

Scuola Elementare "Pino Soprano"

E303

Viale Pino Sottano, n°20 Genova

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA

FONDO KYOTO - SCUOLA 3



Aprile 2018

COMUNE DI GENOVA
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER



Scuola Elementare "Pino Soprano"

E303

Viale Pino Sottano, n°20 Genova

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA

FONDO KYOTO - SCUOLA 3

Aprile 2018

COMUNE DI GENOVA

STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER

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

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

Tel 0105573560 – 5573855; energymanager@comune.genova.it; www.comune.genova.it

eFM SpA

Via Laurentina, 455 - 00142 Roma

Tel 06 5400064– efm@efmnet.com

REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI

Revisione	Data	Realizzazione	Revisione	Approvazione	Descrizione
00	22/02/2018	Carlotta Mordini Matteo Calvesi	Ing. Luca Grossi – Responsabile Involucro	Ing. Stefano Mazzetti	Prima Pubblicazione
			Ing. Luca Bonanno- Responsabile Impianti		

INDICE

PAGINA

EXECUTIVE SUMMARY	I
1 INTRODUZIONE	1
1.1 PREMessa	1
1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA	1
1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO.....	1
1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO.....	2
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO	4
1.6 STRUTTURA DEL REPORT	6
2 DATI DELL'EDIFICIO.....	8
2.1 INFORMAZIONI SUL SITO	8
2.2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE, SOCIO-ECONOMICO E DESTINAZIONE D'USO	8
2.3 VERIFICA DEI VINCOLI INTERFERENTI SULLE PARTI DELL'IMMOBILE INTERESSATE DAGLI INTERVENTI.....	10
2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO.....	10
3 DATI CLIMATICI	12
3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO.....	12
3.2 DATI CLIMATICI REALI.....	13
3.3 ANALISI DELL'ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO	13
4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI	15
4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO.....	15
4.1.1 <i>Involucro opaco</i>	15
4.1.2 <i>Involucro trasparente</i>	16
4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO	18
4.2.1 <i>Sottosistema di emissione</i>	18
4.2.2 <i>Sottosistema di regolazione</i>	19
4.2.3 <i>Sottosistema di distribuzione</i>	19
4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA	21
4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE	21
4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE	22
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	29
6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO.....	33
6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO	33
6.1.1 <i>Validazione del modello termico</i>	34
6.1.2 <i>Validazione del modello elettrico</i>	35
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI.....	35
6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI.....	37
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>	42
7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI.....	45
7.3 COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI.....	46
7.4 BASELINE DEI COSTI.....	47
8 IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA	48

**E303 – Scuola Elementare "Pino Soprano**

8.1	DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI	48
8.1.1	Impianto riscaldamento	48
8.1.2	Involucro trasparente	49
8.1.3	Impianto di illuminazione ed impianto elettrico	51
9	VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA	53
9.1	ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI	53
9.2	ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI	55
9.3	IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D'INTERVENTO E SCENARI D'INVESTIMENTO	60
9.3.1	Scenario 2	69
10	CONCLUSIONI	75
10.1	RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA	75
10.2	RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI	75
	ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA	1
	ALLEGATO B – ELABORATI	1
	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	2
	ALLEGATO I – DATI CLIMATICI	2
	ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT	2
	ALLEGATO K – SCHEDE ORE	2
	ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI	2
	ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK	2
	ALLEGATO N – CD-ROM	2

EXECUTIVE SUMMARY

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

Dall'analisi effettuata è emerso che il prelievo termico nel triennio è caratterizzato da un valore minimo pari a 0 smc, e un valore di massimo prelievo pari a 1.666 ed i consumi annui non hanno subito una sostanziale variazione.

Mentre l'analisi dei consumi storici di energia elettrica si basa sui kWh ottenuti dai dati di fatturazione rilevati nello stesso triennio di riferimento. Dall'analisi effettuata è stato possibile definire i profili mensili dei consumi elettrici di Baseline, valutati come la media dei valori mensili analizzati nel triennio.

Dalla modellazione si può notare come la maggior parte dei consumi termici sia da attribuirsi all'utilizzo per il riscaldamento 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.

Anche per la componente elettrica si è potuto notare nei diagrammi come la maggior parte dei consumi sia da attribuirsi all'illuminazione interna dei locali e all'assorbimento legato alle utenze elettriche presenti.

Caratteristiche dell'edificio oggetto della DE

Tabella 0.1 - Tabella riepilogativa dei dati dell'edificio

PARAMENTO	U.M.	VALORE
Anno di costruzione edificio		[1978]
Anno di ristrutturazione		[nd]
Zona climatica		[D]
Destinazione d'uso		[E.7. (scuole)]
Superficie utile riscaldata	[m ²]	407.40
Superficie disperdente (S)	[m ²]	1189
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	1453
Rapporto S/V	[1/m]	0.82
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	[432]
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	[1111]
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	[1543]
Tipologia generatore riscaldamento		[Generatore di calore a condensazione]
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	68
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	[non presente]
Tipo di combustibile		[Metano]
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		[Boiler Elettrici]
Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	[15.78]
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{it} /anno]	57044]
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	4254
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	[9727]
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	1713

Nota (1): Valori di Baseline

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

- EEM 1: Installazione valvole termostatiche
- EEM 2: Sostituzione chiusure trasparenti
- EEM 3: Sostituzione dei corpi illuminanti con installazione di lampade a led

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

CON INCENTIVI												
	% ΔE	% ΔCO_2	ΔC_e	ΔC_{MO}	ΔC_{MS}	I_0	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]
EEM 1	2%	8%	€ 2.203,61	€ 0,18	€ -	€ 1.764,34	3,3	11,9	15	€ 4.425,74	28,20%	2,51
EEM 2	2%	12%	€ 2.203,61	€ 0,18	€ -	€ 33.858,97	20,9	4,4	30	€ 285,53	2,10%	0,01
EEM 3	49%	14%	€ 1.158,65	€ 0,18	€ -	€ 2.690,84	2,2	38,3	8	€ 4.618,18	38,50%	1,72
Scn1	12,9%	14,2%	€ 6.087,00	€ 2,0	€ 12,0	€ 35.505	24,41	60,97	15	-€ 21.894	n.d.	-
Scn2	12,9%	14,2%	€ 6.087,00	€ 2,5	€ 10,5	€ 44.870	1,79	28,93	25	-€ 27.646	n.d.	61,61

Figura 0.1 – Scenario 1: analisi finanziaria

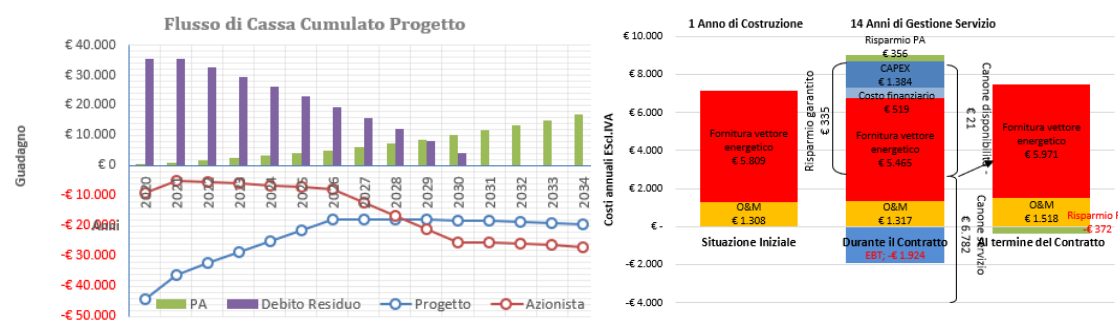
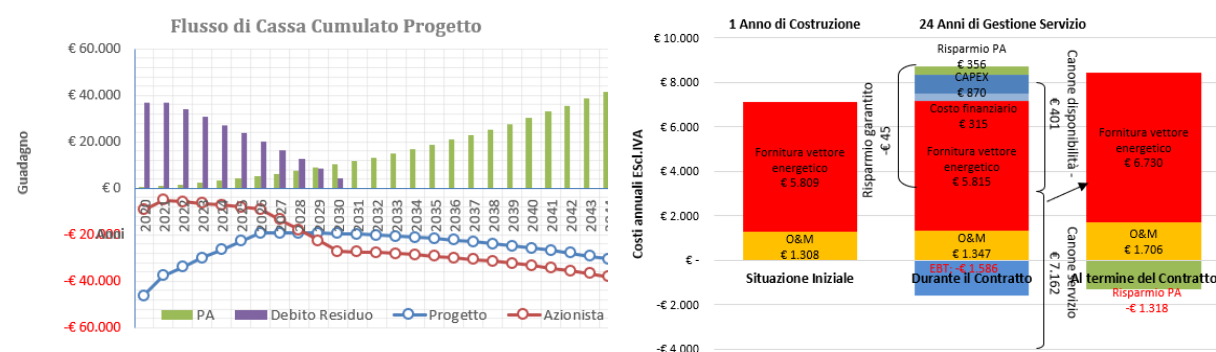


Figura 0.2 – Scenario 2: analisi finanziaria



1 INTRODUZIONE

1.1 PREMESSA

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

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

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

1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA

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

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

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

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

1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO

La presente DE è stata eseguita dalla eFM SpA il cui responsabile per il processo di audit è l'ing. Stefano Mazzetti soggetto certificato Esperto in Gestione dell'Energia (EGE) ai sensi della norma UNI CEI 11339.

Figura 1.1 - Vista della facciata esposta Sud



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

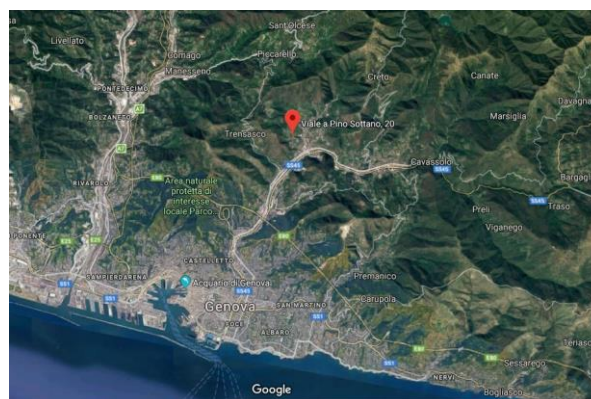
NOME E COGNOME	RUOLO	ATTIVITÀ SVOLTA
Carlotta Mordini, Matteo Calvesi		Sopralluogo in sito
Carlotta Mordini		Elaborazione dei dati relativi ai consumi energetici
Carlotta Mordini		Elaborazione dei dati geometrici ed alla creazione del modello energetico
Ing. Luca Grossi	Responsabile involucro	Revisione report di diagnosi energetica
Ing. Luca Bonanni	Responsabile impianti	Revisione report di diagnosi energetica
Stefano Mazzetti	EGE	Approvazione report di diagnosi energetica
Carlotta Mordini, Matteo Calvesi		Sopralluogo in sito
Carlotta Mordini, Matteo Calvesi		Sopralluogo in sito

1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO

L'immobile oggetto della DE, catastalmente individuato al NCEU F. 8 Mapp. 372 è sito nel Comune di Genova e più precisamente nell'area Media val Bisagno, in Molassana.

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

Figura 1.2 – Ubicazione dell'edificio



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

Tabella 1.2 - Tabella riepilogativa dei dati dell'edificio

PARAMENTO	U.M.	VALORE
Anno di costruzione edificio		[1978]
Anno di ristrutturazione		[nd]
Zona climatica		[D]
Destinazione d'uso		[E.7. (scuole)]
Superficie utile riscaldata	[m ²]	407.40
Superficie disperdente (S)	[m ²]	1189
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	1453
Rapporto S/V	[1/m]	0.82
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	[432]
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	[1111]
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	[1543]
Tipologia generatore riscaldamento		[Generatore di calore a condensazione]

Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	68
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	[non presente]
Tipo di combustibile		[Metano]
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		[Boiler Elettrici]
Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	[15.78]
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{ti} /anno]	57044]
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	4254
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{ei} /anno]	[9727]
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	1713
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	[432]

Nota (1): Valori di Baseline

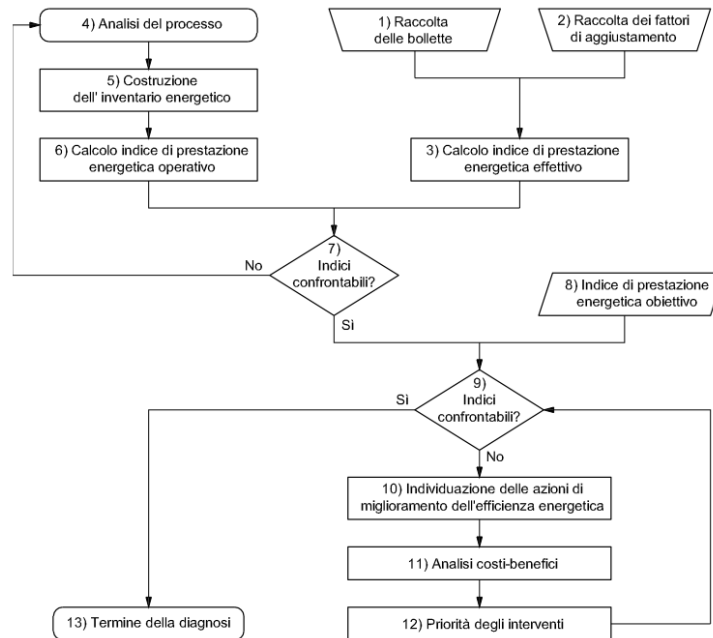
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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 B – Elaborati;
- 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 22/11/2017 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 Namirial Termo Software versione 4.1.3 in possesso di certificato di conformità rilasciato dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI) Numero certificato CTI n°66 del 15/03/2017 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 dell'Università di Genova e riportati all'Allegato I – Dati climatici;
- i) Individuazione della "baseline termica" di riferimento (e relative emissioni di CO_2) 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 CO_2) 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;

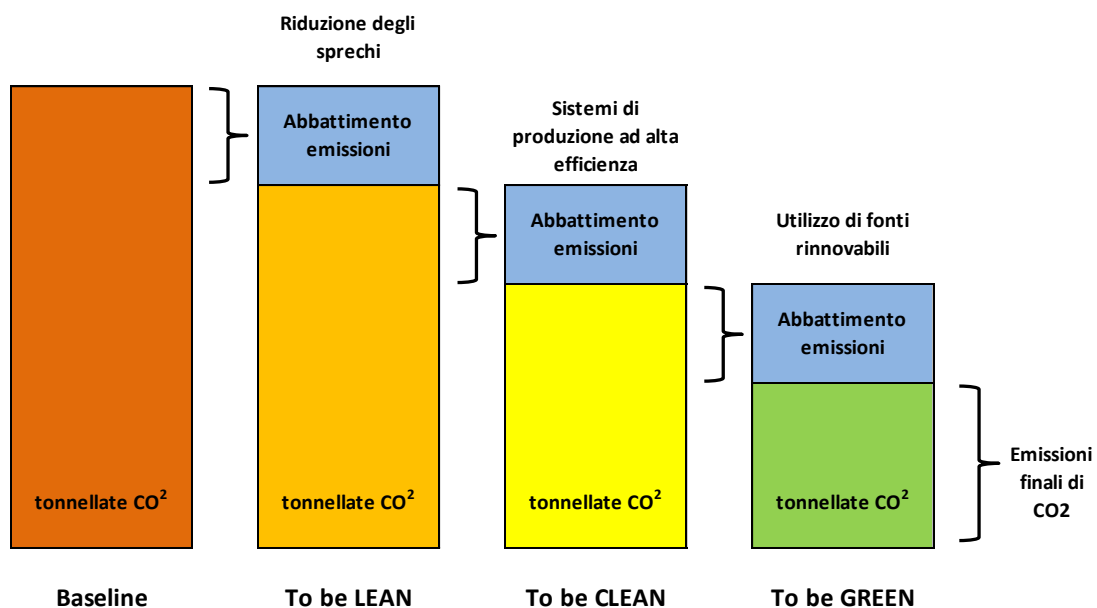
- q) Identificazione dell'eventuale canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale attraverso un Energy Performance Contract, con lo scopo di analizzare il possibile interesse nella realizzazione degli interventi studiati, tramite l'intervento di una ESCo;
- r) Realizzazione di una 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, (fonte: London Plan 2011)



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

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

Una volta esaminate le possibili EEM si è realizzata una analisi economica delle stesse, ponendo particolare attenzione nella valutazione dei possibili sistemi incentivanti applicabili (Conto Termico, Titoli di Efficienza Energetica, ecc)individuandoiprincipali 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 agliscenari 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:

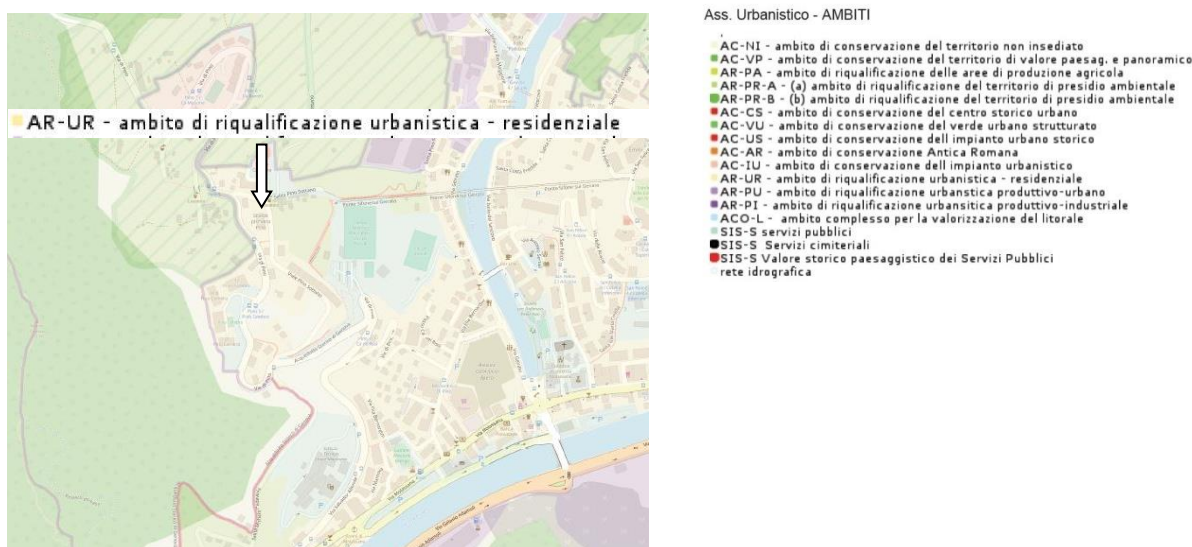
- Una prima parte nella quale sono descritti lo scopo ed i confini della DE e le metodologie di analisi adottate;
- Una seconda parte in cui sono riportate le informazioni dell'edificio rilevate in sede di sopralluogo e le valutazioni effettuate al fine di identificare le caratteristiche tecniche dei 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 [AR-UR-Ambito di riqualificazione urbanistica-residenziale.

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 Pino Soprano è stato realizzato nel 1978, attualmente, quindi ricade nella destinazione d'uso E.7 _Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili.

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

Il plesso di scuola primaria denominato "Pino" (nome della località in cui esso si trova) è ubicato dal 1978 in Viale Pino Sottano 20; precedentemente era collocato nella frazione di Pino Soprano.

L'edificio, situato sulle alture del quartiere di Molassana (Genova) sorge su un'amena collina che, per le caratteristiche e le attrattive di ogni stagione, lo rende molto accogliente.

L'ipotesi di intervenire al fine di migliorarne l'efficienza energetica 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 del pubblico alle tematiche di interesse ambientale ed energetico.

Nella scuola funzionano tutte le 5 classi .Essa dispone dei seguenti locali:

- n. 5 aule
- n. 1 laboratorio (computer, sussidi audiovisivi)
- n. 1 refettorio

- n. 1 atrio (usato anche come palestra)
- n. 4 bagni per alunni
- n. 1 bagno per adulti
- n. 1 stanza medica
- n. 1 ripostiglio.

La scuola è circondata da grande cortile, con ampi spazi verdi per il gioco dei bambini, recintato con n. 2 cancelli.

L'edificio ospitante il complesso scolastico oggetto della DE è costituito complessivamente da 1 piano fuori terra.

