

Scuola Media "DANTE ALIGHIERI"

E0865

via Vado, 39 - Genova

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA

FONDO KYOTO - SCUOLA 3



Luglio/2018

COMUNE DI GENOVA
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER



COMUNE DI GENOVA



**Scuola Media “DANTE ALIGHIERI”
E0865
via Vado, 39 - Genova**

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA

FONDO KYOTO - SCUOLA 3
Luglio/2018

COMUNE DI GENOVA
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER

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

DBA Progetti Spa
SEDE OPERATIVA Viale Felissent 20/D - 31020 Villorba (TV)
SEDE LEGALE: Piazza Roma, 19 - 32
[Tel: 04220318811 – info@dbagroup.it – www.dbagroup.it]

REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI

| Revisione | Data | Realizzazione | Revisione | Approvazione | Descrizione |
|-----------|------------|----------------|-------------------|--------------------|--|
| [0] | 12/06/2018 | Angelo Le Pera | Francesca Bottega | Alessandro Bertino | Prima Pubblicazione |
| | | | Matteo Zanutto | | |
| [1] | 26/07/2018 | Angelo Le Pera | Francesca Bottega | Alessandro Bertino | Revisione come richiesto a dalla PA in data 11/07/2018 |
| | | | Matteo Zanutto | | |

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

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

| INDICE | PAGINA |
|---|-----------|
| REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI | 3 |
| INDICE..... | 1 |
| PAGINA..... | 1 |
| EXECUTIVE SUMMARY | 1 |
| CARATTERISTICHE DELL’EDIFICIO OGGETTO DELLA DE | 1 |
| 1 INTRODUZIONE | 3 |
| 1.1 PREMESSA | 3 |
| 1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA | 3 |
| 1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO..... | 3 |
| 1.4 IDENTIFICAZIONE DELL’EDIFICIO..... | 4 |
| 1.5 METODOLOGIA DI LAVORO | 5 |
| 1.6 STRUTTURA DEL REPORT | 8 |
| 2 DATI DELL’EDIFICIO..... | 9 |
| 2.1 INFORMAZIONI SUL SITO | 9 |
| 2.2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE, SOCIO-ECONOMICO E DESTINAZIONE D’USO | 9 |
| 2.3 VERIFICA DEI VINCOLI INTERFERENTI SULLE PARTI DELL’IMMOBILE INTERESSATE DAGLI ’INTERVENTI..... | 10 |
| 2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO..... | 11 |
| 3 DATI CLIMATICI | 13 |
| 3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO..... | 13 |
| 3.2 DATI CLIMATICI REALI..... | 14 |
| 3.3 ANALISI DELL’ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO | 14 |
| 4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI | 16 |
| 4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL’INVOLUCRO EDILIZIO..... | 16 |
| 4.1.1 <i>Involucro opaco</i> | 16 |
| 4.1.2 <i>Involucro trasparente</i> | 18 |
| 4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/ CLIMATIZZAZIONE INVERNALE..... | 19 |
| 4.2.1 <i>Sottosistema di emissione</i> | 19 |
| 4.2.2 <i>Sottosistema di regolazione</i> | 20 |
| 4.2.3 <i>Sottosistema di distribuzione</i> | 21 |
| 4.2.4 <i>Sottosistema di generazione</i> | 23 |
| 4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA | 23 |
| 4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO/CLIMATIZZAZIONE ESTIVA | 24 |
| 4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA | 24 |
| 4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE | 24 |
| 4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE | 25 |
| 4.8 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DI IMPIANTI DI PRODUZIONE ENERGIA ELETTRICA O COGENERAZIONE | 26 |
| 5 CONSUMI RILEVATI | 26 |
| 5.1 CONSUMI ENERGETICI STORICI PER CIASCUN VETTORE E CONNESSIONE ALLE RETI GAS NATURALE ED ELETTRICA..... | 26 |
| 5.1.1 <i>Energia termica</i> | 26 |
| 5.1.2 <i>Energia elettrica</i> | 28 |
| 5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI | 33 |
| 6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO..... | 37 |
| 6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO | 37 |
| 6.1.1 <i>Validazione del modello termico</i> | 38 |
| 6.1.2 <i>Validazione del modello elettrico</i> | 39 |
| 6.2 FABBISOGNI ENERGETICI..... | 39 |
| 6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI..... | 41 |



| | | |
|-----------|--|-----------|
| 7 | ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO | 43 |
| 7.1 | COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI | 43 |
| 7.1.1 | <i>Vettore termico.....</i> | 43 |
| 7.1.2 | <i>Vettore elettrico.....</i> | 44 |
| 7.2 | TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL’ANALISI..... | 48 |
| 7.3 | COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI..... | 48 |
| 7.4 | BASELINE DEI COSTI..... | 49 |
| 8 | IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA | 51 |
| 8.1 | DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI | 51 |
| 8.1.1 | <i>Involucro edilizio.....</i> | 51 |
| 8.1.2 | <i>Impianto riscaldamento.....</i> | 53 |
| 8.1.3 | <i>Impianto di illuminazione ed impianto elettrico.....</i> | 54 |
| 9 | VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA..... | 55 |
| 9.1 | ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI | 55 |
| 9.2 | ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI | 63 |
| 9.3 | IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D’INTERVENTO E SCENARI D’INVESTIMENTO | 68 |
| 9.3.1 | <i>Scenario 1: EEM1+EEM2.....</i> | 70 |
| 9.3.2 | <i>Scenario 2: EEM1+EEM2+EEM3:</i> | 76 |
| 10 | CONCLUSIONI | 82 |
| 10.1 | RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA | 82 |
| 10.2 | RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI | 82 |
| 10.3 | CONCLUSIONI E COMMENTI..... | 82 |
| | ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA..... | 83 |
| | 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 | | 1.700 |
| Anno di ristrutturazione | | - |
| Zona climatica | | [D] |
| Destinazione d'uso | | E.7 Edifici Scolastici |
| Superficie utile riscaldata | [m ²] | 1.936,6 |
| Superficie disperdente (S) | [m ²] | 4.782 |
| Volume lordo riscaldato (V) | [m ³] | 11.476,88 |
| Rapporto S/V | [1/m] | 0,42 |
| Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate) | [m ²] | 2.917,04 |
| Superficie lorda aree esterne | [m ²] | 2.057,54 |
| Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne) | [m ²] | 4.974,58 |
| Tipologia generatore riscaldamento | | Caldaia tradizionale a gas |
| Potenza totale impianto riscaldamento | [kW] | 380 |
| Potenza totale impianto raffrescamento | [kW] | - |
| Tipo di combustibile | | Gas Naturale |
| Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS) | | - |
| Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾ | [t/anno] | 53,34 |
| Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾ | [kWh _{th} /anno] | 198.814 |
| Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾ | [€/anno] | 15.605 |
| Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾ | [kWh _{el} /anno] | 37.243 |
| Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾ | [€/anno] | 6.735 |

Nota (1): Valori di Baseline

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

- EEM 1: Sostituzione corpi illuminanti;
- EEM 2: installazione termovalvole e sostituzione generatore di calore
- EEM 2: Cappotto termico
- SCN1: EEM1+EEM2
- SCN2: EEM1+EEM2+EEM3

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

| | CON INCENTIVI | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|-----------------|-------------------|-----------------|------------------|------------------|----------------|--------|--------|--------|-----------|--------|--------|-------|-------|--|
| | %Δ _E | %Δ _{CO2} | ΔC _E | ΔC _{MO} | ΔC _{MS} | I ₀ | TRS | TRA | n | VAN | TIR | IP | DSCR | LLCR | |
| | [%] | [%] | [€/anno] | [€/anno] | [€/anno] | [€] | [anni] | [anni] | [anni] | [€] | [%] | [-] | | | |
| EEM 1 | 3% | 3% | 717,1 | 172,8 | - | 24.649,0 | 10,3 | 11,6 | 8,0 | -7.938,7 | -0,078 | -0,322 | | | |
| EEM 2 | 18% | 18% | 4.012,9 | 864,1 | 91,9 | 28.130,3 | 3,8 | 4,3 | 15,0 | 32.063,4 | 0,211 | 1,140 | | | |
| EEM 3 | 43% | 43% | 9.663,8 | - | - | 263.680,0 | 17,4 | 30,6 | 30,0 | -5.654,2 | 0,038 | -0,021 | | | |
| SCN 1 | 21,17% | 21% | 4.729,8 | 864,1 | 91,9 | 52.779,3 | 7,9 | 12,7 | 15,0 | 1.486,0 | 0,047 | 0,028 | 1,067 | 1,037 | |
| SCN 2 | 55,39% | 55% | 12.373,9 | 864,1 | 91,9 | 316.459,3 | 15,3 | 27,9 | 25,0 | -10.940,0 | 0,035 | -0,035 | 0,910 | 1,128 | |

Figura 0.1 – Scenario 1: analisi finanziaria

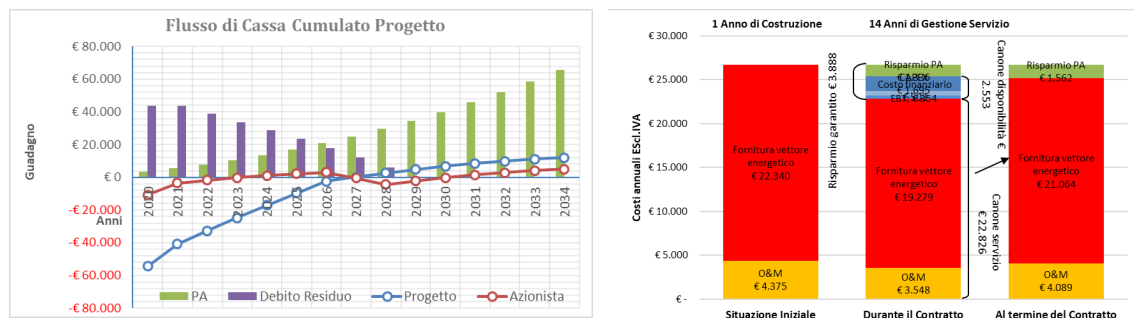
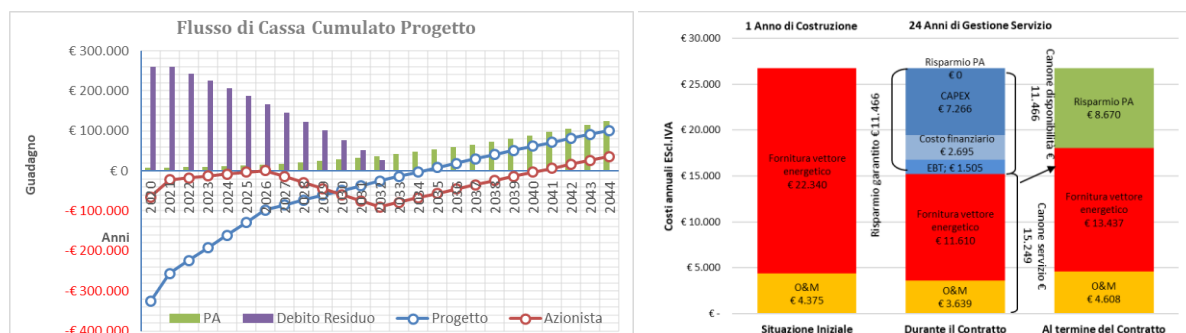


Figura 0.2 – Scenario 2: analisi finanziaria



Dalle analisi fatte sull’edificio è emerso che solo lo scenario 1 risulta finanziariamente conveniente in base alle necessità stabilite dalla committenza. Tuttavia l’intervento di efficientemente sull’involucro consente all’edificio di migliorare la prestazione energetica di tre classi.

1 INTRODUZIONE

1.1 PREMESSA

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

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

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

1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA

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

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

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

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

1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO

La presente DE è stata eseguita dalla DBA Progetti Spa il cui responsabile per il processo di audit è l'ing. Alessandro Bertino soggetto certificato Esperto in Gestione dell'Energia (EGE) ai sensi della norma UNI CEI 11339.

Figura 1.1 - Vista della facciata esposta a Nord-Est



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

Tabella 1.1 – Soggetti coinvolti nella realizzazione del processo di Audit

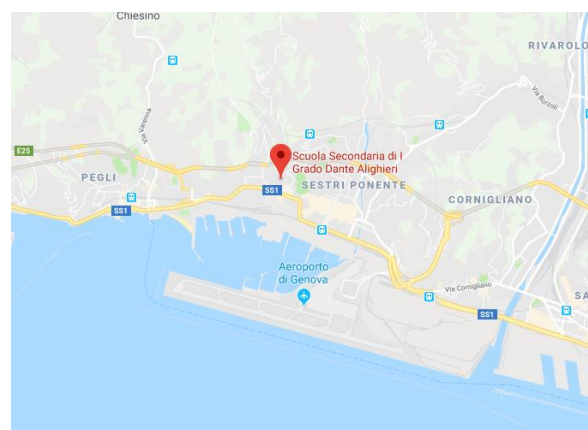
| NOME E COGNOME | RUOLO | ATTIVITÀ SVOLTA |
|-------------------------|------------------------|---|
| Maria Giovanna Passaghe | Impiegato tecnico | Sopralluogo in sito, Elaborazione dati e creazione del modello energetico |
| Gianluca Loddi | Impiegato tecnico | Sopralluogo in sito, Elaborazione dati diagnosi energetica |
| Angela Sposato | Impiegato tecnico | Gestione rapporti con committenza, Elaborazione dati diagnosi energetica |
| Francesca Bottega | Responsabile involucro | Supervisione attività e report di diagnosi energetica |
| Matteo Zanotto | Responsabile impianti | Supervisione attività e report di diagnosi energetica |
| Alessandro Bertino | EGE | Supervisione attività e approvazione report di diagnosi energetica |

1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO

L'immobile oggetto della DE, catastalmente individuato al NCEU alla sezione SEP, Foglio 55 e Mappale 117, Sub. 0 è sito nel Comune di Genova e più precisamente nella zona di Sestri Ponente.

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

Figura 1.2 – Ubicazione dell'edificio



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

Tabella 1.2 - Tabella riepilogativa dei dati dell'edificio

| PARAMENTO | U.M. | VALORE |
|---|-------------------|----------------------------|
| Anno di costruzione edificio | | 1.700 |
| Anno di ristrutturazione | | - |
| Zona climatica | | [D] |
| Destinazione d'uso | | E.7 Edifici Scolastici |
| Superficie utile riscaldata | [m ²] | 1.936,6 |
| Superficie disperdente (S) | [m ²] | 4.782 |
| Volume lordo riscaldato (V) | [m ³] | 11.476,88 |
| Rapporto S/V | [1/m] | 0,42 |
| Superficie netta aree interne (scaldate e non scaldate) | [m ²] | 2.468,3 |
| Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate) | [m ²] | 2.917,04 |
| Superficie lorda aree esterne | [m ²] | 2.057,54 |
| Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne) | [m ²] | 4.974,58 |
| Tipologia generatore riscaldamento | | Caldaia tradizionale a gas |
| Potenza totale impianto riscaldamento | [kW] | 380 |
| Potenza totale impianto raffrescamento | [kW] | - |
| Tipo di combustibile | | Gas Naturale |

| | | |
|---|---------------------------|---------|
| Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS) | | - |
| Emissioni CO2 di riferimento ⁽²⁾ | [t/anno] | 53,34 |
| Consumo di riferimento Gas Metano ⁽²⁾ | [kWh _{th} /anno] | 198.814 |
| Spesa annuale Gas Metano ⁽²⁾ | [€/anno] | 15.605 |
| Consumo di riferimento energia elettrica ⁽²⁾ | [kWh _{el} /anno] | 37.243 |
| Spesa annuale energia elettrica ⁽²⁾ | [€/anno] | 6.735 |

Nota (2): Valori di Baseline

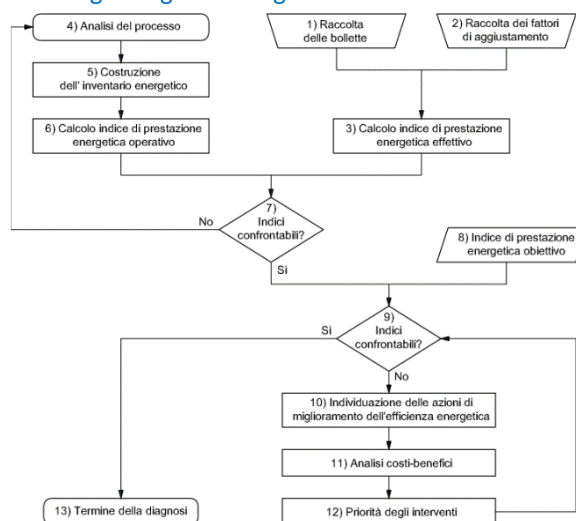
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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;
- 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;
- d) Visita alla centrale termica e/o frigorifera, con il supporto del personale incaricato della conduzione e manutenzione degli impianti e rilevamento dei dati utili;
- e) Preparazione e compilazione delle schede di Audit previste per la diagnosi di livello II di cui all’appendice A delle LGEE - Linee Guida per l’Efficienza Energetica negli Edifici - sett. 2013 - elaborato da AiCARR per Agesi, Assistal, Assopetroli e Assoenergia, e riportate all’Allegato J – Schede di audit;
- f) Elaborazione del comportamento termico ed elettrico dell’edificio, realizzata utilizzando il software commerciale Edilclima EC700 in possesso di certificato di conformità rilasciato dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI) n.73 ai sensi del D.lgs. 192/05 e s.m.i. e riportato all’Allegato F – Certificato CTI Software;
- g) Analisi dei profili annuali di consumi e costi dei servizi energetici reali dell’edificio, comprensivi della fornitura dei vettori energetici sia elettrici che di gas e degli oneri di O&M, relativamente alle annualità 2014-2015-2016;
- h) Analisi dei dati climatici reali del sito ove è ubicato l’edificio con conseguente calcolo dei Gradi Giorno reali (GG_{real}), utilizzando le temperature esterne rilevate dalla stazione meteo GENOVA – PEGLI (Lat. 44° 25' 56.172"; Long. 8° 49' 28.56") e riportati all’Allegato I – Dati climatici;
- i) Individuazione della “baseline termica” di riferimento (e relative emissioni di CO₂) tramite opportuna ripartizione del consumo di combustibile tra le varie utenze a servizio dell’edificio e destagionalizzazione dello stesso, utilizzando i relativi GG reali (GG_{real}), e conseguente normalizzazione secondo i GG di riferimento (GG_{rif});
- j) Individuazione della “baseline elettrica” di riferimento (e relative emissioni di CO₂) calcolata sulla media aritmetica dei valori relativi ai consumi elettrici reali per tre le annualità 2014, 2015, 2016;
- k) Validazione del modello elaborato mediante il confronto con le baseline energetiche, al fine di ottenere uno scostamento inferiore al 5%;
- l) Analisi delle possibili EEM necessarie per la riqualificazione energetica del sistema edificio-impianto analizzando gli aspetti tecnici, energetici, ed ambientali.
- m) Simulazione del comportamento energetico dell’edificio a seguito dell’attuazione delle varie EEM proposte singolarmente, ed individuazione della nuova classe energetica raggiungibile;
- n) Definizione di due scenari ottimali a partire dalla combinazione delle singole EEM proposte al fine di conseguire un miglioramento del parametro di efficienza energetica dell’edificio superiore a due classi energetiche e tempi di ritorno inferiori uguale rispettivamente a 25 e a 15 anni.

