o valvole termostatiche ovvero in presenza di detti sistemi al momento dell'intervento.	40 (**)	350 €/m ² per le zone climatiche A, B e C	75.000
			450 €/m ² per le zone climatiche D, E e F	100.000
Articolo 4, comma 1, lettera c)	<i>i.</i> Installazione di generatore di calore a condensazione con $P_{n, int} \leq 35$ kWt	40 (**)	160 €/kW _t	3.000

Tabella 9.2 – Analisi dei costi della EEM2 – isolamento copertura

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	PREZZO UNITARIO	TOTALE	IVA	TOTALE
				PREZ- ZARIO	SCON- TATO	(IVA ESCLUSA)	[%]	(IVA INCLUSA)
				€/m ² cm	€/m ² cm	[€]	[%]	[€]
Isolanti di origine minerale. Pannelli in silicato di calcio, per l'isolamento termoacustico a cappotto di facciate e soffitti; permeabili al vapore, antincendio, traspirabili, incombustibili (classe 0). Lambda = 0,045 W/mK spessore da 6 a 20 cm per ogni cm	Prezzario Regione Liguria	13006	m2cm	€ 3,49	€ 3,17	€ 41.264,49	22%	€ 50.342,68
Malta premiscelata Rivestimento minerale per rasature armate /cappotto termico idr/m2orepellente, impermeabile e traspirante in sacchi . Resa per mano 1,8 kg.	Prezzario Regione Liguria	929	kg	€ 0,82	€ 0,75	€ 692,53	22%	€ 844,88
Collante cementizio per murature in cemento cellulare espanso.	Prezzario Regione Liguria	464,5	kg	€ 0,49	€ 0,45	€ 206,91	22%	€ 252,43
Impalcature per interni, realizzate con cavalletti, trabattelli, strutture tubolari, misurate in proiezione orizzontale, piani di lavoro per altezza da 2,00 a 4,00 metri.	Prezzario Regione Liguria	23,225	m2	€ 21,17	€ 19,25	€ 446,98	22%	€ 545,31
Intonaco interno in malta cementizia strato aggrappante a base di cemento portland, sabbie classificate ed additivi specifici spessore 5 mm circa.	Prezzario Regione Liguria	929	m2	€ 4,80	€ 4,36	€ 4.053,82	22%	€ 4.945,66
Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 1.278,33	22%	€ 1.559,56
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 2.982,76	22%	€ 3.638,97
TOTALE (I₀– EEM1)						€ 50.926	22%	€ 62.129
Incentivi	[Conto termico]							€ 24.851,80
Durata incentivi								5
Incentivo annuo								€ 4.970,36

EEM3: sostituzione serramenti

Nella tabella 9.2 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 3, 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 come di seguito descritto Allegato II *Metodologia di calcolo degli incentivi* nel Decreto 16 febbraio 2016 Aggiornamento della disciplina per l'incentivazione di interventi di piccole dimensioni per l'incremento dell'efficienza energetica e per la produzione di energia termica da fonti rinnovabili:

E773 – Scuola elementare d’Albertis

Tabella 5 - Coefficienti di calcolo dell’incentivo per tecnologia e corrispondente valore massimo dell’incentivo

Tipologia di intervento		Percentuale incentivata della spesa ammissibile (% spesa)	Costo massimo ammissibile (C _{max})	Valore massimo dell’incentivo (I _{max}) [€]
Articolo 4, comma 1, lettera a)	i. Strutture opache orizzontali: isolamento coperture			(i+ii+iii) ≤ 400.000
	Esterno	40 (*) (**)	200 €/m ²	
	Interno	40 (*) (**)	100 €/m ²	
	Copertura ventilata	40 (*) (**)	250 €/m ²	
	ii. Strutture opache orizzontali: isolamento pavimenti			
	Esterno	40 (*) (**)	120 €/m ²	
	Interno	40 (*) (**)	100 €/m ²	
	iii. Strutture opache verticali: isolamento pareti perimetrali			
	Esterno	40 (*) (**)	100 €/m ²	
Interno	40 (*) (**)	80 €/m ²		
Parete ventilata	40 (*) (**)	150 €/m ²		
Articolo 4, comma 1, lettera b)	i. Sostituzione di chiusure trasparenti, comprensive di infissi, se installate congiuntamente a sistemi di termoregolazione o valvole termostatiche ovvero in presenza di detti sistemi al momento dell'intervento.	40 (**)	350 €/m ² per le zone climatiche A, B e C	75.000
			450 €/m ² per le zone climatiche D, E e F	100.000
Articolo 4, comma 1, lettera c)	i. Installazione di generatore di calore a condensazione con P _{n int} ≤ 35 kWt	40 (**)	160 €/kW _t	3.000

Tabella 9.2 – Analisi dei costi della EEM3 – sostituzione serramenti

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				€/n° o €/m ²	€/n° o €/m ²	[€]	[%]	[€]
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	419	m2	€ 39,61	€ 36,01	€ 15.087,81	22%	€ 18.407,13
Finestra o portafinestra in PVC completa di vetrocamera, qualità media, con valore massimo di trasmittanza U=2,8 W/m ² K, controtelaio escluso, misurazione minima per serramento m ² 1,0 apertura ad una o due ante o a vasistas	Prezziario Regione Liguria	419	m2	€ 328,90	€ 299,00	€ 125.281,00	22%	€ 152.842,82
Controtelaio per finestre, portefinestre e simili, in legno.	Prezziario Regione Liguria	81,87796	m	€ 7,59	€ 6,90	€ 564,96	22%	€ 689,25
Trasporto eseguito con autocarro, motocarro o simili, della portata fino a 1000 kg, di materiali di risulta da scavi e/o demolizioni, per ogni km del tratto entro i primi 5. Misurato in banco	Prezziario Regione Liguria	62,85	m3	€ 11,77	€ 10,70	€ 672,50	22%	€ 820,44
Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 4.248,19	22%	€ 5.182,79
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 9.912,44	22%	€ 12.093,17
TOTALE (I₀ – EEM1)						€ 155.767	22%	€ 190.036
Incentivi	[Conto termico]							€ 76.014,24
Durata incentivi								5
Incentivo annuo								€ 15.202,85

EEM4: sostituzione caldaia

Nella tabella 9.2 è riportata l’analisi dei costi relativi alle EEM 4, che consiste nella sostituzione del generatore di calore.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l’ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati come di seguito descritto Allegato II *Metodologia di calcolo degli incentivi* nel Decreto 16 febbraio 2016 Aggiornamento della disciplina per l’incentivazione di interventi di piccole dimensioni per l’incremento dell’efficienza energetica e per la produzione di energia termica da fonti rinnovabili:

Tabella 5 - Coefficienti di calcolo dell’incentivo per tecnologia e corrispondente valore massimo dell’incentivo

Tipologia di intervento		Percentuale incentivata della spesa ammissibile (% spesa)	Costo massimo ammissibile (C_{max})	Valore massimo dell’incentivo (I_{max}) [€]
Articolo 4, comma 1, lettera a)	<i>i.</i> Strutture opache orizzontali: isolamento coperture			$(i+ii+iii) \leq 400.000$
	Esterno	40 (*) (**)	200 €/m ²	
	Interno	40 (*) (**)	100 €/m ²	
	Copertura ventilata	40 (*) (**)	250 €/m ²	
	<i>ii.</i> Strutture opache orizzontali: isolamento pavimenti			
	Esterno	40 (*) (**)	120 €/m ²	
	Interno	40 (*) (**)	100 €/m ²	
	<i>iii.</i> Strutture opache verticali: isolamento pareti perimetrali			
	Esterno	40 (*) (**)	100 €/m ²	
Interno	40 (*) (**)	80 €/m ²		
Parete ventilata	40 (*) (**)	150 €/m ²		
Articolo 4, comma 1, lettera b)	<i>i.</i> Sostituzione di chiusure trasparenti, comprensive di infissi, se installate congiuntamente a sistemi di termoregolazione o valvole termostatiche ovvero in presenza di detti sistemi al momento dell’intervento.	40 (**)	350 €/m ² per le zone climatiche A, B e C	75.000
			450 €/m ² per le zone climatiche D, E e F	100.000
Articolo 4, comma 1, lettera c)	<i>i.</i> Installazione di generatore di calore a condensazione con $P_{n\ int} \leq 35$ kWt	40 (**)	160 €/kW _t	3.000

	ii. Installazione di generatore di calore a condensazione con $P_{n\text{int}} > 35 \text{ kWt}$	40 (**)	130 €/kWt	40.000
Articolo 4, comma 1, lettera d)	Installazione di sistemi di schermatura e/o ombreggiamento fissi, anche integrati, o mobili	40	150 €/m ²	30.000
	Installazione di meccanismi automatici di regolazione e controllo delle schermature	40	30 €/m ²	5.000
Articolo 4, comma 1, lettera e)	i. Trasformazione degli edifici esistenti in "edifici a energia quasi zero NZEB" – zona climatica A, B, C	65	500 €/m ²	1.500.000
	i. Trasformazione degli edifici esistenti in "edifici a energia quasi zero NZEB" – zona climatica D, E, F	65	575 €/m ²	1.750.000
Articolo 4, comma 1, lettera f)	i. Sostituzione di corpi illuminanti comprensivi di lampade per l'illuminazione degli interni e delle pertinenze esterne - installazione di lampade ad alta efficienza	40	15 €/m ²	30.000
	ii. Sostituzione di corpi illuminanti comprensivi di lampade per l'illuminazione degli interni e delle pertinenze esterne - installazione di lampade a led	40	35 €/m ²	70.000
Articolo 4, comma 1, lettera g)	Installazione di tecnologie di <i>building automation</i>	40	25 €/m ²	50.000

