

SCUOLA MATERNA STATALE "SCRIBANTI" E ASILO NIDO "FILASTROCCA"

E661

Via Angelo Scribanti 2, Genova

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA

FONDO KYOTO - SCUOLA 3



Agosto 2018

COMUNE DI GENOVA
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER



COMUNE DI GENOVA

ATI:



(mandataria)



(mandante)

**SCUOLA MATERNA STATALE “SCRIBANTI” E
ASILO NIDO “FILASTROCCA”
E661**

Via Angelo Scribanti 2, Genova

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA

FONDO KYOTO - SCUOLA 3
08/2018

COMUNE DI GENOVA
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER

Comune di Genova – Area Tecnica – Struttura di Staff Energy Manager
Via Di Francia 1 – 18° Piano Matitone – 16149 – Genova
Tel 010 5573560 – 5573855; energymanager@comune.genova.it; www.comune.genova.it

Energynet s.r.l.
Viale Muratori 201 – 41124 – Modena
Tel 059 211085 – info@energynet.it

More Energy s.r.l.
Via Ragazzi del '99 39 – 42124 - Reggio Emilia
Tel. 0522 516610 – info@more-energy.it

REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI

Revisione	Data	Realizzazione	Revisione	Approvazione	Descrizione
A	10/08/2018	Marco Ferrari	Irene Paradisi Luigi Guerra	Saverio Magni	Prima Pubblicazione

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

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

INDICE

PAGINA

REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI	3
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	3
1.6 STRUTTURA DEL REPORT	6
2 DATI DELL’EDIFICIO.....	7
2.1 INFORMAZIONI SUL SITO	7
2.2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE, SOCIO-ECONOMICO E DESTINAZIONE D’USO	7
2.3 VERIFICA DEI VINCOLI INTERFERENTI SULLE PARTI DELL’IMMOBILE INTERESSATE DAGLI ’INTERVENTI.....	8
2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO	9
3 DATI CLIMATICI	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>	17
4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/ CLIMATIZZAZIONE INVERNALE.....	20
4.2.1 <i>Sottosistema di emissione</i>	20
4.2.2 <i>Sottosistema di regolazione</i>	21
4.2.3 <i>Sottosistema di distribuzione</i>	21
4.2.4 <i>Sottosistema di generazione</i>	23
4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA	24
4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE	24
4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE	25
5 CONSUMI RILEVATI	27
5.1 CONSUMI ENERGETICI STORICI PER CIASCUN VETTORE E CONNESSIONE ALLE RETI GAS NATURALE ED ELETTRICA.....	27
5.1.1 <i>Energia termica</i>	27
5.1.2 <i>Energia elettrica</i>	29
5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI	34
6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO.....	38
6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO	38
6.1.1 <i>Validazione del modello termico</i>	40
6.1.2 <i>Validazione del modello elettrico</i>	41
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI.....	41
6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI.....	44
7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO	45
7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI	45
7.1.1 <i>Vettore termico</i>	45
7.1.2 <i>Vettore elettrico</i>	45

7.2	TARIFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI.....	49
7.3	COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI.....	49
7.4	BASELINE DEI COSTI.....	50
8	IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA	52
8.1	DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI	52
8.1.1	<i>Involucro edilizio</i>	52
8.1.2	<i>Impianto riscaldamento</i>	55
9	VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA.....	58
9.1	ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	58
9.2	ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	62
9.2.1	<i>Identificazione delle soluzioni integrate d'intervento e scenari d'investimento</i>	71
9.2.2	<i>Scenario 1: TRS < 15 anni</i>	73
9.2.3	<i>Scenario 2: TRS < 25 anni</i>	82
10	CONCLUSIONI	90
10.1	RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA	90
10.2	RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI	90
10.3	CONCLUSIONI E COMMENTI.....	90
	ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA.....	A
	ALLEGATO B – ELABORATI	A
	ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA	1
	ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI	1
	ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI	1
	ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE	1
	ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA	1
	ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI.....	1
	ALLEGATO I – DATI CLIMATICI.....	1
	ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT.....	1
	ALLEGATO K – SCHEDE ORE.....	1
	ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI	1
	ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK.....	1
	ALLEGATO N – CD-ROM	1

EXECUTIVE SUMMARY

Caratteristiche dell'edificio oggetto della DE

Tabella 0.1 - Tabella riepilogativa dei dati dell'edificio

PARAMENTO	U.M.	VALORE
Anno di costruzione edificio		1951
Anno di ristrutturazione		n/d
Zona climatica		D
Destinazione d'uso	E.7 Edifici adibito ad attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili	
Superficie utile riscaldata	[m ²]	2.531,09
Superficie disperdente (S)	[m ²]	5.096,25
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	13.939,85
Rapporto S/V	[1/m]	0,37
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	3.679,29
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	3.679,29
Tipologia generatore riscaldamento		Generatore tradizionale
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	404
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	-
Tipo di combustibile		Gas naturale
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Caldai tradizionali e bollitore ad accumulo
Emissioni CO ₂ di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	72,23
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{th} /anno]	242.829,50
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	17.683,00
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	49.625,50
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	11.524,00

Nota (1): Valori di Baseline

Descrizione delle Misure di efficienza energetiche proposte:

- EEM 1: isolamento pareti verticali esterne
- EEM 2: isolamento coperture
- EEM 3: installazione valvole termostatiche
- EEM 4: sostituzione caldaia

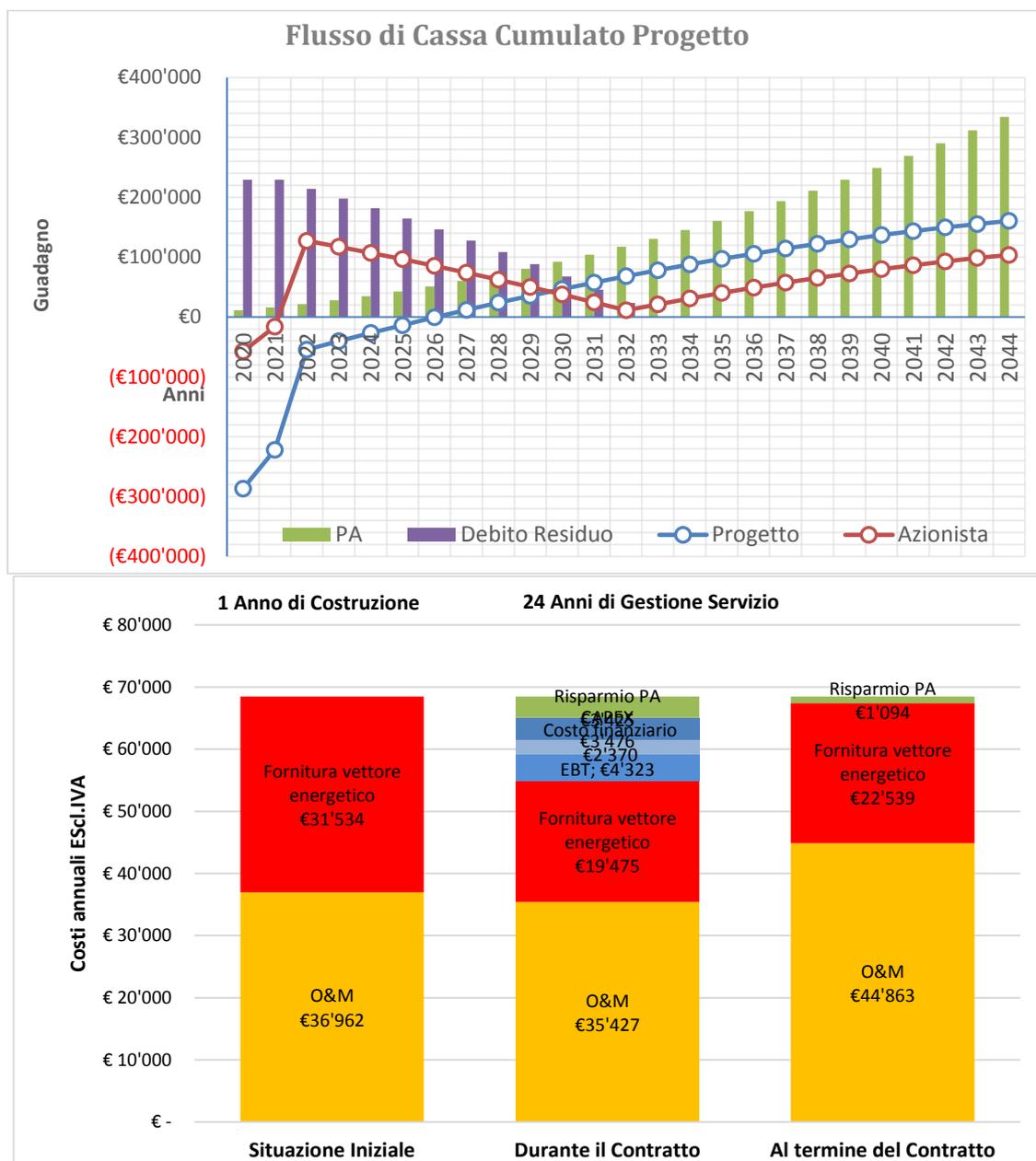
Tabella 0.2 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria delle misure di efficienza energetiche proposte e degli scenari ottimali, caso con incentivi

	CON INCENTIVI										
	%Δ _E	%Δ _{CO₂}	ΔC _E	ΔC _{MO}	ΔC _{MS}	I ₀	TRS	TRA	VAN	TIR	IP
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]
EEM											
1	11,76%	10,36%	3848,29	819,00	91,00	321.366	22,53	34,60	43.973,8	2%	0,14
EEM											
2	5,68%	5,12%	1916,20	819,00	91,00	88.142	15,93	26,99	2.000,9	4%	0,02
EEM											
3	27,24%	23,55%	8699,85	819,00	91,00	24.184	2,76	2,99	86.520,1	34%	3,58
EEM	13,80%	12,14%	4508,55	819,00	91,00					11%	

E661 – Scuola Materna Statale “Scribanti” e Asilo Nido “Filastrocca”

4						45.537	6,95	8,91	19.181,1		0,42
SCN1	35,58%	30,72%	11346,74	819,00	91,00	50.946	5,98	7,75	29.032,3	13%	0,57
SCN2	47,45%	41,55%	15410,88	819,00	91,00	321.366	22,53	7,75	29.032,3	13%	0,57

Figura 0.1 – 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 da Energynet s.r.l., parte di ATI costituita da Energynet s.r.l. e More Energy s.r.l.. Il responsabile per il processo di audit dell'ATI è l'ing. Saverio Magni, soggetto certificato Esperto in Gestione dell'Energia (EGE) ai sensi della norma UNI CEI 11339.

Figura 1.1 - Vista della facciata di ingresso esposta ad Est e della parete esposta a 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
Ornella Restani Simone Venturelli	Tecnico del rilievo	Sopralluogo in sito
Simone Venturelli	Tecnico del calcolo energetico	Elaborazione dei dati geometrici ed alla creazione del modello energetico
Marco Ferrari	Tecnico del report di diagnosi	Redazione report di diagnosi energetica
Irene Paradisi	Responsabile involucro	Revisione report di diagnosi energetica
Luigi Guerra	Responsabile impianti	Revisione report di diagnosi energetica
Saverio Magni	EGE	Approvazione report di diagnosi energetica

1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO

L'immobile oggetto della DE, catastalmente individuato al NCEU sezione A Foglio 53 Mapp. 22 è sito nel Comune di Genova. Non è stato trovato alcuna corrispondenza nei dati catastali registrati nel portale Sister dell'Agenzia delle Entrate.

L'edificio è di proprietà del Comune di Genova ed è attualmente adibito a scuola materna ed 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		1951
Anno di ristrutturazione		n/d
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E.7 Edifici adibito ad attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili
Superficie utile riscaldata	[m ²]	2.531,09
Superficie disperdente (S)	[m ²]	5.096,25
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	13.939,85
Rapporto S/V	[1/m]	0,37
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	3.679,29
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	-
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	3.679,29
Tipologia generatore riscaldamento		Generatore tradizionale
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	404
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	-
Tipo di combustibile		Gas naturale

Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Caldaie tradizionali e bollitore ad accumulo
Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	72,23
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{th} /anno]	339.357,24
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	27.101,00
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	51.785,00
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	11.369,00

Nota (1): Valori di Baseline

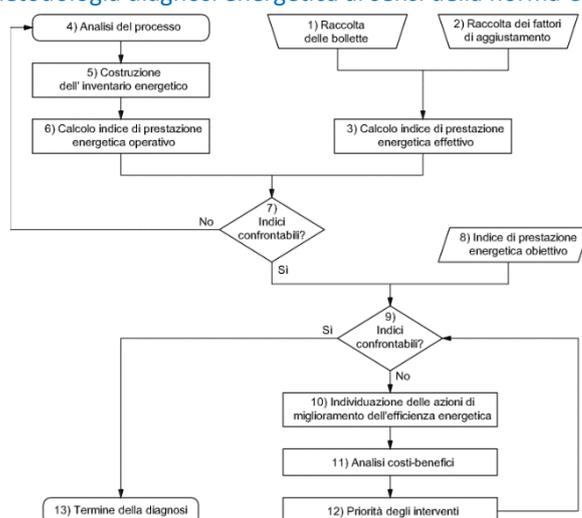
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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

- a) Acquisizione della documentazione utile, fornita dalla PA, come riportato all’Allegato A – Elenco documentazione fornita dalla committenza; **Errore. L’origine riferimento non è stata trovata.**
- b) Analisi del quadro normativo di riferimento, incluso la verifica dei vincoli ambientali, storici, archeologici e paesaggistici interferenti sull’immobile interessato dall’intervento;
- c) Visita agli edifici, effettuata in data 12/12/2017 con verifica degli elaborati forniti e rilievo dei dati relativi alle caratteristiche degli elementi disperdenti ed impiantistici costituenti il sistema edificio-impianto (**nel caso oggetto della presente relazione non è stato possibile accedere agli appartamenti presenti nel fabbricato che occupano una porzione pari a due piani dell’edificio, per la quale è stato necessario effettuare una serie di ipotesi, esposte nei paragrafi successivi, a favore della modellizzazione energetica**);
- d) Visita alla centrale termica e/o frigorifera, con il supporto del personale incaricato della conduzione e manutenzione degli impianti e rilevamento dei dati utili;
- e) Preparazione e compilazione delle schede di Audit previste per la diagnosi di livello II di cui all’appendice A delle LGEE - Linee Guida per l’Efficienza Energetica negli Edifici - sett. 2013 - elaborato da AiCARR per Agesi, Assistal, Assopetroli e Assoenergia, e riportate all’Allegato J – Schede di audit;
- f) Elaborazione del comportamento termico ed elettrico dell’edificio, realizzata utilizzando il software commerciale Edilclima EC700 versione 8.17.49 in possesso di certificato di conformità rilasciato dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI) n. 73 ai sensi del D.lgs. 192/05 e s.m.i. e riportato all’Allegato F – Certificato CTI Software;
- g) Analisi dei profili annuali di consumi e costi dei servizi energetici reali dell’edificio, comprensivi della fornitura dei vettori energetici sia elettrici che di gas e degli oneri di O&M, relativamente alle annualità 2014-2015-2016;
- h) Analisi dei dati climatici reali del sito ove è ubicato l’edificio con conseguente calcolo dei Gradi Giorno reali (GG_{real}), utilizzando le temperature esterne rilevate dalla stazione meteo Genova – Centro Funzionale e riportati all’Allegato I – Dati climatici;
- i) Individuazione della “baseline termica” di riferimento (e relative emissioni di CO₂) tramite opportuna ripartizione del consumo di combustibile tra le varie utenze a servizio dell’edificio e destagionalizzazione dello stesso, utilizzando i relativi GG reali (GG_{real}), e conseguente normalizzazione secondo i GG di riferimento (GG_{rif});
- j) Individuazione della “baseline elettrica” di riferimento (e relative emissioni di CO₂) calcolata sulla media aritmetica dei valori relativi ai consumi elettrici reali per tre le annualità 2014, 2015, 2016;
- k) Validazione del modello elaborato mediante il confronto con le baseline energetiche, al fine di ottenere uno scostamento inferiore al 5%;
- l) Analisi delle possibili EEM necessarie per la riqualificazione energetica del sistema edificio-impianto analizzando gli aspetti tecnici, energetici, ed ambientali.

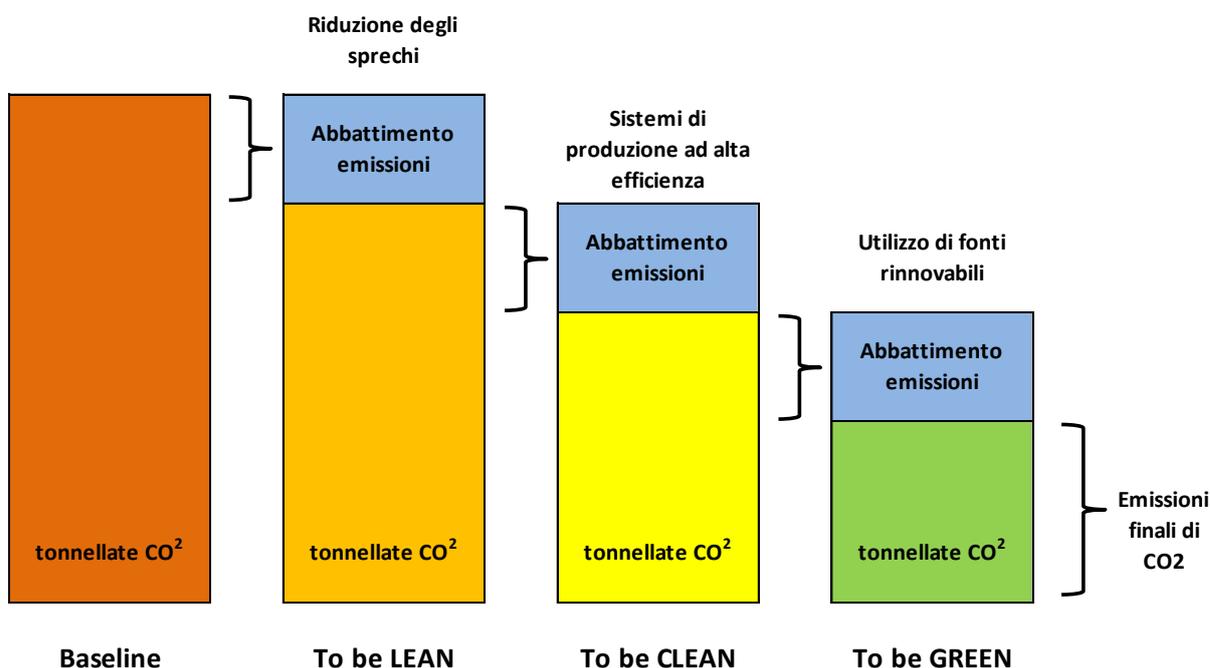
- m) Simulazione del comportamento energetico dell’edificio a seguito dell’attuazione delle varie EEM proposte singolarmente, ed individuazione della nuova classe energetica raggiungibile;
- n) Definizione di due scenari ottimali a partire dalla combinazione delle singole EEM proposte al fine di conseguire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

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



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

Figura 1.4 - Principio della Gerarchia Energetica



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

1.6 STRUTTURA DEL REPORT

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

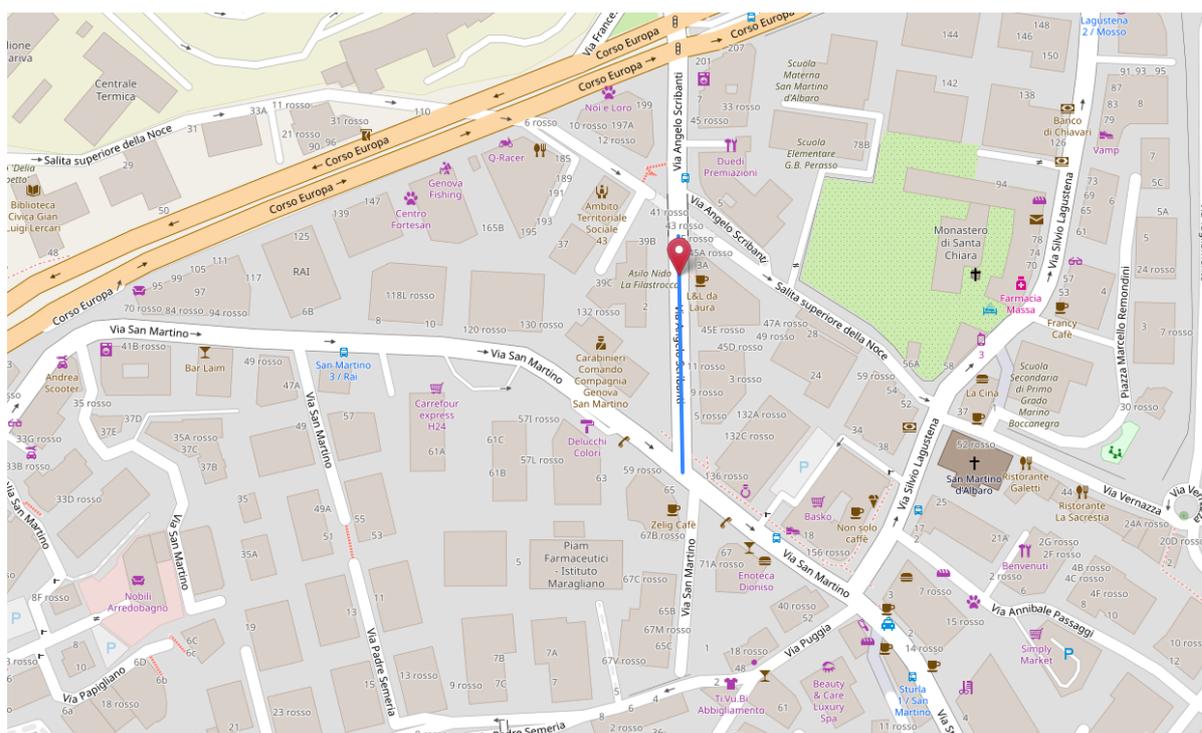
- Una prima parte nella quale sono descritti lo scopo ed i confini della DE e le metodologie di analisi adottate;
- Una seconda parte in cui sono riportate le informazioni dell'edificio rilevate in sede di sopralluogo e le valutazioni effettuate al fine di identificare le caratteristiche tecniche dei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

2 DATI DELL'EDIFICIO

2.1 INFORMAZIONI SUL SITO

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

Figura 2.1 - Particolare estratto dal Piano Urbanistico Comunale



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

L'edificio ove è ubicata la scuola materna statale Scribanti e l'asilo nido Filastrocca risale all'incirca al 1950, pertanto ai sensi del DPR 412/93, attualmente ricade principalmente 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.

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 materna Cavallotti sono presenti 5 classi da 22 bambini, 13 maestre e 3 operatori. La scuola primaria Govi conta 484 alunni, 38 insegnanti e 5 collaboratori. È rilevante sottolineare come la corretta gestione e manutenzione del sistema edificio-impianto ne comporterebbe una sua migliore conservazione, nonché il miglioramento delle condizioni di benessere percepite dagli occupanti. Si può pertanto affermare che la riqualificazione energetica dell'edificio potrebbe portare ad una sua maggiore valorizzazione socio-economica e sviluppo dell'area ove la scuola è ubicata.

L'edificio ospitante il complesso scolastico oggetto della DE è costituito complessivamente da otto piani (2 'seminterrati' e 6 fuori terra), dove al loro interno sono presenti aule, palestra, biblioteca e servizi utili alle attività didattiche scolastiche. Sono inoltre presenti degli uffici (piani seminterrati) e degli alloggi (principalmente piano quinto e sesto)

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

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

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



Tabella 2.1 - Suddivisione in piani dell'edificio

PIANO	UTILIZZO	U.M.	SUPERFICIE LORDA COMPLESSIVA ⁽²⁾	SUPERFICIE UTILE RISCALDATA ⁽³⁾	SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA ⁽³⁾
Seminterrato -2	Uffici	[m ²]	412,87	244,99	-
Seminterrato -1	Uffici	[m ²]	512,19	363,43	-
Terra	Ingresso, atrio e corridoi, magazzini, ripostigli, spogliatoi, bagni, dispensa, refettorio	[m ²]	496,82	351,56	-
Primo	Atrio e corridoi, bagni, biblioteca, aule	[m ²]	512,19	366,59	-
Secondo	Atrio e corridoi, bagni, aule	[m ²]	512,19	368,48	-
Terzo	Appartamenti	[m ²]	512,19	373,45	-
Quarto	Appartamenti	[m ²]	512,19	352,51	-
Quinto	Appartamento, lavanderia, magazzini, depositi	[m ²]	208,65	110,08	-
TOTALE		[m ²]	3.679,29	2.531,09	-

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 dei soli locali climatizzati valutata ai fini della creazione del modello energetico

2.3 VERIFICA DEI VINCOLI INTERFERENTI SULLE PARTI DELL'IMMOBILE INTERESSATE DAGLI INTERVENTI

L'edificio oggetto della DE non presenta vincoli.

Figura 2.3 - Particolare estratto dalla carta dei vincoli



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

MISURA DI EFFICIENZA ENERGETICA	VINCOLO INTERESSATO	VALUTAZIONE INTERFERENZA (4)	MISURA DI TUTELA DA ADOTTARE
EEM 1: isolamento della pareti perimetrali	-		-
EEM 2: isolamento delle copertura piana	-		-
EEM 3: installazione valvole termostatiche	-		-
EEM 4: sostituzione caldaia	-		-

Nota (4): Legenda livelli di interferenza:

- Non perseguibile
- Perseguibile tramite adozione misure di tutela indicate
- Interferenza nulla

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

2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO

Durante la fase di sopralluogo è stato possibile rilevare gli orari di effettivo funzionamento solo di una parte dell’edificio, come gli orari di espletamento delle lezioni e gli orari di effettiva presenza del personale all’interno dell’edificio sia nella porzione adibita ad uffici che nella porzione occupata dalle scuole. **Tali dati non sono però rappresentativi del funzionamento dell’intero edificio.**

Gli orari di effettivo utilizzo dell’edificio sono stati ricavati tramite intervista al personale occupante la struttura (insegnanti, collaboratori, impiegati), mentre i periodi di attivazione e spegnimento degli impianti sono stati forniti da dati reperiti in centrale termica.

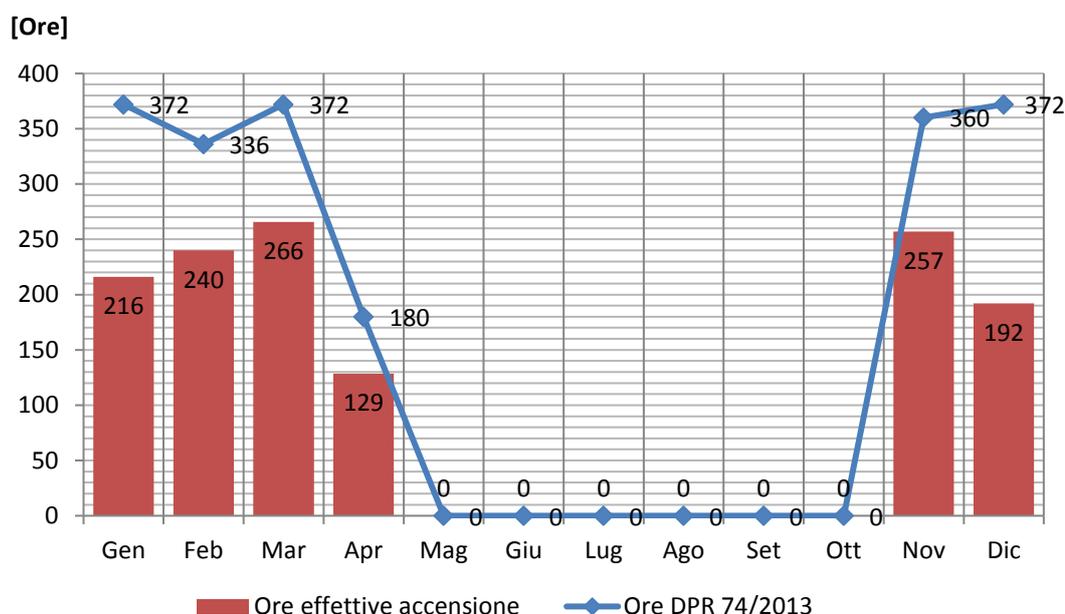
Nella

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

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

PERIODO	GIORNI SETTIMANALI	ORARIO FUNZIONAMENTO EDIFICIO	ORARIO FUNZIONAMENTO IMPIANTO
Dal 1 Novembre al 15 Aprile	da lunedì a venerdì	7:10 – 17:30	6:00 – 18:00
Dal 16 Aprile al 30 Giugno Dal 1 Settembre al 31 Ottobre	da lunedì a venerdì	7:10 – 17:30	-
Dal 1 al 31 Luglio (solo uffici)	lunedì-martedì-giovedì mercoledì-venerdì	8:00 – 18:00 8:00 – 14:00	-

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



Dall’analisi effettuata è emerso che gli orari di funzionamento degli impianti non sono strettamente correlati agli orari di espletamento delle lezioni, ma dipendono anche dalla presenza di personale all’interno del fabbricato (e soprattutto non sono rappresentativi della porzione adibita ad alloggi). Pertanto mentre gli orari di occupazione possono essere approssimati dalle 7:10 alle 17:30, l’accensione dell’impianto è approssimata dalle ore 6:00 con spegnimento alle ore 18:00.

