

**Scuola Elementare "Sbarbaro" E Materna Comunale
"Dufour"
E1053
via Gerolamo Bordone 12, Genova**

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA
FONDO KYOTO - SCUOLA 3



Luglio/2018

COMUNE DI GENOVA
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER



COMUNE DI GENOVA



D B A PROGETTI

**Scuola Elementare "Sbarbaro" E Materna Comunale
"Dufour"
E1053
via Gerolamo Bordone 12, Genova**

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA

FONDO KYOTO - SCUOLA 3
Luglio/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

DBA Progetti Spa
SEDE OPERATIVA Viale Felissent 20/D - 31020 Villorba (TV)
SEDE LEGALE: Piazza Roma, 19 - 32045 S. Stefano di Cadore (BL)
[Tel: 04220318811 – info@dbagroup.it – www.dbagroup.it]

REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI

Revisione	Data	Realizzazione	Revisione	Approvazione	Descrizione
0	12/06/2018	Maria Giovanna Passaghe	Francesca Bottega Matteo Zanotto	Alessandro Bertino	Prima Pubblicazione
1	26/07/2018	Maria Giovanna Passaghe	Francesca Bottega Matteo Zanotto	Alessandro Bertino	Prima Revisione

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
2.3 VERIFICA DEI VINCOLI INTERFERENTI SULLE PARTI DELL'IMMOBILE INTERESSATE DAGLI 'INTERVENTI.....	8
2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO.....	9
3 DATI CLIMATICI	11
3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO.....	11
3.2 DATI CLIMATICI REALI.....	12
3.3 ANALISI DELL'ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO	12
4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI	14
4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO.....	14
4.1.1 <i>Involucro opaco</i>	14
4.1.2 <i>Involucro trasparente</i>	16
4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/ CLIMATIZZAZIONE INVERNALE.....	17
4.2.1 <i>Sottosistema di emissione</i>	17
4.2.2 <i>Sottosistema di regolazione</i>	18
4.2.3 <i>Sottosistema di distribuzione</i>	19
4.2.4 <i>Sottosistema di generazione</i>	20
4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA	21
4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO/CLIMATIZZAZIONE ESTIVA	21
4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA	21
4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE	22
4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE	22
4.8 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DI IMPIANTI DI PRODUZIONE ENERGIA ELETTRICA O COGENERAZIONE	23
5 CONSUMI RILEVATI	23
5.1 CONSUMI ENERGETICI STORICI PER CIASCUN VETTORE E CONNESSIONE ALLE RETI GAS NATURALE ED ELETTRICA.....	23
5.1.1 <i>Energia termica</i>	23
5.1.2 <i>Energia elettrica</i>	26
5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI	30
6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO.....	34
6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO	34
6.1.1 <i>Validazione del modello termico</i>	35
6.1.2 <i>Validazione del modello elettrico</i>	36
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI.....	36



6.3	PROFILI ENERGETICI MENSILI.....	38
7	ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO	39
7.1	COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI	39
7.1.1	<i>Vettore termico</i>	39
7.1.2	<i>Vettore elettrico</i>	39
7.2	TARIFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI.....	42
7.3	COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI.....	43
7.4	BASLINE DEI COSTI.....	43
8	IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA	45
8.1	DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI	45
8.1.1	<i>Involucro edilizio</i>	45
8.1.2	<i>Impianto riscaldamento</i>	47
8.1.3	<i>Impianto di illuminazione ed impianto elettrico</i>	49
9	VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA.....	50
9.1	ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	50
	EEM1: SOSTITUZIONE SERRAMENTI.....	50
	EEM4: CONTROSOFFITTI ISOLATI	52
	EEM2: SOSTITUZIONE GENERATORE DI CALORE ED INSTALLAZIONE TERMOVALVOLE.....	53
	EEM3: SOSTITUZIONE CORPI ILLUMINANTI.....	56
9.2	ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	58
	EEM1: SOSTITUZIONE SERRAMENTI.....	59
	EEM2: INSTALLAZIONE TERMOVALVOLE.....	60
	EEM3: SOSTITUZIONE CORPI ILLUMINANTI.....	61
	SINTESI	62
9.3	IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D'INTERVENTO E SCENARI D'INVESTIMENTO	63
9.3.1	<i>Scenario 1: EEM2+EEM3</i>	65
9.3.2	<i>Scenario 2: EEM1+EEM2+EEM3+EEM4:</i>	70
10	CONCLUSIONI.....	76
10.1	RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA	76
10.2	RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI	76
10.3	CONCLUSIONI E COMMENTI.....	76
	ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA.....	A
	ALLEGATO B – ELABORATI	B
	ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA	1
	ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI	1
	ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI	1
	ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE	1
	ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA	1
	ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI.....	1
	ALLEGATO I – DATI CLIMATICI.....	1
	ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT.....	1
	ALLEGATO K – SCHEDE ORE.....	1
	ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI	1



E1044 - Scuola Elementare "Ferrero" e Materna "Piaget"

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		1850
Anno di ristrutturazione		-
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E.7 – Edificio scolastico
Superficie utile riscaldata	[m ²]	893,81
Superficie disperdente (S)	[m ²]	2003,14
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	4160,49
Rapporto S/V	[1/m]	0,48
Superficie netta aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	957,85
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	1.167
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	830
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	1.997
Tipologia generatore riscaldamento		Caldaia a basamento
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	158,96
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	Non presente
Tipo di combustibile		Gas metano
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler elettrici
Emissioni CO ₂ di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	20.936
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{th} /anno]	66.282
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	5.613
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	16.161
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	2.975

Nota (1): Valori di Baseline

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

- EEM 1: Sostituzione serramenti
- EEM 2: Sostituzione generatore di calore ed installazione termovalvole
- EEM 3: Sostituzione corpi illuminanti
- EEM 4: Contropareti isolate
- SCN1: EEM2+EEM3
- SCN2: EEM1+EEM2+EEM3+EEM4

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

	CON INCENTIVI													
	%Δ _E	%Δ _{CO₂}	ΔC _E	ΔC _{MO}	ΔC _{MS}	I ₀	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP	DSCR	LLCR
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]		
EEM1	9%	9%	757	0	0	38.325	25,1	32,3	30	-8.955	-0,1%	-0,23	-	-
EEM2	25%	24%	2.132	1.132	150	21.310	4,6	5,5	15	18.391	17,0%	0,86	-	-
EEM3	2%	2%	161	283	0	11.752	10,3	11,5	8	-3.710	-7,5%	-0,32	-	-
EEM4	22%	22%	1.915	566	0	156.293	37,2	51,2	30	-66.597	-2,0%	-0,43	-	-
SCN 1	24,8%	24,3%	2.131,9	1.697,7	150,4	33.089	2,58	3,00	15	€ 4.790	35,50%	14,48%	1,235	1,201
SCN 2	42%	41,3%	3.607,2	1.697,7	150,4	227.707	59,53	259,06	25	-€ 73.747	-8,98%	-32,39%	0,646	0,618

Figura 0.1 – Scenario 1: analisi finanziaria

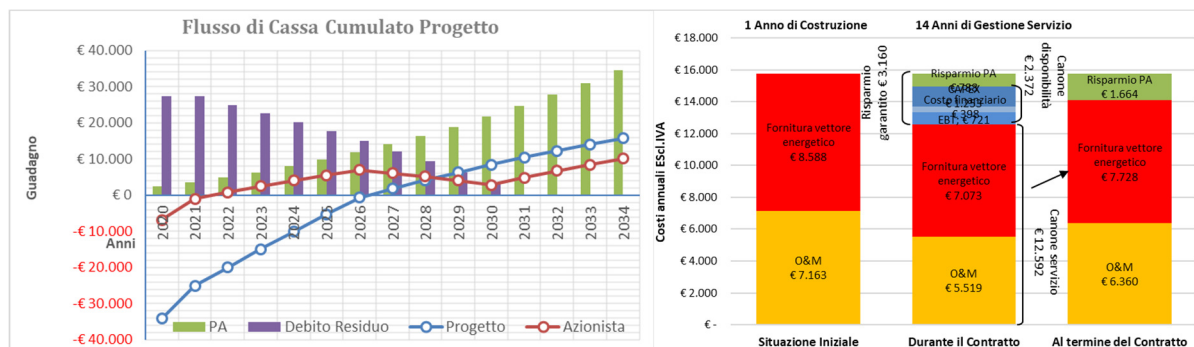
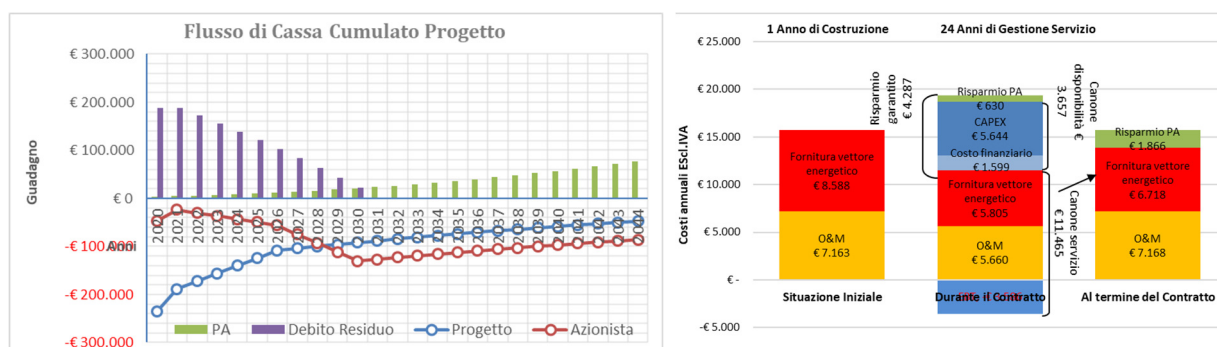


Figura 0.2 – Scenario 2: analisi finanziaria



Dalle analisi fatte sull'edificio è emerso che l'unico scenario economicamente vantaggioso per entrambi i soggetti, ESCO e PA, è quello SCN1 che prevede la realizzazione dei due interventi di efficientamento che non vedono modificare le caratteristiche prestazionali dell'involucro del fabbricato. Questo scenario però non consente di aumentare la classe energetica del fabbricato di due classi, cosa che invece è ottenibile con il secondo scenario che però non risulta economicamente conveniente, né per la PA né per la ESCO.

1 INTRODUZIONE

1.1 PREMESSA

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

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

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

Figura 1.1 - Vista della facciata Sud-Est



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 DBA Progetti Spa, il cui responsabile per il processo di audit è l'ing. Alessandro Bertino, 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
Maria Giovanna Passaghe	Impiegato tecnico	Sopralluogo in sito, Elaborazione dati e creazione del modello energetico
Gianluca Loddi	Impiegato tecnico	Sopralluogo in sito, Elaborazione dati diagnosi energetica
Angela Sposato	Impiegato tecnico	Gestione rapporti con committenza, Elaborazione dati diagnosi energetica
Francesca Bottega	Responsabile involucro	Supervisione attività e report di diagnosi energetica
Matteo Zanotto	Responsabile impianti	Supervisione attività e report di diagnosi energetica
Alessandro Bertino	EGE	Supervisione attività e approvazione report di diagnosi energetica

1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO

L'immobile oggetto della DE, catastalmente individuato al NCEU F.79 Mapp.2 Sub. 0 è sito nel Comune di Genova e più precisamente nella zona di Cornigliano.

I dati catastali identificati corrispondono con quelli riportati nel file "KyotoBaseline-E0840_rev10".

L'edificio è di proprietà del Comune di Genova ed è attualmente adibito a scuola primaria.

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

Figura 1.2 – Ubicazione dell'edificio

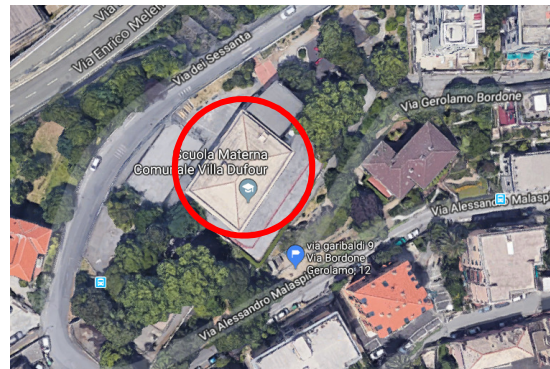


Tabella 1.2 - Tabella riepilogativa dei dati dell'edificio

PARAMENTO	U.M.	VALORE
Anno di costruzione edificio		1850
Anno di ristrutturazione		-
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E.7 – Edificio scolastico
Superficie utile riscaldata	[m ²]	893,81
Superficie disperdente (S)	[m ²]	2003,14
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	4160,49
Rapporto S/V	[1/m]	0,48
Superficie netta aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	957,85
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	1.167
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	830
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	1.997
Tipologia generatore riscaldamento		Caldaia a basemento
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	158,96
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	Non presente
Tipo di combustibile		Gas metano
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler elettrici
Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	20.936
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{th} /anno]	66.282

Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	5.613
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _e /anno]	16.161
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	2.975

Nota (1): Valori di Baseline

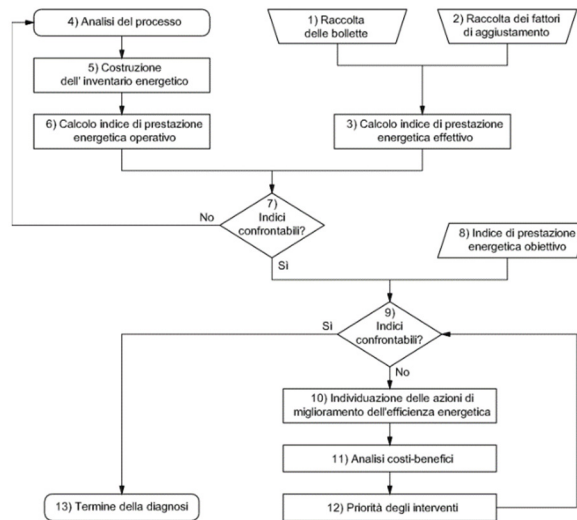
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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

- a) Acquisizione della documentazione utile, fornita dalla PA, come riportato all'Allegato A – Elenco documentazione fornita dalla committenza; **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**
- b) Analisi del quadro normativo di riferimento, incluso la verifica dei vincoli ambientali, storici, archeologici e paesaggistici interferenti sull'immobile interessato dall'intervento;
- c) Visita agli edifici, effettuata in data 20/11/2017 con verifica degli elaborati forniti e rilievo dei dati relativi alle caratteristiche degli elementi disperdenti ed impiantistici costituenti il sistema edificio-impianto;
- d) Visita alla centrale termica e/o frigorifera, con il supporto del personale incaricato della conduzione e manutenzione degli impianti e rilevamento dei dati utili;
- e) Preparazione e compilazione delle schede di Audit previste per la diagnosi di livello II di cui all'appendice A delle LGEE - Linee Guida per l'Efficienza Energetica negli Edifici - sett. 2013 - elaborato da AiCARR per Agesi, Assistal, Assopetroli e Assoenergia, e riportate all'Allegato J – Schede di audit;
- f) Elaborazione del comportamento termico ed elettrico dell'edificio, realizzata utilizzando il software commerciale Edilclima EC700 in possesso di certificato di conformità rilasciato dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI) n.73 ai sensi del D.lgs. 192/05 e s.m.i. e riportato all'Allegato F – Certificato CTI Software;
- g) Analisi dei profili annuali di consumi e costi dei servizi energetici reali dell'edificio, comprensivi della fornitura dei vettori energetici sia elettrici che di gas e degli oneri di O&M, relativamente alle annualità 2014-2015-2016;
- h) Analisi dei dati climatici reali del sito ove è ubicato l'edificio con conseguente calcolo dei Gradi Giorno reali (GG_{real}), utilizzando le temperature esterne rilevate dalla stazione meteo Genova-Pegli e riportati all'Allegato I – Dati climatici;
- i) Individuazione della "baseline termica" di riferimento (e relative emissioni di CO₂) tramite opportuna ripartizione del consumo di combustibile tra le varie utenze a servizio dell'edificio e destagionalizzazione dello stesso, utilizzando i relativi GG reali (GG_{real}), e conseguente normalizzazione secondo i GG di riferimento (GG_{rif});
- j) Individuazione della "baseline elettrica" di riferimento (e relative emissioni di CO₂) calcolata sulla media aritmetica dei valori relativi ai consumi elettrici reali per tre le annualità 2014, 2015, 2016;
- k) Validazione del modello elaborato mediante il confronto con le baseline energetiche, al fine di ottenere uno scostamento inferiore al 5%;
- l) Analisi delle possibili EEM necessarie per la riqualificazione energetica del sistema edificio-impianto analizzando gli aspetti tecnici, energetici, ed ambientali.
- m) Simulazione del comportamento energetico dell'edificio a seguito dell'attuazione delle varie EEM proposte singolarmente, ed individuazione della nuova classe energetica raggiungibile;
- n) Definizione di due scenari ottimali a partire dalla combinazione delle singole EEM proposte al fine di conseguire un miglioramento del parametro di efficienza energetica dell'edificio superiore a due classi energetiche e tempi di ritorno inferiori uguale rispettivamente a 25 e a 15 anni.
- o) Analisi costi-benefici e di redditività finanziaria derivanti dalla realizzazione delle EEM previste singolarmente, con riferimento ai principali indicatori finanziari ed ai possibili sistemi di incentivazione;

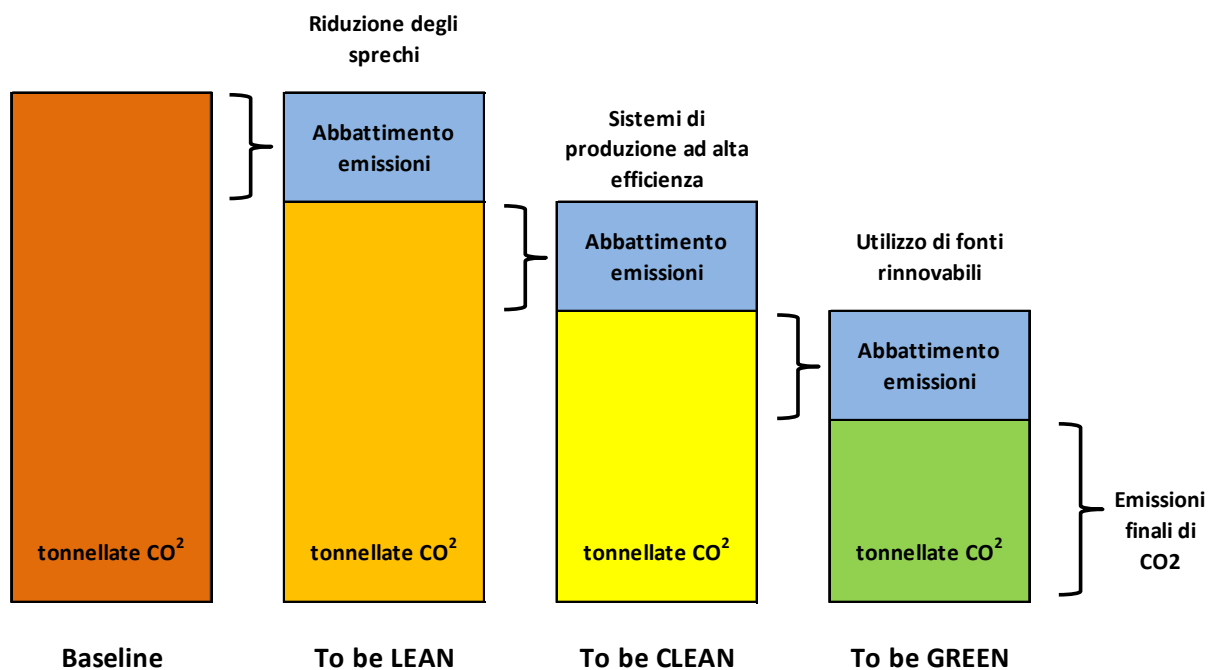
- p) Valutazione economico-finanziaria dei due scenari ottimali previsti, a partire dal "baseline di costi" e con riferimento ai principali indicatori finanziari e di sostenibilità finanziari ed ai possibili sistemi di incentivazione;
- q) Identificazione dell'eventuale canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale attraverso un Energy Performance Contract, con lo scopo di analizzare il possibile interesse nella realizzazione degli interventi studiati, tramite l'intervento di una ESCo;
- r) Realizzazione di una relazione tecnica descrittiva di dettaglio dell'analisi effettuata (Rapporto di DE);
- s) Realizzazione di un report dei Benchmark.

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



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

Figura 1.4 - Principio della Gerarchia Energetica



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

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

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

Per tanto, nel caso di soluzioni integrate, dapprima si è valutata la fattibilità di ridurre gli sprechi mediante misure sull'involucro e sulla domanda d'utenza (anche relativamente ai sistemi di emissione, regolazione, distribuzione, accumulo), partendo 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.