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



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

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

PIANO	UTILIZZO	U.M.	SUPERFICIE LORDA COMPLESSIVA ⁽²⁾	SUPERFICIE UTILE RISCALDATA ⁽³⁾	SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA ⁽³⁾
Terra	5 aule; n. 1 laboratorio; n. 1 refettorio; n. 1 atrio (usato anche come palestra); n. 4 bagni per alunni; n. 1 bagno per adulti; n. 1 stanza medica; n. 1 ripostiglio	[m ²]	432	390	390
TOTALE		[m ²]	432	390	390

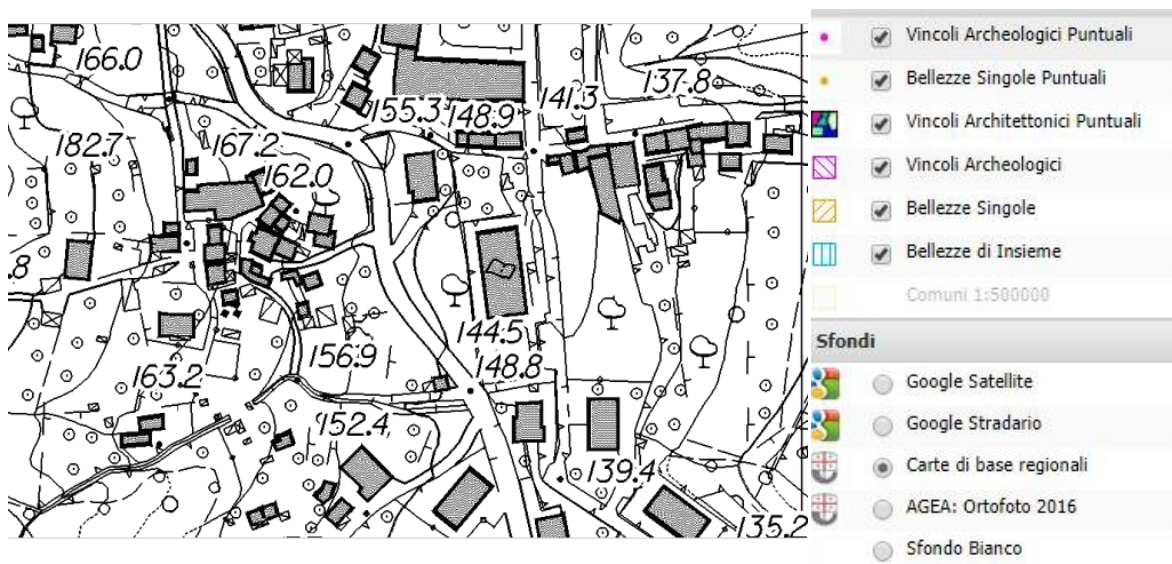
Nota (2): Superficie lorda comprensiva delle zone interne climatizzate e non climatizzate, valutate a partire dalle planimetrie progettuali, opportunamente verificate in fase di sopralluogo

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 scolastico Scuola elementare Pino Soprano non ricade in zona soggetta a vincoli come risulta dalla cartografia nella figura 2.3.

Figura 2.3 - Particolare estratto dalla carta dei vincoli



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 intervista diretta, come pure i periodi di attivazione e spegnimento degli impianti.

Nella Tabella 2.1 sono pertanto riportati gli orari di funzionamento dell'edificio e gli orari di funzionamento degli impianti termici.

Tabella 2.1 – Orari di funzionamento dell'edificio e orari di funzionamento degli impianti termici.

PERIODO	GIORNI SETTIMANALI	ORARIO FUNZIONAMENTO EDIFICIO	ORARIO FUNZIONAMENTO IMPIANTO
[16 aprile - 31 ottobre]	[lunedì- mercoledì-giovedì]	[7.15 – 18.15]	[non attivo]
[16 aprile- 31 ottobre]	[martedì-venerdì]	[7.15 – 16.00]	[non attivo]
[1 novembre -15 aprile]	[lunedì- mercoledì-giovedì]	[7.15 – 18.15]	[6.00 – 17.00]
[1 novembre -15 aprile]	[martedì-venerdì]	[7.15 – 16.00]	[6.00 – 15.00]

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

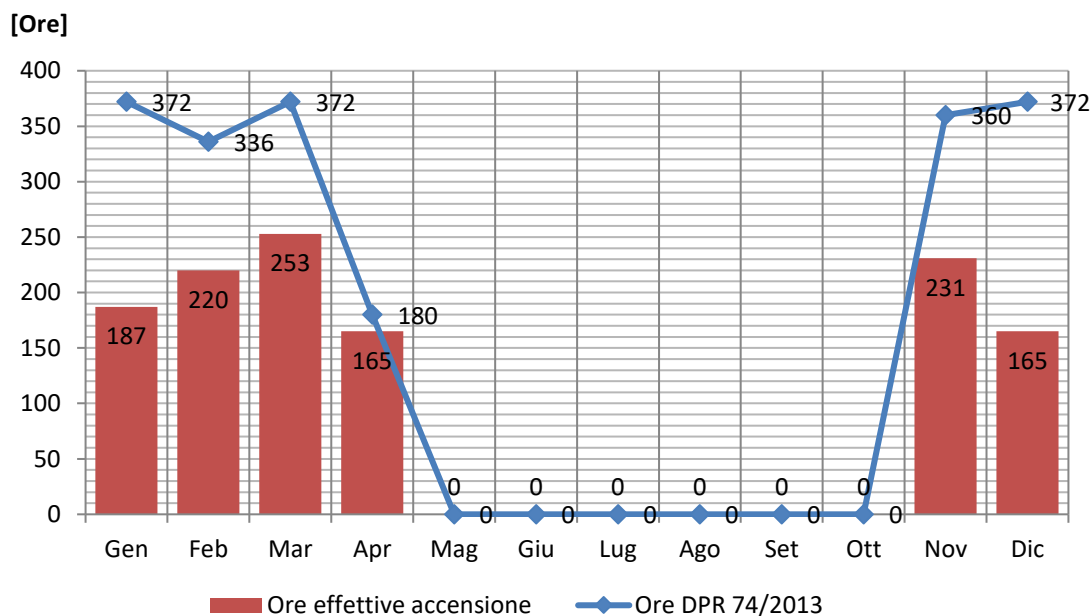


Figura 2.5 – Andamento mensile delle ore effettive di utilizzo dell'impianto termico

Dall'analisi effettuata è emerso che gli orari di funzionamento degli impianti pur non sono strettamente correlati agli orari di espletamento delle lezioni, risultano essere in numero uguale. L'istituto scolastico apre alle ore 7.15 e chiude alle ore 18.15 o alle ore 16.00 a seconda dei giorni settimanali. L'impianto di riscaldamento viene acceso circa un'ora prima dell'apertura e viene spento un'ora prima della chiusura dell'istituto.

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.

Ove presenti, all'interno del contratto di Servizio Energia sono stati inseriti la gestione, conduzione e manutenzione degli impianti di climatizzazione estiva.

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 3 anni.

3 DATI CLIMATICI

3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO

L'edificio oggetto della DE è ubicato nel Comune di Genova, il quale ricade nella zona climatica D, a cui corrispondono 1421Gradi **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 1421GG 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 2.1, i GG sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 922 GG calcolati su 111 giorni effettivi di utilizzo dell'impianto di riscaldamento.

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

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

Tabella 3.2 – Profili mensili dei GG_{rif}

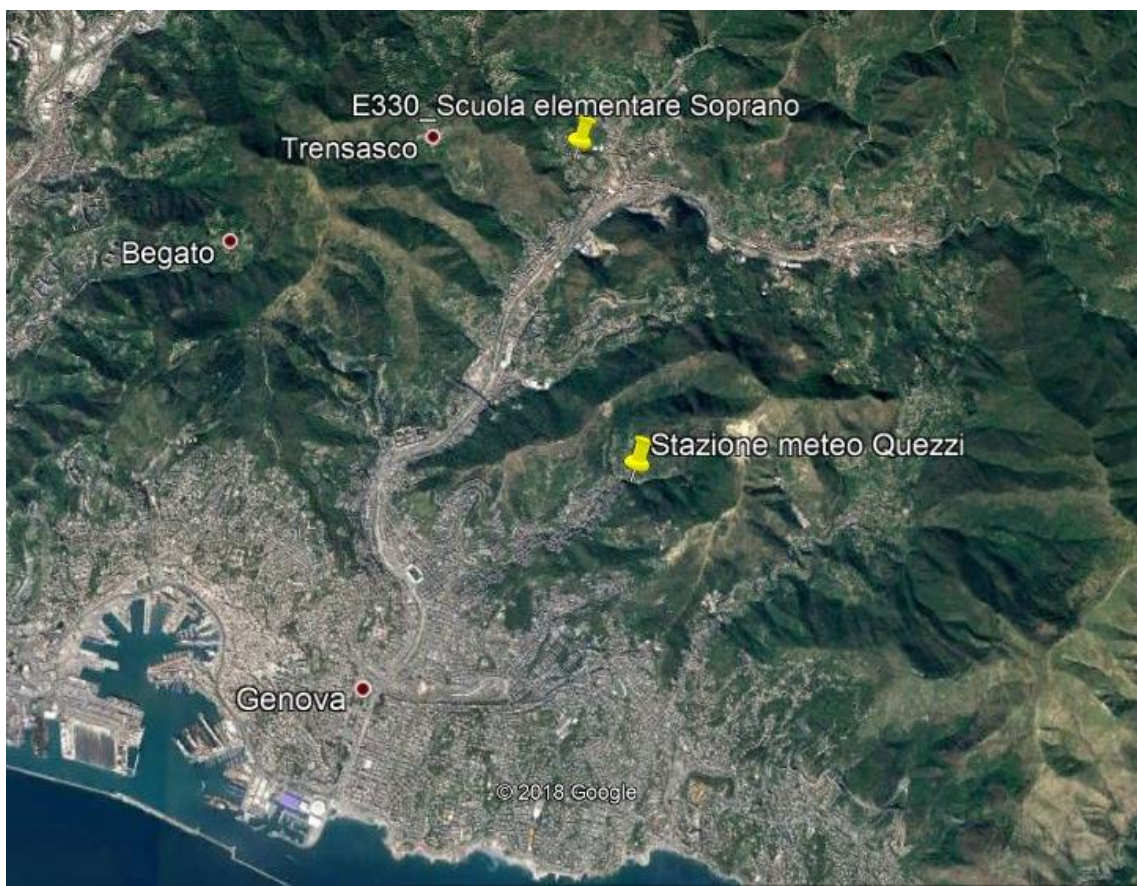
Mese	GIORNI MENSILI	TEMPERATURA ESTERNA UNI 10349:2016 [°C]	GIORNI RISCALDAMENTO [g/m]	GG	GIORNI DI UTILIZZO [g/m]	GIORNI RISCALDAMENTO EFFETTIVI [g/m]	GG _{rif}	PROFILO DI INCIDENZA
Gennaio	31	10,4	31	298	17	17	171	19%
Febbraio	28	10,5	28	266	20	20	220	24%
Marzo	31	11,1	31	276	23	23	197	21%
Aprile	30	15,3	15	71	19	15	81	9%
Maggio	31	18,7	-	-	22	-	-	0%
Giugno	30	22,4	-	-	21	-	-	0%
Luglio	31	24,6	-	-	10	-	-	0%
Agosto	31	23,6	-	-	-	-	-	0%
Settembre	30	22,2	-	-	15	-	-	0%
Ottobre	31	18,2	-	-	22	-	-	0%
Novembre	30	13,3	30	201	21	21	123	13%
Dicembre	31	10,0	31	310	15	15	130	14%
TOTALE	365	16,7	166	1421	205	111	922	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 situata in località Quizzi del comune di Genova.

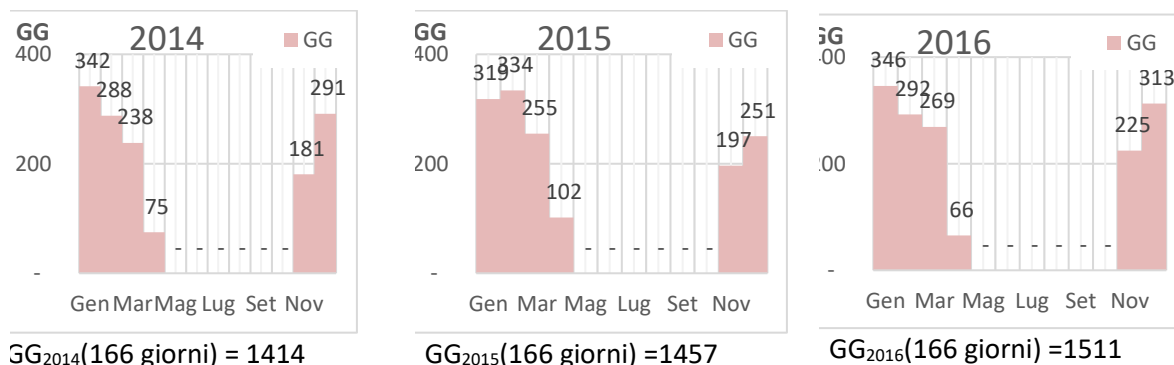
Figura 3.1 – Posizionamento della centralina meteo climatica rispetto all'edificio oggetto di DE



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

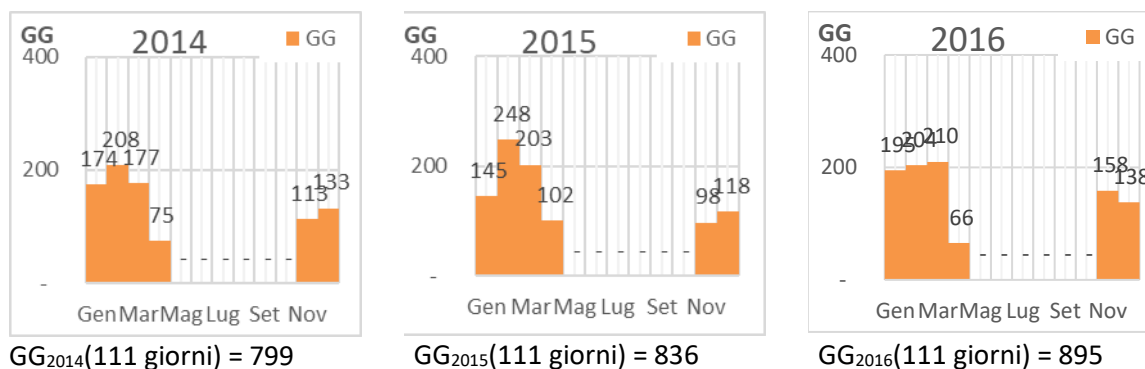


Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.1, i GG reali sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 922 GG calcolati su 111 giorni effettivi di utilizzo dell'impianto di riscaldamento.

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

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

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



4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI

4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO

4.1.1 Involucro opaco

L'involucro edilizio opaco che costituisce l'edificio è costituita da struttura prefabbricata in acciaio ricoperta da lamiera grecata coibentata (o con intercapedine). La copertura del tipo piano invece è rifinita con manto impermeabile. La struttura poggia su basamento in cemento armato con intercapedine.

Figura 4.1 - Particolare della porzione di involucro opaco



Questa soluzione realizzata incide profondamente sul comportamento termico dell'edificio in termini di comfort termico all'interno degli ambienti e quindi di consumi per il riscaldamento, essendo un involucro poco massivo.

Figura 4.2 - Particolare della facciata est



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:

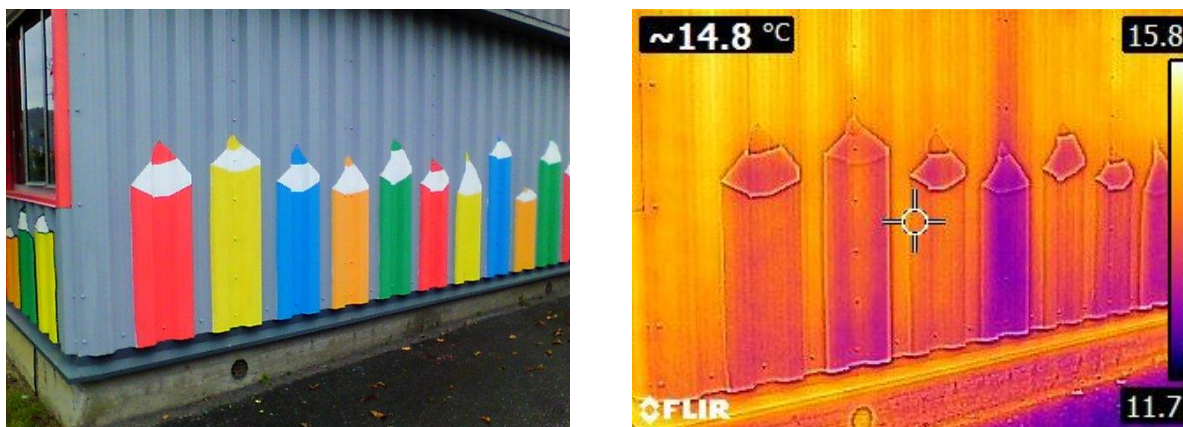
- Rilievo termografico

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni.

Le analisi termografiche effettuate hanno permesso di rilevare in maniera efficace le dispersioni termiche associate all'involucro edilizio. Le indagini sono state eseguite nel periodo invernale e durante le ore diurne in accordo con la norma UNI 13187. La differente tonalità cromatica delle immagini è legata molto spesso alla diversa emissività dei corpi analizzati, in particolare nel caso delle componenti vetrate.

Le immagini termografiche, relative al prospetto, non hanno messo in evidenza particolari ponti termici o disomogeneità della struttura. L'involucro edilizio è caratterizzato in generale, da un isolamento termico uniforme.

Figura 4.3 –Rilievo termografico della parete sud



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

Non è stata svolta nessun'altra prova diagnostica strumentale.

Tabella 4.1 – Trasmittanze termiche dei componenti dell'involucro opaco

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	SPESSORE [cm]	ISOLAMENTO	TRASMITTANZA TERMICA [W/mqK]	STATO DI CONSERVAZIONE
[Copertura]	[COP1]	20	[assente]	[0.60]	[Buono]
[Parete verticale]	[M1]	10	[intercapedine]	[1.20]	[Buono]

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

4.1.2 Involucro trasparente

L'involucro trasparente che costituisce l'edificio è composto da serramenti con telaio in alluminio e vetri singoli.

Lo stato di conservazione degli stessi è sufficiente tale da non comprometterne il comfort all'interno dell'edificio.

Figura 4.4 - Particolare dei serramenti



I valori di trasmittanza dei componenti dell'involucro trasparente sono riportati nella Tabella 4.2.

Tabella 4.2 – Trasmittanze termiche dei componenti dell'involucro trasparente

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	DIMENSIONI [H] [L] [cm] [cm]		TIPO TELAIO	TIPO VETRO	TRASMITTANZA TERMICA [W/mqK]	STATO DI CONSERVAZIONE
[Serramento verticale]	200-P00-001-SE01	0,82	2,00	METALLO	Vetro singolo	5.00	sufficiente

[Serramento verticale]	200-P00-001-SE02	0,80	1,00	METALLO	Vetro singolo	5.00	sufficiente
[Serramento verticale]	200-P00-002-SE01	0,40	0,40	METALLO	Vetro singolo	5.00	sufficiente
[Serramento verticale]	200-P00-002-SE02	0,40	0,40	METALLO	Vetro singolo	5.00	sufficiente
[Serramento verticale]	200-P00-003-SE01	0,40	0,40	METALLO	Vetro singolo	5.00	sufficiente
[Serramento verticale]	200-P00-003-SE02	0,40	0,40	METALLO	Vetro singolo	5.00	sufficiente
[Serramento verticale]	200-P00-004-SE01	0,40	0,40	METALLO	Vetro singolo	5.00	sufficiente
[Serramento verticale]	200-P00-004-SE02	0,40	0,40	METALLO	Vetro singolo	5.00	sufficiente
[Serramento verticale]	200-P00-005-SE01	0,40	0,40	METALLO	Vetro singolo	5.00	sufficiente
[Serramento verticale]	200-P00-005-SE02	0,40	0,40	METALLO	Vetro singolo	5.00	sufficiente
[Serramento verticale]	200-P00-006-SE02	0,40	0,40	METALLO	Vetro singolo	5.00	sufficiente
[Serramento verticale]	200-P00-007-SE01	0,40	0,40	METALLO	Vetro singolo	5.00	sufficiente
[Serramento verticale]	200-P00-007-SE01	0,85	1,80	METALLO	Vetro singolo	5.00	sufficiente
[Serramento verticale]	200-P00-009-SE03	0,40	0,40	METALLO	Vetro singolo	5.00	sufficiente
[Serramento verticale]	200-P00-009-SE02	0,40	0,40	METALLO	Vetro singolo	5.00	sufficiente
[Serramento verticale]	200-P00-009-SE01	0,85	1,80	METALLO	Vetro singolo	5.00	sufficiente
[Serramento verticale]	200-P00-010-SE01	2,05	1,70	METALLO	Vetro singolo	5.00	sufficiente
[Serramento verticale]	200-P00-010-SE02	2,05	1,70	METALLO	Vetro singolo	5.00	sufficiente
[Serramento verticale]	200-P00-010-SE03	2,05	1,70	METALLO	Vetro singolo	5.00	sufficiente
[Serramento verticale]	200-P00-012-SE03	2,05	1,70	METALLO	Vetro singolo	5.00	sufficiente
[Serramento verticale]	200-P00-012-SE02	2,05	1,70	METALLO	Vetro singolo	5.00	sufficiente
[Serramento verticale]	200-P00-012-SE01	2,05	1,70	METALLO	Vetro singolo	5.00	sufficiente
[Serramento verticale]	200-P00-013-SE03	2,05	1,70	METALLO	Vetro singolo	5.00	sufficiente
[Serramento verticale]	200-P00-013-SE02	2,05	1,70	METALLO	Vetro singolo	5.00	sufficiente
[Serramento verticale]	200-P00-013-SE01	2,05	1,70	METALLO	Vetro singolo	5.00	sufficiente
[Serramento verticale]	200-P00-016-SE02	0,40	0,40	METALLO	Vetro singolo	5.00	sufficiente
[Serramento verticale]	200-P00-017-SE01	0,40	0,40	METALLO	Vetro singolo	5.00	sufficiente
[Serramento verticale]	200-P00-017-SE02	0,40	0,40	METALLO	Vetro singolo	5.00	sufficiente
[Serramento verticale]	200-P00-018-SE01	0,40	0,40	METALLO	Vetro singolo	5.00	sufficiente
[Serramento verticale]	200-P00-018-SE01	0,85	1,80	METALLO	Vetro singolo	5.00	sufficiente
[Serramento verticale]	200-P00-019-SE01	0,85	1,80	METALLO	Vetro singolo	5.00	sufficiente
[Serramento verticale]	200-P00-021-SE02	0,85	1,80	METALLO	Vetro singolo	5.00	sufficiente
[Serramento verticale]	200-P00-021-SE01	2,05	1,70	METALLO	Vetro singolo	5.00	sufficiente
[Serramento verticale]	200-P00-022-SE01	2,05	1,70	METALLO	Vetro singolo	5.00	sufficiente
[Serramento verticale]	200-P00-022-SE01	0,85	1,80	METALLO	Vetro	5.00	sufficiente

					singolo		
[Serramento verticale]	200-P00-023-SE02	2,00	2,70	METALLO	Vetro singolo	5.00	sufficiente
[Serramento verticale]	200-P00-023-SE01	0,85	2,20	METALLO	Vetro singolo	5.00	sufficiente
[Serramento verticale]	200-P00-023-SE02	2,00	2,60	METALLO	Vetro singolo	5.00	sufficiente
[Serramento verticale]	200-P00-023-SE01	2,05	1,70	METALLO	Vetro singolo	5.00	sufficiente
[Serramento verticale]	200-P00-023-SE03	2,05	1,70	METALLO	Vetro singolo	5.00	sufficiente

Il medesimo elenco 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

L'impianto di riscaldamento degli ambienti è costituito da un generatore di calore a combustione alimentato a gas metano, che distribuisce calore agli ambienti tramite una rete di radiatori nei quali viene introdotta acqua calda.