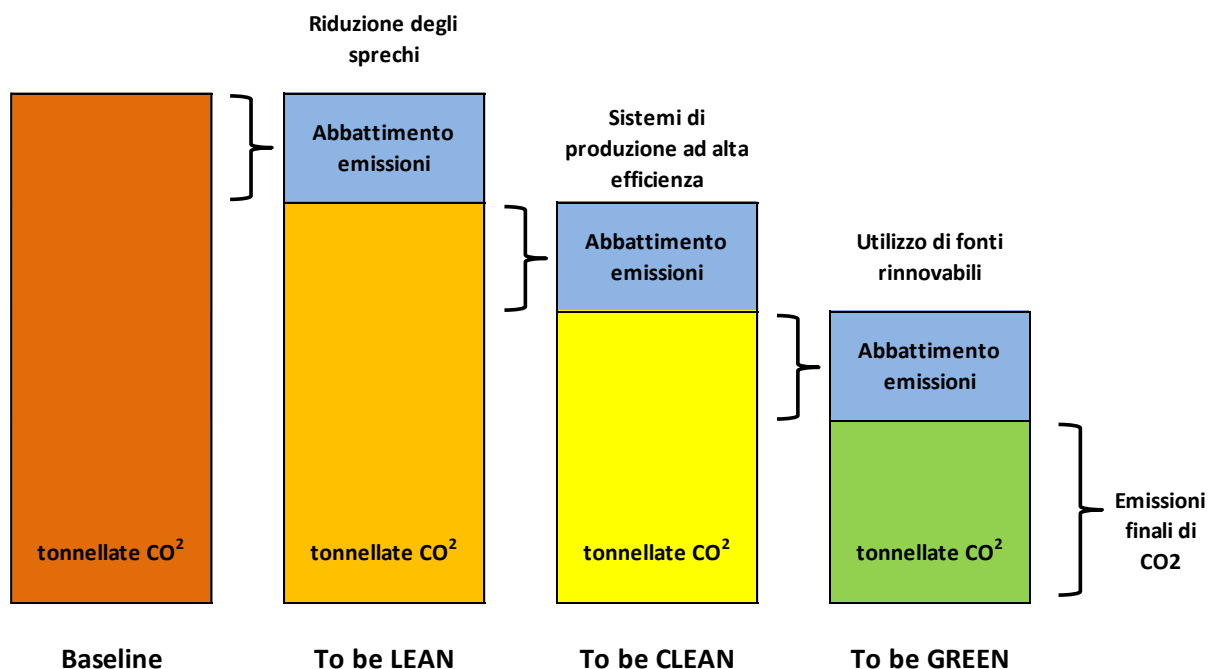
- o) Analisi costi-benefici e di redditività finanziaria derivanti dalla realizzazione delle EEM previste singolarmente, con riferimento ai principali indicatori finanziari ed ai possibili sistemi di incentivazione;
- p) Valutazione economico-finanziaria dei due scenari ottimali previsti, a partire dal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

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



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

Figura 1.4 - Principio della Gerarchia Energetica



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

1.6 STRUTTURA DEL REPORT

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

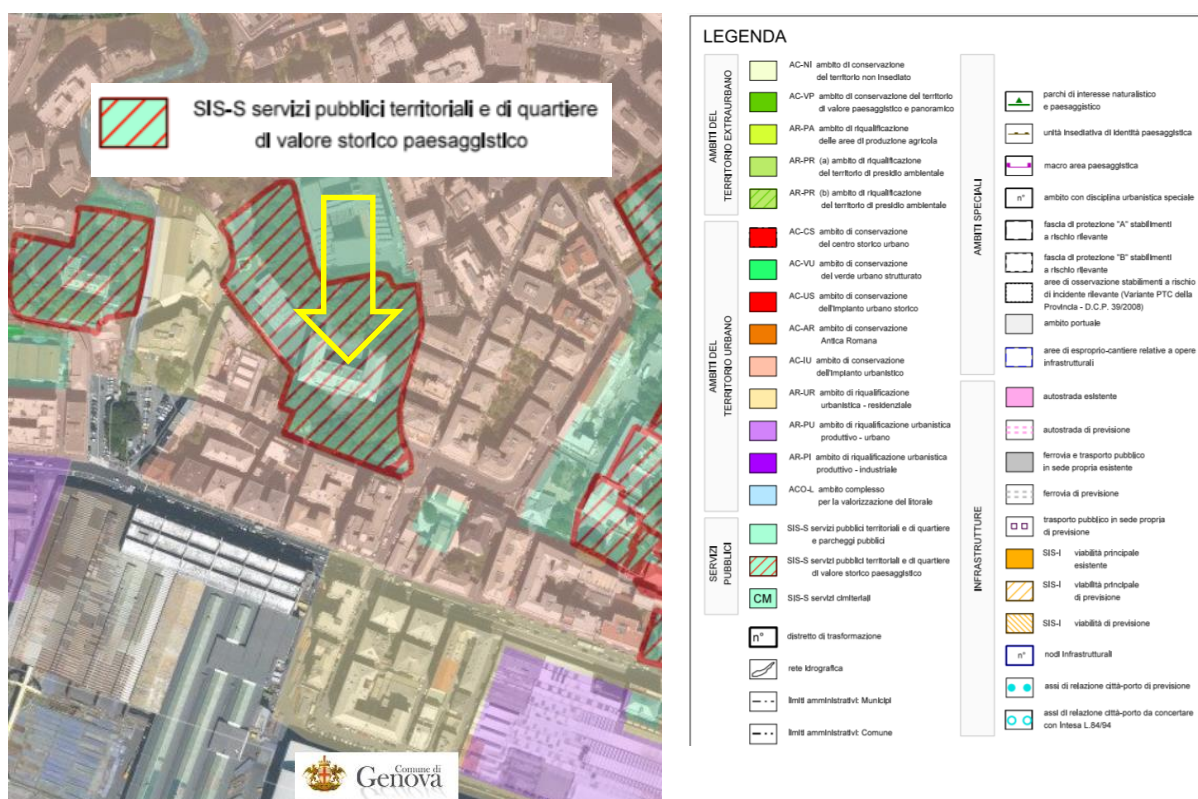
- Una prima parte nella quale sono descritti lo scopo ed i confini della DE e le metodologie di analisi adottate;
- Una seconda parte in cui sono riportate le informazioni dell'edificio rilevate in sede di sopralluogo e le valutazioni effettuate al fine di identificare le caratteristiche tecniche dei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

2 DATI DELL'EDIFICIO

2.1 INFORMAZIONI SUL SITO

Lo strumento urbanistico vigente, il [P.U.C approvato con DD n° 2015/118.0.0./18 con entrata in vigore il 3/12/2015], classifica l'edificio oggetto della DE in zona SIS-S-Servizi, ed in particolare nella sottozona FF, la cui funzione caratterizzante é quella dei servizi pubblici di valore paesaggistico, disciplinata dagli articoli che vanno dall'FF1 all'FF9 riportati nelle Norme di Attuazione di Piano.

Figura 2.1 - Particolare estratto dal Piano Urbanistico Comunale



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

Villa Parodi, che ospita la scuola media Alighieri, è un edificio del 1600 inserito nel ricco tessuto di ville (Lomellini-Rossi, Pallavicini e Spinola) sorte sulla collina di Sestri Ponente. Costruita su una sorta di terrazza sopraelevata rispetto al giardino, la villa ha una pianta a “C”: la struttura centrale è affiancata da due ali laterali costruite nella seconda metà del Settecento.

Attualmente la struttura ospita la scuola media Alighieri pertanto ai sensi del DPR 412/93, attualmente ricade nella destinazione d'uso E.7.

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

L'edificio ospitante il complesso scolastico oggetto della DE è costituito complessivamente da 3 piani fuori terra, nei quali si sviluppano le varie aule e tutte le attività collegate all'utilizzo scolastico della struttura.

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)

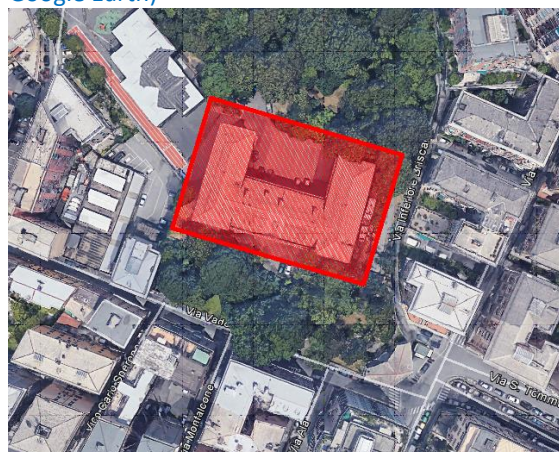


Tabella 2.1 - Suddivisione in piani dell'edificio

| PIANO | UTILIZZO | U.M. | SUPERFICIE LORDA COMPLESSIVA ⁽³⁾ | SUPERFICIE UTILE RISCALDATA ⁽⁴⁾ | SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA |
|---------------|---|-------------------|---|--|------------------------------|
| Terra | Ingresso, Refettorio, Sala Medica, Aule | [m ²] | 1.138,20 | 683,4 | - |
| Primo | Aule, Uffici | [m ²] | 1.138,20 | 820,1 | - |
| Secondo | Aule | [m ²] | 640,64 | 433,1 | - |
| TOTALE | | [m ²] | 2.917,04 | 1.936,6 | |

Nota (3): Superficie lorda comprensiva delle zone interne climatizzate e non climatizzate, valutate a partire dalle planimetrie progettuali, opportunamente verificate in fase di sopralluogo

Nota (4): Superficie utile valutata ai fini della creazione del modello energetico

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

L'edificio oggetto di analisi non risulta essere soggetto a particolari vincoli.

Figura 2.3 - Particolare estratto dalla carta dei vincoli

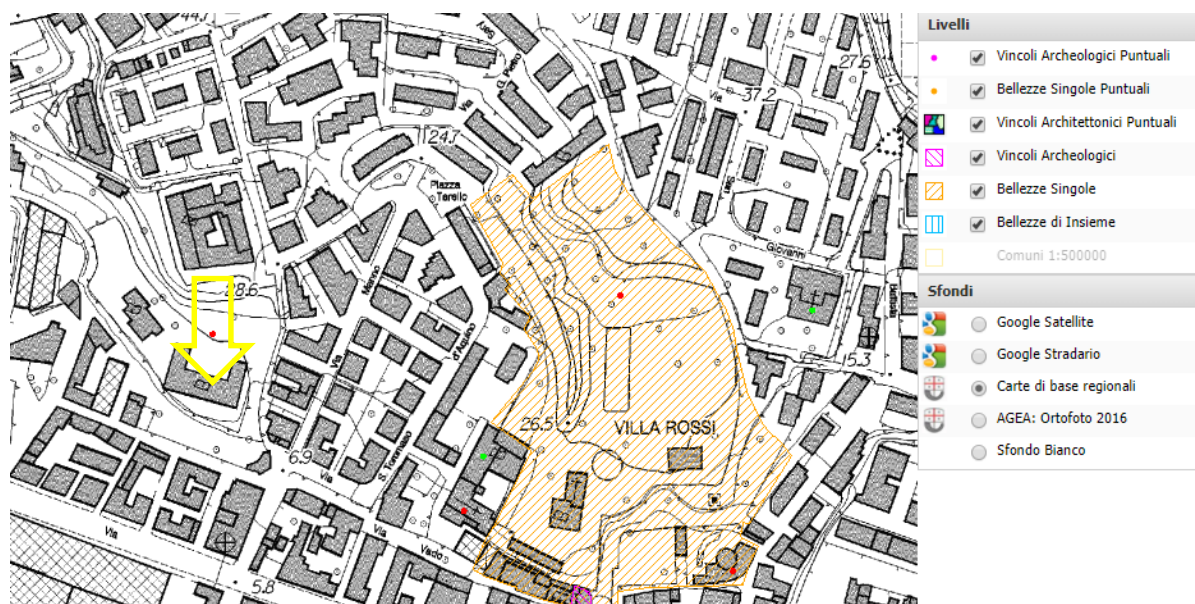


Tabella 2.2 - Misure di efficienza energetica individuate e valutazione delle interferenze con gli attuali vincoli

| MISURA DI EFFICIENZA ENERGETICA | VINCOLO INTERESSATO | VALUTAZIONE INTERFERENZA ⁽⁴⁾ | MISURA DI TUTELA DA ADOTTARE |
|---------------------------------------|---------------------|---|------------------------------|
| EEM 1: Sostituzione serramenti | Nessun Vincolo | | |
| EEM 2: Installazione termovalvole | Nessun Vincolo | | |
| EEM 3: Sostituzione corpi illuminanti | Nessun Vincolo | | |

Nota (5): Legenda livelli di interferenza:

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

2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO

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

Gli orari di effettivo utilizzo dell’edificio sono stati ricavati tramite interviste agli operatori presenti, mentre i periodi di attivazione e spegnimento degli impianti sono stati rilevati, quando possibile, dal display del sistema di gestione degli stessi presente in centrale termica.

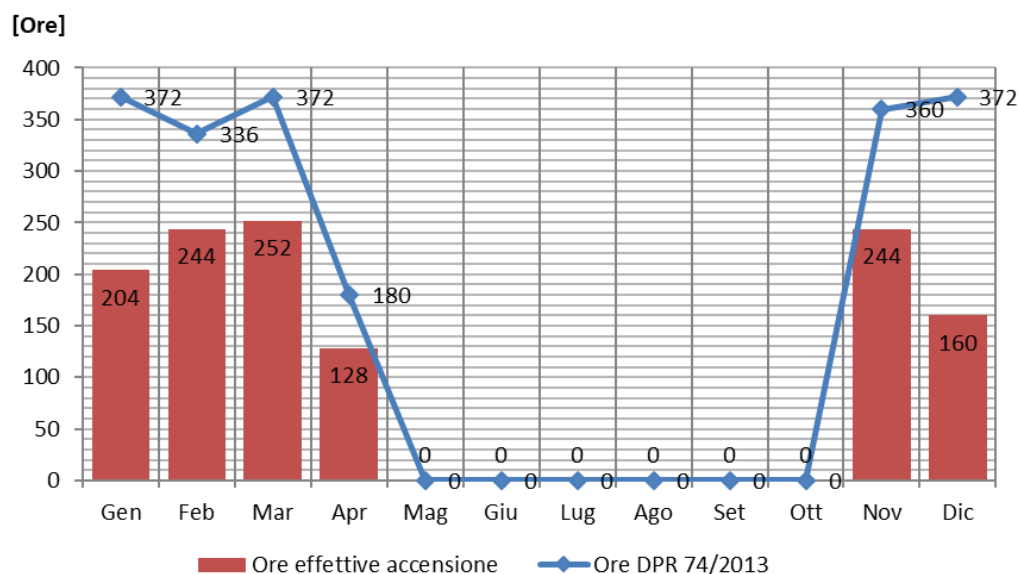
Nella

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

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

| PERIODO | GIORNI SETTIMENALI | ORARIO FUNZIONAMENTO EDIFICIO | ORARIO FUNZIONAMENTO IMPIANTO |
|---|-----------------------|--|-------------------------------|
| Dal 1 Novembre al 15 Aprile | dal lunedì al venerdì | 08:00 – 16:00 | 5:30 – 17.30 |
| | sabato e domenica | Chiuso (a meno di aperture straordinarie) | spento |
| dal 1 Settembre al 30 Ottobre e dal 16 Aprile al 30 Giugno | dal lunedì al venerdì | 08:00 – 16:00 | spento |

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



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

Dal punto di vista manutentivo, attualmente le condizioni di Conduzione e Manutenzione (O&M) degli impianti a servizio dell’edificio scolastico oggetto della DE sono definite dal contratto Servizio Integrato Energia 3 che prevede l’affidamento ad un unico Gestore, del Servizio Energia, ovvero tutte le attività di gestione, conduzione e manutenzione degli impianti termici, compresa l’assunzione del ruolo di Terzo Responsabile, e di tutti gli impianti ad essi connessi. Tale contratto è stato stipulato a partire da Ottobre 2016 ed ha una durata di 6 anni.

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

3 DATI CLIMATICI

3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO

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

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

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

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

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

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

Tabella 2.3, i GG sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 867 GG calcolati su 103 giorni effettivi di utilizzo dell'impianto di riscaldamento.

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

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

Tabella 3.2 – Profili mensili dei GG_{rif}

| Mese | GIORNI MENSILI | TEMPERATURA ESTERNA UNI 10349:2016 [°C] | GIORNI RISCALDAMENTO [g/m] | GG | GIORNI DI UTILIZZO [g/m] | GIORNI RISCALDAMENTO EFFETTIVI [g/m] | GG _{rif} | PROFILO DI INCIDENZA |
|-----------|----------------|---|----------------------------|-----|--------------------------|--------------------------------------|-------------------|----------------------|
| Gennaio | 31 | 10,4 | 31 | 298 | 20 | 17 | 163 | 19% |
| Febbraio | 28 | 10,5 | 28 | 266 | 20 | 20 | 193 | 22% |
| Marzo | 31 | 11,1 | 31 | 276 | 21 | 21 | 187 | 22% |
| Aprile | 30 | 15,3 | 15 | 71 | 20 | 11 | 54 | 6% |
| Maggio | 31 | 18,7 | - | - | 21 | - | - | 0% |
| Giugno | 30 | 22,4 | - | - | 10 | - | - | 0% |
| Luglio | 31 | 24,6 | - | - | - | - | - | 0% |
| Agosto | 31 | 23,6 | - | - | - | - | - | 0% |
| Settembre | 30 | 22,2 | - | - | 20 | - | - | 0% |
| Ottobre | 31 | 18,2 | - | - | 21 | - | - | 0% |
| Novembre | 30 | 13,3 | 30 | 201 | 20 | 20 | 136 | 16% |
| Dicembre | 31 | 10,0 | 31 | 310 | 15 | 13 | 133 | 15% |

| | | | | | | | | |
|--------|-----|------|-----|------|-----|-----|-----|------|
| TOTALE | 365 | 16,7 | 166 | 1421 | 188 | 103 | 867 | 100% |
|--------|-----|------|-----|------|-----|-----|-----|------|

3.2 DATI CLIMATICI REALI

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

I dati climatici utilizzati sono stati rilevati dalla centralina meteo climatica GENOVA – PEGLI (Lat. 44° 25' 56.172"; Long. 8° 49' 28.56").