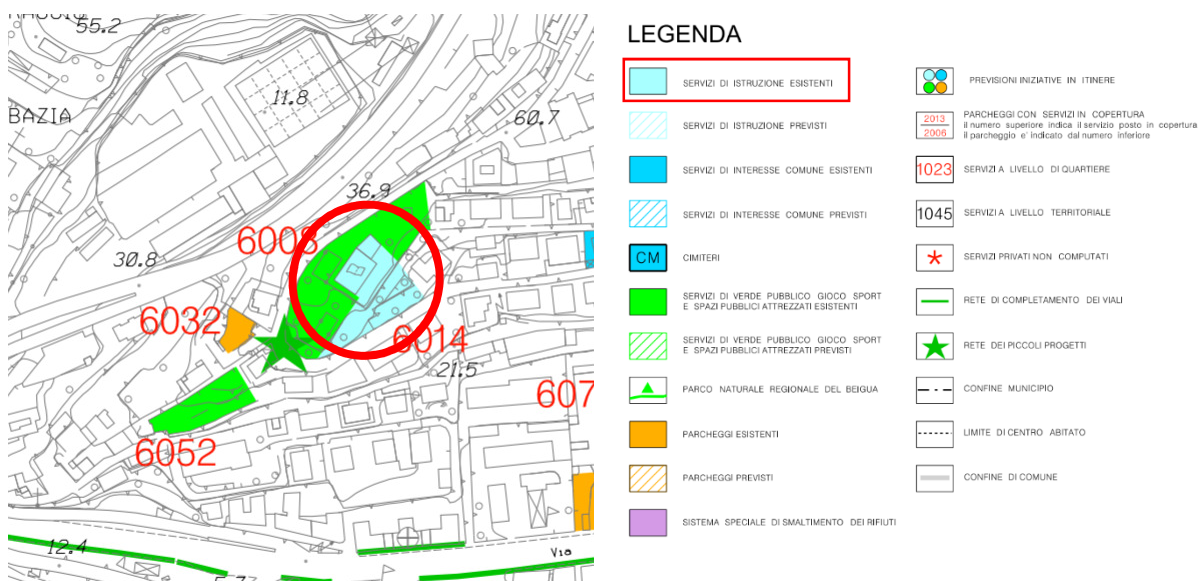
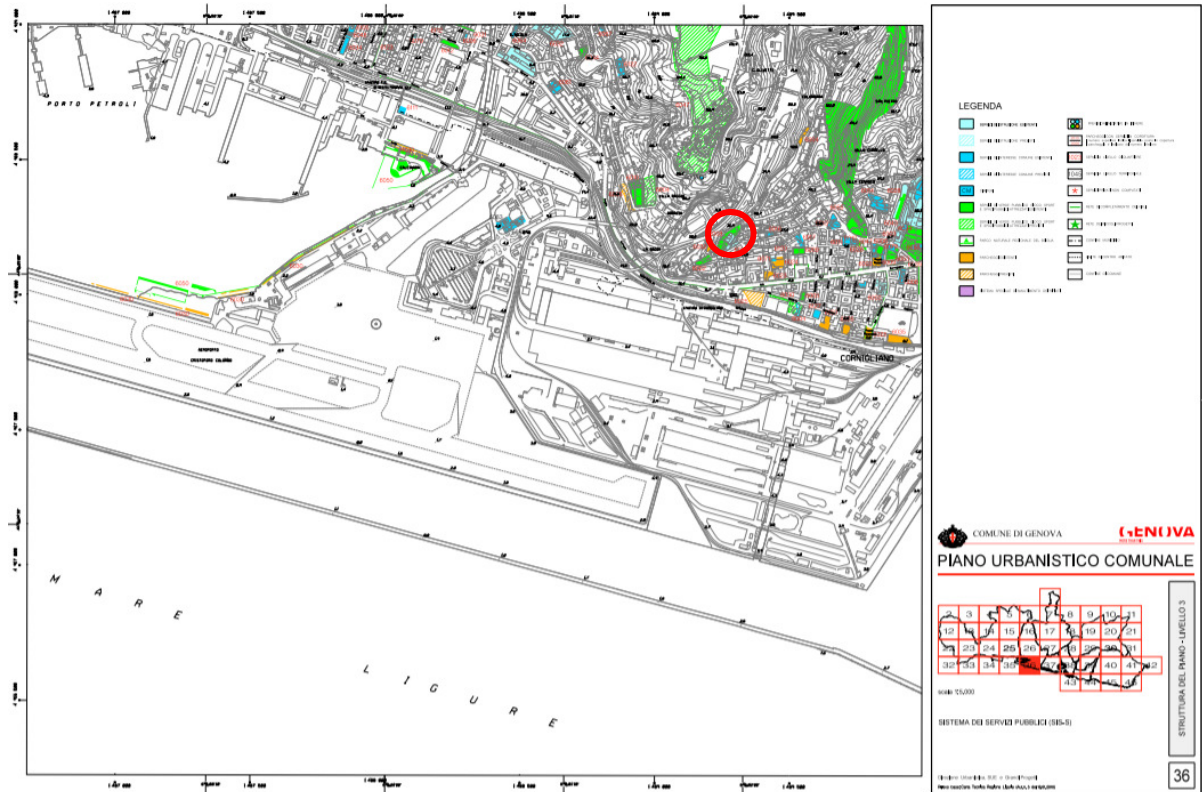
2 DATI DELL'EDIFICIO

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 F-Servizi, ed in particolare nella sottozona FF, la cui funzione caratterizzante é quella dei servizi pubblici, disciplinata dagli articoli che vanno dall'FF1 all'FF9 riportati nelle Norme di Attuazione di Piano.

La tavola di riferimento è la 36 – "Struttura del Piano – Livello 3", di seguito riportata.

Figura 2.1 - Particolare estratto dal Piano Urbanistico Comunale



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

L'edificio ove è ubicata la Scuola Elementare è stato costruito nella prima metà del '900 ed attualmente ricade nella destinazione d'uso E.7.

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

L'ipotesi di intervenire al fine di migliorare l'efficienza energetica del fabbricato è innanzitutto volta ad una diminuzione delle emissioni di CO₂, la quale rientra negli obiettivi prefissati dal Comune di Genova all'interno del SEAP (Sustainable Energy Action Plan), ma può anche essere considerata di notevole interesse socio-culturale al fine della sensibilizzazione e dell'informazione dei ragazzi verso tematiche di interesse ambientale ed energetico.

L'edificio ospitante il complesso scolastico oggetto della DE è costituito complessivamente da cinque piani fuori terra, nei quali si sviluppano i vari ambienti a servizio dell'attività didattica. Al piano terra sono presenti palestra, uffici, cucina e sala mensa elementari, mentre quella della scuola materna si trova al primo piano; ai piani superiori sono dislocate le aule scolastiche (piano secondo scuola materna e ai restanti piani scuola elementare, circa nove ambienti per piano. Nella Tabella 2.1 sono riassunte le destinazioni d'uso delle varie aree e le relative superfici. Le planimetrie utilizzate nella valutazione sono riportate in Allegato B – Elaborati.

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



Tabella 2.1 - Suddivisione in piani dell'edificio

PIANO	UTILIZZO	U.M.	SUPERFICIE LORDA COMPLESSIVA ⁽²⁾	SUPERFICIE UTILE RISCALDATA ⁽³⁾	SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA ⁽³⁾
Terra	Ingresso elementare, scuola materna	[m ²]	470	314,25	-
Primo	Aule elementari	[m ²]	584,25	496,46	-
Secondo	Locali scuola elementare	[m ²]	112,31	83,1	-
TOTALE		[m²]	1.66,56	893,81	-

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




L'edificio non è soggetto ad alcun tipo di vincolo.

Figura 2.3 - Particolare estratto dalla carta dei vincoli



MISURA DI EFFICIENZA ENERGETICA	VINCOLO INTERESSATO	VALUTAZIONE INTERFERENZA	MISURA DI TUTELA DA ADOTTARE
EEM 1: Sostituzione serramenti	-		-
EEM 2: Sostituzione Generatore di calore	-		-
EEM 3: Controsoffitto isolato	-		-

Legenda livelli di interferenza:

	Non perseguibile
	Perseguibile tramite adozione misure di tutela indicate
	Interferenza nulla

2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO

Durante la fase di sopralluogo è stato possibile rilevare gli orari di 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 agli operatori presenti, mentre i periodi di attivazione e spegnimento degli impianti sono stati rilevati, quando possibile, dal display del sistema di gestione degli stessi presente in centrale termica.

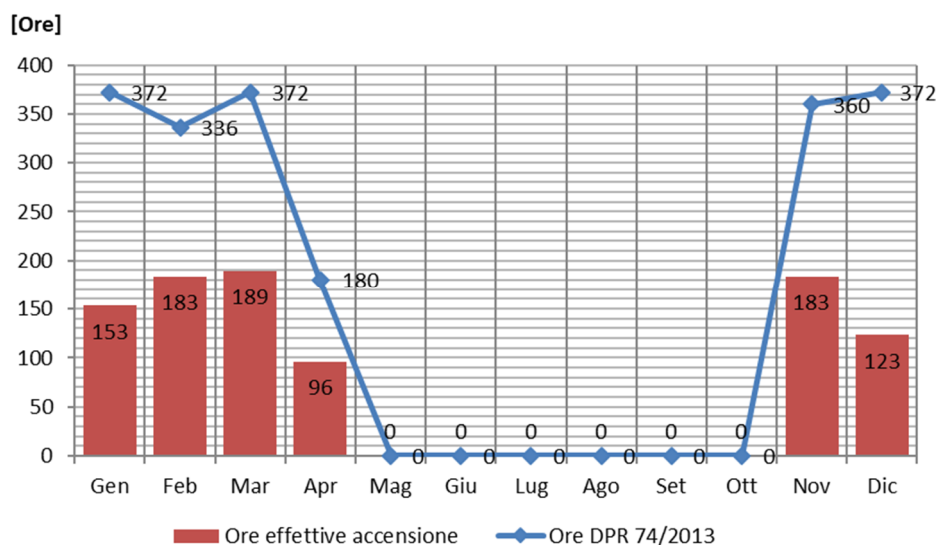
Nella

Tabella 2.2 sono pertanto riportati gli orari di funzionamento dell'edificio e gli orari di funzionamento degli impianti termici.

Tabella 2.2 – 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]	07.30 – 17.00	06.30 – 15.30
	[sabato e domenica]	Chiuso (a meno di aperture straordinarie)	spento
dal 1 Settembre al 30 Ottobre e dal 16 Aprile al 15 Luglio	[dal lunedì al venerdì]	07.30 – 17.00	spento

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



Dall'analisi effettuata è emerso che gli orari di funzionamento degli impianti sono correlati agli orari di espletamento delle lezioni, poiché questi vengono spenti al concludersi delle attività didattiche; nella programmazione degli impianti non è invece considerata la presenza di operatori all'interno della struttura oltre l'orario di lezione per cui gli impianti si spengono prima della totale assenza di persone all'interno del fabbricato.

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. Tale contratto è stato stipulato a partire da ottobre 2016 ed ha una durata di 6 anni.

Precedentemente era presente un altro contratto di "fornitura del servizio energia e manutenzione degli impianti termici e di condizionamento negli edifici di proprietà o di competenza del comune di Genova", di durata triennale.

3 DATI CLIMATICI

3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO

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

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

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

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

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

Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella

Tabella 2.2, i GG sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 867 GG calcolati su 103 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 GGrif

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	17	163	19%
Febbraio	28	10,5	28	266	20	20	193	22%
Marzo	31	11,1	31	276	21	21	187	22%
Aprile	30	15,3	15	71	20	11	50	6%
Maggio	31	18,7	-	-	21	0	0	0
Giugno	30	22,4	-	-	20	0	0	0
Luglio	31	24,6	-	-	-	0	0	0
Agosto	31	23,6	-	-	-	0	0	0
Settembre	30	22,2	-	-	20	0	0	0
Ottobre	31	18,2	-	-	21	0	0	0
Novembre	30	13,3	30	201	20	20	136	16%

Dicembre	31	10	31	310	15	14	137	16%
TOTALE	365	16,7	166	1421	198	103	867	100%

3.2 DATI CLIMATICI REALI

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

I dati climatici utilizzati sono stati rilevati dalla centralina meteo climatica di Genova Pegli, indicata in rosso nella Figura 3.1

Si è deciso di utilizzare come riferimento tale centralina in quanto è risultata essere quella più vicina al sito oggetto di studio.

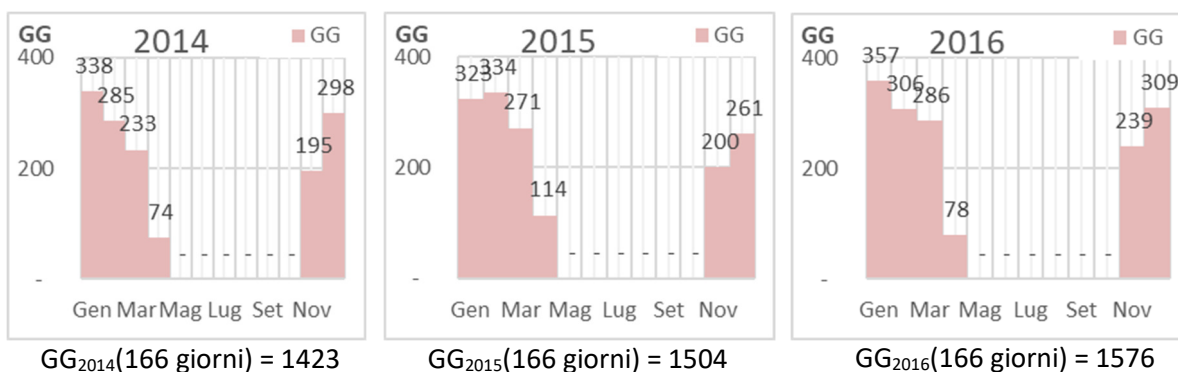
Figura 3.1 – Posizionamento della centralina meteo climatica rispetto all'edificio oggetto di DE



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

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

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



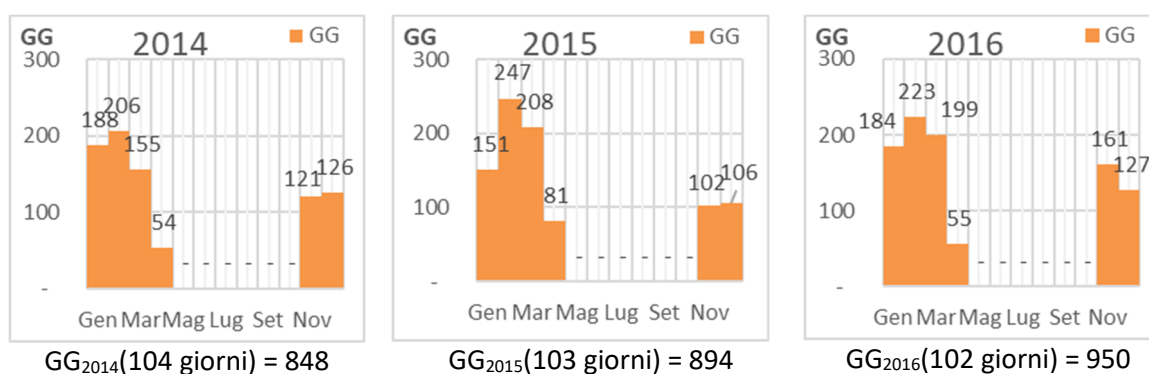
Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella

Tabella 2.2, 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 867 GG calcolati su 103 giorni effettivi di utilizzo dell'impianto di riscaldamento.

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

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

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



Come si può notare dai grafici sopra riportati, l'andamento dei GG è aumentato nel triennio di riferimento, con un delta di circa 100GG tra il 2014 ed il 2016.

4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI

4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO

Di seguito è riportata la descrizione dettagliata delle componenti del sistema edificio-impianto, indicando le caratteristiche termofisiche dei componenti dell'involucro edilizio ed i rendimenti dei vari sottosistemi impiantistici presenti, facendo riferimento alle principali criticità di obsolescenza e manutentive riscontrate in sede di sopralluogo.

4.1.1 Involucro opaco

L'involucro edilizio opaco che costituisce l'edificio è caratterizzato da una struttura in muratura portante.

Gli elementi costruttivi utilizzati sono contraddistinti da elevati spessori e capacità termica; questi fattori incidono sul comportamento termico dell'involucro edilizio che vede mitigate le dispersioni di calore verso l'esterno durante la stagione invernale e il surriscaldamento degli ambienti durante il periodo primaverile.

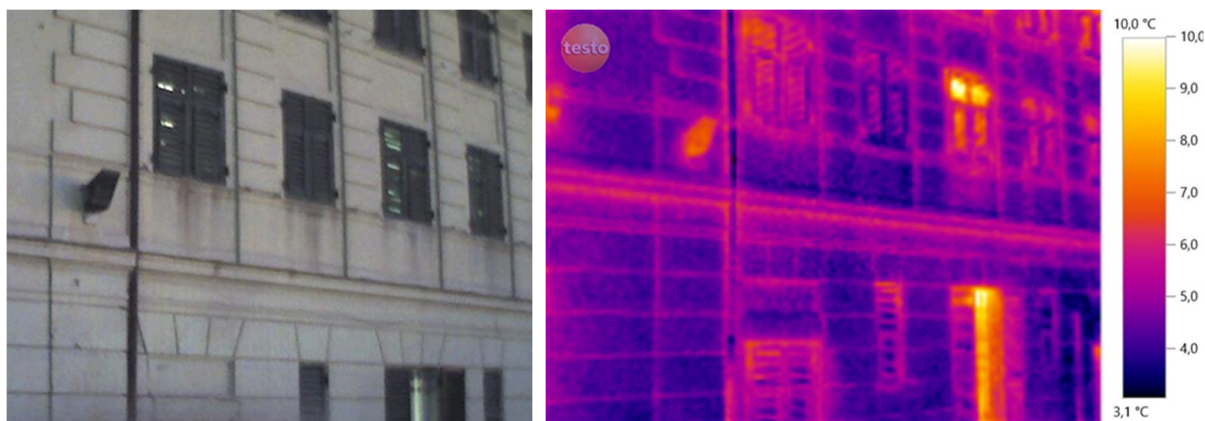
Ai fini di un'identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell'involucro opaco si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione delle seguenti indagini diagnostiche:

- Rilievo termografico eseguito tramite l'utilizzo di termo camera facendo attenzione che fossero rispettate le seguenti condizioni:
 - ✓ Condizioni atmosferiche stabili;
 - ✓ Cielo nuvoloso prima e durante la misura (per misure all'aperto);
 - ✓ Assenza di luce solare diretta prima e durante la misura;
 - ✓ Assenza di precipitazioni;
 - ✓ Superficie dell'oggetto di misura asciutta e priva di fonti termiche d'interferenza (es. assenza di fogliame sulla superficie);
 - ✓ Assenza di vento o correnti d'aria;
 - ✓ Assenza di fonti d'interferenza nell'ambiente di misura o nel percorso di trasmissione;
 - ✓ La superficie dell'oggetto di misura è ottimale se ha emissività elevata e nota.
- Rilievo visivo e dimensionale dei componenti con l'individuazione degli spessori dei principali componenti.

Figura 4.1 - Particolare facciata nord-ovest fabbricato



Figura 4.2 – Rilievo termografico della parete Nord



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

Le analisi termografiche condotte hanno permesso di identificare le discontinuità di trasmissione termica tra gli elementi opachi di separazione verso l'esterno; ma, considerando le elevate temperature esterne, non è stato possibile utilizzare i dati forniti dall'indagine per definire le effettive prestazioni dei pacchetti costruttivi presenti.

L'individuazione di questi ultimi è stata fatta consultando fonti bibliografiche dove, in relazione dell'anno di costruzione del fabbricato e delle dimensioni degli elementi, vengono riportate le principali soluzioni costruttive tipiche del periodo considerato con l'indicazione dei relativi valori di trasmittanza termica; i dati ricavati sono riportati nella Tabella 4.1.

Tabella 4.1 – Trasmittanze termiche dei componenti dell'involucro opaco

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	SPESSORE	ISOLAMENTO	TRASMITTANZA TERMICA	STATO DI CONSERVAZIONE
		[cm]		[W/m ² K]	
Copertura	COP1	37,9	Assente	1,5	Buono
Pavimento controterra	S1	53	Assente	0,4	Buono
Pavimento su LNR	PAV	53	Assente	1,4	Buono
Parete esterna	PE	45,5	Assente	1,2	Buono
Parte verso LNR	PI	63	Assente	1,8	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 principalmente da serramenti con telaio in legno tenero e vetro singolo.

Lo stato di conservazione dei serramenti è sufficiente ma le scarse caratteristiche prestazionali sono causa di rilevanti infiltrazioni d'aria all'interno degli ambienti ed elevate dispersioni termiche, creando un notevole disagio per gli utenti presenti all'interno dell'edificio.

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

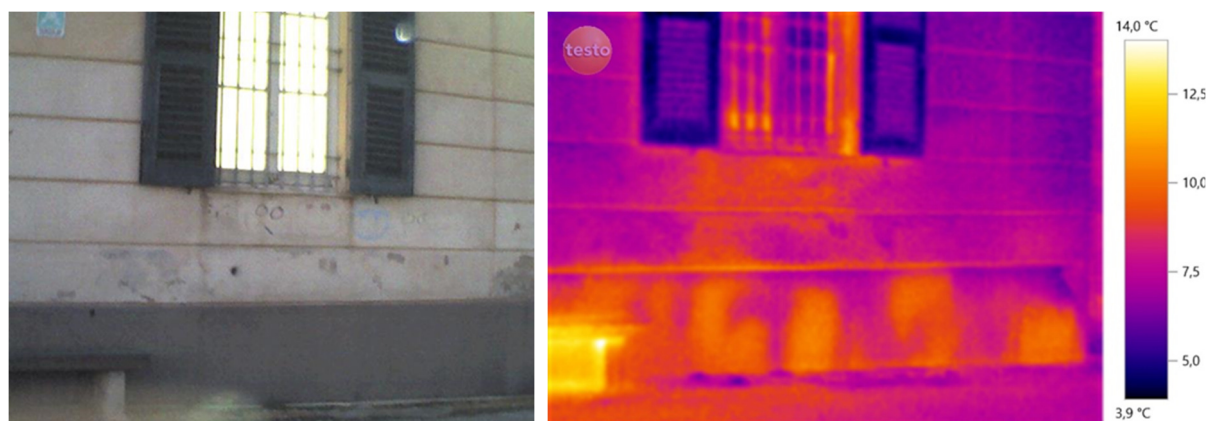
- Rilievo termografico;
- Rilievo delle caratteristiche dei vetri per mezzo dello spessivetro;
- Rilievo geometrico/dimensionale

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- Il telaio dei serramenti è la parte maggiormente disperdente di tutto l'involucro esterno dell'edificio;

Lo spessore esiguo del vetro nei serramenti in legno tenero è causa non solo di maggiori dispersioni termiche ma anche di uno scarso isolamento acustico delle aule.

Figura 4.4 – Rilievo termografico 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]		TIPO TELAIO	TIPO VETRO	TRASMITTANZA TERMICA [W/mqK]	STATO DI CONSERVAZIONE
		[cm]	[cm]				
Serramento verticale	W1	110	1,54	Legno tenero	Singolo	4,553	Scarso
Serramento verticale	W2	120	2,7	Legno tenero	Singolo	4,553	Scarso
Portafinestra	W3	184	5,336	Legno tenero	Singolo	4,512	Scarso

Serramento verticale	W4	130	2,99	Legno tenero	Singolo	4,553	Scarso
Serramento verticale	W5	120	1,56	Legno tenero	Singolo	4,512	Scarso
Serramento verticale	W6	60	0,48	Legno tenero	Singolo	4,553	Scarso
Serramento verticale	W7	100	1,5	Legno tenero	Singolo	4,681	Scarso
Portafinestra	W8	130	2,86	Legno tenero	Singolo	4,553	Scarso
Serramento verticale	W9	110	2,2	Legno tenero	Singolo	4,553	Scarso

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

4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/CLIMATIZZAZIONE INVERNALE

L'impianto di riscaldamento degli ambienti è costituito da una caldaia a basamento installata in centrale termica che va ad alimentare il circuito di distribuzione a servizio dei radiatori.

4.2.1 Sottosistema di emissione

Il sottosistema di emissione è costituito da radiatori in ghisa di diversa dimensione in relazione alla dimensione e alla destinazione d'uso dell'ambiente servito.

I terminali sono per la maggior parte installati sulle pareti esterne, sotto finestra, tranne alcuni elementi installati su quelle interne.

Il rendimento di emissione desunto dal modello di calcolo delle DE è pari a 92,3%.

Figura 4.5 – Particolare radiatore su parete interna



Figura 4.6 - Particolare radiatori su parete esterna



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
Scuola	Radiatori	92,3%

Le caratteristiche dei terminali di emissione installati sono sintetizzate nella Tabella 4.4. La potenza unitaria dei corpi scaldanti è stata valutata considerando il fabbisogno termico di picco degli ambienti serviti, relazionato al numero di terminali rilevato in fase di sopralluogo.