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

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



Precedentemente era presente un altro contratto di “Fornitura del servizio energia e manutenzione degli impianti termici e di condizionamento negli edifici di proprietà o di competenza del comune di Genova”, di durata 3 anni.

3 DATI CLIMATICI

3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO

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

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

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

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

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

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

Tabella 2.3, i GG sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 810 GG calcolati su 106 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	18	163	18%
Febbraio	28	10,5	28	266	20	20	193	22%
Marzo	31	11,1	31	276	22	22	193	21%
Aprile	30	15,3	15	71	20	11	54	6%
Maggio	31	18,7	-	-	21	-	-	0%
Giugno	30	22,4	-	-	21	-	-	0%
Luglio	31	24,6	-	-	21	-	-	0%
Agosto	31	23,6	-	-	-	-	-	0%
Settembre	30	22,2	-	-	20	-	-	0%
Ottobre	31	18,2	-	-	31	-	-	0%

Novembre	30	13,3	30	201	21	21	138	15%
Dicembre	31	10,0	31	310	16	16	157	17%
TOTALE	365	16,7	166	1421	230	111	929	100%

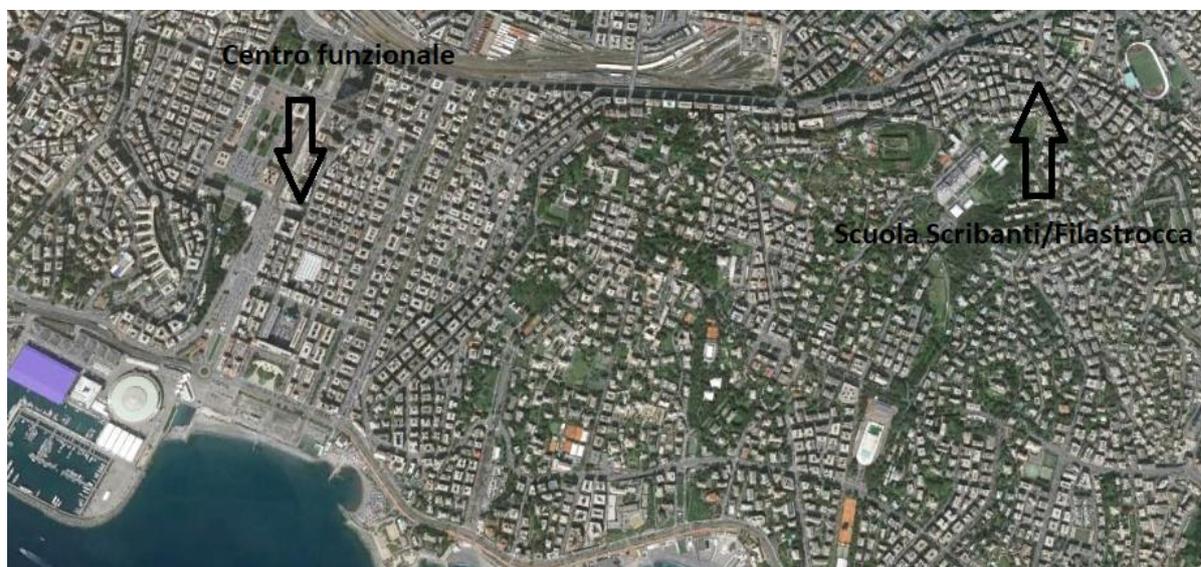
3.2 DATI CLIMATICI REALI

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

I dati climatici utilizzati sono stati rilevati dalla centralina meteo climatica Genova-Centro Funzionale, sita in via Brigate Partigiane n°2, Genova.

Si è deciso di utilizzare come riferimento tale centraline in quanto è ubicata in una zona limitrofa all’edificio oggetto della DE.

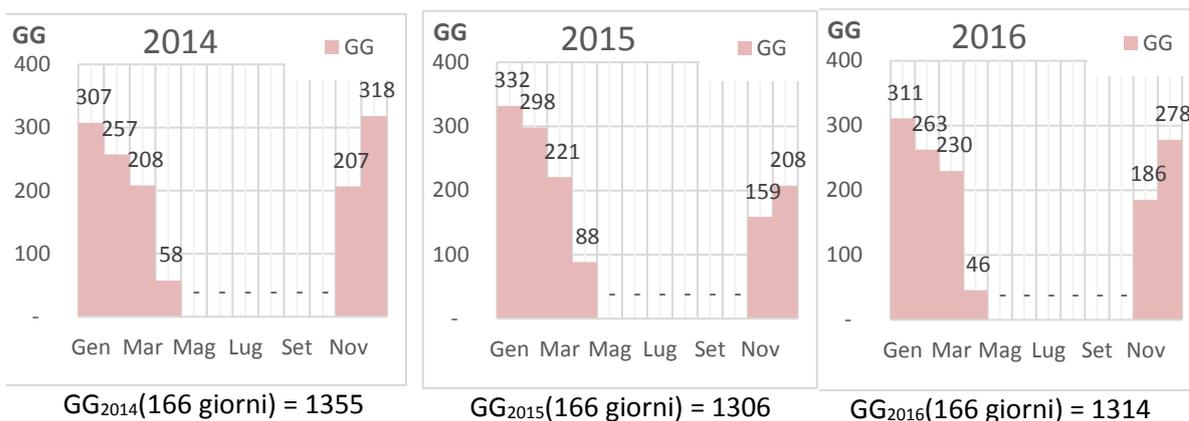
Figura 3.1 – Posizionamento della centralina meteo climatica rispetto all’edificio oggetto di DE



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



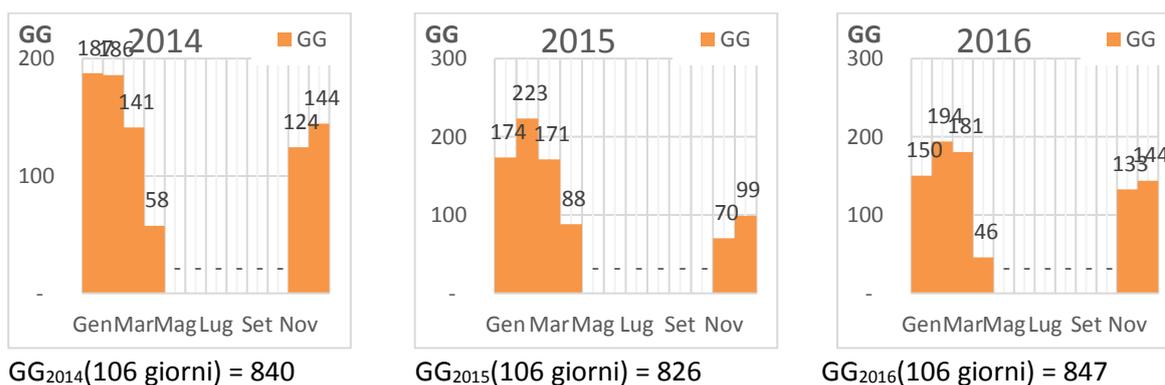
Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella

Tabella 2.3, i GG reali sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 838 GG calcolati su 111 giorni effettivi di utilizzo dell'impianto di riscaldamento.

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

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

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



Come si può notare dai grafici sopra riportati, l'andamento dei GG reali risulta essere fortemente influenzato dall'effettivo utilizzo dell'edificio.

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 composto da una struttura in calcestruzzo armato intelaiata, con muratura di tamponamento in blocchi semipieni di laterizio, edificati secondo le tecniche dell'epoca (anni '50).

La copertura è piana in laterocemento.

Va inoltre sottolineato, sempre in riferimento all'involucro edilizio, che non trattandosi di un edificio di valenza storica è possibile procedere a sostanziali interventi di efficientamento dell'involucro stesso.

Figura 4.1 - Particolare della porzione di involucro



Figura 4.2 - Particolare porzione involucro



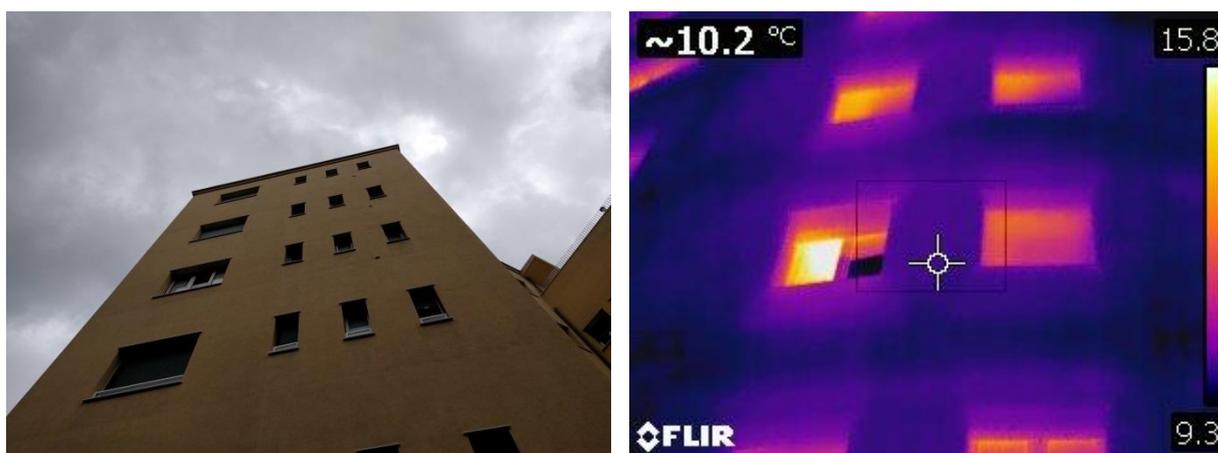
Ai fini di un'identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell'involucro opaco si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione delle seguenti indagini diagnostiche:

- Rilievo termografico eseguito tramite l'utilizzo di termo camera FLIR E50
- Analisi visiva e fotografica delle componenti strutturali

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- Muratura di tamponamento in laterizio
- Solai in laterocemento
- Copertura piana

Figura 4.3 – Rilievo termografico della parete



I dettagli delle indagini diagnostiche effettuate sono riportati all’Allegato C – Report di indagine termografica. Dalle analisi effettuate sono stati identificati i valori di trasmittanza dei componenti dell’involucro opaco riportati nella Tabella 4.1.

Tabella 4.1 – Trasmittanze termiche dei componenti dell’involucro opaco

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	SPESSORE	ISOLAMENTO	TRASMITTANZA TERMICA	STATO DI CONSERVAZIONE
		[cm]		[W/m ² K]	
Parete verticale	M1	Vedi allegato E	Assente	Vedi allegato E	Sufficiente
Parete verticale	M2	Vedi allegato E	Assente	Vedi allegato E	Sufficiente
Parete verticale	M3	Vedi allegato E	Assente	Vedi allegato E	Sufficiente
Parete verticale	M4	Vedi allegato E	Assente	Vedi allegato E	Sufficiente
Parete verticale	M5	Vedi allegato E	Assente	Vedi allegato E	Sufficiente
Parete verticale	M6	Vedi allegato E	Assente	Vedi allegato E	Sufficiente
Parete verticale	M7	Vedi allegato E	Assente	Vedi allegato E	Sufficiente
Porta	M24	Vedi allegato E	Assente	Vedi allegato E	Sufficiente
Pavimento	P1	Vedi allegato E	Assente	Vedi allegato E	Sufficiente
Pavimento	P2	Vedi allegato E	Assente	Vedi allegato E	Sufficiente
Pavimento	P3	Vedi allegato E	Assente	Vedi allegato E	Sufficiente
Pavimento	P4	Vedi allegato E	Assente	Vedi allegato E	Sufficiente
Pavimento	P5	Vedi allegato E	Assente	Vedi allegato E	Sufficiente
Soffitto	S1	Vedi allegato E	Assente	Vedi allegato E	Sufficiente
Soffitto	S2	Vedi allegato E	Assente	Vedi allegato E	Sufficiente
Copertura	S3	Vedi allegato E	Assente	Vedi allegato E	Sufficiente
Soffitto	S4	Vedi allegato E	Assente	Vedi allegato E	Sufficiente

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

4.1.2 Involucro trasparente

L’involucro trasparente che costituisce l’edificio è composto principalmente da serramenti esterni con telaio in PVC e vetri doppi.

Lo stato di conservazione degli stessi è sufficiente, non sono state rilevate infiltrazioni d’aria all’interno degli ambienti, o lamentate situazioni di disagio per gli utenti presenti all’interno dell’edificio.

Figura 4.4 - Particolare dei serramenti



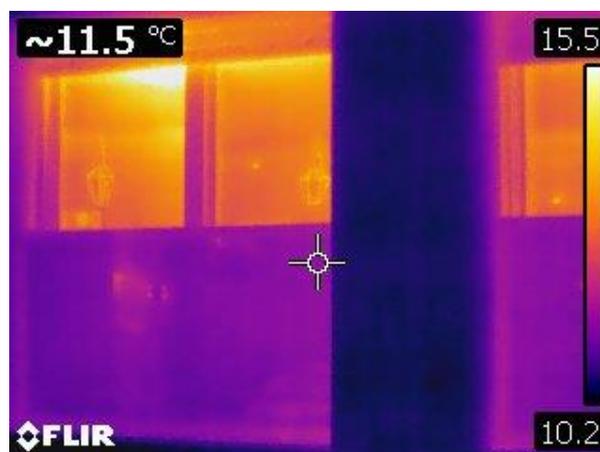
Ai fini di un’identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell’involucro trasparente si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione delle seguenti indagini diagnostiche:

- Rilievo termografico eseguito secondo le seguenti modalità;
- Analisi visiva e fotografica;
- Misurazioni con spessimetro e laser per l’individuazione di eventuali rivestimenti superficiali e trattamenti dei vetri.

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- Serramenti con telaio in metallo e vetro singolo.

Figura 4.5 – Rilievo termografico dei serramenti



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



Tabella 4.2.

Tabella 4.2 – Trasmittanze termiche dei componenti dell’involucro trasparente

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	DIMENSIONI [HXL] [cm]	TIPO TELAIO	TIPO VETRO	TRASMITTANZA TERMICA [W/mqK]	STATO DI CONSERVAZIONE
Serramento verticale	W1	Vedi allegato E	PVC	Vetro doppio	Vedi allegato E	Sufficiente
Serramento verticale	W2	Vedi allegato E	PVC	Vetro doppio	Vedi allegato E	Sufficiente
Serramento verticale	W3	Vedi allegato E	PVC	Vetro doppio	Vedi allegato E	Sufficiente
Serramento verticale	W4	Vedi allegato E	PVC	Vetro doppio	Vedi allegato E	Sufficiente
Serramento verticale	W5	Vedi allegato E	PVC	Vetro doppio	Vedi allegato E	Sufficiente
Serramento verticale	W6	Vedi allegato E	PVC	Vetro doppio	Vedi allegato E	Sufficiente
Serramento verticale	W7	Vedi allegato E	PVC	Vetro doppio	Vedi allegato E	Sufficiente
Serramento verticale	W8	Vedi allegato E	PVC	Vetro doppio	Vedi allegato E	Sufficiente
Serramento verticale	W9	Vedi allegato E	PVC	Vetro doppio	Vedi allegato E	Sufficiente
Serramento verticale	W10	Vedi allegato E	PVC	Vetro doppio	Vedi allegato E	Sufficiente
Serramento verticale	W11	Vedi allegato E	PVC	Vetro doppio	Vedi allegato E	Sufficiente
Serramento verticale	W12	Vedi allegato E	PVC	Vetro doppio	Vedi allegato E	Sufficiente
Serramento verticale	W13	Vedi allegato E	PVC	Vetro doppio	Vedi allegato E	Sufficiente
Serramento verticale	W14	Vedi allegato E	PVC	Vetro doppio	Vedi allegato E	Sufficiente
Serramento verticale	W15	Vedi allegato E	PVC	Vetro doppio	Vedi allegato E	Sufficiente
Serramento verticale	W16	Vedi allegato E	PVC	Vetro doppio	Vedi allegato E	Sufficiente
Serramento verticale	W17	Vedi allegato E	PVC	Vetro doppio	Vedi allegato E	Sufficiente
Serramento verticale	W18	Vedi allegato E	PVC	Vetro doppio	Vedi allegato E	Sufficiente
Serramento verticale	W19	Vedi allegato E	PVC	Vetro doppio	Vedi allegato E	Sufficiente
Serramento verticale	W20	Vedi allegato E	PVC	Vetro doppio	Vedi allegato E	Sufficiente
Serramento verticale	W21	Vedi allegato E	PVC	Vetro doppio	Vedi allegato E	Sufficiente
Serramento verticale	W22	Vedi allegato E	PVC	Vetro doppio	Vedi allegato E	Sufficiente
Serramento verticale	W23	Vedi allegato E	PVC	Vetro doppio	Vedi allegato E	Sufficiente
Serramento verticale	W24	Vedi allegato E	PVC	Vetro doppio	Vedi allegato E	Sufficiente

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

4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/CLIMATIZZAZIONE INVERNALE

L'impianto di riscaldamento degli ambienti è costituito da radiatori a parete, con distribuzione a colonne montanti e generazione mediante caldaia tradizionale funzionante a gas naturale.

4.2.1 Sottosistema di emissione

Il sottosistema di emissione è costituito da radiatori in ghisa installati in prevalenza su pareti esterne.

Figura 4.6 – Particolare radiatori



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
Intero edificio	Radiatori su parete esterna	93%

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

Tabella 4.4 - Riepilogo caratteristiche dei terminali di emissione installati

PIANO	TIPO DI INSTALLAZIONE	NUMERO	POTENZA TERMICA UNITARIA [kW]	POTENZA TERMICA COMPLESSIVA [kW]	POTENZA FRIGORIFERA UNITARIA [kW]	POTENZA FRIGORIFERA COMPLESSIVA [kW]
Uffici		41	1,33	54,63	-	-
Scuole		57	1,75	99,92		
Appartamenti		58	1,54	89,32	-	-
TOTALE		156		243,87	-	-

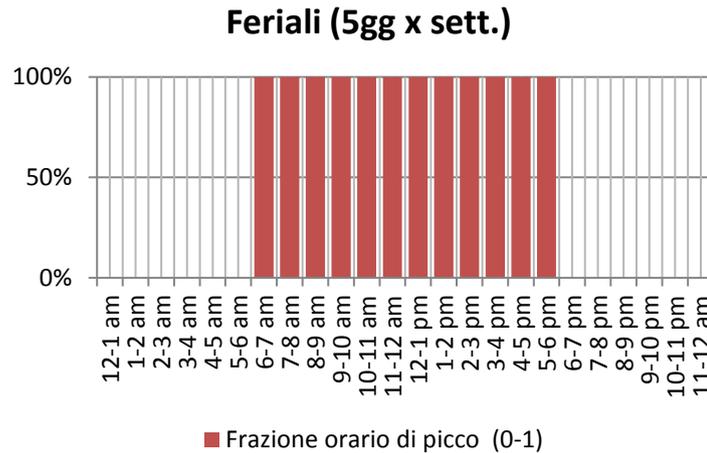
L'elenco dei componenti del sottosistema di emissione per il riscaldamento degli ambienti, rilevati in sede di sopralluogo, e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 6.5 dell'Allegato J – Schede di audit.

4.2.2 Sottosistema di regolazione

La regolazione del funzionamento dell'impianto avviene attraverso una sonda climatica collegata alla caldaia. Non sono presenti sistemi di controllo di zona o ambiente. Per quanto riguarda il profilo di funzionamento si ipotizza, non essendoci regolatori di zona in grado di suddividere a livello di circuitale il fabbricato, un profilo identico per le zone che compongono l'edificio.

L'impianto opera dal lunedì a venerdì dalle ore 06:00 alle ore 18:00. Di seguito sono riportati i profili orari di funzionamento degli impianti.

Figura 4.7 - Profilo di funzionamento invernale dell'impianto per l'intero edificio



Il dettaglio dei profili orari di funzionamento, rilevati in sede di sopralluogo, è riportato nella Sezione 12 dell' Allegato J – Schede di audit.

I rendimenti di regolazione desunti dal modello di calcolo delle DE sono riportati nella Tabella 4.5:

Tabella 4.5 - Rendimenti del sottosistema di regolazione per le varie zone termiche

ZONA TERMICA	TIPO DI REGOLAZIONE	RENDIMENTO
Intero edificio	Sonda climatica esterna	72.1%

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

4.2.3 Sottosistema di distribuzione

Il sottosistema di distribuzione è costituito da un unico circuito di collegamento dalla caldaia ai radiatori attraverso colonne montanti di distribuzione (fluido termovettore acqua). Non sono stati rilevati sistemi in grado di parzializzare e/o suddividere il sottosistema di distribuzione in modo da differenziare il funzionamento delle zone che compongono l'edificio.

È presente una unica pompa di circolazione gemellare marca GrundFos – UPSD 80-120F con mandata temperatura massima di mandata 65°C e ritorno 55°C e una pompa di anticondensa.

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

Tabella 4.6.

Tabella 4.6 - Riepilogo caratteristiche pompe circuito primario riscaldamento ed acqua calda sanitaria

NOME	SERVIZIO	PORTATA ⁽⁵⁾	PREVALENZA ⁽⁶⁾	POTENZA ASSORBITA
------	----------	------------------------	---------------------------	-------------------

			[m ³ /h]	[kPa]	(7) [kW]
Pompa di circolazione	GrundFos (Gemel) – UPC 80-120	mandata acqua calda a radiatori			2,0
Pompa di circolazione	GrundFos (Gemel) – UPSD 40-60 F06	Mandata produzione ACS			0,315
Pompa di ricircolo ACS	GrundFos – UP 20-45 N150	ricircolo ACS			0,115
TOTALE					

Nota (5): Valori ricavati dal modello energetico

Nota (6): Valori ricavati da progetto

Nota (7): Valori ricavati da dati di targa

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

Tabella 4.7 – Temperature di mandata e ritorno del circuito primario

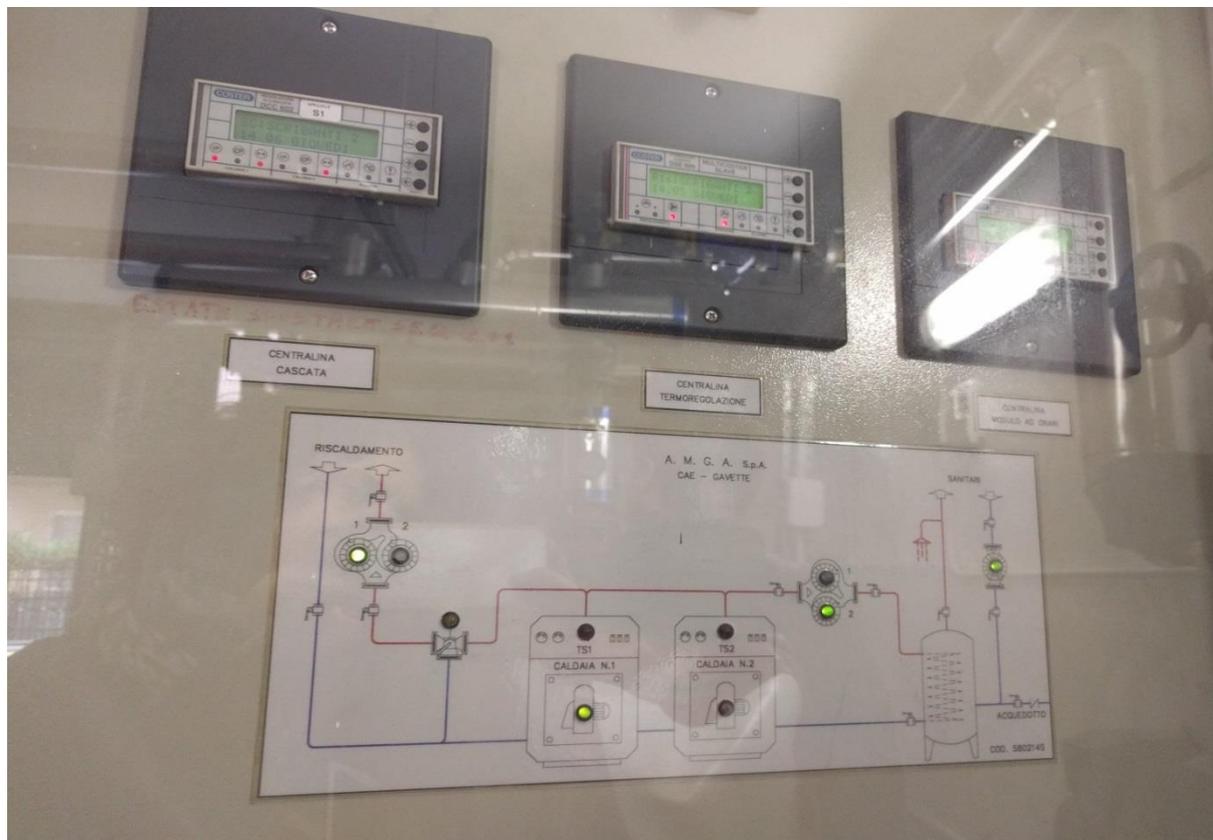
CIRCUITO			TEMPERATURA RILEVATA ⁽⁸⁾ °C	TEMPERATURA CALCOLO °C
Circuito	Mandata	Caldo	55	65
	Ritorno	Freddo	45	55

Nota (5): Valori utilizzati nel modello di calcolo

Nota (6): Valori ricavati in sede di sopralluogo

Nota (8): Valori rilevati il giorno 12/12/2017 alle ore 12:00, con una temperatura esterna di circa 16°C

Figura 4.8 - Particolare dello schema di impianto



Il rendimento complessivo del sottosistema di distribuzione è stato assunto nella DE pari al 93.8%.

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

4.2.4 Sottosistema di generazione

Il sottosistema di generazione è costituito da due caldaie tradizionali di produzione THERMITAL modello THE/LT 290 e THE/LT 114, funzionanti a gas naturale ed installate rispettivamente nel 2000 e nel 2002.

Figura 4.9 - Particolare delle Caldaie



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

Tabella 4.8 - Riepilogo caratteristiche dei sistemi di generazione

Servizio	MARCA	MODELLO	ANNO DI COSTRUZIONE	POTENZA AL FOCOLARE [kW]	POTENZA TERMICA UTILE [kW]	RENDIMENTO	POTENZA ASSORBITA COMPLESSIVA [kW]	
Gen 1	Riscaldamento+ACS	THERMITAL	THE/LT 290	2000	290	265	91,2%	0,55
Gen 2	Riscaldamento+ACS	THERMITAL	THE/LT 114	2002	114	104	90,5%	0,18

Il rendimento complessivo del sottosistema di generazione, in regime di riscaldamento è stato assunto nella DE pari al 90,85%.

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

4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA

Il consumo di acqua calda sanitaria è relativamente ridotto data la destinazione d’uso dell’edificio.

La produzione è eseguita tramite un bollitore ad accumulo centralizzato installato in centrale termica ed alimentato dalle due caldaie precedentemente descritte.

Figura 4.10 - Particolare sistema di produzione acqua calda sanitaria



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

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

SOTTOSISTEMA DI EROGAZIONE	SOTTOSISTEMA DI DISTRIBUZIONE	SOTTOSISTEMA DI RICIRCOLO	SOTTOSISTEMA DI ACCUMULO	SOTTOSISTEMA DI GENERAZIONE	RENDIMENTO GLOBALE MEDIO STAGIONALE
100%	89.3%	86.5%	86.1%	73.5%	53.7%

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

4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE

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

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

Tabella 4.10 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA NOMINALE [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]	ORE ANNUE DI UTILIZZO [ore]
Uffici	PC	10	200	2000	1.600
Uffici	PALA	10	70	700	200,0
Uffici	TRITADOCUMENTI	1	200	200	40
Uffici	STAMPANTI	2	1000	2000	300
Uffici	FOTOCOPIATRICE	2	1000	2000	200
Scuole	FRIGORIFERO	1	500	500	4.800

Scuole	FREEZER	1	300	300	4.800
Scuole	FORNO	1	2000	2000	400
Scuole	CAPPA	1	500	500	400
Scuole	STERILIZZATORE	1	300	300	100
Scuole	OMOGENEIZZATORE	1	1000	1000	100
Scuole	SCALDAVIVANDE	1	1000	1000	100
Scuole	MICROONDE	1	700	700	40
Uffici	STUFETTA	1	2000	2000	400,0
Uffici	STUFETTA	1	1500	1500	400,0
Uffici	STUFETTA	1	400	400	400,0
Uffici	PDC	4	1350	5400	160,0
Uffici	MACCHINA CAFFE	1	700	700	100,0
Uffici	DISTRIBUTORE CAFFE	1	1500	1500	200,0
Scuole	LAVATRICE	1	3200	3200	400
Scuole	LAVATRICE	1	2800	2800	300,0
Scuole	ASCIUGATRICE	1	4900	4900	300,0

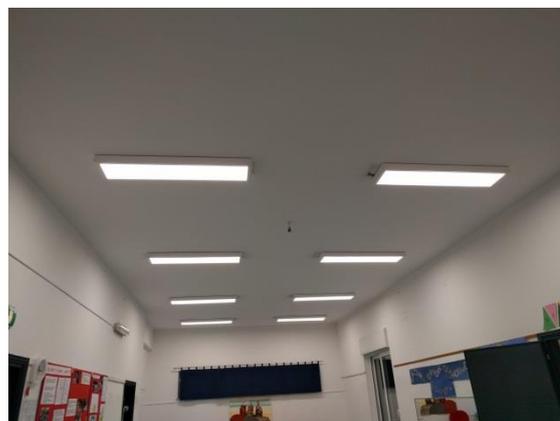
Ai fini di un'identificazione più precisa del funzionamento dei componenti impiantistici si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione di indagini diagnostiche attraverso rilievo di targhette e interviste al personale. Ove non è stato possibile ricavare informazioni certe, si è proceduto alla definizione delle potenze elettriche assorbite mediante similitudine con le apparecchiature maggiormente diffuse sul mercato.