4.2.1 Sottosistema di emissione

Il sottosistema di emissione è costituito dalle seguenti tipologie di terminali: radiatori in metallo posti solitamente al di sotto delle finestre, sulle murature esterne.

Figura 4.5 -Vista d'insieme dell'aula con i radiatori sotto finestra



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
Zona termica unica	Radiatori a parete	97%

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

Tabella 4.4 - Riepilogo caratteristiche dei radiatori installati

PIANO/locale	TIPO DI INSTALLAZIONE	NUMERO	POTENZA TERMICA UNITARIA [kW]	POTENZA TERMICA COMPLESSIVA [kW]
Terra				
aula	Radiatore e a parete	2	2x0,725	1,45
Aula 010	Radiatore a parete	3	3x0,67	1,81

Aula 012	Radiatore a parete	3	3x0.77	1,81
Aula 013	Radiatore a parete	3	3x0.77	1,45
Aula 021	Radiatore a parete	1	0.77	1,45
Aula 022	Radiatore a parete	1	0.77	1,45
Ufficio 018	Radiatore a parete	1	1x0.50	1,81
Medicheria 019	Radiatore a parete	1	1x0.50	1,81
Antibagno 014	Radiatore a parete	1	1x0.77	1,45
Antibagno 015	Radiatore a parete	1	1x0.77	1,81
		19		18.12

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'impiantotermico avviene attraverso l'impostazione di una centralina con sistema di regolazione con impostazione della curva climatica indipendente. Al momento del sopralluogo (periodo invernale) era impostata a 21°C.]

Figura 4.6 - Particolare della centralina di regolazione



Si tratta del sistema di regolazione più semplice. La regolazione a punto fisso garantisce all'impianto una temperatura del fluido di mandata costante. Il valore viene impostato manualmente attraverso una valvola termostatica.

Il limite maggiore è la necessità, da parte dell'utilizzatore, di dover regolare l'impianto ogni volta che variano le condizioni esterne. Per ridurre questa esigenza si è diffusa la consuetudine di tarare la valvola termostatica sulla temperatura di progetto (uguale alla massima temperatura necessaria nel giorno più freddo dell'inverno) e di montare sui circuiti dell'impianto attuatori elettrotermici comandati da termostati di zona. Il termostato confronta la temperatura impostata dall'utilizzatore con quella presente e, se la temperatura in ambiente supera quella impostata, toglie corrente all'attuatore che chiude il/i circuito/i. Così facendo all'avvicinarsi alla temperatura di comfort viene progressivamente ridotto il calore fornito con l'effetto di ridurre l'oscillazione della temperatura ambiente

4.2.3 Sottosistema di distribuzione

Il sottosistema di distribuzione è costituito da un unico circuito primario di collegamento tra le unità polivalenti ed i due collettori caldo e freddo (fluido termovettore acqua).

E' presente un'unica pompa di circolazione per la linea mandata acqua calda del tipo elettropompa gemellare di potenza elettrica pari a 0.37 kWe.

Le caratteristiche della pompa di circolazione a servizio del circuito primario sono riportate nella Tabella 4.5.

Tabella 4.5 - Riepilogo caratteristiche pompe circuito primario

	NOME	SERVIZIO	PORTATA ⁽⁵⁾	PREVALENZA ⁽⁶⁾	POTENZA ASSORBITA ⁽⁷⁾
			[m ³ /h]	[kPa]	[kW]
Pompa di circolazione	EG01	mandata acqua calda a collettore	8	42	0.37
TOTALE			8	42	0.37

Nota (5): Valori ricavati da dati di targa

Nota (6): Valori ricavati da dati di targa

Nota (7): Valori ricavati da dati di targa

Le temperature del fluido termovettore all'interno del circuito primario sono riportate nella Tabella 4.6.

Tabella 4.6 – Temperature di mandata e ritorno del circuito primario

	CIRCUITO		TEMPERATURA RILEVATA ⁽⁸⁾	TEMPERATURA CALCOLO
			°C	°C
Circuito principale 1	Mandata	Caldo		70
Circuito principale 1	Ritorno	Caldo		55

Nota (5): Valori utilizzati nel modello di calcolo

Nota (6): Valori ricavati in sede di sopralluogo

Nota (8): Valori rilevati

4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA

Il consumo di acqua calda sanitaria è relativamente ridotto data la destinazione d'uso dell'edificio. La produzione è eseguita tramite bollitori elettrici ad accumulo installati localmente nei servizi igienici a ad uso del personale e degli alunni dell'istituto scolastico.

Figura 4.7 - Particolare del boiler elettrico per la produzione di acqua calda sanitaria]



I rendimenti caratteristici dei sottosistemi dell'impianto di produzione acqua calda sanitaria sono riportati nella Tabella 4.7.

Tabella 4.7 – Rendimenti dell'impianto di produzione acqua calda sanitaria

Sottosistema di Erogazione	Sottosistema di Distribuzione	Sottosistema di Ricircolo	Sottosistema di Accumulo	Sottosistema di Generazione	Rendimento Globale medio stagionale
100%	85.7	n.d	nd	75%	7.5-%

Le caratteristiche tecniche sono riportate nella Sezione 7 dell'Allegato J – Schede di audit.

4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE

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

Tali tipologie di utenze sono state raggruppate insieme ed identificate con la denominazione di forza elettromotrice (FEM) e sono riportate nella Tabella 4.8.

Tabella 4.8 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA NOMINALE [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]	ORE ANNUE DI UTILIZZO [ore]
Zona termica unica	PC fisso	13	100	1300	560
Zona termica unica	PC portatile	3	80	240	560
Zona termica unica	frigo	1	448 (al giorno)	448	49728
Zona termica unica	stampante	6	350	2100	60

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.

4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE

L'impianto di illuminazione è costituito da neon, fluorescenti a medio consumo in plafoniere collegate direttamente al controsoffitto. Tutti gli ambienti presentano la stessa tipologia di impianto di illuminazione, ovvero:

- Lampade a neon in plafoniere installate a soffitto.

Figura 4.8 - Particolare dei corpi illuminanti



L'elenco e le caratteristiche dei corpi illuminanti sono riportate nella Tabella 4.9.

Tabella 4.9 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA UNITARIA [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]
Zona 1	Neon 1x36	3	36	108
Zona 1	Neon 4x18	34	72	2448
Zona 1	Neon 2x18	3	36	108
Zona 1	Neon 2x36	11	72	792

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.

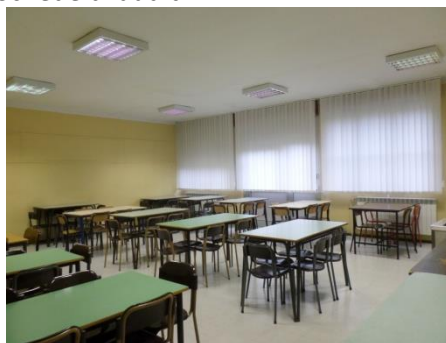


Figura 4.9 - Particolare dei corpi illuminanti in aula

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

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

La fornitura di Gas metano avviene tramite la presenza di 1 contatore il quale è risultato a servizio dei seguenti utilizzi:

- Centrale termica per il riscaldamento degli ambienti della Zona termica unica.

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

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

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

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

PDR	Utilizzo	2014	2015	2016	2014	2015	2016
		[mc]	[mc]	[mc]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
3270005236123	Riscaldamento	5768	6379	5733	54335	60088	54003

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

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

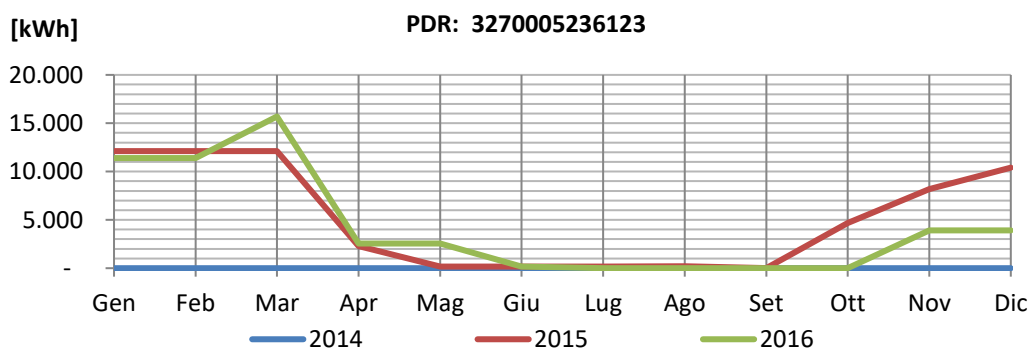
Tabella 5.3 - Consumi mensili di energia termica per il triennio di riferimento – Dati fatturati da società di fornitura

PDR: 3270005236123	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Mese	[Sm ³]	[Sm ³]	[Sm ³]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen	n.d.	1.286	1.211	n.d.	12.115	11.411
Feb	n.d.	1.286	1.211	n.d.	12.115	11.411
Mar	n.d.	1.286	1.666	n.d.	12.115	15.695
Apr	n.d.	242	272	n.d.	2.276	2.559
Mag	n.d.	19	272	n.d.	179	2.559
Giu	n.d.	18	18*	n.d.	169	169
Lug	n.d.	18	0	n.d.	169	3
Ago	n.d.	21	0	n.d.	199	3
Set	n.d.	1	0	n.d.	10	3
Ott	n.d.	497	0	n.d.	4.680	3
Nov	n.d.	870	415	n.d.	8.198	3.908
Dic	n.d.	1.104	415	n.d.	10.404	3.908
Totale	n.d.	6.648	5.481	n.d.	62.628	51.269

Nota (*) Valore stimato in base agli anni precedenti

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

Figura 5.1 – Andamento mensile dei consumi termici fatturati



Dall'analisi effettuata è emerso che il prelievo termico del triennio è caratterizzato da un valore minimo pari a 1 smc, e un valore di massimo prelievo 1666 smc. I consumi annui hanno subito una sostanziale variazione tra il 2015 e il 2016.

Confrontando l'andamento dei consumi con i GG_{real} del triennio di riferimento si può notare che i GG_{real} dell'anno 2015 sono inferiori a quelli dell'anno 2016. Le temperature sono state più basse nell'anno 2016 ma si registra una diminuzione dei consumi di gas metano per lo stesso anno rispetto al 2015. E' da registrare tale anomalia che potrebbe essere dovuta ad una migliore gestione o a manutenzione sugli impianti.

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 GGreali del triennio di riferimento ed i GG di riferimento come valutati al Capitolo 3, definendo il fattore di normalizzazione \bar{a}_{rif} come di seguito riportato:

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

Dove:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Tabella 5.4 – Normalizzazione dei consumi annuali di energia termica

Anno	Ggreali su 111 giorni reali di occupazione	GGrif	Consumo Reale [Smc]	Potere calorifico inferiore [kWh/Nmc]	Fattore di conversione [Smc/Nmc]	Potere calorifico inferiore [kWh/Smc]	Consumo Reale [kWh]	Fattore di normalizzazione α_{rif}	Consumo normalizzato a 1421 GG [kWh]
2014	880	921	5.768	9,94	1,0549	9,42	54.350	61,8	56.919
2015	914	921	6.379	9,94	1,0549	9,42	60.107	65,8	60.613
2016	971	921	5.733	9,94	1,0549	9,42	54.020	55,6	51.249
Media	922	921	5.960				56.159	60,9	56.148

Come si può notare dai dati riportati il comportamento energetico dell'edificio, negli anni considerati, ha subito un incremento nel 2015 e una diminuzione dei consumi per l'anno 2016.

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

Tabella 5.5 – Individuazione della Baseline termica

GRANDEZZA	VALORE
	[kWh]
$\bar{a}_{rif} \times GG_{rif}$	56.148
$Q_{baseline}$	56.148

5.1.2 Energia elettrica

La fornitura di energia elettrica avviene tramite la presenza di 1 contatore.

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

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

L'analisi dei consumi storici di energia elettrica si basa sulla base dei kWh ottenuti dai dati di fatturazione rilevati nel triennio di riferimento.

Tali consumi annuali sono riportati nella Tabella 5.6 con indicazione dei POD di riferimento.

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

POD	ZONA SERVITA	2014	2015	2016	MEDIA
		[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
IT001E04805579	Intero piano	8.754	9.137	9.103	8998
TOTALE		8.754	9.137	9.103	8998

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-E303) e sono emerse le seguenti differenze. Per l'anno 2014 i consumi riportati nella Baseline sono superiori di oltre 1000 kWh. Per l'anno 2015 la differenza è di circa 600 kWh ovvero i consumi sono superiori nella baseline fornita dalla PA. Per l'anno 2016 la fatturazione fornisce un valore inferiore di poco inferiore a 400 kWh.

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 8998 kWh.

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

POD: IT001E04805579	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	169	121	229	519
Febbraio	668	155	220	1.043
Marzo	688	160	258	1.106
Aprile	545	115	198	858
Maggio	511	96	174	781
Giugno	294	73	156	523
Luglio	76	55	138	269
Agosto	27	47	129	203
Settembre	332	88	139	559
Ottobre	604	114	153	871
Novembre	628	159	251	1.038
Dicembre	569	160	255	984
Totale	5.111	1.343	2.300	8.754
POD: IT001E04805579	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]

Gennaio	685	156	251	1.092
Febbraio	707	151	237	1.095
Marzo	530	112	183	825
Aprile	578	107	199	884
Maggio	512	109	187	808
Giugno	289	75	168	532
Luglio	60	46	122	228
Agosto	4	6	20	30
Settembre	392	98	149	639
Ottobre	673	136	174	983
Novembre	707	153	257	1.117
Dicembre	510	139	255	904
Totale	5.647	1.288	2.202	9.137
POD: IT001E04805579	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	561	147	258	966
Febbraio	701	176	252	1.129
Marzo	653	144	226	1.023
Aprile	527	118	194	839
Maggio	586	88	157	831
Giugno	244	58	137	439
Luglio	67	51	136	254
Agosto	32	52	141	225
Settembre	367	77	125	569
Ottobre	562	107	137	806
Novembre	668*	156*	254*	1.078*
Dicembre	540*	150*	255*	944*
Totale	5.507	1.324	2.272	9.103

* valori stimati in base alle medesime mensilità di anni precedenti (dati non reperibile dalle fatture fornite)

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

Tali valori sono riportati nella Tabella 5.8.

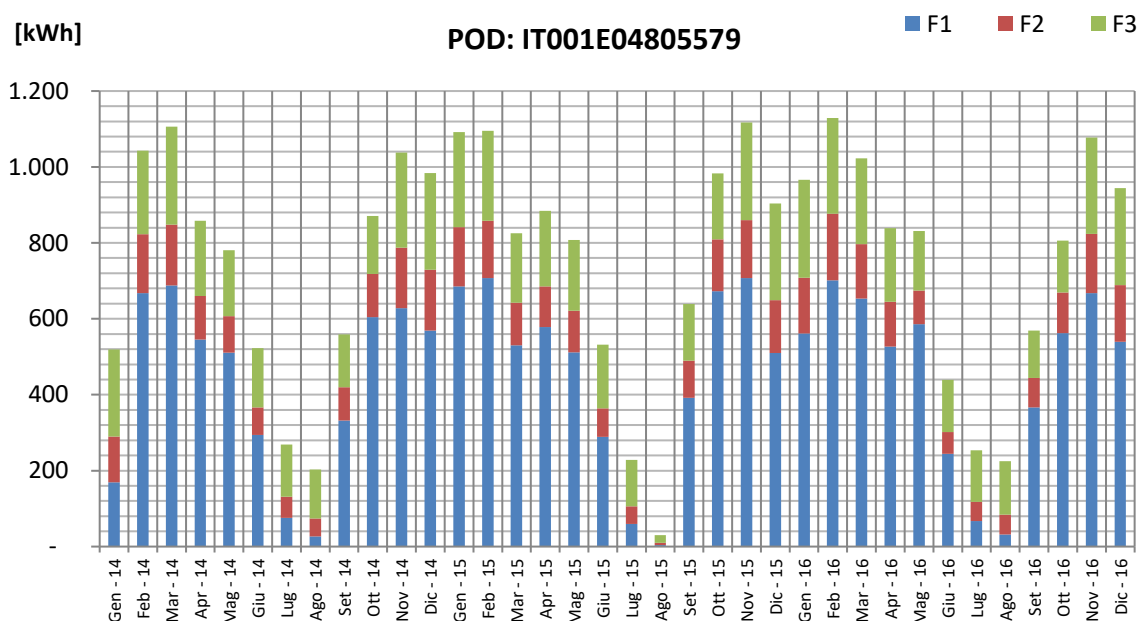
Tabella 5.8 – Consumi mensili di Baseline

BASELINE	F1	F2	F3	TOTALE
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	472	141	246	859
Febbraio	692	161	236	1.089
Marzo	624	139	222	985
Aprile	550	113	197	860
Maggio	536	98	173	807
Giugno	276	69	154	498
Luglio	68	51	132	250
Agosto	21	35	97	153
Settembre	364	88	138	589

Ottobre	613	119	155	887
Novembre	668	156	254	1.078
Dicembre	540	150	255	944
Totale	5.422	1.318	2.258	8.998

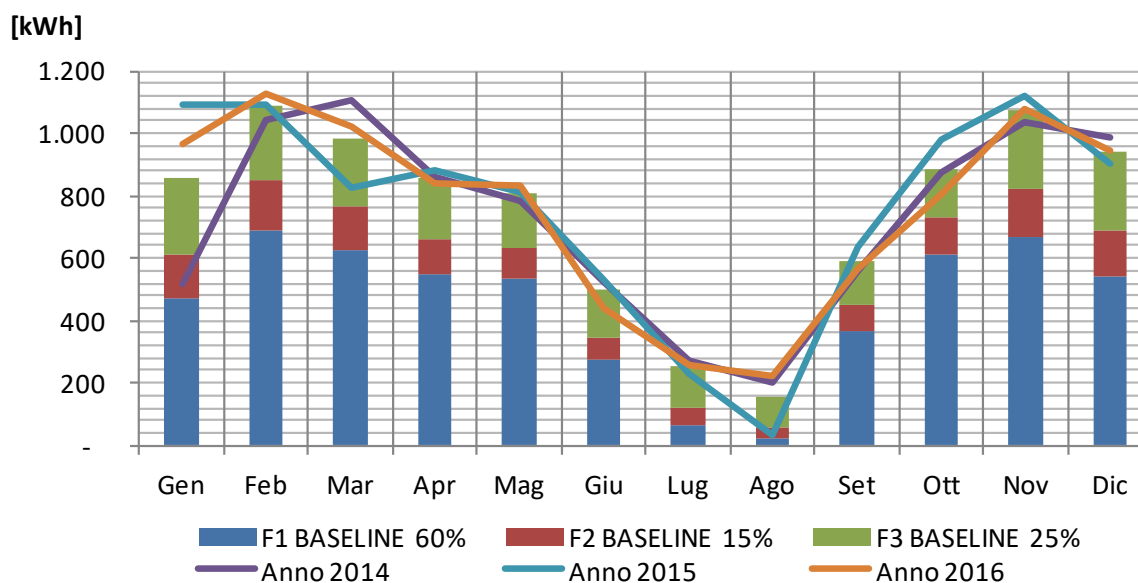
L'andamento dei consumi elettrici mensili nel triennio di riferimento è riportato nei grafici in Figura 5.2.