Tabella 4.4 - Riepilogo caratteristiche dei terminali di emissione installati

PIANO	TIPO DI INSTALLAZIONE	NUMERO	POTENZA TERMICA UNITARIA	POTENZA TERMICA COMPLESSIVA	POTENZA FRIGORIFERA UNITARIA	POTENZA FRIGORIFERA COMPLESSIVA
			[kW]	[kW]	[kW]	[kW]
Tutti i piani	Radiatore a parete	20	3,74	74,8	Non presente	Non presente
TOTALE					Non presente	Non presente

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

4.2.2 Sottosistema di regolazione

La regolazione del funzionamento dell'impianto avviene attraverso l'impostazione degli orari di funzionamento e delle temperature di set-point, che al momento del sopralluogo (periodo invernale) era impostata a 20°C.

L'architettura dell'impianto di climatizzazione prevede un'unica zona termica con regolazione di tipo climatica esterna, che agisce sul collettore principale di mandata da cui partono gli stacchi, tre in totale, a servizio delle diverse aree del fabbricato.

Il collettore principale di mandata è dotato di valvola miscelatrice a tre vie, che mitiga la portata proveniente dalla caldaia con il flusso di ritorno dall'impianto così da poter gestire le diverse temperature definite dal set-point.

Figura 4.7 - Particolare dello stacco di mandata al collettore principale e valvola a tre vie



Figura 4.8 – Particolare degli stacchi di mandata alla ai circuiti della scuola



Di seguito sono riportati i profili orari di funzionamento degli impianti

Figura 4.9 - Profilo di funzionamento invernale dell'impianto per entrambe le zone termiche

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
Unica	Climatica esterna	84,9%

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 primario di collegamento tra la caldaia ed il collettore caldo
 - 2) Circuito secondario di mandata ai radiatori e agli aerotermi (fluido termovettore acqua)
- 1) **Circuito primario:** è presente una pompa di circolazione anticondensa ed una pompa gemellare di circolazione che alimenta il collettore di mandata principale.

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

Tabella 4.6 - Riepilogo caratteristiche pompe circuito primario

	NOME	SERVIZIO	PORTATA ⁽⁴⁾ [m ³ /h]	PREVALENZA ⁽⁴⁾ [kPa]	POTENZA ASSORBITA ⁽⁴⁾ [kW]
Circolatore	ES01	Pompa anticondensa	nd	100	9-73
Circolatore	ES02	Pompa di circolazione	15	49	0,59

Nota (4): Valori ricavati da dati di targa

Le temperature del fluido termovettore all'interno del circuito primario sono riportate nella Tabella 4.7. I valori rilevati differiscono da quelli di calcolo a causa delle temperature esterne rilevate, particolarmente elevate rispetto alla media del periodo, e del fatto che in quel momento la caldaia non fosse attiva.

Tabella 4.7 – Temperature di mandata e ritorno del circuito primario

CIRCUITO			TEMPERATURA RILEVATA ⁽⁵⁾ °C	TEMPERATURA CALCOLO °C
Circuito primario	Mandata	Caldo	43	55
	Ritorno	Caldo	38	40

Nota (5): Valori ricavati in sede di sopralluogo

- 2) **Circuito secondario:** il circuito secondario presenta gli stacchi alle diverse aree dell'edificio e non è dotato di pompe di circolazione

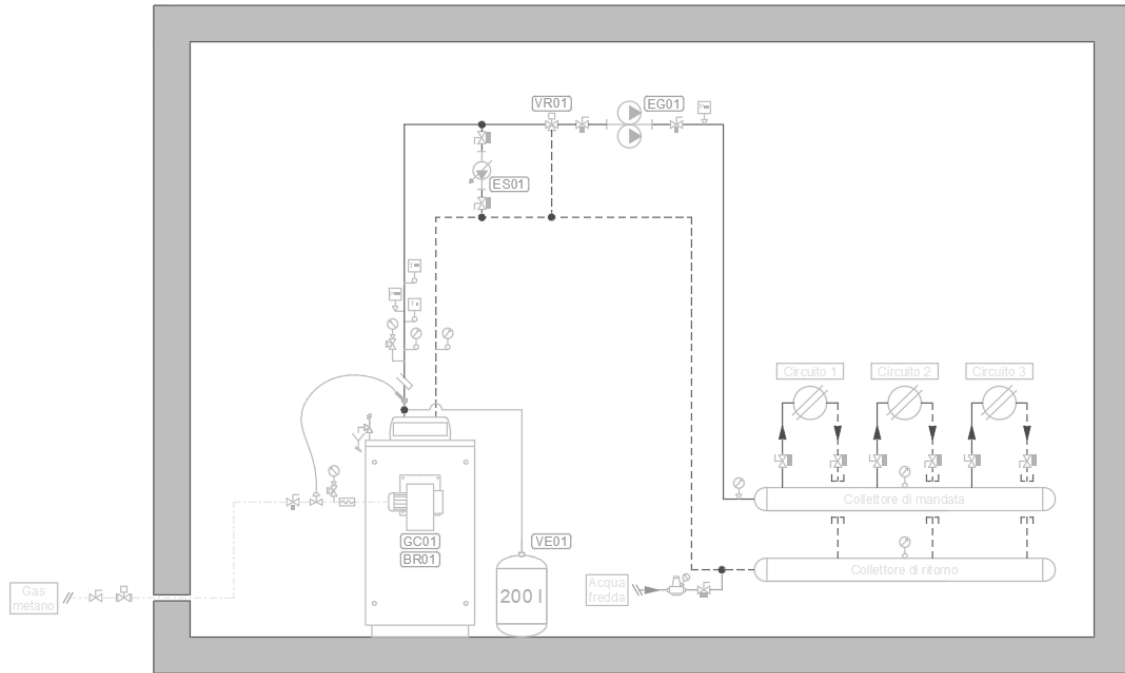
Le temperature del fluido termovettore all'interno del collettore di mandata e di ritorno sono riportate nella Tabella 4.8.

Tabella 4.8 – Temperature di mandata e ritorno del circuito secondario

CIRCUITO			TEMPERATURA RILEVATA ⁽⁶⁾ °C	TEMPERATURA CALCOLO °C
Collettori	Mandata	Caldo	40	50
	Ritorno	Caldo	38	30

Nota (6): Valori rilevati il giorno 20/11/2017 alle ore 12.00, con una temperatura esterna di circa 13°C

Figura 4.10 - Particolare dello schema di impianto (Fonte: Tavola 086-P00-002-CENTRALE TERMICA.dwg)



Il rendimento complessivo del sottosistema di distribuzione è stato assunto nella DE pari al 90,7%.

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

4.2.4 Sottosistema di generazione

Il sottosistema di generazione è costituito da una caldaia a basamento, marca Biasi e TNAR 150, e dal bruciatore, marca Baltur modello BTG 28P, installati internamente al locale centrale termica del fabbricato.

Figura 4.11 - Particolare generatore di calore



Figura 4.12 - Particolare bruciatore



Le caratteristiche dei sistemi di generazione sono riportate nella Tabella 4.9.

Tabella 4.9 - Riepilogo caratteristiche sistema di generazione

Servizio	MARCA	MODELLO	ANNO DI COSTRUZIONE	POTENZA AL FOCOLARE [kW]	POTENZA TERMICA UTILE [kW]	RENDIMENTO	POTENZA ASSORBITA COMPLESSIVA [kW]
GT1 Riscaldamento	Biasi	TNAR 150	1996	193,8	174,4	89,9%	nd

Il rendimento complessivo del sottosistema di generazione, in regime di riscaldamento è stato assunto nella DE pari al 89,9%, mentre dalla prova fumi è risultato un rendimento di combustione pari a 94%. L'elenco dei componenti del sottosistema di generazione per il riscaldamento degli ambienti rilevati in sede di sopralluogo e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 6.1 dell' Allegato J – Schede di audit.

4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA

La produzione di acqua calda sanitaria per l'intero fabbricato viene effettuata per mezzo di boiler elettrici.

Si è rilevato un unico boiler a servizio della scuola materna al piano terra

I rendimenti caratteristici dei sottosistemi dell'impianto di produzione acqua calda sanitaria sono riportati nella Tabella 4.10.

Figura 4.13 - Particolare boiler elettrici



Tabella 4.10 – Rendimenti dell'impianto di produzione acqua calda sanitaria da UNI TS 11300-2

SOTTOSISTEMA DI EROGAZIONE	SOTTOSISTEMA DI DISTRIBUZIONE	SOTTOSISTEMA DI RICIRCOLO	SOTTOSISTEMA DI ACCUMULO	SOTTOSISTEMA DI GENERAZIONE	RENDIMENTO GLOBALE MEDIO STAGIONALE
100%	92,6%	100%	Non presente	38,5%	35,6%

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

4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO/CLIMATIZZAZIONE ESTIVA

Non presente impianto di raffrescamento/climatizzazione estiva a servizio del fabbricato.

4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA

Non presente impianto di ventilazione meccanica a servizio del fabbricato.

4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE

Le utenze sottese all'impianto elettrico, oltre a quelle precedentemente descritte, sono legate principalmente alle attività didattiche svolte all'interno degli ambienti; si fa riferimento quindi ai pc del laboratorio di informatica, alle esigue lavagne interattive multimediali presenti e marginalmente a stampanti e distributori bevande/alimenti.

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

Tabella 4.11 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche

TIPOLOGIA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA NOMINALE [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]	ORE ANNUE DI UTILIZZO	ORE/GIORNO
Utenze con profili di funzionamento variabili	PC	12	150	1800	242	1,2
	Stampante multifunzione	5	500	2500	40	0,2
	Stampante da tavolo	2	500	1000	40	0,2
	LIM	1	200	200	403	1,9
	Videoproiettore	1	315	315	403	1,9
	microonde	1	2.100	2100	242	1,2
	microonde	1	2.100	2100	242	1,2
Utenze con profili di funzionamento costanti	Rack dati	1	150	150	7444	85%
	Distributori	1	400	400	7444	85%
	Centrali d'allarme	2	150	300	7444	85%

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:

- Misure di assorbimento elettrico sulle principali linee di alimentazione dei carichi;
- Rilievo dei dati di targa delle utenze installate

La realizzazione delle suddette indagini ha portato a concludere che i principali carichi elettrici del fabbricato sono imputabili al solo impianto di illuminazione poiché durante l'arco della giornata i carichi misurati sono rimasti pressoché costanti.

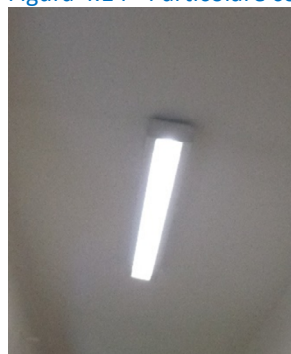
L'elenco delle altre utenze elettriche rilevate in sede di sopralluogo e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 11 dell' Allegato J – Schede di audit.

4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE

L'impianto di illuminazione è prettamente costituito da lampade fluorescenti di diversa taglia, in funzione della tipologia di utilizzo dei locali.

Il sistema di gestione dell'impianto di illuminazione è di tipo manuale, con accensione e spegnimento dei corpi illuminanti del tipo on/off e nessuna suddivisione delle accensioni all'interno degli ambienti.

Figura 4.14 - Particolare corpi illuminanti corridoi



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

Tabella 4.12 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

PIANO EDIFICIO	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA UNITARIA	POTENZA COMPLESSIVA
			[W]	[W]
Piano terra	fluorescenti 2x36W	10	72	720
	fluorescenti 2x58W	8	116	928
Piano Primo	fluorescenti 2x36W	24	72	1.728
	fluorescenti 2x58W	2	116	232
Piano Secondo	fluorescenti 2x36W	8	72	576

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.

Figura 4.15 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nella mensa



Figura 4.16 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nelle aule



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

Non presente impianto di produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili

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 ⁽⁷⁾	1,0549	9,42
Gasolio	11,87 ^(*)	0,85	n/a	n/a	10,09

Nota (7) Fonte: Prospetto B.19 UNI TS 11300-2:2014

La fornitura di Gas metano avviene tramite un unico contatore che risulta a servizio della centrale termica e quindi per il riscaldamento degli ambienti.

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

Figura 5.1: ubicazione contatore gas metano



L'analisi dei consumi storici di Gas metano a servizio dell'impianto di riscaldamento si basa sui m³ annui di gas metano forniti dalla PA e riportati nel file Excel "kyotoBaseline-EXXXX_rev09" (i valori sono quelli forniti dalla società di distribuzione).

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	2015	2016	2014	2015	2016
		[Sm ³]	[Sm ³]	[Sm ³]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
16220050525735	Riscaldamento	-	7403,0	7722	-	69.039	72.014

Si è quindi provveduto alla valutazione dei consumi fatturati nel triennio di riferimento. L'andamento dei consumi stagionali del vettore energetico è stato desunto applicando ai consumi annui forniti i profili di consumo desunti dal modello energetico dell'edificio, applicando la percentuale mensile di incidenza dei consumi ai totali annui. L'andamento mensile dei consumi è riportato nella Tabella 5.3.

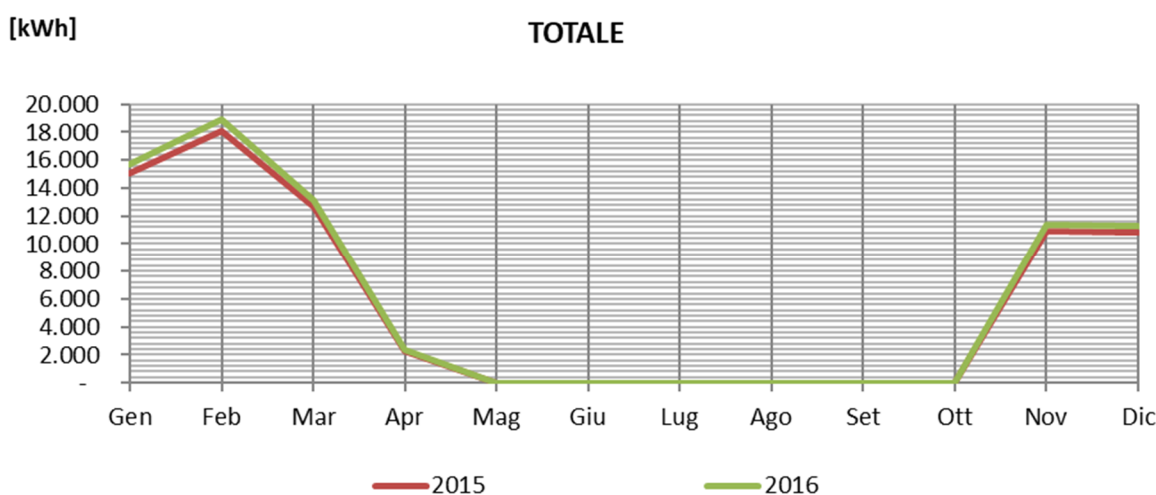
Tabella 5.3 - Consumi mensili di energia termica per il triennio di riferimento – Dati fatturati da società di fornitura

PDR	2014	2015	2016	2014	2015	2016
	[Sm ³]	[Sm ³]	[Sm ³]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
16220050525735	-	1.596	1.665	-	15.035	15.683

Feb	-	1.920	2.003	-	18.087	18.866
Mar	-	1.340	1.397	-	12.619	13.163
Apr	-	242	253	-	2.281	2.379
Mag	-	-	-	-	-	-
Giu	-	-	-	-	-	-
Lug	-	-	-	-	-	-
Ago	-	-	-	-	-	-
Set	-	-	-	-	-	-
Ott	-	-	-	-	-	-
Nov	-	1.155	1.205	-	10.884	11.353
Dic	-	1.150	1.199	-	10.830	11.297
Totale	-	7.403	7.722	-	69.736	72.741

L'andamento dei consumi mensili fatturati è riportato nei grafici in Figura 5.2.

Figura 5.2 – Andamento mensile dei consumi termici fatturati



Dall'analisi effettuata è emerso che [il prelievo termico del triennio è caratterizzato da un valore quasi nullo durante la stagione estiva e un valore di massimo prelievo, pari a circa 5.000 smc, durante la stagione invernale 2015.

I consumi annui non hanno subito una sostanziale variazione e gli andamenti sono i medesimi nelle tre annualità considerate.

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.

Tale consumo è stato valutato scorporando, dal consumo complessivo del contatore che alimenta la centrale termica, il contributo per la produzione di acqua calda sanitaria, valutato considerando il numero di utenze.

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

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

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. Tale contributo non è stato valutato in quanto i suddetti utilizzi sono serviti da un contatore dedicato, pertanto con concorrono nel calcolo della baseline dei consumi energetici.

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

Tabella 5.4 – Normalizzazione dei consumi annuali di energia termica

ANNO	GG ^{REAL} SU 103 GIORNI	GG ^{RIF} SU 103 GIORNI	CONSUMO REALE RISC. [Smc]	CONSUMO REALE RISC. [kWh]	α_{rif}	CONSUMO NORMALIZZATO A [926] GG [kWh]	CONSUMO ACS [kWh]	CONSUMO ALTRO [kWh]
2014	-	-	-	-	-	-	-	-
2015	894	867	7.403	69.736	77,2	66.954	-	-
2016	950	867	7.722	72.741	75,8	65.722	-	-
Media								

Come si può notare dai dati riportati il comportamento energetico dell'edificio, negli anni considerati, è stato caratterizzato da un andamento costante dei consumi, con lievi scarti in funzione delle diverse condizioni climatiche esterne e dei profili di funzionamento degli impianti.

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

Tabella 5.5 –Individuazione della Baseline termica

GRANDEZZA	VALORE [kwh]
\bar{Q}_{ACS}	-
\bar{Q}_{ALTRO}	-
$\bar{\alpha}_{rif} \times GG_{rif}$	66.282
$Q_{baseline}$	66.282

5.1.2 Energia elettrica

La fornitura di energia elettrica avviene tramite la presenza di un unico contatore il quali risulta a servizio di tutto il fabbricato.

La sua effettiva ubicazione 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 del 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]
IT001E00096120	Intero edificio	15.754	16.369	16.360	16.161

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-E1053) ed è emerso come questi ultimi fossero più alti di quelli riportati nelle fatture fornite.

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 **16.161** kWh/anno.

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

POD: IT001E00096120	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 14	1.130	323	591	2.044
Feb - 14	919	270	628	1.817
Mar - 14	955	307	590	1.852
Apr - 14	776	261	490	1.527
Mag - 14	704	296	531	1.531
Giu - 14	411	160	426	997
Lug - 14	128	99	346	573
Ago - 14	56	96	374	526
Set - 14	564	162	390	1.116
Ott - 14	828	207	355	1.390
Nov - 14	726	131	250	1.107
Dic - 14	625	199	450	1.274
Totale	7.822	2.511	5.421	15.754
POD: IT001E00096120	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 15	659	225	468	1.352
Feb - 15	1.065	321	498	1.884
Mar - 15	1.085	329	556	1.970
Apr - 15	474	142	221	837
Mag - 15	760	311	564	1.635
Giu - 15	423	233	471	1.127
Lug - 15	127	164	401	692
Ago - 15	96	150	414	660
Set - 15	461	237	498	1.196
Ott - 15	903	290	468	1.661
Nov - 15	1.066	225	359	1.650
Dic - 15	928	259	518	1.705
Totale	8.047	2.886	5.436	16.369
POD: IT001E00096120	F1	F2	F3	TOTALE

Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 16	1.023	278	540	1.841
Feb - 16	1.141	303	469	1.913
Mar - 16	998	279	491	1.768
Apr - 16	724	298	510	1.532
Mag - 16	827	224	397	1.448
Giu - 16	473	178	357	1.008
Lug - 16	122	142	328	592
Ago - 16	97	134	322	553
Set - 16	524	173	292	989
Ott - 16	828	217	365	1.410
Nov - 16	1.017	235	407	1.659
Dic - 16	839	285	523	1.647
Totale	8.613	2.746	5.001	16.360

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]
Gennaio	937	275	533	1.746
Febbraio	1.042	298	532	1.871
Marzo	1.013	305	546	1.863
Aprile	658	234	407	1.299
Maggio	764	277	497	1.538
Giugno	436	190	418	1.044
Luglio	126	135	358	619
Agosto	83	127	370	580
Settembre	516	191	393	1.100
Ottobre	853	238	396	1.487
Novembre	936	197	339	1.472
Dicembre	797	248	497	1.542
Totale	8.161	2.714	5.286	16.161

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

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

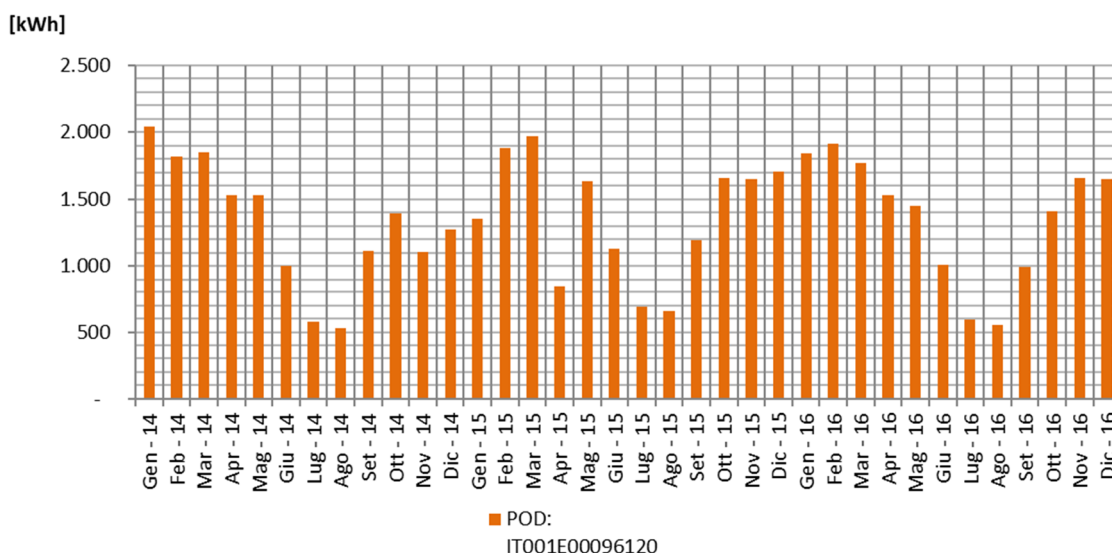
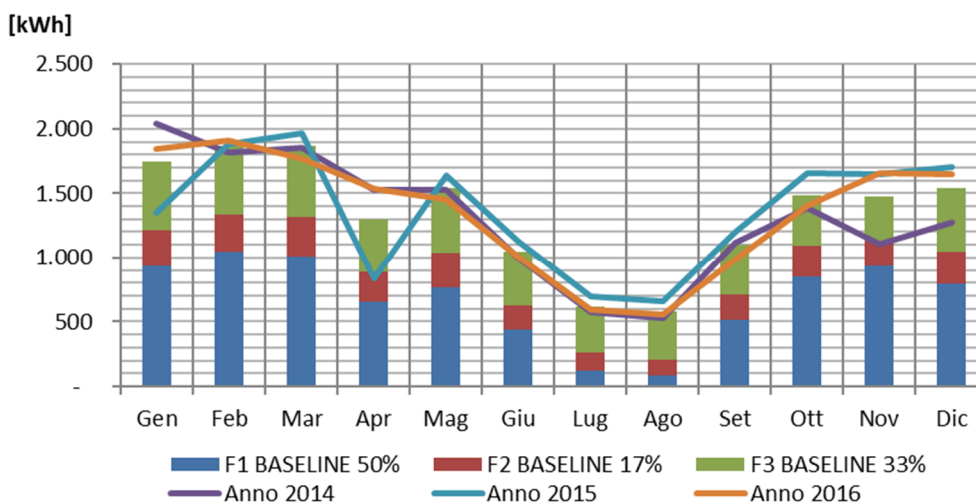


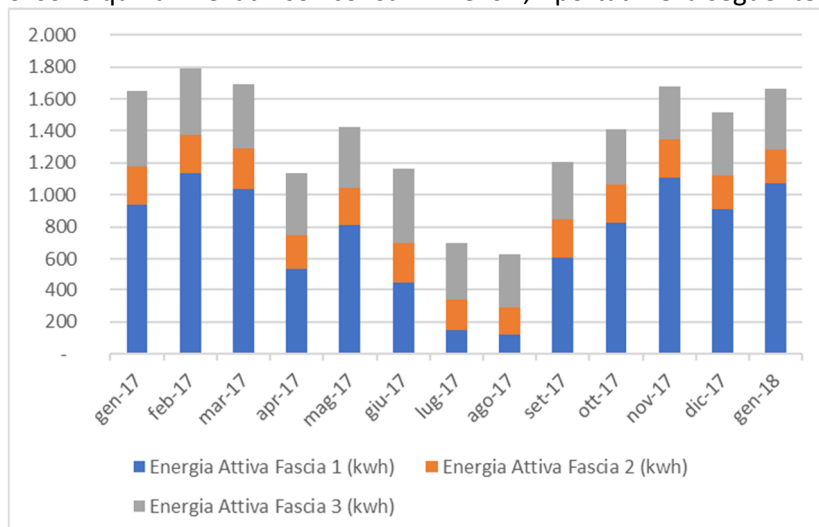
Figura 5.4 – Confronto tra i profili mensili elettrici reali e i valori di Baseline per il triennio di riferimento



I profili di prelievo mensili nel triennio di riferimento presentano andamenti omogenei con punte nei mesi invernali e consumi minimi durante i mesi estivi.