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 lampade a fluorescenza (Neon) di diverse tipologie

Figura 4.11 - Particolare di alcuni corpi illuminanti ubicati all'interno dell'edificio.



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

Tabella 4.11 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA UNITARIA [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]
Scuole	18W	51	18	918
Scuole	36W	16	36	576
Scuole	58W	192	58	11136
Scuole	led	28	50	1400
Uffici	18W	21	18	378

Uffici	58W	147	58	8526
Appartamenti	18W	5	18	90
Appartamenti	36W	18	36	648
Appartamenti	58W	57	58	3306

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.

5 CONSUMI RILEVATI

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

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

I vettori energetici analizzati sono i seguenti:

- Gas metano;
- Energia elettrica.

5.1.1 Energia termica

Il vettore termico utilizzato per la climatizzazione invernale della struttura, è il Gas Metano. Nella Tabella 5.1 sono riportati i valori di Potere Calorifico Inferiore (PCI) forniti dalla norma UNI TS 11300-2:2014 ed utilizzati ai fini della conversione in kWh.

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

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

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

La fornitura di Gas metano avviene tramite la presenza di 1 contatore a servizio della centrale termica per il riscaldamento degli ambienti climatizzati.

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

L'analisi dei consumi storici di Gas Metano è sulla base dei m³ di gas rilevati dalla società di distribuzione nel triennio di riferimento. Nell'anno 2014 è stato convertito il consumo iniziale di gasolio in m³ di metano per bilanciare l'analisi dei consumi.

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

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

PDR	Utilizzo	2014	2015	2016	2014	2015	2016
		[Sm ³]	[Sm ³]	[Sm ³]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
3270050353857	Riscaldamento+ACS	31.171	33.641	33.451	293.628	316.898	315.108
3270012259340	Riscaldamento+ACS	1.199	1.854	1.401	11.295	17.465	13.197
TOTALE	Riscaldamento+ACS	32.370	35.495	34.852	304.923	334.363	328.306

Dall'analisi effettuata è emerso che il prelievo termico del triennio è caratterizzato da un valore minimo pari a 304.923 kWh nel 2014, e un valore di massimo prelievo di 334.363 kWh del 2015.

Considerando che i consumi di gas metano a servizio degli impianti di riscaldamento degli ambienti sono soggetti a variazioni dovute all'andamento degli effettivi dati climatici che hanno caratterizzato

il triennio di riferimento, si è reso necessario riportare tali consumi ad un comportamento normalizzato e non più strettamente dipendente dalle caratteristiche climatiche dell'anno a cui si riferiscono, con lo scopo di ottenere un consumo destagionalizzato che possa poi essere utilizzato per effettuare la taratura del modello energetico di cui al capitolo 6.1.

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

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

Dove:

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

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

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

È 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;

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 5.3 – Normalizzazione dei consumi annuali di energia termica

ANNO	GG ^{REALI} SU 111 GIORNI	GG ^{RIF} SU 111 GIORNI	CONSUMO REALE RISC. [Smc]	CONSUMO REALE RISC. [kWh]	α_{rif}	CONSUMO NORMALIZZATO A 929 GG [kWh]	CONSUMO ACS [kWh]	CONSUMO ALTRO [kWh]
2014	841	929	28.538	268.827	319,7	296.957	24.801	-
2015	826	929	31.008	292.097	353,6	328.521	24.801	-
2016	847	929	30.818	290.307	342,7	318.413	24.801	-
Media	838	929	30.121	283.744	338,5965965	314.556,2	24.801,0	-

Come si può notare dai dati riportati il comportamento energetico dell'edificio, negli anni considerati, è stato caratterizzato da un generico aumento dei consumi, che potrebbe essere dovuto ad un costante peggioramento dell'efficienza energetica dell'edificio.

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

Tabella 5.4 – Individuazione della Baseline termica

GRANDEZZA	VALORE [Kwh]
\bar{Q}_{ACS}	24.801
\bar{Q}_{ALTRO}	-
$\bar{a}_{rif} \times GG_{rif}$	314.556
$Q_{baseline}$	339.357

5.1.2 Energia elettrica

La fornitura di energia elettrica avviene tramite la presenza di due contatori a servizio dell'edificio. Non è stato possibile rilevare e ricavare da informazioni o richieste come vengano misurati i consumi di energia elettrica degli appartamenti. Si è quindi supposto che gli alloggi vengano serviti tramite il contatore corrispondente al POD IT001E00097092, mentre gli uffici sono serviti dal POD IT001E00097093.

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

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

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

Tali consumi annuali sono riportati nella Tabella 5.5 con indicazione dei POD di riferimento.

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

POD	ZONA SERVITA	2014	2015	2016	MEDIA
		[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
IT001E00097092	Intero edificio (meno uffici)	55.604	45.251	41.614	47.490
IT001E00097093	Uffici	4.556	4.003	4.326	4.295
EEbaseline=51.785					

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-E661, e sono emerse le seguenti differenze:

- Anno 2014: Scostamento di 10.746 kWh (66.350kWh/55.604kWh) – 381 kWh (4.937kWh/4.556kWh)
- Anno 2015: Scostamento di 9.883 kWh (55.134kWh/45.251kWh) – 591 kWh (4.594kWh/4.003kWh)
- Anno 2016: Scostamento di 24.181 kWh (65.795kWh/41.614kWh) – 995 kWh (5.321kWh/4.326kWh)

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

Si è pertanto definito un consumo $EE_{baseline}$ pari a 51.785 kWh.

Tabella 5.6 – Consumi mensili di energia elettrica suddivisi per fasce, per il triennio di riferimento

POD: IT001E00097092	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 14	3.388	1.050	1.335	5.773
Feb - 14	3.226	1.075	1.244	5.545
Mar - 14	3.026	1.184	1.375	5.585
Apr - 14	2.586	805	1.234	4.625
Mag - 14	2.416	748	1.229	4.393
Giu - 14	1.958	611	1.167	3.736
Lug - 14	1.938	631	1.095	3.664
Ago - 14	862	548	1.205	2.615
Set - 14	2.219	709	1.073	4.001
Ott - 14	2.532	729	988	4.249

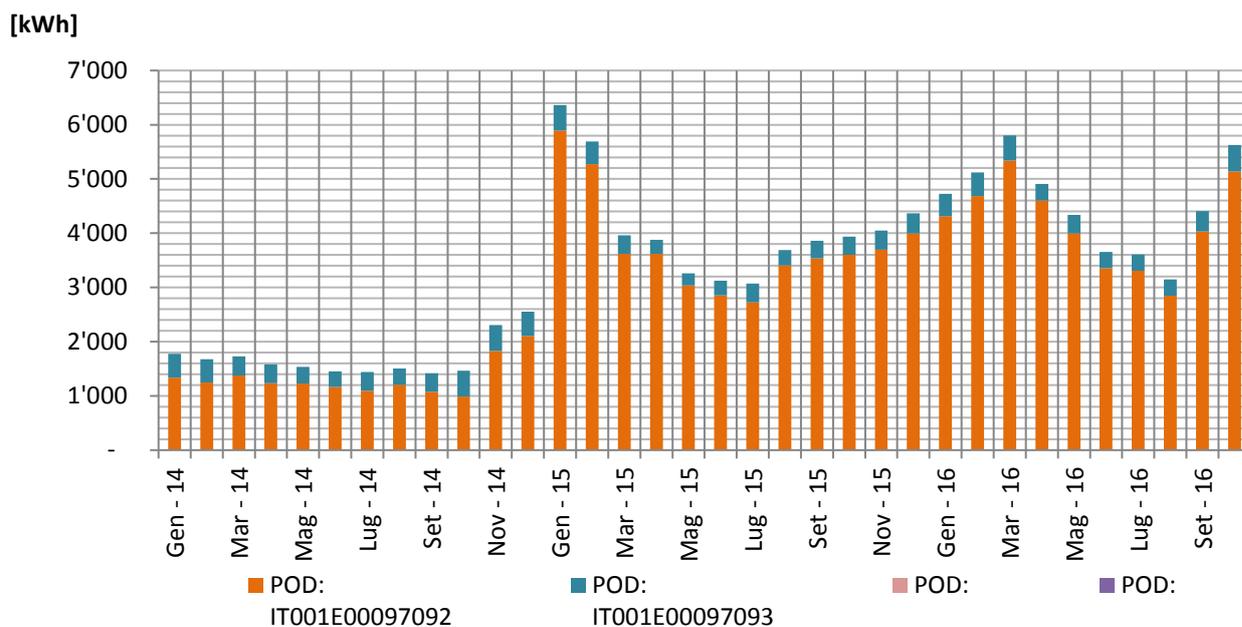
Nov - 14	2.721	1.060	1.828	5.609
Dic - 14	2.631	1.070	2.108	5.809
Totale	29.503	10.220	15.881	55.604
POD: IT001E00097092	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 15	2.794	1.146	1.950	5.890
Feb - 15	2.627	1.040	1.605	5.272
Mar - 15	1.843	681	1.095	3.619
Apr - 15	1.843	681	1.095	3.619
Mag - 15	1.462	519	1.054	3.035
Giu - 15	1.434	482	935	2.851
Lug - 15	1.399	456	872	2.727
Ago - 15	1.754	583	1.071	3.408
Set - 15	1.760	602	1.173	3.535
Ott - 15	1.817	618	1.169	3.604
Nov - 15	1.931	647	1.118	3.696
Dic - 15	2.101	725	1.169	3.995
Totale	22.765	8.180	14.306	45.251
POD: IT001E00097092	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 16	2.236	801	1.279	4.316
Feb - 16	2.393	889	1.402	4.684
Mar - 16	2.805	1.034	1.499	5.338
Apr - 16	2.372	918	1.313	4.603
Mag - 16	2.188	661	1.149	3.998
Giu - 16	1.694	567	1.091	3.352
Lug - 16	1.588	604	1.118	3.310
Ago - 16	1.098	571	1.178	2.847
Set - 16	2.071	746	1.213	4.030
Ott - 16	2.641	1.012	1.483	5.136
Nov - 16	-	-	-	-
Dic - 16	-	-	-	-
Totale	21.086	7.803	12.725	41.614

POD: IT001E00097093	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 14	143	103	194	440
Feb - 14	380	28	26	434
Mar - 14	300	30	27	357
Apr - 14	287	29	31	347
Mag - 14	245	30	32	307
Giu - 14	220	27	36	283
Lug - 14	283	31	31	345
Ago - 14	253	19	26	298
Set - 14	294	27	26	347
Ott - 14	403	37	38	478

Nov - 14	414	28	35	477
Dic - 14	388	23	32	443
Totale	3.610	412	534	4.556
POD: IT001E00097093	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 15	400	33	38	471
Feb - 15	372	23	27	422
Mar - 15	295	23	25	343
Apr - 15	226	17	16	259
Mag - 15	183	18	22	223
Giu - 15	213	27	34	274
Lug - 15	277	31	36	344
Ago - 15	224	27	33	284
Set - 15	255	30	42	327
Ott - 15	261	30	40	331
Nov - 15	284	31	39	354
Dic - 15	307	28	36	371
Totale	3.297	318	388	4.003
POD: IT001E00097093	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 16	338	31	43	412
Feb - 16	363	31	42	436
Mar - 16	390	33	42	465
Apr - 16	241	33	33	307
Mag - 16	286	27	27	340
Giu - 16	207	37	57	301
Lug - 16	217	34	46	297
Ago - 16	251	21	30	302
Set - 16	316	32	33	381
Ott - 16	432	29	30	491
Nov - 16	-	-	-	-
Dic - 16	547	20	27	594
Totale	3.588	328	410	4.326

Si riporta nella Figura 5.1 il profilo elettrico reale relativo all'utenza elettrica per il triennio di riferimento.

Figura 5.1 – Confronto tra i profili elettrici reali relativi al POD considerato per il triennio di riferimento



Dall’analisi effettuata è stato possibile definire i profili mensili dei consumi elettrici di Baseline, valutati come la media dei valori mensili analizzati nel triennio di riferimento. Tali valori sono riportati nella Tabella 5.7.

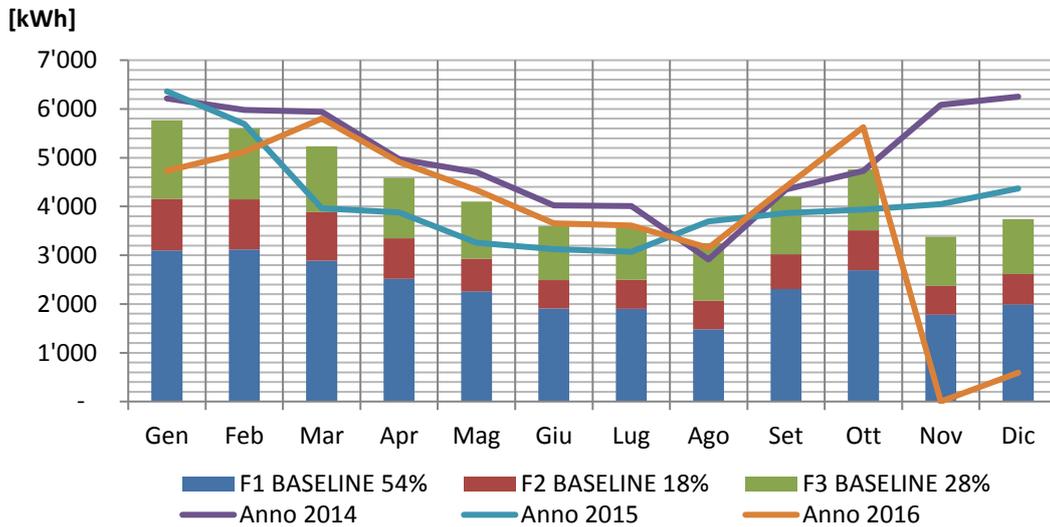
Tabella 5.7 – Consumi mensili di Baseline

BASILINE	F1	F2	F3	TOTALE
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	3.100	1.055	1.613	5.767
Febbraio	3.120	1.029	1.449	5.598
Marzo	2.886	995	1.354	5.236
Aprile	2.518	828	1.241	4.587
Maggio	2.260	668	1.171	4.099
Giugno	1.909	584	1.107	3.599
Luglio	1.901	596	1.066	3.562
Agosto	1.481	590	1.181	3.251
Settembre	2.305	715	1.187	4.207
Ottobre	2.695	818	1.249	4.763
Novembre	1.783	589	1.007	3.379
Dicembre	1.991	622	1.124	3.737
Totale	27.950	9.087	14.748	51.785

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

Figura 5.2.

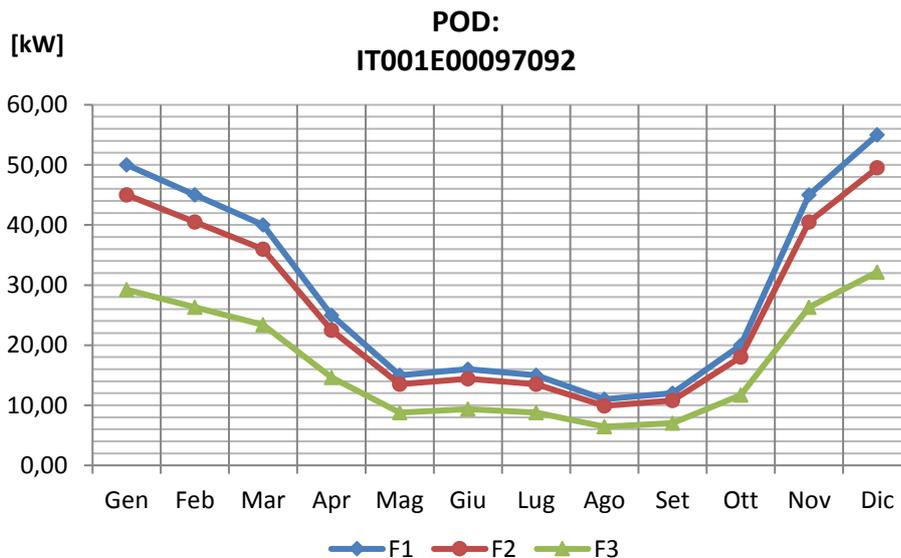
Figura 5.2 – Confronto tra i profili mensili elettrici reali e i valori di Baseline per il triennio di riferimento



I profili di prelievo mensili nel triennio di riferimento presentano una riduzione nei mesi estivi, in accordo con i profili di occupazione della struttura.

È stato inoltre possibile rappresentare i profili mensili di potenza (per il periodo Febbraio 2017 – Dicembre 2017) accedendo alle informazioni fornite dalla società di distribuzione dell’energia elettrica.

Figura 5.3 – Profili di potenza giornalieri per il POD IT001E00097092



Il prelievo di potenza massima è pari a 55 kW e si verifica a Dicembre. Tale potenza richiesta risulta coerente con la potenza massima erogata dal contatore installato di 60 kW.

5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI

L'esito della DE deve inoltre consentire la valutazione del fabbisogno energetico caratteristico del sistema edificio-impianto ed individuare gli indicatori specifici di performance energetica ed ambientale caratteristici della prestazione energetica dell'edificio, rispetto ai consumi energetici reali.

I fattori di emissione di CO₂ utilizzati sono riportati nella Tabella 5.8 - Fattori di emissione di CO₂. Tabella 5.8.

Tabella 5.8 - Fattori di emissione di CO₂.

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

* da “Linee Guida Patto dei Sindaci” per anno 2010

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

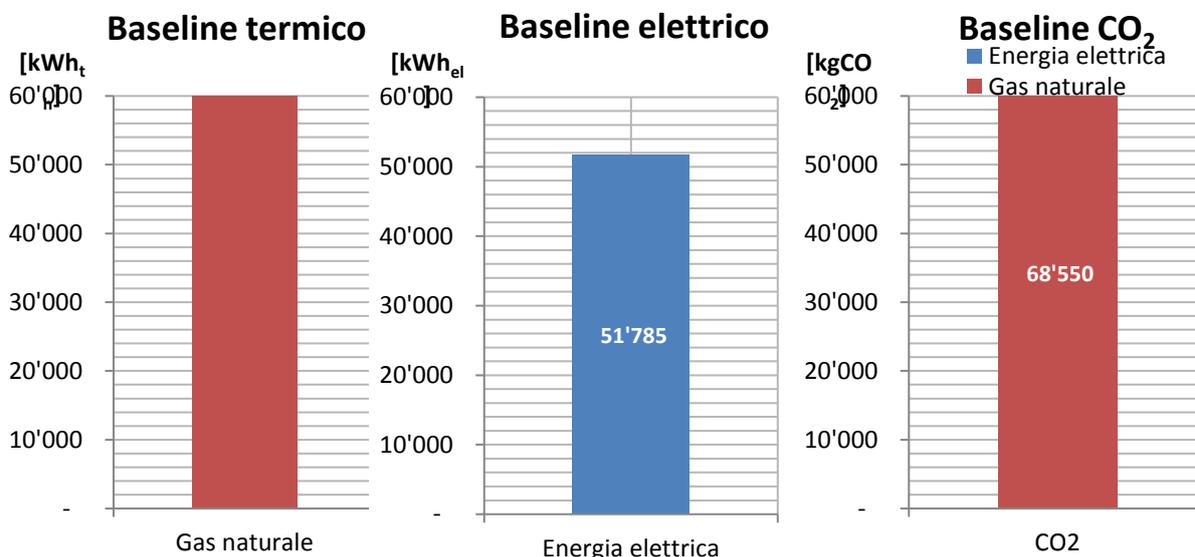
Tabella 5.9 – Baseline delle emissioni di CO₂.

Tabella 5.9 e nella Figura 5.4.

Tabella 5.9 – Baseline delle emissioni di CO₂.

COMBUSTIBILE	CONSUMO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE	
	[kWh]	[tCO ₂ /MWh]	[tCO ₂]
Energia elettrica	339.357	0,202	68.550
Gas naturale	51.785	0,467	24.183
TOTALE			92.734

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 5.10 - Fattori di conversione in energia primaria dei vettori energetici

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

La valutazione degli indicatori di performance è stata effettuata parametrizzando i consumi reali di Baseline di cui al Capitolo 0, in funzione dei fattori riportati nella Tabella 5.11.

Tabella 5.11 – Fattori di riparametrizzazione

PARAMETRO		VALORE	U.M.
FATTORE 1	Superficie netta riscaldata	2.531	m ²
FATTORE 2	Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	2.619	m ²
FATTORE 3	Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate)	17.727	m ³

Nella

Tabella 5.12 e

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

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

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA TOTALE	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA TOTALE	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA TOTALE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3	FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3
	[kWh/anno]		[kWh/anno]	[kWh/m ²]	[kWh/m ²]	[kWh/m ³]	[Kg CO ₂ /m ²]	[Kg CO ₂ /m ²]	[Kg CO ₂ /m ³]
Gas naturale	339357,2381	1,05	356325,1	140,77931	136,047642	20,1006995	27,08325745	26,17297493	3,866991713
Energia elettrica	51784,66667	2,42	125318,8933	49,511828	47,84770966	7,069379666	9,554555284	9,233421658	1,364215002
TOTALE			481643,9934	190,291137	183,89535	27,17007916	36,63781273	35,40639659	5,231206715

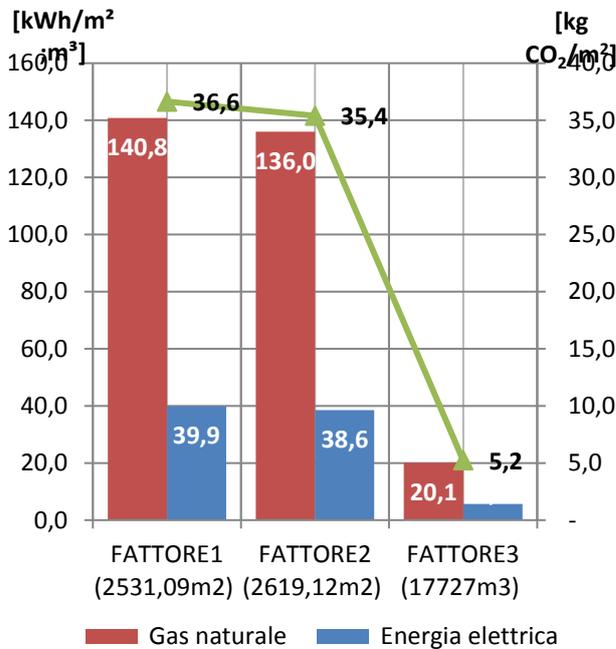
Tabella 5.13 – Indicatori di performance calcolati con riferimento all’energia primaria non rinnovabile

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA 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	339.357	1,05	356.325	140,8	136,0	20,1	27,08	26,17	3,87

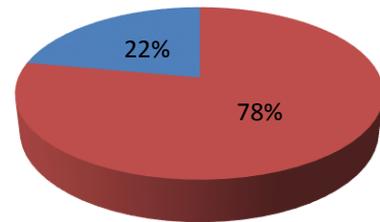
Energia elettrica	51.785	1,95	100.980	39,9	38,6	5,7	9,55	9,23	1,36
TOTALE			457.305,2	180,7	174,6	25,8	36,6	35,4	5,2

Figura 5.5 – Indicatori di performance e relative emissioni di CO₂ valutati in funzione della superficie utile riscaldata

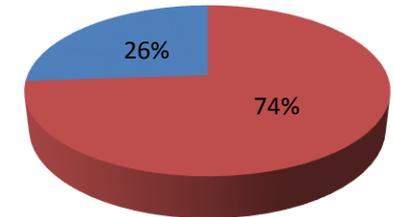
Figura 5.6 – Ripartizione % dei consumi di energia primaria e delle relative emissioni di CO₂



Ripartizione % energia primaria



Ripartizione % emissioni CO₂



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

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

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

La formula definita è sotto riportata:

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

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

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

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

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

Tabella 5.14 – Indicatori di performance energetici

COMBUSTIBILE	IEN _R			IEN _E		
	Wh/(m ³ GG anno)			Wh/(m ³ anno)		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Gas Naturale	14,5	15,8	15,7	-	-	-
Energia elettrica	-	-	-	14715,88268	12048,14	11237,49419

È stato quindi possibile effettuare un raffronto con le classi di merito riportate nelle suddette Linee Guida ENEA - FIRE, ottenendo una classe di merito buona per quanto riguarda il riscaldamento e sufficiente per l'energia elettrica.

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.

Per la creazione del modello energetico (sia termico che elettrico) in modalità “adattata all’utenza” a causa dell’impossibilità in fase di rilievo di poter accedere agli appartamenti presenti all’interno del fabbricato (che occupano come detto in precedenza i piani quinto, sesto ed una porzione del settimo) si è reso necessario formulare delle ipotesi per poter avere una simmetria nel funzionamento dell’edificio.

Il set di ipotesi di seguito esposte ha permesso di validare il modello energetico e quindi affrontare un’analisi economica della fattibilità degli interventi di risparmio energetico. Tali ipotesi potranno essere modificate solo attraverso un successivo censimento, tramite rilievo od analisi documentale, dello stato di fatto degli appartamenti presenti sia sotto il profilo di funzionamento, termico che elettrico.

Nello specifico le ipotesi formulate riguardano i profili di funzionamento degli appartamenti in relazione al resto dell’edificio; la potenza termica del sistema di emissione dell’impianto di riscaldamento e la potenza elettrica installate negli appartamenti.

Per quanto riguarda il funzionamento degli alloggi, non essendo stati rilevati sistemi di parzializzazione del sottosistema di distribuzione, è stato ipotizzato di uniformare il profilo di funzionamento settimanale a quello delle altre porzioni di edificio, perché l’ipotesi inversa avrebbe generato uno spreco energetico non gestibile. Inoltre per tener conto dei consumi che gli appartamenti generano nella realtà, al di fuori del profilo di funzionamento ipotizzato, la loro temperatura interna, insieme a quella delle zone occupate dalle scuole, è stata ipotizzata attestarsi sul limite di tolleranza positivo massimo consentito dal D.P.R. 412/93 ($T_{amb}=22^{\circ}\text{C}$).

Infine non avendo dati reali o documentali che indicassero le potenze termiche ed elettriche installate negli alloggi, e per poter effettuare una modellizzazione energetica tale da rientrare nell’intervallo di congruità definito per diagnosi di questo tipo, sono stati individuati quali parametri caratteristici 35 W/m^3 per la potenza termica, ed apparecchiature elettriche da 36 W , 58 W , 116 W in funzione della dimensione della stanza di installazione.

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	ENERGIA PRIMARIA
----------------------------------	------	------------------	------------------

			TOTALE	NON RINNOVABILE
Globale non rinnovabile	EP _{gl,nren}	kWh/mq anno	335,66	265,98
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	201,01	200,16
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	8,86	8,75
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno		
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno		
Emissioni equivalenti di CO2	CO _{2eq}	Kg/mq anno	63,11	50,85

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)

FORTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO [kWh/anno]	CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE [kWh/anno]
Gas Naturale	24.662,00	243.931,84
Energia Elettrica	39.211,00	76.461,45

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

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

Dove:

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

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

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

FABBISOGNO	Corrispondenza UNI TS 11300 [kWh _{el}]
Energia ausiliaria complessiva assorbita dal sottosistema di generazione per la produzione di ACS	E _{W, aux, gn}
Energia ausiliaria complessiva assorbita dal sottosistema di generazione per il riscaldamento	E _{H, aux, gn}
Fabbisogno di energia elettrica dell’impianto di ventilazione meccanica e dei terminali di emissione	E _{ve,el} + E _{aux,e}
Fabbisogno di energia elettrica per gli ausiliari di distribuzione (Riscaldamento e ACS)	E _{W, aux, d} + E _{W, aux, d}
Fabbisogno di energia elettrica per l’illuminazione interna dell’edificio	E _{L,int}
Fabbisogno di energia elettrica per gli ausiliari degli impianti di climatizzazione	Q _{c,aux}
Fabbisogno di energia elettrica per i sistemi di trasporto (+ eventuali altri carichi interni)	E _T + E _{altro} ^(*)
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 sulla base dei dati di targa

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 adattando tutti i parametri sulla base delle informazioni raccolte durante il sopralluogo.