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

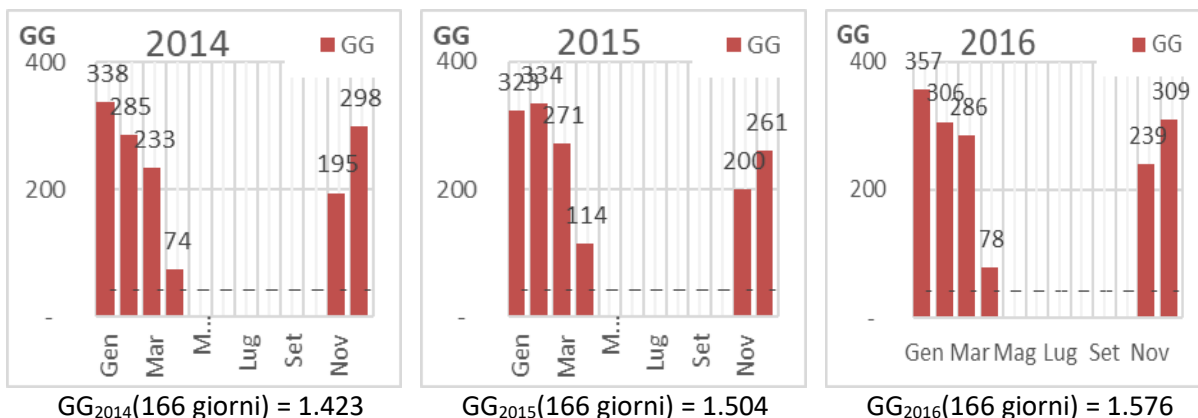
Figura 3.1 – Posizionamento della centralina meteo climatica rispetto all’edificio oggetto di DE



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



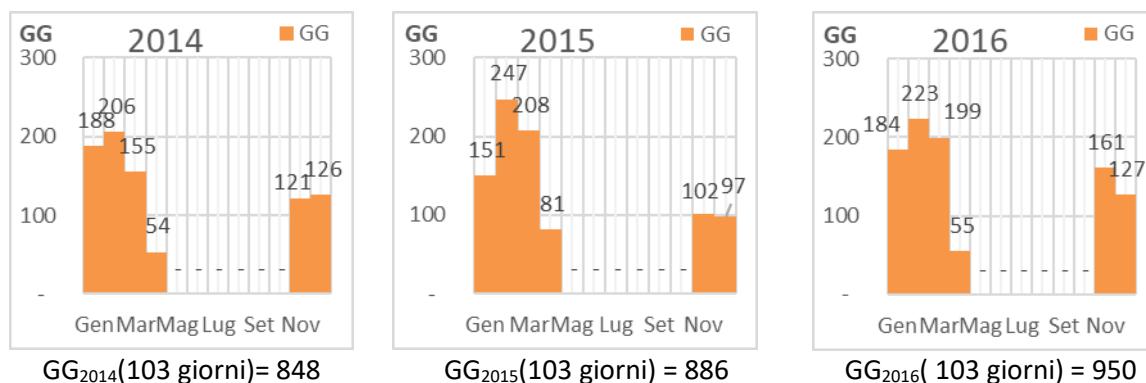
Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella

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

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

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

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



Il numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico utilizzati nella Tabella 3.2 in fanno riferimento alla media dei tre anni oggetto di analisi.

Come si può notare dai grafici sopra riportati, l'andamento dei GG è simile nelle tre annualità analizzate con limitate variazioni, in particolar modo nei primi tre mesi dell'anno; dal confronto tra i dati sopra riportati si può notare come tra i GG 2014 e quelli 2016 ci sia una differenza di circa 100 GG, questo sta ad indicare che l'inverno 2016 è stato maggiormente freddo sia rispetto a quello del 2014 che rispetto all'inverno tipo dove, per gli stessi giorni considerati, si avrebbero **867 GG**.

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 caratterizzato da murature portanti, presumibilmente in pietra e conglomerati debitamente intonacate, essendo l'edificio storico e quindi realizzato con le tecniche dell'epoca. Tale struttura congloba su tutti i lati dell'edificio.

Figura 4.1 - Particolare della porzione di involucro



La storicità delle strutture è chiaramente visibile dall'importante spessore delle pareti portanti, caratterizzate da intonaci deteriorati ed in più punti distaccati ed ancor più nel solaio di copertura, non più adeguato (vaste aree del secondo piano non sono infatti più accessibili a causa di possibili cedimenti, distacchi e cadute di materiale).

Figura 4.2 - Particolare della facciata



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

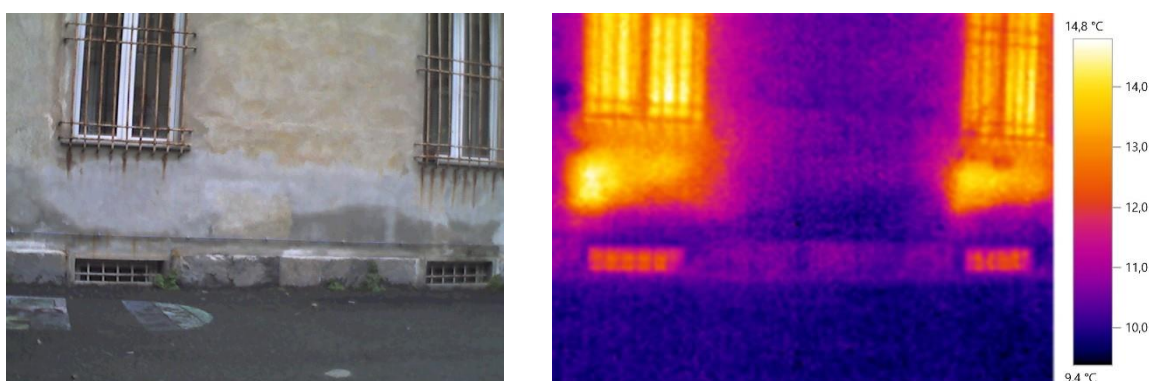
- Rilievo termografico eseguito tramite l'utilizzo di termo camera facendo attenzione che fossero rispettate le seguenti condizioni:
 - ✓ Condizioni atmosferiche stabili;
 - ✓ Cielo nuvoloso prima e durante la misura (per misure all'aperto);
 - ✓ Assenza di luce solare diretta prima e durante la misura;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

- Rilievo visivo e dimensionale dei componenti con l'individuazione degli spessori dei principali componenti.

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- La parete costituita in blocchi di pietra e non isolata mostra un'evidente dispersione di calore verso l'esterno;
- Le porzioni di muratura a ridosso dei serramenti manifestano dispersioni termiche maggiori rispetto alle zone più lontane dovute allo svasamento dei fori sulla parete perimetrale che ne implicano uno spessore ridotto;
- Si evidenziano piccoli distacchi dell'intonaco dovuti a presenza di umidità generata da fenomeni di risalita capillare;

Figura 4.3 – Rilievo termografico della parete a U



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

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 Esterna | M1 | 850 | Assente | 1,728 | Medio |
| Pavimento verso LNR | PAV1 | 321 | Assente | 1,335 | Medio |
| Copertura | C1 | 232 | Assente | 1,572 | Medio |

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

4.1.2 Involucro trasparente

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

Lo stato di conservazione degli stessi è buono, segno che l'intervento di sostituzione dei serramenti è relativamente recente e di conseguenza non manifestano problematiche e non creano disagi per gli utenti presenti all'interno dell'edificio.

Figura 4.4 - Particolare dei serramenti



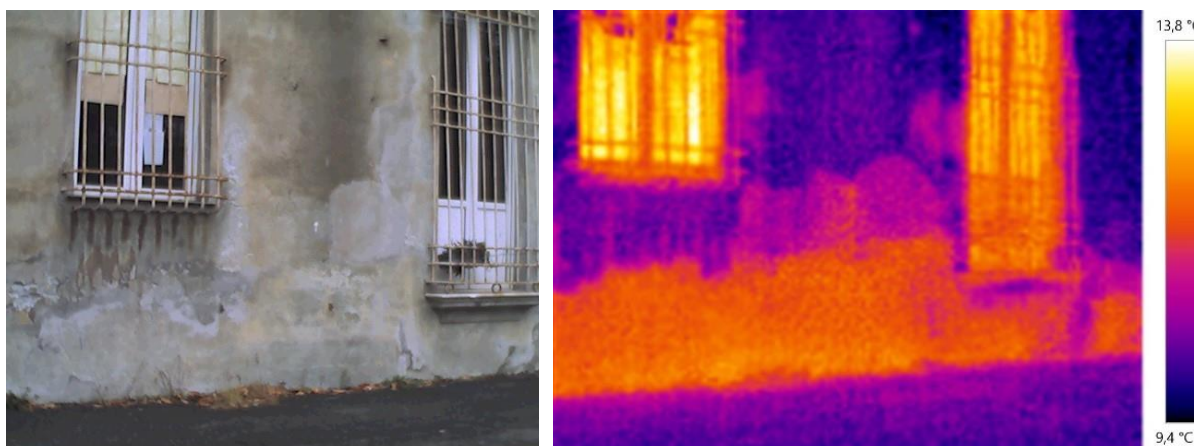
Ai fini di un'identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell'involucro trasparente si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione delle seguenti indagini diagnostiche:

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

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- Seppure siano presenti inevitabili ponti termici, specialmente geometrici e nelle giunzioni tra serramenti e strutture, l'involucro trasparente non rappresenta sicuramente il punto debole dell'edificio dal punto di vista del comportamento termico.

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 | 135x190 | PVC | Vetro doppio | 3,158 | Buono |
| Serramento verticale | W2 | 135x320 | PVC | Vetro doppio | 2,817 | Buono |
| Serramento verticale | W3 | 135x215 | PVC | Vetro doppio | 3,218 | Buono |
| Serramento verticale | W4 | 135x250 | PVC | Vetro doppio | 2,829 | Buono |
| Serramento verticale | W5 | 135x345 | PVC | Vetro doppio | 3,215 | Buono |
| Portafinestra di sicurezza | D2 | 160x350 | PVC | Vetro di sicurezza | 4,248 | Buono |

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

4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/CLIMATIZZAZIONE INVERNALE

L’impianto di riscaldamento degli ambienti è costituito da una caldaia tradizionale a gas metano che alimenta il circuito di distribuzione a servizio dei radiatori.

4.2.1 Sottosistema di emissione

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

- Radiatori in ghisa

I terminali sono installati indistintamente sia su parete interna che esterna.

Figura 4.6 - Particolare radiatori



Il rendimento di emissione desunto dal modello di calcolo delle DE è pari a 90,7 %

Le caratteristiche dei terminali di emissione installati sono sintetizzate nella Tabella 4.3.

Tabella 4.3 - 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] |
|---------------|---------------------------------|-----------|----------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|---|
| Terra | Su parete esterna sottofinestra | 18 | 1,18 | 21,26 | - | - |
| Primo | Su parete esterna sottofinestra | 19 | 1,67 | 31,86 | - | - |
| Secondo | Su parete esterna sottofinestra | 11 | 1,09 | 12 | - | - |
| TOTALE | | 48 | 1,356 | 65,12 | - | - |

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

4.2.2 Sottosistema di regolazione

La regolazione del funzionamento dell'impianto avviene attraverso l'impostazione degli orari di funzionamento e delle temperature di set-point, che al momento del sopralluogo (periodo invernale) era impostata a 20°C. la regolazione adottata per la gestione dell'impianto è del tipo climatica+zona con sonde di temperature esterne, interne e monitoraggio della temperatura dei fluidi di ritorno in centrale termica.

L'architettura dell'impianto di climatizzazione prevede una sola zona termica, unica quindi per tutto il fabbricato; la regolazione agisce quindi sull'unico collettore di mandata, e sull'attivazione di una sola pompa gemellare di mandata dell'impianto.

Figura 4.7 - Particolare della pompa gemellare e termostati fluidi di mandata

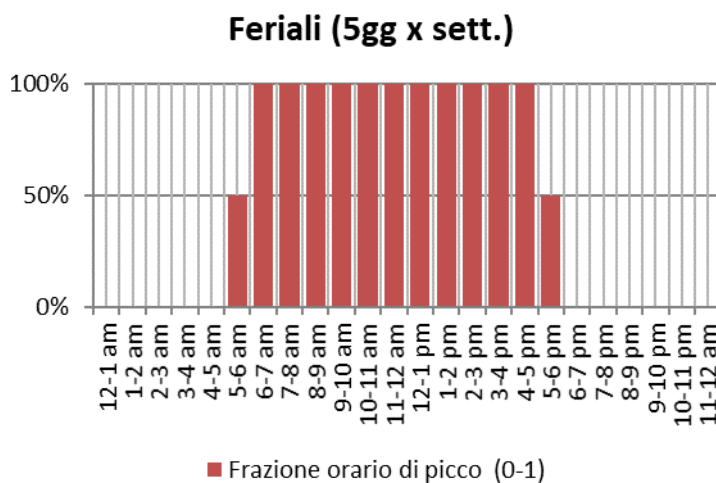


Figura 4.8 - Termostati fluidi di ritorno



Di seguito sono riportati i profili orari di funzionamento dell'impianto:

Figura 4.9 - Profilo di funzionamento invernale dell'impianto



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 4.4:

Tabella 4.4 - Rendimenti del sottosistema di regolazione per le varie zone termiche

| ZONA TERMICA | TIPO DI REGOLAZIONE | RENDIMENTO |
|--------------------|---------------------|------------|
| Zona termica unica | Climatica + zona | 83 % |

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

4.2.3 Sottosistema di distribuzione

Il sottosistema di distribuzione è costituito dai seguenti elementi:

- 1) Circuito primario di collegamento tra la caldaia a gas ed i due collettori mandata e ritorno (fluido termovettore acqua)
- 2) Circuito secondario di mandata ai radiatori

Circuito primario: è presente una pompa di circolazione gemellare a velocità fissa e funzionamento in parallelo adibita alla mandata di acqua calda al collettore di mandata;

- 1) Le caratteristiche dei circolatori a servizio del circuito primario sono riportate nella Tabella 4.5.

Tabella 4.5 - Riepilogo caratteristiche pompe circuito primario

| NOME | SERVIZIO | PORTATA ⁽⁶⁾ [m ³ /h] | PREVALENZA ⁽⁶⁾ [m] | POTENZA ASSORBITA ⁽⁶⁾ [kW] |
|----------------------------|-------------------------------------|---|----------------------------------|--|
| Caldaia a gas tradizionale | P1 mandata acqua calda a collettore | 68 | 10 | 4 |

Nota (6): Valori ricavati da dati di targa

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

Tabella 4.6 – Temperature di mandata e ritorno del circuito primario

| CIRCUITO | | | TEMPERATURA RILEVATA ⁽⁷⁾ | TEMPERATURA CALCOLO |
|----------------------------|---------|--------|-------------------------------------|---------------------|
| | | | °C | °C |
| Caldaia a gas tradizionale | Mandata | Caldo | 56 | 60 |
| | Ritorno | Caldo | 49 | 50 |
| Collettore | Mandata | Caldo | N.D. ⁽⁸⁾ | 50 |
| | Ritorno | Freddo | N.D. | 40 |

Nota (7): Valori rilevati il giorno 1/12/2017 alle ore 12.00, in orario di apertura della scuola, con una temperatura esterna di circa 13°C

Nota (8): Non rilevabile in fase di sopralluogo per l'assenza di misuratori dedicati

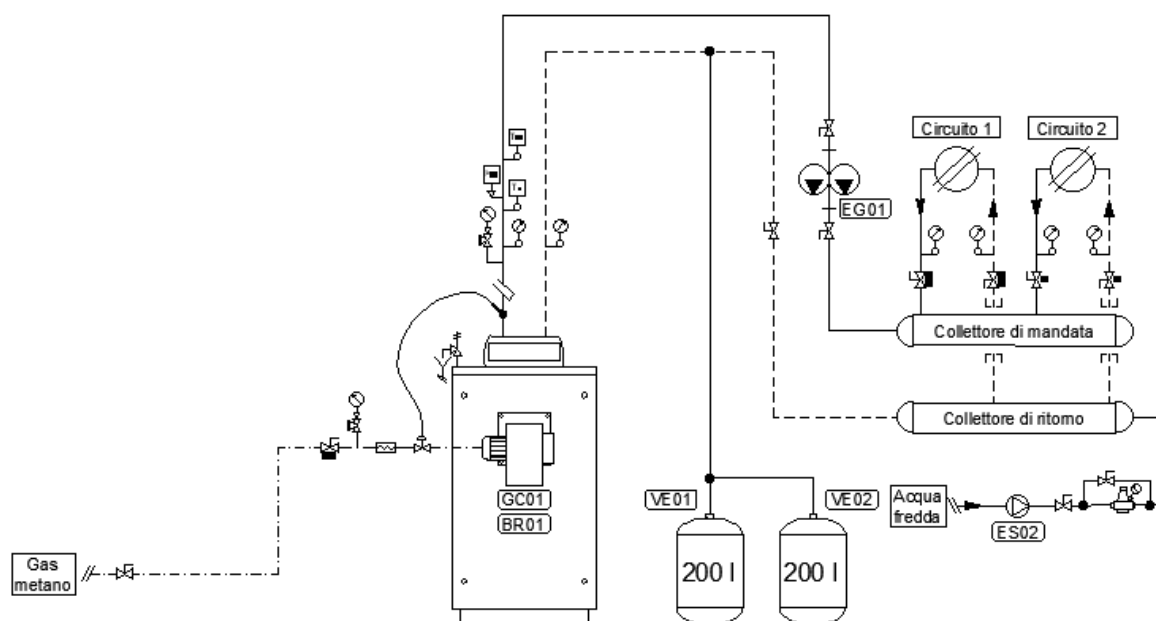
Circuito secondario: seppure non presenti ulteriori sistemi di rilancio del fluido, il circuito secondario che origina dal collettore si suddivide in 2 linee montanti a servizio di porzioni distinte dell'edificio. Le temperature del fluido termovettore all'interno del circuito secondario sono riportate nella Tabella 4.7.