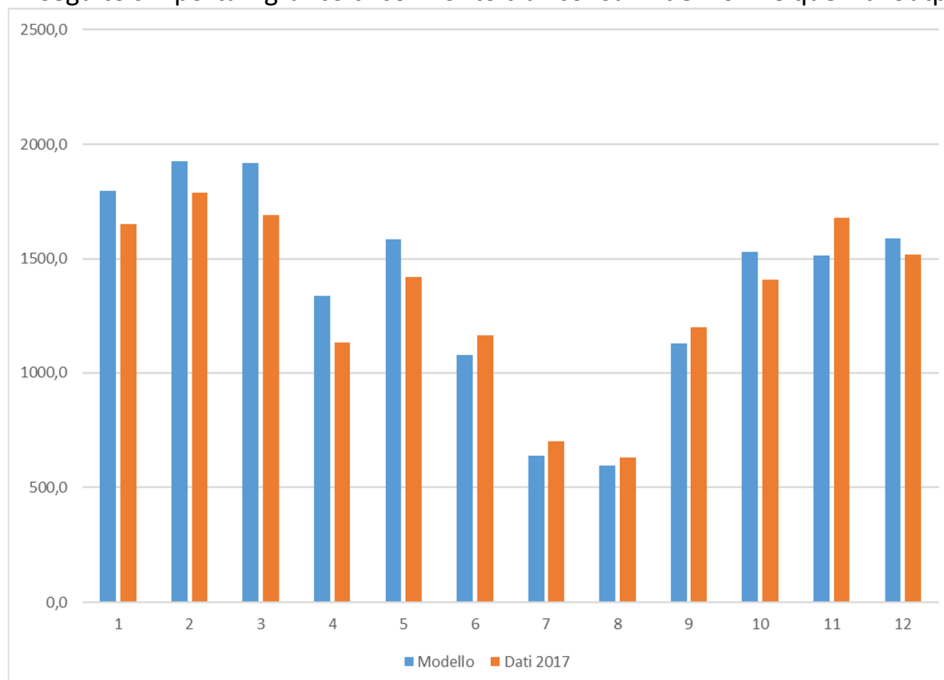
Per il sito non è stato possibile rappresentare i profili giornalieri dei consumi elettrici poiché non erano disponibili le informazioni fornite dalla società di distribuzione dell'energia elettrica in quanto è presente un contatore con potenza inferiore a 55 kW.

Si sono quindi rilevati i soli consumi mensili, riportati nella seguente figura:



È presente una base costante di circa 600 kWh che da modello energetico si riconduce ai consumi dei distributori automatici e della centrale di allarme che presentano un funzionamento continuo durante l'anno.

Di seguito si riporta il grafico di confronto tra i consumi del 2017 e quelli di output di modello elettrico:



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

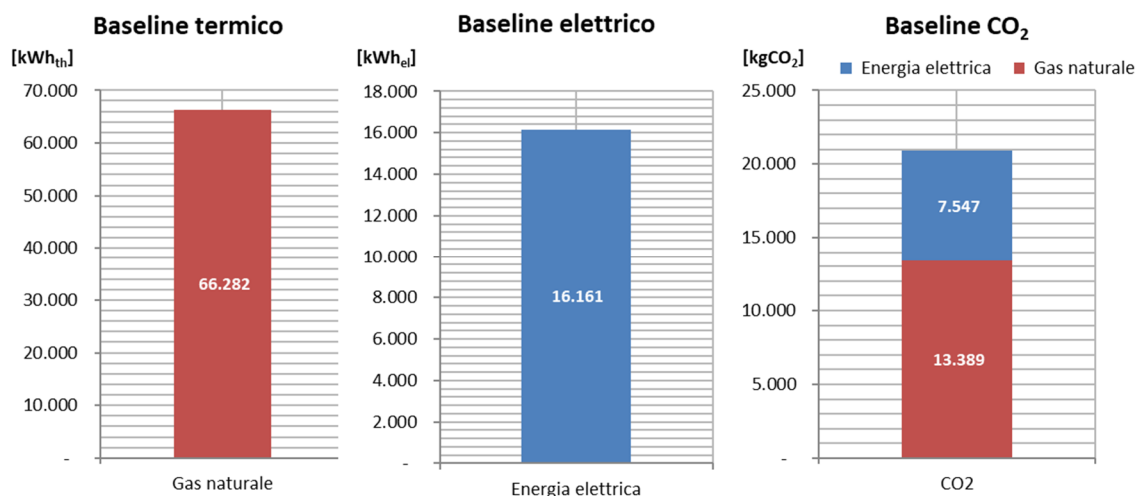
* da "Linee Guida Patto dei Sindaci" per anno 2010

Applicando tali fattori di conversione è stato possibile valutare la Baseline delle emissioni di CO₂, come riportato nella Tabella 5.10 e nella Figura 5.5

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	66.282	0,202	13.389
Energia elettrica	16.161	0,467	7.547

TOTALE	20.936
---------------	---------------

Figura 5.5 – 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	895	m ²
FATTORE 1	Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	964	m ²
FATTORE 1	Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate)	4.672	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 [kWh/anno]	FATTORE DI CONVERSIONE E ENERGIA PRIMARIA TOTALE	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA NON RINN. [kWh/anno]	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1 [kWh/m ²]	FATTORE 2 [kWh/m ²]	FATTORE 3 [kWh/m ³]	FATTORE 1 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 2 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 3 [Kg CO ₂ /m ³]
Gas naturale	66.282	1,05	69.596	77,8	72,2	14,9	14,96	13,89	2,87
Energia elettrica	16.161	2,42	39.110	43,7	40,6	8,4	8,43	7,83	1,62
TOTALE			108.706	121	113	23	23	22	4

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

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE [kWh/anno]	FATTORE DI CONVERSIONE E ENERGIA PRIMARIA NON RINN.	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA NON RINN. [kWh/anno]	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1 [kWh/m²]	FATTORE 2 [kWh/m²]	FATTORE 3 [kWh/m³]	FATTORE 1 [Kg CO ₂ /m²]	FATTORE 2 [Kg CO ₂ /m²]	FATTORE 3 [Kg CO ₂ /m³]
Gas naturale	66.282	1,05	69.596	77,8	72,2	14,9	14,96	13,89	2,87
Energia elettrica	16.161	1,95	31.514	35,2	32,7	6,7	8,43	7,83	1,62
TOTALE			101.110	113	105	22	23	22	4

Figura 5.6 – Indicatori di performance e relative emissioni di CO₂ valutati in funzione della superficie utile riscaldata

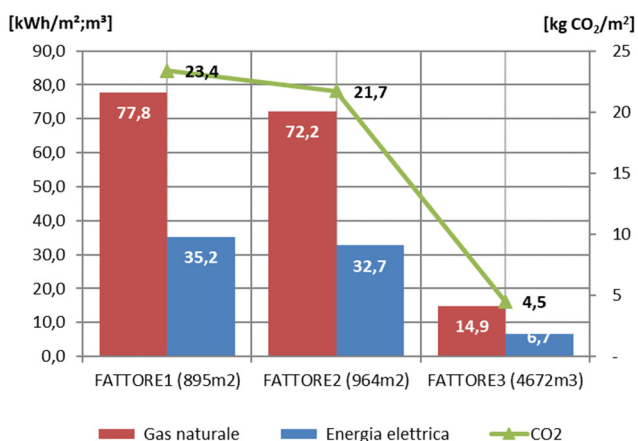
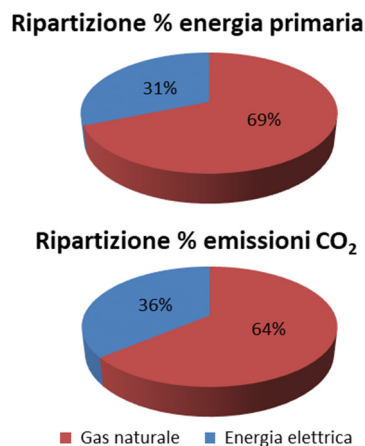


Figura 5.7 – Ripartizione % dei consumi di energia primaria e delle relative emissioni di CO₂



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	15,35	7,65	6,11	-	-	-
Energia elettrica	-	-	-	16,26	16,50	17,29

E' stato quindi possibile effettuare un raffronto con le classi di merito riportate nelle suddette Linee Guida ENEA - FIRE, ottenendo degli indici di consumo sufficienti per quanto riguarda il vettore termico (poiché viene considerata la totalità dei GG invernali e non quelli effettivi, legati al reale funzionamento dell'impianto) mentre per quello elettrico la classificazione è insufficiente.

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	191,76	183,70
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	152,2	151,66
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	14,68	11,83
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	25,08	20,21
Trasporto di persone e cose	EP _{tr}	kWh/mq anno	-	-
Emissioni equivalenti di CO2	CO _{2eq}	Kg/mq anno	38	38

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	13504	51.348,96
Energia Elettrica	15706	147.950,52

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

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

Dove:

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

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

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

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

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 gli effettivi giorni di utilizzo del fabbricato e cercando di modellare quanto più fedelmente i profili di funzionamento delle utenze elettriche e le modalità di accensione e set point dei sistemi di climatizzazione.

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	100,98	96,30
Climatizzazione invernale	EP_H	kWh/mq anno	78,87	78,87
Produzione di acqua calda sanitaria	EP_w	kWh/mq anno	14,66	11,81
Ventilazione	EP_v	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	EP_c	kWh/mq anno	-	-

Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	7,45	6,00
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	-	-
Emissioni equivalenti di CO ₂	CO _{2eq}	Kg/mq anno	20	20

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]	[kWh/anno]
Gas Naturale	6.955	65.516
Energia Elettrica		8.919

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

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

$Q_{teorico}$	$Q_{baseline}$	Congruità
[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
65.517	66.282	99

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)

$EE_{teorico}$	$EE_{baseline}$	Congruità
[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
16.646	16.161	97

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

6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

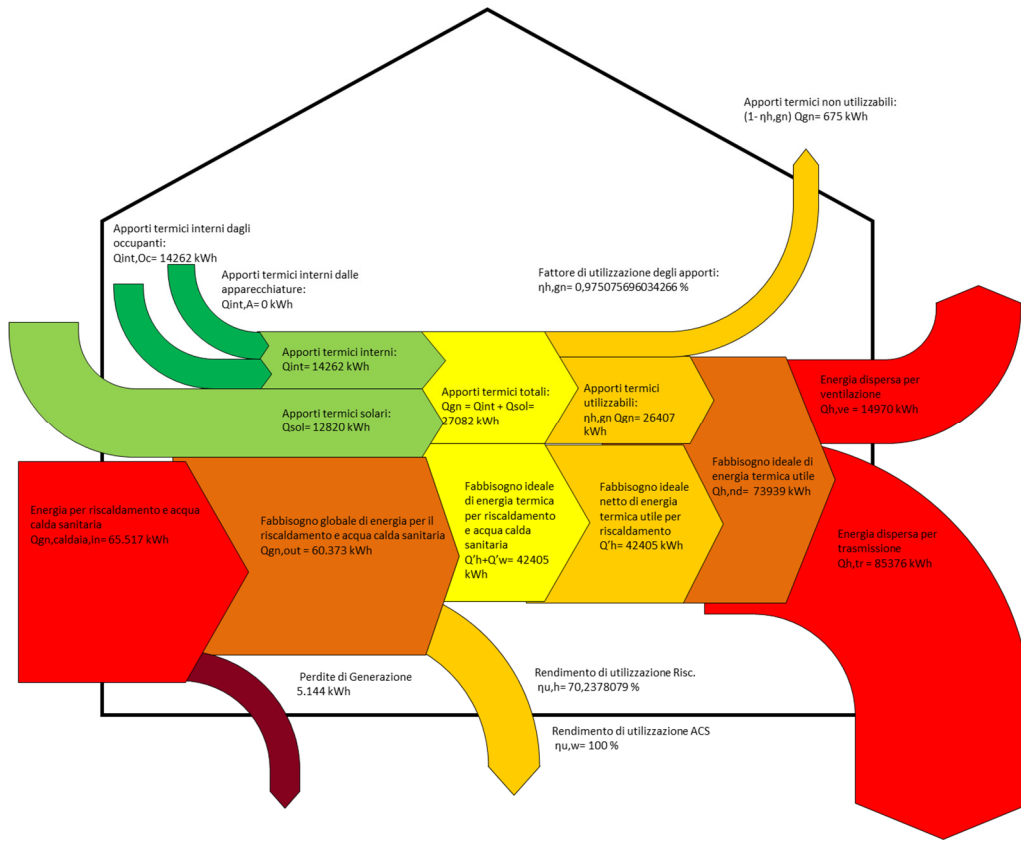
Al fine di valutare la prestazione energetica del sistema edificio-impianti si è reso necessario predisporre i risultati della modellazione energetica nella forma di un bilancio energetico che descriva l'andamento dei flussi energetici caratteristici dell'edificio in modo da valutare in maniera puntuale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

Nella redazione del modello non sono stati considerati gli apporti interni derivanti dalle apparecchiature presenti all'interno dei locali scolastici in quanto trascurabili ai fini del calcolo degli apporti interni totali.

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

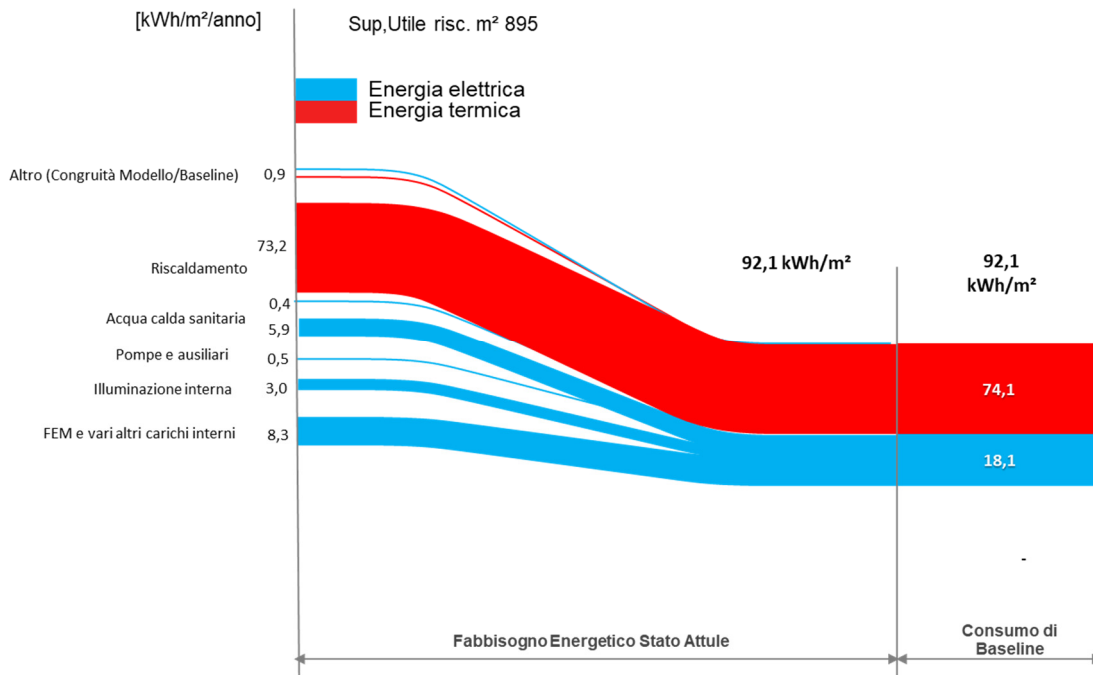
I risultati del bilancio energetico termico sono stati rappresentati nella forma di diagramma di Sankey riportato in Figura 6.1

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



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 $\text{kWh}/(\text{m}^2 \text{ anno})$, 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 alla baseline.

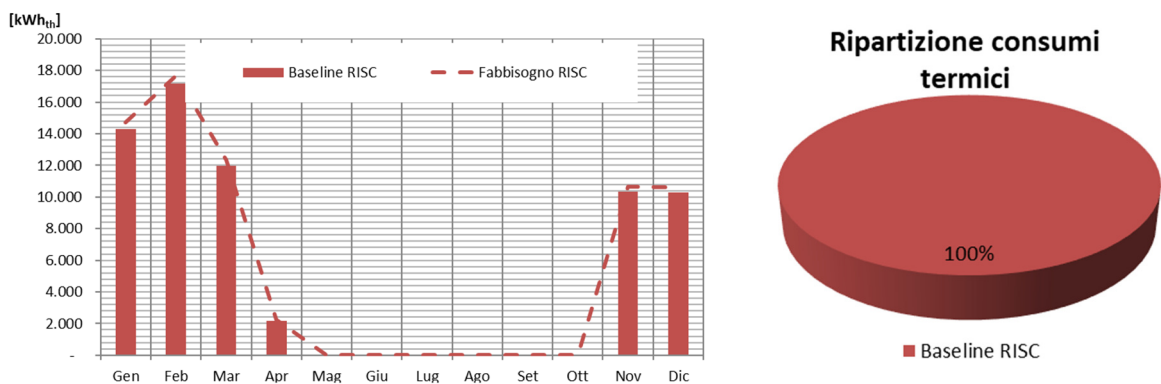
Nel caso in cui, invece i consumi teorici siano inferiori rispetto alla Baseline il termine "Altro – Congruità" rappresenta la differenza per eccesso tra i consumi specifici di Baseline ed i consumi teorici.

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



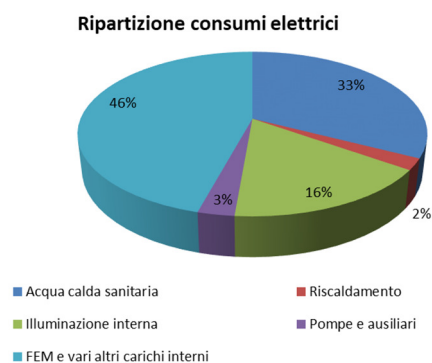
Si può notare come la maggior parte dei consumi termici sia da attribuirsi all'utilizzo per la climatizzazione dei locali, pertanto gli interventi migliorativi proposti, andranno ad interessare principalmente tali componenti.

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 alla forza motrice utilizzata per le utenze della mensa e successivamente per l'illuminazione.

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.

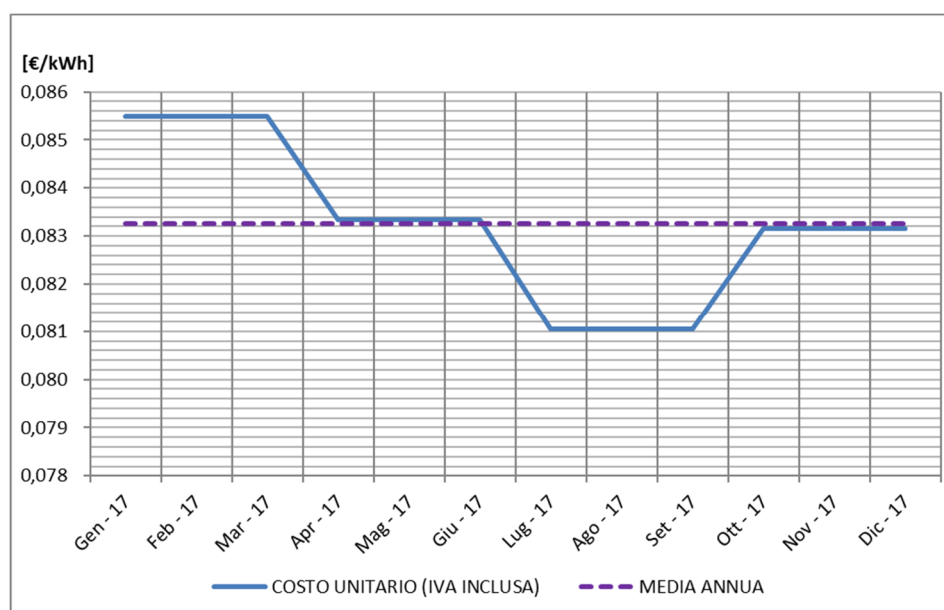
7.1.1 Vettore termico

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

- PDR – 16220050525735: 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 ;

Per le forniture di gas metano gestite tramite il Contratto di Servizio Energia SIE3, non essendo disponibile la fatturazione, è stato considerato il costo unitario del vettore termico definito dall' ARERA per le mensilità dell'anno 2017 per cui è stato possibile ricavare i costi unitari forniti.

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



7.1.2 Vettore elettrico

La fornitura del vettore elettrico avviene tramite un unico POD presente all'interno dell'edificio, POD – IT001E00096120 contratto di fornitura del vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. È stato quindi possibile effettuare un'analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura.

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

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

POD: IT001E00096120	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura			

E1053 - Scuola Elementare "Sbarbaro" E Materna Comunale "Dufour"

Dati di intestazione fattura	Comune di Genova. Patrimonio, demanio e sport. Via Francia n.1		
Società di fornitura	Edison Energia SpA	Gala SpA	IREN Mercato SpA
Inizio periodo fornitura	01/2014	04/2015	04/2016
Fine periodo fornitura	03/2015	03/2016	In essere
Potenza elettrica impegnata	Non disponibile		
Potenza elettrica disponibile	16,5kW		
Tipologia di contratto	Fornitura BT		
Opzione tariffaria ⁽⁸⁾	Contatore orario		
Prezzi del fornitura dell'energia elettrica ⁽⁹⁾	0,073€/kWh	0,047€/kWh	0,049€/kWh

Nota (8) per fatturazioni non mensili la spesa economica mensile andrà calcolata suddividendo percentualmente la spesa aggregata in base ai valori di consumo energetico mensile.