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	273,47	261,00
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	203,26	202,43
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	10,91	10,79
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno		
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno		
Emissioni equivalenti di CO2	CO _{2eq}	Kg/mq anno	54,56	43,97

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 ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
	[kWh/anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	50.757,00	502.037,49
Energia Elettrica	67.113,00	130.870,35

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]	[%]
350.063,85	339357,2381	3,06%

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]	[%]
53533,5	51784,66667	3,3%

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

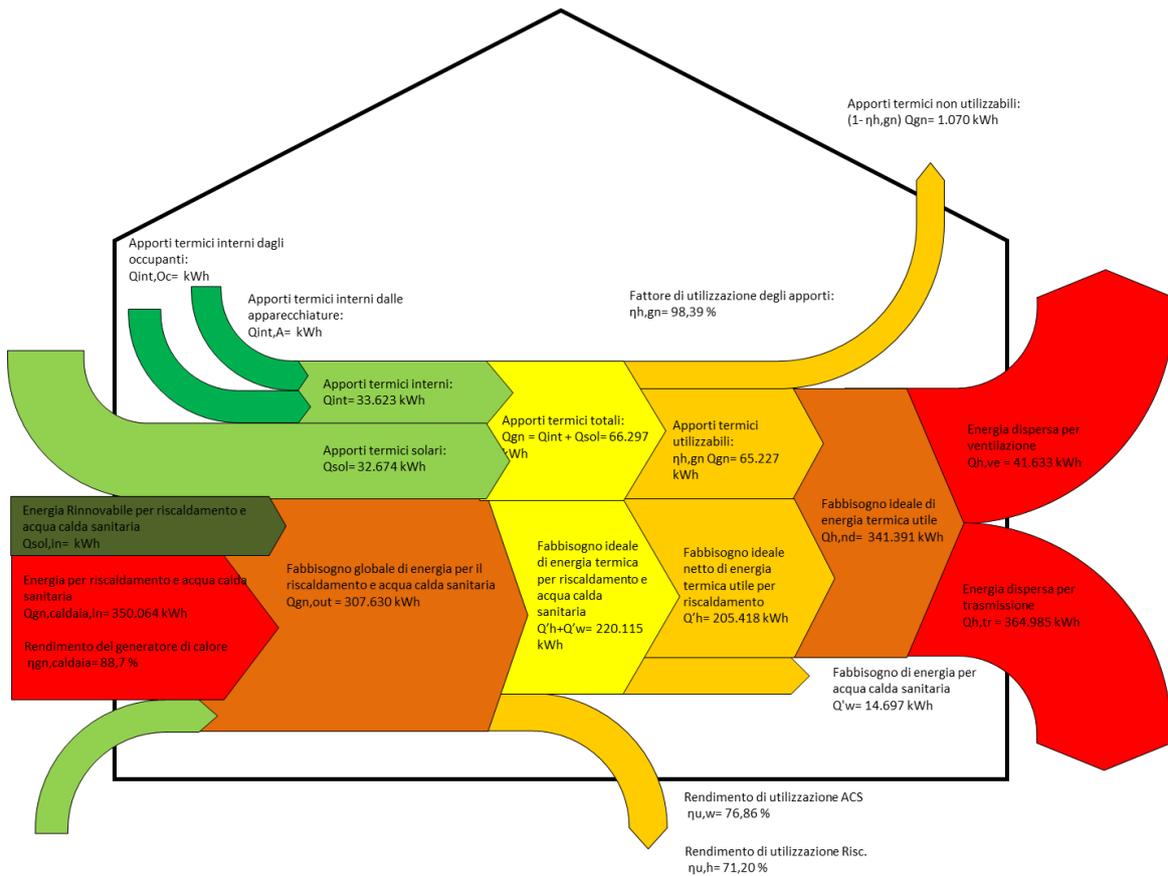
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

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

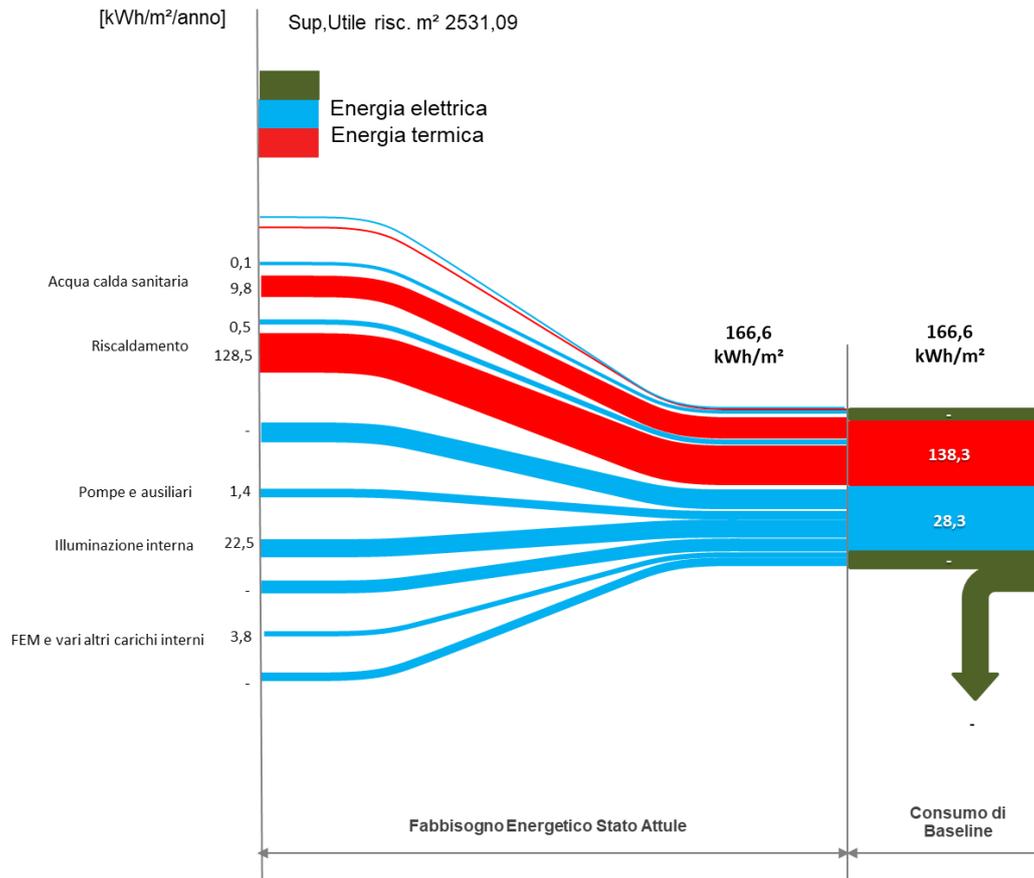
Figura 6.1 – Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell’edificio allo stato attuale



Dal diagramma si evince che il fabbisogno ideale di energia termica utile è dovuto principalmente alla dispersione per trasmittanza.

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

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



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

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

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

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

Dall’analisi del diagramma di Sankey relativo al bilancio energetico complessivo dell’edificio è possibile notare che il consumo specifico maggiore è quello dovuto al riscaldamento dei locali, mentre, relativamente all’energia elettrica, il consumo specifico maggiore è dovuto all’illuminazione.

6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI

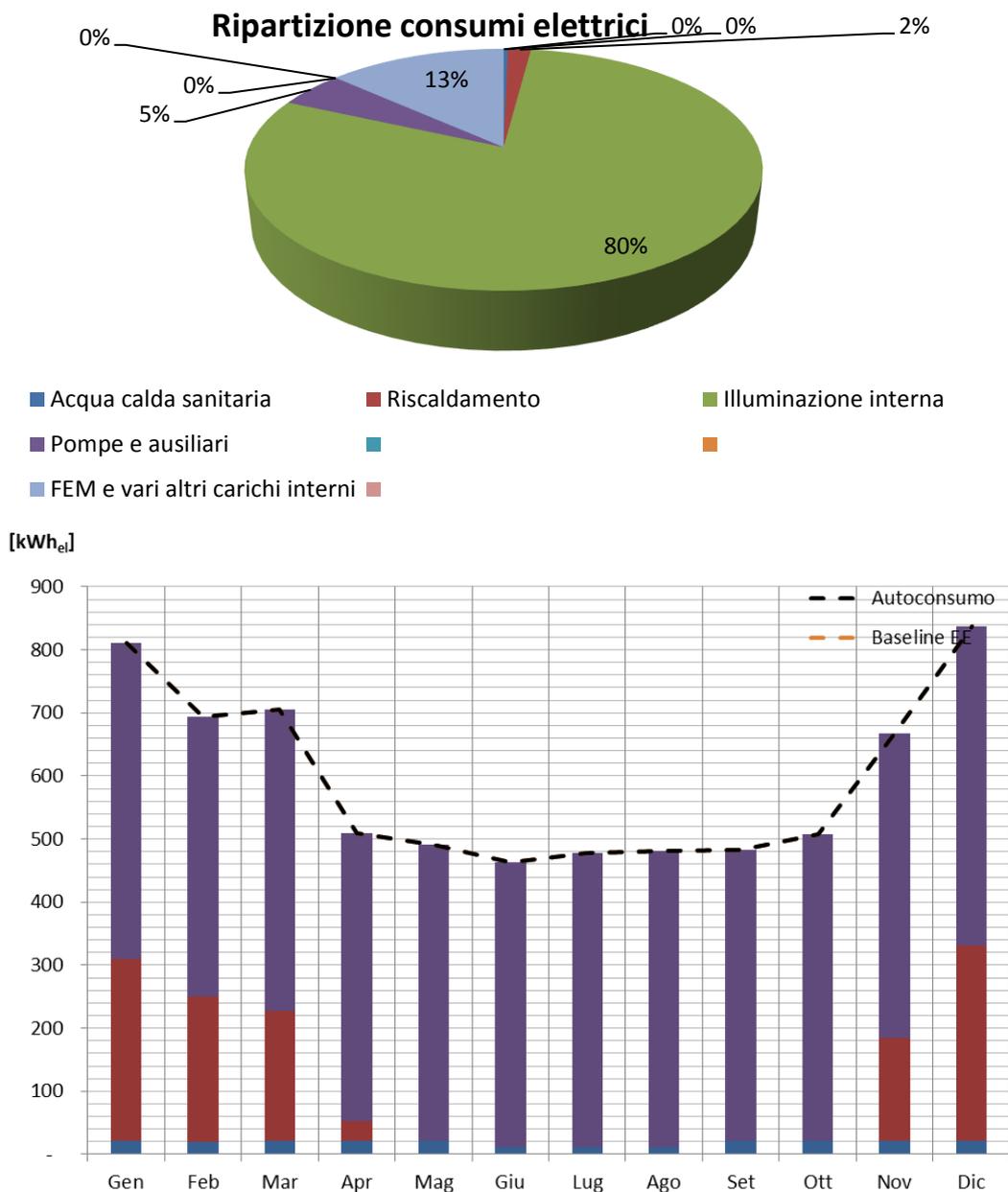
I consumi energetici termici di Baseline dell’edificio oggetto della DE sono interamente dovuti al riscaldamento degli ambienti.

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 6.3.

Figura 6.3 – Andamento mensile dei consumi elettrici ricavati dalla modellazione energetica, ripartiti tra i vari utilizzi



Si può notare come la maggior parte dei consumi sia da attribuirsi all’illuminazione interna, ed un quarto di essi è invece dedicato all’impianto di riscaldamento.

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.

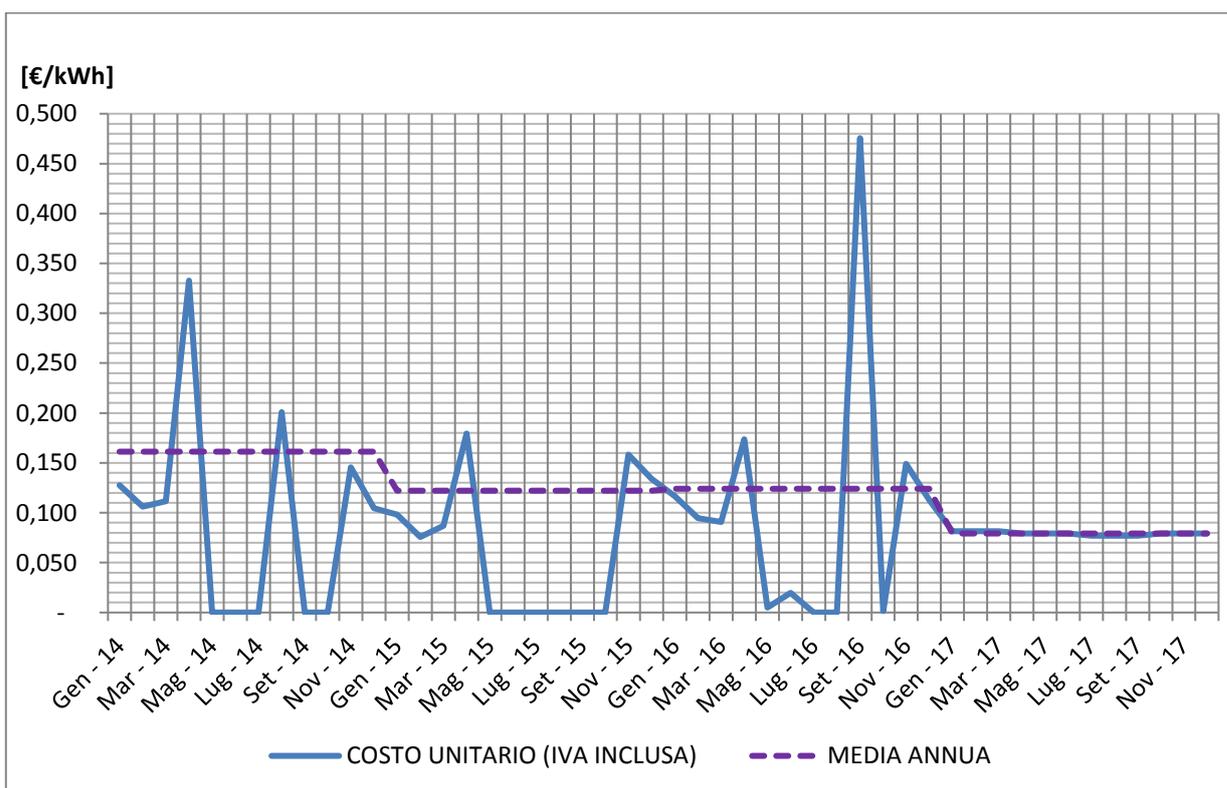
7.1.1 Vettore termico

La fornitura del vettore termico (PDR 3270050353857) avviene tramite contratto di Servizio Integrato Energia 3 (SIE3) stipulato dalla PA con un soggetto terzo, che comprende sia la fornitura del vettore energetico che la conduzione e manutenzione degli impianti. Non è stato quindi possibile effettuare un'analisi dei costi di fatturazione del vettore energetico in quanto tali fatture non sono a disposizione della PA.

Per le forniture di gas metano gestite tramite il Contratto di Servizio Energia SIE3, non essendo disponibile la fatturazione, è stato considerato il costo unitario del vettore termico definito dall'Autorità per l'energia elettrica il gas e il sistema idrico (AEEGSI).

Nel grafico in Figura 7.1 è riportato l'andamento del costo unitario del vettore 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 2017



7.1.2 Vettore elettrico

La fornitura del vettore elettrico avviene tramite un contratto per il POD IT001E00098096, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura.

È stato quindi possibile effettuare un'analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura.

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

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

POD: IT001E00097092	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura			
Dati di intestazione fattura	Comune di Genova	Comune di Genova	Comune di Genova
Società di fornitura	Edison	Gala	Iren
Inizio periodo fornitura	01/01/2014	01/04/2015	01/04/2016
Fine periodo fornitura	31/03/2015	31/03/2016	
Potenza elettrica impegnata	60 kW	60 kW	60 kW
Potenza elettrica disponibile	60 kW	60 kW	60 kW
Tipologia di contratto	Forniture in BT (escluso IP)	Utenza Altri Usi	Altri usi
Opzione tariffaria ⁽¹⁾	BTA6		
Prezzi della fornitura dell'energia elettrica ⁽²⁾	0,078810 €/kWh ⁽³⁾	0,039430 €/ kWh ⁽⁴⁾	0,032470€/ kWh ⁽⁴⁾

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.

Nota (3) Corrispettivo unitario relativo alla fascia F1 del mese di Gennaio

Nota (4) Corrispettivo unitario relativo alla fascia F1 del mese di Aprile

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

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

POD: IT001E00098 096	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen – 14		1.157		74	123	1.354	5.911	0,229
Feb – 14		1.087		70	116	1.273	5.633	0,226
Mar – 14		1.010		65	107	1.182	2.230	0,530
Apr – 14		793		50	84	927	3.964	0,234
Mag – 14		859		54	91	1.004	4.325	0,232
Giu – 14		539		31	57	627	2.518	0,249
Lug – 14		-		-	-	-	-	-
Ago – 14		107		7	11	126	551	0,228
Set – 14		600		36	64	700	2.918	0,240
Ott – 14		989		62	105	1.156	4.927	0,235
Nov – 14		1.043		66	111	1.220	5.241	0,233
Dic – 14		1.093		73	117	1.282	5.841	0,220
Totale		9.276		588	986	10.850	44.059	0,246
POD: IT001E00098	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO

096	PARTE FISSA		PARTE VARIABILE				(IVA INCLUSA)	
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]	
Gen – 15	1.093	73	117	1.282	5.841	0,220		
Feb – 15	982	67	105	1.155	5.392	0,214		
Mar – 15	1.122	79	120	1.321	6.327	0,209		
Apr – 15	774	61	84	919	4.876	0,188		
Mag – 15	763	60	82	905	4.780	0,189		
Giu – 15	456	34	49	538	2.708	0,199		
Lug – 15	131	9	14	154	754	0,205		
Ago – 15	61	6	7	74	461	0,160		
Set – 15	547	44	59	650	3.490	0,186		
Ott – 15	943	79	102	1.124	6.300	0,178		
Nov – 15	945	80	102	1.127	6.395	0,176		
Dic – 15	795	66	86	946	5.250	0,180		
Totale	-	8.611	-	657	927	10.196	52.574	0,194
POD: IT001E00098 096	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	830	74	90	995	5.926	0,168		
Feb – 16	827	76	90	993	6.072	0,164		
Mar – 16	741	69	81	891	5.482	0,162		
Apr – 16	805	67	87	959	5.363	0,179		
Mag – 16	832	67	90	989	5.394	0,183		
Giu – 16	448	32	48	528	2.581	0,205		
Lug – 16	169	10	18	197	835	0,236		
Ago – 16	164	8	17	189	673	0,281		
Set – 16	522	36	56	613	2.884	0,213		
Ott – 16	907	63	97	1.067	5.047	0,211		
Nov – 16	1.116	75	119	1.309	5.961	0,220		
Dic – 16	964	65	103	1.133	5.231	0,217		
Totale	-	8.324	-	643	897	9.864	51.449	0,192

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

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

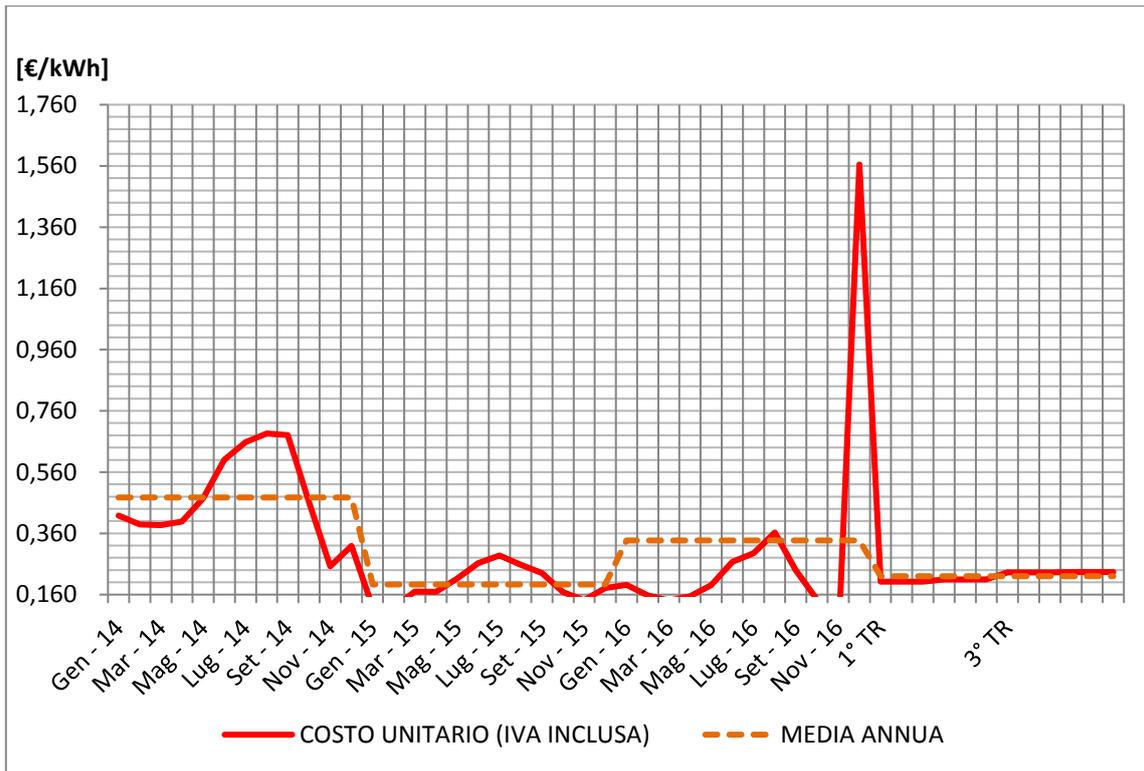
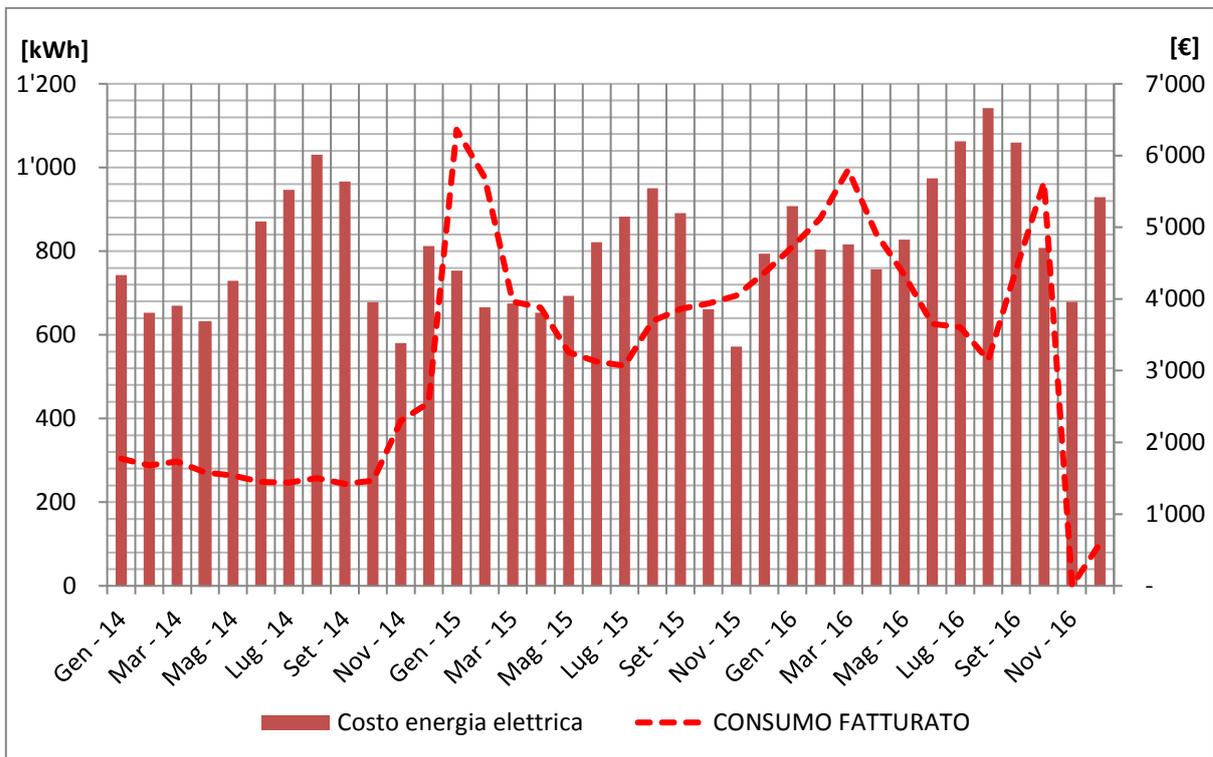


Figura 7.3 – Andamento dei consumi e dei costi dell’energia elettrica



Dall’analisi effettuata risulta evidente che l’andamento dei costi è minimo nei mesi estivi, quando la scuola resta chiusa per le vacanze, mentre è più alto nei periodi di attività scolastica.

7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI

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

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

Tabella 7.3 – Sintesi dei consumi nel triennio di riferimento

ANNO	VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			TOTALE
	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[€]
2014	293.628	n.d.	n.d.	60.160	14.978,69	0,25	n.d.
2015	316.898	n.d.	n.d.	49.254	10.198,47	0,21	n.d.
2016	315.108	n.d.	n.d.	45.940	8.931,06	0,19	n.d.
2017	n.d.	n.d.	0,073	n.d.	n.d.	0,232	n.d.
Media	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

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

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo unitario dell'energia termica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	Cu _q 0,080	[€/kWh]
Costo unitario dell'energia elettrica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	Cu _{EE} 0,219	[€/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 all'impianto:

- L1-042-034: servizio SIE3

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

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

Tali servizi prevedono il pagamento di un canone annuale da parte della PA pari a € 36.961,84.

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

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

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

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

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

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

Applicando tali formule si ricava un costo di manutenzione negativo; si è ritenuto pertanto necessario trascurare tale tipologia di costi nelle successive valutazioni economiche degli interventi di efficientamento energetico.

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:

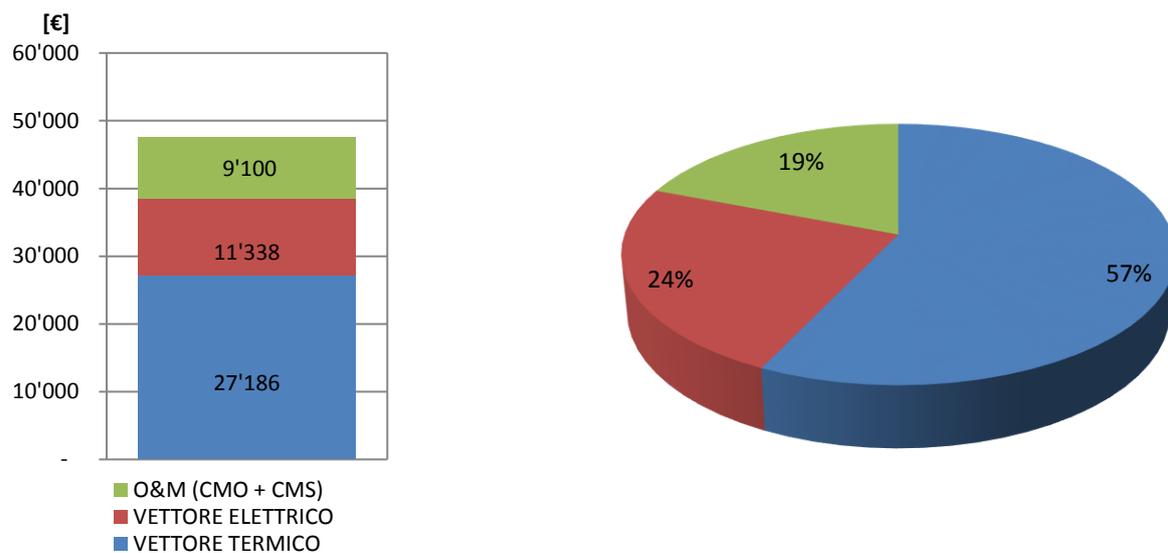
$$C_{baseline} = C_E + C_{MO} + C_{MS}$$

Ne risulta quindi un $C_{baseline}$ pari a € 19.878

Tabella 7.5 – 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]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
339.357	0,080	27.186	51.785	0,219	11.338	9.100	8.190	910	47.625

Figura 7.4 – Baseline dei costi e loro ripartizione



8 IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA

8.1 DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI

8.1.1 Involucro edilizio

EEM1: Isolamento pareti verticali con cappotto esterno

Generalità

La misura prevede l'installazione di un cappotto esterno costituito da materiale isolante, nel caso analizzato polistirene espanso, fissato ai profili della parete esistenti. Il sistema è completato con intonaco di finitura, costituito da due strati applicati direttamente ai pannelli isolanti.

La coibentazione consente di ottimizzare le prestazioni termiche dell'edificio, riducendo le dispersioni energetiche e conseguentemente i consumi. Inoltre è in grado di apportare benefici sia durante il periodo invernale che durante quello estivo, migliorando il comfort abitativo.

Caratteristiche funzionali e tecniche

Si è scelto di utilizzare un pannello isolante in polistirene espanso, con conducibilità pari a 0.033 W/m K. Gli spessori utilizzati permettono di raggiungere una trasmittanza tale da poter accedere agli incentivi del Conto termico.

Descrizione dei lavori

La posa deve essere svolta da addetti specializzati.

I lavori prevedono l'installazione di un ponteggio attorno all'area di interesse.

Un collante viene poi applicato ai pannelli e questi vengono fissati alla parete esterna dell'edificio, dal basso verso l'alto, a giunti sfalsati, evitando la presenza di fessure tra i pannelli. In corrispondenza degli spigoli i pannelli devono essere alternati in modo da garantire un assorbimento delle tensioni.

Si procede successivamente con la rasatura sui pannelli mediante spatole metalliche, applicando in seguito la rete di armatura.

Infine si procede stendendo lo strato di finitura.