Figura 5.2–Profili mensili di Baseline riferimento



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

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



I profili di prelievo mensili nel triennio di riferimento presentano andamenti analoghi senza grosse anomalie.

Non sono disponibili profili giornalieri di consumi elettrici.

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
	tCO ₂ /MWh
Energia elettrica	* 0,467
Gas naturale	* 0,202
GPL	* 0,227
Olio combustibile	* 0,267
Gasolio	* 0,267
Benzina	* 0,249

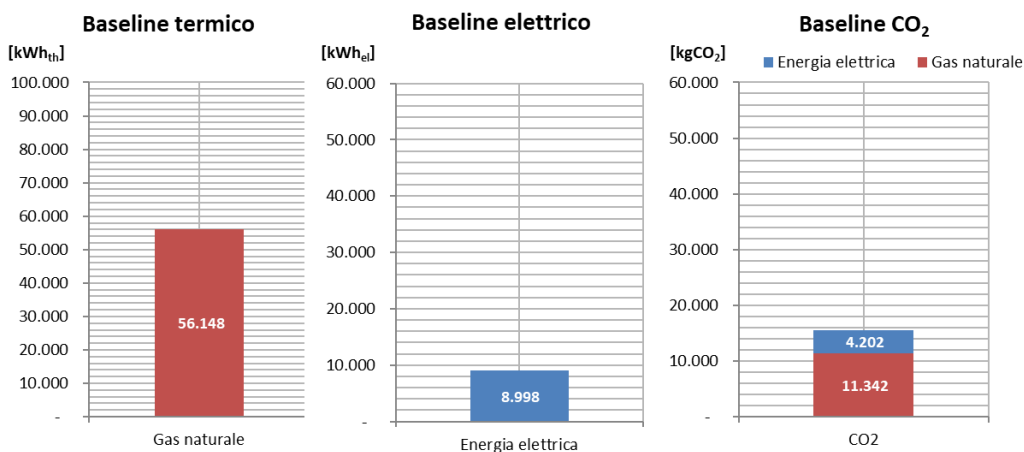
* da "Linee Guida Patto dei Sindaci" per anno 2010

Applicando tali fattori di conversione è stato possibile valutare la Baseline delle emissioni di CO₂, comeriportato nella Tabella 5.10–Baseline delle emissioni di CO₂. Tabella 5.10 e nella Figura 5.4

Tabella 5.10–Baseline delle emissioni di CO₂.

COMBUSTIBILE	CONSUMO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE	
	[kWh]	[tCO ₂ /MWh]	[tCO ₂]
[Energia elettrica]	8998	* 0,467	4,2
[Gas naturale]	56148	0,202	11.342

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



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

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

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

La valutazione degli indicatori di performance è stata effettuata parametrizzando i consumi reali di Baseline di cui al Capitolo 0, in funzione dei fattori riportati nella Tabella 5.12.

Tabella 5.12 – Fattori di riparametrizzazione

PARAMETRO	VALORE	U.M.
FATTORE 1 Superficie netta riscaldata	381	m ²
FATTORE 2 Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	381	m ²
FATTORE 3 Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate)	1453	m ³

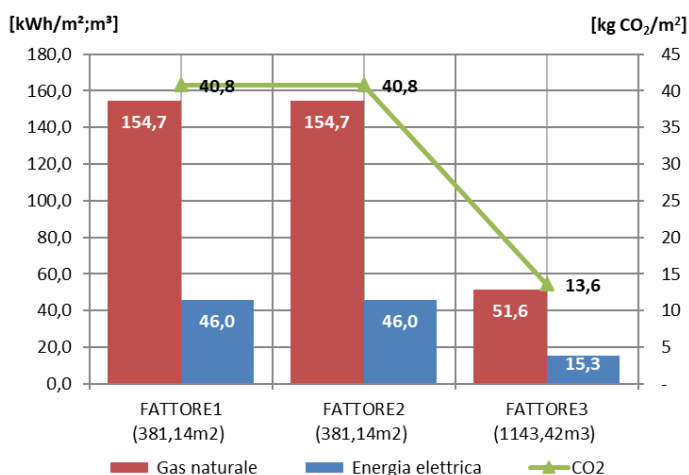
Nella Tabella 5.13e Tabella 5.14sono riportati gli indicatori di performance valutati coerentemente con quanto riportato nella sezione 2.5 dell’Allegato J – Schede di audit.

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

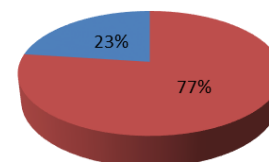
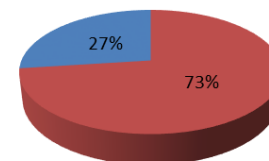
VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA A NON RINN.	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA NON RINN.	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3	FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3
	[kWh/anno]		[kWh/anno]	[kWh/m ²]	[kWh/m ²]	[kWh/m ³]	[Kg CO ₂ /m ²]	[Kg CO ₂ /m ²]	[Kg CO ₂ /m ³]
Gas naturale	56.148	1,05	58.956	154,7	154,7	51,6	29,76	29,76	9,92
Energia elettrica	8.998	1,95	17.546	46,0	46,0	15,3	11,02	11,02	3,67
TOTALE			76.501	201	201	67	41	41	14

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

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE E ENERGIA PRIMARIA NON RINN.	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA NON RINN.	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3	FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3
	[kWh/anno]		[kWh/anno]	[kWh/m ²]	[kWh/m ²]	[kWh/m ³]	[Kg CO ₂ /m ²]	[Kg CO ₂ /m ²]	[Kg CO ₂ /m ³]
Gas naturale	56.148	1,05	58.956	154,7	154,7	51,6	29,76	29,76	9,92
Energia elettrica	8.998	2,42	21.775	57,1	57,1	19,0	11,02	11,02	3,67
TOTALE			80.730	212	212	71	41	41	14

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

Ripartizione % energia primaria

Ripartizione % emissioni CO₂

■ Gas naturale ■ Energia elettrica

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		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Gas Naturale		21,63	17,83	-	-	-
Energia elettrica	-	-	-	18,67	19,49	19,41

I valori medi degli indicatori di performance energetici sono pari a:

$$IEN_R = \frac{\text{Consumo_annuo_riscaldamento} \times F_e \times F_h \times 1000}{GG \times V_{risc}} = 19.7 \text{ Wh/m}^3 \times \text{GG} \times \text{anno}$$

$$IEN_E = \frac{\text{Consumo_energia_elettrica} \times F_h}{A_p} = 19.19 \text{ kWh/m}^2 \times \text{anno}$$

E' stato quindi possibile effettuare un raffronto con le classi di merito riportate nelle suddette Linee Guida ENEA - FIRE, ottenendo un risultato insufficiente per i consumi specifici di riferimento per riscaldamento e per i consumi specifici di riferimento per l'energia elettrica.

L'edificio in commento risulta però realizzato in prefabbricato leggero con presenza di pannelli coibentati. Per scuole di questa tipologia occorre moltiplicare l'indicatore di performance per l'energia termica per il coefficiente 0.8.

Si ottiene dunque:

$$IEN_R = \frac{\text{Consumo_annuo_riscaldamento} \times F_e \times F_h \times 1000}{GG \times V_{risc}} = 15.78 \text{ Wh/m}^3 \times \text{GG} \times \text{anno}$$

La classe di merito per l'energia termica risulta comunque non sufficiente.

Il risultato non sufficiente per l'energia elettrica potrebbe essere attribuibile all'utilizzo di boiler elettrici per l'acqua calda sanitaria e all'efficienza dell'impianto di illuminazione.

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	294,8	287,8
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	271,0	268,9
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	1,1	0,9
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	0,0	0
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	0,0	0
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	22,6	18
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	0,0	0
Emissioni equivalenti di CO2	CO _{2eq}	Kg/mq anno	58,5	58,5

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
	[m ³ /anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	5.960	56.148
Energia Elettrica		9.433

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 a $Q_{baseline}$ 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)	$E_T + E_{altro}^{(*)}$
Perdite al trasformatore	$E_{trasf}^{(*)}$
Energia elettrica esportata dall'impianto a fonti rinnovabili	$E_{exp,el}$

Nota (*) Tale contributo non è definito all'interno delle norme UNITS 11300 pertanto è stato valutato dall'Auditor

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 il reale utilizzo.

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale non rinnovabile	$EP_{gl,nren}$	kWh/mq anno	163,3	157,3
Climatizzazione invernale	EP_H	kWh/mq anno	139,39	138,30
Produzione di acqua calda sanitaria	EP_w	kWh/mq anno	1,39	1,1
Ventilazione	EP_v	kWh/mq anno	-	0
Raffrescamento	EP_c	kWh/mq anno	-	0
Illuminazione artificiale	EP_L	kWh/mq anno	22,51	17,9
Trasporto di persone e cose	EP_T	kWh/mq anno	0	0

Emissioni equivalenti di CO2	CO _{2eq}	Kg/mq anno	32,0	32,0
------------------------------	-------------------	------------	------	------

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	CONSUMO
	[mc/anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	5.960	56.148
Energia Elettrica	[...]	8.998

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]	[%]
58.334	56.148	<5%

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]	[%]
9434	8998	<5%

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

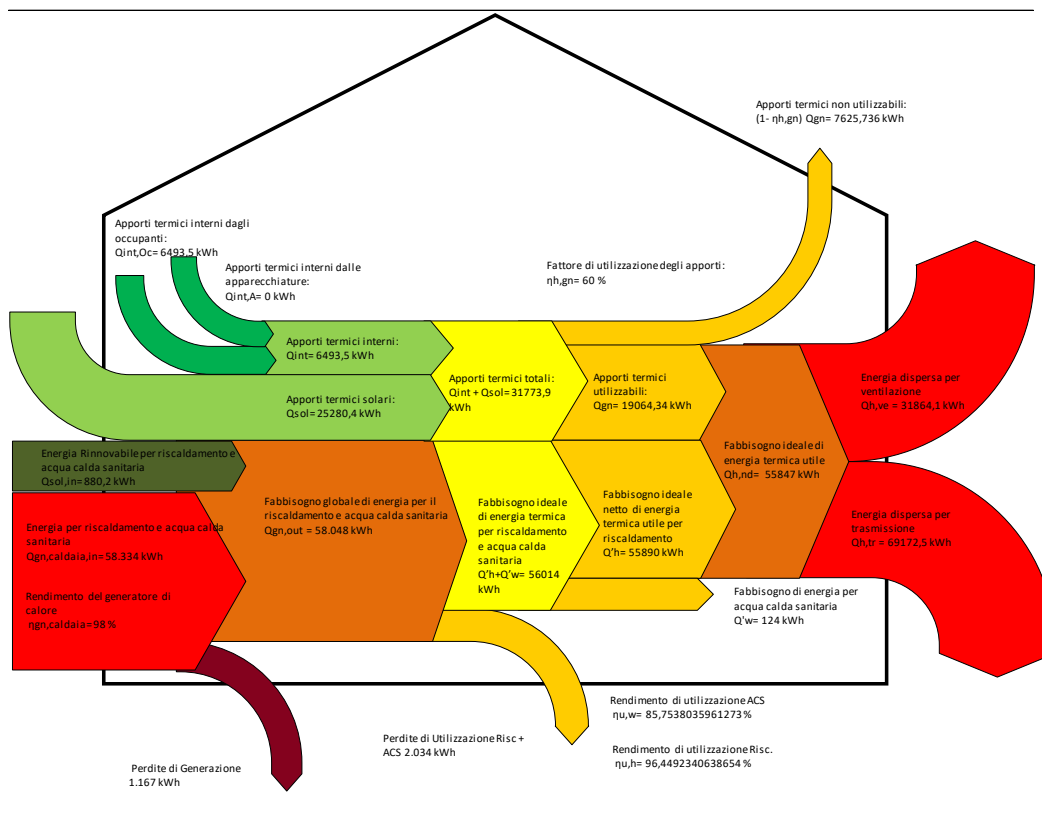
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

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

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

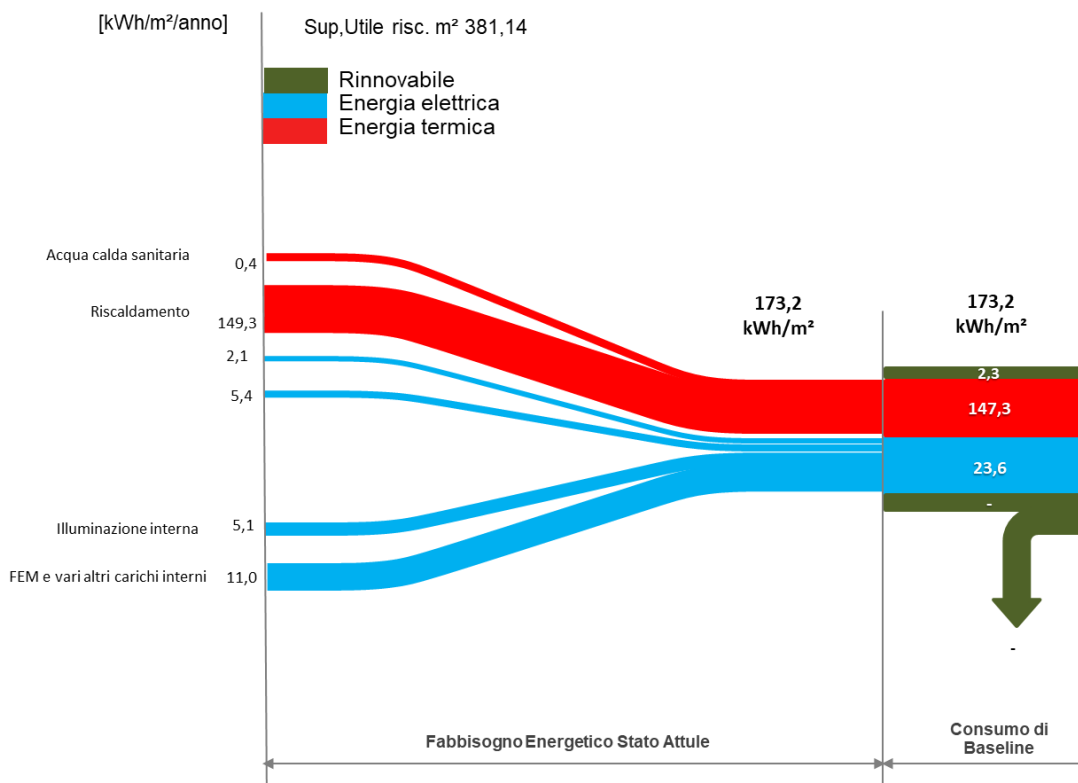
I risultati del bilancio energetico termico sono stati rappresentati nella forma di diagramma di Sankey riportato in Figura 6.1

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



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

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



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

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

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

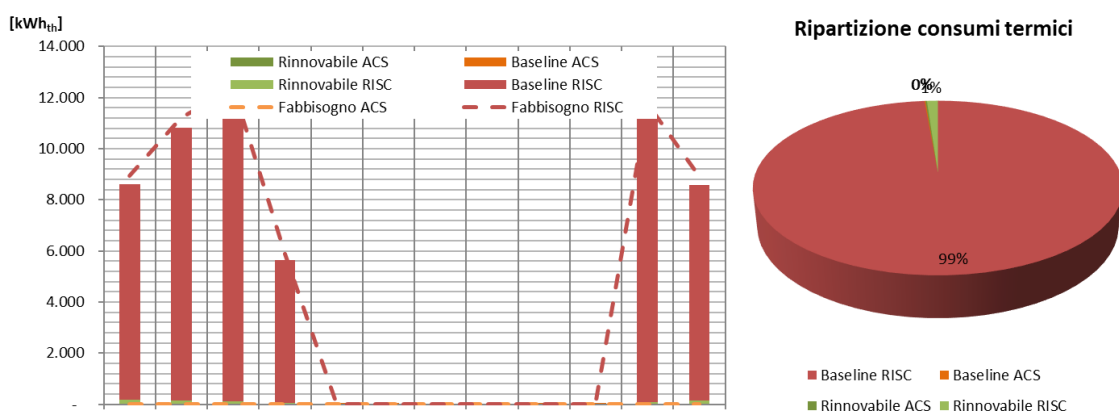
Nel caso in cui, invece i consumi teorici siano inferiori rispetto alla Baseline il termine “Altro – Congruietà” rappresenta la differenza per eccesso tra i consumi specifici di Baseline ed i consumi teorici.

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 del riscaldamento.

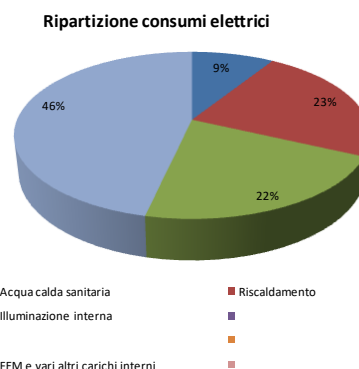
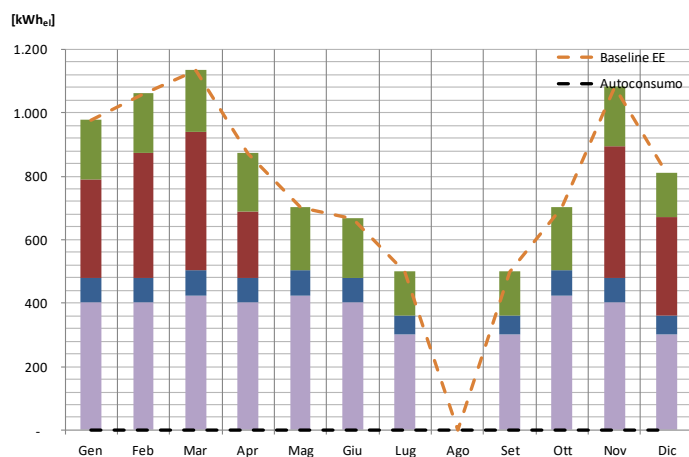
Anche relativamente all'analisi dei fabbisogni di energia elettrica, la ripartizione tra i vari utilizzi è stata effettuata in funzione degli esiti della modellazione.

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 ai carichi interni e all'illuminazione interna.

7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO

7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI

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

7.1.1 Vettore termico

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

- PDR 1 – 3270005236123: contratto di fornitura del solo vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. E' stato quindi possibile effettuare un'analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura.

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

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

PDR: 3270005236123	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura			
Dati di intestazione fattura	Comune di Genova	Comune di Genova	Comune di Genova
Società di fornitura	nd	Eni	Energetic
Inizio periodo fornitura	nd	01/04/2015	01/04/2016
Fine periodo fornitura	01/04/2015	01/04/2016	01/04/2017
Classe del contatore	nd	CLASSE CORRETTORE (G0004)	con correttore automatico
Tipologia di contratto	nd	Utenze con attività di servizio pubblico	Punto di riconsegna per usi diversi
Opzione tariffaria (*)	nd	oP1208	nd
Valore del coefficiente correttivo dei consumi	nd	1	1
Potere calorifico inferiore convenzionale del combustibile	nd	38,190 (superiore)	38,972(Sup)
Prezzi di fornitura del combustibile (*) (IVA INCLUSA)	nd	0,25 €/Smc	0,19 €/Smc

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

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

*Eni divisione gas&power SpA

*Iren Mercato SpA

*Energetic

Dalle informazioni riportate nella tabella si può desumere che l'Amministrazione aderisce al mercato libero dell'energia.