Nota (9): con prezzo di fornitura s'intende soltanto la quota variabile del servizio di acquisto e vendita, sono escluse le imposte, i corrispettivi per il dispacciamento e lo sbilanciamento, per l'uso della rete, e il servizio di misura e ogni altra voce.

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

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

POD: IT001E00096113	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	44	12	18	47	27	148	2.044	0,072
Feb - 14	40	11	16	43	24	134	1.817	0,074
Mar - 14	41	11	17	44	25	138	1.852	0,074
Apr - 14	34	-	-	-	-	34	1.527	0,022
Mag - 14	34	9	13	36	20	112	1.531	0,073
Giu - 14	21	6	9	23	13	71	997	0,072
Lug - 14	12	3	5	13	7	40	573	0,071
Ago - 14	10	3	4	11	6	34	526	0,065
Set - 14	24	7	10	26	15	81	1.116	0,073
Ott - 14	31	8	12	33	19	104	1.390	0,075
Nov - 14	25	7	10	26	15	83	1.107	0,075
Dic - 14	27	7	11	29	16	89	1.274	0,070
Totale	344	83	124	331	187	1.069	15.754	0,068
POD: IT001E00096113	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 15	27	7	11	29	16	91	1.352	0,067
Feb - 15	37	10	15	40	22	124	1.884	0,066
Mar - 15	37	10	15	40	22	124	1.970	0,063
Apr - 15	15	4	6	16	9	50	837	0,059
Mag - 15	20	5	8	22	12	68	1.635	0,042
Giu - 15	14	4	6	15	8	46	1.127	0,041
Lug - 15	9	2	3	9	5	29	692	0,042

E1053 - Scuola Elementare "Sbarbaro" E Materna Comunale "Dufour"

Ago - 15	8	2	3	9	5	27	660	0,041
Set - 15	13	3	5	14	8	43	1.196	0,036
Ott - 15	17	4	7	18	10	55	1.661	0,033
Nov - 15	16	4	6	17	10	54	1.650	0,033
Dic - 15	17	5	7	19	10	58	1.705	0,034
Totale	231	62	92	246	139	770	16.369	0,047
POD: IT001E00096113	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 16	17	5	7	18	10	58	1.841	0,031
Feb - 16	16	4	6	17	10	54	1.913	0,028
Mar - 16	19	5	8	21	12	64	1.768	0,036
Apr - 16	25	7	10	27	15	84	1.532	0,055
Mag - 16	24	6	10	26	14	80	1.448	0,055
Giu - 16	18	5	7	19	11	59	1.008	0,059
Lug - 16	12	3	5	13	7	41	592	0,069
Ago - 16	10	3	4	11	6	35	553	0,063
Set - 16	10	3	4	11	6	33	989	0,034
Ott - 16	33	9	13	36	20	112	1.410	0,079
Nov - 16	17	4	7	18	10	56	1.659	0,034
Dic - 16	41	11	16	43	24	135	1.647	0,082
Totale	243	65	97	259	146	810	16.360	0,050

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

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

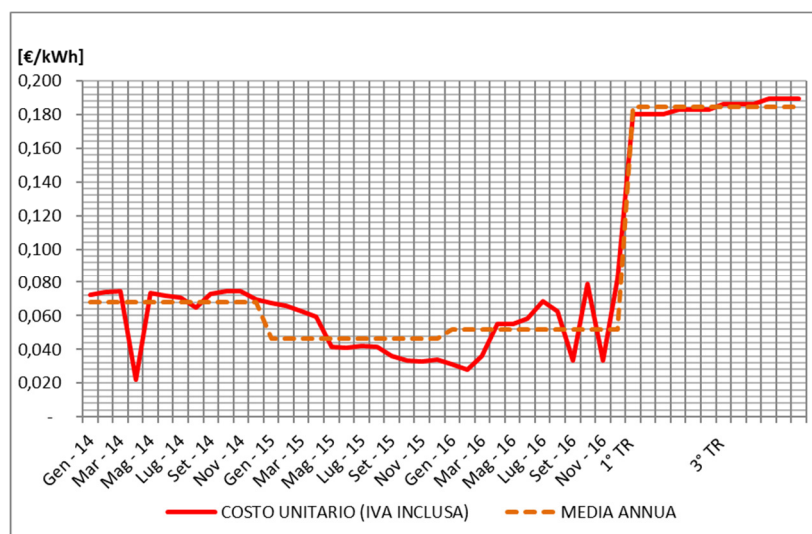
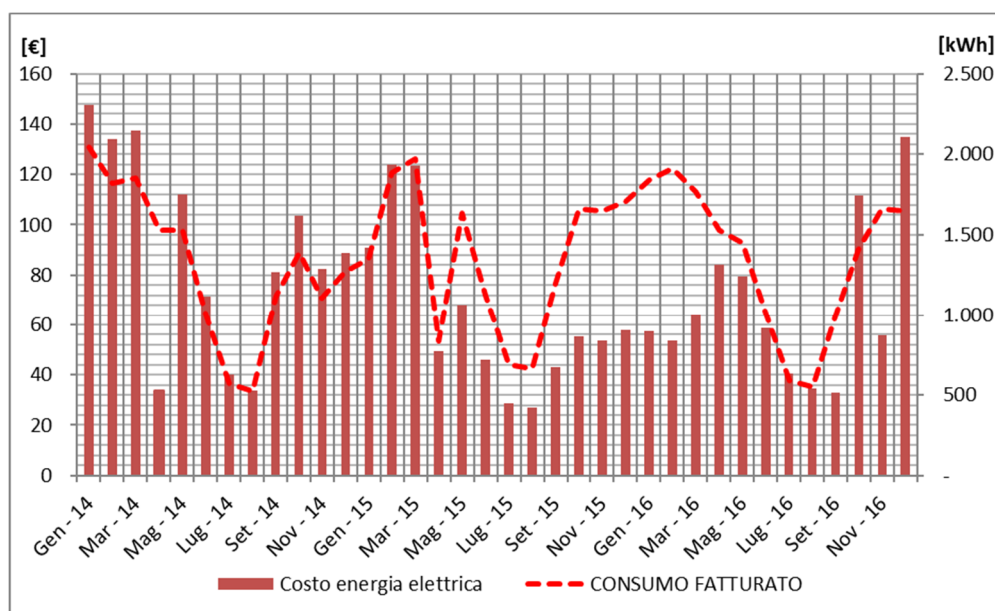


Figura 7.3 – Andamento dei consumi e dei costi dell'energia elettrica



Dall'analisi effettuata risulta evidente che l'andamento dei costi è variabile, in particolare tra le annualità 2014 ed il biennio 2015-2016; per il 2017 invece, avendo adottato prezzi unitari relativi al mercato tutelato (se pur corretto del 5%), il costo unitario aumenta notevolmente rispetto all'anno precedente.

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

Tabella 7.3 – Sintesi dei consumi nel triennio di riferimento

ANNO	VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			TOTALE
	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[€]
2014	Altro combustibile	Non disponibile	-	83.868	6.335	0,076	Non disponibile
2015	200625	Non disponibile	-	85.102	3.965	0,047	Non disponibile
2016	154978	Non disponibile	-	89.159	5.255	0,059	Non disponibile
2017	-	-	0,085	-	-	0,184	Non disponibile

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

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

Definizione	Valore	U.M.
Costo unitario dell'energia termica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	C _{UQ} 0,085 [€/kWh]
Costo unitario dell'energia elettrica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	C _{UEE} 0,184 [€/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:

- L1-042-086

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 12.776 €.

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

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

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

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

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

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

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo per la gestione e manutenzione ordinaria	Corrispettivo annuale relativo al contratto O&M in essere	C_{MO} 5.659	[€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Media relativa a gli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici	C_{MS} 1.504	[€/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:

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

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

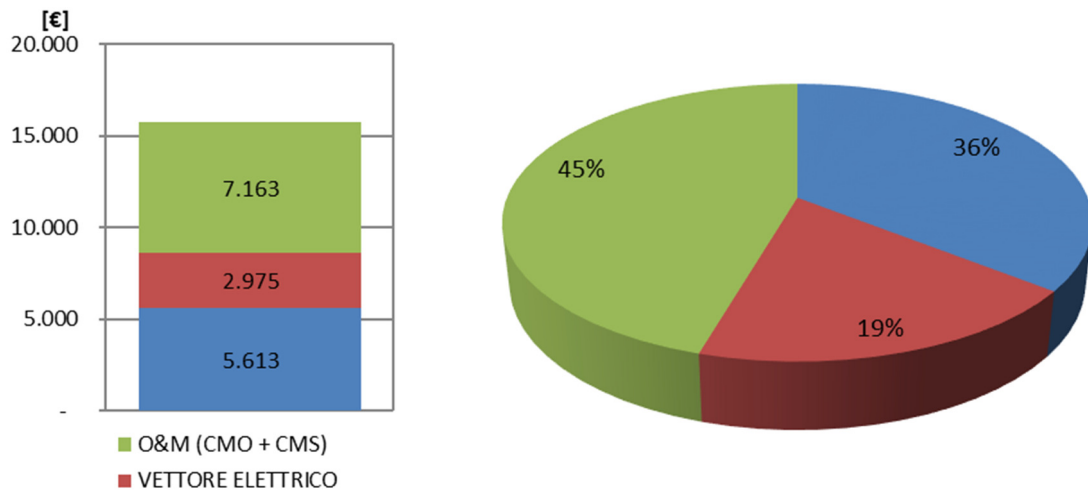
$$C_{baseline} = C_E + C_{MO} + C_{MS}$$

Ne risulta quindi un C_E pari a 8.588 € e un $C_{baseline}$ pari a 15.751 €.

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

VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)			TOTALE
$Q_{baseline}$	C_{UQ}	C_Q	$EE_{baseline}$	C_{UEE}	C_{EE}	C_M	C_{MO}	C_{MS}	$CQ+CEE+CM$
[kWh]	[€/kWh]	[€]	[kWh]	[€/kWh]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
66.282	0,085	5.613	16.161	0,184	2.975	7.163	5.659	1.504	15.751

Figura 7.4 – Baseline dei costi e loro ripartizione



8 IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA

8.1 DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI

8.1.1 Involucro edilizio

EEM1: Sostituzione Serramenti

Generalità

Uno degli interventi proposti vede la sostituzione dei serramenti, ormai obsoleti, rilevati in fase di sopralluogo.

Si propone la rimozione dei serramenti vetro singolo e telaio in legno tenero con elementi in PVC con vetrocamera e telaio a taglio termico. Le prestazioni termiche del componente saranno rispondenti a quanto previsto dalla normativa vigente per le nuove costruzioni, così che l'intervento possa anche beneficiare del contributo del Conto Termico.

Figura 8.1 – Particolare dei serramenti esistenti



Descrizione dei lavori

Rimozione infissi per la successiva posa in opera di serramenti in PVC.

La rimozione degli infissi esistenti avviene manualmente, attraverso il sollevamento degli stessi verso l'alto ed il loro spostamento all'interno dell'ambiente. Viene rimossa poi la ferramenta esistente (cerniere, maniglie) con l'ausilio di attrezzature elettriche portatili (avvitatori elettrici). Vengono quindi ripuliti i telai fissi in legno da eventuali chiodi, vecchie pitture e stuccature con attrezzature manuali ed elettriche portatili e, a copertura degli stessi, vengono posti in opera manualmente mediante sigillatura siliconica gli imbotti di PVC. I telai mobili, analogamente alla struttura fissa, vengono sollevati ed alloggiati in opera nelle relative cerniere con utensili manuali. Si posiziona quindi il vetro che viene movimentato a mano ed infilato nell'apposito alloggiamento, parte integrante dell'infisso, bloccato tramite staffetta fermavetro e sigillato internamente tramite silicone.

Prestazioni raggiungibili

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

Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM1 – Sostituzione serramenti

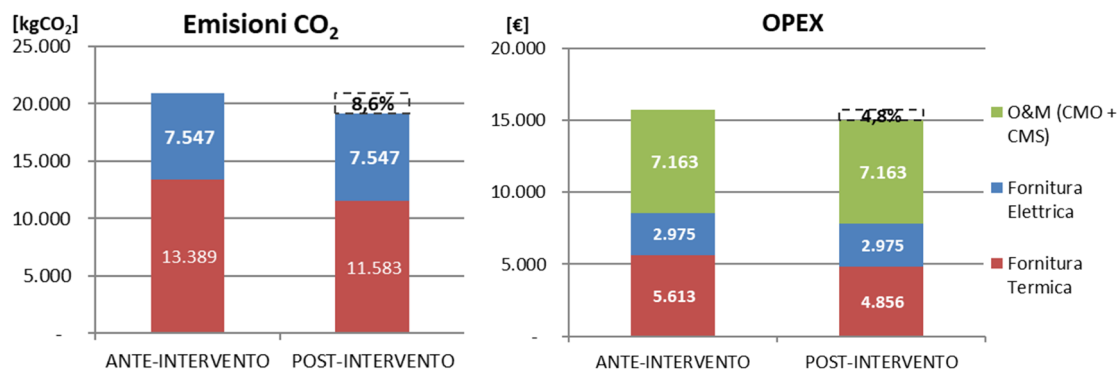
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM1 [Parametro caratteristico dell'intervento]	[W/m²K]	4	1,2	70,0%
Q_{teorico}	[kWh]	65.517	56.681	13,5%
EE_{teorico}	[kWh]	16.646	16.646	0,0%
Q_{baseline}	[kWh]	66.282	57.343	13,5%
EE_{baseline}	[kWh]	16.161	16.161	0,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO₂]	13.389	11.583	13,5%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO₂]	7.547	7.547	0,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	20.936	19.130	8,6%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	5.613	4.856	13,5%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	2.975	2.975	0,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	8.588	7.831	8,8%
C_{MO}	[€]	5.659	5.659	0,0%

C_{MS}	[€]	1.504	1.504	0,0%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	7.163	7.163	0,0%
OPEX	[€]	15.751	14.994	4,8%
Classe energetica		G	G	-

Nota (10) 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: 0,085 [€/kWh] per il vettore termico e 0,184 [€/kWh] per il vettore elettrico

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



EEM4: Controparete isolata

Generalità

Una opzione valutata per l'isolamento delle murature esterne è l'applicazione di uno strato isolante internamente in ambiente. Questa soluzione è meno efficace rispetto all'isolamento esterno a cappotto ed inoltre riduce la superficie utile interna delle aule è però quella che consente un miglioramento delle performance termiche con costi più contenuti.

Caratteristiche funzionali e tecniche

Se il pannello viene applicato all'interno dell'ambiente, questo potrà essere riscaldato molto velocemente, ma non verrà sfruttato il volano termico della parete per cui il raffreddamento sarà altrettanto rapido. Questa soluzione può essere quindi consigliata in ambienti non occupati con continuità. I pannelli possono essere installati con controparete a struttura metallica o ad incollaggio.

Descrizione dei lavori

Per il caso in esame si propone l'installazione con contropareti a struttura metallica; si inizia col il tracciamento e la posa dell'orditura dei profili metallici

Determinato lo spessore finale della parete, tracciare la posizione della guida a pavimento e poi riportarla, con filo a piombo o laser, sul soffitto per posizionare la guida superiore; fissare le guide inferiore e superiore con fissaggi ad interasse massimo di 50 cm. Una volta fissate le guide a "U", si passa al posizionamento dei montanti. Sull'anima dei montanti sono presenti asole per il passaggio di canalizzazioni impiantistiche, queste si fanno sempre corrispondere con la parte bassa della controparete per agevolare il passaggio dei cavi. Dopo la posa delle orditure metalliche, occorre inserire le reti impiantistiche ed in seguito il materassino di isolante (solitamente materiali fibrosi tipo lana di vetro o di roccia) tra i montanti.

Le orditure metalliche si rivestiranno poi con lastre di misura pari all'altezza del locale meno 1 cm e sono disposte verticalmente: il lato di maggior sviluppo è lungo la verticale. Si procederà poi con la stuccatura che avviene in tre mani: una prima mano di riempimento (che nella stuccatura con la carta è preceduta da una mano leggera per attaccare il nastro) e due mani successive di finitura e lisciatura del giunto.

Trascorse almeno 24 ore dalla 3^a mano di stuccatura, in condizioni di temperatura e umidità normali (20 °C e 60% U.R.), ovvero a completa essiccazione dello stucco, le superfici sono pronte per ricevere la decorazione finale. Affinché le lastre siano un supporto adatto ai rivestimenti, è necessario che la superficie sia esente da polveri, tracce di grassi o qualsiasi altro elemento estraneo che possa impedire la normale finitura.

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM4 sono riportati nella Tabella 8.2 e nella Figura 8.3.

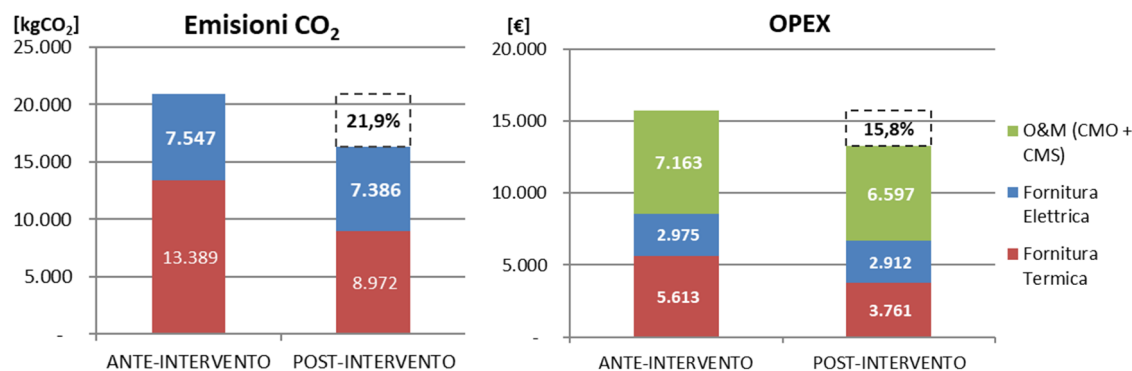
Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM4 – controparete isolata

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM1 [Parametro caratteristico dell'intervento]	[W/m²K]	1,2	0,23	80,8%
Q_{teorico}	[kWh]	65.517	43.903	33,0%
EE_{teorico}	[kWh]	16.646	16.291	2,1%
Q_{baseline}	[kWh]	66.282	44.416	33,0%
EE_{baseline}	[kWh]	16.161	15.816	2,1%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO₂]	13.389	8.972	33,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO₂]	7.547	7.386	2,1%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	20.936	16.358	21,9%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	5.613	3.761	33,0%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	2.975	2.912	2,1%
Fornitura Energia, C_E	[€]	8.588	6.673	22,3%
C_{MO}	[€]	5.659	5.093	10,0%
C_{MS}	[€]	1.504	1.504	0,0%
O&M (C_{MO} + C_{MS})	[€]	7.163	6.597	7,9%
OPEX	[€]	15.751	13.270	15,8%
Classe energetica		G	F	+1 classe

Nota (11) 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: 0,085 [€/kWh] per il vettore termico e 0,184 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 8.3 – EEM4: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



8.1.2 Impianto riscaldamento

EEM2: Sostituzione generatore di calore ed installazione Termovalvole

Generalità

Uno degli interventi proposti vede la sostituzione del generatore di calore, ormai vetusto, con una caldaia a condensazione e la contestuale installazione di valvole termostatiche sui corpi scaldanti presenti all'interno dell'edificio.

L'intervento ha la finalità di ridurre il fabbisogno energetico del fabbricato e di rendere maggiormente confortevoli gli ambienti interni del fabbricato, dando la possibilità agli occupanti di definire il livello di temperatura interna desiderato evitando così situazioni di sovrariscaldamento o di scarso comfort termico che spesso si è rilevato durante le attività di sopralluogo.

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM2 sono riportati nella Tabella 8.3 e nella Figura 8.4. Oltre ai risparmi riconducibili alla riduzione del consumo energetico è stata considerata una riduzione relativa ai costi manutentivi ad ora sostenuti dalla PA, questo perché la presenza di un nuovo generatore di calore più performante e la gestione autonoma, da parte degli occupanti, delle condizioni di comfort interno riduce l'intervento straordinario della ditta manutentiva per cambiare le condizioni di settaggio dell'impianto.

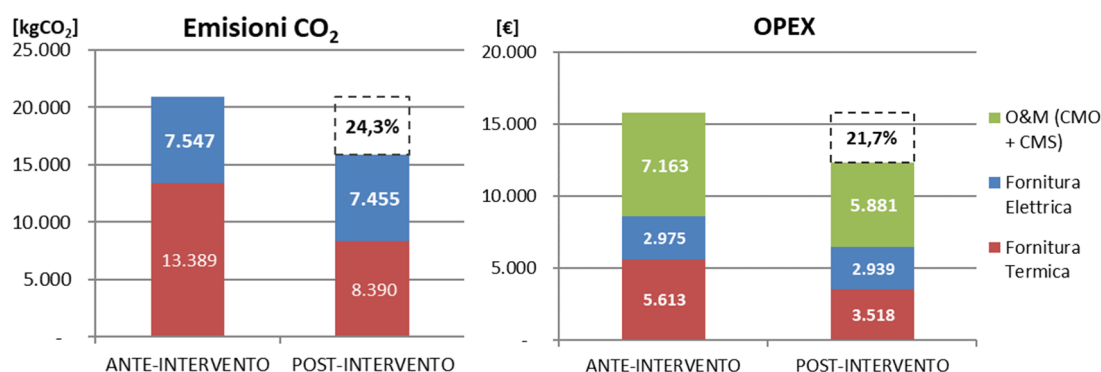
Tabella 8.3 – Risultati analisi EEM2 – Installazione termovalvole

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Rendimento impianto riscaldamento	%	105%	166,70%	-58,8%
Q_{teorico}	[kWh]	65.517	41.056	37,3%
EE_{teorico}	[kWh]	16.646	16.442	1,2%
Q_{baseline}	[kWh]	66.282	41.535	37,3%
EE_{baseline}	[kWh]	16.161	15.963	1,2%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	13.389	8.390	37,3%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	7.547	7.455	1,2%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO ₂]	20.936	15.845	24,3%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	5.613	3.518	37,3%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	2.975	2.939	1,2%
Fornitura Energia, C_E	[€]	8.588	6.456	24,8%
C_{MO}	[€]	5.659	4.527	20,0%
C_{MS}	[€]	1.504	1.354	10,0%
O&M (C_{MO} + C_{MS})	[€]	7.163	5.881	17,9%
OPEX	[€]	15.751	12.337	21,7%
Classe energetica		G	F	+1 classi

Nota (12) 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: 0,085 [€/kWh] per il vettore termico e 0,184 [€/kWh] per il vettore elettrico

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



8.1.3 Impianto di illuminazione ed impianto elettrico

EEM3: Sostituzione Corpi illuminanti

Generalità

Durante le attività di sopralluogo svolte sono stati rilevati tutti i corpi di illuminazione presenti nell'edificio, per la quasi totalità di tipo fluorescente. Si propone dunque la sostituzione degli elementi con profili di utilizzo prolungati con soluzioni a LED, così da limitare il consumo di energia elettrica del fabbricato.