Tabella 4.7 – Temperature di mandata e ritorno del circuito secondario

| CIRCUITO | | | TEMPERATURA RILEVATA ⁽⁹⁾ | TEMPERATURA CALCOLO ⁽⁹⁾ |
|----------|-----------|-------|-------------------------------------|------------------------------------|
| | | | °C | °C |
| Zona 1 | Mandata 1 | Caldo | 45 | 50 |
| | Ritorno 1 | Caldo | 43 | 40 |
| | Mandata 2 | Caldo | 53 | 50 |
| | Ritorno 2 | Caldo | 49 | 40 |

Nota (9): Valori rilevati il giorno 01/12/2017 alle ore 12.00, in orario di apertura della scuola, con una temperatura esterna di circa 13°C. Nel modello è stata considerata una temperatura di mandata maggiore per tenere conto della temperatura esterna che al momento del sopralluogo risultava elevata.

Figura 4.10 - Particolare dello schema di impianto [(Fonte: 063-S01-001-CENTRALE TERMICA.dwg)]



Il rendimento complessivo del sottosistema di distribuzione è stato assunto nella DE pari al 89,4¹ %

¹ UNI TS 11300-2 2014

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.

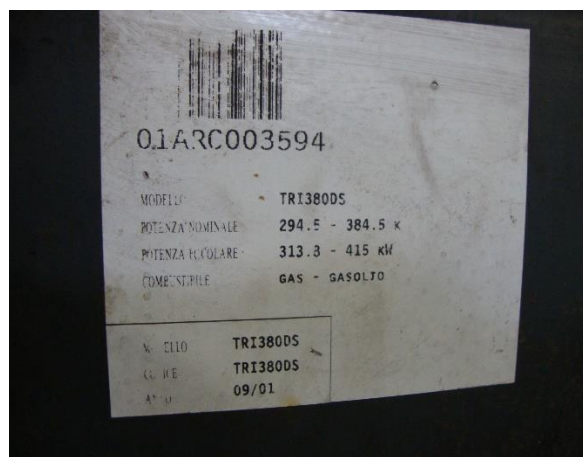
4.2.4 Sottosistema di generazione

Il sottosistema di generazione del fluido vettore caldo è di tipo centralizzato, costituito da caldaia a basamento alimentata a gas metano di produzione ARCA Modello TRI380DS

Figura 4.11 - Particolare di caldaia a gas metano



Figura 4.12 - Targhetta caldaia



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

Tabella 4.8 - Riepilogo caratteristiche tecniche

| | Servizio | MARCA | MODELLO | ANNO DI COSTRUZIONE | POTENZA AL FOCOLARE ⁽¹⁰⁾ | POTENZA TERMICA UTILE ⁽⁷⁾ | RENDIMENTO ⁽¹⁰⁾ | POTENZA ASSORBITA COMPLESSIVA ⁽¹⁰⁾ |
|-------|---------------|-------|-----------|---------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|---|
| | | | | | [kW] | [kW] | | [kW] |
| Gen 1 | Riscaldamento | ARCA | TRI380DS] | 2001 | 407 | 380 | 93,3 % | 1 |

Nota (10): Valori ricavati da dati di targa

Dall'analisi dei fumi il rendimento di combustione è risultato pari al 93,2% mentre il rendimento da scheda tecnica è pari al 93,3%. Nella DE il rendimento della caldaia è stato assunto pari a 91,45%.

Il rendimento complessivo del sottosistema di generazione, in regime di riscaldamento è stato assunto nella DE pari al 86.3² %

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 [e/o 6.2] dell' Allegato J – Schede di audit.

4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA

Non è presente un impianto di produzione ACS.

² UNI TS 11300-2 2014

4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO/CLIMATIZZAZIONE ESTIVA

Non è presente un impianto di raffrescamento/climatizzazione estiva.

4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA

Non è presente un impianto di ventilazione meccanica.

4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE

Le utenze sottese all'impianto elettrico, oltre a quelle precedentemente descritte, sono costituite essenzialmente da utenze locali PC, Monitor, 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 4.9.

Tabella 4.9 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche

| ZONA TERMICA | DESCRIZIONE | NUMERO | POTENZA NOMINALE [W] | POTENZA COMPLESSIVA [W] | ORE ANNUE DI UTILIZZO [ore] |
|--------------------|-------------------------|--------|-------------------------|----------------------------|--------------------------------|
| Zona termica unica | Computer | 20 | 150 | 3.000 | 775 (4,1 h/g per 188 gg) |
| | Monitor | 20 | 75 | 1.500 | 775 (4,1 h/g per 188 gg) |
| | Videoproiettori | 7 | 315 | 2.205 | 968 (5,2 h/g per 188 gg) |
| | LIM | 3 | 100 | 300 | 968 (5,2 h per 188 gg) |
| | Rack Dati | 3 | 500 | 1.500 | 8760 (24 h/g per 365 gg) |
| | Stampante Multifunzione | 2 | 200 | 400 | 484 (2,6 h/g per 208 gg) |
| | Stampante da tavolo | 3 | 22 | 66 | 484 (2,6 h per 208 gg) |
| | Distributori automatici | 2 | 600 | 1.200 | 8760 (24 h/g per 365 gg) |
| | Centrali d'allarme | 3 | 115 | 345 | 8760 (24 h/g per 365 gg) |
| | Radiatore elettrico | 1 | 1.000 | 1.000 | 291 (3 h/g per 103 gg) |

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

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

Figura 4.13 – Indagini diagnostiche



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

4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE

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

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

Figura 4.14 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nelle sale espositive



L'elenco e le caratteristiche dei corpi illuminanti sono riportate nella Tabella 4.10.

Tabella 4.10 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

| ZONATERMICA | DESCRIZIONE | NUMERO | POTENZA UNITARIA [W] | POTENZA COMPLESSIVA [W] |
|--------------------|-------------------|--------|-------------------------|----------------------------|
| Zona termica unica | Fluorescente 1x58 | 95 | 58 | 5.510 |
| | Fluorescente 2x58 | 30 | 116 | 3.480 |
| | Fluorescente 1x18 | 22 | 18 | 396 |
| | Fluorescente 1x40 | 10 | 40 | 400 |

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

Figura 4.15 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nelle aule al piano terra

Figura 4.16 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nella sala professori



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

Non è presente un impianto di produzione di energia elettrica o cogenerazione.

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 biennio 2015 e 2016; il 2014 non è stato preso in considerazione poiché il vettore energetico utilizzato era differente (gasolio) e diverso era il sistema di generazione termica a servizio dell'edificio.

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

Nota (11) Fonte: Prospetto B.19 UNI TS 11300-2:2014

La fornitura di Gas metano avviene tramite la presenza di un contatore a servizio appunto della caldaia a gas destinata alla climatizzazione invernale del fabbricato.

L'effettiva ubicazione dei contatori è rappresentata nelle planimetrie riportate all' Allegato B – Elaborati è esterna al fabbricato lateralmente all'accesso del locale tecnico al piano strada.

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

Per il calcolo del consumo di baseline tuttavia, verrà considerato solo il consumo relativo al 2016.

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] |
| 16220050598317 | Riscaldamento | non disponibile/altro combustibile | 8.986 | 23.126 | - | 84.648 | 217.851 |

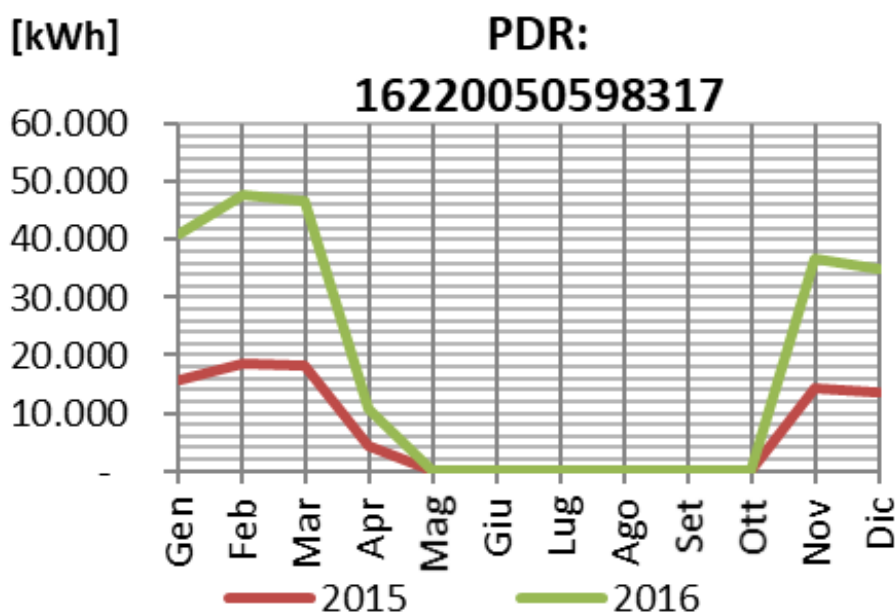
Non è stato possibile effettuare un'analisi dei consumi termici fatturati in quanto, il contratto di Servizio Integrato Energia 3 (SIE3) stipulato dalla PA con un soggetto terzo, comprende sia la fornitura del vettore energetico che la conduzione e manutenzione degli impianti.

Non è stato quindi possibile effettuare un'analisi dei consumi di fatturazione del vettore energetico in quanto tali fatture non sono a disposizione della PA.

Non è invece stato possibile riportare l'analisi dei consumi termici fatturati poiché non disponibili le fatture del distributore, in quanto di tali fatture non sono a disposizione della PA.

Tuttavia, l'andamento dei consumi stagionali di gas metano è stato ricavato dal modello energetico dell'edificio, applicando la percentuale mensile di incidenza dei consumi ai totali annui forniti dalla PA; i risultati sono riportati nella Figura 5.1.

Figura 5.1 - Ipotesi di andamento mensile dei consumi termici forniti dalla società di distribuzione



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

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

Dove:

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

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

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

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

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

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

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

\bar{Q}_{ALTRO} = Consumo termico reale per eventuali altri utilizzi dell’edificio, kWh/anno, valutato come la media dei consumi per altri usi, nel triennio di riferimento. [Tale contributo non è stato valutato in quanto i suddetti utilizzi sono serviti da un contatore dedicato, pertanto con concorrono nel calcolo della baseline dei consumi energetici]

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

Tabella 5.3 – Normalizzazione dei consumi annuali di energia termica

| ANNO | GG _{REALI} SU 103 GIORNI | GG _{RIF} SU 103 GIORNI | CONSUMO REALE RISC. [Smc] | CONSUMO REALE RISC. [kWh] | α_{rif} | CONSUMO NORMALIZZATO A 867 GG [kWh] | CONSUMO ACS [kWh] | CONSUMO ALTRO [kWh] |
|--------------|---|---------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|----------------|--|-------------------------|---------------------------|
| 2016 | 950 | 867 | 23.126 | 217.851 | 229,32 | 198.814 | - | - |
| Media | 895 | 867 | 23.126 | 217.851 | 229,32 | 198.814 | - | - |

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} | - |
| \bar{Q}_{ALTRO} | - |
| $\bar{a}_{rif} \times GG_{rif}$ | 198.814 |
| $Q_{baseline}$ | 198.814 |

5.1.2 Energia elettrica

La fornitura di energia elettrica avviene tramite la presenza di 2 contatori.

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] |
| IT001E00096305 | Scuola media “DANTE ALIGHIERI” | 39.578 | 34.373 | 23.929 | 29.151 |
| IT001E00122345 | Scuola media “DANTE ALIGHIERI” | 12.020 | 10.537 | 13.314 | 11.925,5 |
| TOTALE | | 51.598 | 44.910 | 37.243 | 41.076,5 |

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-E0865rev.09), dal confronto sono emerse le seguenti differenze:

Per il POD IT001E00096305

- i dati delle fatture 2014 sono superiori a quelli del file kyotoBaseline-E0865 del 4,63%
- i dati delle fatture 2015 sono inferiori a quelli del file kyotoBaseline-E0865 del 1,25%
- i dati delle fatture 2016 sono inferiori a quelli del file kyotoBaseline-E0865 del 9,90%

Per il POD IT001E00122345

- i dati delle fatture 2014 sono superiori a quelli del file kyotoBaseline-E0865 del 4,18%
- i dati delle fatture 2015 sono inferiori a quelli del file kyotoBaseline-E0865 del 19,96%
- i dati delle fatture 2016 sono inferiori a quelli del file kyotoBaseline-E0865 del 11,870%

Si è pertanto definito un consumo EE baseline pari a 37.243 kWh.

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

| POD: IT001E00096305 | F1 | F2 | F3 | TOTALE |
|---------------------|---------------|--------------|---------------|---------------|
| Anno 2014 | [kWh] | [kWh] | [kWh] | [kWh] |
| Gen - 14 | 1.787 | 1.145 | 1.833 | 4.765 |
| Feb - 14 | 1.702 | 1.050 | 1.415 | 4.167 |
| Mar - 14 | 1.449 | 893 | 1.196 | 3.538 |
| Apr - 14 | 1.233 | 709 | 1.152 | 3.094 |
| Mag - 14 | 1.046 | 705 | 940 | 2.691 |
| Giu - 14 | 855 | 585 | 893 | 2.333 |
| Lug - 14 | 629 | 602 | 820 | 2.051 |
| Ago - 14 | 836 | 670 | 1.187 | 2.693 |
| Set - 14 | 836 | 670 | 1.187 | 2.693 |
| Ott - 14 | 1.250 | 769 | 959 | 2.978 |
| Nov - 14 | 1.745 | 939 | 1.524 | 4.208 |
| Dic - 14 | 1.592 | 1.044 | 1.731 | 4.367 |
| Totale | 14.960 | 9.781 | 14.837 | 39.578 |
| POD: IT001E00096305 | F1 | F2 | F3 | TOTALE |
| Anno 2015 | [kWh] | [kWh] | [kWh] | [kWh] |
| Gen - 15 | 1.716 | 1.187 | 1.841 | 4.744 |



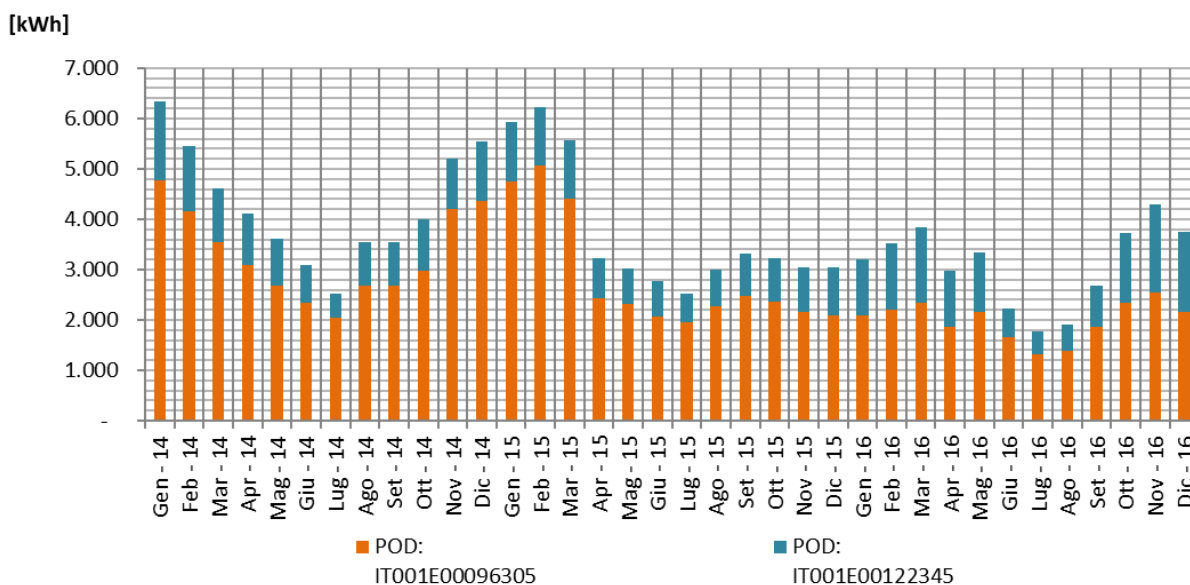
E0865 – Scuola Media “Dante Alighieri”

| | | | | |
|----------------------------|---------------|--------------|---------------|---------------|
| Feb - 15 | 1.957 | 1.285 | 1.830 | 5.072 |
| Mar - 15 | 1.705 | 1.060 | 1.653 | 4.418 |
| Apr - 15 | 866 | 611 | 963 | 2.440 |
| Mag - 15 | 893 | 523 | 892 | 2.308 |
| Giu - 15 | 781 | 488 | 808 | 2.077 |
| Lug - 15 | 579 | 545 | 831 | 1.955 |
| Ago - 15 | 809 | 568 | 889 | 2.266 |
| Set - 15 | 850 | 628 | 1.008 | 2.486 |
| Ott - 15 | 835 | 593 | 945 | 2.373 |
| Nov - 15 | 796 | 546 | 811 | 2.153 |
| Dic - 15 | 838 | 515 | 728 | 2.081 |
| Totale | 12.625 | 8.549 | 13.199 | 34.373 |
| POD: IT001E00096305 | F1 | F2 | F3 | TOTALE |
| Anno 2016 | [kWh] | [kWh] | [kWh] | [kWh] |
| Gen - 16 | 900 | 492 | 709 | 2.101 |
| Feb - 16 | 1.007 | 490 | 707 | 2.204 |
| Mar - 16 | 1.152 | 503 | 697 | 2.352 |
| Apr - 16 | 926 | 399 | 531 | 1.856 |
| Mag - 16 | 1.092 | 432 | 626 | 2.150 |
| Giu - 16 | 691 | 385 | 575 | 1.651 |
| Lug - 16 | 415 | 337 | 577 | 1.329 |
| Ago - 16 | 481 | 312 | 593 | 1.386 |
| Set - 16 | 855 | 398 | 610 | 1.863 |
| Ott - 16 | 1.230 | 460 | 643 | 2.333 |
| Nov - 16 | 1.484 | 441 | 623 | 2.548 |
| Dic - 16 | 1.014 | 419 | 723 | 2.156 |
| Totale | 11.247 | 5.068 | 7.614 | 23.929 |
| POD: IT001E00122345 | F1 | F2 | F3 | TOTALE |
| Anno 2014 | [kWh] | [kWh] | [kWh] | [kWh] |
| Gen - 14 | 760 | 291 | 528 | 1.579 |
| Feb - 14 | 686 | 244 | 358 | 1.288 |
| Mar - 14 | 475 | 220 | 373 | 1.068 |
| Apr - 14 | 473 | 177 | 377 | 1.027 |
| Mag - 14 | 387 | 175 | 361 | 923 |
| Giu - 14 | 259 | 157 | 353 | 769 |
| Lug - 14 | 58 | 107 | 297 | 462 |
| Ago - 14 | 263 | 211 | 374 | 848 |
| Set - 14 | 263 | 211 | 374 | 848 |
| Ott - 14 | 506 | 198 | 312 | 1.016 |
| Nov - 14 | 517 | 176 | 313 | 1.006 |
| Dic - 14 | 633 | 208 | 345 | 1.186 |
| Totale | 5.280 | 2.375 | 4.365 | 12.020 |
| POD: IT001E00122345 | F1 | F2 | F3 | TOTALE |
| Anno 2015 | [kWh] | [kWh] | [kWh] | [kWh] |
| Gen - 15 | 633 | 208 | 345 | 1.186 |