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

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

PDR: 3270005236123	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	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Feb - 14	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Mar - 14	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Apr - 14	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Mag - 14	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Giu - 14	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Lug - 14	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ago - 14	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Set - 14	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ott - 14	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Nov - 14	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Dic - 14	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Totale	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
PDR: 3270005236123	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	522	3	180	245	195	1.146	12.115	0,095
Feb - 15	522	3	180	245	195	1.146	12.115	0,095
Mar - 15	522	3	180	245	195	1.146	12.115	0,095
Apr - 15	64	4	27	51	32	178	2.276	0,078
Mag - 15	5	4	2	3	3	17	179	0,097
Giu - 15	5	4	2	3	3	17	169	0,099
Lug - 15	5	4	2	3	3	16	169	0,096
Ago - 15	3	4	0	0	2	8	199	0,042
Set - 15	0	4	0	0	1	5	10	0,544
Ott - 15	125	4	94	151	82	457	4.680	0,098
Nov - 15	218	4	94	151	103	570	8.198	0,070
Dic - 15	296	4	101	142	119	662	10.404	0,064
Totale	2.287	43	863	1.242	934	5.368	62.628	0,086
PDR: 3270005236123	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	291,67	3,52	129,81	197,36		622	11.411	0,055

Feb - 16	291,67	3,52	129,81	197,36	622	11.411	0,055	
Mar - 16	400,24	3,52	188,34	302,25	894	15.695	0,057	
Apr - 16	35,66	2,57	21,97	34,20	94	2.559	0,037	
Mag - 16	0	2,57	0	0	3	2.559	0,001	
Giu - 16	0	2,57	0	0	3	-	-	
Lug - 16	0	2,57	0	0	3	3	0,997	
Ago - 16	0	2,57	0	0	3	3	0,997	
Set - 16	0,2	2,57	0,12	0,19	3	3	1,195	
Ott - 16	0	2,57	0	0	3	3	0,997	
Nov - 16	173,75	2,57	72,74	143,41	392	3.908	0,100	
Dic - 16	224,02	2,57	85,51	185,63	498	3.908	0,127	
Totale	1.417	34	628	1.060	-	3.140	51.460	0,061

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

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

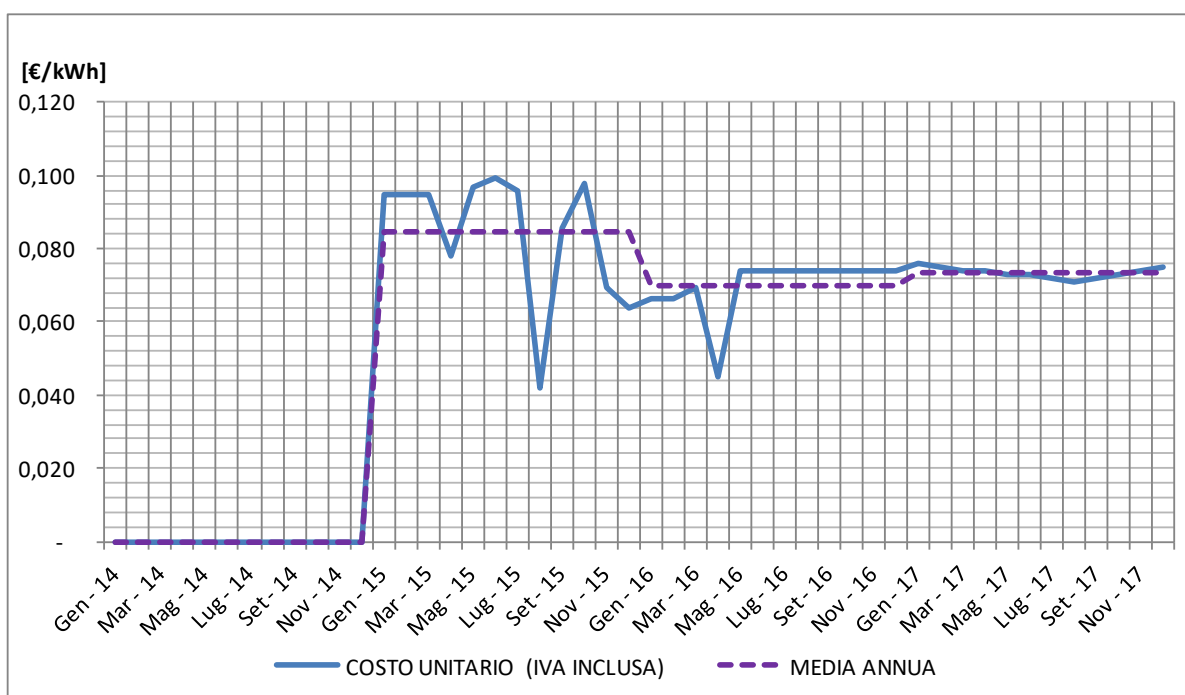
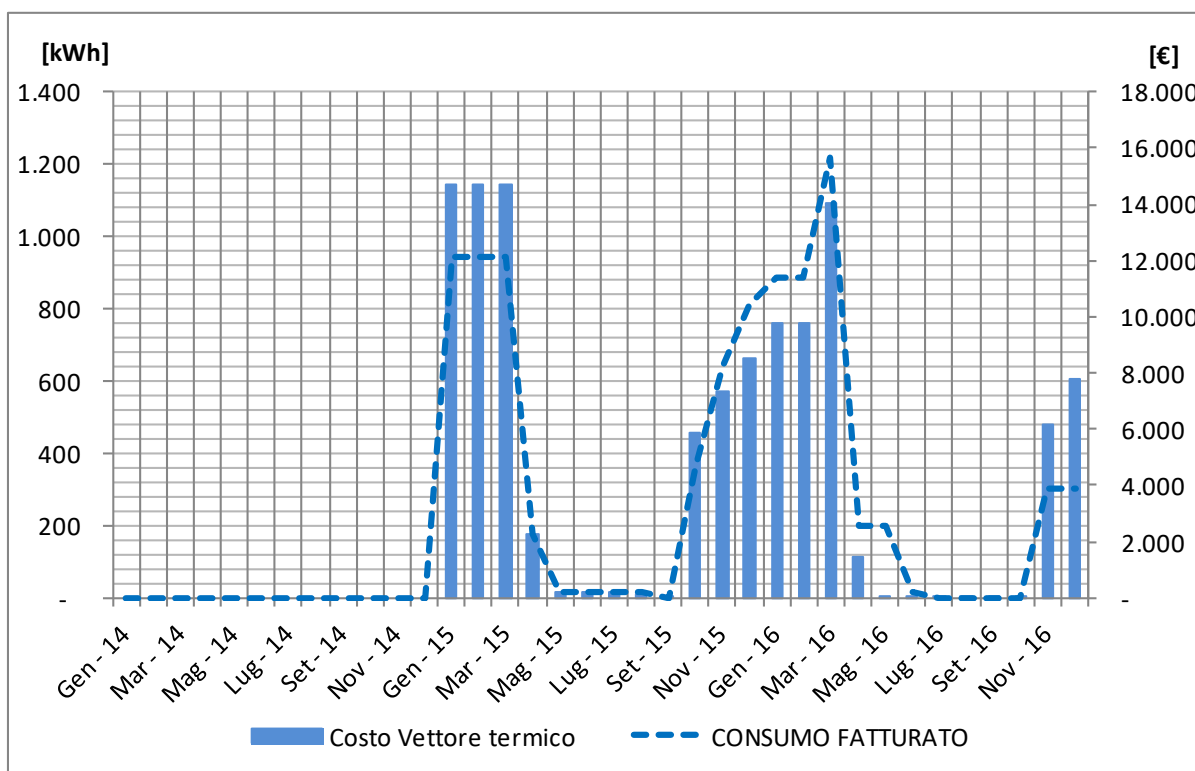


Figura 7.2 – Andamento dei consumi e dei costi dell'energia termica



Dall'analisi effettuata risulta evidente che l'andamento dei costi l'Amministrazione aderisce al mercato libero dell'energia.

7.1.2 Vettore elettrico

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

- POD 1 – IT001E04805579: contratto di fornitura del vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. E' stato quindi possibile effettuare un'analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura.

Nella Tabella 7.3 si riportano le principali caratteristiche del contratto di fornitura del vettore termico per gli anni di riferimento.

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

POD:IT001E04805579	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura			
Dati di intestazione fattura	[Comune di Genova]	[Comune di Genova]	[Comune di Genova]
Società di fornitura	[Edison Energia Spa]	[Edison Energia Spa – Gala Spa]	[Iren Mercato Spa – Gala Spa]
Inizio periodo fornitura	[01/10/2013]	[01/04/2015]	[01/04/2016]
Fine periodo fornitura	[31/03/2015]	[31/03/2016]	[31/12/2016]
Potenza elettrica impegnata	[10 kW]	[8 kW]	[20 kW]
Potenza elettrica disponibile	[11 kW]	[8,8 kW]	[22 kW]
Tipologia di contratto	[Forniture in BT (escluso IP)]	[]	[Consip 13 Verde – L0390]

Opzione tariffaria ⁽¹⁾	[...]	[...]	[...]
Prezzi del fornitura dell'energia elettrica ⁽²⁾	0,0706€/kWh	0,0471 €/kWh	0,0410 €/kWh

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

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

Dalle informazioni riportate nella tabella si può desumere che l'Amministrazione aderisce al mercato libero dell'energia.

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

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

POD:IT001E04805 579	VENDITA	DISPACCIAMENTO	RETE	ACCISE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO
Anno 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€/kWh]
Gennaio	35,68	6,14	80,81	6,49	28,72	157,84	519	0,304
Febbraio	77,02	13,49	114,70	13,04	48,72	266,97	1.043	0,256
Marzo	81,18	14,31	119,47	13,83	51,09	279,88	1.106	0,253
Aprile	63,06	15,08	102,76	10,73	42,74	234,37	858	0,273
Maggio	57,56	13,43	96,76	9,76	39,53	217,04	781	0,278
Giugno	37,70	9,02	76,75	6,54	28,89	158,90	523	0,304
Luglio	18,12	4,86	48,30	4,00	8,74	84,02	269	0,312
Agosto	13,14	3,24	52,09	2,54	15,69	86,70	203	0,427
Settembre	40,82	8,93	79,94	6,99	30,33	167,01	559	0,299
Ottobre	65,02	13,01	31,46	10,08	17,95	137,52	871	0,158
Novembre	75,97	9,89	137,80	13,96	20,22	257,84	1.038	0,248
Dicembre	71,63	8,51	124,32	12,08	17,99	234,53	984	0,238
Totale	636,91	119,91	1.065,16	110,04	350,62	2.282,63	8.754	0,26

POD:IT001E04805 579	VENDITA	DISPACCIAMENTO	RETE	ACCISE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO
Anno 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€/kWh]
Gennaio	80,24	14,25	127,54	13,65	0	235,68	1.092	0,216
Febbraio	80,79	14,49	127,80	13,69	22,95	259,72	1.095	0,237
Marzo	60,78	15,06	131,51	14,25	23,44	245,04	825	0,297
Aprile	37,25	6,50	80,95	6,51	25,98	157,18	884	0,178
Maggio	32,48	10,06	104,92	10,10	0	157,57	808	0,195
Giugno	21,30	6,60	81,87	6,65	11,81	128,23	532	0,241
Luglio	9,46	4,20	70,70	4,81	9,65	98,82	228	0,433
Agosto	1,27	0,32	25,31	0,38	2,86	30,14	30	1,005
Settembre	21,41	6,97	85,11	7,99	12,37	133,85	639	0,209
Ottobre	46,86	13,01	31,46	10,08	17,95	119,36	983	0,121
Novembre	36,69	9,89	137,80	13,96	20,22	218,56	1.117	0,196
Dicembre	29,53	8,51	124,32	12,08	17,99	192,42	904	0,213

Totale	458,06	109,86	1.129,29	114,15	165,21	1.976,57	9.137	0,216
--------	--------	--------	----------	--------	--------	----------	-------	-------

POD:IT001E04805 579	VENDITA	DISPACCIAME NTO	RETE	ACCISE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO
Anno 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[kWh]
Gennaio	29,84	10,99	116,98	12,08	17,30	187,19	966	0,194
Febbraio	44,57	12,83	130,55	14,11	20,67	222,73	1.129	0,197
Marzo	37,54	11,62	121,72	12,79	18,76	202,43	1.023	0,198
Aprile	27,21	13,79	75,12	10,49	16,13	142,74	839	0,170
Maggio	27,91	13,28	74,53	10,39	16,32	142,43	831	0,171
Giugno	16,69	7,21	27,64	5,49	10,45	67,48	439	0,154
Luglio	10,74	5,51	25,90	3,18	7,84	53,17	254	0,209
Agosto	8,24	4,88	25,63	2,81	7,22	48,77	225	0,217
Settembre	25,96	12,33	3,36	4,47	6,13	52,25	569	0,092
Ottobre	46,86	13,01	31,46	10,08	17,95	119,36	806	0,148
Novembre	57,23	9,89	137,80	13,96	20,22	239,10	1.078	0,222
Dicembre	49,56	8,51	124,32	12,08	17,99	212,46	944	0,225
Totale	382,33	123,85	895,01	111,93	176,98	1.690,10	9.103	0,186

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

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

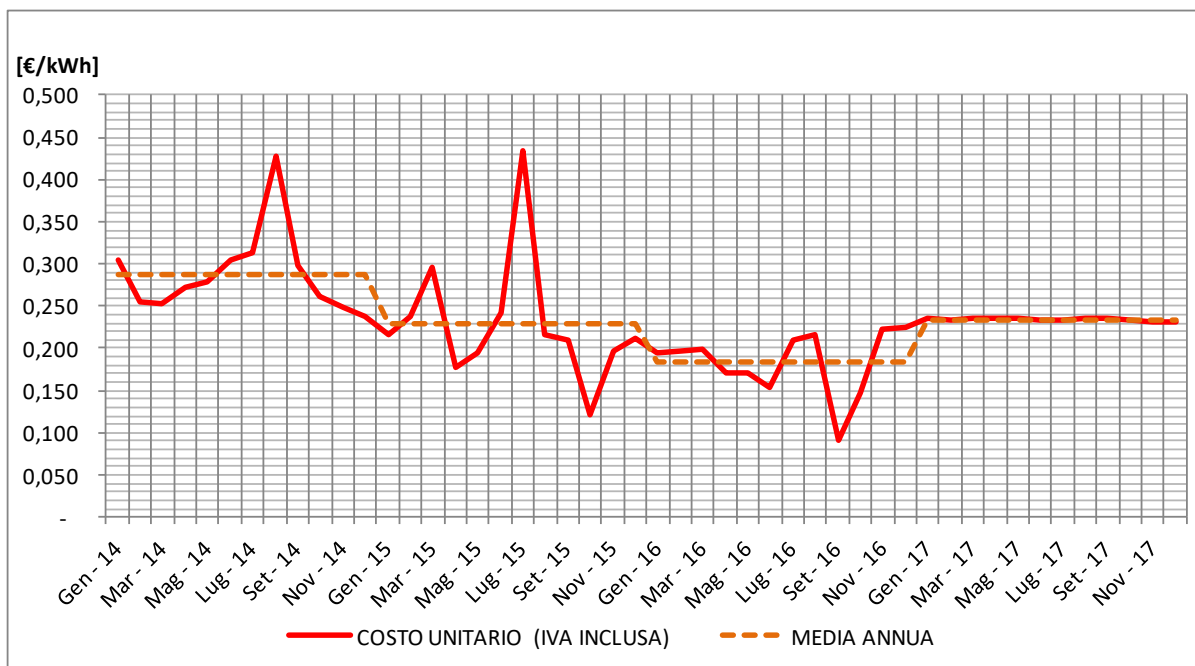
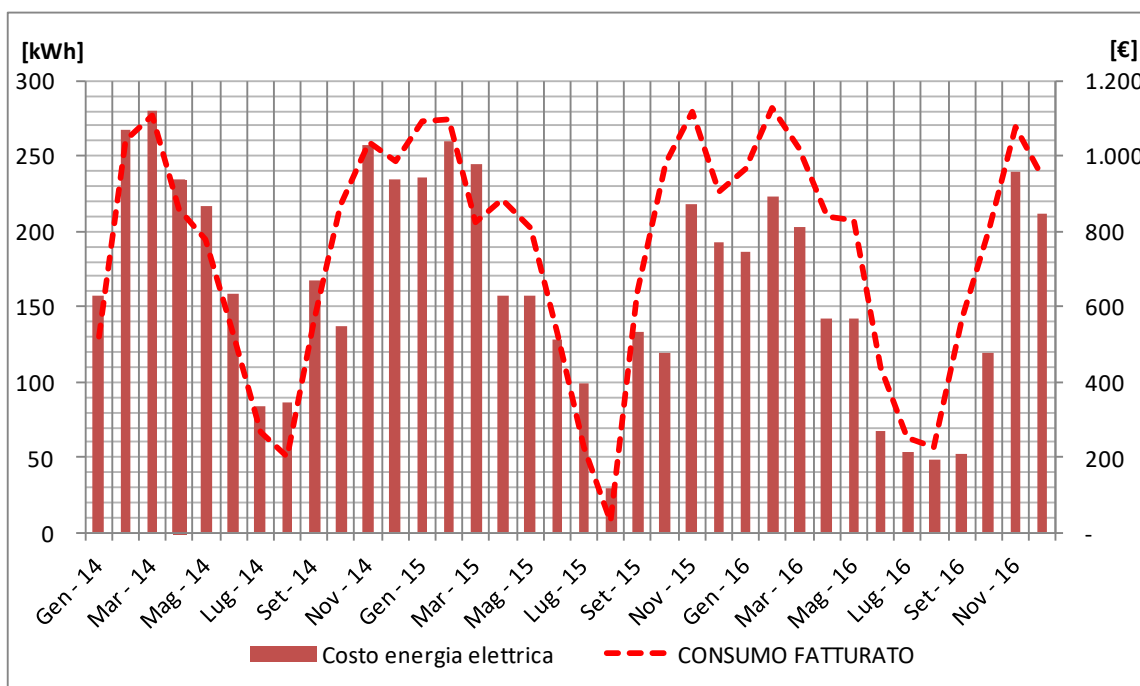


Figura 7.4 – Andamento dei consumi e dei costi dell'energia elettrica



7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI

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

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

Tabella 7.5 - Sintesi dei consumi nel triennio di riferimento

ANNO	VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			TOTALE
	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[€]
2014	nd	nd	nd	8.754	2.282,63	0,261	[...]
2015	62.628	5.368,37	0,086	9.137	1.976,57	0,216	7.344,94
2016	51.629	3.830,31	0,074	9.103	1.690,10	0,186	5.520,41
Media	57.128,5	4.599,34		8.998	1.983,10	0,221	6.432,68

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

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo unitario dell'energia termica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	C _{Uq}	0.086 [€/kWh]
Costo unitario dell'energia elettrica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	C _{UE}	0.250 [€/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:

- L1-42-200-E303: servizio di conduzione e manutenzione caldaia con potenza > 35 kW

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 2.253 €.

Nel caso di impianti non oggetto di fornitura di energia, il costo della manutenzione C_M è pari al valore contrattuale della conduzione e manutenzione (C_{SIE3}) come fornito all'interno del file kyotoBaseline-E303. In questo caso i costi della manutenzione sono ripartiti in una quota ordinaria (C_{MO}) e in una quota straordinaria (C_{MS}) come segue:

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

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

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

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

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

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

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

Nel caso in esame l'impianto non è oggetto di fornitura di energia da parte della società di "Gestione, Conduzione e Manutenzione".

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

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo per la gestione e manutenzione ordinaria	Corrispettivo annuale relativo al contratto O&M in essere	C_{MO}	1.436 [€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Media relativa a gli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici	C_{MS}	160 [€/anno]

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

7.4 BASELINE DEI COSTI

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

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

Per la componente energetica vale la seguente formula:

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

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

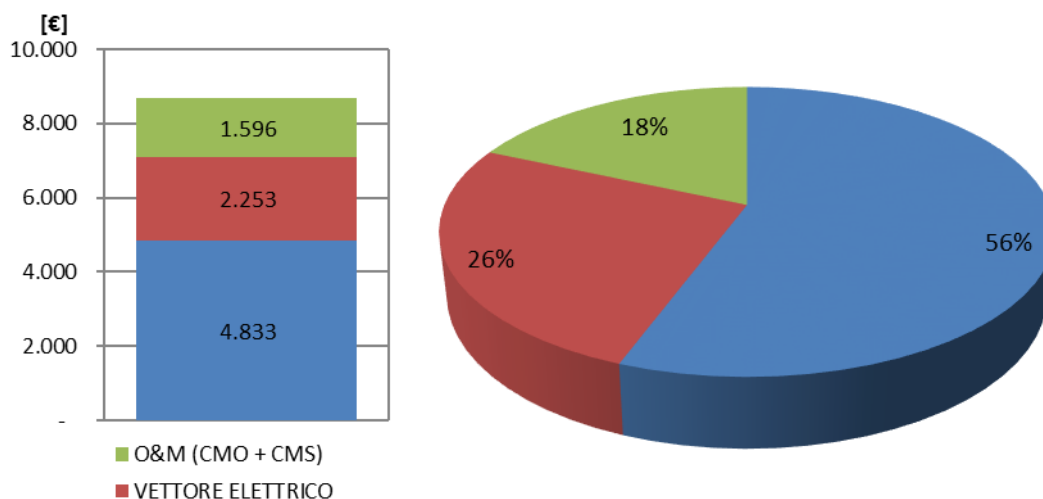
$$C_{baseline} = C_E + C_{MO} + C_{MS}$$

Ne risulta quindi un C_E pari a € 9.063 e un $C_{baseline}$ pari a € 10.659

Tabella 7.8 – Valori di costo individuati per il calcolo della Baseline

VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)			TOTALE
$Q_{baseline}$	Cu_Q	C_Q	$EE_{baseline}$	Cu_{EE}	C_{EE}	C_M	C_{MO}	C_{MS}	$C_Q + C_{EE} + C_M$
[kWh]	[€/kWh]	[€]	[kWh]	[€/kWh]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
56.148	0,086	4.833	8.998	0,250	2.253	1.596	1.436	160	8.682

Figura 7.5 – Baseline dei costi e loro ripartizione



8 IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA

8.1 DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI

8.1.1 Impianto riscaldamento

EEM1: Installazione di valvole termostatiche

Generalità

Il controllo dell'energia termica erogata localmente dai terminali scaldanti rappresenta una delle più efficaci strategie per il contenimento dei consumi energetici. I motivi sono essenzialmente due: con questi dispositivi si riesce a controllare in modo puntuale la temperatura all'interno dei locali in cui vengono installati ma, soprattutto, si riescono a sfruttare meglio gli apporti di calore gratuiti. Attraverso questi dispositivi, l'impianto si autoregola in funzione delle esigenze locali e, negli impianti esistenti con una distribuzione non più efficiente, e in grado di ripristinare l'equilibrio necessario per garantire in ogni ambiente il corretto apporto di calore.