Caratteristiche funzionali e tecniche

L'intervento riguarda in particolare le aule e gli spazi comuni dell'edificio, come atri e corridoi, caratterizzati da profili di accensione degli apparecchi più prolungati rispetto ad altre zone funzionali, dove si prevede la sostituzione delle lampade esistenti con lampade ad alta efficienza; una maggiore efficienza implica, a parità di lumen, una minore potenza e una riduzione del calore emesso in ambiente.

È consigliabile prevedere un progetto illuminotecnico degli spazi, in modo da comprendere come possa essere gestita l'illuminazione in termini di comfort. Allo stato attuale verrà proposta una sostituzione 1:1 degli elementi presenti.

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM3 sono riportati nella Tabella 8.4 e nella Figura 8.5. Oltre alla riduzione dei consumi energetici si è considerata una riduzione dei costi legati alla manutenzione ordinaria, questo perché la vita utile dei corpi illuminanti LED è più elevata rispetto a quella delle lampade fluorescenti, per cui la loro sostituzione avverrà meno frequentemente.

Tabella 8.4 – Risultati analisi EEM3 – Sostituzione corpi illuminanti

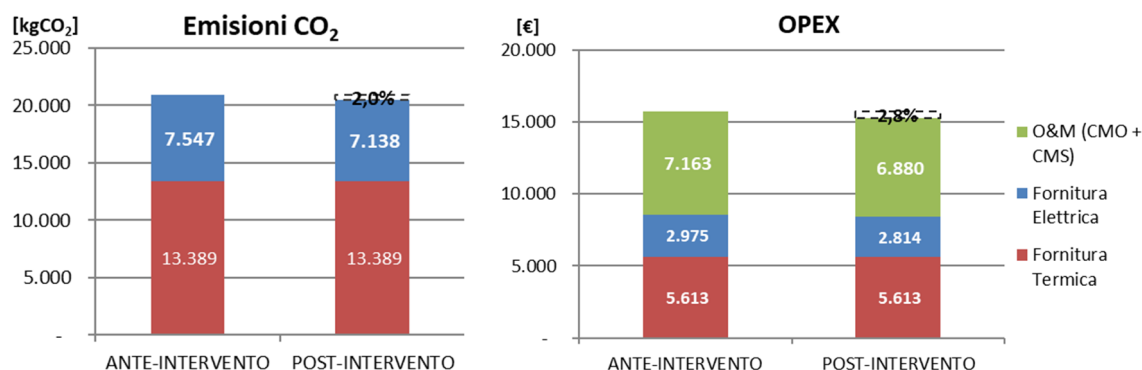
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM3 – potenza installata	[W]	72	36	50,0%
Q_{teorico}	[kWh]	65.517	65.517	0,0%
EE_{teorico}	[kWh]	16.646	15.744	5,4%
Q_{baseline}	[kWh]	66.282	66.282	0,0%
EE_{baseline}	[kWh]	16.161	15.285	5,4%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	13.389	13.389	0,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	7.547	7.138	5,4%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	20.936	20.527	2,0%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	5.613	5.613	0,0%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	2.975	2.814	5,4%
Fornitura Energia, C_E	[€]	8.588	8.427	1,9%

C_{MO}	[€]	5.659	5.376	5,0%
C_{MS}	[€]	1.504	1.504	0,0%
O&M (C_{MO} + C_{MS})	[€]	7.163	6.880	4,0%
OPEX	[€]	15.751	15.307	2,8%
Classe energetica		G	G	- Classi

Nota (13) 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: 0,085 [€/kWh] per il vettore termico e 0,184 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 8.5 – EEM3: 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: Sostituzione serramenti

Nella Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 1, che consiste nella sostituzione dei serramenti esistenti.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, (intervento 1.B - art. 4, comma 1, lettera b), i quali possono essere quantificati come descritto nel paragrafo 9.3.2.

La scelta di ricorrere al prezzario DEI piuttosto che al Prezzario Regione Liguria è stata quindi dettata dall'esigenza di prevedere delle soluzioni tecnologiche che, per le caratteristiche prestazionali offerte, consentissero l'accesso a forme incentivanti quali il "Conto Termico".

Tabella 9.1 – Analisi dei costi della EEM1 – Sostituzione serramenti

CODICE	DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
25.A05.F10.020	Rimozione senza recupero di serramenti, in legno o metallo compresa rimozione telaio a murare, per misurazione minima 2 m ²	Prezzario Regione Liguria	83,3	m2	€ 30,11	€ 27,37	€ 2.279,87	22%	€ 2.781,45
205071d	Serramento realizzato con profili estrusi di pvc prodotti secondo la norma DIN 7748, esenti da cadmio, autoestinguenti, classe 1 di reazione al fuoco, a 5 camere rinforzati con profili in acciaio zincato spessore 15/10, guarnizioni in TPE coestruse e saldate negli angoli, completo di	Prezzario DEI	47	cad	€ 520,00	€ 472,73	€ 22.218,18	22%	€ 27.106,18

controtelaio, esclusa la posa dello stesso, compresi maniglie, cerniere, meccanismi di manovra, dispositivi di sicurezza contro le false manovre e quant'altro necessario per il funzionamento e vetrocamera con canalina a bordo caldo, permeabilità all'aria classe 4 secondo la norma UNI EN 12207, tenuta all'acqua classe E 750 secondo la norma UNI 12208, resistenza al vento C3/B3 secondo la norma UNI 12210: vetrocamera 33.1-16-33.1 bassoemissivo con gas argon, $U_w = 1,2 \text{ W/mqK}$, $U_g = 1,1 \text{ W/mqK}$, $U_f = 1,2 \text{ W/mqK}$, $R_w = 35 \text{ dB}$: portafinestra a 2 ante, a telaio fisso, 120 x 240 cm (2,88 mq)

PR.A23.B10.020	Controtelaio per finestre, portefinestre e simili, in legno.	Prezziario Regione Liguria	36,5	m	€ 7,59	€ 6,90	€ 251,89	22%	€ 307,30
25.A15.C10.020	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	12,4935	m3	€ 11,77	€ 10,70	€ 133,68	22%	€ 163,09
25.A80.A30.010	Solo posa in opera di finestra o portafinestrain alluminio, PVC, legno, acciaio esclusa la fornitura e posa di controtelaio in acciaio.	Prezziario Regione Liguria	83,29	mq	€ 48,53	€ 44,12	€ 3.674,60	22%	€ 4.483,02
	Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 856,75	22%	€ 1.045,23
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 1.999,08	22%	€ 2.438,87
TOTALE (I₀ – EEM1)							€ 31.414	22%	€ 38.325
Incentivi		[Conto termico]				€ 14.992,20			
Durata incentivi						5			
Incentivo annuo						€ 2.998,44			

Il contributo dato dall'incentivo "Conto Termico" è stato calcolato considerando la seguente relazione

$$I_{tot} = \%_{spesa} \cdot C \cdot S_{int}$$

Dove si si è indicato con:

- I_{tot} : incentivo totale dell'intervento cumulato per l'intera durata, che verrà ripartito e corrisposto in 5 rate annuali costanti, oppure, in un'unica soluzione per gli aventi diritto (le PAe le ESCo che operano per loro conto, ad esclusione delle Cooperative di abitanti e delle Cooperative sociali).
- I_{max} : valore massimo raggiungibile dall'incentivo totale (tabella 5 del Decreto)
- $\%_{spesa}$: percentuale incentivata della spesa totale sostenuta per l'intervento (tabella 5 del Decreto)
- S_{int} : superficie oggetto dell'intervento (m2) – pari a circa **83mq**
- $C = \frac{\text{spesa sostenuta in €}}{\text{superficie oggetto di intervento}}$ costo specifico sostenuto – pari a circa **460 €/mq**
- C_{max} è il valore massimo di C ed è definito dalla tabella 5 del Decreto.

[Tabella 5 – Allegato II - DM 16.02.16]			
Tipologia di intervento	Percentuale incentivata della spesa ammissibile (% _{spesa})	Costo massimo (C _{max})	Valore massimo dell'incentivo I _{max} [€]
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, C	75.000
	40 (**)	450 €/m ² per le zone climatiche D, E, F	100.000

EEM4: Controparete isolata

Nella Tabella 9.2 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 4, che consiste nella realizzazione di una controparete isolata.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, (intervento 1.A - art. 4, comma 1, lettera a), i quali possono essere quantificati come di seguito descritto:

Tabella 9.2 – Analisi dei costi della EEM4– Sostituzione serramenti

Codice	DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
25.A90.B05.020	Raschiatura totale di vecchie pitture in fase di distacco o non idonee per le successive lavorazioni, compresa spazzolatura finale. Per tinte a calce, lavabili, tempera, idrosmalti.	Prezzario Regione Liguria	1014	mq	€ 3,41	€ 3,10	€ 3.144,60	22%	€ 3.836,41
20.A58.B20.010	Parete costituita da lastre di calcio silicato, ancorata a struttura metallica, con interposto materassino di lana di roccia. Resistenza al fuoco minima	Prezzario Regione Liguria	1014	mq	€ 125,21	€ 113,83	€ 115.464,91	22%	€ 140.867,18
	Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 1.196,98	22%	€ 1.460,31
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 8.302,67	22%	€ 10.129,25
TOTALE (I₀ – EEM1)							€ 128.109	22%	€ 156.293
Incentivi [Conto termico]									€ 32.460,38
Durata incentivi									5
Incentivo annuo									€ 6.492,08

Il contributo dato dall'incentivo "Conto Termico" è stato calcolato considerando la seguente relazione

$$I_{tot} = \%_{spesa} \cdot C \cdot S_{int}$$

Dove si si è indicato con:

- I_{tot}: incentivo totale dell'intervento cumulato per l'intera durata, che verrà ripartito e corrisposto in 5 rate annuali costanti, oppure, in un'unica soluzione per gli aventi diritto (le PAe le ESCo che operano per loro conto, ad esclusione delle Cooperative di abitanti e delle Cooperative sociali).
- I_{max}: valore massimo raggiungibile dall'incentivo totale (tabella 5 del Decreto)
- %_{spesa}: percentuale incentivata della spesa totale sostenuta per l'intervento (tabella 5 del Decreto)
- S_{int}: superficie oggetto dell'intervento (m2) – pari a circa **1.000mq**

- $C = \frac{\text{spesa sostenuta in } \text{€}}{\text{superficie oggetto di intervento}}$ costo specifico sostenuto – pari a circa **460 €/mq**
- C_{max} è il valore massimo di C ed è definito dalla tabella 5 del Decreto.

[Tabella 5 – Allegato II - DM 16.02.16]				
Tipologia di intervento	Percentuale incentivata della spesa ammissibile (% _{spesa})	Costo massimo ammissibile (C _{max})	Valore massimo dell'incentivo (I _{max}) [€]	
i. Strutture opache orizzontali¹³: isolamento coperture				
Esterno	40 (*) (**)	200 €/m ²	(i+ii+iii) ≤ 400.000	
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		

EEM2: Sostituzione generatore di calore ed installazione Termovalvole

Nella Tabella 9.3 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 2, che consiste nella sostituzione dell'attuale generatore di calore e nell'installazione di termovalvole sui radiatori esistenti.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, intervento 1 (intervento 1.C - Art. 4, comma 1, lettera c).

Tabella 9.3 – Analisi dei costi della EEM2 – Installazione termovalvole

CODICE	DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
PR.C76.B10.005	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: 590 Kw circa	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 7.969,50	€ 7.245,00	€ 7.245,00	22%	€ 8.838,90
PR.C84.C05.505	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	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 179,63	€ 163,30	€ 163,30	22%	€ 199,23

tenuta Coppa di scarico
condensa Ø 250 mm

40.C10.B10.120	Sola posa in opera di bruciatore per caldaie, compresi la lavorazione della piastra di collegamento alla caldaia, la sola posa della rampa gas e del dispositivo di controllo tenuta valvola, i collegamenti elettrici, i collegamenti alla tubazione del combustibile a metano o gasolio: per generatori di calore da 101 Kw a 350 Kw	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 392,78	€ 357,07	€ 357,07	22%	€ 435,63
PR.C76.A30.020	Accessori per caldaie a condensazione: Tubi Ø 80mm della lunghezza 1 m	Prezzario Regione Liguria	20	cad	€ 21,13	€19,21	€ 384,18	22%	€ 468,70
PR.C76.A30.015	Accessori per caldaie a condensazione: Kit scarichi separati per tubi Ø 80mm	Prezzario Regione Liguria	5	cad	€ 28,46	€ 25,87	€ 129,36	22%	€ 157,82
40.F10.H10.030	Sola posa in opera di accessori per impianti di termoregolazione compresi collegamenti elettrici: sonde in genere	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 120,60	€ 109,64	€ 109,64	22%	€ 133,76
40.F10.H10.040	Sola posa in opera di accessori per impianti di termoregolazione compresi collegamenti elettrici: interruttore orologio da inserire in quadro elettrico	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 29,71	€ 27,01	€ 27,01	22%	€ 32,95
PR.C74.C10.010	Interruttore orario digitale modulare per la programmazione settimanale a due canali	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 146,74	€ 133,40	€ 133,40	22%	€ 162,75
PR.C74.E05.030	Sonde di temperatura e umidità: sola temperatura, per impianti civili e industriali per esterno	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 76,47	€ 69,52	€ 69,52	22%	€ 84,81
RU.M01.A01.030	Opere edili Operaio Qualificato	Prezzario Regione Liguria	15	h	€ 34,41	€ 31,28	€ 469,23	22%	€ 572,46
RU.M01.E01.020	Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezzario Regione Liguria	40	h	€ 31,88	€ 28,98	€ 1.159,27	22%	€ 1.414,31
20.A15.B10.015	Trasporto a discarica 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 discarica 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	100	m³km	€ 4,72	€ 4,29	€ 429,09	22%	€ 523,49
PR.C17.A15.010	Valvole micrometriche a squadra complete di testa termostatica con elemento sensibile a gas: Ø 15 mm	Prezzario Regione Liguria	20	cad	€ 35,42	€ 32,20	€ 644,00	22%	€ 785,68
PR.C47.H10.145	Circolatori per impianti di riscaldamento e condizionamento a velocità variabile, regolate	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 4.587,21	€ 4.170,19	€ 4.170,19	22%	€ 5.087,63

	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 m³/h								
40.E10.A10.040	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	1	cad	€97,34	€ 88,49	€ 88,49	22%	€ 107,96
PR.E40.B05.210	Interruttore automatico magnetotermico con potere di interruzione 4,5KA bipolare fino a 32 A - 230 V	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 22,69	€ 20,63	€ 20,63	22%	€ 25,17
RU.M01.E01.020	Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezzario Regione Liguria	10	h	€ 31,88	€ 28,98	€ 280,16	22%	€ 341,79
	Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 476,39	22%	€ 581,19
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 1.111,57	22%	€ 1.356,11
TOTALE (I₀ - EEM1)							€ 17.467	22%	€ 21.310
	Incentivi	Conto termico							€ 5.876
	Durata incentivi								5
	Incentivo annuo								€ 1.175

Il contributo dato dall'incentivo "Conto Termico" è stato calcolato considerando la seguente relazione

$$I_{tot} = \%_{spesa} \cdot C \cdot P_{n\ int}$$

Dove si si è indicato con:

- I_{tot} : incentivo totale dell'intervento cumulato per l'intera durata, che verrà ripartito e corrisposto in 5 rate annuali costanti, oppure, in un'unica soluzione per gli aventi diritto (le PAe le ESCo che operano per loro conto, ad esclusione delle Cooperative di abitanti e delle Cooperative sociali).
- I_{max} : valore massimo raggiungibile dall'incentivo totale (tabella 5 del Decreto)
- $\%_{spesa}$: percentuale incentivata della spesa totale sostenuta per l'intervento (tabella 5 del Decreto)
- $P_{n\ int}$: somma delle potenze termiche del focolare dei generatori di calore installati, da intendersi riferita al potere calorifico inferiore, espressa in kW – pari a circa **115kW**
- $C = \frac{spesa\ sostenuta\ in\ €}{superficie\ oggetto\ di\ intervento}$ costo specifico sostenuto – pari a **189€/kW**
- C_{max} è il valore massimo di C ed è definito dalla tabella 5 del Decreto.

[Tabella 5 – Allegato II - DM 16.02.16]			
Tipologia di intervento	Percentuale incentivata della spesa ammissibile (% _{spesa})	Costo massimo ammissibile C _{max}	Valore massimo dell'incentivo I _{max} [€]
Generatori di calore a condensazione con P _{n.int} ≤ 35 kW _t	40 (**)	160 €/kW _t	3.000
Generatori di calore a condensazione con P _{n.int} > 35 kW _t	40 (**)	130 €/kW _t	40.000

EEM3: Sostituzione corpi illuminanti

Nella Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM3, che consiste nella sostituzione dei corpi illuminanti esistenti.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, intervento 1 (intervento 1.F - art. 4, comma 1, lettera f).

Tabella 9.4 – Analisi dei costi della EEM3 – Sostituzione corpi illuminanti

CODICE	DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
045161b	Plafoniera stagna rettangolare, corpo in policarbonato autoestinguente, schermo in policarbonato autoestinguente trasparente prismaticizzato internamente, installata 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 1.600 mm, 48 W, 7.780 lm	DEI Imp. Ele. 2017	10	cad	€ 107,21	€ 97,46	€ 974,64	22%	€ 1.189,06
045161b	Plafoniera stagna rettangolare, corpo in policarbonato autoestinguente, schermo in policarbonato autoestinguente trasparente prismaticizzato internamente, installata 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:	DEI Imp. Ele. 2017	42	cad	€ 157,03	€ 142,75	€ 5.995,69	22%	€ 7.314,74

lunghezza 1.300 mm,
36 W, 5.830 lm

205015e	Rimozione di plafoniera per lampade fluorescenti, inclusi gli oneri della rimozione dei sostegni a muro o a soffitto e l'avvicinamento al luogo di deposito provvisorio nell'ambito del cantiere, escluso l'onere di carico, trasporto e scarico a discarica autorizzata: 2 x 36 W	DEI Imp. Ele. 2017	42	cad	€ 12,18	€ 11,07	€ 465,05	22%	€ 567,37
205015g	Rimozione di plafoniera per lampade fluorescenti, inclusi gli oneri della rimozione dei sostegni a muro o a soffitto e l'avvicinamento al luogo di deposito provvisorio nell'ambito del cantiere, escluso l'onere di carico, trasporto e scarico a discarica autorizzata: 2 x 58 W	DEI Imp. Ele. 2017	10	cad	€ 13,39	€ 12,17	€ 121,73		€ 121,73
M01003a	Operaio edile qualificato	DEI Imp. Ele. 2017	26	€/ora	€ 26,78	€ 24,35	€ 632,98	22%	€ 772,24
M01004a	Operaio edile comune	DEI Imp. Ele. 2017	26	€/ora	€ 24,12	€ 21,93	€ 570,11	22%	€ 695,53
	Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 262,81	22%	€ 320,62
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 631,61	22%	€ 770,56
TOTALE (I₀ - EEM1)							€ 9.655	22%	€ 11.752
Incentivi		Conto termico							€ 4.700,74
Durata incentivi									5
Incentivo annuo									€ 940,15

Il contributo dato dall'incentivo "Conto Termico" è stato calcolato considerando la seguente relazione

$$I_{tot} = \%_{spesa} \cdot C \cdot S_{int}$$

Dove si si è indicato con:

- I_{tot} : incentivo totale dell'intervento cumulato per l'intera durata, che verrà ripartito e corrisposto in 5 rate annuali costanti, oppure, in un'unica soluzione per gli aventi diritto (le PA e le ESCo che operano per loro conto, ad esclusione delle Cooperative di abitanti e delle Cooperative sociali).
- I_{max} : valore massimo raggiungibile dall'incentivo totale (tabella 5 del Decreto)
- $\%_{spesa}$: percentuale incentivata della spesa totale sostenuta per l'intervento (tabella 5 del Decreto)
- S_{int} : superficie oggetto dell'intervento (m2) – pari a circa **450 mq**
- $C = \frac{\text{spesa sostenuta in €}}{\text{superficie oggetto di intervento}}$ costo specifico sostenuto – pari a **26 €/mq**
- C_{max} è il valore massimo di C ed è definito dalla tabella 5 del Decreto.

Poiché il costo specifico dell'intervento supera il valore C_{max} il calcolo dell'incentivo è stato effettuato con il valore C_{max} riportato in tabella per l'intervento considerato.

[Tabella 5 – Allegato II - DM 16.02.16]		
Tipologia di intervento	Costo massimo ammissibile (C_{max})	Valore massimo dell'incentivo I_{max} [€]
Sostituzione di corpi illuminanti comprensivi di lampade per l'illuminazione degli interni e delle pertinenze esterne – installazione di lampade ad alta efficienza	15 €/m ²	30.000
Sostituzione di corpi illuminanti comprensivi di lampade per l'illuminazione degli interni e delle pertinenze esterne – installazione di lampade a led	35 €/m ²	70.000

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: Sostituzione serramenti

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

Tabella 9.5 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM1– Sostituzione serramenti

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	159.385
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	25
Incentivo annuo	B	€/anno	12.751

Durata incentivo	n_B	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	28,7	15,9
Tempo di rientro attualizzato	TRA	42,0	26,6
Valore attuale netto	VAN	- 66.559	- 9.795
Tasso interno di rendimento	TIR	-1,2%	3,1%
Indice di profitto	IP	-0,42	-0,06

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

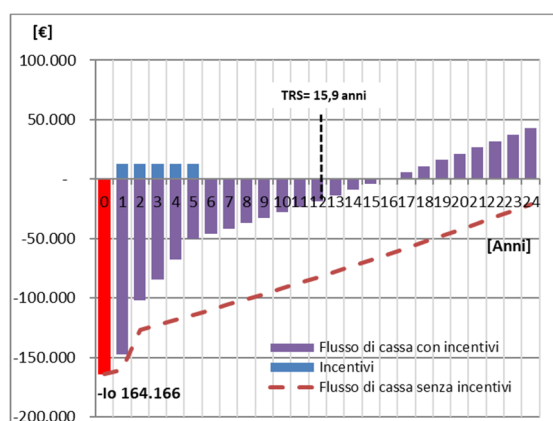
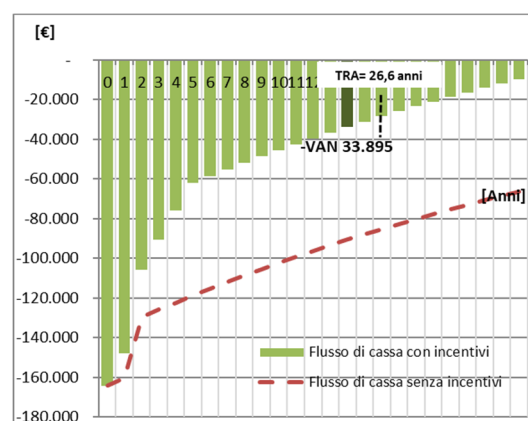


Figura 9.2 – EEM1: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento, pur essendo relativo all'involucro del fabbricato, con l'accesso alla forma incentivante del conto termico risulta economicamente vantaggioso con tempi di ritorno inferiori ai 25 anni.