Tabella 9.2 – Analisi dei costi della EEM4 – SOSTITUZIONE CALDAIA

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO	PREZZO	TOTALE	IVA	TOTALE
				UNITARIO PREZZARIO	UNITARIO SCONTATO	(IVA ESCLUSA)	IVA	(IVA INCLUSA)
				€/n° o €/m ²	€/n° o €/m ²	[€]	[%]	[€]
Caldaie a condensazione a basamento, corpo in lega di alluminio-silicio-magnesio con scambiatore primario a basso contenuto d'acqua, classe 5 NOx, rendimento energetico a 4 stelle in base alle direttive europee, bruciatore modulante con testata metallica ad irraggiamento, compreso il pannello di comando montato sul mantello di rivestimento, della potenza termica nominale di: 525 Kw circa	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 26 754,75	€ 24 322,50	€ 24 322,50	22%	€ 29 673,45
Sistema fumario prefabbricato a sezione circolare, con giunti maschio-femmina con profilo conico a elementi modulari a doppia parete acciaio inox (parete interna AISI316L e parete esterna AISI304), coibentazione 25mm in lana di roccia pressata, senza guarnizioni di tenuta Coppa di scarico condensa Ø 250 mm	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 232,76	€ 211,60	€ 211,60	22%	€ 258,15
Sola posa in opera di bruciatore per caldaie, compresi la lavorazione della piastra di collegamento alla caldaia, la sola posa della rampa gas e del dispositivo di controllo tenuta valvola, i collegamenti elettrici, i collegamenti alla tubazione del combustibile a metano o gasolio: per generatori di calore da 701 Kw a 1300 Kw	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 614,79	€ 558,90	€ 558,90	22%	€ 681,86
Accessori per caldaie a condensazione: Tubi Ø 80mm della lunghezza 1 m	Prezzario Regione Liguria	15	cad	€ 21,13	€ 19,21	€ 288,14	22%	€ 351,53
Accessori per caldaie a condensazione: Kit scarichi separati per tubi Ø 80mm	Prezzario Regione Liguria	2	cad	€ 28,46	€ 25,87	€ 51,75	22%	€ 63,13
Sola posa in opera di accessori per impianti di termoregolazione compresi collegamenti elettrici: sonde in genere	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 120,60	€ 109,64	€ 109,64	22%	€ 133,76
Sola posa in opera di accessori per impianti di termoregolazione compresi collegamenti elettrici: interruttore orologio da inserire in quadro elettrico	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 29,71	€ 27,01	€ 27,01	22%	€ 32,95
Interruttore orario digitale modulare per la programmazione settimanale a due canali	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 146,74	€ 133,40	€ 133,40	22%	€ 162,75
Sonde di temperatura e umidità: sola temperatura, per impianti civili e industriali per esterno	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 76,47	€ 69,52	€ 69,52	22%	€ 84,81
Opere edili Operaio Qualificato	Prezzario Regione Liguria	10	h	€ 34,41	€ 31,28	€ 312,82	22%	€ 381,64
Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezzario Regione Liguria	20	h	€ 31,88	€ 28,98	€ 579,64	22%	€ 707,16
Trasporto a scarica o a centro di riciclaggio di materiali di risulta provenienti da scavi e/o demolizioni, misurato su autocarro in partenza, esclusi gli eventuali oneri di scarica o smaltimento, eseguito con piccolo mezzo di trasporto con capacità di carico fino a 3 t. per ogni chilometro del tratto oltre i primi 5 km e fino al decimo km.	Prezzario Regione Liguria	80	m ³ km	€ 4,72	€ 4,29	€ 343,27	22%	€ 418,79
Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 810,25	22%	€ 988,50

Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%	€	22%	€
				1.890,57		2.306,50
TOTALE (I₀ – EEM1)				€	22%	€
				29.709		36.245
Incentivi	[Conto termico]					€
						14.497,99
Durata incentivi						5
Incentivo annuo						€
						2.899,60

EEM5: sostituzione lampade con lampade a led

Nella tabella 9.2 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 5, che consiste nella sostituzione di corpi illuminanti con lampade a led.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati come di seguito descritto Allegato II *Metodologia di calcolo degli incentivi* nel Decreto 16 febbraio 2016 Aggiornamento della disciplina per l'incentivazione di interventi di piccole dimensioni per l'incremento dell'efficienza energetica e per la produzione di energia termica da fonti rinnovabili:

Tabella 9.2 – Analisi dei costi della EEM5 – SOSTITUZIONE LAMPADE

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO	PREZZO UNITARIO SCONTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ²]	[€/n° o €/m ²]	[€]	[%]	[€]
Plafoniera stagna rettangolare, corpo in policarbonato autoestinguente, schermo in policarbonato autoestinguente trasparente prismatico internamente, per installazione a parete, plafone o a sospensione, apparecchio con grado di protezione IP 66, lampade LED temperatura di colore 4000 K, alimentazione 230 V c.a.: bilampada: lunghezza 1.300 mm, 36 W, 5.830 lm	DEI Imp. Ele. 2017	270	cad	€ 156,66	€ 142,42	€ 38.452,91	22%	€ 46.912,55
Apparecchio ad incasso con corpo in alluminio, lampada led temperatura di colore 3000 K, alimentatore incorporato, riflettore in alluminio cromato, classe di isolamento 1, grado di protezione IP 23, alimentazione 230 V 50 Hz, classe energetica A, apertura del fascio 95°: potenza 20 W, equivalente a 36 W fluorescente, Ø 190 mm	DEI Imp. Ele. 2017	18	cad	€ 98,61	€ 89,65	€ 1.613,62	22%	€ 1.968,61
Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 1.202,00	22%	€ 1.466,43
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 2.804,66	22%	€ 3.421,68
TOTALE (I₀ – EEM1)						€ 44 073	22%	€ 53 769
Incentivi	Conto termico							€
								21.507,71
Durata incentivi								5
Incentivo annuo								€
								4.301,54

EEM6: valvole termostatiche e pompe a giri variabili

Nella tabella 9.2 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 6, che consiste nell'installazione di valvole termostatiche e pompe a giri variabili.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati come di seguito descritto Allegato II *Metodologia di calcolo degli incentivi* nel Decreto 16 febbraio 2016 Aggiornamento della disciplina per l'incentivazione di interventi di piccole dimensioni per l'incremento dell'efficienza energetica e per la produzione di energia termica da fonti rinnovabili:

Tabella 5 - Coefficienti di calcolo dell'incentivo per tecnologia e corrispondente valore massimo dell'incentivo

Tipologia di intervento		Percentuale incentivata della spesa ammissibile (% spesa)	Costo massimo ammissibile (C_{max})	Valore massimo dell'incentivo (I_{max}) [€]
Articolo 4, comma 1, lettera a)	<i>i.</i> Strutture opache orizzontali: isolamento coperture			$(i+ii+iii) \leq 400.000$
	Esterno	40 (*) (**)	200 €/m ²	
	Interno	40 (*) (**)	100 €/m ²	
	Copertura ventilata	40 (*) (**)	250 €/m ²	
	<i>ii.</i> Strutture opache orizzontali: isolamento pavimenti			
	Esterno	40 (*) (**)	120 €/m ²	
	Interno	40 (*) (**)	100 €/m ²	
	<i>iii.</i> Strutture opache verticali: isolamento pareti perimetrali			
	Esterno	40 (*) (**)	100 €/m ²	
Interno	40 (*) (**)	80 €/m ²		
Parete ventilata	40 (*) (**)	150 €/m ²		
Articolo 4, comma 1, lettera b)	<i>i.</i> Sostituzione di chiusure trasparenti, comprensive di infissi, se installate congiuntamente a sistemi di termoregolazione o valvole termostatiche ovvero in presenza di detti sistemi al momento dell'intervento.	40 (**)	350 €/m ² per le zone climatiche A, B e C	75.000
			450 €/m ² per le zone climatiche D, E e F	100.000
Articolo 4, comma 1, lettera c)	<i>i.</i> Installazione di generatore di calore a condensazione con $P_{n\ int} \leq 35\ kWt$	40 (**)	160 €/kW _t	3.000

	ii. Installazione di generatore di calore a condensazione con $P_{n\text{int}} > 35 \text{ kWt}$	40 (**)	130 €/kWt	40.000
Articolo 4, comma 1, lettera d)	Installazione di sistemi di schermatura e/o ombreggiamento fissi, anche integrati, o mobili	40	150 €/m ²	30.000
	Installazione di meccanismi automatici di regolazione e controllo delle schermature	40	30 €/m ²	5.000
Articolo 4, comma 1, lettera e)	i. Trasformazione degli edifici esistenti in "edifici a energia quasi zero NZEB" – zona climatica A, B, C	65	500 €/m ²	1.500.000
	i. Trasformazione degli edifici esistenti in "edifici a energia quasi zero NZEB" – zona climatica D, E, F	65	575 €/m ²	1.750.000
Articolo 4, comma 1, lettera f)	i. Sostituzione di corpi illuminanti comprensivi di lampade per l'illuminazione degli interni e delle pertinenze esterne - installazione di lampade ad alta efficienza	40	15 €/m ²	30.000
	ii. Sostituzione di corpi illuminanti comprensivi di lampade per l'illuminazione degli interni e delle pertinenze esterne - installazione di lampade a led	40	35 €/m ²	70.000
Articolo 4, comma 1, lettera g)	Installazione di tecnologie di <i>building automation</i>	40	25 €/m ²	50.000

Tabella 9.2 – Analisi dei costi della EEM6 – VALVOLE TERMOSTATICHE E POMPE A GIRI VARIABILI

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO €/n° o €/m ²	PREZZO UNITARIO SCONTATO €/n° o €/m ²	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA [%]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
Valvole micrometriche a squadra complete di testa termostatica con elemento sensibile a gas: Ø 15 mm	Prezzario Regione Liguria	144	cad	€ 35,42	€ 32,20	€ 4.636,80	22%	€ 5.656,90
Circolatori per impianti di riscaldamento e condizionamento a velocità variabile, regolate elettronicamente, classe di protezione IP44, classe energetica A, 230V, del tipo: versione gemellare con attacchi flangiati, Ø 80, PN6, prevalenza da 1 a 12 m, portata da 1 a 58 m ³ /h	Prezzario Regione Liguria	2	cad	€ 4.587,21	€ 4.170,19	€ 8.340,38	22%	€ 10.175,27
Sola posa in opera di pompe e/o circolatori singoli o gemellari per fluidi caldi o freddi, compreso bulloni, guarnizioni e il collegamento alla linea elettrica, escluse le flange. Per attacchi del diametro nominale di: maggiore di 80 mm fino a 100 mm	Prezzario Regione Liguria	2	cad	€ 97,34	€ 88,49	€ 176,98	22%	€ 215,92
Interruttore automatico magnetotermico con potere di interruzione 4,5KA bipolare fino a 32 A - 230 V	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 22,69	€ 20,63	€ 20,63	22%	€ 25,17
Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezzario Regione Liguria	54	h	€ 31,88	€ 28,98	€ 1.565,02	22%	€ 1.909,32
Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 442,19	22%	€ 539,48
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 1.031,79	22%	€ 1.258,78
TOTALE (I₀ – EEM1)						€ 16.214	22%	€ 19.781
Incentivi	Conto termico							€ 7.912,33
Durata incentivi								5
Incentivo annuo								€ 1.582,47