Caratteristiche funzionali e tecniche

Valvole termostatiche:

La regolazione locale viene normalmente effettuata con valvole termostatiche. Su ogni radiatore, le valvole termostatiche sostituiscono la valvola manuale e regolano automaticamente l'afflusso di acqua calda in base alla temperatura scelta e impostate su una apposita manopola graduata. Il raggiungimento di valori di temperature ottimali è comunque vincolato alle caratteristiche dell'impianto di riscaldamento e al posizionamento della valvola.

I benefici in termini di risparmio energetico sono notevoli (risparmio anche superiore al 15-20%) se confrontati con il costo di installazione che è relativamente basso.

Descrizione dei lavori

L'intervento prevede l'installazione di una valvola per ogni radiatore presente, avente forma e caratteristiche compatibili alle tubazioni a cui sono connessi i terminali.

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM2 sono riportati nella Tabella 8.1.

Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM1

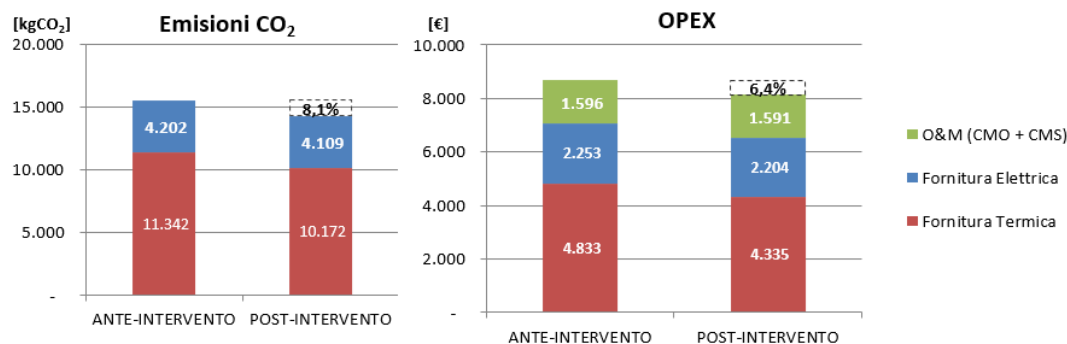
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Rendimento di regolazione	[%]	92	99	-7,6%
$Q_{teorico}$	[kWh]	58.721	52.663	10,3%
$EE_{teorico}$	[kWh]	9.434	9.226	2,2%
$Q_{baseline}$	[kWh]	56.148	50.355	10,3%
$EE_{baseline}$	[kWh]	8.998	8.800	2,2%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	11.342	10.172	10,3%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	4.202	4.109	2,2%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	15.544	14.281	8,1%

Fornitura Termica, C _Q	[€]	4.833	4.335	10,3%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	2.253	2.204	2,2%
Fornitura Energia, C_E	[€]	7.087	6.538	7,7%
C _{MO}	[€]	1.436	1.436	0,0%
C _{MS}	[€]	160	155	2,9%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	1.596	1.591	0,3%
OPEX	[€]	8.683	8.130	6,4%
Classe energetica	[-]	E	D	+ classi

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

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,086[€/kWh]per il vettore termico e 0.250 [€/kWh] per il vettore elettrico.

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



8.1.2 Involucro trasparente

EEM3: Sostituzione chiusure trasparenti

Generalità

La misura prevede la sostituzione degli infissi esistenti e delle chiusure trasparenti, congiuntamente alla installazione di un sistema di termoregolazione sull'impianto di emissione del calore per riscaldamento.

I nuovi infissi avranno caratteristiche di trasmittanza inferiori al valore soglia fissati dal Conto Termico.

Figura 8.2 – Particolare di infisso in pvc con vetro doppio



Caratteristiche funzionali e tecniche

Iserramenti svolgono un ruolo fondamentale per quanto riguarda il comfort degli ambienti interni; essi infatti devono soddisfare una serie di requisiti legati a varie esigenze, quali: illuminazione; tenuta alle intemperie, resistenza meccanica, ventilazione, isolamento termico. Gli infissi in PVC con vetro

doppio forniscono buone prestazioni energetiche al fine di garantire comfort termico all'interno dell'unità immobiliare, contenendo i costi per il riscaldamento.

Descrizione dei lavori

La posa deve essere effettuata da personale tecnico specializzato che rilasci una garanzia di conformità di installazione del prodotto rispetto alle specifiche tecniche.

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM2 sono riportati nella Tabella 8.2 e nella Figura 8.3.

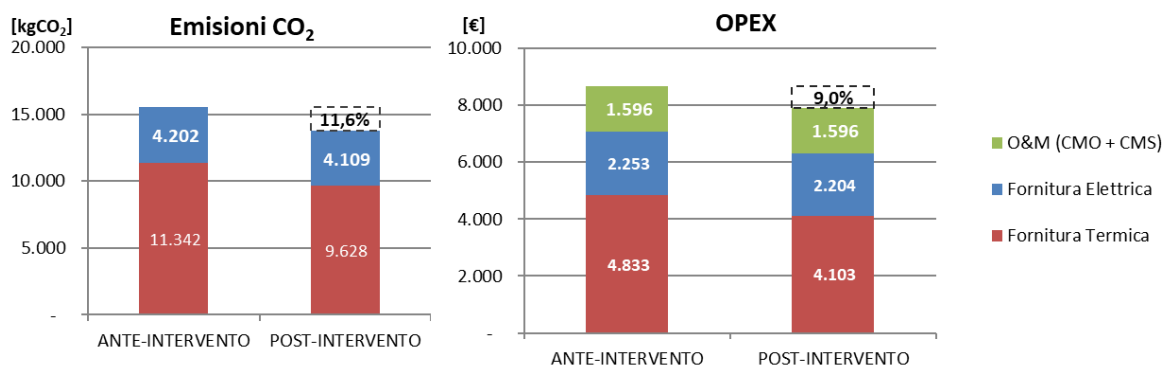
Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM2 – Sostituzione chiusure trasparenti

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Trasmittanza	[W/mqK]	3	1	66,7%
Q _{teorico}	[kWh]	58.721	49.847	15,1%
EE _{teorico}	[kWh]	9.434	9.226	2,2%
Q _{baseline}	[kWh]	56.148	47.663	15,1%
EE _{baseline}	[kWh]	8.998	8.800	2,2%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	11.342	9.628	15,1%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	4.202	4.109	2,2%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	15.544	13.737	11,6%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	4.833	4.103	15,1%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	2.253	2.204	2,2%
Fornitura Energia, C_E	[€]	7.087	6.307	11,0%
C _{MO}	[€]	1.436	1.436	0,0%
C _{MS}	[€]	160	160	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	1.596	1.596	0,0%
OPEX	[€]	8.683	7.903	9,0%
Classe energetica	[-]	E	D	+ classi

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

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,086[€/kWh] per il vettore termico e 0,250[€/kWh]

Figura 8.3– EEM3: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



8.1.3 Impianto di illuminazione ed impianto elettrico

EEM4: Installazione di impianto di illuminazione LED

Generalità

La misura prevede la sostituzione delle lampade esistenti con lampade ad alta efficienza con lo scopo di ridurre il consumo di energia per l'illuminazione. Una maggiore efficienza implica, a parità di lumen, una minore potenza e una riduzione del calore emesso in ambiente. Nel periodo estivo tutto questo si traduce anche in un risparmio di energia dell'impianto di climatizzazione.

esistenti.

Caratteristiche funzionali e tecniche

I costi di intervento possono essere limitati qualora sia possibile prevedere la sostituzione della sola lampada con modelli compatibili a maggiore efficienza, mantenendo il porta lampada esistente. È consigliabile prevedere un progetto illuminotecnico degli spazi, in modo da comprendere come possa essere gestita l'illuminazione in termini di comfort: l'analisi dello stato di fatto potrebbe suggerire non solo la sostituzione delle lampade, ma anche la ricollocazione o l'integrazione dei corpi

Figura 8.4 - Particolare dei corpi illuminanti attualmente installati



Descrizione dei lavori

Si prevede la sostituzione dei corpi illuminanti secondo il criterio della sostituzione puntuale. Ci si assicura inoltre che la potenza delle lampade LED installate sia inferiore al 50% della potenza delle lampade sostituite.

Prestazioni raggiungibili

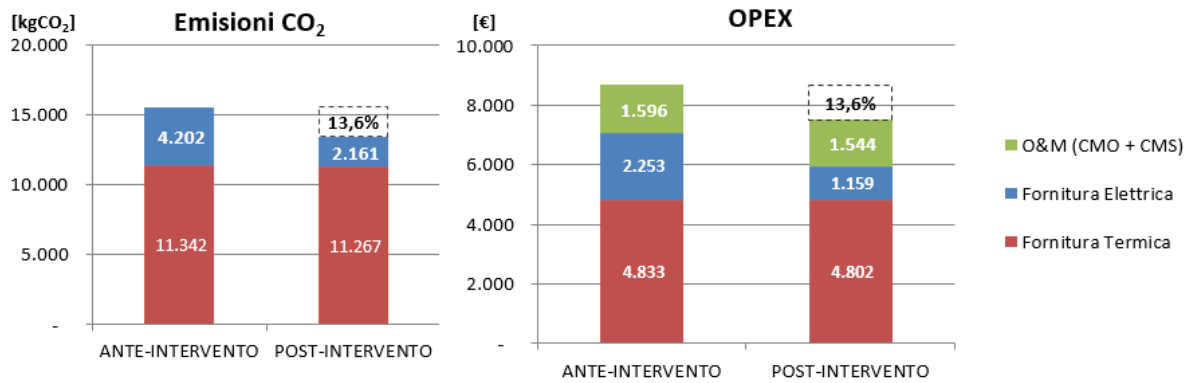
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM1 sono riportati nella [Tabella 8.1](#).

Tabella 8.3 – Risultati analisi EEM3 – Impianto di illuminazione ed impianto elettrico

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Potenza installata	[W]	4000	2000	50,0%
Q _{teorico}	[kWh]	58.721	58.334	0,7%
EE _{teorico}	[kWh]	9.434	4.851	48,6%
Q _{baseline}	[kWh]	56.148	55.778	0,7%
EE _{baseline}	[kWh]	8.998	4.627	48,6%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	11.342	11.267	0,7%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	4.202	2.161	48,6%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	15.544	13.428	13,6%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	4.833	4.802	0,7%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	2.253	1.159	48,6%
Fornitura Energia, C_E	[€]	7.087	5.960	15,9%
C _{MO}	[€]	1.436	1.429	0,5%
C _{MS}	[€]	160	115	28,0%

O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	1.596	1.544	3,3%
OPEX	[€]	8.683	7.504	13,6%
Classe energetica	[-]	E	D	+ classi

Figura 8.5– EEM2: 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: Installazione di valvole termostatiche

Nella Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 1, che consiste nell'installazione di valvole termostatiche.

Tabella 9.1 – Analisi dei costi della EEM1

CODICE	DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
					[€/n° o €/m ²]	[€]	[€]	[€]
PR.C17.A15.010	Valvole micrometriche a squadra complete di testa termostatica con elemento sensibile a gas: Ø 15 mm	Prezzario Regione Liguria	19	cad	€ 32,20	€ 611,80	22%	€ 746,40
40.E10.A10.020	Sola posa in opera di pompe e/o circolatori singoli o gemellari per fluidi caldi o freddi, compreso bulloni, guarnizioni e il collegamento alla linea elettrica, escluse le flange. Per attacchi del diametro nominale di: maggiore di 40 mm fino a 65 mm	Prezzario Regione Liguria	0	cad	€ 45,51	€ -	22%	€ -
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	€ 20,63	€ 20,63	22%	€ 25,17
RU.M01.E01.020	Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezzario Regione Liguria	24	h	€ 28,98	€ 695,56	22%	€ 848,59
	Costi per la sicurezza	-	3%	%		€ 39,84	22%	€ 48,60
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%		€ 92,96	22%	€ 113,41
TOTALE (I₀ – EEM1)						€ 1.460,79	22%	€ 1.782,16
Incentivi	[Conto termico]							0
Durata incentivi								0
Incentivo annuo								0

EEM2: Sostituzione infissi

Nella Tabella 9.1 e Tabella 9.2 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 2, che consiste nella sostituzione degli infissi.

Tabella 9.2 – Analisi dei costi della EEM2

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ²]	[€]	[€]	[€]

25.A05.H01.100	Smontaggio e recupero delle parti riutilizzabili, incluso accantonamento nell'ambito del cantiere, di: serramenti in acciaio, PVC, alluminio, compreso telaio (misura minima 2,00 m ²)	Prezziario Regione Liguria	75	m2	€ 35,65	€ 2.673,68	22%	€ 3.261,88
PR.A23.A30.010	Finestra o portafinestra in PVC completa di vetrocamera, qualità media, con valore massimo di trasmittanza U=2,8 W/m ² K, controtelaio escluso, misurazione minima per serramento m ² 1,0 apertura ad una o due ante o a vasistas	Prezziario Regione Liguria	75	m2	€ 296,01	€ 22.200,75	22%	€ 27.084,92
PR.A23.B10.020	Controtelaio per finestre, portefinestre e simili, in legno.	Prezziario Regione Liguria	34,64	m	€ 6,83	€ 236,63	22%	€ 288,69
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	11,25	m3	€ 10,59	€ 119,17	22%	€ 145,39
	Costi per la sicurezza	-	3%	%		€ 756,91	22%	€ 923,43
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%		€ 1.766,12	22%	€ 2.154,66
TOTALE (I₀ – EEM1)						€ 27.753,25	22%	€ 33.859
Incentivi						[Conto termico]		€ 13.543,59
Durata incentivi								5
Incentivo annuo								€ 2.708,72

EEM3: Sostituzione lampade esistenti con lampade tecnologia a led

Nella Tabella 9.3 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM3, che consiste nella sostituzione degli apparecchi illuminanti con lampade a led

Tabella 9.3 – Analisi dei costi della EEM2

DESCRIZIONE	FORTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
Codice				[€/n° o €/m ²]	[€]	[€]	[€]
045161b	DEI Imp. Ele. 2017	45	cad	€ 140,99	€ 6.344,73	22%	€ 7.740,57
045129b	DEI Imp. Ele. 2017	6	cad	€ 88,75	€ 532,49	22%	€ 649,64

95°: potenza 20 W, equivalente a 36
W fluorescente, Ø 190 mm

Costi per la sicurezza	-	3%	%	€	22%	€
				206,32		251,71
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%	€	22%	€
				481,41		587,31
TOTALE (I₀ – EEM1)				€	22%	€
				7.564,95		9.229
Incentivi			[Conto termico]			€
						3.691,69
Durata incentivi						5
Incentivo annuo						€
						738,34

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: Installazione valvole termoregolatrici

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

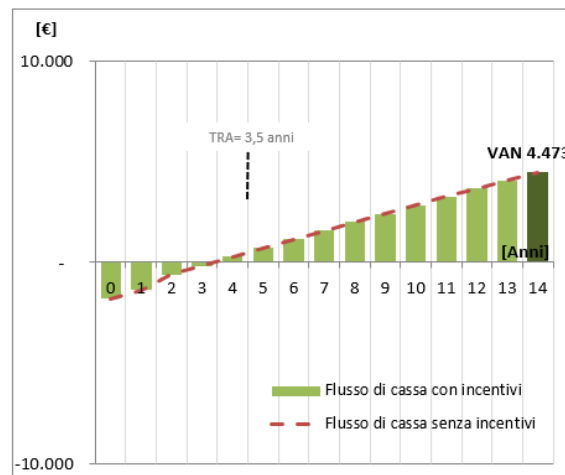
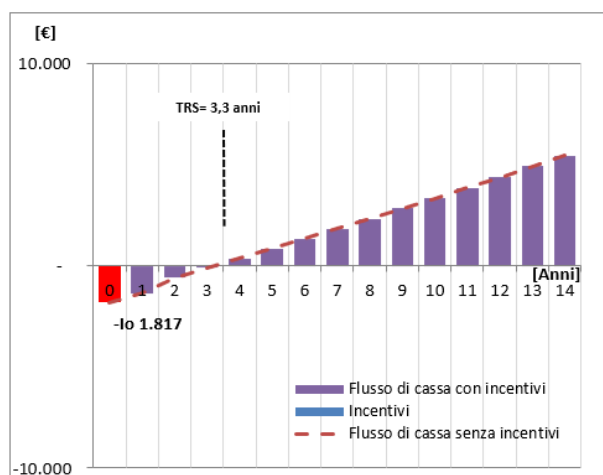
[Tabella 9.2 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM1– valvole termoregolatrici](#)

PARMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	1.764
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	15
Incentivo annuo	B	€/anno	-
Durata incentivo	n_B	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	1,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	3,3	3,3
Tempo di rientro attualizzato	TRA	3,5	3,5
Valore attuale netto	VAN	4.473	4.473
Tasso interno di rendimento	TIR	0	28,4%
Indice di profitto	IP	2,54	2,54

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'investimento è remunerativo, con un VAN positivo. I tempi di ritorno semplice ed attualizzato sono rispettivamente pari ai 3.3 anni e 3.5 anni.

EEM2 Sostituzione infissi

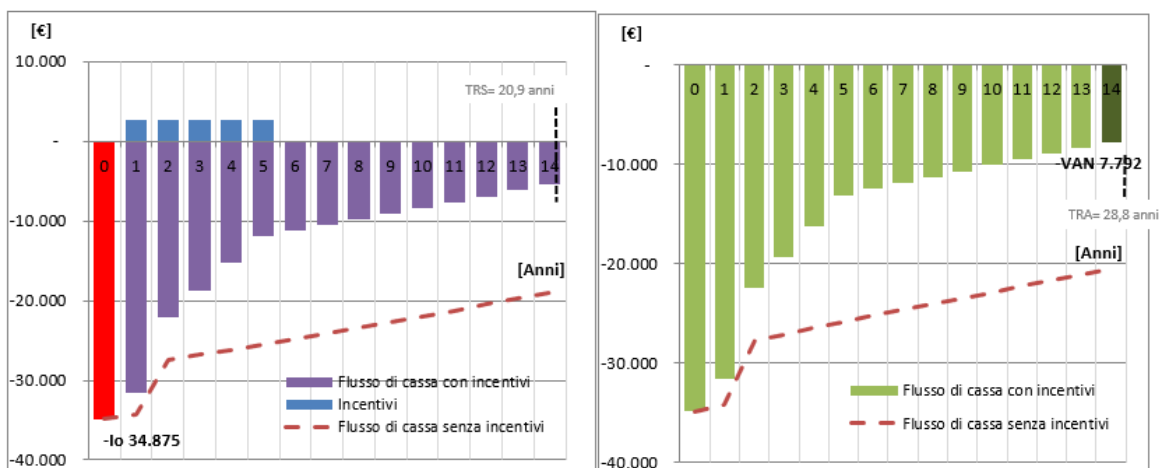
L'analisi di convenienza effettuata per la EEM 2 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

Tabella 9.3 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM2– Sostituzione involucro trasparente

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	33.859
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	30
Incentivo annuo	B	€/anno	2.709
Durata incentivo	n_B	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	1,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	36,8	20,9
Tempo di rientro attualizzato	TRA	46,7	28,8
Valore attuale netto	VAN	- 12.482	286
Tasso interno di rendimento	TIR	-0	2,1%
Indice di profitto	IP	-0,37	0,01

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

Figura 9.3 –EEM2: Flussi di Cassa, con e senza incentivi Figura 9.4 –EEM2: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'investimento non è remunerativo, con un VAN negativo e tempi di ritorno semplice ed attualizzato entrambi superiori ai 15 anni e prossimi alla vita utile del componente installato.

EEM4: Sostituzione illuminazione con led

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

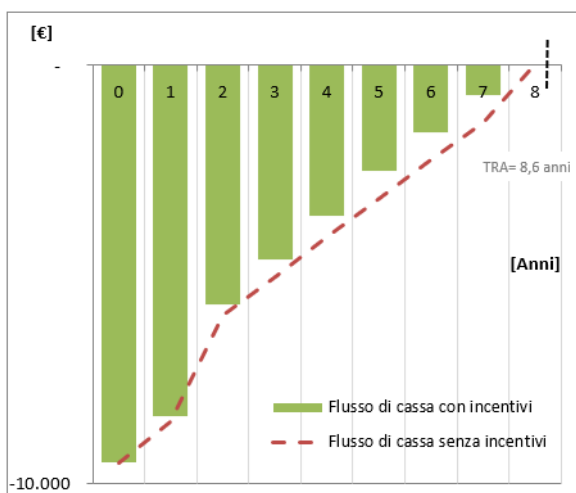
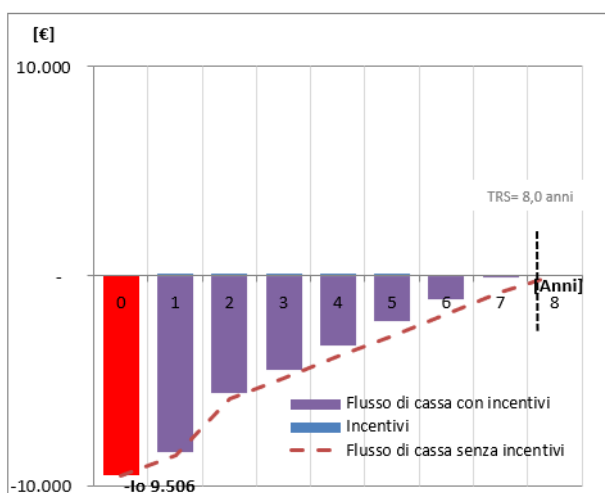
Tabella 9.4 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM4– Sostituzione illuminazione con led

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE	
Investimento Iniziale	I_0	€	€	9.229
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%]		3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]		22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni		3
Vita utile	n	anni		8
Incentivo annuo	B	€/anno		140
Durata incentivo	n_B	anni		5
Tasso di attualizzazione	i	[%]		1,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO			VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS		8,7	8,0
Tempo di rientro attualizzato	TRA		9,3	8,6
Valore attuale netto	VAN		- 1.361	703
Tasso interno di rendimento	TIR		-0	-0,2%
Indice di profitto	IP		-0,15	-0,08

I flussi di cassa rappresentativi dell'analisi sono riportati nelle Figura 9.5 e Figura 9.6.