E0865 – Scuola Media “Dante Alighieri”

| | | | | |
|----------------------------|--------------|--------------|--------------|---------------|
| Feb - 15 | 638 | 210 | 306 | 1.154 |
| Mar - 15 | 585 | 210 | 353 | 1.148 |
| Apr - 15 | 314 | 161 | 302 | 777 |
| Mag - 15 | 316 | 125 | 269 | 710 |
| Giu - 15 | 308 | 129 | 269 | 706 |
| Lug - 15 | 90 | 139 | 332 | 561 |
| Ago - 15 | 270 | 148 | 322 | 740 |
| Set - 15 | 275 | 171 | 388 | 834 |
| Ott - 15 | 301 | 170 | 383 | 854 |
| Nov - 15 | 346 | 177 | 375 | 898 |
| Dic - 15 | 415 | 182 | 372 | 969 |
| Totale | 4.491 | 2.030 | 4.016 | 10.537 |
| POD: IT001E00122345 | F1 | F2 | F3 | TOTALE |
| Anno 2016 | [kWh] | [kWh] | [kWh] | [kWh] |
| Gen - 16 | 505 | 194 | 395 | 1.094 |
| Feb - 16 | 638 | 224 | 448 | 1.310 |
| Mar - 16 | 771 | 248 | 466 | 1.485 |
| Apr - 16 | 557 | 184 | 376 | 1.117 |
| Mag - 16 | 641 | 177 | 384 | 1.202 |
| Giu - 16 | 301 | 95 | 178 | 574 |
| Lug - 16 | 81 | 104 | 263 | 448 |
| Ago - 16 | 89 | 115 | 318 | 522 |
| Set - 16 | 374 | 149 | 302 | 825 |
| Ott - 16 | 739 | 243 | 419 | 1.401 |
| Nov - 16 | 910 | 306 | 524 | 1.740 |
| Dic - 16 | 711 | 311 | 574 | 1.596 |
| Totale | 6.317 | 2.350 | 4.647 | 13.314 |

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



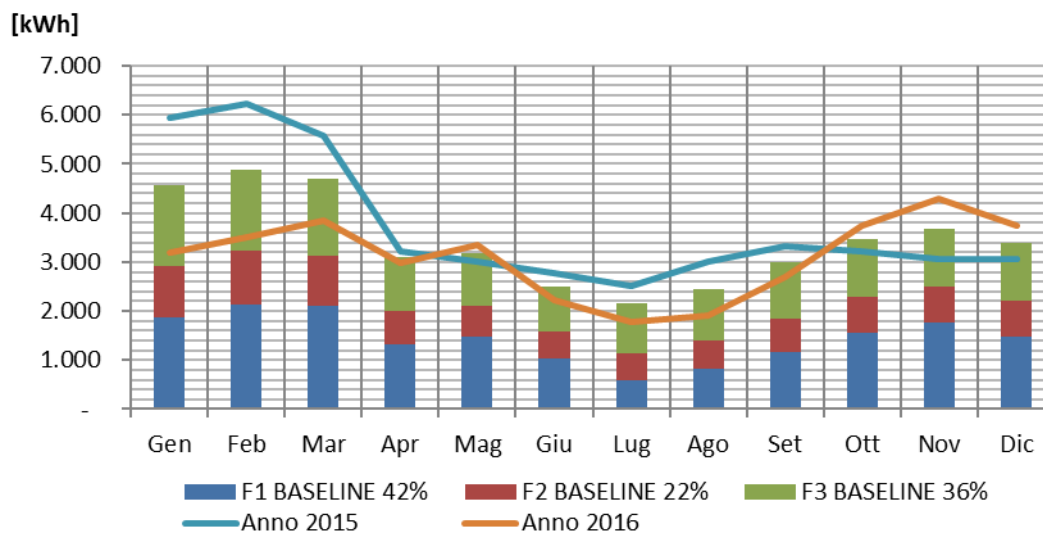
Dall’analisi effettuata è stato possibile definire i profili mensili dei consumi elettrici di Baseline. Sono stati presi in considerazione i consumi del 2016. Tali valori sono riportati nella Tabella 5.7.

Tabella 5.7 – Consumi mensili di Baseline

| BASELINE | F1 | F2 | F3 | TOTALE |
|---------------|---------------|--------------|---------------|---------------|
| | [kWh] | [kWh] | [kWh] | [kWh] |
| Gennaio | 1.405 | 686 | 1.104 | 3.195 |
| Febbraio | 1.645 | 714 | 1.155 | 3.514 |
| Marzo | 1.923 | 751 | 1.163 | 3.837 |
| Aprile | 1.483 | 583 | 907 | 2.973 |
| Maggio | 1.733 | 609 | 1.010 | 3.352 |
| Giugno | 992 | 480 | 753 | 2.225 |
| Luglio | 496 | 441 | 840 | 1.777 |
| Agosto | 570 | 427 | 911 | 1.908 |
| Settembre | 1.229 | 547 | 912 | 2.688 |
| Ottobre | 1.969 | 703 | 1.062 | 3.734 |
| Novembre | 2.394 | 747 | 1.147 | 4.288 |
| Dicembre | 1.725 | 730 | 1.297 | 3.752 |
| Totale | 17.564 | 7.418 | 12.261 | 37.243 |

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

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



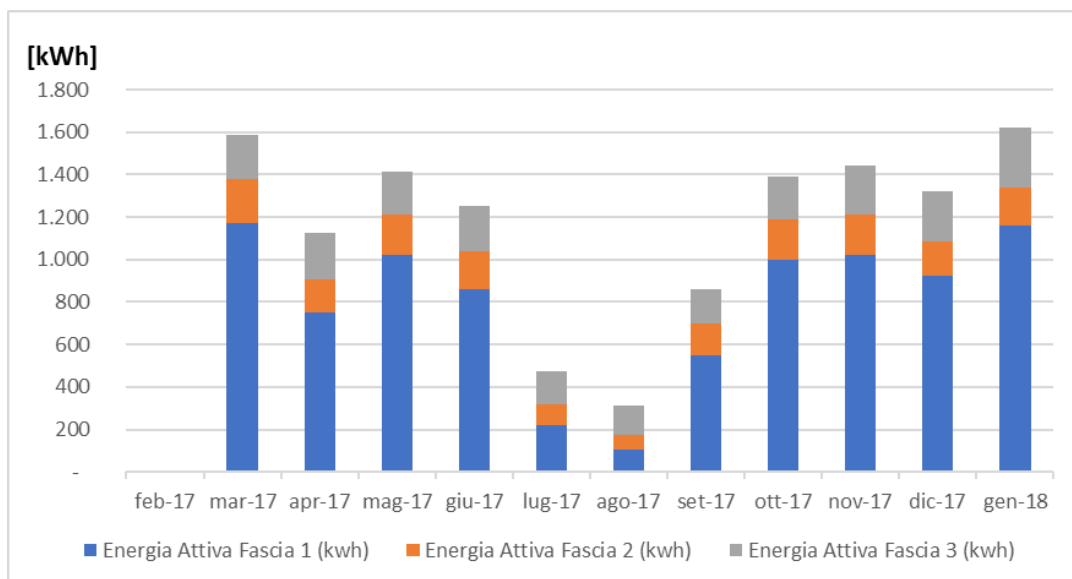
I profili di prelievo mensili nel triennio di riferimento presentano andamenti simili, con forti scostamenti tra le annualità analizzate in particolare nei primi e negli ultimi mesi dell’anno.

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

E’ presente una base costante di circa 1.730 kWh costituita dal contributo dei consumi dei distributori automatici, della centrale di allarme dal rack dati.

Di seguito è riportato l'andamento mensile dei consumi relativi al 2017 ottenuto dalle letture reali registrate dalla società di distribuzione.

Figura 5.4 Profili mensili elettrici reali 2017



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.

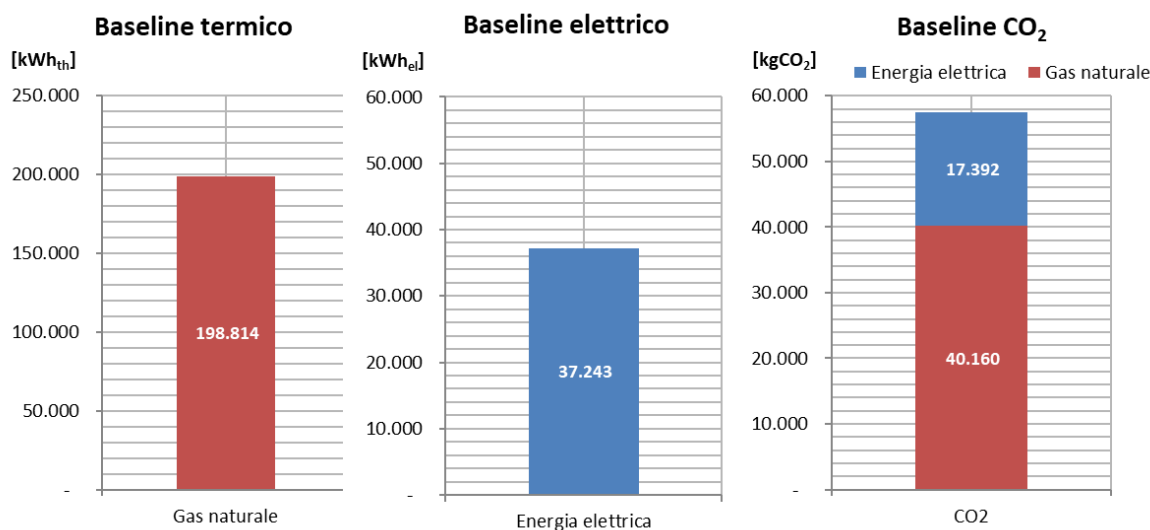
| COMBUSTIBILE | FATTORE DI CONVERSIONE |
|-------------------|------------------------|
| | kgCO ₂ /kWh |
| Energia elettrica | * 0,467 |
| Gas naturale | * 0,202 |
| GPL | * 0,227 |
| Olio combustibile | * 0,267 |
| Gasolio | * 0,267 |
| Benzina | * 0,249 |

* 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 5.5

Tabella 5.9 – Baseline delle emissioni di CO₂.

| COMBUSTIBILE | CONSUMO DI BASELINE | FATTORE DI CONVERSIONE | |
|-------------------|---------------------|-------------------------|---------------------|
| | [kWh] | [tCO ₂ /MWh] | [tCO ₂] |
| Energia elettrica | 37.243 | * 0,467 | 17,39 |
| Gas naturale | 198.814 | * 0,202 | 20,82 |

Figura 5.5 – Rappresentazione grafica della Baseline dei consumi e delle emissioni di CO₂.

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

Tabella 5.10 - 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 5, in funzione dei fattori riportati nella Tabella 5.11.

Tabella 5.11 – Fattori di riparametrizzazione

| PARAMETRO | | VALORE | U.M. |
|-----------|---|----------|----------------|
| FATTORE 1 | Superficie netta riscaldata | 1.936,5 | m ² |
| FATTORE 1 | Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate) | 2.943,4 | m ² |
| FATTORE 1 | Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate) | 13.700,6 | m ³ |

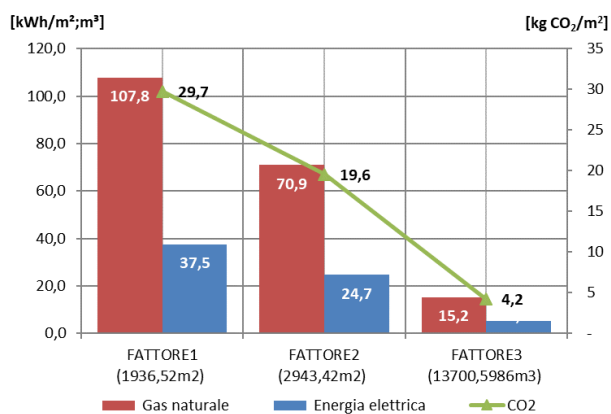
Nella Tabella 5.12 e Tabella 5.13 sono riportati gli indicatori di performance valutati coerentemente con quanto riportato nella sezione 2.5 dell’Allegato J – Schede di audit.

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

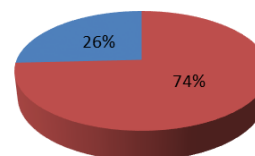
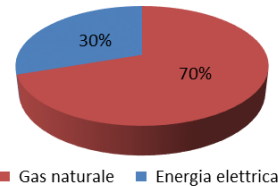
| VETTORE ENERGETICO | CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE | FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA TOTALE | CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA TOTALE | INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA TOTALE | | | INDICATORI AMBIENTALI | | |
|--------------------|--------------------------------|--|------------------------------------|---|-----------------------|-----------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| | | | | 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 | 198.814 | 1,05 | 208.755 | 107,8 | 70,9 | 15,2 | 20,74 | 13,64 | 2,93 |
| Energia elettrica | 37.243 | 2,42 | 90.128 | 46,5 | 30,6 | 6,6 | 8,98 | 5,91 | 1,27 |
| TOTALE | | | 298.883 | 154 | 102 | 22 | 30 | 20 | 4 |

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 | 208.755 | 107,8 | 70,9 | 15,2 | 20,74 | 13,64 | 2,93 | 208.755 | 107,8 |
| Energia elettrica | 72.624 | 37,5 | 24,7 | 5,3 | 8,98 | 5,91 | 1,27 | 72.624 | 37,5 |
| TOTALE | | | 281.379 | 145 | 96 | 21 | 30 | 20 | 4 |

Figura 5.6 – Indicatori di performance e relative emissioni di CO₂ valutati in funzione della superficie utile riscaldataFigura 5.7 – 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 | 6,36 | 3,30 | 8,11 | - | - | - |
| Energia elettrica | - | - | - | 14,15 | 12,32 | 10,21 |

E' stato quindi possibile effettuare un raffronto con le classi di merito riportate nelle suddette Linee Guida ENEA - FIRE, da cui è risultato che la scuola oggetto di analisi presenta, nel triennio considerato, dei livelli buoni rispetto ai benchmark di consumo termico e dei livelli insufficienti rispetto ai benchmark di consumo elettrico.

Il confronto tra i benchmark della scuola oggetto di studio e quelli identificati dall'ENEA sono meglio esplicitati nell'Allegato M – Report di Benchmark

6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO

6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO

Al fine di valutare la prestazione energetica del sistema edificio-impianti è stato necessario predisporre un modello energetico (termico ed elettrico) redatto ai sensi della normativa regionale e nazionale vigente per il calcolo della prestazione energetica degli edifici.

Relativamente all’involucro edilizio esso è stato determinato considerando le composizioni e gli spessori di ciascun elemento opaco e trasparente, i ponti termici e in generale tutti gli elementi che concorrono alla determinazione delle dispersioni e dunque del fabbisogno in accordo alle Norme UNI-TS 11300-1:2014 per il calcolo della prestazione energetica degli edifici.

Gli impianti termici ed elettrici sono stati simulati considerando le caratteristiche dei vari sottosistemi impiantistici presenti, secondo quanto previsto dalle norme UNI-TS 11300-2:2014, UNI-TS 11300-3:2010, UNI-TS 11300-4:2016, UNI-TS 11300-5:2016 e UNI-TS 11300-6:2016.

La creazione di un modello energetico dell’edificio oggetto della DE ha fornito come output un profilo di fabbisogno energetico valutato in condizioni standard di utilizzo dell’edificio come definite dal prospetto 2 della norma UNITS 11300 parte 1, considerando le temperature esterne come definite dalla norma UNI 10349:2016 e con una durata del periodo di riscaldamento come da DPR 74/2013

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

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

| INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA | | U.M. | ENERGIA PRIMARIA TOTALE | ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE |
|-------------------------------------|-----------------------|-------------|-------------------------|----------------------------------|
| Globale non rinnovabile | EP _{gl,nren} | kWh/mq anno | 264,15 | 258,68 |
| Climatizzazione invernale | EP _H | kWh/mq anno | 241,12 | 240,13 |
| Produzione di acqua calda sanitaria | EP _w | kWh/mq anno | | |
| Ventilazione | EP _v | kWh/mq anno | | |
| Raffrescamento | EP _c | kWh/mq anno | | |
| Illuminazione artificiale | EP _L | kWh/mq anno | 23,03 | 18,55 |
| Trasporto di persone e cose | EP _T | kWh/mq anno | | |
| Emissioni equivalenti di CO2 | CO _{2eq} | Kg/mq anno | 51 | 51 |

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

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

| FONTE ENERGETICA UTILIZZATA | CONSUMO | CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE |
|-------------------------------------|---------|--|
| | | [kWh/anno] |
| Gas Naturale [m ³ /anno] | 46.208 | 457.921,28 |
| Energia Elettrica | | 96.257,85 |

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

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

Dove:

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

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

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

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

| FABBISOGNO | Corrispondenza UNI TS 11300 [kWhel] |
|--|--|
| Energia ausiliaria complessiva assorbita dal sottosistema di generazione per la produzione di ACS | $E_{W, aux, gn}$ |
| Energia ausiliaria complessiva assorbita dal sottosistema di generazione per il riscaldamento | $E_{H, aux, gn}$ |
| Fabbisogno di energia elettrica dell’impianto di ventilazione meccanica e dei terminali di emissione | $E_{ve,el} + E_{aux,e}$ |
| Fabbisogno di energia elettrica per gli ausiliari di distribuzione (Riscaldamento e ACS) | $E_{W, aux, d} + E_{W, aux, d}$ |
| Fabbisogno di energia elettrica per l’illuminazione interna dell’edificio | $E_{L,int}$ |
| Fabbisogno di energia elettrica per gli ausiliari degli impianti di climatizzazione | $Q_{c,aux}$ |
| Fabbisogno di energia elettrica per i sistemi di trasporto (+ eventuali altri carichi interni) | $E_T + E_{altro}^{(12)}$ |
| Perdite al trasformatore | $E_{trasf}^{(12)}$ |
| Energia elettrica esportata dall’impianto a fonti rinnovabili | $E_{exp,el}$ |

Nota (12) Tale contributo non è definito all’interno delle norme UNITS 11300 pertanto è stato valutato dall’Auditor

6.1.1 Validazione del modello termico

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

Si è quindi provveduto alla simulazione dei parametri reali di utilizzo dell’edificio considerando gli effettivi giorni di utilizzo del fabbricato e cercando di modellare quanto più fedelmente i profili di funzionamento delle utenze elettriche e le modalità di accensione e set point dei sistemi di climatizzazione.