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: cappotto esterno

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

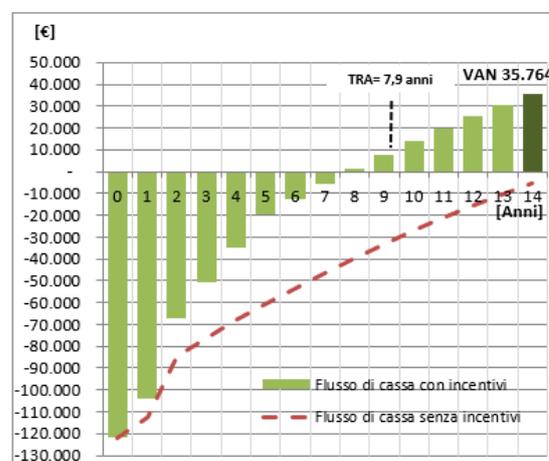
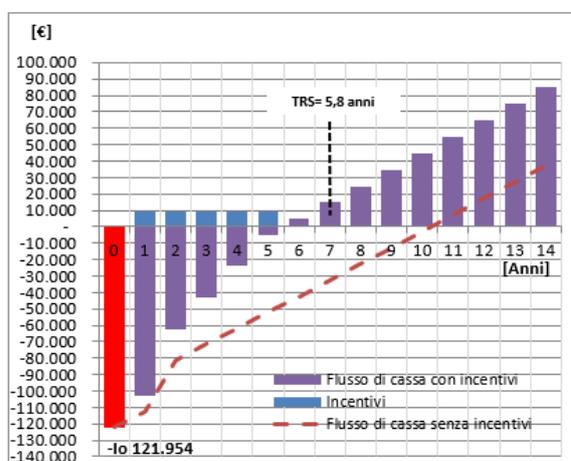
Tabella 9.2 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM1– cappotto esterno

PARMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I₀	€	118 402
Oneri Finanziari %I ₀	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	30
Incentivo annuo	B	€/anno	9 472
Durata incentivo	n_B	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	4,0%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	10,4	5,8
Tempo di rientro attualizzato	TRA	15,5	7,9
Valore attuale netto	VAN	49.499	90.508
Tasso interno di rendimento	TIR	8,7%	13,3%
Indice di profitto	IP	0,42	0,76

I flussi di cassa rappresentativi dell’analisi sono riportati nelle Figura 9.1 e Figura 9.2.

Figura 9.1 –EEM1: Flussi di Cassa, con e senza incentivi

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



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento risulta conveniente se attuato sia con che senza incentivi (TRS < 15 anni) e VAN positivo.

EEM2: rifacimento copertura

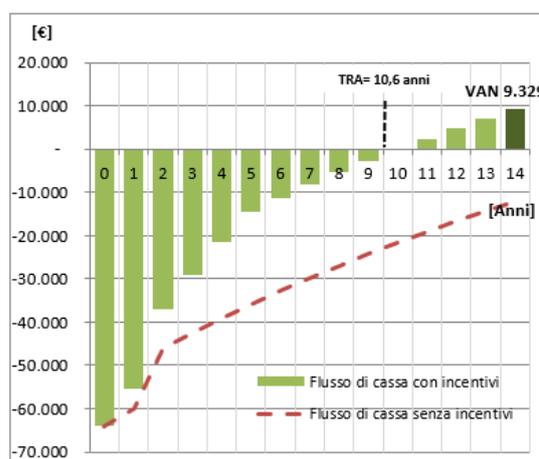
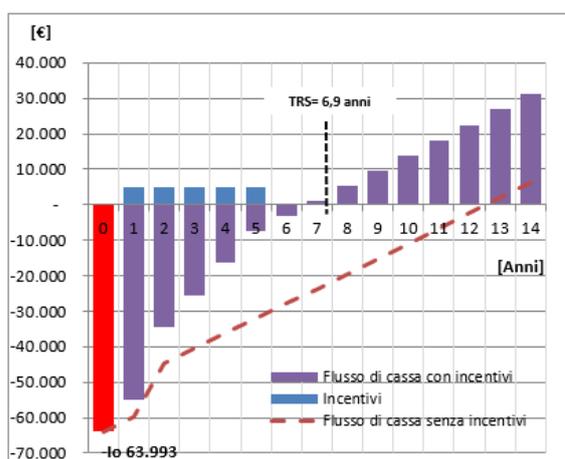
L’analisi di convenienza effettuata per la EEM 2 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

Tabella 9.3 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM2– copertura

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	62 129
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	4 970
Durata incentivo	n_B	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	4,0%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	12,6	6,9
Tempo di rientro attualizzato	TRA	20,8	10,6
Valore attuale netto	VAN	11.230	32.748
Tasso interno di rendimento	TIR	6,7%	11,0%
Indice di profitto	IP	0,18	0,53

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

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



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento risulta conveniente se attuato sia con che senza incentivi (TRS < 15 anni) e VAN positivo.

EEM3 – SOSTITUZIONE SERRAMENTI

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

Tabella 9.4 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM3 – SOSTITUZIONE SERRAMENTI

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	lo	€ 190 036
Oneri Finanziari %lo	OF	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n _{IVA}	3
Vita utile	n	30
Incentivo annuo	B	€/anno 15 203
Durata incentivo	n _B	5
Tasso di attualizzazione	i	4,0%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO	VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	64,8 / 35,2
Tempo di rientro attualizzato	TRA	97,7 / 46,6
Valore attuale netto	VAN	- 135.654 / - 69.833
Tasso interno di rendimento	TIR	-5,8% / -2,1%
Indice di profitto	IP	-0,71 / -0,37

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

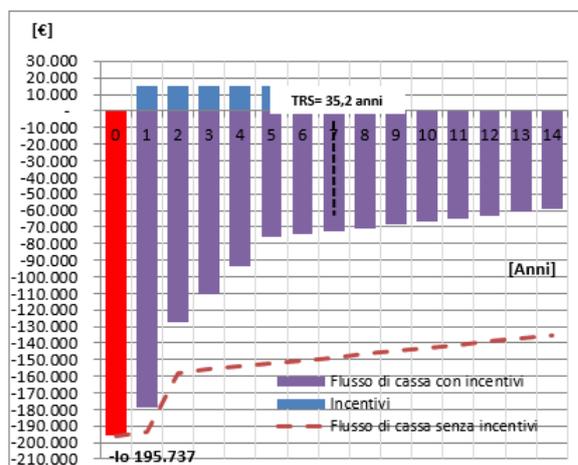
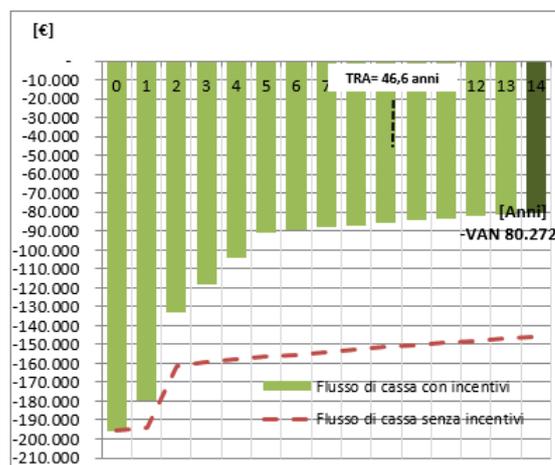


Figura 9.6 – EEM3: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento non risulta conveniente se attuato mediante incentivi (TRS < 25 anni), anche senza incentivi risulta non conveniente con VAN negativo.

EEM4: CALDAIA A CONDESAZIONE

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

Tabella 9.5 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM4– CALDAIA A CONDESAZIONE

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	lo	€ 36 245
Oneri Finanziari %lo	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	2 849
Durata incentivo	n _B	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	4,0%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	8,5	4,8
Tempo di rientro attualizzato	TRA	11,7	6,6
Valore attuale netto	VAN	4.897	17.232
Tasso interno di rendimento	TIR	7,2%	13,6%
Indice di profitto	IP	0,14	0,48

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

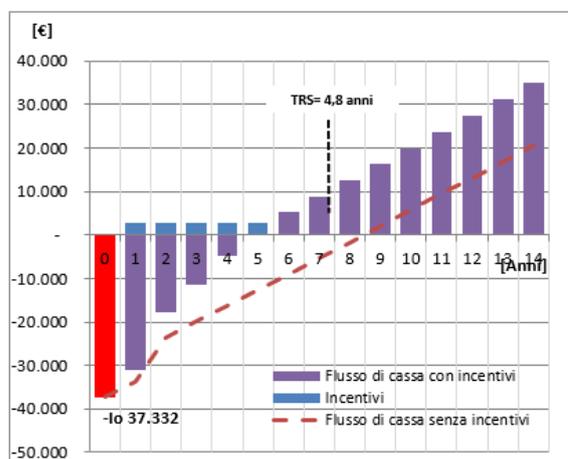
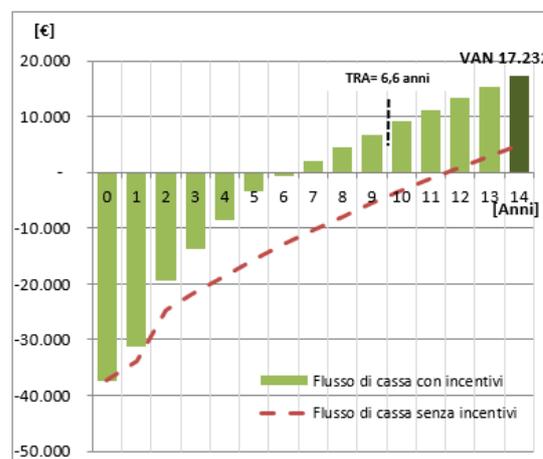


Figura 9.8 – EEM4: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento risulta conveniente se attuato sia con che senza incentivi (TRS < 15 anni) e VAN positivo.