Figura 9.5 –EEM1: Flussi di Cassa, con e senza incentivi

Figura 9.6 –EEM1: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'investimento non è remunerativo, con un VAN negativo. Il tempo di ritorno semplice è pari alla vita utile tecnologica del componente installato (8 anni) ed il tempo di ritorno attualizzato è poco superiore agli 8 anni (8.6 anni).

Sintesi

La sintesi della valutazione economico – finanziaria delle EEM proposte è riportata nelle Tabella 9.5 e Tabella 9.6.

Tabella 9.5 – 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	2%	8%	€ 2.203,61	€ 0,18	€ 4,64	€ 1.764,34	3,3	3,5	15	€ 4.473,47	28,44%	2,54
EEM 2	2%	12%	€ 2.203,61	€ 0,18	€ -	€ 33.858,97	36,8	46,7	30	-€ 12.481,89	-11,14%	-0,37
EEM 3	49%	14%	€ 1.158,65	€ 7,18	€ 44,80	€ 9.229,00	8,7	9,3	8	-€ 1.360,59	-2,21%	-0,15

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;

Tabella 9.6 – 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	2%	8%	€ 2.203,61	€ 0,18	€ 4,64	€ 1.764,34	3,3	11,9	15	€ 4.473,47	28,44%	2,54
EEM 2	2%	12%	€ 2.203,61	€ 0,18	€ -	€ 33.858,97	20,9	4,4	30	€ 285,53	2,10%	0,01
EEM 3	49%	14%	€ 1.158,65	€ 7,18	€ 44,80	€ 9.229,00	8,0	38,3	8	-€ 702,67	-0,17%	-0,08

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Dove:

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

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

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

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

Essi sono così definiti:

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

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

Dove:

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

- I_n è la quota interessi da ripagare nell'anno t_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) abbinate all'istituto del Finanziamento Tramite Terzi (FTT). In tale ambito trova espressione l'applicazione del Partenariato Pubblico Privato (PPP).

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

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

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

- **Scenario 1: valvole + infissi:** Tale scenario consiste nella realizzazione di tre delle EEM precedentemente descritte. In particolare si prevede, la sostituzione del generatore di calore con altro a condensazione (EEM1) e l'installazione di valvole di termoregolazione sui radiatori (EEM2) e la sostituzione delle chiusure trasparenti. L'integrazione delle due EEM (generatore di calore a condensazione + valvole termostatiche) permette di accedere agli incentivi del conto termico, in misura del 40% del costo sostenuto per l'intervento EEM1.
- **Scenario 2: SC1 (valvole + infissi) + LED** Tale scenario consiste nella realizzazione del primo scenario con l'aggiunta della sostituzione dei corpi illuminanti presenti con altri a tecnologia LED.

Scenario 1

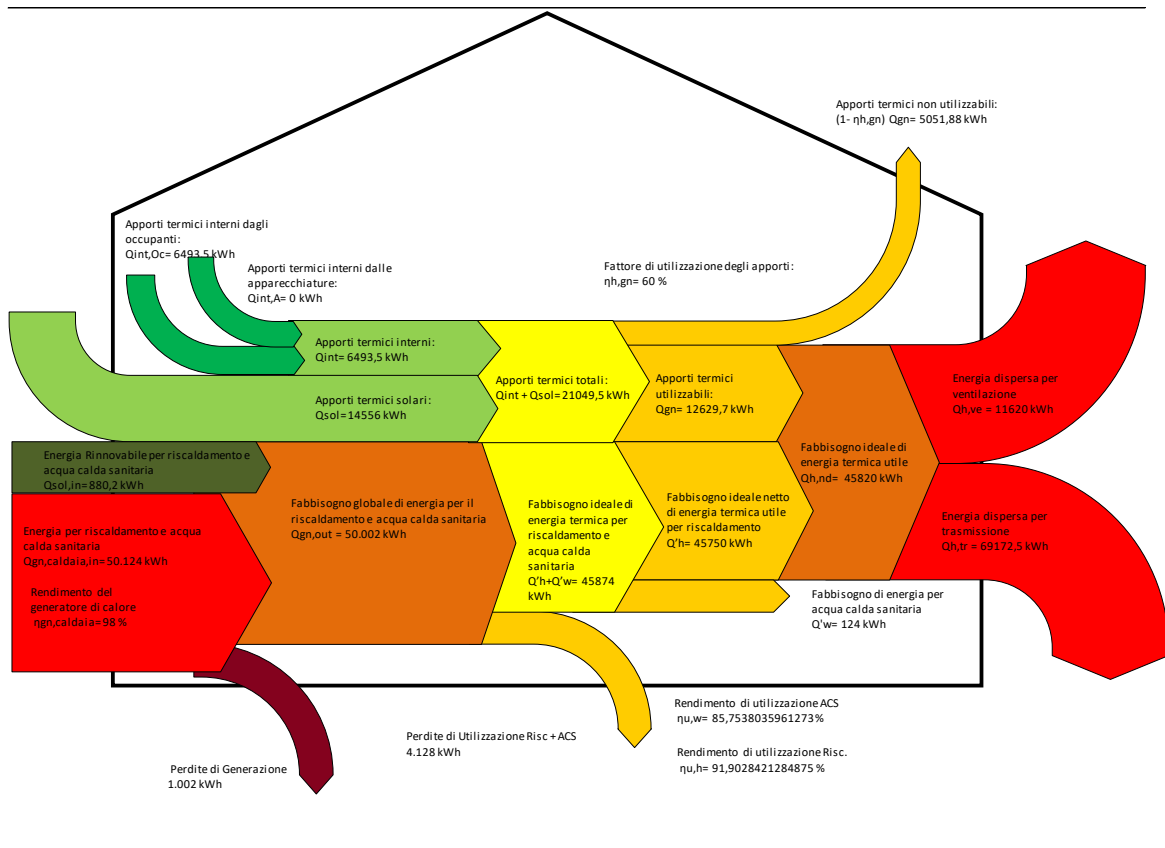
La realizzazione dello scenario 1 consiste nella combinazione delle EEM di seguito elencate: EEM1 installazione valvole termoregolatrici e EEM2 sostituzione infissi.

Tabella 9.7 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 1

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA AI 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 Fornitura & Posa	€ 1.460,79	€ 321,37	€ 1.782,16
EEM2 Fornitura & Posa	€ 27.753,25	€ 6.106	€ 33.859
Costi per la sicurezza	3% imponibile		
Costi per la progettazione	7% imponibile		
TOTALE (I₀)	€ 29.214,04	€ 6.427,09	€ 35.641,13
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO} (IVA INCLUSA)	C _{MS} (IVA INCLUSA)	C _M (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 O&M	€ 1.436	€ 155	€ 1.591
EEM2 O&M	€ 1.436	€ 160	€ 1.596
MEDIA (C_M)	1.436	157	1.593
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	
		[€]	
Incentivi	[Conto termico]	€ 15.325	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		€	
		€ 3.065,00	

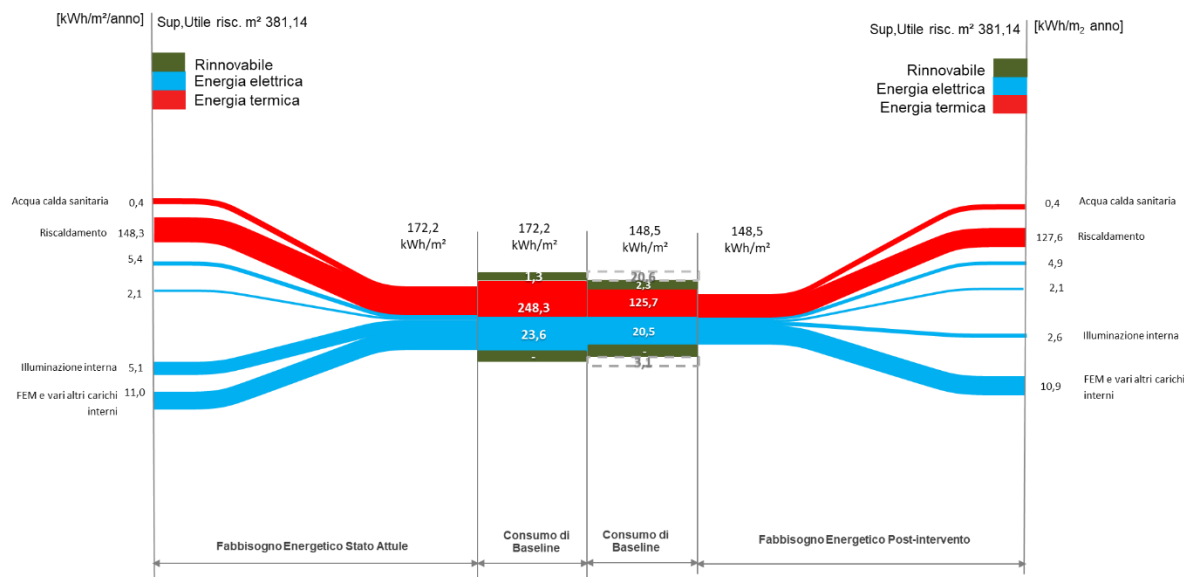
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di sankey relativo alle situazioni post-intervento.

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 fabbisogno globale di energia è diminuito rispetto alla situazione iniziale. La quota di energia dispersa per trasmissione è ancora superiore a quella dispersa per ventilazione, dato che non è prevista nessuna misura atta a migliorare l'isolamento dell'edificio.

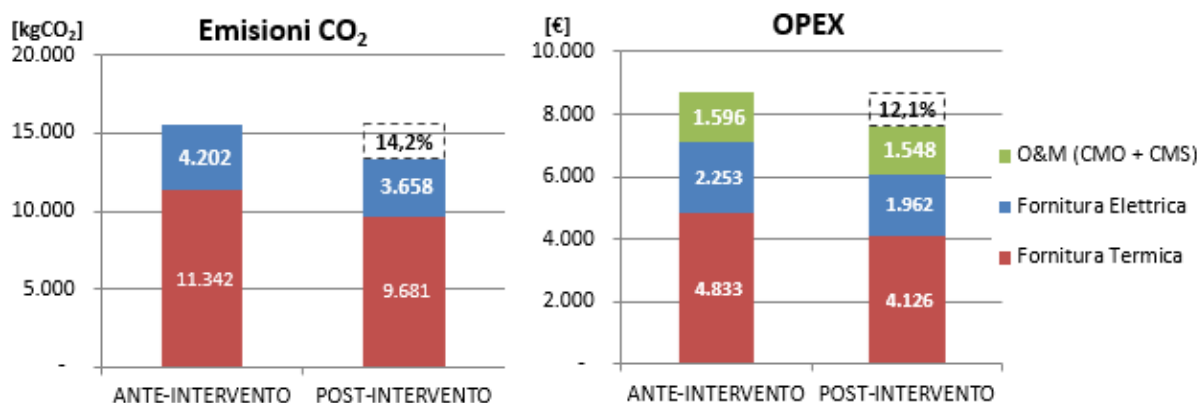
Figura 9.8 – SCN1: Bilancio energetico complessivo dell'edificio post intervento



I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella Tabella 9.8e nella Figura 9.9

Tabella 9.8 – Risultati analisi SCN1 –installazione valvole termoregolatrici e sostituzione infissi

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Rendimento di regolazione	[%]	92	99	-7,6%
Trasmittanza	[W/m²K]	3	1	66,7%
$Q_{teorico}$	[kWh]	58.721	50.124	14,6%
$EE_{teorico}$	[kWh]	9.434	8.212	12,9%
$Q_{baseline}$	[kWh]	56.148	47.927	14,6%
$EE_{baseline}$	[kWh]	8.998	7.833	12,9%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	11.342	9.681	14,6%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	4.202	3.658	12,9%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	15.544	13.339	14,2%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	4.833	4.126	14,6%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	2.253	1.962	12,9%
Fornitura Energia, C_E	[€]	7.087	6.087	14,1%
C_{MO}	[€]	1.436	1.407	2,0%
C_{MS}	[€]	160	141	12,0%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	1.596	1.548	3,0%
OPEX	[€]	8.683	7.636	12,1%
Classe energetica	[-]	E	D	+ 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 9.9, Tabella 9.10 e Tabella 9.11 e nelle successive figure.

Tabella 9.9 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN1 installazione valvole termoregolatrici e sostituzione chiusure trasparenti

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	n_I	1
Anni Gestione Servizio	n_S	14
Anni Concessione	n	15
Anno inizio Concessione	n_0	2020
Anni dell'ammortamento	n_A	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	k_{CdP}	2,00%
Costo Capitale Azienda	WACC	4,00%
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CdP})$	$k_{progetto}$	4,00%
Inflazione ISTAT	f	0,50%
deriva dell'inflazione	f'	0,70%
%, interessi debito	k_D	3,82%
%, interessi equity	k_E	9,00%
Aliquota IRES	IRES	24,0%
Aliquota IRAP	IRAP	3,9%
Aliquota fiscale	τ	27,90%
Anni debito (finanziamento)	n_D	15
Anni Equity	n_E	14
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_0	€ 27.729
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 832
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 28.561
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€ 22.849
Equity	I_E	€ 5.712
Fattore di annualità Debito	FA_D	11,41
Rata annua debito	q_D	€ 2.003
Costo finanziamento, (D+INT _D)	$q_D * n_D$	€ 30.047

Costi per interessi debito, INT_D	$INT_D = q_D * n_D - D$	€	7.198
-------------------------------------	-------------------------	---	-------

Tabella 9.10 – Parametri Economici dell'analisi di redditività dello SCN1

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€ 5.809
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€ 1.308
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€ 7.117
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$	13,0%
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$	5,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$	0,0%
Risparmio annuo PA garantito	4,1%	€ 292
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€ -
Risparmio PA durante la concessione	8%	€ 10.797
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€ 982
N° di Canoni annuali	anni	14
Utile lordo della ESCO	$\% CAPEX$	-54,54%
Costo Contrattuale ESCO (EBT) €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	-€ 1.113
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€ 514
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€ 891
Canone O&M €/anno	C_{nM}	€ 1.290
Canone Energia €/anno	C_{nE}	€ 5.535
Canone Servizi €/anno IVA escl.	C_{nS}	€ 6.825
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	C_{nD}	€ 292
Canone Totale €/anno IVA escl.	C_n	€ 7.117
Aliquota IVA %	IVA	22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€ 5.000
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€ 11.092
Durata Incentivi, anni	n_B	5
Inizio erogazione Incentivi, anno		2022

Tabella 9.11 – Risultati dell'analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN1

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, $Spb = Io / FC$, Anni	T.R.S.	- 28,93
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	- 82,01
Valore Attuale Netto, $VAN = VA - Io$	$VAN < 0$	-€ 10.686
Tasso interno di rendimento del progetto	$TIR < WACC$	-10,12%
Indice di Profitto	IP	-38,54%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, $Spb = Io / FC$, Anni	T.R.S.	8,32
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	6,61
Valore Attuale Netto, $VAN = VA - Io$	$VAN < 0$	-€ 5.760
Tasso interno di rendimento dell'azionista	#NUM!	#NUM!
Debit Service Cover Ratio	$DSCR < 1,3$	0,794
Loan Life Cover Ratio	$LLCR < 1$	0,182
Indice di Profitto Azionista	IP	-20,77%

Figura 9.10 –SCN1: Flussi di cassa del progetto

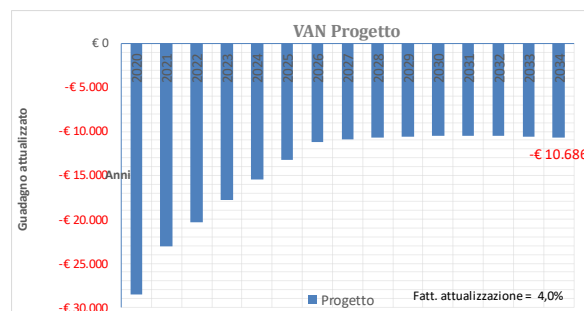
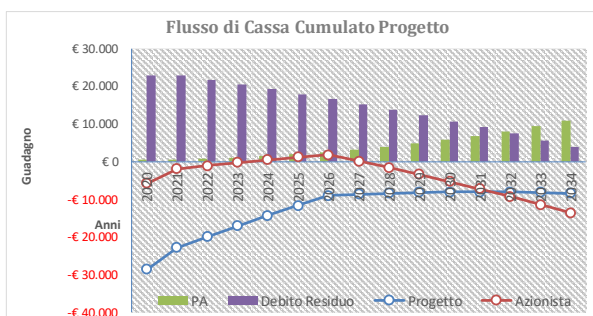
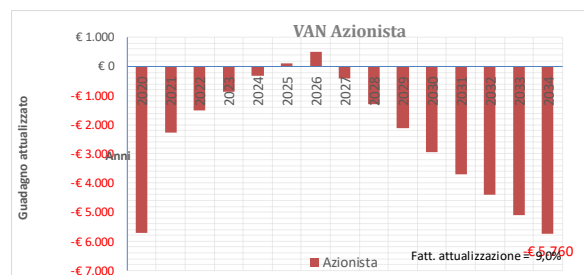
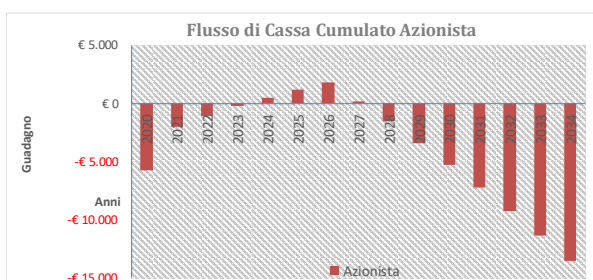
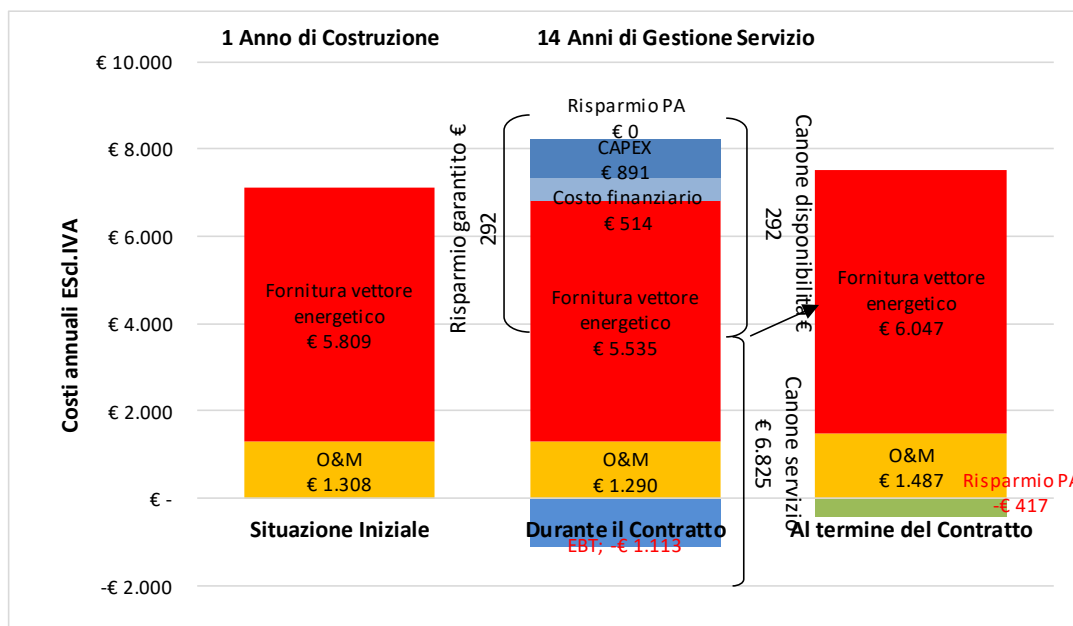


Figura 9.11 –SCN1: Flussi di cassa dell’azionista



Dall’analisi effettuata è emerso che l’investimento non risulta remunerativo. 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 9.8.