EEM2: Installazione termovalvole

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

Tabella 9.6 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM1– Sostituzione serramenti

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	84.303
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	15
Incentivo annuo	B	€/anno	6.136
Durata incentivo	n_B	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	6,8	4,4
Tempo di rientro attualizzato	TRA	8,4	4,9
Valore attuale netto	VAN	41.432	68.749

Tasso interno di rendimento	TIR	11,1%	16,9%
Indice di profitto	IP	0,49	0,82

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

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

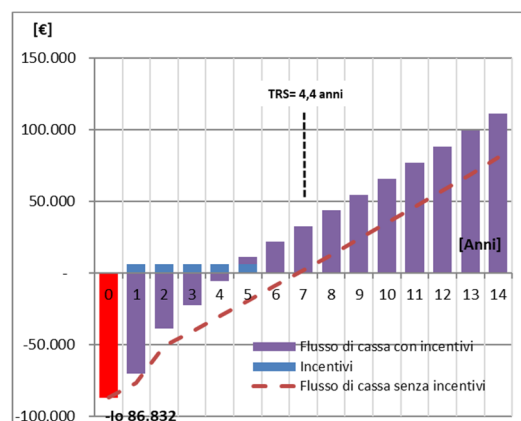
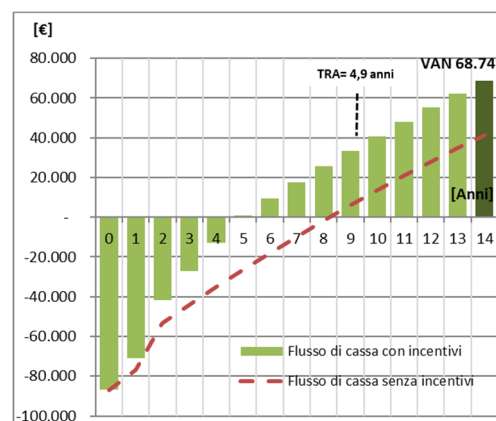


Figura 9.4 – EEM2: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento risulta economicamente vantaggioso con tempi di ritorno inferiori ai 5 anni.

EEM3: Sostituzione corpi illuminanti

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

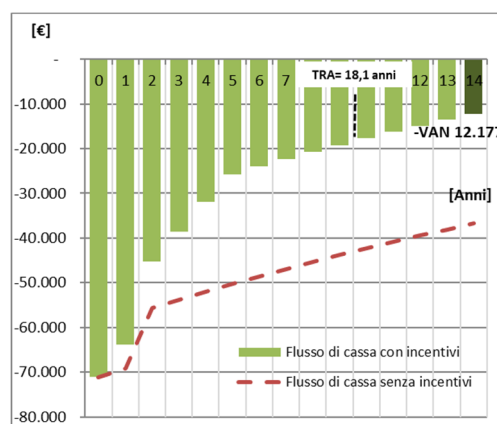
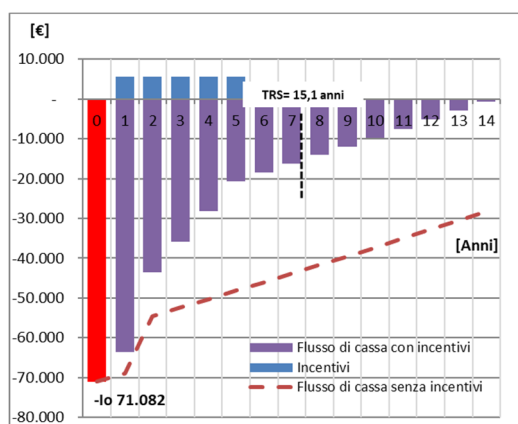
Tabella 9.7 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM3– Sostituzione serramenti

PARMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	69.012
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	15
Incentivo annuo	B	€/anno	5.521
Durata incentivo	n_B	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	24,9	15,1
Tempo di rientro attualizzato	TRA	31,1	18,1
Valore attuale netto	VAN	- 36.755	- 12.177
Tasso interno di rendimento	TIR	-7,3%	-0,2%
Indice di profitto	IP	-0,53	-0,18

I flussi di cassa rappresentativi dell'analisi sono riportati nelle Figura 9.9 e Figura 9.10Figura 9.8.

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, attraverso la forma incentivante del conto termico, risulta economicamente vantaggioso con tempi di ritorno di circa 15 anni.

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	ΔC_{MO}	ΔC_{MS}	I_0	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]
EEM 1	17%	16%	4.314	0	0	145.475	29,9	43,7	25	-64.138	-1,6%	-0,44
EEM 2	28%	26%	7.149	4.623	614	84.303	6,8	8,4	15	41.432	11,1%	0,49
EEM 3	5%	5%	1.325	1.156	0	69.012	24,9	31,1	15	-36.755	-7,3%	-0,53

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

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

Dall'analisi dei risultati emerge che senza l'accesso alle forme incentivanti solo l'intervento delle termovalvole sarebbe economicamente sostenibile.

Tabella 9.9 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso con incentivi

	CON 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	17%	16%	4.314	0	0	145.475	16,8	27,2	25	-12.328	2,7%	-0,08
EEM 2	28%	26%	7.149	4.623	614	84.303	4,4	4,9	15	68.749	16,9%	0,82
EEM 3	5%	5%	1.325	1.156	0	69.012	15,1	18,1	15	-12.177	-0,2%	-0,18

Dall'analisi dei risultati emerge che grazie all'accesso alla forma incentivante del conto termico tutti gli interventi risultano essere economicamente convenienti.

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

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

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

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

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

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

Dove:

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

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

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

- DSCR (Debt Service Cover Ratio) medio di periodo. Esprime la capacità dell'investimento di rimborsare il servizio del debito (capitale e interessi) per tutta la durata del finanziamento;

- LLCR (*Loan Life Cover Ratio*) medio di periodo. Esprime la capacità del progetto di generare flussi di cassa positivi dopo aver ripagato il servizio del debito.

Essi sono così definiti:

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

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

Dove:

- FCO_n sono i flussi di cassa operativi nell'anno corrente n-esimo;
- K_n è la quota capitale da rimborsare nell'anno n-esimo;
- I_n è la quota interessi da ripagare nell'anno n-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) abbinata all'istituto del Finanziamento Tramite Terzi (FTT). In tale ambito trova espressione l'applicazione del Partenariato Pubblico Privato (PPP).

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

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

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

- **Scenario 1: EEM2+EEM3:** Tale scenario consiste nella realizzazione di sostituzione di corpi illuminanti e generatore di calore con l'installazione di termovalvole

- **Scenario 2: EEM1+EEM2+EEM3:** Tale scenario consiste nella realizzazione di sostituzione di corpi illuminanti e l'installazione di termovalvole

9.3.1 Scenario 1: EEM2+EEM3

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

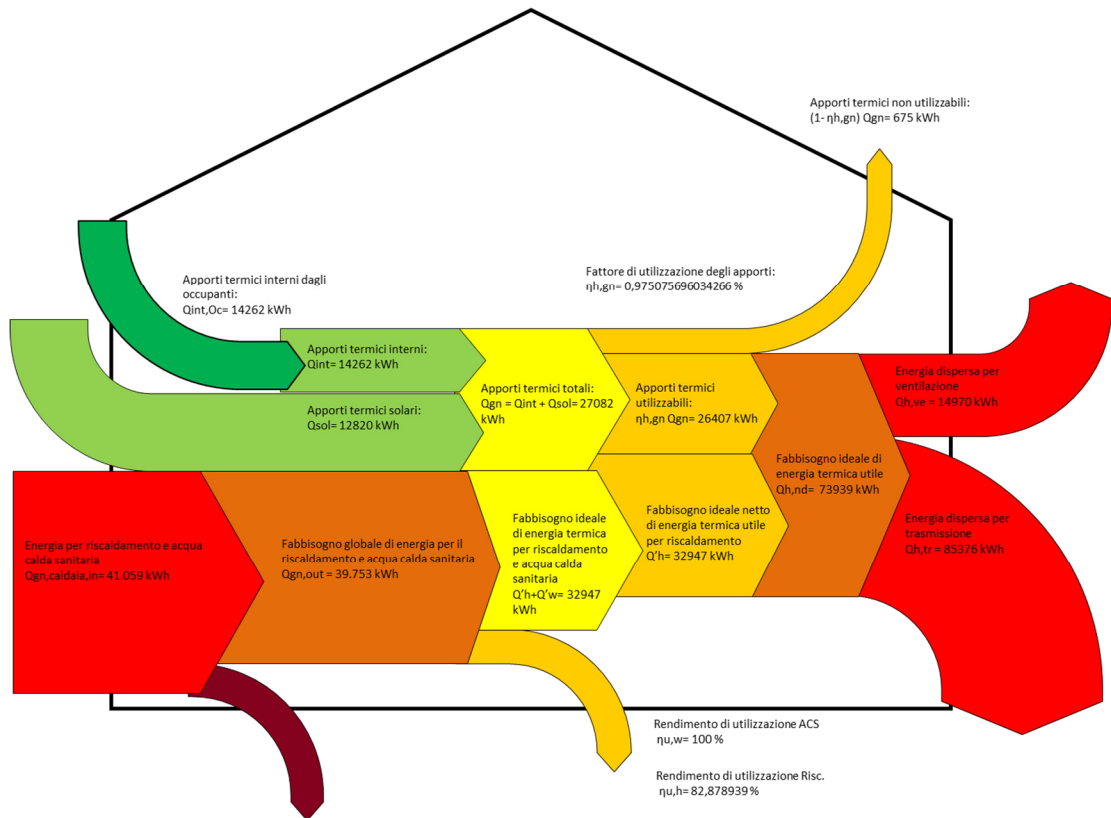
- EEM2: sostituzione generatore di calore ed installazione di termovalvole
- EEM3: sostituzione corpi illuminanti

Tabella 9.10 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 1

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE	IVA AI 22%	TOTALE
	(IVA ESCLUSA)		(IVA INCLUSA)
	[€]		[€]
EEM2 Fornitura & Posa	15.880	3.493	19.373
EEM3 Fornitura & Posa	8.760	1.927	10.687
Costi per la sicurezza	739	163	902
Costi per la progettazione	1.743	383	2.127
TOTALE (I₀)	27.122	5.967	33.089
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO}	C _{MS}	C _M
	(IVA INCLUSA)	(IVA INCLUSA)	(IVA INCLUSA)
	[€]		[€]
EEM2 O&M	4.527	1.354	5.881
EEM3 O&M	5.093	1.504	6.597
TOTALE (C_M)	3.961	1.354	5.315
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE	
		(IVA INCLUSA)	
		[€]	
Incentivi	[Conto termico]		10.577
Durata incentivi			5
Incentivo annuo			2.115

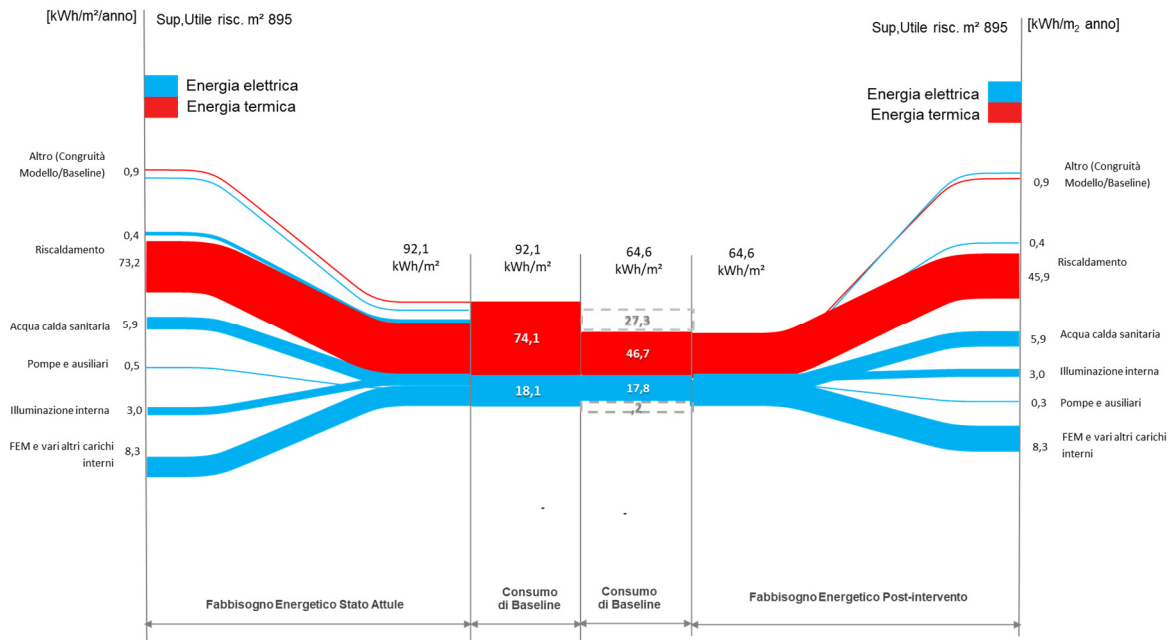
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di sankey relativo alle situazioni post-intervento.

Figura 9.7 – SCN1: Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico post intervento



Dall'analisi dei diagrammi di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio post intervento è possibile notare che il contributo relativo all'energia dispersa per trasmissione è notevolmente diminuito, insieme al fabbisogno globale di energia per il riscaldamento.

Figura 9.8 – SCN1: Bilancio energetico complessivo dell'edificio post intervento

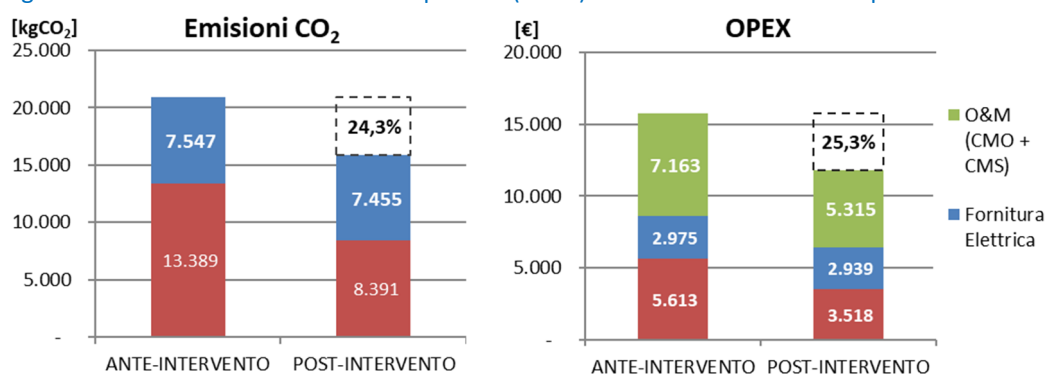


I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella Tabella 9.11 e nella Figura 9.9

Tabella 9.11 – Risultati analisi SCN1 – EEM2+EEM3

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
-------------------	------	-----------------	-----------------	------------------------

EM2 [Parametro caratteristico dell'intervento]	η	1,05	1,667	-58,8%
EM3 [Parametro caratteristico dell'intervento]	[W]	72	36	50,0%
Q _{teorico}	[kWh]	65.517	41.059	37,3%
EE _{teorico}	[kWh]	16.646	16.442	1,2%
Q _{baseline}	[kWh]	66.282	41.538	37,3%
EE _{baseline}	[kWh]	16.161	15.963	1,2%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	13.389	8.391	37,3%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	7.547	7.455	1,2%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO ₂]	20.936	15.845	24,3%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	5.613	3.518	37,3%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	2.975	2.939	1,2%
Fornitura Energia, C _E	[€]	8.588	6.456	24,8%
C _{MO}	[€]	5.659	3.961	30,0%
C _{MS}	[€]	1.504	1.354	10,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	7.163	5.315	25,8%
OPEX	[€]	15.751	11.771	25,3%
Classe energetica	[-]	G	F	+1 classi

Figura 9.9 - SCN1: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline

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

Tabella 9.12 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN1– EEM2+EEM3

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	n_i	1
Anni Gestione Servizio	n_s	14
Anni Concessione	n	15
Anno inizio Concessione	n_0	2020

Anni dell'ammortamento	n_A	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	k_{CdP}	0,02
Costo Capitale Azienda	WACC	0,04
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CdP})$	$k_{progetto}$	0,04
Inflazione ISTAT	f	0,01
deriva dell'inflazione	f'	0,01
%, interessi debito	k_D	0,04
%, interessi equity	k_E	0,09
Aliquota IRES	IRES	0,24
Aliquota IRAP	IRAP	0,04
Aliquota fiscale	τ	0,28
Anni debito (finanziamento)	n_D	1
Anni Equity	n_E	14
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_D	33.089
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	0,03
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	993
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	34.082
%CAPEX a Debito	D	0,8
%CAPEX a Equity	E	0,2
Debito	I_D	27.265
Equity	I_E	6.816
Fattore di annualità Debito	FA_D	1
Rata annua debito	q_D	27.832
Costo finanziamento,(D+INT _D)	$q_D * n_D$	27.832
Costi per interessi debito, INT _D	INT_D=q_D*n_D-D	567

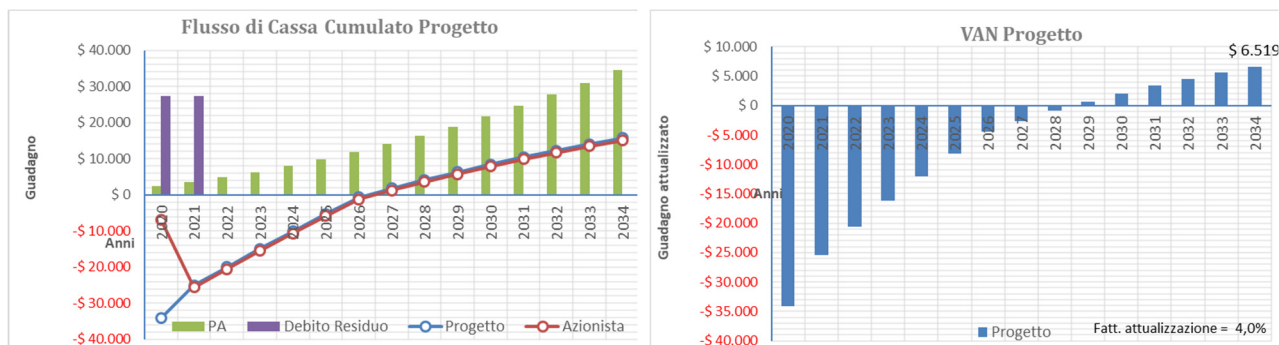
Tabella 9.13 – Parametri Economici dell'analisi di redditività dello SCN1

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	8.588
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	7.163
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	C_{Baseline}	15.751
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	0,00
Riduzione% costi fornitura Energia	%ΔC_E	0,25
Riduzione% costi O&M	%ΔC_M	0,26
Obiettivo riduzione spesa PA	%C_{Baseline}	0,05
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	3.160
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	788
Risparmio PA durante la concessione	14%	34.524
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	4.760
N° di Canoni annuali	anni	14
Utile lordo della ESCO	%CAPEX	0,44
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	1.079
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	41
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	1.253
Canone O&M €/anno	CnM	5.519
Canone Energia €/anno	CnE	7.073
Canone Servizi €/anno IVA escl.	CnS	12.592
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	CnD	2.372
Canone Totale €/anno IVA escl.	Cn	14.964

Aliquota IVA %	IVA	0,22
Rimborso erariale IVA	RIVA	5.967
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	10.577
Durata Incentivi, anni	n_B	5
Inizio erogazione Incentivi, anno		2022

Tabella 9.14 – Risultati dell'analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN1

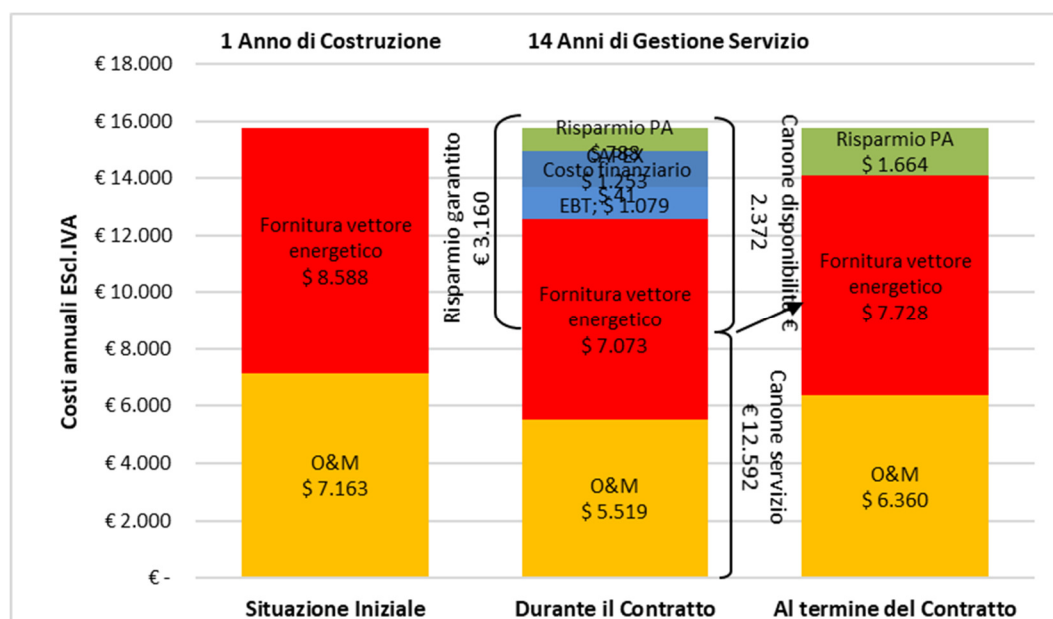
INDICATORI DI REDDITIVITÀ DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	7
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	10
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	6.519
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC	0,08
Indice di Profitto	IP	0,20
INDICATORI DI REDDITIVITÀ DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	7
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	14,32
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	333
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > k_e	0,09
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3	0,32
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1	1,49
Indice di Profitto Azionista	IP	0,01

Figura 9.10 –SCN1: Flussi di cassa del progetto

Figura 9.11 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista


Dall'analisi effettuata è emerso che lo scenario di interventi risulta conveniente entrambi i soggetti, PA ed ESCO.

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 9.12.