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

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

| INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA | | U.M. | ENERGIA PRIMARIA TOTALE | ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE |
|-------------------------------------|----------------|-------------|-------------------------|----------------------------------|
| Globale non rinnovabile | $EP_{gl,nren}$ | kWh/mq anno | 124,36 | 122,05 |
| Climatizzazione invernale | EP_H | kWh/mq anno | 114,87 | 114,40 |
| Produzione di acqua calda sanitaria | EP_w | kWh/mq anno | - | - |
| Ventilazione | EP_v | kWh/mq anno | - | - |

| | | | | |
|--|-------------------|-------------|------|------|
| Raffrescamento | EP _c | kWh/mq anno | - | - |
| Illuminazione artificiale | EP _L | kWh/mq anno | 9,48 | 7,64 |
| Trasporto di persone e cose | EP _T | kWh/mq anno | - | - |
| Emissioni equivalenti di CO ₂ | CO _{2eq} | Kg/mq anno | 24 | 24 |

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)

| FORTE ENERGETICA UTILIZZATA | CONSUMO [mc/anno] | CONSUMO [kWh/anno] |
|-----------------------------|----------------------|-----------------------|
| Gas Naturale | 22.022 | 207.447,24 |
| Energia Elettrica | - | 36.354 |

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

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

| Q _{teorico} [kWh/anno] | Q _{baseline} [kWh/anno] | Congruità [%] |
|------------------------------------|-------------------------------------|------------------|
| 207.447 | 198.814 | 4% |

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

6.1.2 Validazione del modello elettrico

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

Il dettaglio dei calcoli che hanno portato alla definizione del consumo di Baseline del consumo elettrico è riportato nell’Allegato B – Elaborati

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

| EE _{teorico} [kWh/anno] | EE _{baseline} [kWh/anno] | Congruità [%] |
|-------------------------------------|--------------------------------------|------------------|
| 36.353 | 37.243 | 2% |

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

Il dettaglio dei calcoli elettrici è presente nell’Allegato B – Elaborati.

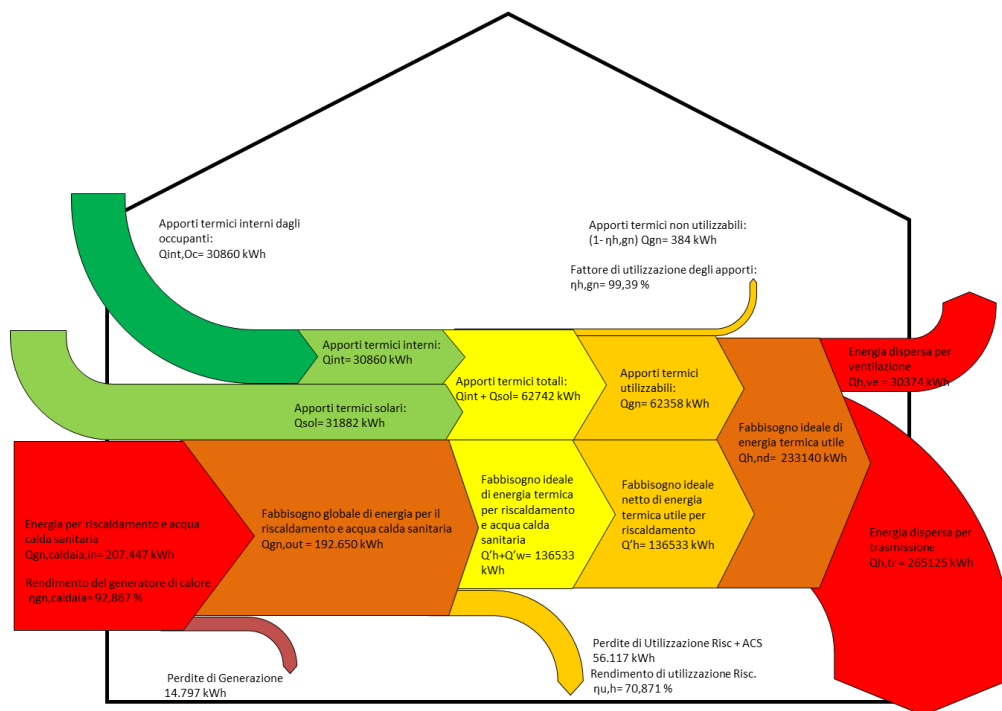
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

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

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

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

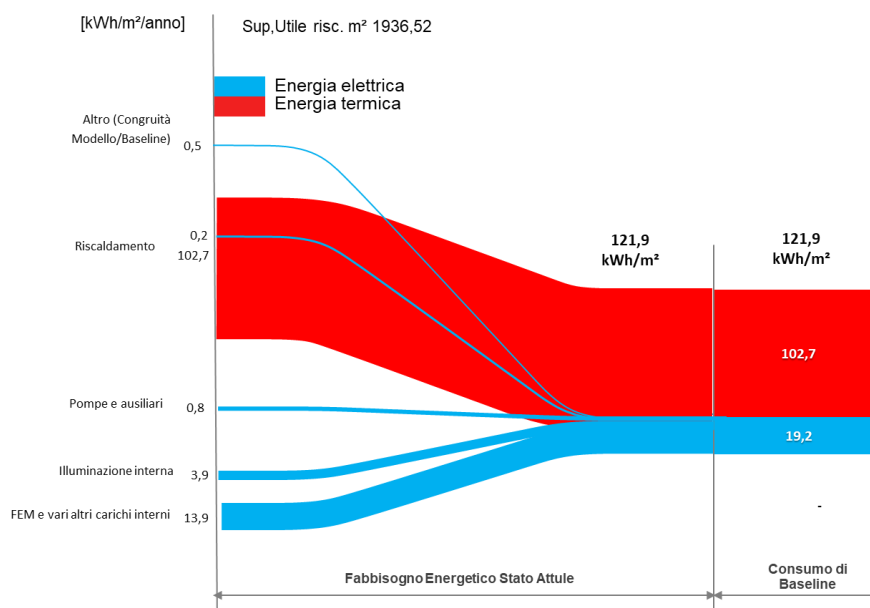
Figura 6.1 – Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell’edificio allo stato attuale



Dall’analisi del diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell’edificio è possibile notare che il fabbisogno termico dell’edificio è imputabile al solo funzionamento del generatore di calore a servizio dell’impianto di riscaldamento. **Non sono stati considerati gli apporti interni delle apparecchiature presenti in quanto trascurabili ai fini del calcolo degli apporti interni totali.**

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

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



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

Il contributo definito come “Altro – Congruit ”   valutato in due modi differenti a seconda che i consumi teorici ricavati dalla modellazione siano sovrastimati o meno rispetto alla Baseline. Nel caso in cui i consumi teorici ricavati dalla modellazione siano sovrastimati rispetto alla Baseline, i consumi specifici riportati nel diagramma vengono rappresentati come dei consumi normalizzati al baseline.

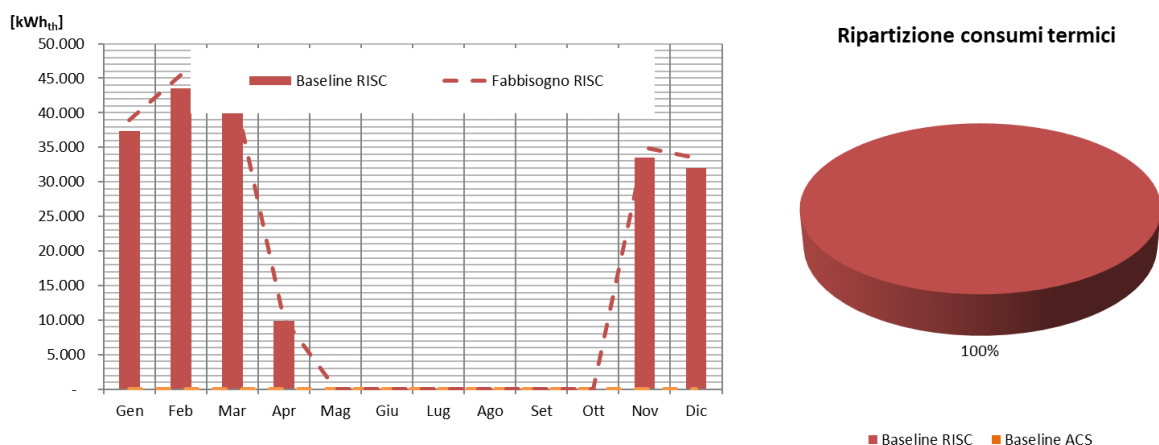
Nel caso in cui, invece i consumi teorici siano inferiori rispetto alla Baseline il termine “Altro – Congruit ” rappresenta la differenza per eccesso tra i consumi specifici di Baseline ed i consumi teorici.

6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI

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

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

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



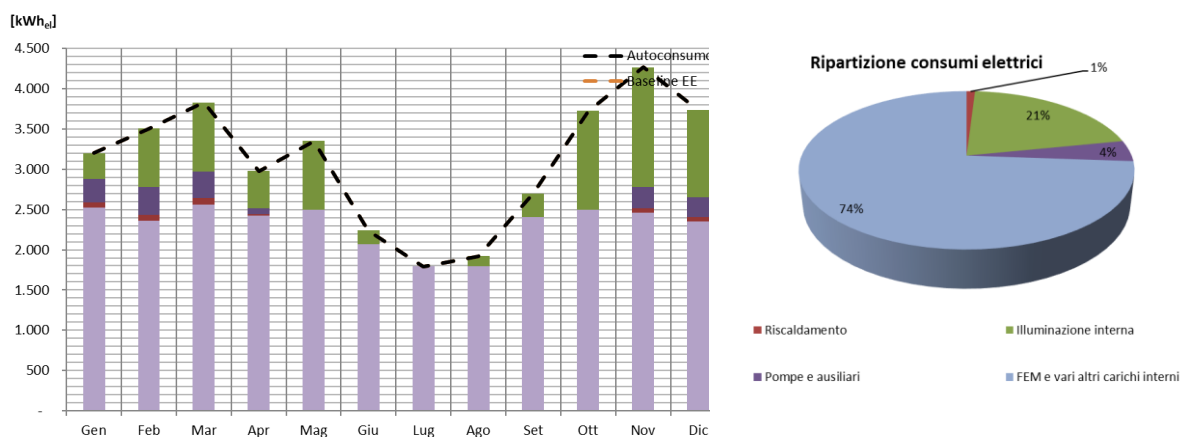
Si può notare come tutti i consumi termici siano da attribuirsi all'utilizzo per la climatizzazione dei locali pertanto gli interventi migliorativi proposti, andranno ad interessare principalmente i fattori che condizionano il fabbisogno termico dell'edificio.

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

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

I risultati di tale valutazione sono riportati nella Figura 6.4.

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



Si può notare come la maggior parte dei consumi sia da attribuirsi all'utilizzo per le apparecchiature elettriche di supporto alla didattica (PC, Monitor, Video proiettori, LIM, Stampanti).

Il 20% dei consumi è relativo all'utilizzo dei sistemi di illuminazione sui quali saranno concentrati gli interventi di efficientamento..

7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO

7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI

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

7.1.1 Vettore termico

La fornitura del vettore termico avviene tramite un unico PDR presente all'interno dell'edificio, di seguito specificato:

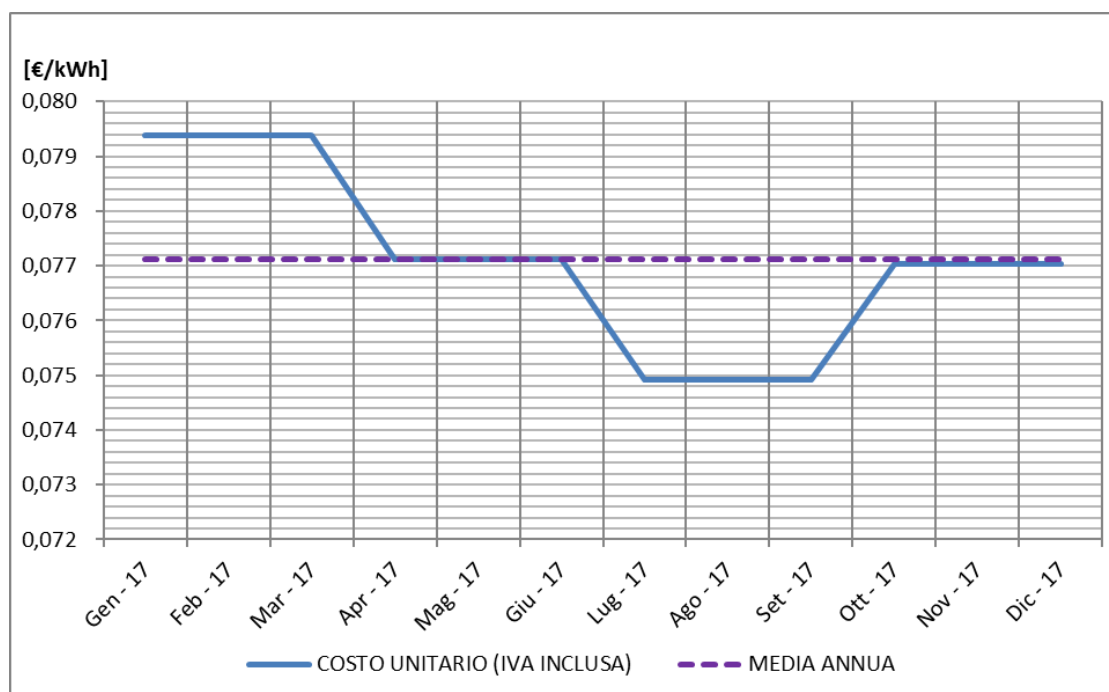
- PDR – 16220050598317: contratto di Servizio Integrato Energia 3 (SIE3) stipulato dalla PA con un soggetto terzo, comprensivo sia la fornitura del vettore energetico che la conduzione e manutenzione degli impianti. Non è stato quindi possibile effettuare un'analisi dei costi di fatturazione del vettore energetico in quanto tali fatture non sono a disposizione della PA .

Non sono stati rilevati consumi di metano differenti da quelli imputabili alla climatizzazione, per cui nessun'altra fornitura è stata oggetto di analisi.

Per le forniture di gas metano gestite tramite il Contratto di Servizio Energia SIE3, non essendo disponibile la fatturazione, per il 2017 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 termico 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 le mensilità del 2017



Dall'analisi effettuata risulta evidente che l'andamento dei costi è omogeneo durante il corso dell'anno e solo nel trimestre estivo non è stato possibile valutare il parametro “€/kWh” poiché il consumo del combustibile è pari a zero quando gli impianti di climatizzazione sono fuori servizio.

7.1.2 Vettore elettrico

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

- POD 1 – IT001E00096305: contratto di fornitura del vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. E' stato quindi possibile effettuare un'analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura.
- POD 1 – IT001E00122345: contratto di fornitura del vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. E' stato quindi possibile effettuare un'analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura.

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

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

| POD: IT001E00096305 | 2014 | 2015 | 2016 |
|---|------------------|------------------|---------------------|
| Indirizzo di fornitura | | | |
| Dati di intestazione fattura | Comune di Genova | Comune di Genova | Comune di Genova |
| Società di fornitura | Edison | Gala | Gala e IREN Mercato |
| Inizio periodo fornitura | 01/2014 | 04/2015 | 05/2016 |
| Fine periodo fornitura | 03/2015 | 03/2016 | oggi |
| Potenza elettrica impegnata | - | - | - |
| Potenza elettrica disponibile | 16,5kW | 16,5 kW | 16,5 kW |
| Tipologia di contratto | Fornitura in BT | Fornitura in BT | Fornitura in BT |
| Opzione tariffaria ⁽¹³⁾ | Contatore orario | Contatore orario | Contatore orario |
| Prezzi del fornitura dell'energia elettrica ⁽¹⁴⁾ (iva esclusa) | 0,076 €/kWh | 0,046 €/kWh | 0,058€/kWh |

Nota (13) per fatturazioni non mensili la spesa economica mensile andrà calcolata suddividendo percentualmente la spesa aggregata in base ai valori di consumo energetico mensile.

Nota (14): 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.

| POD: IT001E00122345 | 2014 | 2015 | 2016 |
|---|------------------|------------------|---------------------|
| Indirizzo di fornitura | | | |
| Dati di intestazione fattura | Comune di Genova | Comune di Genova | Comune di Genova |
| Società di fornitura | Edison | Gala | Gala e IREN Mercato |
| Inizio periodo fornitura | 01/2014 | 04/2015 | 05/2016 |
| Fine periodo fornitura | 03/2015 | 03/2016 | oggi |
| Potenza elettrica impegnata | - | - | - |
| Potenza elettrica disponibile | 11,0 kW | 11,0 kW | 11,0 kW |
| Tipologia di contratto | Fornitura in BT | Fornitura in BT | Fornitura in BT |
| Opzione tariffaria ⁽¹⁵⁾ | Contatore orario | Contatore orario | Contatore orario |
| Prezzi del fornitura dell'energia elettrica ⁽¹⁶⁾ (iva esclusa) | 0,076 €/kWh | 0,046 €/kWh | 0,058€/kWh |

Nota (15) per fatturazioni non mensili la spesa economica mensile andrà calcolata suddividendo percentualmente la spesa aggregata in base ai valori di consumo energetico mensile.

Nota (16): con prezzo di fornitura s'intende soltanto la quota variabile del servizio di acquisto e vendita, sono escluse le imposte, i corrispettivi per il dispacciamento e lo sbilanciamento, per l'uso della rete, e il servizio di misura e ogni altra voce.