EEM5 – SOTITUZIONE ILLUMINAZIONE

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

Tabella 9.6 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM5 – SOTITUZIONE ILLUMINAZIONE

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	53 769
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	10
Incentivo annuo	B	€/anno	4 301
Durata incentivo	n_B	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	4,0%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	57,1	17,7
Tempo di rientro attualizzato	TRA	63,0	20,2
Valore attuale netto	VAN	- 46.587	- 27.964
Tasso interno di rendimento	TIR	-58,0%	-18,2%
Indice di profitto	IP	-0,87	-0,52

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

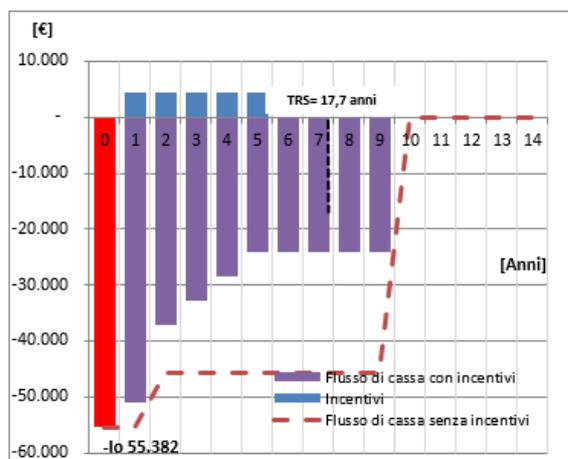
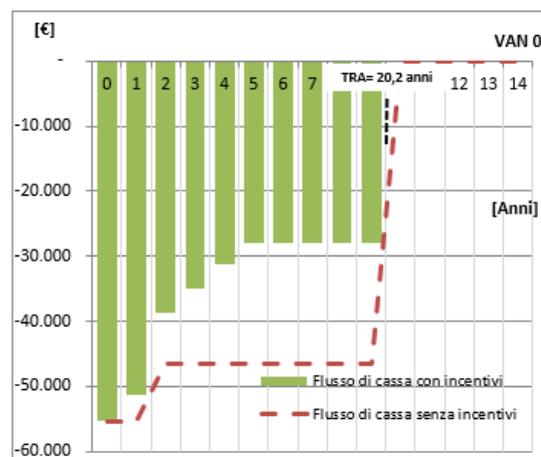


Figura 9.10 – EEM5: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento risulta poco conveniente in quanto VAN negativo, e TRS maggiore di 15 anni con incentivi.

EEM6 – VALVOLE TERMOSTATICHE E POMPE A GIRI VARIABILI

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

Tabella 9.7 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM6 – VALVOLE TERMOSTATICHE E POMPE A GIRI VARIABILI

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	Io	€	19 781
Oneri Finanziari %Io	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	1 462
Durata incentivo	n_B	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	4,0%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	3,2	2,5
Tempo di rientro attualizzato	TRA	3,5	2,7
Valore attuale netto	VAN	39.169	45.500
Tasso interno di rendimento	TIR	30,0%	36,2%
Indice di profitto	IP	1,98	2,30

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

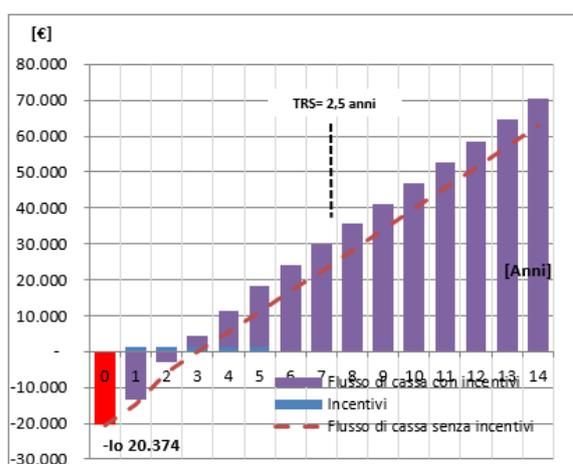
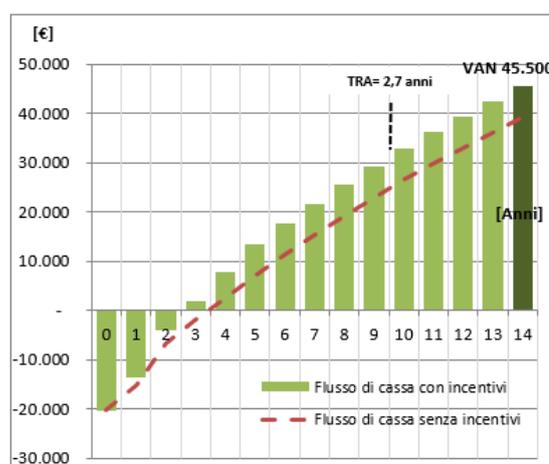


Figura 9.12 – EEM6: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento risulta conveniente se attuato sia con che senza incentivi (TRS < 15 anni) e VAN positivo.

Sintesi

La sintesi della valutazione economico – finanziaria delle EEM proposte è riportata nelle

Tabella 9.8 e Tabella 9.9.

Tabella 9.8 – 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	35.2	20.2	4.505	7.177	0	118.402	10.4	15.5	30	49.999	8.7	0.42
EEM 2	15.0	8.6	1.927	3.0780	0	62.129	12.6	20.8	30	11.230	6.7	0.18
EEM 3	6.7	3.9	859	1.368	0	190.036	64.8	97.7	30	-135.654	-5.8	-0.71
EEM 4	14.3	5.5	1.153	2.916	0	36.245	8.5	11.7	15	4.897	7.2	0.14
EEM 5	0	0	0	0	0	53.769	57.1	63	10	-46.587	-58	-0.87
EEM 6	17.4	13.8	3.165	3553	0	19.781	3.2	3.5	15	39.169	30	1.98

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

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

Dall'analisi dei risultati emerge gli interventi EEM3 senza incentivi risulta non conveniente, mentre gli altri risultano convenienti se attuati (EEM5 TRS < 25 anni ma VAN negativo).

Tabella 9.9 – 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	35.2	20.2	4.505	7.177	0	118.402	5.8	7.9	30	90.508	13.3	0.76
EEM 2	15.0	8.6	1.927	3.0780	0	62.129	6.9	10.6	30	32.748	11.0	0.53
EEM 3	6.7	3.9	859	1.368	0	190.036	35.2	46.5	30	-69.833	-2.1	-0.37
EEM 4	14.3	5.5	1.153	2.916	0	36.245	4.8	6.6	15	17.232	13.6	0.48
EEM 5	0	0	0	0	0	53.769	17.7	20.2	10	-27.694	-18.2	-0.52
EEM 6	17.4	13.8	3.165	3553	0	19.781	2.5	2.7	15	45.500	36.20	2.3

Dall'analisi dei risultati emerge gli interventi hanno tutti TRS < 25 anni, ma EEM3 e EEM5 hanno VAN negativo.

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

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

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

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

- Scenario ottimale 1, (SCN1), per il quale è sarà verificato un tempo di ritorno semplice, $TRS \leq 25$ anni;
- Scenario ottimale 2, (SCN2), per il quale è sarà verificato un tempo di ritorno semplice, $TRS \leq 15$ 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: 25 anni:** Tale scenario consiste nella realizzazione di isolamento involucro opaco, rifacimento copertura, sostituzione serramenti, sostituzione caldaia, valvole termostatiche e pompe a giri variabili, sostituzione lampade.
- **Scenario 2: 15 anni :** Tale scenario consiste nella realizzazione di isolamento involucro opaco, rifacimento copertura, sostituzione caldaia, valvole termostatiche e pompe a giri variabili, sostituzione lampade

9.3.1 Scenario 2: 25 anni

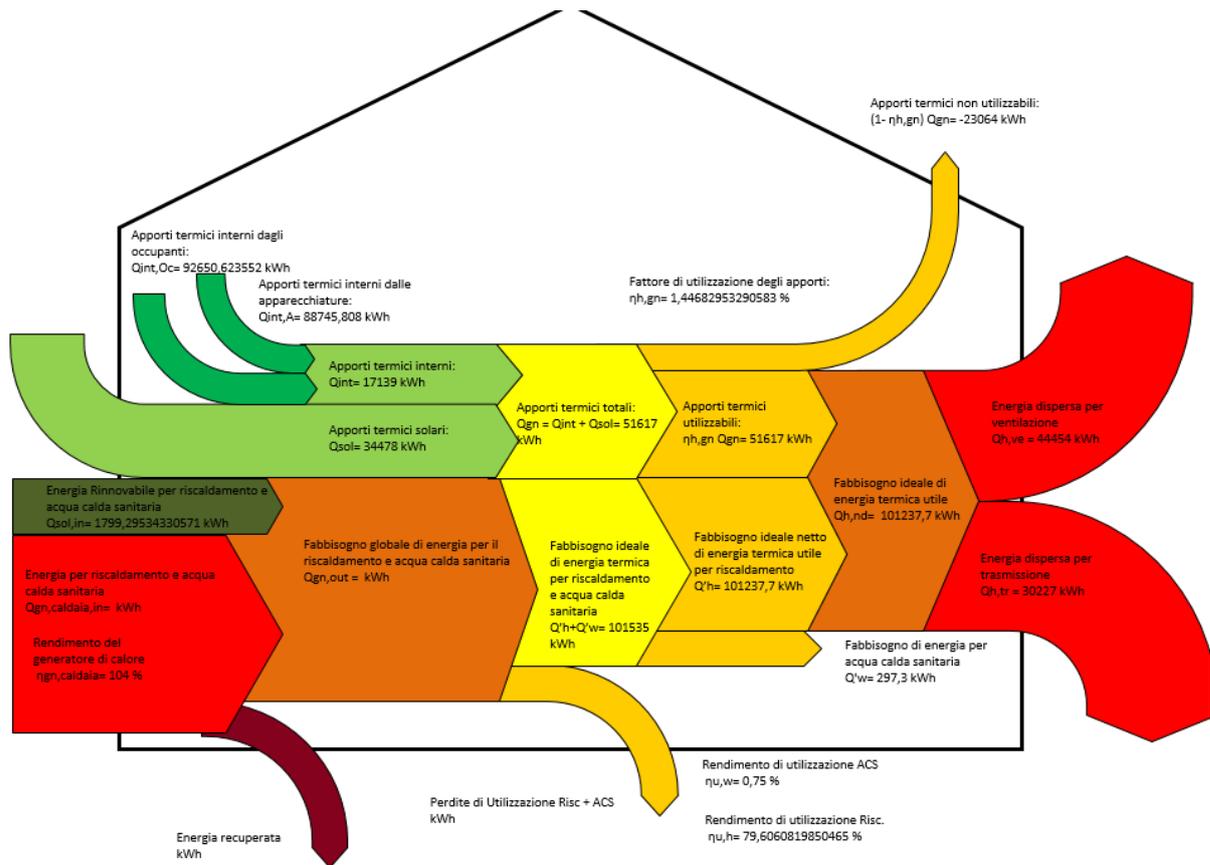
La realizzazione dello scenario 1 consiste nella combinazione delle EEM di seguito elencate:

Tabella 9.10 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 2

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA AL 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 Fornitura & Posa	88.228	19.410	107.638
EEM2 Fornitura & Posa	46.665	10.266	56.931
EEM3 Fornitura & Posa	141.606	31.153	172.760
EEM4 Fornitura & Posa	27.008	5.942	32.950
EEM5 Fornitura & Posa	40.067	8.815	48.881
EEM6 Fornitura & Posa	14.740	3.243	17.983
Costi per la sicurezza	10.627	2.338	12.965
Costi per la progettazione	24.798	5.455	30.253
TOTALE (I₀)	393.739	86.612	480.351
VOCE MANUTENZIONE	C _{Mo} (IVA INCLUSA)	C _{Ms} (IVA INCLUSA)	C _M (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
SCN 1	5.459	214	5.673
TOTALE (C_M)	5.459	214	5.673
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	
		[€]	
Incentivi	Conto termico	191.290	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		38.258	

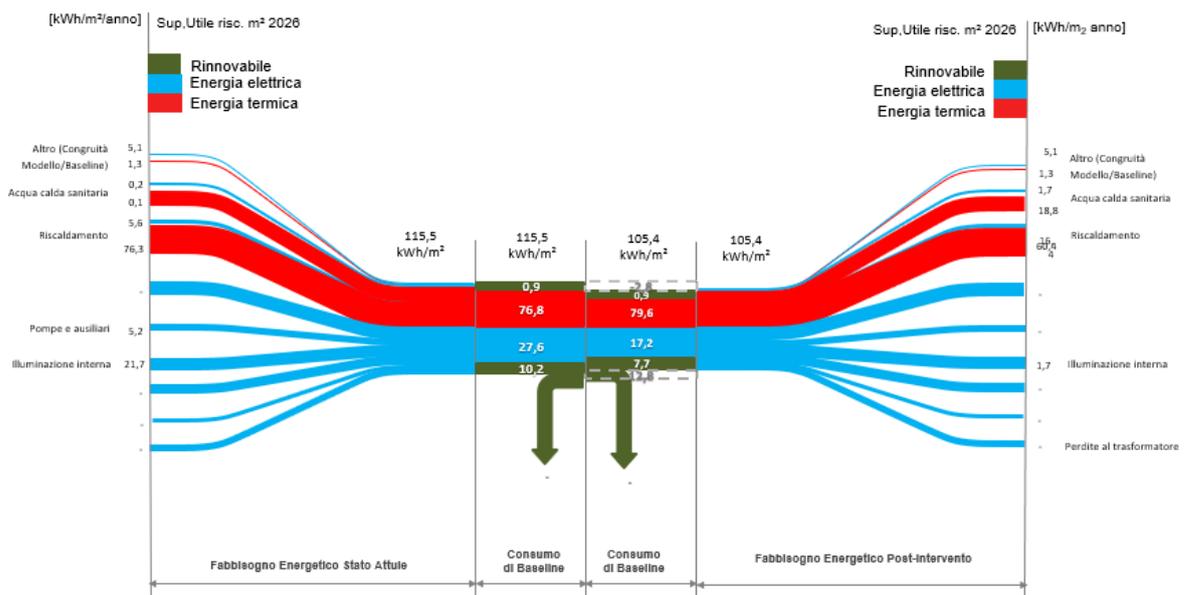
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di sankey relativo alle situazioni post-intervento.

Figura 9.13 – 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 aumenta il rendimento di utilizzazione del riscaldamento, ma allo stesso tempo aumentano le dispersioni per ventilazione e per trasmissione.

Figura 9.14 – SCN2: Bilancio energetico complessivo dell’edificio post intervento



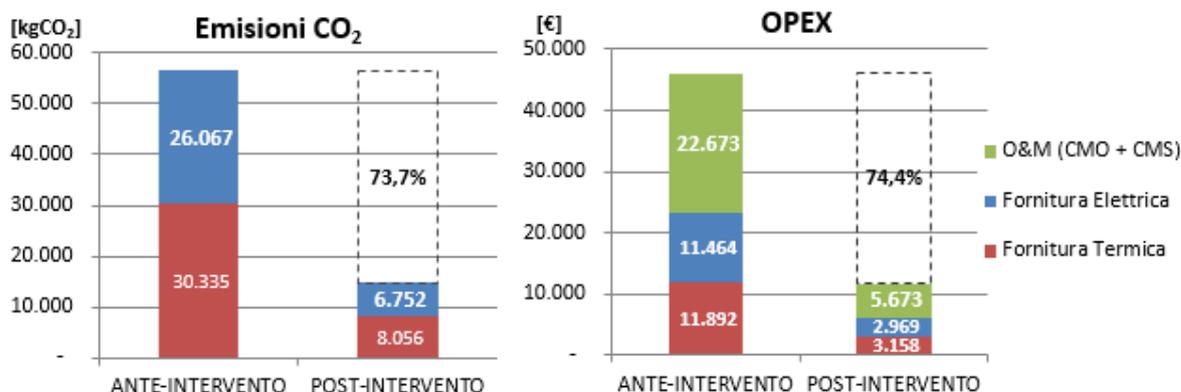
I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione dello Scenario 2 sono riportati nella Tabella 9.11 e nella Figura 9.15

Tabella 9.11 – Risultati analisi SCN2 – 25 anni

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EM1 trasmittanza	[W/m²K]	3,3	0,3	90,9%
EM2 trasmittanza	[W/m²K]	1,6	0,26	83,8%
EM3 trasmittanza	[W/m²K]	4	1,3	67,5%
EM4 rendimento di generazione	-	87,8	104	18,5%
EM5 potenza elettrica	Watt	16790	10044	
EM6 rendimento di regolazione	-	83	99,5	19,9%
Q _{teorico}	[kWh]	156.799	41.640	73,4%
EE _{teorico}	[kWh]	56.818	14.717	74,1%
Q _{baseline}	[kWh]	150.171	39.880	73,4%
EE _{Baseline}	[kWh]	55.818	14.458	74,1%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	30.335	8.056	73,4%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	26.067	6.752	74,1%
Emiss. CO2 Totale	[kgCO₂]	56.402	14.807	73,7%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	11.892	3.158	73,4%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	11.464	2.969	74,1%
Fornitura Energia, C_E	[€]	23.356	6.127	73,8%
Costo Manutenzione Ordinaria, C _{MO}	[€]	20.406	5.459	73,2%
Costo Manutenzione Straordinaria, C _{MS}	[€]	2.267	214	90,6%
Costo per O&M (C _M = C _{MO} + C _{MS})	[€]	22.673	5.673	75,0%
OPEX	[€]	46.029	11.800	74,4%
Classe energetica	[-]	D	A2	+6 classi

Nota (x) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0.467 per il vettore elettrico

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,079 [€/kWh] per il vettore termico e 0.092 per il vettore elettrico

 Figura 9.15 – 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 9.12, Tabella 9.13 e Tabella 9.14 e nelle successive figure.

Tabella 9.12 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN2– 25 anni

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	n_i	1
Anni Gestione Servizio	n_s	24
Anni Concessione	n	25
Anno inizio Concessione	n_o	2020
Anni dell'ammortamento	n_A	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	k_{CdP}	2,00%
Costo Capitale Azienda	WACC	4,00%
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CdP})$	$k_{progetto}$	4,00%
Inflazione ISTAT	f	0,50%
deriva dell'inflazione	f'	0,70%
%, interessi debito	k_D	3,82%
%, interessi equity	k_E	9,00%
Aliquota IRES	IRES	24,0%
Aliquota IRAP	IRAP	3,9%
Aliquota fiscale	τ	27,90%
Anni debito (finanziamento)	n_D	10
Anni Equity	n_E	24
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_o	€ 480 362
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 14 411
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 494 773
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€ 395 818
Equity	I_E	€ 98 955
Fattore di annualità Debito	FA_D	8,30
Rata annua debito	q_D	€ 47 679
Costo finanziamento,(D+INT _D)	$q_D * n_D$	€ 476 786
Costi per interessi debito, INT _D	INT_D=q_D*n_D-D	€ 80 967

Tabella 9.13 – Parametri Economici dell'analisi di redditività dello SCN2

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€ 17 461
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€ 22 673
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€ 40 134
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	%ΔC_E	71,3%
Riduzione% costi O&M	%ΔC_M	75,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	%$C_{Baseline}$	5,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€ 28 258
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€ 2 007
Risparmio PA durante la concessione	14%	€ 204 354
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€ 39 723
N° di Canoni annuali	anni	24
Utile lordo della ESCO	%CAPEX	67,14%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	€ 13 842

Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€	3 374
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€	9 036
Canone O&M €/anno	C_{nM}	€	6 036
Canone Energia €/anno	C_{nE}	€	5 840
Canone Servizi €/anno IVA escl.	C_{nS}	€	11 876
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	C_{nD}	€	26 251
Canone Totale €/anno IVA escl.	C_n	€	38 127
Aliquota IVA %	IVA		22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€	86 623
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_b	€	191 290
Durata Incentivi, anni	n_b		5
Inizio erogazione Incentivi, anno			2022

Tabella 9.14 – 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.	9,02
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	12,71
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€ 155 346
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC	8,24%
Indice di Profitto	IP	32,34%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	3,81
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	9,19
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€ 69 579
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke	20,56%
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3	1,107
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1	1,891
Indice di Profitto Azionista	IP	14,48%

Figura 9.16 –SCN2: Flussi di cassa del progetto



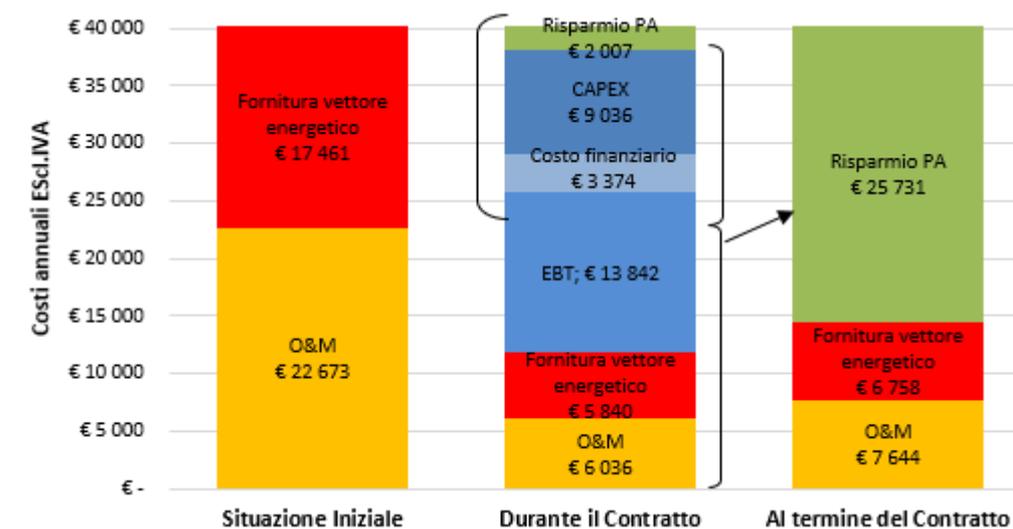
Figura 9.17 – SCN2: Flussi di cassa dell'azionista