Figura 9.12 – Scenario 1:Schema di Energy Performance Contract



9.3.1 Scenario 2

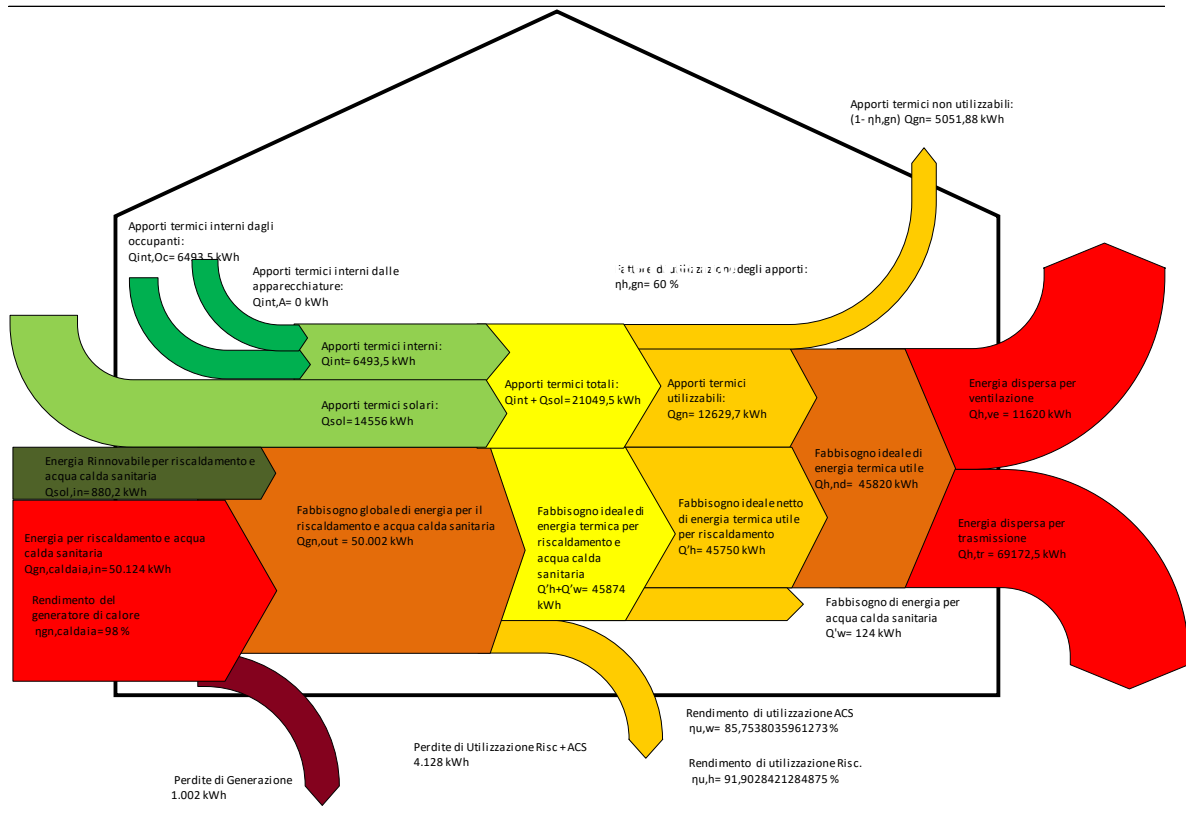
La realizzazione dello scenario 2 consiste nella combinazione delle EEM di seguito elencate: SCN1 in aggiunta alla EEM4 sostituzione illuminazione con led

Tabella 9.12 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 2

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA AI 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 Fornitura & Posa	€ 1.460,79	€ 321,37	€ 1.782,16
EEM2 Fornitura & Posa	€ 27.753,25	€ 6.106	€ 33.859
EEM3 Fornitura & Posa	€ 7.564,95	€ 1.664	€ 9.229
Costi per la sicurezza	3% imponibile		
Costi per la progettazione	7% imponibile		
TOTALE (I₀)	€ 36.779	€ 8.091,42	€ 44.870,16
VOCE MANUTENZIONE	C _{Mo} (IVA INCLUSA)	C _{MS} (IVA INCLUSA)	C _M (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 O&M	€ 1.436	€ 155	€ 1.591
EEM2 O&M	€ 1.436	€ 160	€ 1.596
EEM3 O&M	€ 1.429	€ 115	€ 1.544
MEDIA (C_M)	1.433	143	1.577
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	
		[€]	
Incentivi	[Conto termico]	€ 17.235	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		€	
		€ 3.447,00	

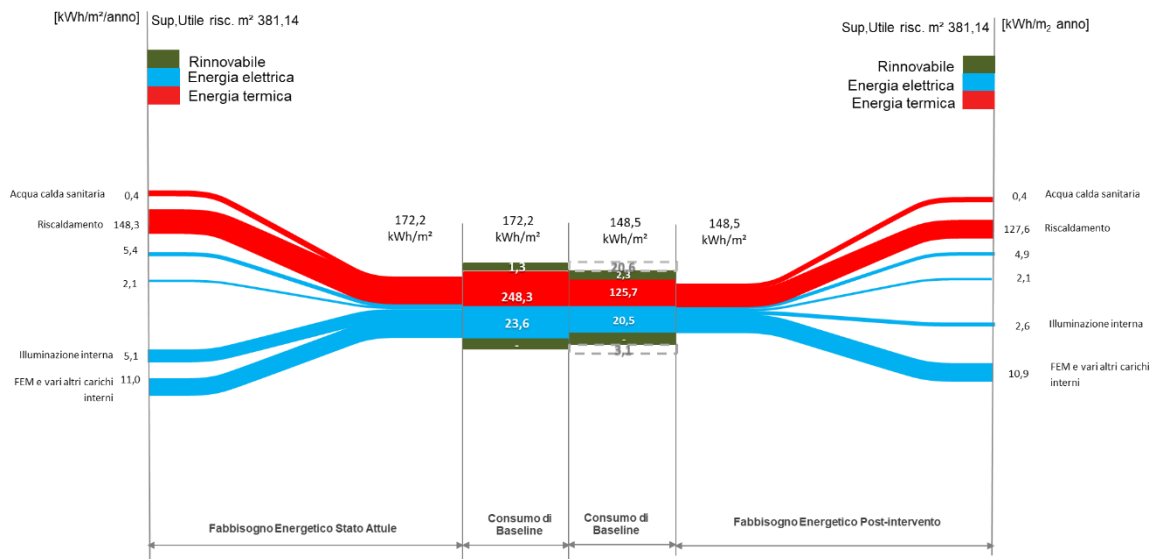
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di sankey relativo alle situazioni post-intervento.

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 fabbisogno globale di energia è diminuito rispetto alla situazione iniziale. La quota di energia dispersa per trasmissione è ancora superiore a quella dispersa per ventilazione, dato che non è prevista nessuna misura atta a migliorare l'isolamento dell'edificio.

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

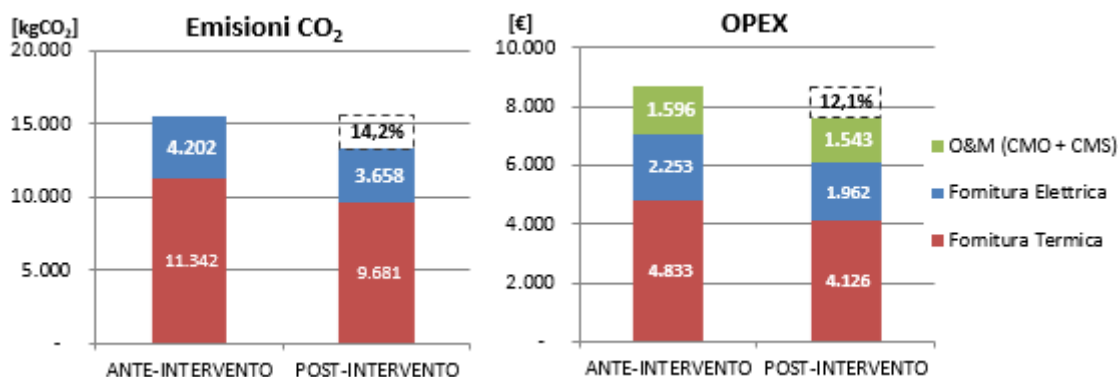


I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario 2 sono riportati nella [Tabella 9.8](#) e nella [Figura 9.9](#)

Tabella 9.13 – Risultati analisi SCN2: SCN 1 sostituzione illuminazione con led

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Rendimento di regolazione	[%]	92	99	-7,6%
Trasmittanza	[W/m ² K]	3	1	66,7%
Potenza installata	[W]	4000	2000	50,0%
$Q_{teorico}$	[kWh]	58.721	50.124	14,6%
$EE_{teorico}$	[kWh]	9.434	8.212	12,9%
$Q_{baseline}$	[kWh]	56.148	47.927	14,6%
$EE_{baseline}$	[kWh]	8.998	7.833	12,9%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	11.342	9.681	14,6%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	4.202	3.658	12,9%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	15.544	13.339	14,2%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	4.833	4.126	14,6%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	2.253	1.962	12,9%
Fornitura Energia, C_E	[€]	7.087	6.087	14,1%
C_{MO}	[€]	1.436	1.400	2,5%
C_{MS}	[€]	160	143	10,5%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	1.596	1.543	3,3%
OPEX	[€]	8.683	7.631	12,1%
Classe energetica	[-]	E	D	+ classi

Figura 9.15 - 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 9.14, Tabella 9.15 e Tabella 9.16 e nelle successive figure.

Tabella 9.14 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN2

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	n_i	1
Anni Gestione Servizio	n_s	24
Anni Concessione	n	25
Anno inizio Concessione	n_0	2020
Anni dell'ammortamento	n_A	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	k_{CdP}	2,00%
Costo Capitale Azienda	WACC	4,00%
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CdP})$	$k_{pogetto}$	4,00%
Inflazione ISTAT	f	0,50%
deriva dell'inflazione	f'	0,70%
%, interessi debito	k_D	3,82%
%, interessi equity	k_E	9,00%
Aliquota IRES	IRES	24,0%
Aliquota IRAP	IRAP	3,9%
Aliquota fiscale	τ	27,90%
Anni debito (finanziamento)	n_D	25
Anni Equity	n_E	24
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	Io	€ 34.900
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 1.047
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 35.947
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€ 28.758
Equity	I_E	€ 7.189
Fattore di annualità Debito	FA_D	16,09
Rata annua debito	q_D	€ 1.787
Costo finanziamento, (D+INT _D)	$q_D * n_D$	€ 44.673
Costi per interessi debito, INT _D	INT_D = q_D * n_D - D	€ 15.915

Tabella 9.15 – Parametri Economici dell'analisi di redditività dello SCN2

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C _{EO}	€ 5.809
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C _{MO}	€ 1.308
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	C_{Baseline}	€ 7.117
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C _{Altro}	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	%ΔC _E	25,4%
Riduzione% costi O&M	%ΔC _M	3,3%
Obiettivo riduzione spesa PA	%C _{Baseline}	0,0%
Risparmio annuo PA garantito	10,1%	€ 722
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€ -
Risparmio PA durante la concessione	13%	€ 31.528
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€ 2.051
N° di Canoni annuali	anni	24
Utile lordo della ESCO	%CAPEX	-39,70%
Costo Contrattuale (EBIT) ESCO €/anno IVA escl.	C _{ESCO}	-€ 595
Costi FTT €/anno IVA escl.	C _{FTT}	€ 663
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C _{CAPEX}	€ 654
Canone O&M €/anno	C _{nM}	€ 1.347
Canone Energia €/anno	C _{nE}	€ 5.048
Canone Servizi €/anno IVA escl.	C_{nS}	€ 6.395
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	C_{nD}	€ 722
Canone Totale €/anno IVA escl.	C_n	€ 7.117
Aliquota IVA %	IVA	22%
Rimborso erariale IVA	R _{IVA}	€ 6.293
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R _B	€ 13.960
Durata Incentivi, anni	n _B	5
Inizio erogazione Incentivi, anno		2022

Tabella 9.16 – Risultati dell'analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN1

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	16,57
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	- 134,71
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN < 0	-€ 5.046
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR < WACC	0,85%
Indice di Profitto	IP	-14,46%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	19,02
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	2,85
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€ 704
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR < ke	7,67%
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3	0,893
Loan Life Cover Ratio	LLLCR < 1	0,236
Indice di Profitto Azionista	IP	2,02%

Figura 9.16 –SCN1: Flussi di cassa del progetto

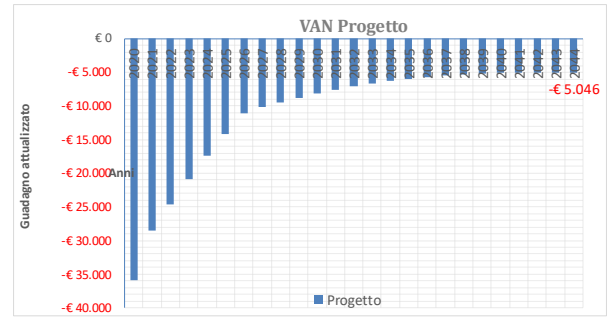
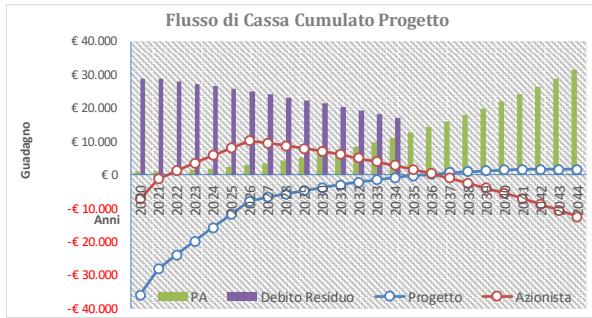
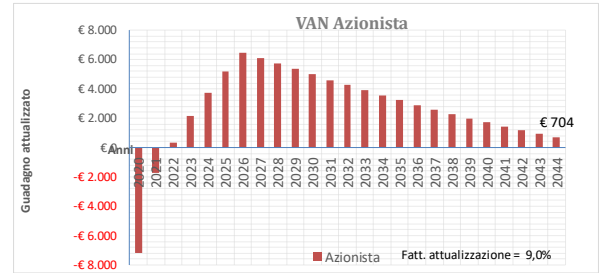
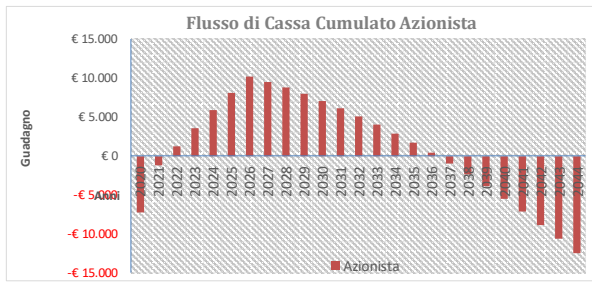
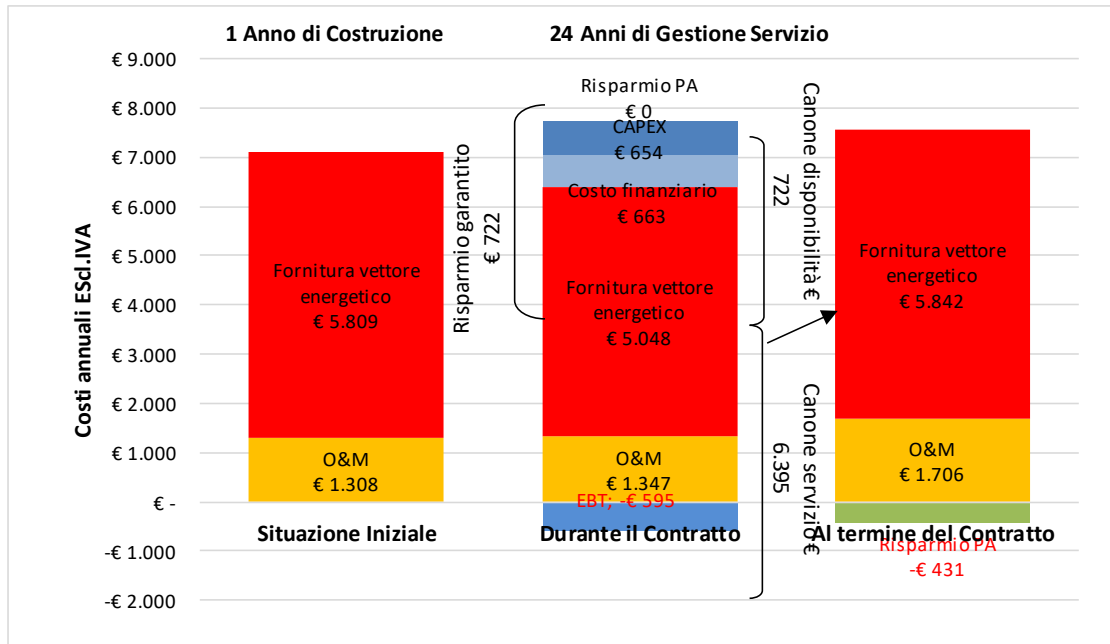


Figura 9.17 –SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



Dall’analisi effettuata è emerso che l’investimento non risulta remunerativo. 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 9.8.

Figura 9.18 – Scenario 2:Schema di Energy Performance Contract



10 CONCLUSIONI

L'audit energetico ha messo in evidenza una ridotta efficienza energetica dell'immobile legata ad un basso livello di isolamento da parte dell'involucro e da impianti dotati di livelli prestazionali ridotti.

Gli indicatori energetici di performance hanno confermato che i consumi risultano elevati confrontati coi valori di benchmark di riferimento.

La maggior parte dei consumi energetici è da attribuire al riscaldamento degli ambienti e all'illuminazione degli stessi, motivo per cui gli interventi proposti sono stati indirizzati alla riduzione del fabbisogno ad essi associato.

Gli interventi proposti considerati fattibili hanno riguardato:

1. l'installazione di valvole termostatiche;
2. La sostituzione delle chiusure trasparenti con altre di migliori prestazioni;
3. l'installazione di un sistema di illuminazione a tecnologia LED.

La fattibilità tecnico-economica ha messo in evidenza che gli interventi più interessanti sono rappresentati dalla realizzazione dello scenario 2 che comprende la sostituzione della caldaia con una a condensazione, la sostituzione delle chiusure trasparenti e la sostituzione dell'attuale sistema di illuminazione con un sistema utilizzando la tecnologia LED, oltre all'installazione di valvole termostatiche. Ipotizzando uno scenario a 25 anni sarebbe conveniente anche dare in gestione la realizzazione e la gestione dell'edificio a società tipo ESCO.

Alcuni interventi dovranno essere valutati in maniera coordinata con gli altri. Ad esempio la sostituzione del generatore potrebbe prevedere una caldaia di potenzialità inferiore laddove il carico termico di riscaldamento venga preventivamente diminuito, migliorando l'isolamento dell'involucro. Per la valutazione e la verifica dei risparmi energetici ottenibili dagli interventi di efficientamento proposti si consiglia di installare un sistema di monitoraggio (es: contatori termici e e analizzatore dei consumi sul quadro elettrico principale) per quantificare l'effettivo risparmio conseguente.

10.1 RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA

Gli indici di performance sono riassunti e riportati nell'allegato M – Report di Benchmark.

10.2 RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI

Nessuno degli scenari proposti necessari a raggiungere l'innalzamento di 2 classi energetiche risulta essere remunerativo.

ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA

Titolo	Data	Nome file
Elenco documentazione fornita	19/04/2018	ALLEGATO A_DE_Lotto.4 - E303.pdf

ALLEGATO B – ELABORATI

Titolo	Data	Nome file
Elenco elaborati prodotti e consegnati alla PA	19/04/2018	ALLEGATO B_DE_Lotto.4 - E303.pdf

ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

Titolo	Data	Nome file
Report di indagine termografica effettuato in sede di sopralluogo	19/04/2018	ALLEGATO C_DE_Lotto.4 - E303.pdf

ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI

Titolo	Data	Nome file
Report relativi ad altre prove diagnostiche strumentali	19/04/2018	ALLEGATO D_DE_Lotto.4 - E303.pdf

ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI

Titolo	Data	Nome file
Relazione di calcolo per il modello standard rilasciata dal software Termo	19/04/2018	ALLEGATO E_DE_Lotto.4 - E303.pdf

ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

Titolo	Data	Nome file
Certificato software Termo	19/04/2018	ALLEGATO F_DE_Lotto.4 - E303.pdf

ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

Titolo	Data	Nome file
Attestato di prestazione energetica dell'edificio	19/04/2018	ALLEGATO G_DE_Lotto.4 - E303.pdf

ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

Titolo	Data	Nome file
Bozza di APE scenario 1	19/04/2018	ALLEGATO H_DE_Lotto.4 - E303_SCN1
Bozza di APE scenario 2	19/04/2018	ALLEGATO H_DE_Lotto.4 - E303_SCN2

ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

Titolo	Data	Nome file
File di calcolo dei dati climatici utilizzati nella diagnosi	19/04/2018	GG_Lotto.4-E303.Rev01.xlsx

ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

Titolo	Data	Nome file
Schede di audit in formato excel	19/04/2018	E303_Scheda Audit_Template_rev.1.xlsx

ALLEGATO K – SCHEDE ORE

Titolo	Data	Nome file
Schede ORE relative agli interventi proposti	19/04/2018	ALLEGATO K_DE_Lotto.4 - E303.pdf

ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI

Titolo	Data	Nome file
Foglio di calcolo relativo agli scenari proposti	19/04/2018	AnalisiPEF_rev05_E368.xlsx

ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

Titolo	Data	Nome file
Report di Benchmark	19/04/2018	ALLEGATO M_DE_Lotto.4 - E303.pdf

ALLEGATO N – CD-ROM