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

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

| POD: IT001E00096 305 | 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 | 346 | 62 | 415 | 60 | 88 | 970 | 4.765 | 0,204 |
| Feb – 14 | 306 | 54 | 370 | 52 | 78 | 860 | 4.167 | 0,206 |
| Mar – 14 | 260 | 46 | 322 | 44 | 67 | 740 | 3.538 | 0,209 |
| Apr – 14 | 225 | 54 | 296 | 39 | 61 | 676 | 3.094 | 0,218 |
| Mag – 14 | 196 | 46 | 265 | 34 | 54 | 595 | 2.691 | 0,221 |
| Giu – 14 | 168 | 40 | 237 | 29 | 47 | 522 | 2.333 | 0,224 |
| Lug – 14 | 145 | 43 | 206 | 26 | 42 | 462 | 2.051 | 0,225 |
| Ago – 14 | 190 | 43 | 271 | 34 | 54 | 591 | 2.693 | 0,220 |
| Set – 14 | 130 | 29 | 198 | 23 | 38 | 418 | 2.693 | 0,155 |
| Ott – 14 | 216 | 44 | 294 | 37 | 59 | 651 | 2.978 | 0,219 |
| Nov – 14 | 299 | 62 | 393 | 53 | 81 | 887 | 4.208 | 0,211 |
| Dic – 14 | 299 | 64 | 406 | 55 | 82 | 906 | 4.367 | 0,208 |
| Totale | 2.783 | 587 | 3.672 | 484 | 753 | 8.278 | 39.578 | 0,209 |
| POD: IT001E00096 305 | QUOTA ENERGIA | ONERI DI SISTEMA | ONERI DI SISTEMA | IMPOSTE | IVA | TOTALE | CONSUMO FATTURATO | COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA) |
| | PARTE FISSA | PARTE VARIABILE | | | | | | |
| ANNO 2015 | [€] | [€] | [€] | [€] | [€] | [€] | [KWH] | [€/kWh] |
| Gen – 15 | 313 | 62 | 450 | 59 | 88 | 973 | 4.744 | 0,205 |
| Feb – 15 | 321 | 67 | 477 | 63 | 93 | 1.021 | 5.072 | 0,201 |
| Mar – 15 | 267 | 58 | 423 | 55 | 80 | 884 | 4.418 | 0,200 |
| Apr – 15 | 148 | 57 | 204 | 31 | 44 | 484 | 2.440 | 0,198 |
| Mag – 15 | 136 | 57 | 193 | 29 | 41 | 456 | 2.308 | 0,198 |
| Giu – 15 | 118 | 57 | 174 | 26 | 38 | 413 | 2.077 | 0,199 |
| Lug – 15 | 105 | 58 | 167 | 24 | 35 | 390 | 1.955 | 0,199 |
| Ago – 15 | 117 | 58 | 194 | 28 | 40 | 437 | 2.266 | 0,193 |
| Set – 15 | 125 | 58 | 213 | 31 | 43 | 469 | 2.486 | 0,189 |
| Ott – 15 | 117 | 58 | 212 | 30 | 42 | 458 | 2.373 | 0,193 |
| Nov – 15 | 99 | 58 | 192 | 27 | 38 | 414 | 2.153 | 0,192 |
| Dic – 15 | 94 | 58 | 185 | 26 | 36 | 400 | 2.081 | 0,192 |
| Totale | 1.961 | 706 | 3.083 | 430 | 618 | 6.798 | 34.373 | 0,198 |
| POD: IT001E00096 305 | QUOTA ENERGIA | ONERI DI SISTEMA | ONERI DI SISTEMA | IMPOSTE | IVA | TOTALE | CONSUMO FATTURATO | COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA) |
| | PARTE FISSA | PARTE VARIABILE | | | | | | |

E0865 – Scuola Media “Dante Alighieri”

| ANNO 2016 | [€] | [€] | [€] | [€] | [€] | [€] | [KWH] | [€/kWh] |
|---------------|--------------|------------|--------------|------------|------------|--------------|---------------|--------------|
| Gen – 16 | 97 | 55 | 175 | 26 | 35 | 388 | 2.101 | 0,185 |
| Feb – 16 | 96 | 55 | 184 | 28 | 36 | 398 | 2.204 | 0,181 |
| Mar – 16 | 94 | 55 | 196 | 29 | 37 | 412 | 2.352 | 0,175 |
| Apr – 16 | 120 | 58 | 248 | 23 | 45 | 494 | 1.856 | 0,266 |
| Mag – 16 | 103 | 58 | 214 | 27 | 40 | 442 | 2.150 | 0,206 |
| Giu – 16 | 97 | 58 | 135 | 21 | 31 | 341 | 1.651 | 0,207 |
| Lug – 16 | 93 | 55 | 111 | 17 | 28 | 303 | 1.329 | 0,228 |
| Ago – 16 | 88 | 55 | 115 | 17 | 28 | 303 | 1.386 | 0,219 |
| Set – 16 | 118 | 55 | 155 | 24 | 35 | 388 | 1.863 | 0,208 |
| Ott – 16 | 184 | 65 | 186 | 29 | 46 | 510 | 2.333 | 0,219 |
| Nov – 16 | 201 | 65 | 203 | 32 | 50 | 551 | 2.548 | 0,216 |
| Dic – 16 | 176 | 63 | 173 | 27 | 44 | 483 | 2.156 | 0,224 |
| Totale | 1.466 | 696 | 2.097 | 300 | 456 | 5.014 | 23.929 | 0,210 |

| POD: IT001E00122 345 | QUOTA ENERGIA | ONERI DI SISTEMA | ONERI DI SISTEMA | IMPOSTE | IVA | TOTALE | CONSUMO FATTURATO | COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA) |
|----------------------------|------------------|---------------------|---------------------|------------|------------|--------------|----------------------|---|
| | FISSA | PARTE FISSA | PARTE VARIABILE | | | | | |
| ANNO 2014 | [€] | [€] | [€] | [€] | [€] | [€] | [KWH] | [€/kWh] |
| Gen – 14 | 117 | 20 | 161 | 20 | 32 | 349 | 1.579 | 0,221 |
| Feb – 14 | 97 | 17 | 139 | 16 | 27 | 295 | 1.288 | 0,229 |
| Mar – 14 | 79 | 14 | 122 | 13 | 23 | 251 | 1.068 | 0,235 |
| Apr – 14 | 75 | 18 | 121 | 13 | 23 | 250 | 1.027 | 0,244 |
| Mag – 14 | 67 | 16 | 113 | 12 | 21 | 228 | 923 | 0,247 |
| Giu – 14 | 54 | 13 | 101 | 10 | 18 | 196 | 769 | 0,255 |
| Lug – 14 | 33 | 14 | 59 | 6 | 11 | 123 | 462 | 0,266 |
| Ago – 14 | 60 | 14 | 108 | 11 | 19 | 211 | 848 | 0,249 |
| Set – 14 | 48 | 11 | 95 | 9 | 16 | 179 | 848 | 0,211 |
| Ott – 14 | 75 | 15 | 123 | 13 | 23 | 248 | 1.016 | 0,244 |
| Nov – 14 | 73 | 15 | 123 | 13 | 22 | 245 | 1.006 | 0,244 |
| Dic – 14 | 81 | 15 | 141 | 15 | 25 | 278 | 1.186 | 0,234 |
| Totale | 857 | 182 | 1.407 | 148 | 259 | 2.854 | 12.020 | 0,237 |

| POD: IT001E00012 345 | QUOTA ENERGIA | ONERI DI SISTEMA | ONERI DI SISTEMA | IMPOSTE | IVA | TOTALE | CONSUMO FATTURATO | COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA) |
|----------------------------|------------------|---------------------|---------------------|---------|-----|--------|----------------------|---|
| | PARTE FISSA | PARTE VARIABILE | | | | | | |
| ANNO 2015 | [€] | [€] | [€] | [€] | [€] | [€] | [KWH] | [€/kWh] |
| Gen – 15 | 81 | 15 | 141 | 15 | 25 | 278 | 1.186 | 0,234 |
| Feb – 15 | 76 | 15 | 138 | 14 | 24 | 268 | 1.154 | 0,233 |
| Mar – 15 | 71 | 15 | 138 | 14 | 24 | 263 | 1.148 | 0,229 |
| Apr – 15 | 48 | 43 | 65 | 10 | 17 | 182 | 777 | 0,234 |
| Mag – 15 | 42 | 43 | 59 | 9 | 15 | 169 | 710 | 0,238 |
| Giu – 15 | 41 | 43 | 59 | 9 | 15 | 167 | 706 | 0,236 |

E0865 – Scuola Media “Dante Alighieri”

| | | | | | | | | |
|-------------------------------------|--------------------------|---|---|----------------|------------|---------------|------------------------------|---|
| Lug – 15 | 48 | 43 | 48 | 7 | 15 | 162 | 561 | 0,288 |
| Ago – 15 | 39 | 43 | 63 | 9 | 16 | 171 | 740 | 0,231 |
| Set – 15 | 43 | 43 | 71 | 10 | 17 | 185 | 834 | 0,222 |
| Ott – 15 | 43 | 44 | 76 | 11 | 17 | 191 | 854 | 0,224 |
| Nov – 15 | 43 | 44 | 80 | 11 | 18 | 195 | 898 | 0,218 |
| Dic – 15 | 45 | 44 | 86 | 12 | 19 | 206 | 969 | 0,213 |
| Totale | 621 | 437 | 1.026 | 132 | 222 | 2.437 | 10.537 | 0,231 |
| POD: IT001E00012 345 | 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 | 51 | 42 | 91 | 14 | 20 | 218 | 1.094 | 0,199 |
| Feb – 16 | 58 | 42 | 109 | 16 | 23 | 248 | 1.310 | 0,189 |
| Mar – 16 | 61 | 42 | 124 | 19 | 24 | 269 | 1.485 | 0,181 |
| Apr – 16 | 61 | 38 | 95 | 14 | 21 | 229 | 1.117 | 0,205 |
| Mag – 16 | 65 | 41 | 102 | 15 | 22 | 246 | 1.202 | 0,205 |
| Giu – 16 | 34 | 34 | 56 | 7 | 13 | 144 | 574 | 0,251 |
| Lug – 16 | 31 | 33 | 46 | 6 | 12 | 127 | 448 | 0,283 |
| Ago – 16 | 33 | 34 | 52 | 7 | 12 | 137 | 522 | 0,262 |
| Set – 16 | 65 | 25 | 69 | 11 | 17 | 187 | 825 | 0,226 |
| Ott – 16 | 110 | 43 | 117 | 18 | 29 | 316 | 1.401 | 0,225 |
| Nov – 16 | 136 | 53 | 145 | 24 | 36 | 394 | 1.740 | 0,226 |
| Dic – 16 | 129 | 45 | 132 | 20 | 33 | 358 | 1.596 | 0,224 |
| Totale | 834 | 471 | 1.138 | 169 | 261 | 2.872 | 13.314 | 0,216 |

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

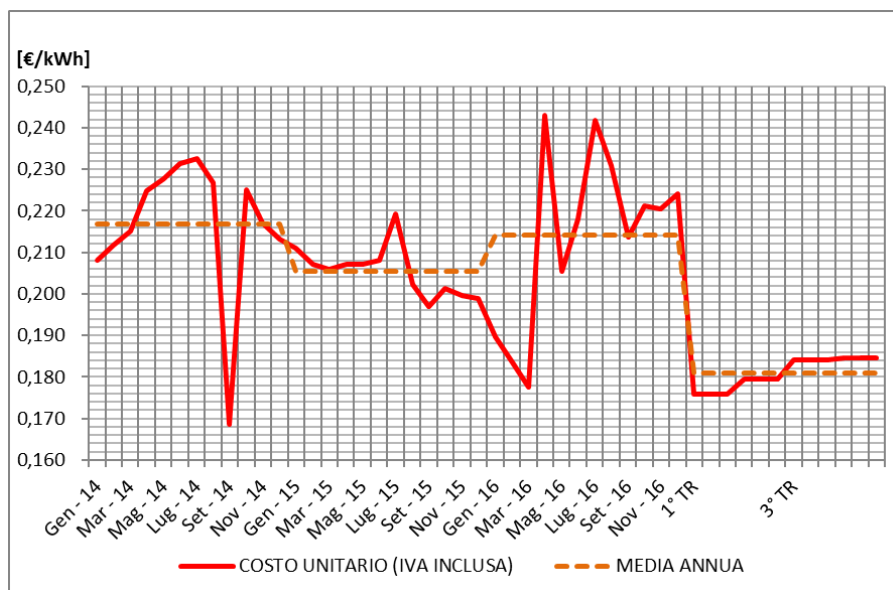
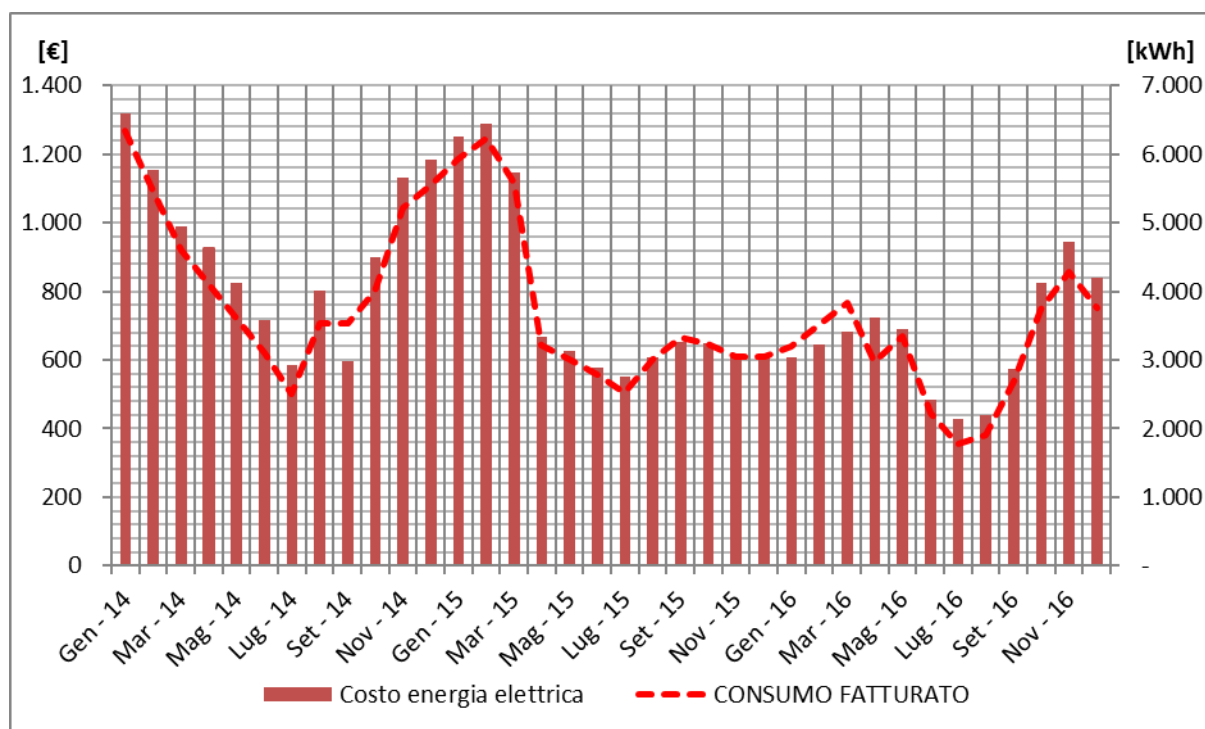


Figura 7.3 – Andamento dei consumi e dei costi dell’energia elettrica



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] | [€] |
| 2016 | 217.847 | n.d. | n.d. | 37.243 | 7.887 | 0,212 | |
| 2017 | - | - | 0,078 | | | 0,181 | |

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 | 0,078 [€/kWh] |
| Costo unitario dell’energia elettrica | Valore relativo all’ultimo anno a disposizione | Cu _{EE} | 0,181 [€/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 L1-042-063: 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 19.980,38 €

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:

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

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

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

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

| Definizione | | Valore | U.M. |
|--|---|----------------|----------|
| Costo per la gestione e manutenzione ordinaria | Corrispettivo annuale relativo al contratto O&M in essere | C_{MO} 3.456 | [€/anno] |
| Costo per la manutenzione straordinaria | Media relativa a gli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici | C_{MS} 919 | [€/anno] |

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

7.4 BASELINE DEI COSTI

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

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

Per la componente energetica vale la seguente formula:

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

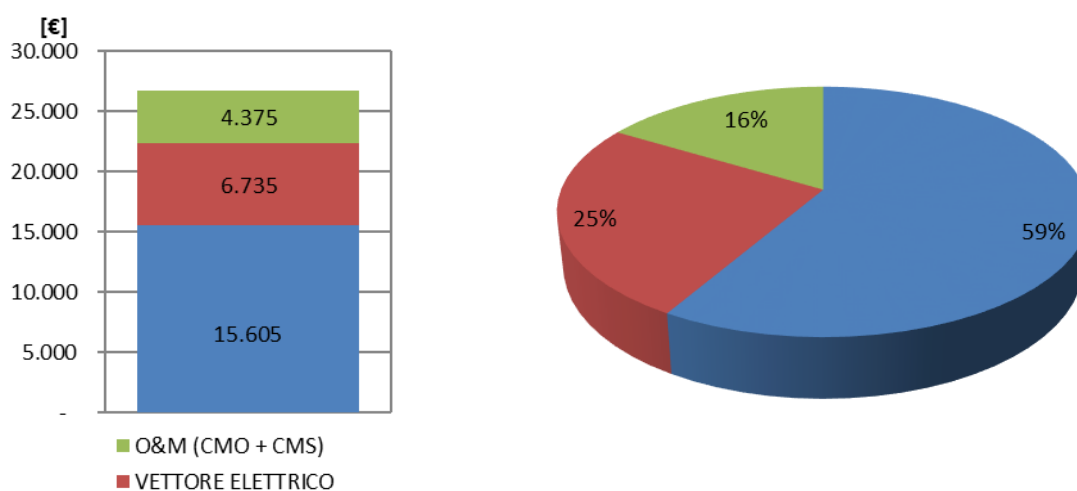
La Baseline dei Costi per il sistema edificio/impianti pre-intervento è pertanto uguale a:

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

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

| VETTORE TERMICO | | | VETTORE ELETTRICO | | | | O&M (C _{MO} + C _{MS}) | | TOTALE |
|-----------------------|-----------------|----------------|------------------------|------------------|-----------------|----------------|--|-----------------|-----------|
| Q _{baseline} | C _{uQ} | C _Q | EE _{baseline} | C _{UEE} | C _{EE} | C _M | C _{MO} | C _{MS} | CQ+CEE+CM |
| [kWh] | [€/kWh] | [€] | [kWh] | [€/kWh] | [€] | [€] | [€] | [€] | [€] |
| 198.814 | 0,078 | 15.605 | 37.243 | 0,181 | 6.735 | 4.375 | 3.456 | 919 | 26.715 |

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

EEM3: Isolamento a cappotto della muratura esterna

Generalità

La misura proposta prevede la realizzazione di un sistema di isolamento a cappotto della muratura esterna, così da limitare le dispersioni di calore verso l'esterno del fabbricato limitando al massimo i ponti termici della struttura.