Dall'analisi effettuata è emerso che lo scenario risulta conveniente per TRS < 25 anni

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

Figura 9.18 – Scenario 2: Schema di Energy Performance Contract



9.3.2 Scenario 1: 15 anni:

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

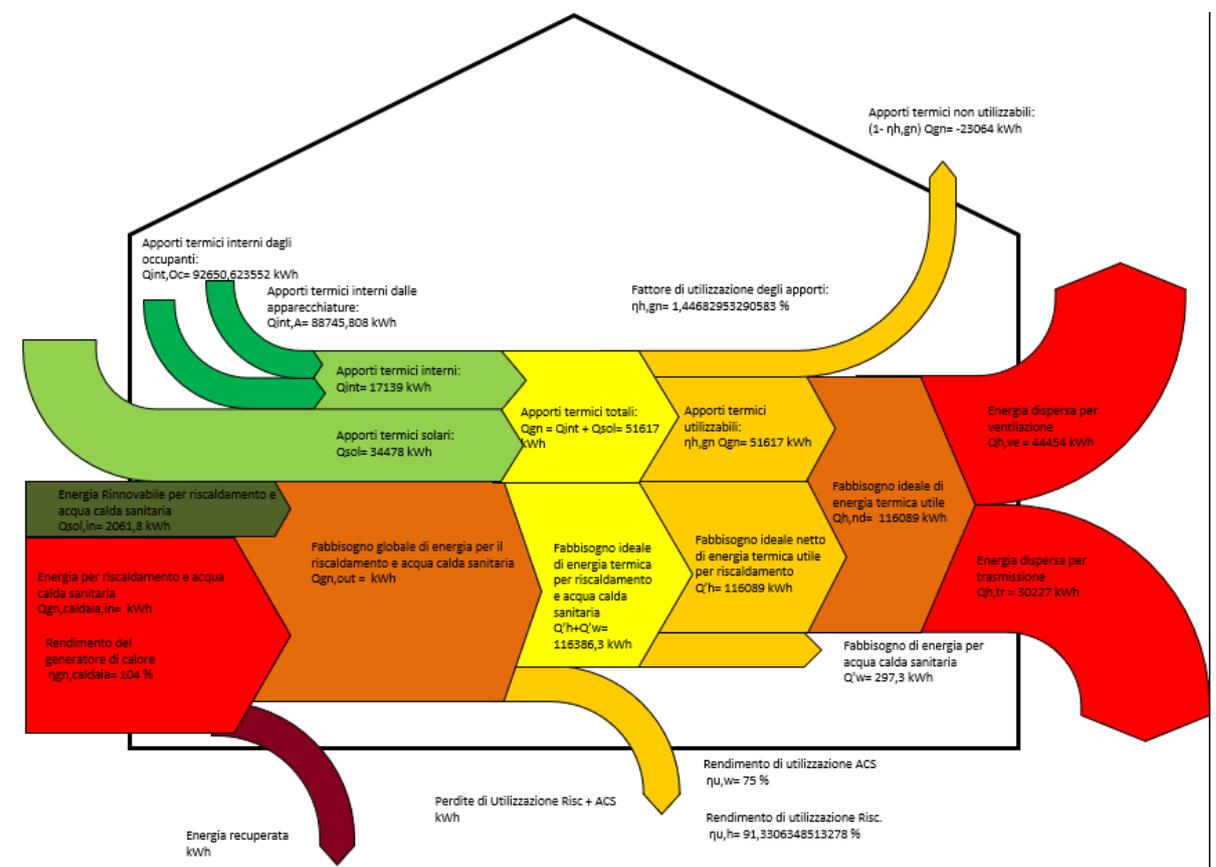
Tabella 9.15 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 1

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA AI 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 Fornitura & Posa	88.228	19.410	107.638
EEM2 Fornitura & Posa	46.665	10.266	56.931
EEM4 Fornitura & Posa	27.008	5.942	32.950
EEM5 Fornitura & Posa	40.067	8.815	48.881
EEM6 Fornitura & Posa	14.740	3.243	17.983
Costi per la sicurezza	6.379	1.403	7.782
Costi per la progettazione	14.885	3.274	18.160
TOTALE (I₀)	207.972	52.353	260.325
VOCE MANUTENZIONE	C _{Mo} (IVA INCLUSA)	C _{MS} (IVA INCLUSA)	C _M (IVA INCLUSA)

	[€]	[€]	[€]
SCN 2	6.314	244	6.558
TOTALE (C_M)			
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	
		[€]	
Incentivi	Conto termico	115.276	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		23.055	

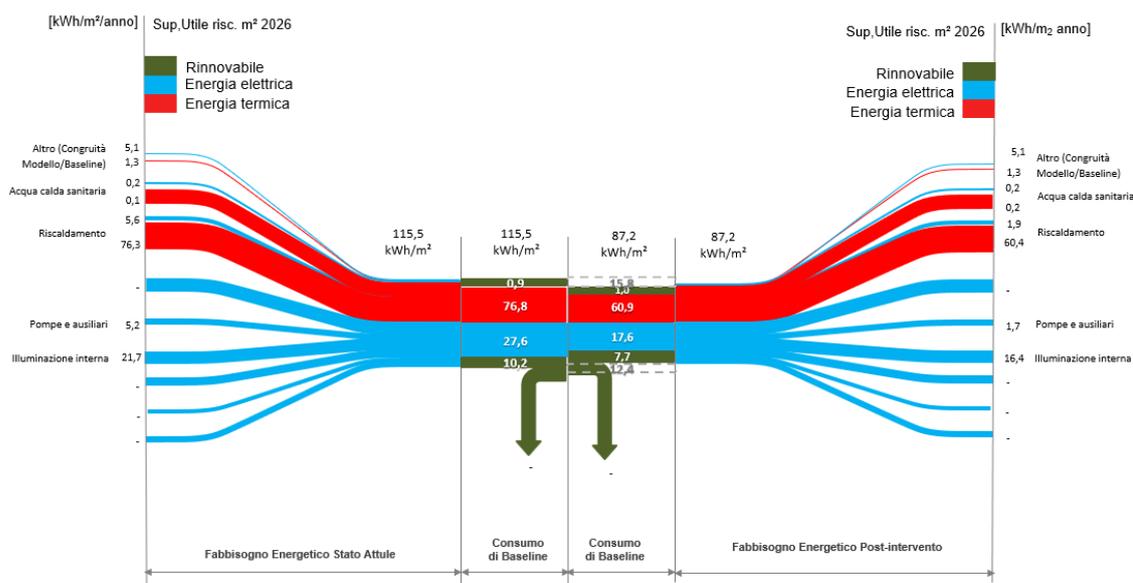
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare I risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di sankey relativo alle situazioni post-intervento.

Figura 9.19 – 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 aumento del rendimento del generatore di calore e del rendimento di utilizzazione del riscaldamento e un aumento della quota di rinnovabile.

Figura 9.20 – SCN1: Bilancio energetico complessivo dell'edificio post intervento



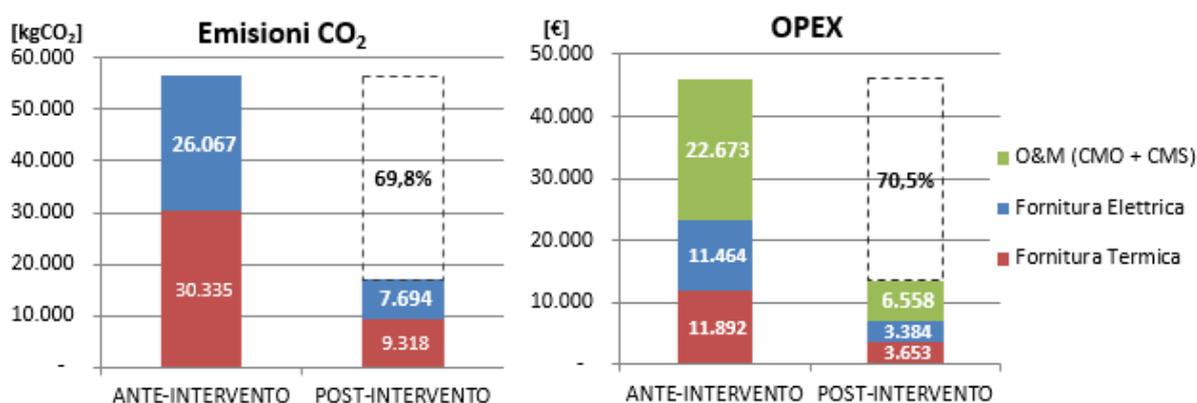
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella Tabella 9.11 e nella Figura 9.15

Tabella 9.16 – Risultati analisi SCN1 – 15 anni

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EM1 trasmittanza	[W/m²K]	3,3	0,3	90,9%
EM2 trasmittanza	[W/m²K]	1,6	0,26	83,8%
EM4 rendimento di generazione	-	87,8	104	18,5%
EM5 potenza elettrica	Watt	16790	10044	40,2%
EM6 rendimento di regolazione	-	83	99,5	19,9%
$Q_{teorico}$	[kWh]	156.799	48.163	69,3%
$EE_{teorico}$	[kWh]	56.818	16.770	70,5%
$Q_{baseline}$	[kWh]	150.171	46.127	69,3%
$EE_{baseline}$	[kWh]	55.818	16.474	70,5%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	30.335	9.318	69,3%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	26.067	7.694	70,5%
Emiss. CO2 Totale	[kgCO₂]	56.402	17.011	69,8%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	11.892	3.653	69,3%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	11.464	3.384	70,5%
Fornitura Energia, C_E	[€]	23.356	7.036	69,9%
Costo Manutenzione Ordinaria, C_{MO}	[€]	20.406	6.314	69,1%
Costo Manutenzione Straordinaria, C_{MS}	[€]	2.267	244	89,2%
Costo per O&M ($C_M = C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	22.673	6.558	71,1%
OPEX	[€]	46.029	13.594	70,5%
Classe energetica	[-]	D	A2	+6 classi

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

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,079 [€/kWh] per il vettore termico e 0,092 per il vettore elettrico

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

E' stato quindi possibile presentare un modello semplificato di Piano Economico Finanziario (PEF) indicativo, i cui calcoli di dettaglio sono riportati all'Allegato L – Piano Economico Finanziario scenari. I risultati dell'analisi sono riportati nella Tabella 9.12, Tabella 9.13 e Tabella 9.14 e nelle successive figure.