Prestazioni raggiungibili

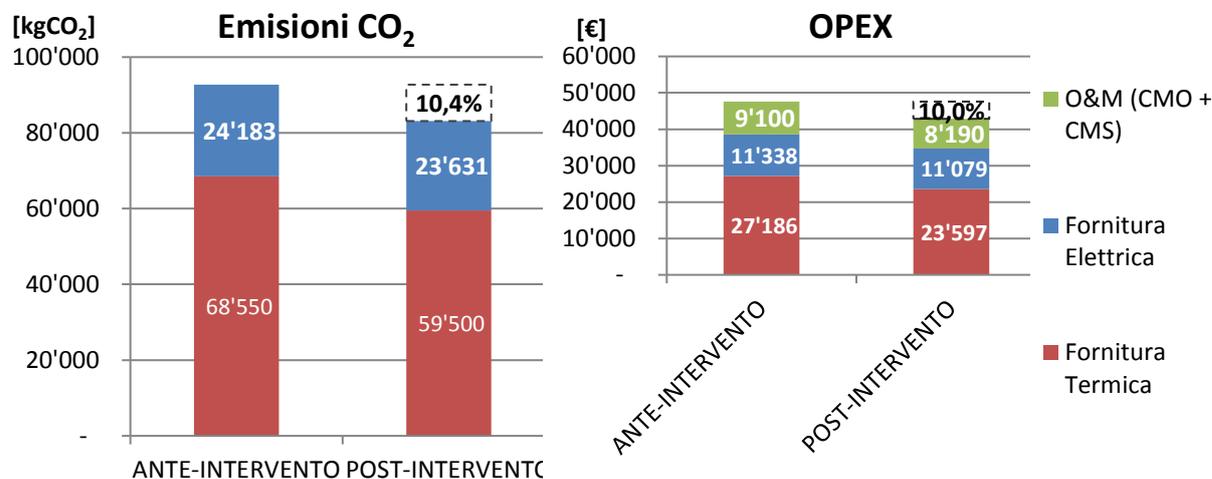
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM1 sono riportati nella Tabella 8.1 e nella Figura 8.1.

Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM1 – Isolamento pareti verticali con cappotto esterno

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM1 Trasmittanza pareti verticali	[W/m ² K]	Vedi Allegato E	<0,26	-
Q _{teorico}	[kWh]	350.064	303.849	13,2%
EE _{teorico}	[kWh]	53.534	52.310	2,3%
Q _{baseline}	[kWh]	339.357	294.556	13,2%
EE _{Baseline}	[kWh]	51.785	50.601	2,3%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	68.550	59.500	13,2%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	24.183	23.631	2,3%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	92.734	83.131	10,4%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	27.186	23.597	13,2%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	11.338	11.079	2,3%
Fornitura Energia, C_E	[€]	38.525	34.676	10,0%
C _{MO}	[€]	8.190	7.371	10,0%
C _{MS}	[€]	910	819	10,0%

O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	9.100	8.190	10,0%
OPEX	[€]	47.625	42.866	10,0%
Classe energetica	[-]	D	D	+0 classi

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



EEM2: Isolamento copertura

Generalità

La misura prevede la realizzazione di un tetto rovescio, con l'installazione di pannelli isolanti all'estradosso della copertura, nel caso analizzato polistirene espanso, fissato e tassellato alla copertura esistente. Il sistema è completato con quadrotte in graniglia.

L'isolamento della copertura consente di ottimizzare le prestazioni termiche dell'edificio, riducendo le dispersioni energetiche e conseguentemente i consumi. Inoltre è in grado di apportare benefici sia durante il periodo invernale che durante quello estivo, migliorando il comfort abitativo.

Caratteristiche funzionali e tecniche

Sono stati considerati pannelli in polistirene espanso con conducibilità pari a 0,033 W/mK per l'isolamento della copertura.

Gli spessori utilizzati permettono di raggiungere una trasmittanza tale da poter accedere agli incentivi del Conto termico.

Descrizione dei lavori

La posa deve essere svolta da addetti specializzati.

I lavori prevedono l'installazione di un ponteggio attorno all'area di interesse.

Un collante viene applicato ai pannelli e questi vengono fissati all'interno della copertura, evitando la presenza di fessure tra i pannelli. Fissati i pannelli si procede stendendo l'intonaco di finitura.

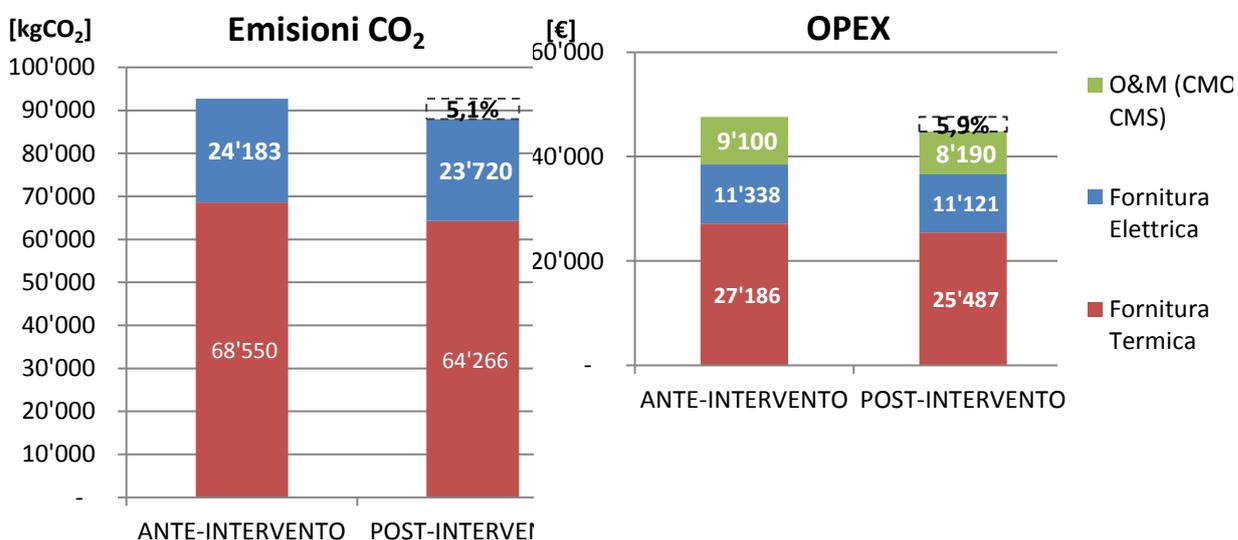
Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM2 sono riportati nella **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** e nella **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**

Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM2 – Isolamento copertura

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Trasmittanza copertura piana	[W/m ² K]	Vedi Allegato E	<0,22	-
Q _{teorico}	[kWh]	350.064	328.185	6,2%
EE _{teorico}	[kWh]	53.534	52.509	1,9%

$Q_{baseline}$	[kWh]	339.357	318.148	6,2%
$EE_{baseline}$	[kWh]	51.785	50.793	1,9%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	68.550	64.266	6,2%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	24.183	23.720	1,9%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	92.734	87.986	5,1%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	27.186	25.487	6,2%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	11.338	11.121	1,9%
Fornitura Energia, C_E	[€]	38.525	36.608	5,0%
C_{MO}	[€]	8.190	7.371	10,0%
C_{MS}	[€]	910	819	10,0%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	9.100	8.190	10,0%
OPEX	[€]	47.625	44.798	5,9%
Classe energetica	[-]	D	D	+0 classi

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

8.1.2 Impianto riscaldamento

EEM3: Installazione di valvole termostatiche complete di collegamenti sui radiatori

Generalità

L'intervento consiste nell'installazione su tutti i radiatori dell'edificio di valvole termostatiche e relativi comandi.

Questo intervento permette di ottenere un risparmio energetico legato all'effettiva richiesta di carico termico differenziabile per ciascun ambiente di ogni zona climatizzata.

Al fine di un corretto funzionamento è prevista l'installazione di una pompa modulante in sostituzione a quella esistente.

Caratteristiche funzionali e tecniche

L'installazione delle valvole termostatiche consente di incrementare notevolmente il rendimento di generazione, andando ad intervenire sulla temperatura di set point locale per locale.

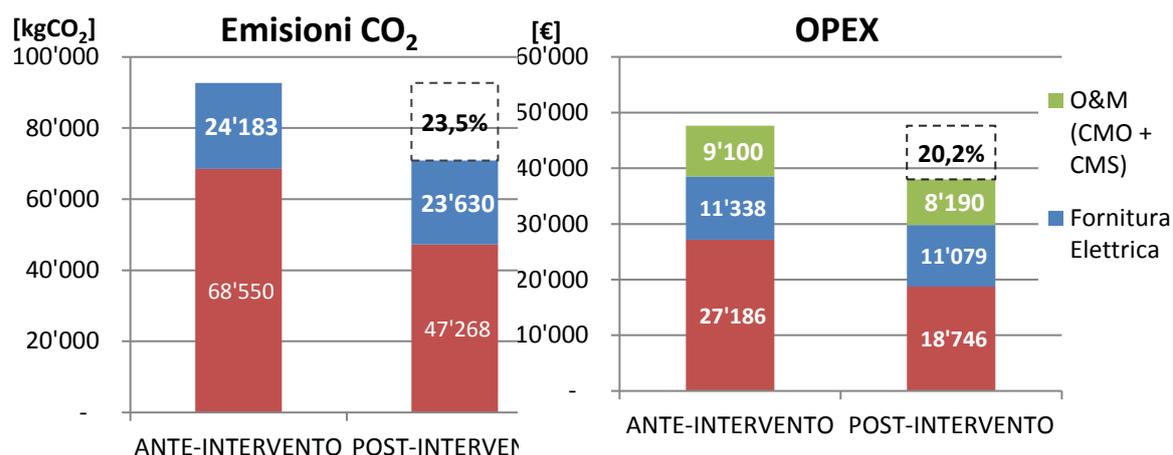
Con questa soluzione il rendimento di regolazione risulta pari al 99 % (regolazione ambiente con banda proporzionale ad 0,5°C).

Prestazioni raggiungibili

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

Tabella 8.3 – Risultati analisi EEM3 – Installazione valvole termostatiche

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM3				-
Q _{teorico}	[kWh]	350.064	241.384	31,0%
EE _{teorico}	[kWh]	53.534	52.308	2,3%
Q _{baseline}	[kWh]	339.357	234.001	31,0%
EE _{baseline}	[kWh]	51.785	50.599	2,3%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	68.550	47.268	31,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	24.183	23.630	2,3%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	92.734	70.898	23,5%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	27.186	18.746	31,0%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	11.338	11.079	2,3%
Fornitura Energia, C_E	[€]	38.525	29.825	22,6%
C _{MO}	[€]	8.190	7.371	10,0%
C _{MS}	[€]	910	819	10,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	9.100	8.190	10,0%
OPEX	[€]	47.625	38.015	20,2%
Classe energetica	[-]	D	D	+0 classi

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

EEM4: Installazione caldaia a condensazione

Generalità

L'intervento consiste nella sostituzione dell'attuale generatore di calore tradizionale con una caldaia a condensazione ad alto rendimento. La potenzialità è valutata preliminarmente senza considerare l'interazione con altre EEM. Si precisa pertanto che la combinazione con altri interventi può incrementare in maniera significativa i benefici sia in termini di risparmio energetico che economico. L'installazione di un nuovo generatore ad alta efficienza comporta un risparmio energetico, maggiore sicurezza ed affidabilità, minori emissioni inquinanti in ambiente ed una migliore efficienza ai carichi parziali in funzione del fattore di carico dell'edificio.

Caratteristiche funzionali e tecniche

L'installazione di un generatore a condensazione consente di ottenere un rendimento di generazione pari a 104,0%.

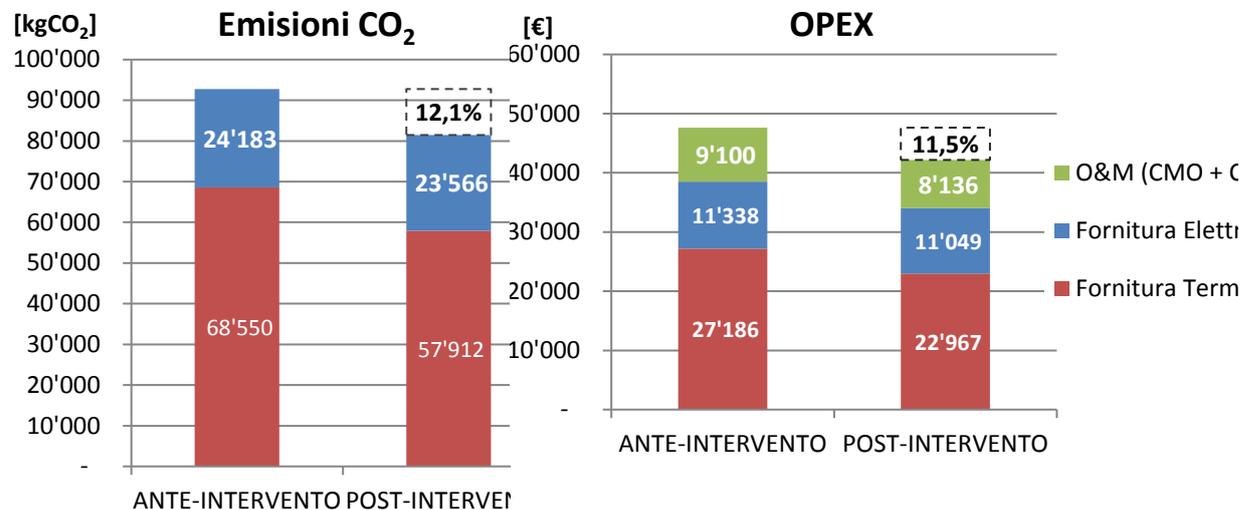
Prestazioni raggiungibili

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

Tabella 8.4 – Risultati analisi EEM4 – Installazione caldaia a condensazione

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM4 Rendimento generazione	[%]	91,7	104,0	-12,6%
Q _{teorico}	[kWh]	350.064	295.738	15,5%
EE _{teorico}	[kWh]	53.534	52.167	2,6%
Q _{baseline}	[kWh]	339.357	286.692	15,5%
EE _{baseline}	[kWh]	51.785	50.462	2,6%
Emiss. CO ₂ Termico	[kgCO ₂]	68.550	57.912	15,5%
Emiss. CO ₂ Elettrico	[kgCO ₂]	24.183	23.566	2,6%
Emiss. CO₂ TOT	[kgCO₂]	92.734	81.478	12,1%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	27.186	22.967	15,5%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	11.338	11.049	2,6%
Fornitura Energia, C_E	[€]	38.525	34.016	11,7%
C _{MO}	[€]	8.190	7.317	10,7%
C _{MS}	[€]	910	819	10,0%

O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	9.100	8.136	10,6%
OPEX	[€]	47.625	42.152	11,5%
Classe energetica	[-]	D	D	+0 classi

Figura 8.4 – EEM4: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline

9 VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA

9.1 ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

EEM1: Isolamento pareti verticali con cappotto esterno

Nella Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 1.

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

Tabella 9.1 – Analisi dei costi della EEM1 – Cappotto esterno

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/m ² cm]	[€/m ² cm]	[€]	[%]	[€]
Pannello in polistirene espanso sinterizzato (EPS), esenti da CFC o HCFC, densità compresa tra 18-28-kg/mc, euroclasse E di resistenza al fuoco, marchiatura CE. Lambda = 0,033 W/mK spessore da 4 a 16 cm per ogni cm	Prezzario Regione Liguria	27280,6	m2cm	€ 0,70	€ 0,64	€17.360,38	22%	€21.179,67
Malta premiscelata Rivestimento minerale per rasature armate /cappotto termico idr/m2orepellente, impermeabile e traspirante in sacchi . Resa per mano 1,8 kg.	Prezzario Regione Liguria	2.728	kg	€ 0,82	€ 0,75	€ 2.033,64	22%	€ 2.481,05
Collante cementizio per murature in cemento cellulare espanso.	Prezzario Regione Liguria	1364,03	kg	€ 0,49	€ 0,45	€ 607,61	22%	€ 741,29
Ponteggiature "di facciata", in elementi metallici prefabbricati e/o "giunto-tubo", compreso il montaggio e lo smontaggio finale, i piani di lavoro, idonea segnaletica, impianto di messa a terra, compresi gli eventuali oneri di progettazione, escluso: mantovane, illuminazione notturna e reti di protezione - Montaggio, smontaggio e noleggio per il primo mese di utilizzo.	Prezzario Regione Liguria	2728,06	m2	€ 14,28	€ 12,98	€ 35.415,18	22%	€ 43.206,52
Scrostamento intonaco fino al vivo della muratura, esterno, su muratura di mattoni o calcestruzzo	Prezzario Regione Liguria	2728,06	m2	€ 7,26	€ 6,60	€ 18.005,20	22%	€ 21.966,34
Intonaco esterno in malta a base di calce idraulica strato aggrappante a base di calce idraulica naturale NHL 3,5 (EN459-1) e sabbie calcaree classificate, spessore 5 mm circa.	Prezzario Regione Liguria	2728,06	m2	€ 4,81	€ 4,37	€ 11.929,06	22%	€ 14.553,46
Rasatura armata con malta preconfezionata a base minerale eseguita a due riprese fresco su fresco rifinita a frattazzo, con interposta rete in fibra di vetro o in poliestere compresa pulizia e preparazione del supporto con una mano di apposito primer. per rivestimento di intonaco con rete in fibra di vetro 4x4 da 150 gr/mq , spessore totale circa mm 4.	Prezzario Regione Liguria	2728,06	m2	€ 23,79	€ 21,63	€ 59.000,50	22%	€ 71.980,61
Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 4.330,55	22%	€ 5.283,27
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€10.104,61	22%	€12.327,62
TOTALE (I₀– EEM1)						€ 158.787	22%	€ 193.720

Incentivi	[Conto termico]	€77.487,93
Durata incentivi		1

EEM2: Isolamento esterno della copertura

Nella Tabella 9.2 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 2.

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

Tabella 9.2 – Analisi dei costi della EEM2 – Copertura S1

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ²]	[€/n° o €/m ²]	[€]	[%]	[€]
Preparazione copertura	Prezziario Regione Liguria	507,23	m2	€ 6,88	€ 6,25	€ 3.172,49	22 %	€ 3.870,44
Fornitura materiale impermeabilizzante	Prezziario Regione Liguria	507,23	m2	€ 5,11	€ 4,65	€ 2.356,31	22 %	€ 2.874,70
Posa in opera materiale impermeabilizzante	Prezziario Regione Liguria	507,23	m2	€ 11,81	€ 10,74	€ 5.445,81	22 %	€ 6.643,88
Fornitura materiale isolante (EPS 0.033 W/mK - spessore 4-5-6-8-10-12-14-16)	Prezziario Regione Liguria	507,23	m2	€ 7,00	€ 6,36	€ 3.227,83	22 %	€ 3.937,95
Posa in opera materiale isolante	Prezziario Regione Liguria	507,23	m2	€ 6,68	€ 6,07	€ 3.080,27	22 %	€ 3.757,93
Fornitura tessuto non tessuto	Prezziario Regione Liguria	507,23	m2	€ 2,44	€ 2,22	€ 1.125,13	22 %	€ 1.372,66
Posa in opera tessuto non tessuto	Prezziario Regione Liguria	507,23	m2	€ 4,98	€ 4,53	€ 2.296,37	22 %	€ 2.801,57
Fornitura piastrelle cemento	Prezziario Regione Liguria	507,23	m2	€ 12,40	€ 11,27	€ 5.717,87	22 %	€ 6.975,80
Ponteggiature "di facciata", in elementi metallici prefabbricati e/o "giunto-tubo", compreso il montaggio e lo smontaggio finale, i piani di lavoro, idonea segnaletica, impianto di messa a terra, compresi gli eventuali oneri di progettazione, escluso: mantovane, illuminazione notturna e reti di protezione - Montaggio, smontaggio e noleggio per il primo mese di utilizzo.	Prezziario Regione Liguria	0	m2	€ 14,28	€ 12,98	€ -	22 %	€ -
Noleggio del ponteggio dopo il primo mese	Prezziario Regione Liguria	0	mes e m2	€ 1,32	€ 1,20	€ -	22 %	€ -
Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 792,66215	22 %	€ 967,05
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 1849,545	22 %	€ 2.256,44
TOTALE (I₀ – EEM2)						€ 29.064	22 %	€ 35.458
Incentivi	[Conto termico]							€ 14.183,37
Durata incentivi								1

EEM3: Installazione di valvole termostatiche complete di collegamenti sui radiatori

Nella Tabella 9.3 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 3.

La realizzazione di tale intervento non consente l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0.

Tabella 9.3 – Analisi dei costi della EEM3 – Installazione valvole termostatiche

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ²]	[€/n° o €/m ²]	[€]	[%]	[€]
Valvole micrometriche a squadra complete di testa termostatica con elemento sensibile a gas: Ø 15 mm	Prezzario Regione Liguria	156	cad	€ 35,42	€ 32,20	€ 5.023,20	22%	€ 6.128,30
Circolatori per impianti di riscaldamento e condizionamento a velocità variabile, regolate elettronicamente, classe di protezione IP44, classe energetica A, 400V, del tipo: versione gemellare con attacchi flangiati, Ø 80, PN6, prevalenza da 1 a 12 m, portata da 1 a 58 m ³ /h	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 4.587,21	€ 4.170,19	€ 4.170,19	22%	€ 5.087,63
Sola posa in opera di pompe e/o circolatori singoli o gemellari per fluidi caldi o freddi, compreso bulloni, guarnizioni e il collegamento alla linea elettrica, escluse le flange. Per attacchi del diametro nominale di: maggiore di 80 mm fino a 100 mm	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 97,34	€ 88,49	€ 88,49	22%	€ 107,96
Interruttore automatico magnetotermico con potere di interruzione 4,5KA bipolare fino a 32 A - 230 V	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 22,69	€ 20,63	€ 20,63	22%	€ 25,17
Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezzario Regione Liguria	55	h	€ 31,88	€ 28,98	€ 1.594,00	22%	€ 1.944,68
Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 326,90	22%	€ 398,81
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 762,76	22%	€ 930,56
TOTALE (I₀ – EEM4)						€ 11.986	22%	€ 14.623

EEM4: Installazione caldaia a condensazione

Nella Tabella 9.4 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 4.

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

Tabella 9.4 – Analisi dei costi della EEM4 – Caldaia a condensazione

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ²]	[€/n° o €/m ²]	[€]	[%]	[€]
Caldaie a condensazione a basamento, corpo in lega di alluminio-silicio-magnesio con scambiatore primario a basso contenuto d'acqua, classe 5 NOx, rendimento energetico a 4 stelle in base	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 21.536,63	€ 19.578,75	€ 19.578,75	22%	€ 23.886,08

alle direttive europee, bruciatore modulante con testata metallica ad irraggiamento, compreso il pannello di comando montato sul mantello di rivestimento, della potenza termica nominale di: 396 Kw circa

Sistema fumario prefabbricato a sezione circolare, con giunti maschio-femmina con profilo conico a elementi modulari a doppia parete acciaio inox (parete interna AISI316L e parete esterna AISI304), coibentazione 25mm in lana di roccia pressata, senza guarnizioni di tenuta Coppa di scarico condensa Ø 300 mm	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 253,00	€ 230,00	€ 230,00	22%	€ 280,60
Accessori per caldaie a condensazione: Tubi Ø 80mm della lunghezza 1 m	Prezzario Regione Liguria	8	cad	€ 21,13	€ 19,21	€ 153,67	22%	€ 187,48
Accessori per caldaie a condensazione: Kit scarichi separati per tubi Ø 80mm	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 28,46	€ 25,87	€ 25,87	22%	€ 31,56
Pn > 116 e Pn <= 250	Prezzario CCIAA RE	1	cad	€ 1.426,90	€ 1.297,18	€ 1.297,18	22%	€ 1.582,56
Pn > 250 e Pn <= 350	Prezzario CCIAA RE	1	cad	€ 1.777,66	€ 1.616,05	€ 1.616,05	22%	€ 1.971,59
Nessuna regolazione aggiuntiva	Prezzario CCIAA RE	1	cad	€ 147,00	€ 133,64	€ 133,64	22%	€ 163,04
Sola posa in opera di accessori per impianti di termoregolazione compresi collegamenti elettrici: sonde in genere	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 120,60	€ 109,64	€ 109,64	22%	€ 133,76
Sola posa in opera di accessori per impianti di termoregolazione compresi collegamenti elettrici: interruttore orologio da inserire in quadro elettrico	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 29,71	€ 27,01	€ 27,01	22%	€ 32,95
Interruttore orario digitale modulare per la programmazione settimanale a due canali	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 146,74	€ 133,40	€ 133,40	22%	€ 162,75
Sonde di temperatura e umidità: sola temperatura, per impianti civili e industriali per esterno	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 76,47	€ 69,52	€ 69,52	22%	€ 84,81
Opere edili Operaio Qualificato	Prezzario Regione Liguria	16	h	€ 34,41	€ 31,28	€ 500,51	22%	€ 610,62
Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezzario Regione Liguria	40	h	€ 31,88	€ 28,98	€ 1.159,27	22%	€ 1.414,31
Trasporto a scarica o a centro di riciclaggio di materiali di risulta provenienti da scavi e/o demolizioni, misurato su autocarro in partenza, esclusi gli eventuali oneri di scarica o smaltimento, eseguito con piccolo mezzo di trasporto con capacità di carico fino a 3 t. per ogni chilometro del tratto oltre i primi 5 km e fino al decimo km.	Prezzario Regione Liguria	70	m³km	€ 4,72	€ 4,29	€ 300,36	22%	€ 366,44
Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 772,62	22%	€ 942,60
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 1.802,78	22%	€ 2.199,40
TOTALE (I₀ – EEM5)						€ 28.329	22%	€ 34.562
Incentivi	[Conto termico]							€ 19.009

Durata incentivi	1
Incentivo annuo	€ 19.009

9.2 ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

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

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

Gli indicatori economici d'investimento utilizzati sono:

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

Essi sono così definiti:

1) Tempo di ritorno semplice (TRS):

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

Dove:

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

2) Tempo di ritorno attualizzato (TRA):

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

Dove:

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

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

Dove:

- FC_n è il flusso di cassa all'anno n-esimo;
- f è il tasso di inflazione;
- f' è la deriva dell'inflazione;
- R è il tasso di sconto;
- $i = R - f - f'$ è il tasso di attualizzazione;

- $\frac{1}{(1+i)^n}$ è il fattore di annualità (FA_n).

3) Valore Attuale Netto (VAN) del progetto:

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

Dove:

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

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

5) Indice di Profitto (IP):

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

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

- Tasso di sconto: **$R = 4\%$**
- Tasso di inflazione relativa al costo dei vettori energetici e dei servizi di manutenzione: **$f = 0.5\%$**
- Deriva dell'inflazione relativa al costo dei vettori energetici **$f_{ve} = 0.7\%$** e dei servizi di manutenzione **$f_m = 0\%$**

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

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

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

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

EEM1: Isolamento pareti verticali con cappotto esterno

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

Tabella 9.5 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM1– Isolamento pareti verticali con cappotto esterno

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE	
Investimento Iniziale	I_0	€	193.720
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	77.488
Durata incentivo	n_B	anni	1
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	31,8	17,4
Tempo di rientro attualizzato	TRA	39,0	19,8
Valore attuale netto	VAN	- 122.865	- 48.358
Tasso interno di rendimento	TIR	-10,7%	-3,9%

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

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

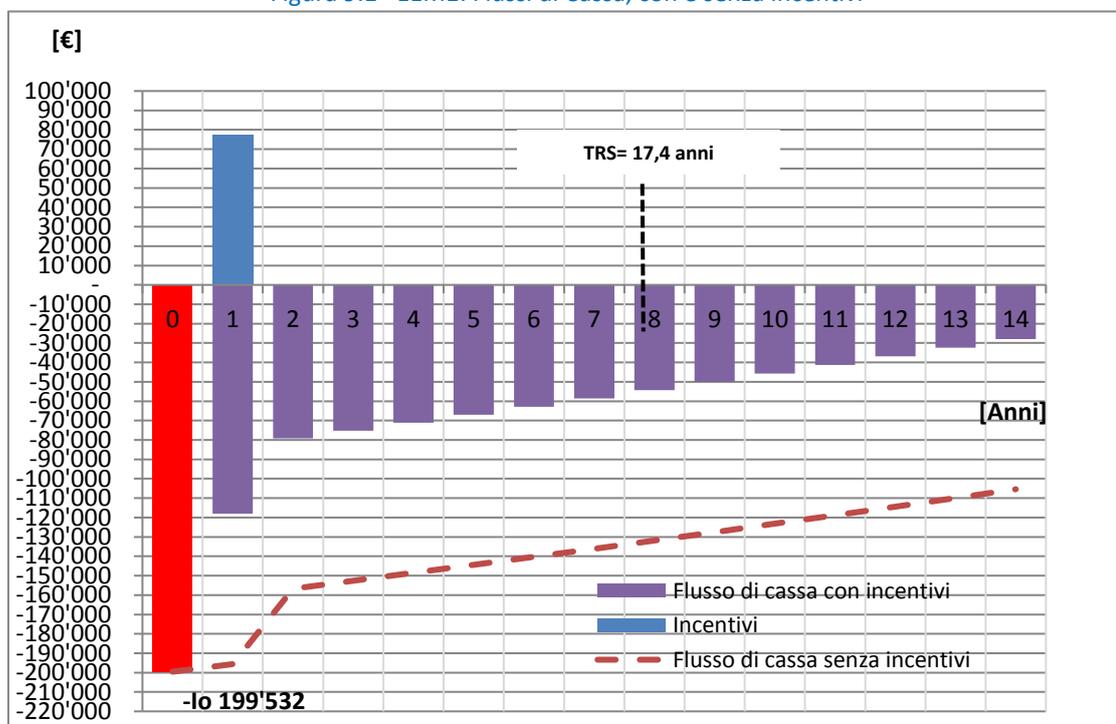
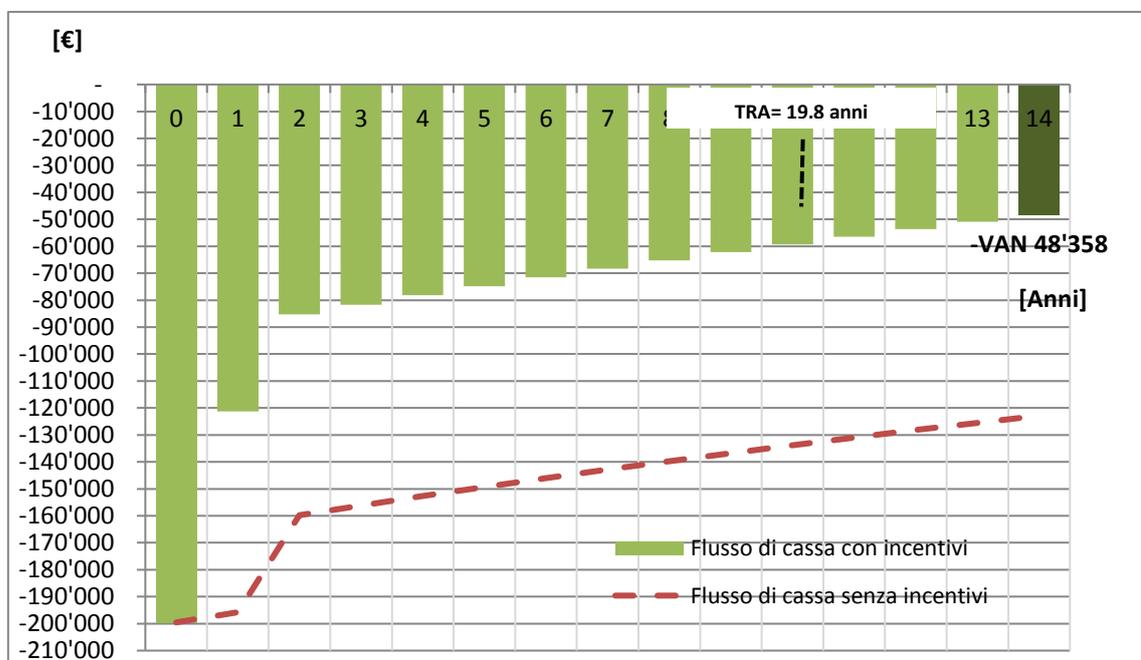


Figura 9.2 – EEM1: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento singolo non risulta essere economicamente conveniente. Tuttavia, tale intervento è stato comunque valutato nella successiva costruzione degli scenari poiché, in combinazione con altri EEM, potrebbe richiedere investimenti minori grazie alla

minore potenzialità richiesta ed inoltre potrebbe far accedere ad una percentuale di incentivazione maggiore se combinato con altri interventi sull’involucro.