Figura 9.12 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



9.3.2 Scenario 2: EEM1+EEM2+EEM3+EEM4:

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

- EEM1: sostituzione serramenti
- EEM2: sostituzione generatore di calore ed installazione di termovalvole
- EEM3: sostituzione corpi illuminanti
- EEM4: Controparete isolata

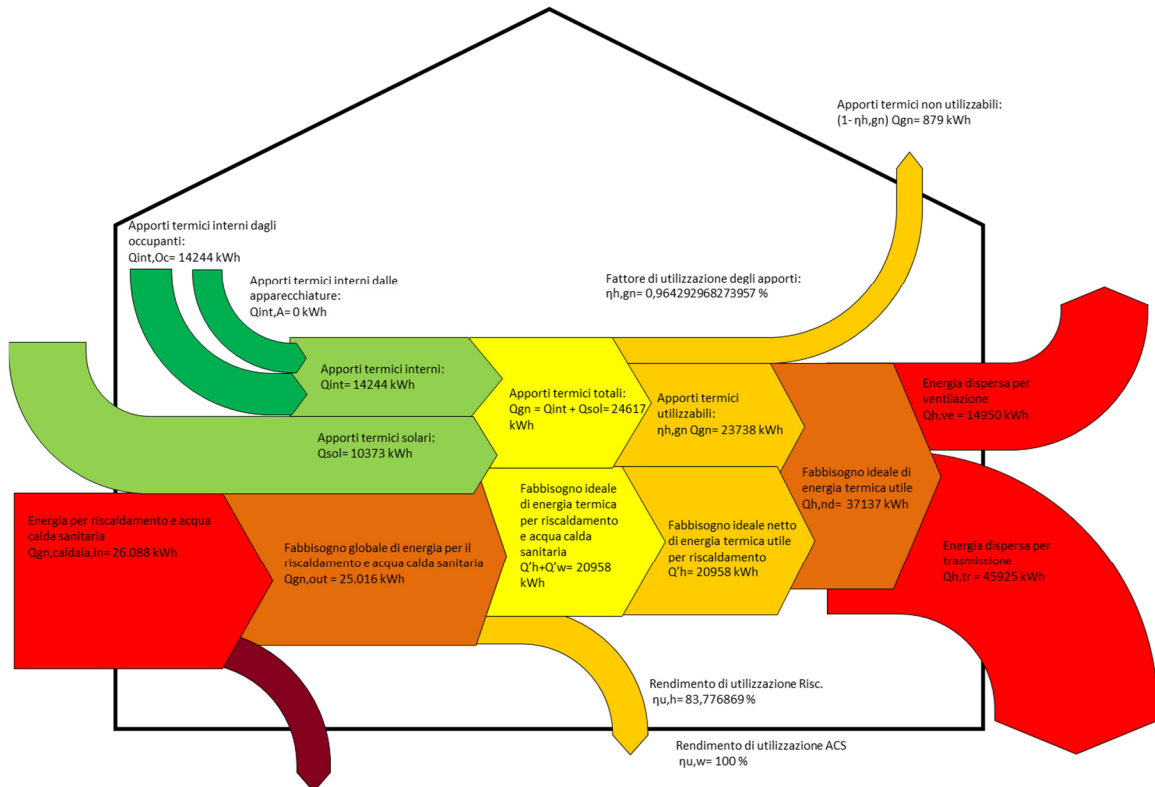
Tabella 9.15 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 1

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE		TOTALE
	(IVA ESCLUSA)	IVA Al 22%	(IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 Fornitura & Posa	28.558	6.283	34.841
EEM2 Fornitura & Posa	15.880	3.493	19.373
EEM3 Fornitura & Posa	8.760	1.927	10.687
EEM4 Fornitura & Posa	118.610	26.094	144.704
Costi per la sicurezza	2.793	614	3.407
Costi per la progettazione	12.045	2.650	14.695
TOTALE (I₀)	186.645	41.062	227.707
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO}	C _{MS}	C _M
	(IVA INCLUSA)	(IVA INCLUSA)	(IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 O&M	5.659	1.504	7.163
EEM2 O&M	4.527	1.354	5.881
EEM3 O&M	5.093	1.504	6.597
EEM4 O&M	5.093	1.504	6.597
TOTALE (C_M)	3.961	1.354	5.315
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE	
		(IVA INCLUSA)	
		[€]	

Incentivi	[Conto termico]	58.029
Durata incentivi		5
Incentivo annuo		11.606

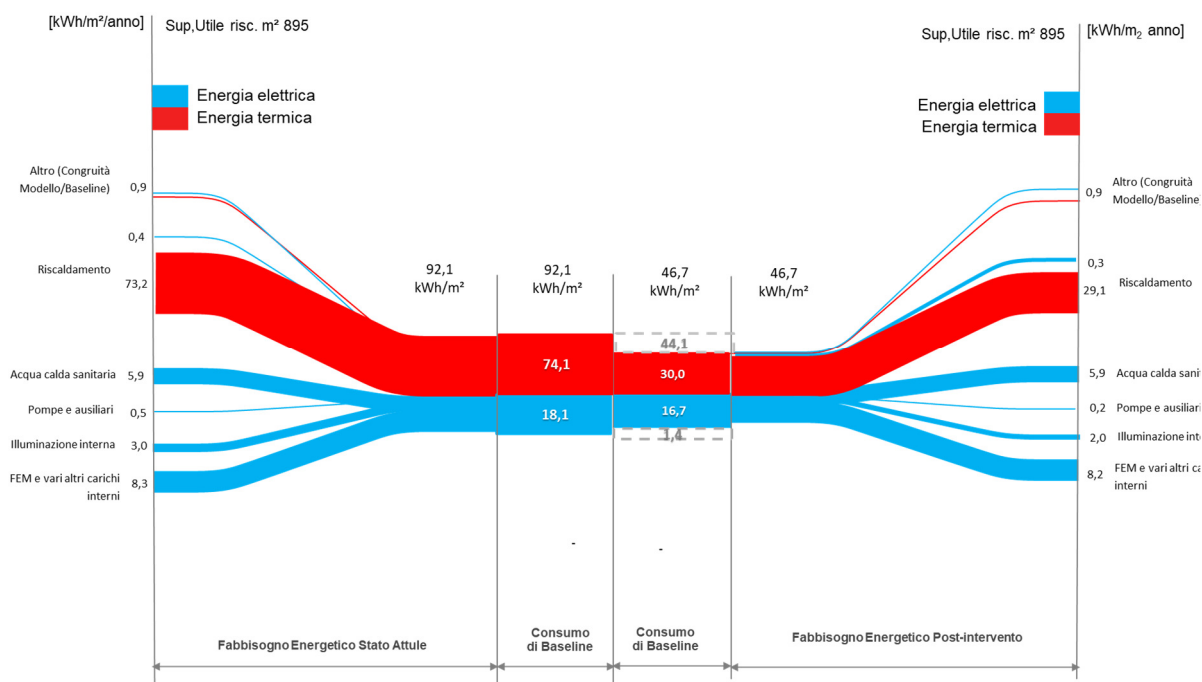
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare I risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di sankey relativo alle situazioni post-intervento.

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 il contributo relativo all'energia dispersa per trasmissione è notevolmente diminuito, insieme al fabbisogno globale di energia per il riscaldamento.

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

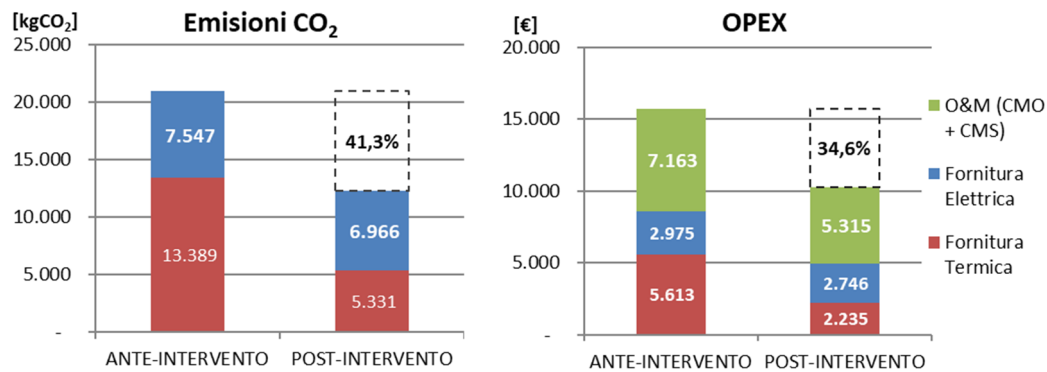


I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario 2 sono riportati nella Tabella 9.16 e nella Tabella 9.16

Tabella 9.16 – Risultati analisi SCN2 – EEM1+EEM2+EEM3

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM1 – Trasmittanza	[W/m²K]	4	1,2	70,0%
EM2 - Rendimento	%	1,05	1,667	-58,8%
EM3 – Potenza installata	[W]	72	36	50,0%
EM4 – Trasmittanza	[W/m²K]	1,2	0,23	80,8%
Q _{teorico}	[kWh]	65.517	26.088	60,2%
E _{teorico}	[kWh]	16.646	15.364	7,7%
Q _{baseline}	[kWh]	66.282	26.393	60,2%
E _{baseline}	[kWh]	16.161	14.916	7,7%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	13.389	5.331	60,2%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	7.547	6.966	7,7%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO ₂]	20.936	12.297	41,3%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	5.613	2.235	60,2%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	2.975	2.746	7,7%
Fornitura Energia, C _E	[€]	8.588	4.981	42,0%
C _{MO}	[€]	5.659	3.961	30,0%
C _{MS}	[€]	1.504	1.354	10,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	7.163	5.315	25,8%
OPEX	[€]	15.751	10.296	34,6%
Classe energetica	[-]	G	D	+3 classi

Figura 9.15 – SCN2: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



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

Tabella 9.17 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN2– EEM1+EEM2+EEM3+EEM4

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}	0,02
Costo Capitale Azienda	WACC	0,04
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CdP})$	$k_{progetto}$	0,04
Inflazione ISTAT	f	0,01
deriva dell'inflazione	f'	0,01
%, interessi debito	k_D	0,04
%, interessi equity	k_E	0,09
Aliquota IRES	IRES	0,24
Aliquota IRAP	IRAP	0,04
Aliquota fiscale	τ	0,28
Anni debito (finanziamento)	n_D	10
Anni Equity	n_E	24
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_o	227.707
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	0,03
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	6.831
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	234.538
%CAPEX a Debito	D	0,8
%CAPEX a Equity	E	0,2
Debito	I_D	187.631
Equity	I_E	46.908
Fattore di annualità Debito	FA_D	8
Rata annua debito	q_D	22.601
Costo finanziamento, (D+INT _D)	$q_D * n_D$	226.012
Costi per interessi debito, INT _D	INT_D=q_D*n_D-D	38.381

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

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	8.588
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	7.163
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	C_{Baseline}	15.751
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	0,00
Riduzione% costi fornitura Energia	%ΔC_E	0,42
Riduzione% costi O&M	%ΔC_M	0,26
Obiettivo riduzione spesa PA	%C_{Baseline}	0,05
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	4.287
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	788
Risparmio PA durante la concessione	14%	81.576
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	7.357
N° di Canoni annuali	anni	24
Utile lordo della ESCO	%CAPEX	-0,38
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	-3.744
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	1.599
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	5.644
Canone O&M €/anno	C_{nM}	5.660
Canone Energia €/anno	C_{nE}	5.805
Canone Servizi €/anno IVA escl.	C_{nS}	11.465
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	C_{nD}	3.499
Canone Totale €/anno IVA escl.	C_n	14.964
Aliquota IVA %	IVA	0,22
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	41.062
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	58.029
Durata Incentivi, anni	n_B	5
Inizio erogazione Incentivi, anno		2022

Tabella 9.19 – Risultati dell'analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN12

INDICATORI DI REDDITIVITÀ DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	47
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	123,0
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	-89282
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC	-0,03
Indice di Profitto	IP	-0,39
INDICATORI DI REDDITIVITÀ DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	63
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	280,0
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	-75.276
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > k_e	-0,09
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3	0,64
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1	0,60
Indice di Profitto Azionista	IP	-0,33

Figura 9.16 –SCN2: Flussi di cassa del progetto

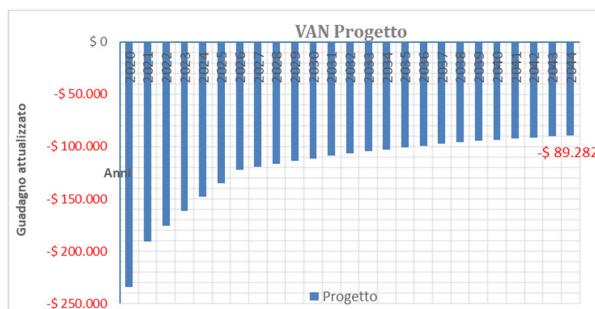
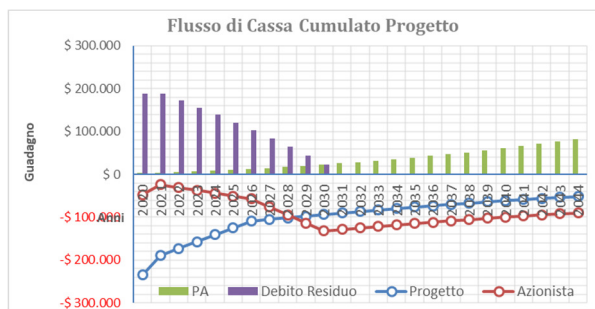
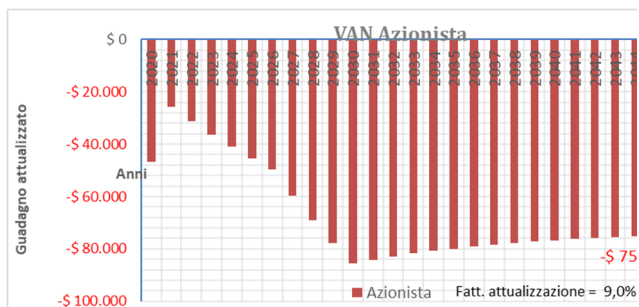
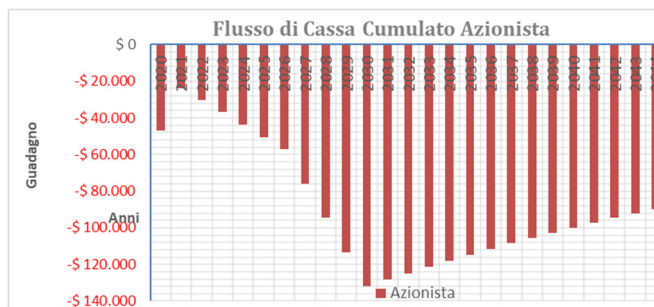


Figura 9.17 – SCN2: Flussi di cassa dell'azionista



Dall'analisi effettuata è emerso che lo scenario di interventi, pur rispondendo alla richiesta iniziale di incrementare di almeno due classi energetiche il fabbricato, non risulta conveniente per nessuno dei due operatori.

10 CONCLUSIONI

10.1 RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA

Dalle analisi e dai sopralluoghi effettuati presso la Scuola elementare "Sbarbaro" E Materna Comunale "Dufour" è risultato che l'edificio presenta degli indici di performance termica sufficienti dovuti non tanto al reale rendimento degli impianti o alle performance dell'involucro edilizio, quanto al ricondurre i consumi stagionali a dei fabbisogni non reali ma di progetto.

La situazione è invece differente per quanto riguarda gli indici di performance relativi al consumo di energia elettrica, che sono risultati essere insufficienti.

10.2 RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI

Gli interventi di efficientamento previsti per la struttura interessano l'involucro, l'impianto di illuminazione e l'impianto di climatizzazione, in particolare per quanto riguarda i sottosistemi di generazione e regolazione.

Tuttavia solo uno degli scenari di intervento proposti riusciva a garantire un miglioramento delle performance energetiche pari a due classi (SCN2) mentre lo scenario 1 che consente un rientro degli interventi in tempi conformi alle richieste della committenza non rispetta le performance minime richieste, con un miglioramento pari solo ad una classe energetica.

10.3 CONCLUSIONI E COMMENTI

La scuola è risultata essere, dal punto di vista impiantistico, in un buono stato manutentivo con componenti però ormai obsoleti e caratterizzati da limitati rendimenti.

Per quanto concerne l'involucro gli standard prestazionali sono decisamente inferiori, con soluzioni costruttive che limitano gli interventi di efficientamento adottabili (muratura esterna portante) ed elementi obsoleti con bassi livelli di isolamento termico; la maggior parte dei serramenti presenti risale infatti agli anni '70 ed è del tipo a vetro singolo e telaio in legno tenero.

Tutti questi fattori fanno sì che l'edificio sia, con riferimento alle numerose superfici finestrate, particolarmente disperdente e che un ulteriore efficientamento del fabbricato non può prescindere dalla sostituzione di questi elementi; questa tipologia di intervento richiede tuttavia elevati importi, spesso non conciliabili con i tempi di ritorno attesi dalla Committenza.

ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA

	Titolo	Data	Nome file
Planimetrie Involucro	TAVOLA DI INQUADRAMENTO	26/11/2017	E01053.dwg
Planimetrie Involucro	TAVOLA PIANI	26/11/2017	E01038S.dwg
Planimetrie Involucro	TAVOLA PIANO PRIMO EDIFICIO SCOLASTICO/SOCIALE	26/11/2017	PIAN1.dwg
Planimetrie Involucro	TAVOLA PIANO SOTTO STRADA EDIFICIO SCOLASTICO/SOCIALE	26/11/2017	PIAN1SS.dwg
Planimetrie Involucro	TAVOLA PIANO SECONDO EDIFICIO SCOLASTICO/SOCIALE	26/11/2017	PIAN2.dwg
Planimetrie Involucro	TAVOLA PIANO TERZO EDIFICIO SCOLASTICO/SOCIALE	26/11/2017	PIAN3.dwg
Planimetrie Involucro	TAVOLA PIANO QUARTO EDIFICIO SCOLASTICO/SOCIALE	26/11/2017	PIAN4.dwg
Planimetrie Involucro	TAVOLA PIANO COPERTURA EDIFICIO SCOLASTICO/SOCIALE	26/11/2017	PIANC.dwg
Planimetrie Involucro	TAVOLA PIANO TERRA EDIFICIO SCOLASTICO / SOCIALE	26/11/2017	PIANT.dwg
Planimetrie Termici	CENSIMENTO – CENTRALE TERMICA	26/11/2017	086-P00-002-CENTRALE TERMICA.dwg
Planimetrie Termici	CENSIMENTO – PIANO 00	26/11/2017	L1-042-084-P00.dwg
Planimetrie Termici	CENSIMENTO – PIANO 01	26/11/2017	L1-042-084-P01.dwg
Planimetrie Termici	CENSIMENTO – PIANO 02	26/11/2017	L1-042-084-P02.dwg
Checklist Termici	L1-042-086-P00-Checklist	26/11/2017	L1-042-086-P00-Checklist.xlsx
Checklist Termici	L1-042-086-P01-Checklist	26/11/2017	L1-042-086-P01-Checklist.xlsx
Checklist Termici	L1-042-086-P02-Checklist	26/11/2017	L1-042-086-P02-Checklist.xlsx
Bollette EE	POD:IT001E00096120 Fattura dal 01-10-13 al 31-01-14	08/11/2017	5700065499
Bollette EE	POD:IT001E00096120 Fattura dal 01-01-14 al 28-02-14	08/11/2017	5700098221
Bollette EE	POD:IT001E00096120 Fattura dal 01-02-14 al 31-03-14	08/11/2017	5700134954
Bollette EE	POD:IT001E00096120 Fattura dal 01-03-14 al 30-04-14	08/11/2017	5700176200
Bollette EE	POD:IT001E00096120 Fattura dal 01-04-14 al 31-05-14	08/11/2017	5700214973
Bollette EE	POD:IT001E00096120 Fattura dal 01-05-14 al 30-06-14	08/11/2017	5700248946
Bollette EE	POD:IT001E00096120 Fattura dal 01-08-14 al 31-08-14	08/11/2017	5700291259
Bollette EE	POD:IT001E00096120 Fattura dal 01-08-14 al 30-09-14	08/11/2017	5700345571
Bollette EE	POD:IT001E00096120 Fattura dal 01-10-14 al 31-10-14	08/11/2017	5700373395
Bollette EE	POD:IT001E00096120 Fattura dal 01-10-14 al 30-11-14	08/11/2017	5700411457
Bollette EE	POD:IT001E00096120 Fattura dal 01-01-15 al 31-01-15	08/11/2017	5700510846
Bollette EE	POD:IT001E00096120 Fattura dal 01-02-15 al 28-02-15	08/11/2017	5750081986
Bollette EE	POD:IT001E00096120 Fattura dal 01-02-15 al 28-02-15	08/11/2017	5700544221
Bollette EE	POD:IT001E00096120 Fattura dal 01-04-15 al 30-04-15	08/11/2017	E000140843
Bollette EE	POD:IT001E00096120 Fattura dal 01-12-15 al 31-01-16	08/11/2017	E000150589
Bollette EE	POD:IT001E00096120 Fattura dal 01-03-16 al 31-03-16	08/11/2017	E000194172
Bollette EE	POD:IT001E00096120 Fattura dal 01-04-16 al 30-04-16	08/11/2017	011640025275
Bollette EE	POD:IT001E00096120 Fattura dal 01-04-16 al 30-09-16	08/11/2017	011640087941
Bollette EE	POD:IT001E00096120 Fattura dal 01-06-16 al 30-06-16	08/11/2017	011640048519
Bollette EE	POD:IT001E00096120 Fattura dal 01-07-16 al 31-07-16	08/11/2017	011640060830
Bollette EE	POD:IT001E00096120 Fattura dal 01-08-16 al 31-08-16	08/11/2017	011640074903
Bollette EE	POD:IT001E00096120 Fattura dal 01-08-16 al 30-11-16	08/11/2017	011640126636
Bollette EE	POD:IT001E00096120 Fattura dal 01-10-16 al 31-10-16	08/11/2017	011640100078
Bollette EE	POD:IT001E00096120 Fattura dal 01-12-16 al 31-12-16	08/11/2017	11740001581

**ALLEGATO B – ELABORATI**

Titolo	Descrizione	Data	Nome file
Fotografie da sopralluogo	Fotografie da sopralluogo	06/2018	ALLEGATO B_Lotto.6 – E1053_Foto da 1 a 15

ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

Titolo	Data	Nome file
Report di indagine termografica	06/2018	ALLEGATO C_Lotto.6 – E1053

ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI

Titolo	Data	Nome file
Report relativi ad altre prove diagnostiche strumentali	06/2018	ALLEGATO D_Lotto.6 – E1053

ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI

Titolo	Data	Nome file
Relazione di dettaglio dei calcoli	06/2018	ALLEGATO E_Lotto.6 – E1053

ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

Titolo	Data	Nome file
Certificato CTI software	06/2018	ALLEGATO F_Lotto.6 – E1053

ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

Titolo	Data	Nome file
Attestato di prestazione energetica	06/2018	ALLEGATO G_Lotto.6 – E1053

ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

Titolo	Data	Nome file
Bozza di APE scenari	06/2018	ALLEGATO H_Lotto.6 – E1053

ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

Titolo	Data	Nome file
Dati climatici	06/2018	GG_Lotto6-E1053

ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

Titolo	Data	Nome file
Schede di audit	06/2018	Lotto.6-E1053_Schede-Audit

ALLEGATO K – SCHEDE ORE

Titolo	Data	Nome file
Schede ORE	06/2018	ALLEGATO K_Lotto.6 – E1053

ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI

Titolo	Data	Nome file
Piano economico finanziario scenari	06/2018	Lotto.6-E1053_analisi-PEF

ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

Titolo	Data	Nome file
Report di benchmark	06/2018	ALLEGATO M_Lotto.6 – E1053



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.]