Tabella 9.17 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN1– 15 anni

PARAMETRI FINANZIARI			
Anni Costruzione	n_i		1
Anni Gestione Servizio	n_s		14
Anni Concessione	n		15
Anno inizio Concessione	n_o		2020
Anni dell'ammortamento	n_A		10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	k_{CdP}		2,00%
Costo Capitale Azienda	WACC		4,00%
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CdP})$	$k_{progetto}$		4,00%
Inflazione ISTAT	f		0,50%
deriva dell'inflazione	f'		0,70%
%, interessi debito	k_D		3,82%
%, interessi equity	k_E		9,00%
Aliquota IRES	IRES		24,0%
Aliquota IRAP	IRAP		3,9%
Aliquota fiscale	τ		27,90%
Anni debito (finanziamento)	n_D		10
Anni Equity	n_E		14
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_o	€	290 326
Oneri Finanziari (costi indiretti)	$\%Of$		3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€	8 710
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€	299 036
%CAPEX a Debito	D		80,0%
%CAPEX a Equity	E		20,00%
Debito	I_D	€	239 229
Equity	I_E	€	59 807
Fattore di annualità Debito	FA_D		8,30
Rata annua debito	q_D	€	28 816
Costo finanziamento,(D+INT _D)	$q_D * n_D$	€	288 164
Costi per interessi debito, INT _D	$INT_D = q_D * n_D - D$	€	48 936

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

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€ 17 461
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€ 20 406
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€ 37 867
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$	66,9%
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$	71,1%
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$	5,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€ 25 414
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€ 1 893
Risparmio PA durante la concessione	14%	€ 90 047
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€ 31 338
N° di Canoni annuali	anni	14
Utile lordo della ESCO	$\% CAPEX$	49,81%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	€ 10 639
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€ 3 495
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€ 9 386
Canone O&M €/anno	C_{nM}	€ 6 123
Canone Energia €/anno	C_{nE}	€ 6 329
Canone Servizi €/anno IVA escl.	C_{nS}	€ 12 453
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	C_{nD}	€ 23 521
Canone Totale €/anno IVA escl.	C_n	€ 35 974
Aliquota IVA %	IVA	22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€ 52 354
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€ 115 276
Durata Incentivi, anni	n_B	5
Inizio erogazione Incentivi, anno		2022

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

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	6,74
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	8,38
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€ 99 158
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC	10,20%
Indice di Profitto	IP	34,15%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	2,66
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	3,04
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€ 69 826
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke	40,99%
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3	1,324
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1	1,503
Indice di Profitto Azionista	IP	24,05%

Figura 9.22 –SCN2: Flussi di cassa del progetto



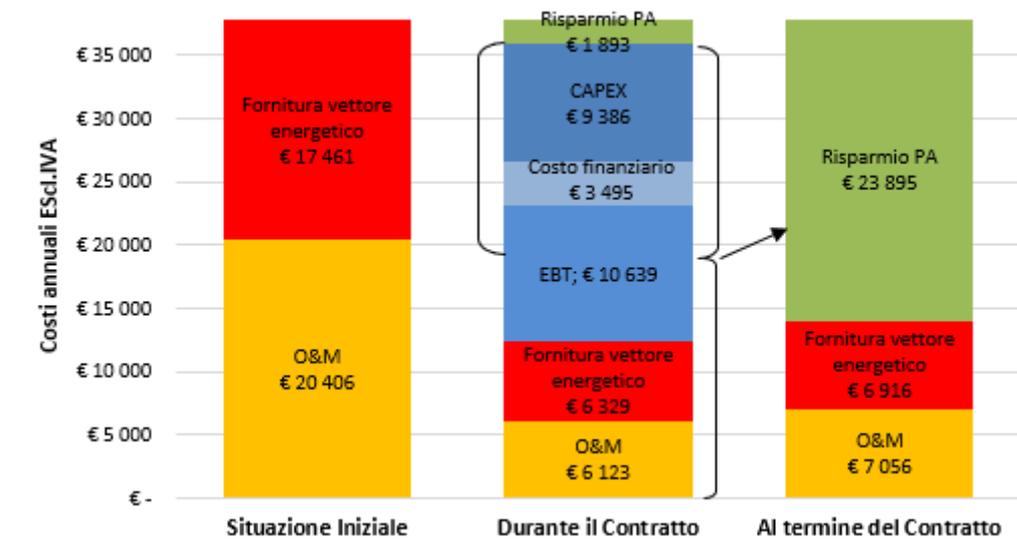
Figura 9.23 – SCN2: Flussi di cassa dell'azionista



Dall’analisi effettuata è emerso che lo scenario risulta conveniente per TRS < 15 anni.

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

Figura 9.24 – Scenario 1: Schema di Energy Performance Contract



10 CONCLUSIONI

10.1 RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA

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	270,18	257,05
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	216,30	213,63
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	0,47	0,38
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	0,00	0,00
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	0,00	0,00
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	53,41	43,03
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	0,00	0,00
Emissioni equivalenti di CO2	CO _{2eq}	Kg/mq anno	58,90	56,04

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	118.53	76.81
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	48.53	63.66
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	0.14	0.11
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	0	0
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	0	0
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	15.96	12.86
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	0	0
Emissioni equivalenti di CO2	CO _{2eq}	Kg/mq anno	17.6	16.75

10.2 RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI

Descrizione delle Misure di efficienza energetiche proposte:

- EEM 1: CAPPOTTO INTERNO
- EEM 2: COPERTURA
- EEM 3: SOSTITUZIONE SERRAMENTI
- EEM 4: SOSTITUZIONE CALDAIA
- EEM 5: SOSTITUZIONE LAMPADE
- EEM 6: VALVOLE TERMOSTATICHE E POMPE A GIRI VARIABILI

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	DSC R	LLCR
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	anni	anni	anni	[€]	[%]	[-]		
EEM 1	35.2	20.2	4.505	7.177	0	118.402	5.8	7.9	30	90.508	13.3	0.76	n/a	n/a
EEM 2	15.0	8.6	1.927	3.0780	0	62.129	6.9	10.6	30	32.748	11.0	0.53	n/a	n/a
EEM 3	6.7	3.9	859	1.368	0	190.036	35.2	46.5	30	-69.833	-2.1	-0.37	n/a	n/a
EEM 4	14.3	5.5	1.153	2.916	0	36.245	4.8	6.6	15	17.232	13.6	0.48	n/a	n/a
EEM 5	0	0	0	0	0	53.769	17.7	20.2	10	-27.694	-18.2	-0.52	n/a	n/a
EEM 6	17.4	13.8	3.165	3553	0	19.781	2.5	2.7	15	45.500	36.20	2.3	n/a	n/a
SCN 1	71.3	70.4	12.441	14.946	2.053	480.773	9.02	12.7	30	155.346	8.24	32	1.107	14.48
SCN 2	66.9	66	11.683	14.091	2.023	290.326	6.74	8.38	30	99.158	10.2	34.1	1.324	1.503

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

SENZA INCENTIVI												
	% Δ_E	% Δ_{CO_2}	ΔC_E	ΔC_{MO}	ΔC_{MS}	I_0	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]
EEM 1	35.2	20.2	4.505	7.177	0	118.402	10.4	15.5	30	49.999	8.7	0.42
EEM 2	15.0	8.6	1.927	3.0780	0	62.129	12.6	20.8	30	11.230	6.7	0.18
EEM 3	6.7	3.9	859	1.368	0	190.036	64.8	97.7	30	-135.654	-5.8	-0.71
EEM 4	14.3	5.5	1.153	2.916	0	36.245	8.5	11.7	15	4.897	7.2	0.14
EEM 5	0	0	0	0	0	53.769	57.1	63	10	-46.587	-58	-0.87
EEM 6	17.4	13.8	3.165	3553	0	19.781	3.2	3.5	15	39.169	30	1.98

10.3 CONCLUSIONI E COMMENTI

L'immobile oggetto di analisi si presenta come un edificio in buone discrete.

L'impianto di riscaldamento è di tipo tradizionale. L'emissione avviene mediante radiatori privi di termoregolazione che riscaldano molte volte ambienti che sono privi di personale. Si suggerisce pertanto di pensare ad una gestione a zone del riscaldamento.

Dall'analisi degli interventi si ritengono convenienti interventi di efficientamento all'involucro opaco e sulla copertura. Non si ritiene conveniente la sostituzione dei serramenti.

ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA

Titolo	Data	Nome file
Consumi energia elettrica – fatture 2014 – 2015 - 2016	16/11/2017	01_EE.pdf
Consumi gas – fatture 2015 - 2016	16/11/2017	02_Gas.pdf
Planimetrie Involucro	16/11/2017	E00773.dwg
Planimetrie Involucro	16/11/2017	PIAN1.dwg
Planimetrie Involucro	16/11/2017	PIAN2.dwg
Planimetrie Involucro	16/11/2017	PIAN3.dwg
Planimetrie Involucro	16/11/2017	PIANC.dwg
Planimetrie Involucro	16/11/2017	PIANT.dwg
Planimetrie termici - disegni	16/11/2017	049-P01-001-CENTRALE TERMICA.dwg
Planimetrie termici - disegni	16/11/2017	L1-042-049-P00.dwg
Planimetrie termici - disegni	16/11/2017	L1-042-049-P01.dwg
Planimetrie termici - disegni	16/11/2017	L1-042-049-P02.dwg
Planimetrie termici - disegni	16/11/2017	L1-042-049-P03.dwg
Planimetrie termici - check list	16/11/2017	L1-042-049-P00-Checklist
Planimetrie termici - check list	16/11/2017	L1-042-049-P01-Checklist
Planimetrie termici - check list	16/11/2017	L1-042-049-P02-Checklist
Planimetrie termici - check list	16/11/2017	L1-042-049-P03-Checklist

ALLEGATO B – ELABORATI

Titolo	Descrizione	Data	Nome file
Elaborati fotografici	Report fotografico rilievo	19/06/2018	DE_Lotto.7-E773_rev.01 - Allegato B - E773 FOTO SOPRALLUOGO
Planimetria scala 1:100 - 1:200 con individuazione delle diverse zone termiche, degli spazi riscaldati e non riscaldati e delle diverse destinazioni d'uso	Planimetria scala 1:100 - 1:200 con individuazione delle diverse zone termiche, degli spazi riscaldati e non riscaldati e delle diverse destinazioni d'uso	03/08/2018	DE_Lotto.7-E773_rev.01 - Allegato B - L1-042-049-P00
Planimetria scala 1:100 - 1:200 con individuazione delle diverse zone termiche, degli spazi riscaldati e non riscaldati e delle diverse destinazioni d'uso	Planimetria scala 1:100 - 1:200 con individuazione delle diverse zone termiche, degli spazi riscaldati e non riscaldati e delle diverse destinazioni d'uso	03/08/2018	DE_Lotto.7-E773_rev.01 - Allegato B - L1-042-049-P01
Planimetria scala 1:100 - 1:200 con individuazione delle diverse zone termiche, degli spazi riscaldati e non riscaldati e delle diverse destinazioni d'uso	Planimetria scala 1:100 - 1:200 con individuazione delle diverse zone termiche, degli spazi riscaldati e non riscaldati e delle diverse destinazioni d'uso	03/08/2018	DE_Lotto.7-E773_rev.01 - Allegato B - L1-042-049-P02
Planimetria scala 1:100 - 1:200 con individuazione delle diverse zone termiche, degli spazi riscaldati e non riscaldati e delle diverse destinazioni d'uso	Planimetria scala 1:100 - 1:200 con individuazione delle diverse zone termiche, degli spazi riscaldati e non riscaldati e delle diverse destinazioni d'uso	03/08/2018	DE_Lotto.7-E773_rev.01 - Allegato B - L1-042-049-P03
Planimetria scala 1:100 - 1:200 con individuazione delle diverse zone termiche, degli spazi riscaldati e non riscaldati e delle diverse destinazioni d'uso	Planimetria scala 1:100 - 1:200 con individuazione delle diverse zone termiche, degli spazi riscaldati e non riscaldati e delle diverse destinazioni d'uso	03/08/2018	DE_Lotto.7-E773_rev.01 - Allegato B - L1-042-049-P00 TAV_A3-PLAN
Planimetria scala 1:100 - 1:200 con individuazione delle diverse zone termiche, degli spazi riscaldati e non riscaldati e delle diverse destinazioni d'uso	Planimetria scala 1:100 - 1:200 con individuazione delle diverse zone termiche, degli spazi riscaldati e non riscaldati e delle diverse destinazioni d'uso	03/08/2018	DE_Lotto.7-E773_rev.01 - Allegato B - L1-042-049-P01 TAV_A3-PLAN
Planimetria scala 1:100 - 1:200 con individuazione delle diverse zone termiche, degli spazi riscaldati e non riscaldati e delle diverse destinazioni d'uso	Planimetria scala 1:100 - 1:200 con individuazione delle diverse zone termiche, degli spazi riscaldati e non riscaldati e delle diverse destinazioni d'uso	03/08/2018	DE_Lotto.7-E773_rev.01 - Allegato B - L1-042-049-P02 TAV_A3-PLAN
Planimetria scala 1:100 - 1:200 con individuazione delle diverse zone termiche, degli spazi riscaldati e non riscaldati e delle diverse destinazioni d'uso	Planimetria scala 1:100 - 1:200 con individuazione delle diverse zone termiche, degli spazi riscaldati e non riscaldati e delle diverse destinazioni d'uso	03/08/2018	DE_Lotto.7-E773_rev.01 - Allegato B - L1-042-049-P03 TAV_A3-PLAN
Planimetria scala 1:100 - 1:200 con individuazione delle diverse zone termiche, degli spazi riscaldati e non riscaldati e delle diverse destinazioni d'uso	Planimetria scala 1:100 - 1:200 con individuazione delle diverse zone termiche, degli spazi riscaldati e non riscaldati e delle diverse destinazioni d'uso	23/07/2018	DE_Lotto.7-E773_rev.01 - Allegato B - DOC_1167630396
Individuazione posizione impianto	Individuazione posizione impianto	26/07/2018	DE_Lotto.7-E773_rev.01 - Allegato B - E773 - POSIZIONE IMPIANTO
Elaborati fotografici	Report fotografico rilievo	09/04/2018	DE_Lotto.7-E773_rev.01 - Allegato B - E773 FOTO SOPRALLUOGO 1
Elaborati fotografici	Report fotografico rilievo	09/04/2018	DE_Lotto.7-E773_rev.01 - Allegato B - E773 FOTO SOPRALLUOGO 2
Schema a blocchi impianto termico	Schema a blocchi impianto termico	25/07/2018	DE_Lotto.7-E773_rev.01 - Allegato B - E773 Schema a blocchi termico 2
Schema a blocchi impianto termico	Schema a blocchi impianto termico	25/07/2018	DE_Lotto.7-E773_rev.01 - Allegato B - E773 Schema a blocchi termico
Schema a blocchi elettrico	Schema a blocchi elettrico	26/07/2018	DE_Lotto.7-E773_rev.01 - Allegato B - EL E773 schema a blocchi elettrico
Schema a blocchi impianto termico	Schema a blocchi impianto termico	23/07/2018	DE_Lotto.7-E773_rev.01 - Allegato B - Schema a blocchi termico
Schema di centrale termica	Schema di centrale termica	25/07/2018	DE_Lotto.7-E773_rev.01 - Allegato B - 049-P01-001-CENTRALE TERMICA

**ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA**

Titolo	Data	Nome file
Report di indagine termografica	03/08/2018	DE_Lotto.7-E773_rev.01 - Allegato C – Report di indagine termografica

ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI

Titolo	Data	Nome file
Report relativi ad altre prove diagnostiche strumentali	03/08/2018	DE_Lotto.7-E773_rev.01 - Allegato D - REPORT INDAGINI DIAGNOSTICHE

ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI

Titolo	Data	Nome file
Elenco completo radiatori	18/06/2018	DE_Lotto.7-E773_rev.01 - Allegato E - Mappatura termosifoni E773
Stratigrafie di dettaglio stato di fatto	11/06/2018	DE_Lotto.7-E773_rev.01 - Allegato E - Stratigrafie E773
Ponti termici di dettaglio stato di fatto	11/06/2018	DE_Lotto.7-E773_rev.01 - Allegato E - Ponti termici E773
Serramenti di dettaglio stato di fatto	11/06/2018	DE_Lotto.7-E773_rev.01 - Allegato E - Serramenti E773
Raccolta dati stato rilievo	11/04/2018	DE_Lotto.7-E773_rev.01 - Allegato E - Raccolta Dati E773 palestra
Raccolta dati stato rilievo	18/06/2018	DE_Lotto.7-E773_rev.01 - Allegato E - Raccolta Dati E773
Stratigrafie di dettaglio intervento di miglioramento	13/06/2018	DE_Lotto.7-E773_rev.01 - Allegato E - Stratigrafie E773 riqualif
Serramenti di dettaglio intervento di miglioramento	11/06/2018	DE_Lotto.7-E773_rev.01 - Allegato E - Serramenti E773 riqualif
Ponti termici di dettaglio intervento di miglioramento	15/06/2018	DE_Lotto.7-E773_rev.01 - Allegato E - Ponti termici E773 riqualif
Schema energetico	18/06/2018	DE_Lotto.7-E773_rev.01 - Allegato E - Schema energetico - E773

ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

Titolo	Data	Nome file
Certificato CTI software	03/07/2017	DE_Lotto.7-E773_rev.01 - Allegato F - Certificato80-Tepsrl

ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

Titolo	Data	Nome file
Attestato di Prestazione Energetica	19/06/2018	DE_Lotto.7-E773_rev.01 - Allegato G - 23075_2018_732

ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

Titolo	Data	Nome file
Bozza APE scenari sostituzione generatore	18/06/2018	DE_Lotto.7-E773_rev.01 - Allegato H - E773_CALDAIA
Bozza APE scenari cappotto	18/06/2018	DE_Lotto.7-E773_rev.01 - Allegato H - E773_CAPPOTTO
Bozza APE scenari copertura	18/06/2018	DE_Lotto.7-E773_rev.01 - Allegato H - E773_COPERTURA
Bozza APE scenari sostituzione apparecchi illuminanti	18/06/2018	DE_Lotto.7-E773_rev.01 - Allegato H - E773_LED
Bozza APE scenari sostituzione serramenti	18/06/2018	DE_Lotto.7-E773_rev.01 - Allegato H - E773_SERRAMENTI
Bozza APE scenari valvole e pompe	18/06/2018	DE_Lotto.7-E773_rev.01 - Allegato H - E773_VALVOLE_POMPE



ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

Titolo	Data	Nome file
Dati Climatici	03/08/2018	DE_Lotto.7-E773_rev.01 - Allegato I - GG_Lotto.7-E773.Rev01

ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

Titolo	Data	Nome file
Schede di Audit	03/08/2018	DE_Lotto.7-E773_rev.01 - Allegato J - E 773_Scheda Audit_Template_rev.1

ALLEGATO K – SCHEDE ORE

Titolo	Data	Nome file
Schede ORE	03/08/2018	DE_Lotto.7-E773_rev.01 - Allegato K - E773 - Scheda ore



ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI

Titolo	Data	Nome file
Piano Economico Finanziario Scenari	04/08/2018	DE_LOTTO.7-E773_ALLEGATO L - AnalisiPEF_rev06



ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

Titolo	Data	Nome file
Report di Benchmark	04/08/2018	DE_Lotto.7-E773_rev.01 - Allegato M - Lotto.7_Benchmark_Rev02.pdf
Report di Benchmark	04/08/2018	DE_Lotto.7-E773_rev.01 - Allegato M - Lotto.7_Benchmark_Rev02.doc
Report di Benchmark	25/07/2018	DE_Lotto.7-E773_rev.01 - Allegato M - Lotto.7_Benchmark_Rev03.xls



ALLEGATO N – CD-ROM

[Allegare CD-ROM o altro supporto di archiviazione digitale contenente tutta la documentazione relativa al Rapporto di Diagnosi Energetica e suoi allegati, in formato WORD, EXCEL e PDF con firma digitale certificata per gli elaborati documentali e formato DWG compatibile con i più diffusi software CAD per gli elaborati grafici.]