EEM2: Isolamento esterno della copertura

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

Tabella 9.6 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM2– Isolamento esterno della copertura

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE	
Investimento Iniziale	Io	€ 35.458	
Oneri Finanziari %Io	OF	[%] 3,0%	
Aliquota IVA	%IVA	[%] 22,0%	
Anno recupero erariale IVA	n _{IVA}	anni 3	
Vita utile	n	anni 15	
Incentivo annuo	B	€/anno 14.183	
Durata incentivo	n _B	anni 1	
Tasso di attualizzazione	i	[%] 3,5%	
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	12,3	6,8
Tempo di rientro attualizzato	TRA	17,1	8,7
Valore attuale netto	VAN	- 4.423	9.215
Tasso interno di rendimento	TIR	1,9%	9,8%
Indice di profitto	IP	-0,12	0,26

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

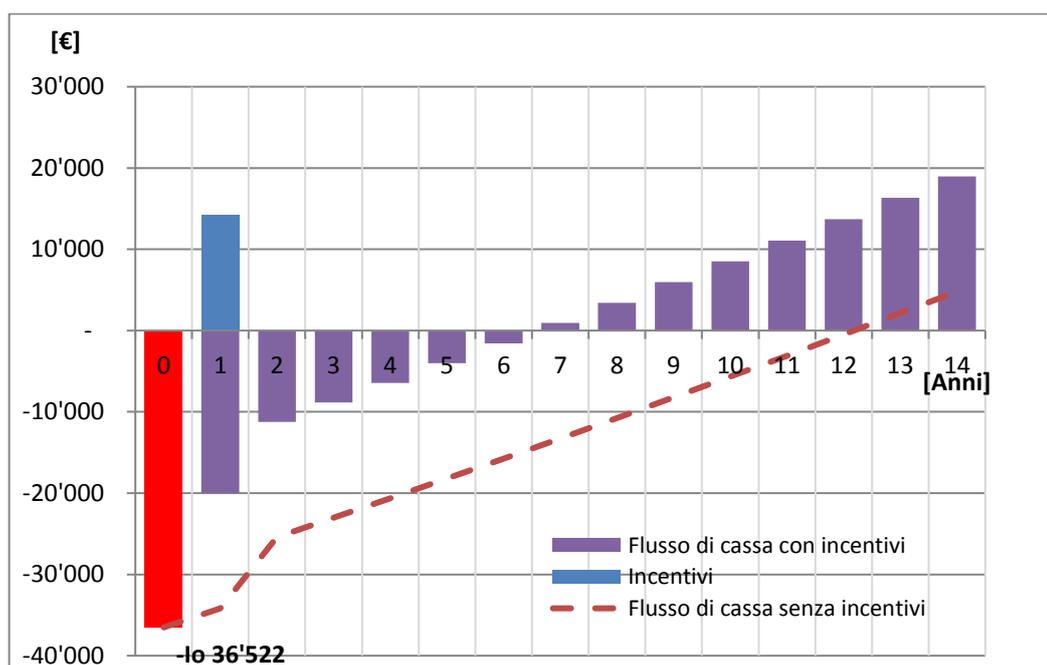
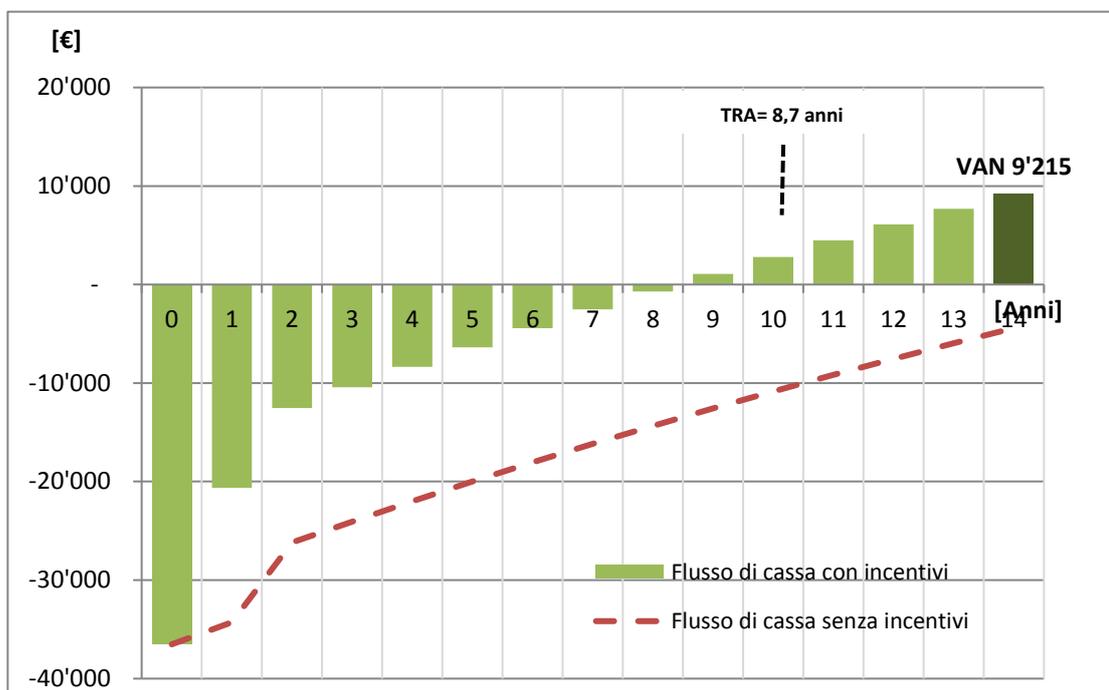


Figura 9.4 – EEM2: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento singolo risulta essere economicamente conveniente solo grazie agli incentivi.

EEM3: Installazione di valvole termostatiche complete di collegamenti sui radiatori

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

Tabella 9.7 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM3– Installazione valvole termostatiche

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	20.455
Oneri Finanziari % 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	1
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	2,3	2,3
Tempo di rientro attualizzato	TRA	2,5	2,5
Valore attuale netto	VAN	72.365	72.365
Tasso interno di rendimento	TIR	42,2%	42,2%
Indice di profitto	IP	3,54	3,54

I flussi di cassa rappresentativi dell’analisi sono riportati nelle Figura 9. e

Figura 9.6.

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

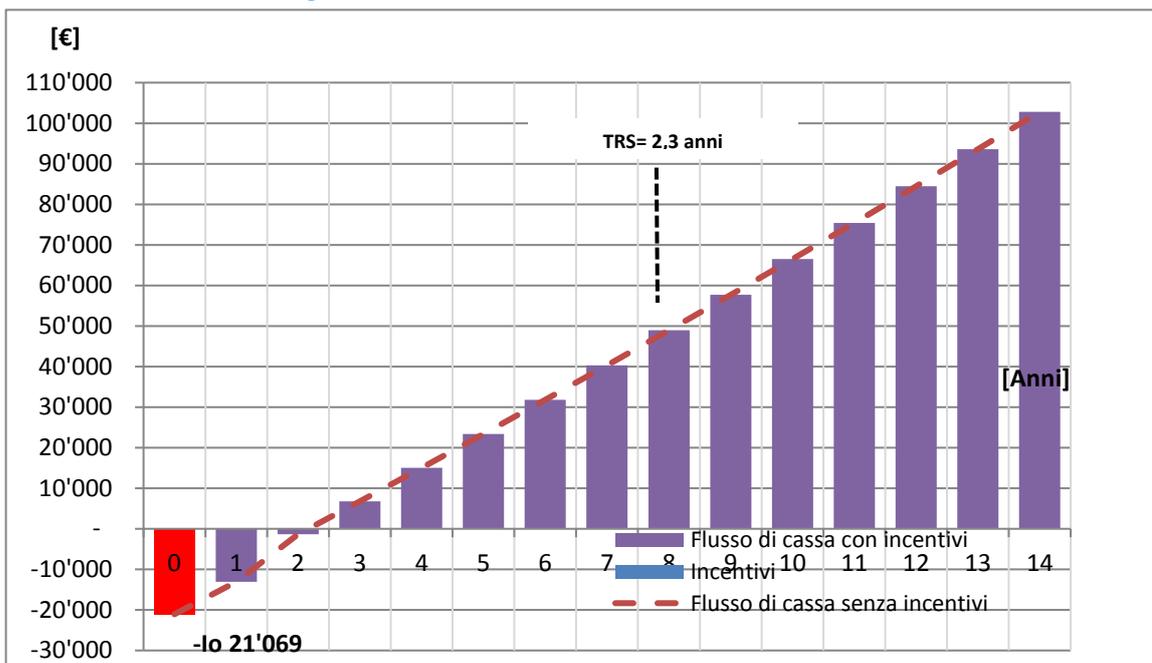
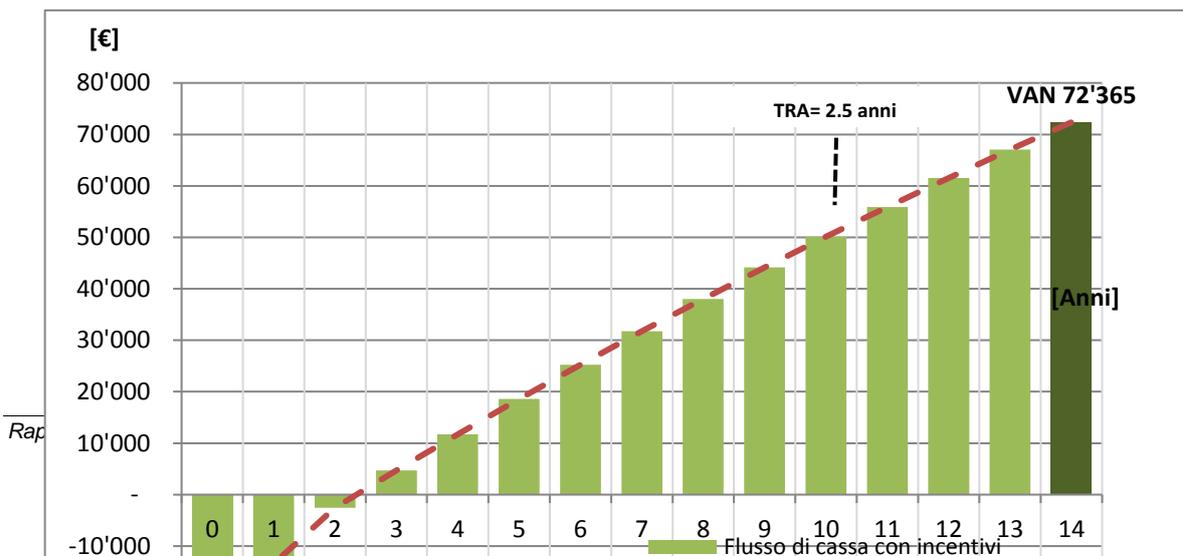


Figura 9.6 – EEM3: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



L'intervento singolo di installazione delle valvole termostatiche non prevede incentivi da conto termico.

Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento singolo risulta essere economicamente conveniente e con un tempo di ritorno semplice di poco meno di tre anni.

EEM4: Installazione caldaia a condensazione

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

Tabella 9.8 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM4– Installazione caldaia a condensazione

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€ 34.562
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 19.009
Durata incentivo	n_B	anni 1
Tasso di attualizzazione	i	[%] 3,5%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO	VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS 6,4	2,7
Tempo di rientro attualizzato	TRA 7,6	2,9
Valore attuale netto	VAN 21.229	39.507
Tasso interno di rendimento	TIR 12,6%	27,0%
Indice di profitto	IP 0,61	1,14

I flussi di cassa rappresentativi dell’analisi sono riportati nelle Figura 9. e

Figura 9..

Figura 9.8 –EEM5: Flussi di Cassa, con e senza incentivi

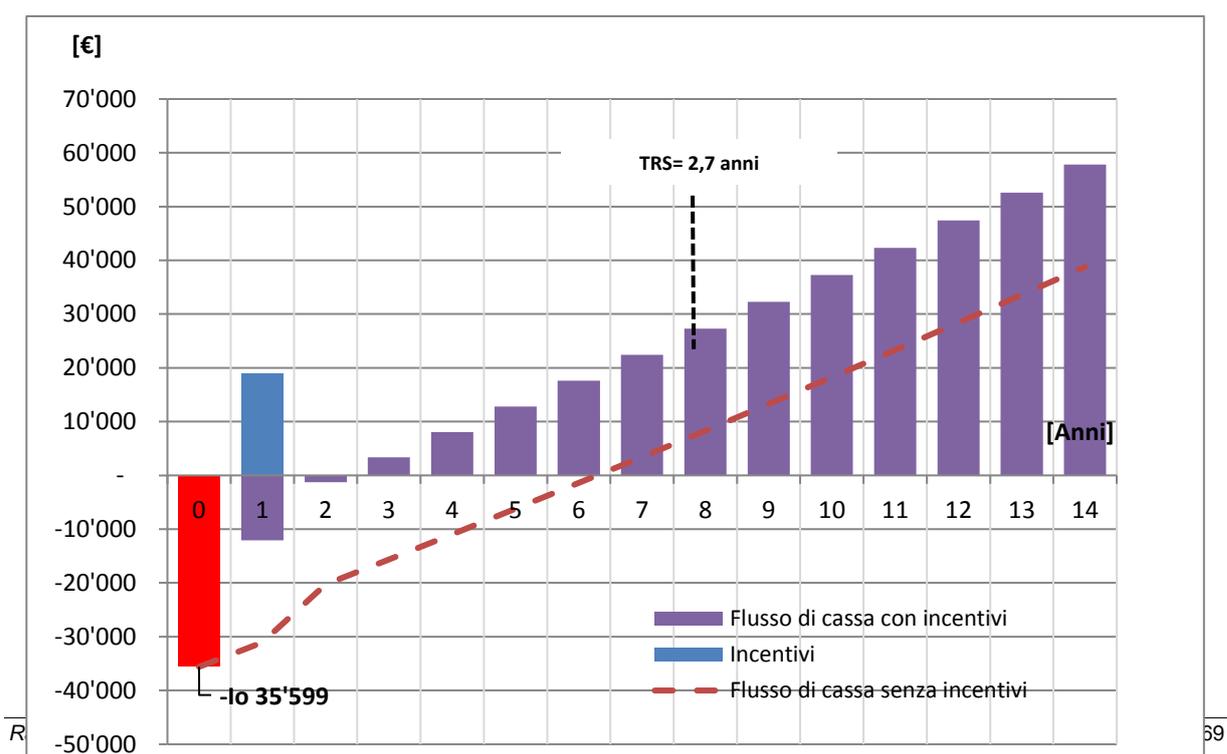
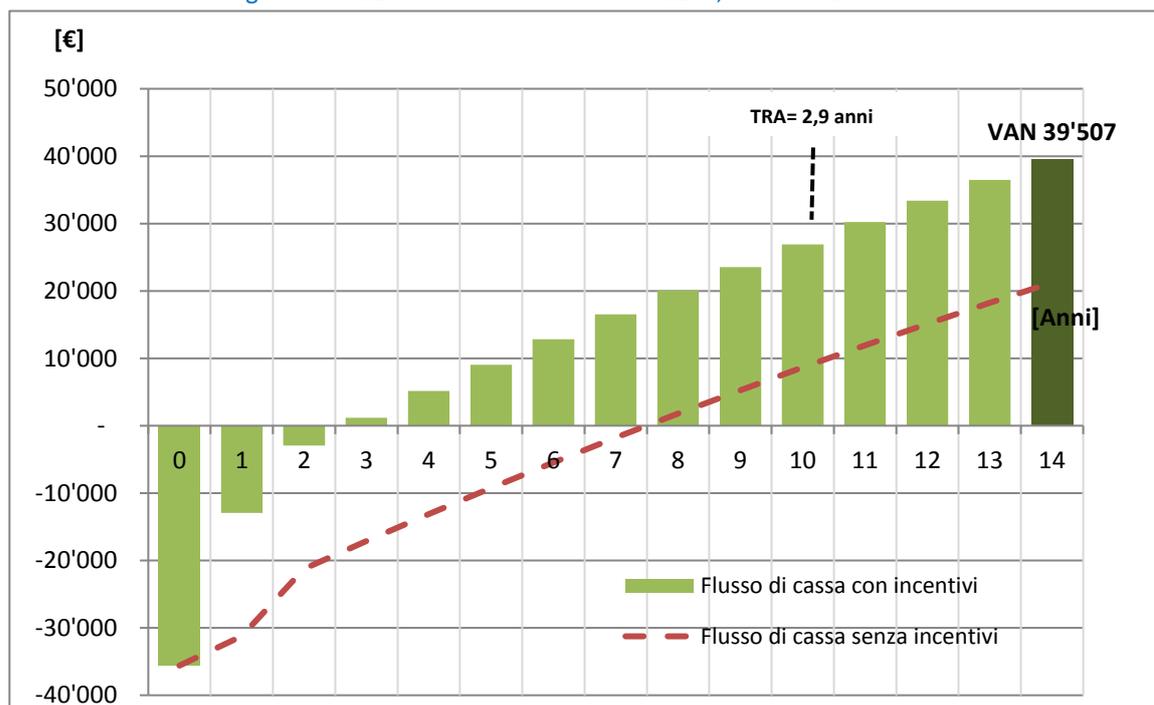


Figura 9.9 – EEM5: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento singolo risulta essere economicamente conveniente, grazie anche agli incentivi erogati.

Sintesi

La sintesi della valutazione economico – finanziaria delle EEM proposte è riportata nelle Tabella 9.9 e Dall’analisi dei risultati emerge che gli unici interventi singoli economicamente convenienti senza incentivi sono quello di installazione delle valvole termostatiche e quello di installazione della caldaia a condensazione termostatiche. In particolare, il primo, grazie ai grandi risparmi energetici conseguiti ed ai più bassi costi di investimento presenta tempi di ritorno dell’investimento brevi e un VAN pari a 77.400€.

Tabella 9..

Tabella 9.9 – 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	VAN	TIR	IP
[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]

EEM												
1	11,76%	10%	3848,3	819,0	91,0	321.366	36,68	56,91	-	156.512,2	-1%	0,49
EEM												
2	5,68%	5%	1916,2	819,0	91,0	88.142	28,21	46,25	-	31.900,0	0%	0,36
EEM												
3	27,24%	24%	8699,9	819,0	91,0	24.184	2,76	2,99	86.520,1	34%	3,58	
EEM												
4	13,80%	12%	4508,6	819,0	91,0	45.537	12,70	17,99	1.666,9	4%	0,04	

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

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

Dall'analisi dei risultati emerge che gli unici interventi singoli economicamente convenienti senza incentivi sono quello di installazione delle valvole termostatiche e quello di installazione della caldaia a condensazione termostatiche. In particolare, il primo, grazie ai grandi risparmi energetici conseguiti ed ai più bassi costi di investimento presenta tempi di ritorno dell'investimento brevi e un VAN pari a 77.400€.

Tabella 9.10 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso con incentivi

	CON INCENTIVI											
	$\% \Delta_E$	$\% \Delta_{CO_2}$	Δ_{CE}	Δ_{CMO}	Δ_{CMS}	I_0	TRS	TRA	VAN	TIR	IP	
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]	
EEM												
1	11,76%	10,36%	3848,29	819,00	91,00	321.366	22,53	34,60	43.973,8	2%	0,14	
EEM												
2	5,68%	5,12%	1916,20	819,00	91,00	88.142	15,93	26,99	2.000,9	4%	0,02	
EEM												
3	27,24%	23,55%	8699,85	819,00	91,00	24.184	2,76	2,99	86.520,1	34%	3,58	
EEM												
4	13,80%	12,14%	4508,55	819,00	91,00	45.537	6,95	8,91	19.181,1	11%	0,42	

Nota⁽¹⁾: questi interventi non prevedono incentivi da Conto termico

Dall'analisi dei risultati emerge che l'intervento con indici economici migliori è quello di installazione delle valvole termostatiche pur non prevedendo incentivi.

9.2.1 Identificazione delle soluzioni integrate d'intervento e scenari d'investimento

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

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

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

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

Il primo scenario ottimale, con interventi proposti che interessino maggiormente investimenti per gli impianti, nel caso del secondo scenario ci si focalizzerà su una formulazione di soluzione integrate che includano interventi sull’involucro degli edifici, o più in generale, interventi tipicamente caratterizzati da tempi di ritorno lunghi, e quindi con tempi di ritorno del capitale investito maggiore.

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

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

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

Dove:

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

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

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

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

Essi sono così definiti:

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

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

Dove:

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

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

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

Dove:

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

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

Nell'ambito della riqualificazione energetica degli edifici scolastici, il presente rapporto di DE sarà inoltre fondamentale per dotare la Pubblica Amministrazione (PA) di un'analisi tecnico-economica di dettaglio delle EEM identificate all'interno degli scenari ottimali, con lo scopo di consentire l'individuazione dei possibili strumenti di finanziamento delle stesse, sia tramite finanziamento proprio, sia tramite proposte di *Energy Performance Contract* (EPC) da parte di Società di Servizi Energetici (*Energy Service Company* – ESCO) 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 (TRS < 15 anni) SCN1:** Non è stato possibile individuare nessun scenario che rispettasse i requisiti richiesti.
- **Scenario 2 (TRS < 25 anni) SCN2:** Tale scenario consiste nella realizzazione in combinazione di alcuni singoli interventi sopradescritti: EEM1, EEM4, EEM5 e EEM6.

9.2.2 Scenario 1: TRS < 15 anni

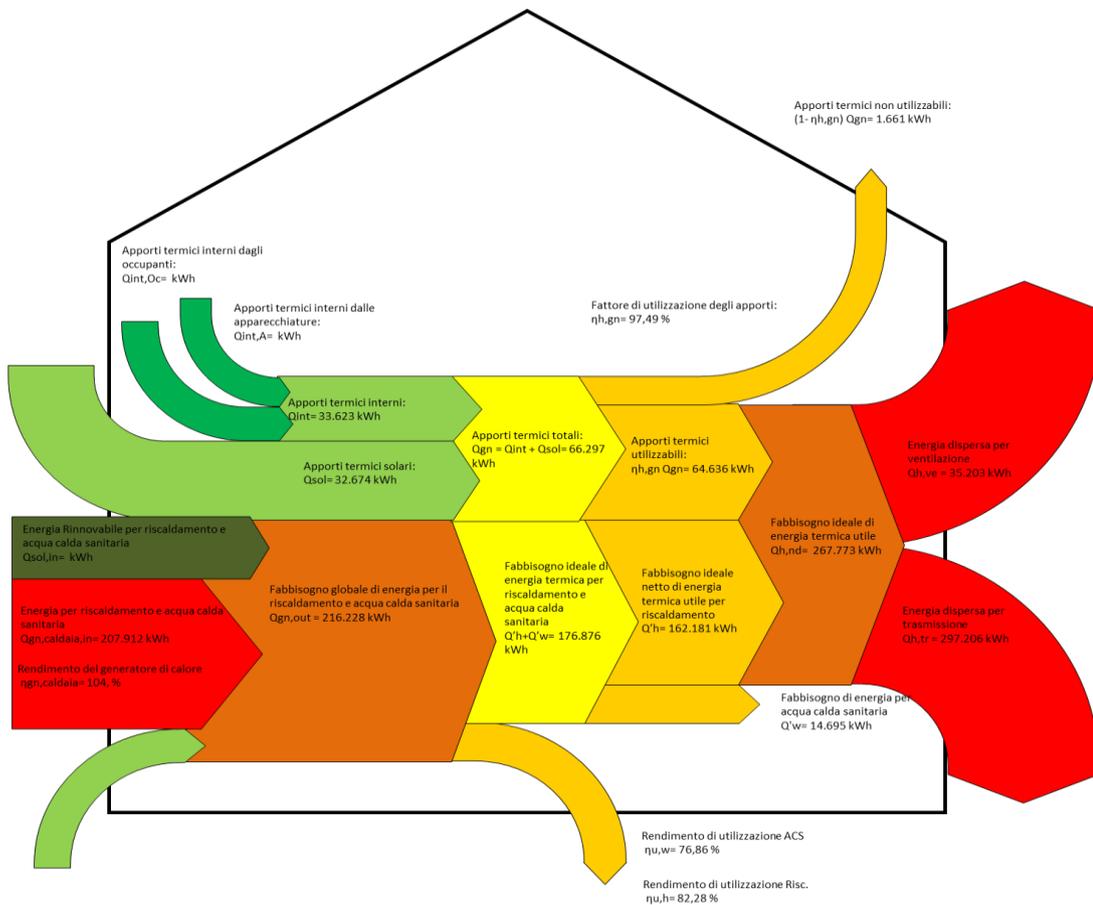
La realizzazione dello scenario 1 consiste nella combinazione delle EEM di seguito elencate:

[Tabella 9.11 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 1](#)

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA Al 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM3 Fornitura & Posa	10.896	2.397	13.293
EEM4 Fornitura & Posa	25.754	5.666	31.420
Costi per la sicurezza	1.099	242	1.341
Costi per la progettazione	2.565	564	3.131
TOTALE (I₀)	€40.316	€8.870	€ 49.185
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	
		[€]	
Incentivi	[Conto termico]	27.052	
Durata incentivi		1 anno	
Incentivo annuo		27.052	

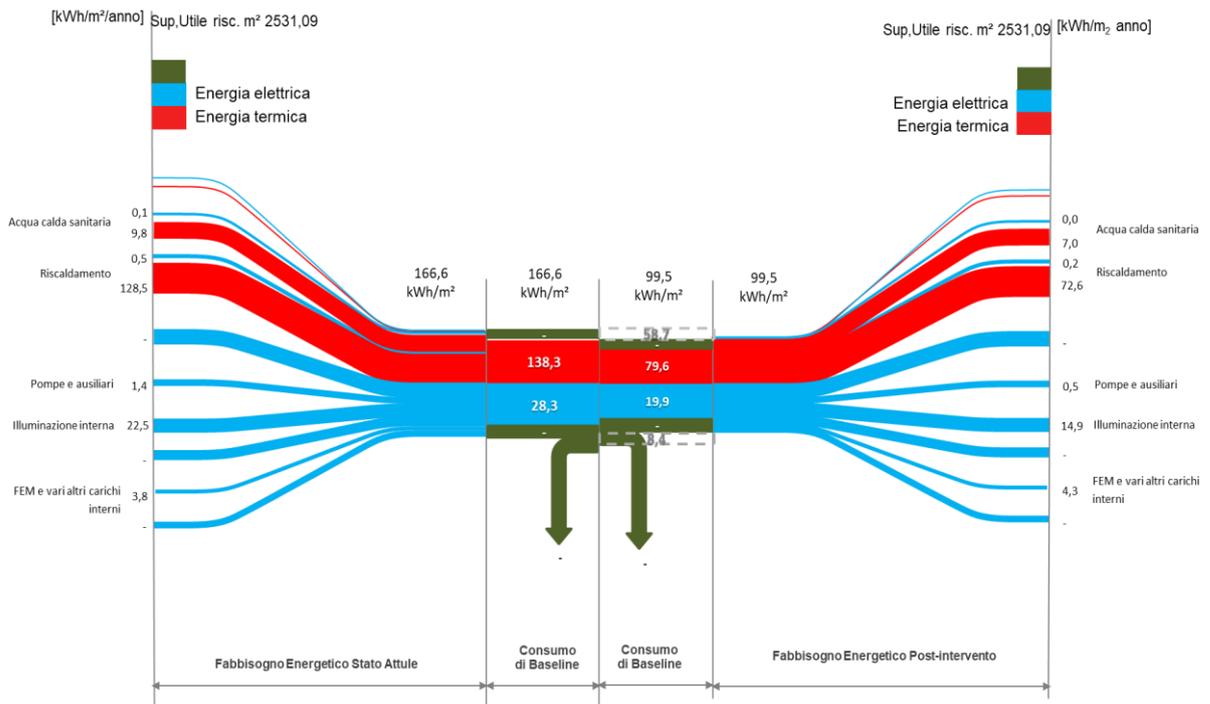
A seguito della modellazione dello scenario ottimale è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di sankey relativo alle situazioni post-intervento.

Figura 9.5 – 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 le quote parti di energia dispersa per trasmissione e ventilazione rappresentano, in egual misura, le componenti energetiche maggiormente disperdenti.

Figura 9.6 – SCN1: Bilancio energetico complessivo dell'edificio post intervento



I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.2** e nella **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.2**

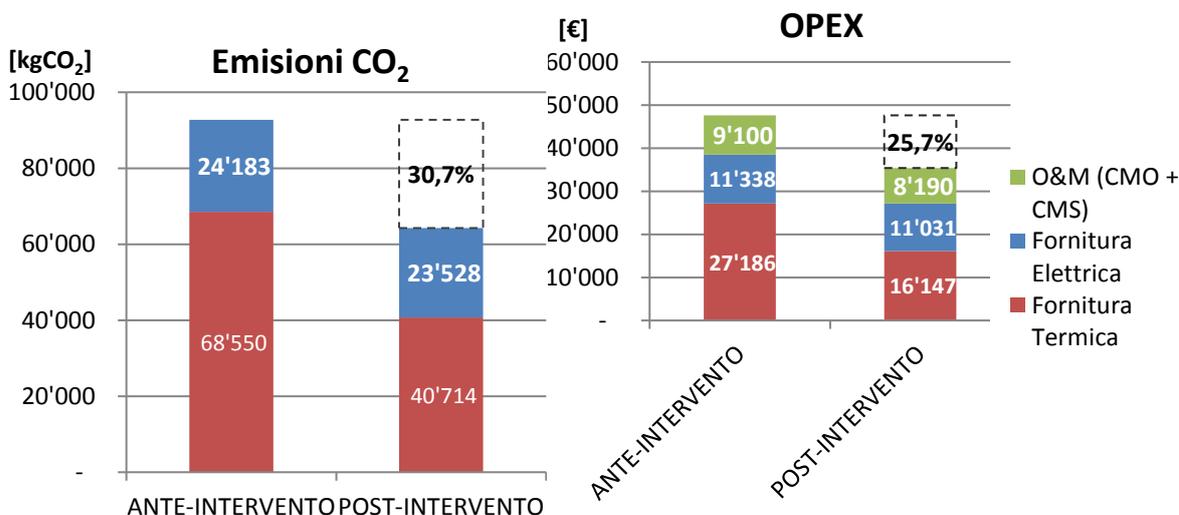
Tabella 9.12 – Risultati analisi SCN1

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
Valvole termostatiche	-	1	1	0,0%
Rendimento caldaia	[kWh]	90,85	104	-14,5%
EM3 [Parametro caratteristico dell'intervento]	[W/m²K]	1	1	0,0%
EM4 [Parametro caratteristico dell'intervento]	[W/m²K]	1	1	0,0%
$Q_{teorico}$	[kWh]	350.064	207.912	40,6%
$EE_{teorico}$	[kWh]	53.534	52.084	2,7%
$Q_{baseline}$	[kWh]	339.357	201.553	40,6%
$EE_{baseline}$	[kWh]	51.785	50.382	2,7%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	68.550	40.714	40,6%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	24.183	23.528	2,7%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	92.734	64.242	30,7%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	27.186	16.147	40,6%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	11.338	11.031	2,7%
Fornitura Energia, C_E	[€]	38.525	27.178	29,5%
C_{MO}	[€]	8.190	7.371	10,0%
C_{MS}	[€]	910	819	10,0%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	9.100	8.190	10,0%
OPEX	[€]	47.625	35.368	25,7%
Classe energetica	[-]	D	C	+1 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: 0,073 [€/kWh] per il vettore termico e 0,232 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 9.72 – SCN2: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



È stato quindi possibile presentare un modello semplificato di Piano Economico Finanziario (PEF) indicativo, i cui calcoli di dettaglio sono riportati all'Allegato L – Piano Economico Finanziario scenari. I risultati dell'analisi sono riportati nella **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.3**, **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.4** e **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.5** e nelle successive figure.

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

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	n_i	1
Anni Gestione Servizio	n_s	14
Anni Concessione	n	15
Anno inizio Concessione	n_o	2020
Anni dell'ammortamento	n_A	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	k_{CdP}	2,00%
Costo Capitale Azienda	WACC	4,00%
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CdP})$	$k_{progetto}$	4,00%
Inflazione ISTAT	f	0,50%
deriva dell'inflazione	f'	0,70%
%, interessi debito	k_D	3,82%
%, interessi equity	k_E	9,00%
Aliquota IRES	IRES	24,0%
Aliquota IRAP	IRAP	3,9%
Aliquota fiscale	τ	27,90%
Anni debito (finanziamento)	n_D	10
Anni Equity	n_E	14
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_o	€ 49.185
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 1.476
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 50.661
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%

Debito	I_D	€	40.528
Equity	I_E	€	10.132
Fattore di annualità Debito	FA_D		8,30
Rata annua debito	q_D	€	4.882
Costo finanziamento, $(D+INT_D)$	$q_D * n_D$	€	48.819
Costi per interessi debito, INT_D	$INT_D = q_D * n_D - D$	€	8.290

Tabella 9.14 – Parametri Economici dell’analisi di redditività dello SCN1

PARAMETRI ECONOMICI			
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€	31.533
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€	36.962
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€	68.495
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€	-
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$		35,6%
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$		10,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$		5,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€	11.715
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€	3.425
Risparmio PA durante la concessione	14%	€	143.036
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€	17.855
N° di Canoni annuali	anni		14
Utile lordo della ESCO	$\% CAPEX$		183,64%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	€	6.645
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€	592
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€	1.053
Canone O&M €/anno	C_{nM}	€	34.541
Canone Energia €/anno	C_{nE}	€	22.240
Canone Servizi €/anno IVA escl.	C_{nS}	€	56.780
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	C_{nD}	€	8.290
Canone Totale €/anno IVA escl.	C_n	€	65.070
Aliquota IVA %	IVA		22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€	8.869
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€	27.052
Durata Incentivi, anni	n_B		1
Inizio erogazione Incentivi, anno			2022

Tabella 9.15 – Risultati dell’analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN1

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE			Conviene
Tempo di Ritorno Semplice, $Spb = I_0 / FC$, Anni	T.R.S.		2,81
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		2,90
Valore Attuale Netto, $VAN = VA - I_0$	$VAN > 0$	€	73.381
Tasso interno di rendimento del progetto	$TIR > WACC$		33,77%
Indice di Profitto	IP		149,19%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE			Conviene
Tempo di Ritorno Semplice, $Spb = I_0 / FC$, Anni	T.R.S.		#N/D
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		#N/D
Valore Attuale Netto, $VAN = VA - I_0$	$VAN > 0$	€	58.646

Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke	176,42%
Debit Service Cover Ratio	DSCR > 1,3	2,214
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1	2,519
Indice di Profitto Azionista	IP	119,24%

Figura 9.83 –SCN1: Flussi di cassa del progetto

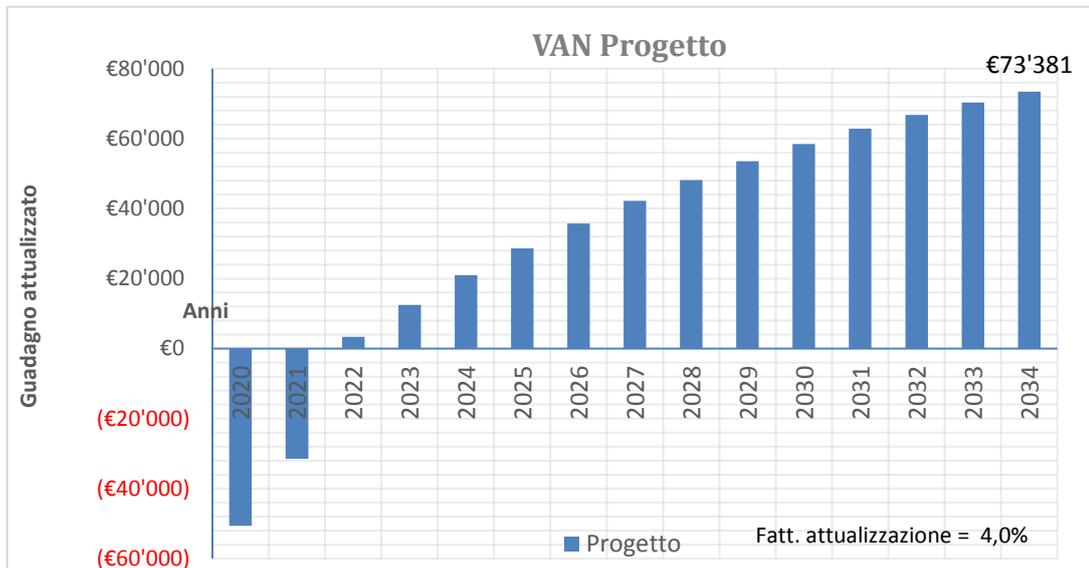
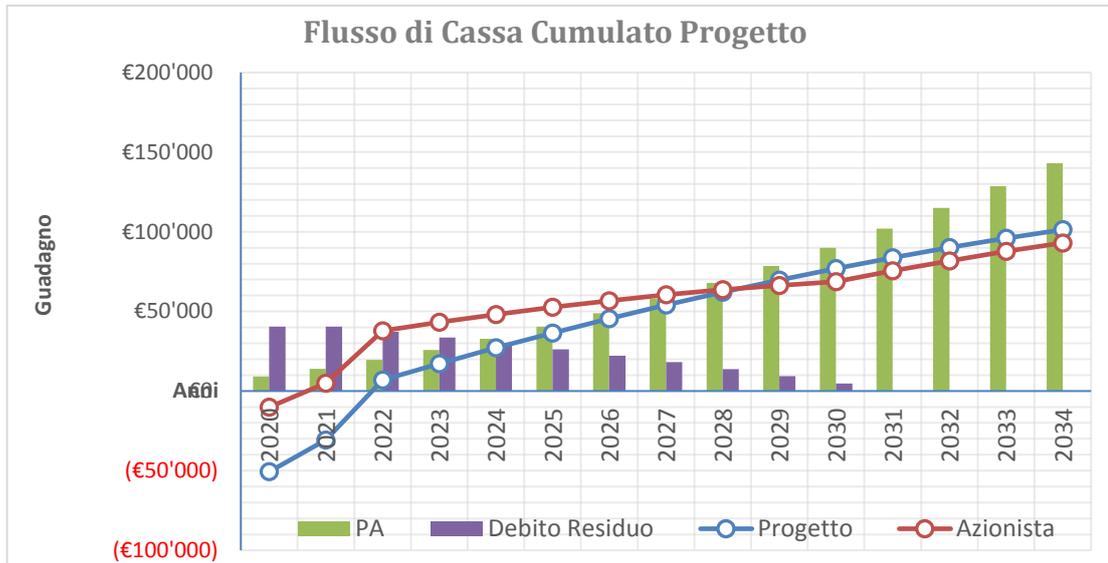
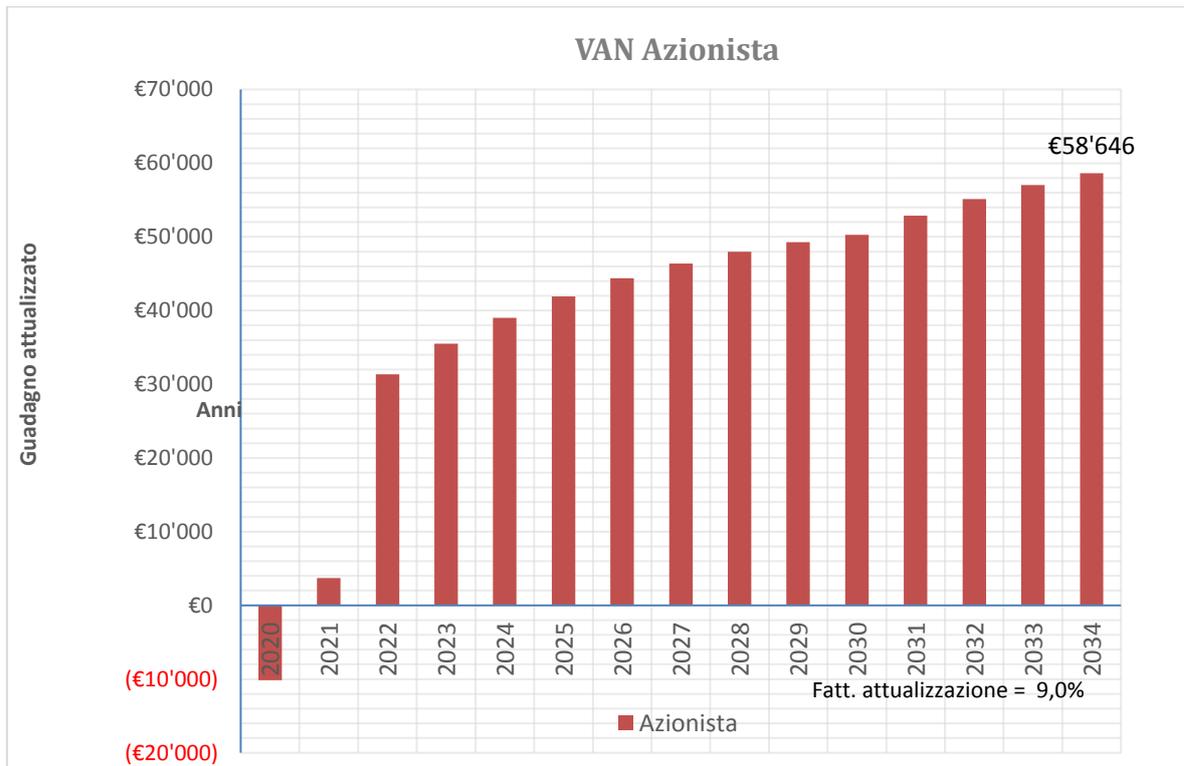
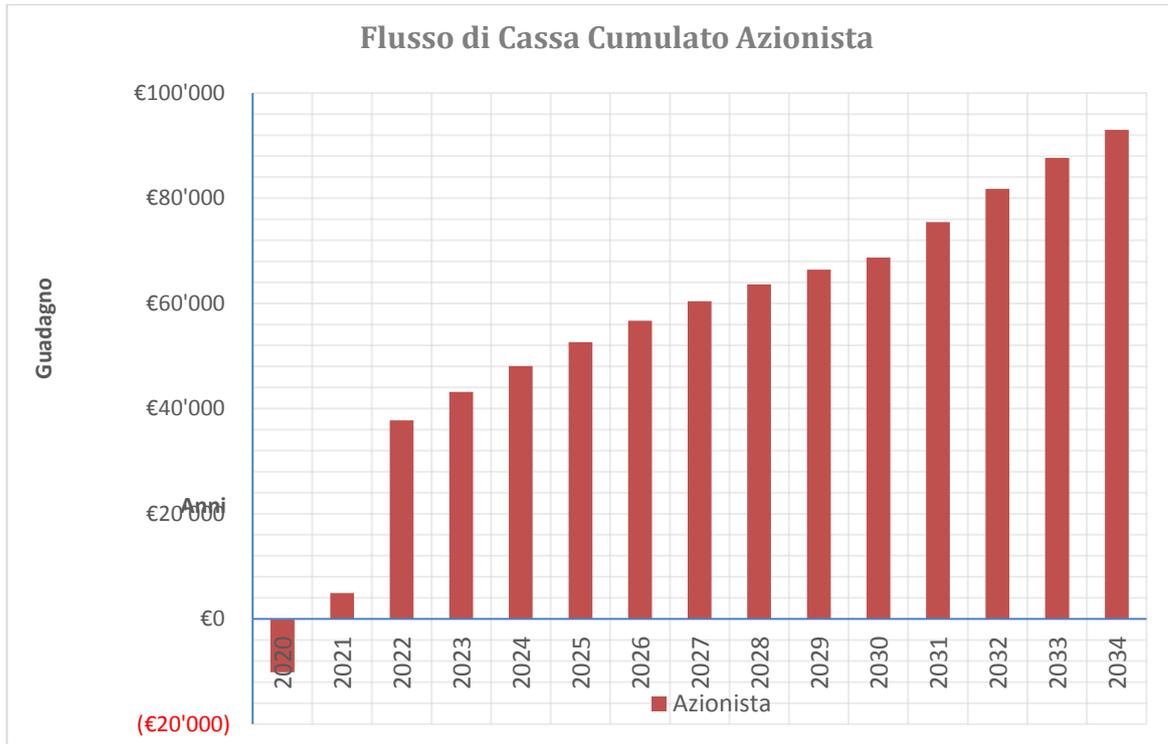


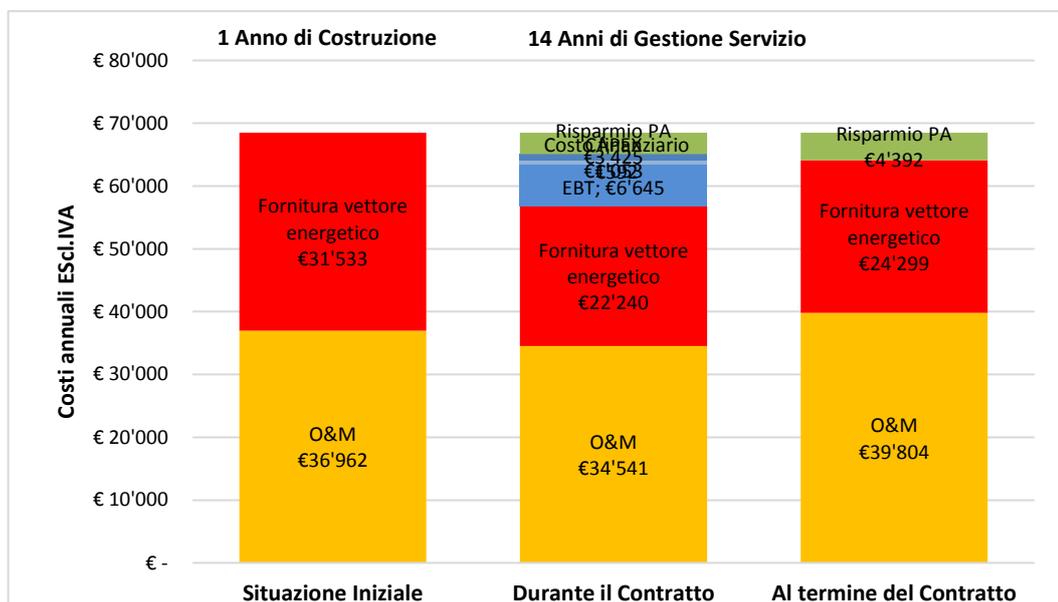
Figura 9.94 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



Dall’analisi effettuata è emerso che lo scenario risulta finanziariamente sostenibile in quanto l’indice DSCR presenta un valore positivo e superiore a 1,3 e l’indice LLCR presenta un valore maggiore di 1.

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 **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**

Figura 9.105 – Scenario 1: Schema di Energy Performance Contract



9.2.3 Scenario 2: TRS < 25 anni

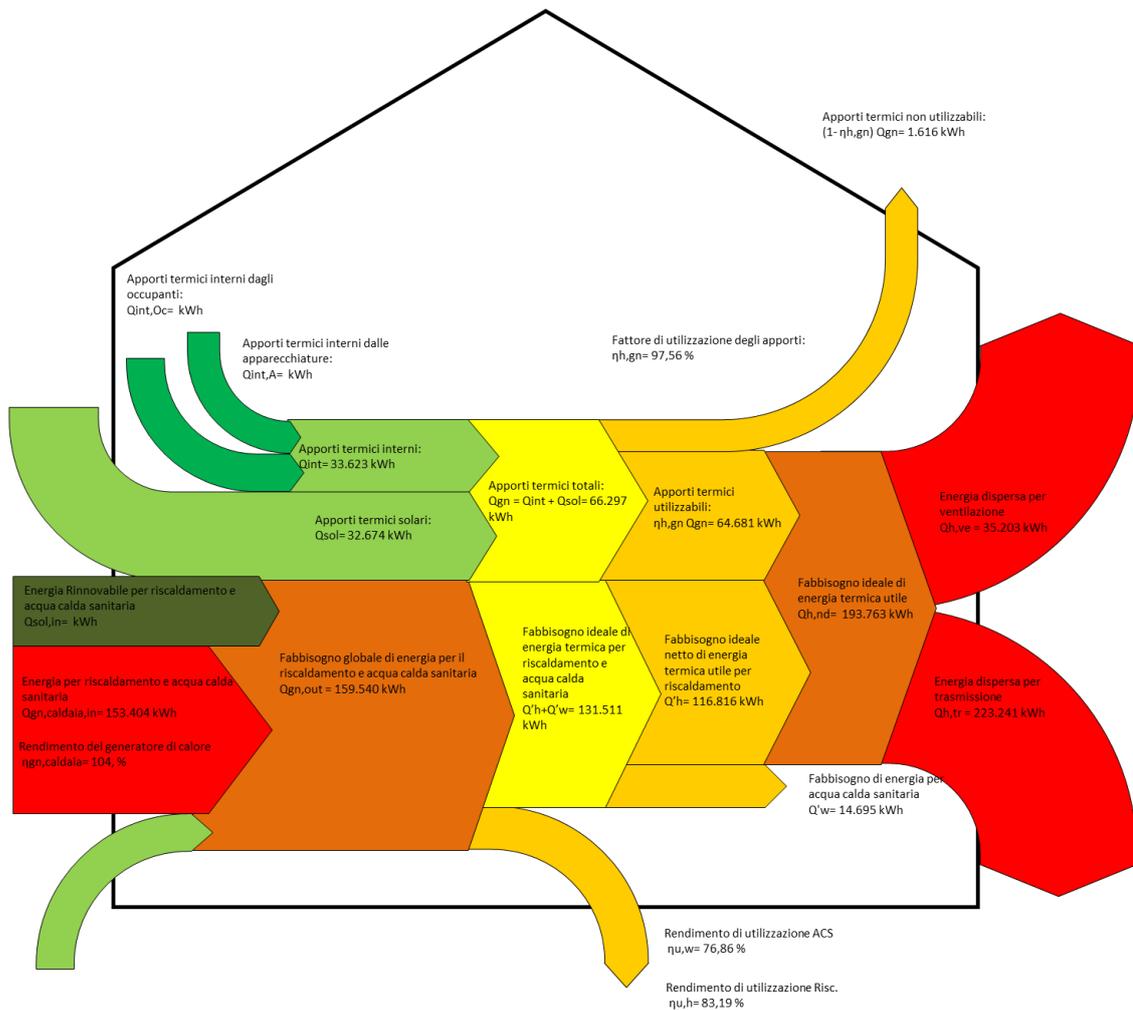
La realizzazione dello scenario 2 consiste nella combinazione delle EEM di seguito elencate:

Tabella 9.16 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 2

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA Al 22% [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
EEM1 Fornitura & Posa	144.351	31.757	176.108
EEM2 Fornitura & Posa	26.422	5.813	32.235
EEM3 Fornitura & Posa	10.896	2.397	13.293
EEM4 Fornitura & Posa	25.754	5.666	31.420
Costi per la sicurezza	6.222	1.369	7.591
Costi per la progettazione	14.519	3.194	17.713
TOTALE (I₀)	€228.166	€50.197	€ 278.363
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]	
Incentivi	[Conto termico]	153.100	
Durata incentivi		1 anno	
Incentivo annuo		153.100	

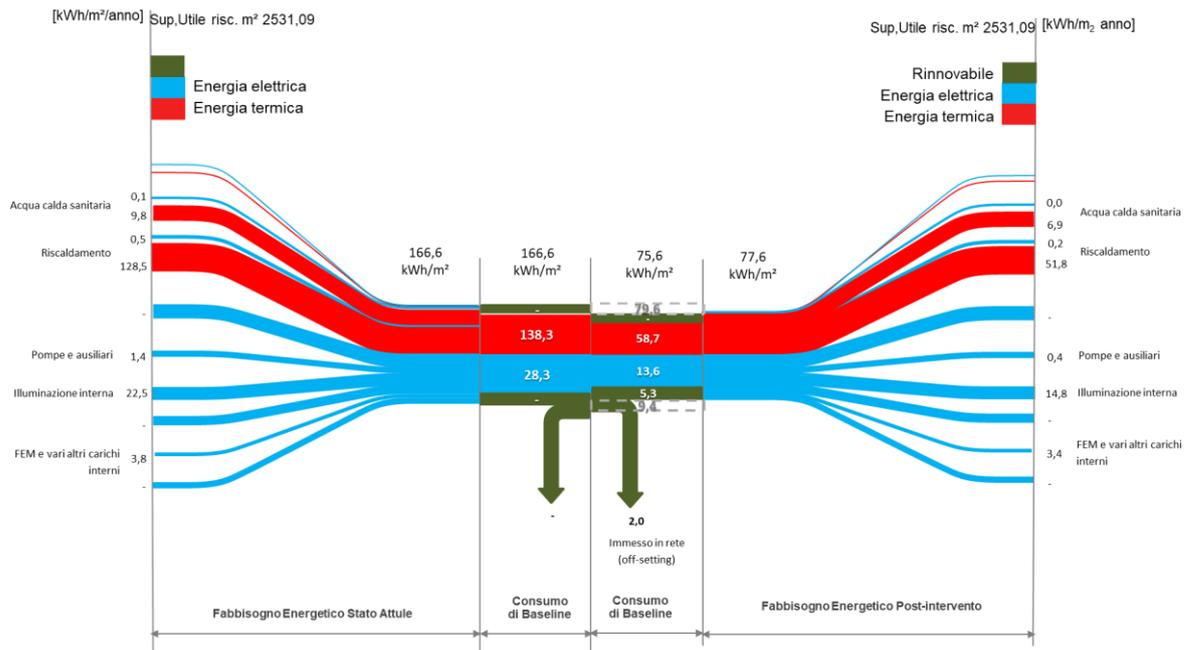
A seguito della modellazione dello scenario ottimale è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di sankey relativo alle situazioni post-intervento.

Figura 9.16 – 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 le quote parti di energia dispersa per trasmissione e ventilazione rappresentano, in egual misura, le componenti energetiche maggiormente dispendenti.

Figura 9.117 – SCN2: Bilancio energetico complessivo dell’edificio post intervento



I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione dello Scenario 2 sono riportati nella **Errore. L’origine riferimento non è stata trovata.7** e nella **Errore. L’origine riferimento non è stata trovata.8**

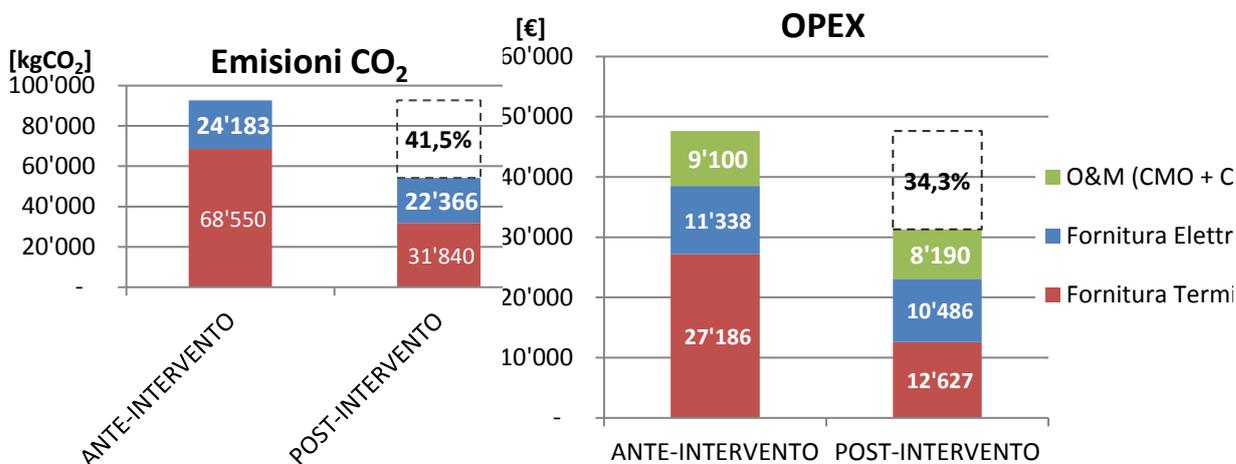
Tabella 9.17 – Risultati analisi SCN2

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EM1 Cappotto pareti verticali	Trasmittanza [W/m²K]	Vedi Allegato E	<0,26	
EM2 Installazione valvole	Trasmittanza [W/m²K]	Vedi Allegato E	<0,22	
EM3 Installazione valvole				
EM4 Sostituzione Caldaia	Rendimento generazione [%]	91,7	98,2	-7,1%
$Q_{teorico}$	[kWh]	350.064	162.597	53,6%
$EE_{teorico}$	[kWh]	53.534	49.511	7,5%
$Q_{baseline}$	[kWh]	339.357	157.624	53,6%
$EE_{baseline}$	[kWh]	51.785	47.893	7,5%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	68.550	31.840	53,6%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	24.183	22.366	7,5%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	92.734	54.206	41,5%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	27.186	12.627	53,6%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	11.338	10.486	7,5%
Fornitura Energia, C_E	[€]	38.525	23.114	40,0%
C_{MO}	[€]	8.190	8.190	0,0%
C_{MS}	[€]	910	910	0,0%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	9.100	9.100	0,0%
OPEX	[€]	47.625	32.214	32,4%
Classe energetica	[-]	D	B	+2 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: 0,073 [€/kWh] per il vettore termico e 0,232 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 9.128 – SCN2: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



È stato quindi possibile presentare un modello semplificato di Piano Economico Finanziario (PEF) indicativo, i cui calcoli di dettaglio sono riportati all'Allegato L – Piano Economico Finanziario scenari. I risultati dell'analisi sono riportati nella **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.8**, **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.9** e **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** e nelle successive figure.

Tabella 9.18 – 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_o	2020
Anni dell'ammortamento	n_A	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	k_{cdP}	2,00%
Costo Capitale Azienda	WACC	4,00%
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{cdP})$	$k_{progetto}$	4,00%
Inflazione ISTAT	f	0,50%
deriva dell'inflazione	f'	0,70%
%, interessi debito	k_D	3,82%
%, interessi equity	k_E	9,00%
Aliquota IRES	IRES	24,0%
Aliquota IRAP	IRAP	3,9%
Aliquota fiscale	τ	27,90%
Anni debito (finanziamento)	n_D	12
Anni Equity	n_E	24
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_o	€ 278.363
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 8.351
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti), IVA incl.	CAPEX	€ 286.714
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€ 229.371
Equity	I_E	€ 57.343

Fattore di annualità Debito	FA_D		9,62
Rata annua debito	q_D	€	23.855
Costo finanziamento, (D+INT _D)	$q_D * n_D$	€	286.263
Costi per interessi debito, INT _D	$INT_D = q_D * n_D - D$	€	56.892

Tabella 9.19 – Parametri Economici dell’analisi di redditività dello SCN2

PARAMETRI ECONOMICI			
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€	31.534
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€	36.962
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€	68.495
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€	-
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$		47,0%
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$		10,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$		5,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€	13.594
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€	3.425
Risparmio PA durante la concessione	14%	€	334.487
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€	24.972
N° di Canoni annuali	anni		24
Utile lordo della ESCO	%CAPEX		36,18%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	€	4.323
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€	2.370
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€	3.476
Canone O&M €/anno	CnM	€	35.427
Canone Energia €/anno	CnE	€	19.475
Canone Servizi €/anno IVA escl.	CnS	€	54.902
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	CnD	€	10.169
Canone Totale €/anno IVA escl.	Cn	€	65.071
Aliquota IVA %	IVA		22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€	50.197
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€	153.100
Durata Incentivi, anni	n_B		1
Inizio erogazione Incentivi, anno			2022

Tabella 9.20 – Risultati dell’analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN2

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE			Convieni
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.		7,06
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		9,75
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€	69.664
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC		9,21%
Indice di Profitto	IP		25,03%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE			Convieni
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.		2,11
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		2,16
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€	60.686
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke		91,95%
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3		1,099

Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1	1,057
Indice di Profitto Azionista	IP	21,80%

Figura 9.139 –SCN2: Flussi di cassa del progetto

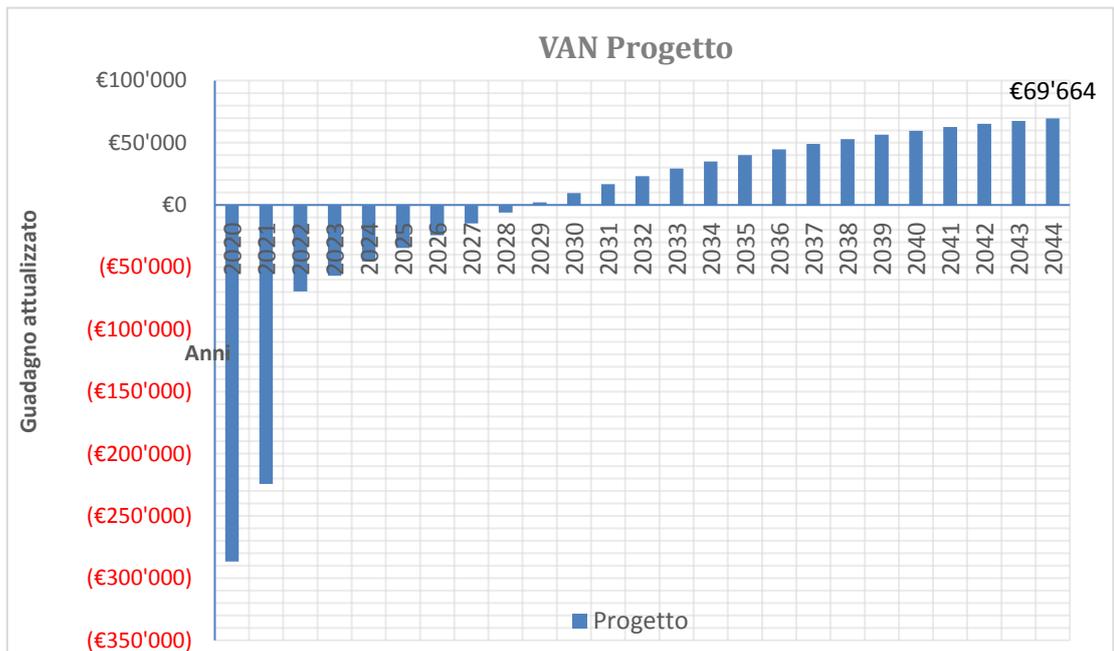
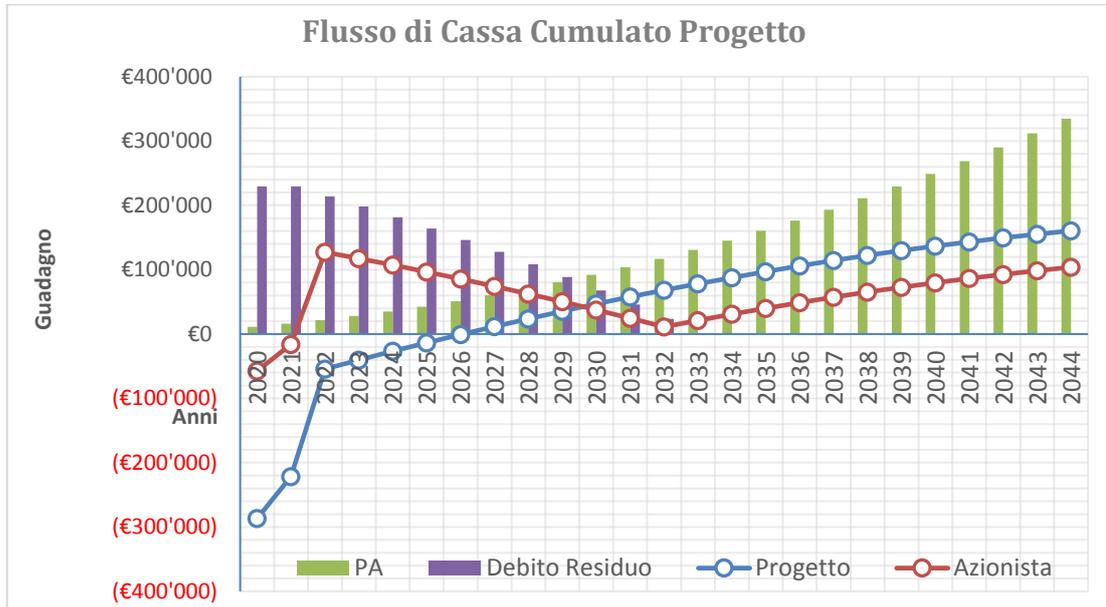
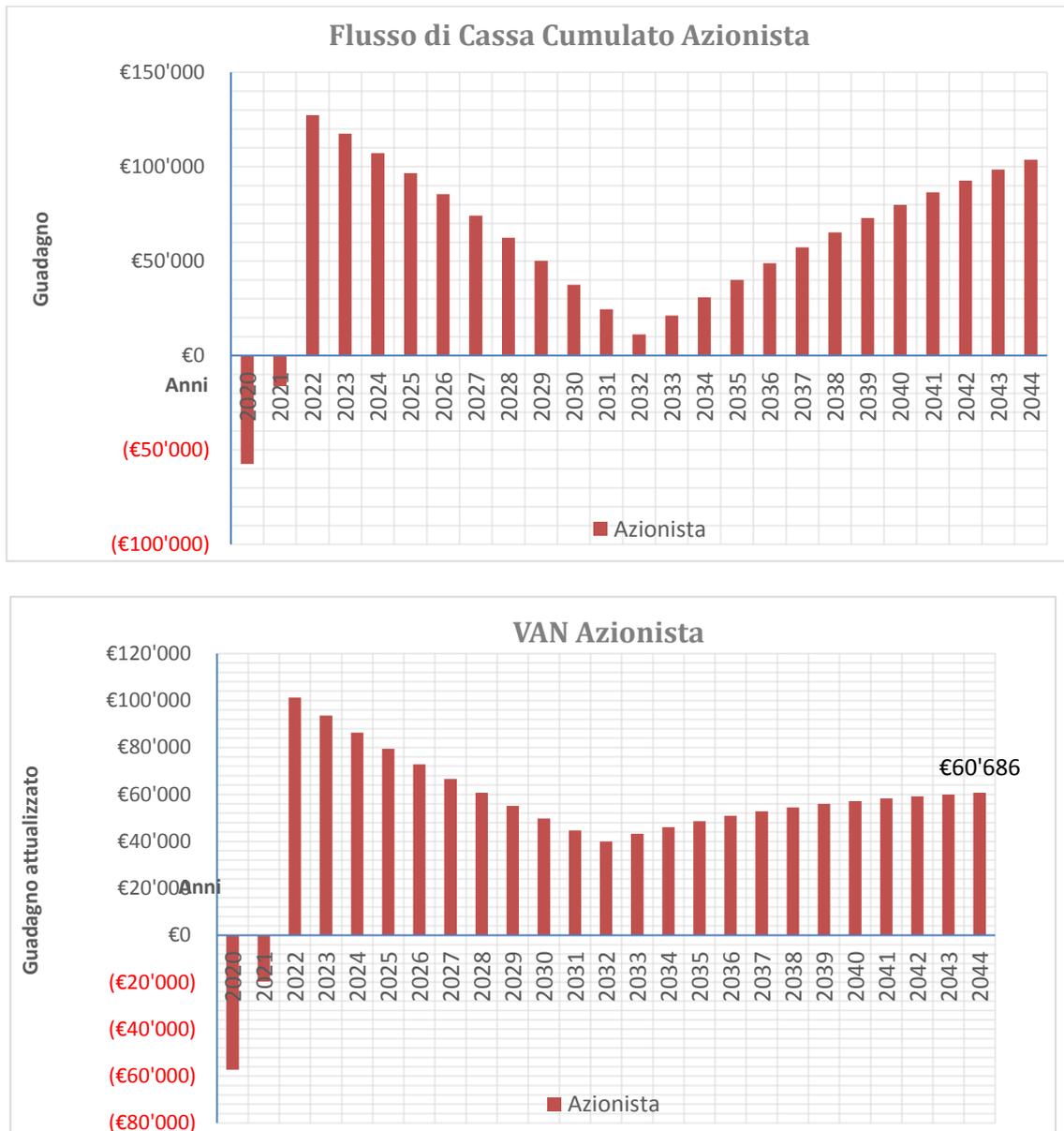


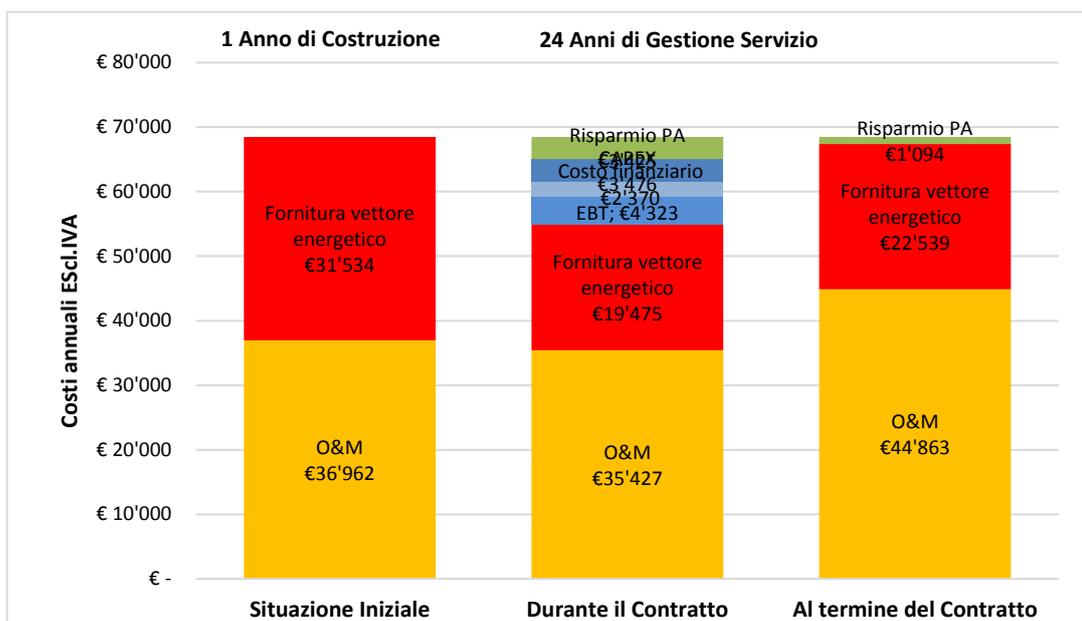
Figura 9.20 – SCN2: Flussi di cassa dell'azionista



Dall'analisi effettuata è emerso che lo scenario risulta finanziariamente sostenibile in quanto l'indice DSCR presenta un valore positivo e superiore ad 1 e l'indice LLCR presenta un valore maggiore di 1.

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 **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**

Figura 9.21 – Scenario 2: Schema di Energy Performance Contract



10 CONCLUSIONI

10.1 RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA

	EPgl,nren	EPH	EPw	EPv	EPc	EPL	CLASSE
	[kWh/m ² anno]						
STATO DI FATTO	261,00	202,43	10,79			43,97	D
EEM 1	232,00	173,43	10,79			43,97	D
EEM 2	246,66	188,09	10,79			43,97	D
EEM 3	231,83	173,86	10,79			43,97	D
EEM 4	228,79	172,97	8,03			43,97	D
SCN 1	203,37	147,55	8,03			43,97	C
SCN 2	167,52	111,70	8,03			43,97	B

10.2 RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI

	CON INCENTIVI										
	% Δ_E	% Δ_{CO_2}	ΔC_E	ΔC_{MO}	ΔC_{MS}	I_0	TRS	TRA	VAN	TIR	IP
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]
EEM 1	11,76%	10,36%	3848,29	819,00	91,00	321.366	22,53	34,60	43.973,8	2%	0,14
EEM 2	5,68%	5,12%	1916,20	819,00	91,00	88.142	15,93	26,99	2.000,9	4%	0,02
EEM 3	27,24%	23,55%	8699,85	819,00	91,00	24.184	2,76	2,99	86.520,1	34%	3,58
EEM 4	13,80%	12,14%	4508,55	819,00	91,00	45.537	6,95	8,91	19.181,1	11%	0,42
SCN1	35,58%	30,72%	11346,74	819,00	91,00	50.946	5,98	7,75	29.032,3	13%	0,57
SCN2	47,45%	41,55%	15410,88	819,00	91,00	321.366	22,53	7,75	29.032,3	13%	0,57

Nota⁽¹⁾: questi interventi non prevedono incentivi da Conto termico

10.3 CONCLUSIONI E COMMENTI

Si sono valutate diverse possibilità di intervento in base alla loro fattibilità tecnica ed economica, in rispetto delle norme attualmente vigenti e di eventuali vincoli presenti sull'edificio oggetto di studio. Sono state così individuate due soluzioni ottimali.

un primo scenario che consenta di ottenere una soluzione ottimale a 15 anni con e senza incentivi oltre ad un miglioramento delle prestazioni energetiche.

Il secondo scenario consente di ottenere una soluzione ottimale a 25 anni e un miglioramento delle prestazioni di almeno 2 classi energetiche .

Essa consiste nella combinazione di diversi interventi quali isolamento esterno a cappotto delle pareti verticali e della copertura, installazione di valvole termostatiche, sostituzione del generatore di calore con una caldaia a condensazione.

Dal punto di vista tecnico-economica le soluzioni hanno rispettivamente una spesa di € 49.185 e € 278.363, un TRS pari a 2,8 e 7,1 anni e VAN pari a € 73.381 e € 69.664 al fine di una gestione diretta da parte della PA.



La soluzione migliore sotto tutti i punti di vista e di immediata applicazione risulta quindi essere quella rappresentata dallo Scenario 1 con tempi di ritorno inferiori ai 3 anni.

ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITENZA

Titolo	Data	Nome file
SCHEMA CENTRALE TERMICA	02/05/2017	DE_Lotto.8-E661_revA-AllegatoA-034-P00-024-CENTRALE TERMICA.DWG
INQUADRAMENTO E661	18/09/1997	DE_Lotto.8-E661_revA-AllegatoA-E00661.DWG
INQUADRAMENTO E661	25/07/2000	DE_Lotto.8-E661_revA-AllegatoA-E00661.OUT
ELENCO ELABORATI	12/05/2017	DE_Lotto.8-E661_revA-AllegatoA-L1-042-034_00_Elenco elaborati.PDF
RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA	12/05/2017	DE_Lotto.8-E661_revA-AllegatoA-L1-042-034_01_Relazione Tecnica Illustrativa.PDF
RELAZIONE GAS	12/05/2017	DE_Lotto.8-E661_revA-AllegatoA-L1-042-034_02_Relazione Gas.PDF
RELAZIONE INAIL	12/05/2017	DE_Lotto.8-E661_revA-AllegatoA-L1-042-034_03_Relazione INAIL.PDF
RELAZIONE FUMI	12/05/2017	DE_Lotto.8-E661_revA-AllegatoA-L1-042-034_04_Relazione Fumi.PDF
PROGETTO	11/05/2017	DE_Lotto.8-E661_revA-AllegatoA-L1-042-034_05_IM-PR-01.PDF
PROGETTO	11/05/2017	DE_Lotto.8-E661_revA-AllegatoA-L1-042-034_06_IM-PR-02.PDF
PROGETTO	11/05/2017	DE_Lotto.8-E661_revA-AllegatoA-L1-042-034_07_IM-PR-03.PDF
PROGETTO	11/05/2017	DE_Lotto.8-E661_revA-AllegatoA-L1-042-034_08_IS-PR-01.PDF
CAPITOLATO	12/05/2017	DE_Lotto.8-E661_revA-AllegatoA-L1-042-034_09_Capitolato.PDF
PIANTA PIANO T	02/05/2017	DE_Lotto.8-E661_revA-AllegatoA-L1-042-034-P00.DWG
CHECKLIST PIANO T	02/05/2017	DE_Lotto.8-E661_revA-AllegatoA-L1-042-034-P00-Checklist.XLSX
PIANTA PIANO 1	02/05/2017	DE_Lotto.8-E661_revA-AllegatoA-L1-042-034-P01.DWG
CHECKLIST PIANO 1	02/05/2017	DE_Lotto.8-E661_revA-AllegatoA-L1-042-034-P01-Checklist.XLSX
PIANTA PIANO 2	02/05/2017	DE_Lotto.8-E661_revA-AllegatoA-L1-042-034-P02.DWG
CHECKLIST PIANO 2	02/05/2017	DE_Lotto.8-E661_revA-AllegatoA-L1-042-034-P02-Checklist.XLSX
PIANTA PIANO 3	02/05/2017	DE_Lotto.8-E661_revA-AllegatoA-L1-042-034-P03.DWG
CHECKLIST PIANO 3	02/05/2017	DE_Lotto.8-E661_revA-AllegatoA-L1-042-034-P03-Checklist.XLSX
PIANTA PIANO 4	02/05/2017	DE_Lotto.8-E661_revA-AllegatoA-L1-042-034-P04.DWG
CHECKLIST PIANO 4	02/05/2017	DE_Lotto.8-E661_revA-AllegatoA-L1-042-034-P04-Checklist.XLSX
PIANTA PIANO 5	02/05/2017	DE_Lotto.8-E661_revA-AllegatoA-L1-042-034-P05.DWG
CHECKLIST PIANO 5	02/05/2017	DE_Lotto.8-E661_revA-AllegatoA-L1-042-034-P05-Checklist.XLSX
PIANTA PIANO 6	02/05/2017	DE_Lotto.8-E661_revA-AllegatoA-L1-042-034-P06.DWG
CHECKLIST PIANO 6	02/05/2017	DE_Lotto.8-E661_revA-AllegatoA-L1-042-034-P06-Checklist.XLSX
PIANTA PIANO 7	02/05/2017	DE_Lotto.8-E661_revA-AllegatoA-L1-042-034-P07.DWG
CHECKLIST PIANO 7	02/05/2017	DE_Lotto.8-E661_revA-AllegatoA-L1-042-034-P07-Checklist.XLSX
PLANIMETRIA PIANO 1	25/07/2000	DE_Lotto.8-E661_revA-AllegatoA-



		PIAN1.DWG
PLANIMETRIA PIANO 2	25/07/2000	DE_Lotto.8-E661_revA-AllegatoA-PIAN2.DWG
PLANIMETRIA PIANO 3	25/07/2000	DE_Lotto.8-E661_revA-AllegatoA-PIAN3.DWG
PLANIMETRIA PIANO 4	25/07/2000	DE_Lotto.8-E661_revA-AllegatoA-PIAN4.DWG
PLANIMETRIA PIANO 5	12/06/2002	DE_Lotto.8-E661_revA-AllegatoA-PIAN5.DWG
PLANIMETRIA PIANO 6	13/06/2002	DE_Lotto.8-E661_revA-AllegatoA-PIAN6.DWG
PLANIMETRIA PIANO 7	25/07/2000	DE_Lotto.8-E661_revA-AllegatoA-PIAN7.DWG
PLANIMETRIA PIANO COPERTURA	18/09/1997	DE_Lotto.8-E661_revA-AllegatoA-PIANC.DWG
PLANIMETRIA PIANO TERRA	25/07/2000	DE_Lotto.8-E661_revA-AllegatoA-PIANT.DWG
TABLUATO CONSUMI	20/08/2018	DE_Lotto.8-E661_revA-AllegatoA-Tabulato consumi EE.XLSX

ALLEGATO B – ELABORATI

Titolo	Data	Nome file
CONTESTO URBANO	10/08/2018	DE_Lotto.8-E661_revA-AllegatoB-Contesto urbano.PDF
GRAFICI TEMPLATE	20/08/2018	DE_Lotto.8-E661_revA-AllegatoB-Grafici Template.PDF
GRAFICI TEMPLATE	20/08/2018	DE_Lotto.8-E661_revA-AllegatoB-Grafici Template.XLSX
IMPIANTI TERMICI P1	10/08/2018	DE_Lotto.8-E661_revA-AllegatoB-IM_P1.PDF
IMPIANTI TERMICI P2	10/08/2018	DE_Lotto.8-E661_revA-AllegatoB-IM_P2.PDF
IMPIANTI TERMICI P3-P4	10/08/2018	DE_Lotto.8-E661_revA-AllegatoB-IM_P3_P4.PDF
IMPIANTI TERMICI P5-P6	10/08/2018	DE_Lotto.8-E661_revA-AllegatoB-IM_P5_P6.PDF
IMPIANTI TERMICI P7	10/08/2018	DE_Lotto.8-E661_revA-AllegatoB-IM_P7.PDF
IMPIANTI TERMICI PT	10/08/2018	DE_Lotto.8-E661_revA-AllegatoB-IM_PT.PDF
PLANIMETRIA P1	10/08/2018	DE_Lotto.8-E661_revA-AllegatoB-P1.PDF
PLANIMETRIA 2	10/08/2018	DE_Lotto.8-E661_revA-AllegatoB-P2.PDF
PLANIMETRIA P3-P4	10/08/2018	DE_Lotto.8-E661_revA-AllegatoB-P3_P4.PDF
PLANIMETRIA P5-P6	10/08/2018	DE_Lotto.8-E661_revA-AllegatoB-P5_P6.PDF
PLANIMETRIA P7-PC	10/08/2018	DE_Lotto.8-E661_revA-AllegatoB-P7_PC.PDF
PLANIMETRIA PT	10/08/2018	DE_Lotto.8-E661_revA-AllegatoB-PT.PDF
PROSPETTO 1	10/08/2018	DE_Lotto.8-E661_revA-AllegatoB-Prospetti_1.PDF
PROSPETTO 2	10/08/2018	DE_Lotto.8-E661_revA-AllegatoB-Prospetti_2.PDF
SCHEMA A BLOCCHI	20/08/2018	DE_Lotto.8-E661_revA-AllegatoB-SCHEMA BLOCCHI QE_REV00.DWG
SCHEMA A BLOCCHI	20/08/2018	DE_Lotto.8-E661_revA-AllegatoB-SCHEMA BLOCCHI QE_REV00.PDF
SEZIONE	10/08/2018	DE_Lotto.8-E661_revA-AllegatoB-Sezione.PDF
ZONA TERMICA P1	10/08/2018	DE_Lotto.8-E661_revA-AllegatoB-ZT_P1.PDF
ZONA TERMICA P2	10/08/2018	DE_Lotto.8-E661_revA-AllegatoB-ZT_P2.PDF
ZONA TERMICA P3	10/08/2018	DE_Lotto.8-E661_revA-AllegatoB-ZT_P3.PDF
ZONA TERMICA P4	10/08/2018	DE_Lotto.8-E661_revA-AllegatoB-ZT_P4.PDF
ZONA TERMICA P5	10/08/2018	DE_Lotto.8-E661_revA-AllegatoB-ZT_P5.PDF
ZONA TERMICA P6	10/08/2018	DE_Lotto.8-E661_revA-AllegatoB-ZT_P6.PDF
ZONA TERMICA P7	10/08/2018	DE_Lotto.8-E661_revA-AllegatoB-ZT_P7.PDF

ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

Titolo	Data	Nome file
REPORT TERMOGRAFICO	20/08/2018	DE_Lotto.8-E661_revA-AllegatoC_report termografico.PDF

ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI

Titolo	Data	Nome file

ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI

Titolo	Data	Nome file
CALCOLI EDICLIMA	20/08/2018	DE_Lotto.8-E661_revA-AllegatoE- Calcoli.PDF

ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

	Titolo	Data	Nome file
	CERTIFICATO EDILCLIMA	01/08/2018	DE_Lotto.8-E661_revA-AllegatoF-CertCTI.PDF



ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

Titolo	Data	Nome file
APE	10/08/2018	DE_Lotto.8-E661_revA-AllegatoG-30096_2018_8024.PDF
APE FIRMATO	10/08/2018	DE_Lotto.8-E661_revA-AllegatoG-30096_2018_8024.pdf.P7M
RICEVUTA	10/08/2018	DE_Lotto.8-E661_revA-AllegatoG-2018_30096.PDF

ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

Titolo	Data	Nome file
APE Scenario 1_Bozza	20/08/2018	DE_Lotto.8-E661_revA-AllegatoH-30096_2018_8024_SCN1.PDF
APE Scenario 2_Bozza	20/08/2018	DE_Lotto.8-E661_revA-AllegatoH-30096_2018_8024_SCN2.PDF

ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

	Titolo	Data	Nome file
	DATI CLIMATICI	10/08/2018	DE_Lotto.8-E661_revA-AllegatoI-GG.xlsx

ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

Titolo	Data	Nome file
Schede Audit E661	10/08/2018	DE_Lotto.8-E661_revA-AllegatoJ-Scheda Audit.xlsx

ALLEGATO K – SCHEDE ORE

Titolo	Data	Nome file
Scheda ore Isolamento copertura	12/06/2018	DE_Lotto.8-E661_revA-AllegatoK-A2.1_INVOLUCRO_TO BE LEAN.pdf
Scheda ore Cappotto	12/06/2018	DE_Lotto.8-E661_revA-AllegatoK-H2_IMPIANTO_TO BE CLEAN.pdf
Scheda ore sostituzione caldaia	12/06/2018	DE_Lotto.8-E661_revA-AllegatoK-ORE_A2.1_INVOLUCRO_TO BE LEAN.pdf
Scheda ore valvole termostatiche	12/06/2018	DE_Lotto.8-E661_revA-AllegatoK-ORE_A4.2_INVOLUCRO_TO BE LEAN.pdf

ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI

Titolo	Data	Nome file
Analisi economica	20/08/2018	DE_Lotto.8-E661_revA-AllegatoL-AnalisiPEF.xlsx

ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

Titolo	Data	Nome file
Report di Benchmark Lotto 8	20/08/2018	DE_Lotto.8-E661_revA-AllegatoM-Benchmark.xlsx



ALLEGATO N – CD-ROM