Figura 8.1 - Particolare muratura esterna



Caratteristiche funzionali e tecniche

Se il pannello viene posizionato all'esterno secondo il “sistema a cappotto” i ponti termici possono essere eliminati e con essi la formazione di condensa, muffe e macchie. I muri svolgono la funzione di volano termico, accumulando calore e cedendolo lentamente, riducendo quindi le ore di funzionamento dell'impianto di riscaldamento e migliorando l'inerzia termica anche nelle stagioni più calde e soleggiate. Inoltre limitando le dilatazioni termiche, si riducono i movimenti interstrutturali degli edifici evitando così il generarsi di fessurazioni.

I materiali maggiormente utilizzati per questa tipologia di installazione sono polistirene, poliuretani e lane di roccia sotto forma di pannelli rigidi di vario spessore, in funzione del livello di trasmittanza termica che si vuole raggiungere.

Descrizione dei lavori

Per eseguire una posa del cappotto a regola d'arte è necessario fissare al muro, tramite tasselli ad espansione, le basi di partenza; è poi necessario selezionare un collante idoneo per isolamento termico a cappotto, questo si applicherà con il sistema a cordolo e tre punti centrali, oppure su supporti complanari, con il sistema del collaggio totale con spatola in acciaio inox dentata.

Il collante deve ricoprire almeno il 40% della superficie totale del pannello isolante.

Durante la posa i pannelli isolanti devono essere posati a “mattoncino”, sfalsati di almeno 25 cm partendo dal basso verso l'alto. Eventuali giunti aperti tra le lastre (<5mm) dovranno essere colmati con adeguata schiuma espansa.

I tasselli per l'ancoraggio meccanico, dove necessari, devono essere applicati a due o tre giorni di distanza dalla posa dei pannelli in EPS(10cm). Durante la posa del cappotto termico i tasselli vanno invece applicati immediatamente in caso di pannelli in EPS con aggiunta di grafite o pannelli in fibra di legno.

Dopo un periodo di tre, dieci giorni, si applica una prima rasatura di adesivo rasante cui, una volta asciutto, seguirà l'applicazione del primer.

Il rivestimento della facciata deve essere di 1,2 o 1,5 millimetri e deve essere applicato con temperature e umidità idonee, di colore chiaro, usando prodotti vernicianti con indice di riflessione superiore al 25%. La posa del cappotto termico si conclude infine con l'applicazione di accessori dedicati quali il nastro autoespandente, il profilo per davanzale, giunti di dilatazione.

Prestazioni raggiungibili

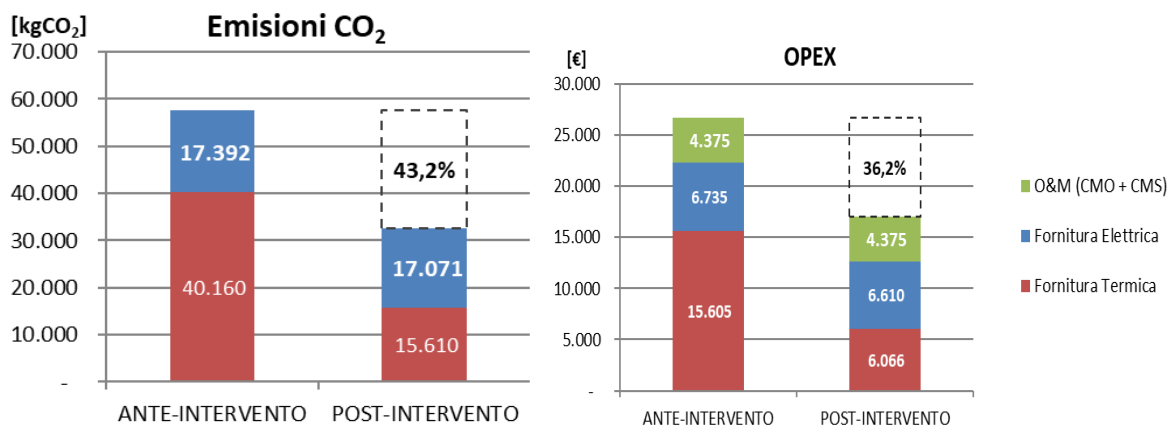
I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione della EEM3 sono riportati nella Tabella 8.1e nella Figura 8.2.

Tabella 8.1 - Risultati analisi EEM3 - Cappotto Termico

| CALCOLO RISPARMIO | U.M. | ANTE-INTERVENTO | POST-INTERVENTO | RIDUZIONE DAL BASELINE |
|--|---------------------------|-----------------|-----------------|------------------------|
| EM3 [Trasmittanza parete verticale] | [W/mqK] | 2,2 | 0,223 | 89,9% |
| Q _{teorico} | [kWh] | 207.447 | 80.633 | 61,1% |
| EE _{teorico} | [kWh] | 36.353 | 35.682 | 1,8% |
| Q _{baseline} | [kWh] | 198.814 | 77.277 | 61,1% |
| EE _{Baseline} | [kWh] | 37.243 | 36.556 | 1,8% |
| Emiss. CO2 Termico | [kgCO ₂] | 40.160 | 15.610 | 61,1% |
| Emiss. CO2 Elettrico | [kgCO ₂] | 17.392 | 17.071 | 1,8% |
| Emiss. CO2 TOT | [kgCO₂] | 57.553 | 32.681 | 43,2% |
| Fornitura Termica, C _Q | [€] | 15.605 | 6.066 | 61,1% |
| Fornitura Elettrica, C _{EE} | [€] | 6.735 | 6.610 | 1,8% |
| Fornitura Energia, C_E | [€] | 22.340 | 12.676 | 43,3% |
| C _{MO} | [€] | 3.456 | 3.456 | 0,0% |
| C _{MS} | [€] | 919 | 919 | 0,0% |
| O&M (C _{MO} + C _{MS}) | [€] | 4.375 | 4.375 | 0,0% |
| OPEX | [€] | 26.715 | 17.051 | 36,2% |
| Classe energetica | [-] | F | D | 0 classi |

Nota (17) 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: 0,079 [€/kWh] per il vettore termico e 0,181 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 8.2 – EEM3: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



8.1.2 Impianto riscaldamento

EEM2: Sostituzione generatore di calore ed installazione Termovalvole

Generalità

Uno degli interventi proposti vede la sostituzione del generatore di calore che, seppur in buono stato manutentivo risulta essere ormai obsoleto; si prevede contestualmente l'installazione di valvole termostatiche sui corpi scaldanti presenti all'interno dell'edificio che consentirà una gestione energeticamente più efficiente dell'impianto.

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

Prestazioni raggiungibili

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

Tabella 8.2 - Risultati analisi EEM2 – Sostituzione generatore di calore ed installazione Termovalvole

| CALCOLO RISPARMIO | U.M. | ANTE-INTERVENTO | POST-INTERVENTO | RIDUZIONE DAL BASELINE |
|--|---------------------------|-----------------|-----------------|--------------------------|
| EM2 [Rendimento di regolazione] | [%] | 96 | 99 | -3,1% |
| EEM2 [Rendimento caldaia] | [%] | 91,45 | 103 | 18,79% |
| Q _{teorico} | [kWh] | 207.447 | 156.638 | 24,5% |
| EE _{teorico} | [kWh] | 36.353 | 35.323 | 2,8% |
| Q _{baseline} | [kWh] | 198.814 | 150.119 | 24,5% |
| EE _{Baseline} | [kWh] | 37.243 | 36.188 | 2,8% |
| Emiss. CO2 Termico | [kgCO ₂] | 40.160 | 30.324 | 24,5% |
| Emiss. CO2 Elettrico | [kgCO ₂] | 17.392 | 16.900 | 2,8% |
| Emiss. CO2 TOT | [kgCO₂] | 57.553 | 47.224 | 17,9% |
| Fornitura Termica, C _Q | [€] | 15.605 | 11.783 | 24,5% |
| Fornitura Elettrica, C _{EE} | [€] | 6.735 | 6.544 | 2,8% |
| Fornitura Energia, C_E | [€] | 22.340 | 18.327 | 18,0% |
| C _{MO} | [€] | 3.456 | 2.592 | 25,0³% |
| C _{MS} | [€] | 919 | 827 | 10,0% |
| O&M (C _{MO} + C _{MS}) | [€] | 4.375 | 3.419 | 21,9% |
| OPEX | [€] | 26.715 | 21.746 | 18,6% |
| Classe energetica | [-] | F | F | +0 classi |

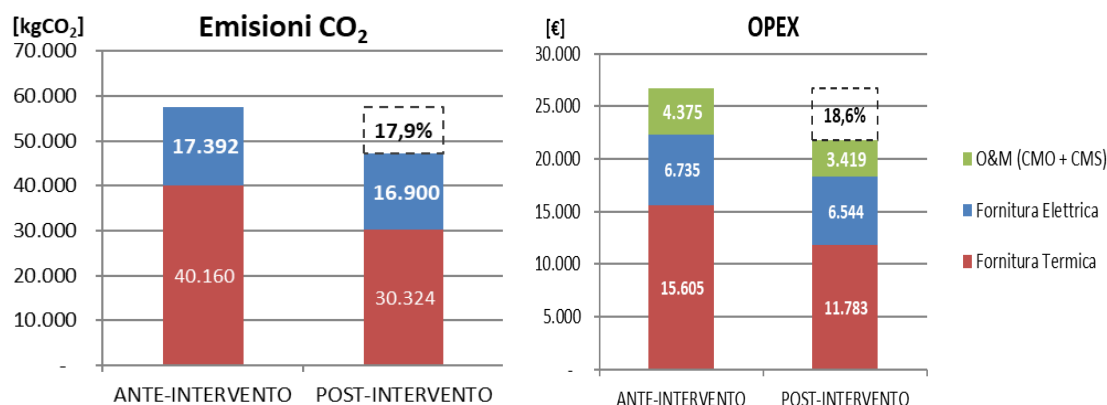
Nota (18) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,078 [€/kWh] per il vettore termico e 0,181 [€/kWh] per il vettore elettrico

³ Oltre ai risparmi riconducibili alla riduzione del consumo energetico è stata considerata una riduzione relativa ai costi manutentivi ad ora sostenuti dalla PA, questo perché la gestione autonoma, da parte degli occupanti, delle condizioni di comfort interno riduce l'intervento straordinario della ditta manutentiva per cambiare le condizioni di settaggio dell'impianto.

Durante il sopralluogo si è infatti rilevata una disomogeneità delle condizioni termiche che porta a condizioni di disconfort in parte dei locali della scuola.

Figura 8.3 – EEM2: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO2 a partire dalla baseline



8.1.3 Impianto di illuminazione ed impianto elettrico

EEM1: Installazione di sorgenti luminose ad alta efficienza

Generalità

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

Caratteristiche funzionali e tecniche

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

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

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM sono riportati nella e nella

Tabella 8.3 - Risultati analisi EEM1 - Sostituzione apparecchi di illuminazione (integrali)

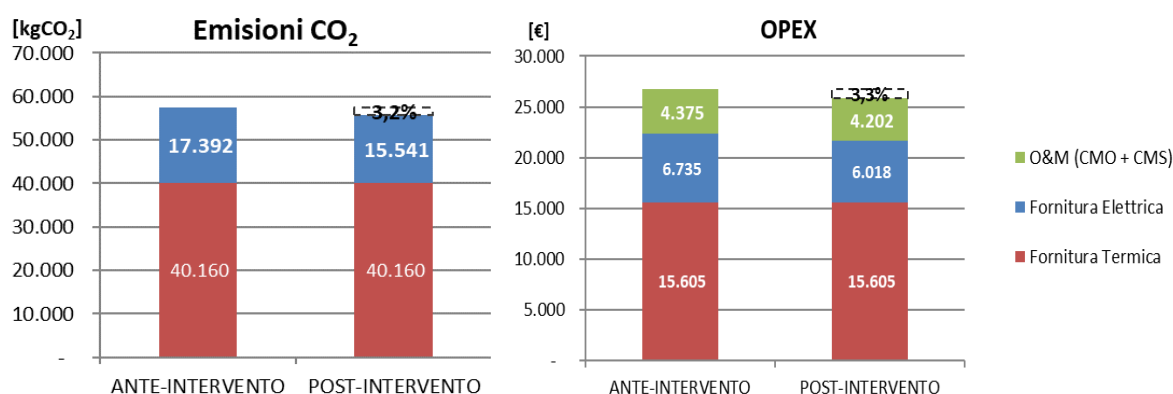
| CALCOLO RISPARMIO | U.M. | ANTE-INTERVENTO | POST-INTERVENTO | RIDUZIONE DAL BASELINE |
|--------------------------------------|---------------------------|-----------------|-----------------|------------------------|
| EM1 [Potenza Corpi illuminanti] | [W] | 116 | 48 | 58,6% |
| Q _{teorico} | [kWh] | 207.447 | 207.447 | 0,0% |
| EE _{teorico} | [kWh] | 36.353 | 32.483 | 10,6% |
| Q _{baseline} | [kWh] | 198.814 | 198.814 | 0,0% |
| EE _{Baseline} | [kWh] | 37.243 | 33.278 | 10,6% |
| Emiss. CO2 Termico | [kgCO ₂] | 40.160 | 40.160 | 0,0% |
| Emiss. CO2 Elettrico | [kgCO ₂] | 17.392 | 15.541 | 10,6% |
| Emiss. CO2 TOT | [kgCO₂] | 57.553 | 55.701 | 3,2% |
| Fornitura Termica, C _Q | [€] | 15.605 | 15.605 | 0,0% |
| Fornitura Elettrica, C _{EE} | [€] | 6.735 | 6.018 | 10,6% |

| | | | | |
|--|-----|---------------|---------------|--------------------|
| Fornitura Energia, C_e | [€] | 22.340 | 21.623 | 3,2% |
| C _{MO} | [€] | 3.456 | 3.283 | 5,0 ⁴ % |
| C _{MS} | [€] | 919 | 919 | 0,0% |
| O&M (C _{MO} + C _{MS}) | [€] | 4.375 | 4.202 | 4,0% |
| OPEX | [€] | 26.715 | 25.825 | 3,3% |
| Classe energetica | [-] | F | F | 0 classi |

Nota (19) 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: 0,078 [€/kWh] per il vettore termico e 0,181 [€/kWh] per il vettore elettrico

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



9 VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA

9.1 ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

EEM1: Sostituzione apparecchi di illuminazione (integrali)

Nella Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alla EEM3, che consiste nella sostituzione delle lampade presenti negli spazi comuni e nei corridoi della scuola, ossia di quegli elementi che presentano profili di utilizzo prolungati nel tempo.

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

Tabella 9.1 - Analisi dei costi della EEM3 – Sostituzione apparecchi di illuminazione

| 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] | [€] | [%] | [€] |
| 043169c Plafoniera stagna rettangolare, corpo in policarbonato autoestingente, schermo in policarbonato autoestingente trasparente prismaticizzato internamente, per installazione a parete, plafone o a | DEI Imp. Ele. 2017 | 24 | cad | € 139,46 | € 126,78 | € 3.042,76 | 22% | € 3.712,17 |

⁴ Oltre alla riduzione dei consumi energetici si è considerata una riduzione dei costi legati alla manutenzione ordinaria, questo perché la vita utile dei corpi illuminanti LED è più elevata rispetto a quella delle lampade fluorescenti, per cui la loro sostituzione avverrà meno frequentemente

| | | | | | | | | | |
|---------|---|--------------------|------|-------|----------|---------|------------|-----|-------------|
| | sospensione, apparecchio con grado di protezione IP 66, lampade LED temperatura di colore 4000 K, alimentazione 230 V c.a.: bilampada: lunghezza 1.600 mm, 48 W, 7.780 lm | | | | | | | | |
| 043168a | Plafoniera stagna rettangolare, corpo in policarbonato autoestinguente, schermo in policarbonato autoestinguente trasparente prismatico internamente, per installazione a parete, plafone o a sospensione, apparecchio con grado di protezione IP 66, lampade LED temperatura di colore 4000 K, alimentazione 230 V c.a.: monolampada: lunghezza 690 mm, 10 W, 1.620 lm | DEI Imp. Ele. 2017 | 22 | cad | € 73,78 | € 67,07 | € 1.475,60 | 22% | € 1.800,23 |
| 043168c | Plafoniera stagna rettangolare, corpo in policarbonato autoestinguente, schermo in policarbonato autoestinguente trasparente prismatico internamente, per installazione a parete, plafone o a sospensione, apparecchio con grado di protezione IP 66, lampade LED temperatura di colore 4000 K, alimentazione 230 V c.a.: monolampada: lunghezza 1.600 mm, 24 W, 3.890 lm | DEI Imp. Ele. 2017 | 95 | cad | € 105,41 | € 95,83 | € 9.103,59 | 22% | € 11.106,38 |
| 205015a | Rimozione di plafoniera per lampade fluorescenti, inclusi gli oneri della rimozione dei sostegni a muro o a soffitto e l'avvicinamento al luogo di deposito provvisorio nell'ambito del cantiere, escluso l'onere di carico, trasporto e scarico a discarica autorizzata: 1 x 18 W | DEI Imp. Ele. 2017 | 22 | cad | € 8,76 | € 7,96 | € 175,20 | 22% | € 213,74 |
| 205015f | Rimozione di plafoniera per lampade fluorescenti, inclusi gli oneri della rimozione dei sostegni a muro o a soffitto e l'avvicinamento al luogo di deposito provvisorio nell'ambito del cantiere, escluso l'onere di carico, trasporto e scarico a discarica autorizzata: 1 x 58 W | DEI Imp. Ele. 2017 | 95 | cad | € 11,36 | € 10,33 | € 981,09 | 22% | € 1.196,93 |
| 205015g | Rimozione di plafoniera per lampade fluorescenti, inclusi gli oneri della rimozione dei sostegni a muro o a soffitto e l'avvicinamento al luogo di deposito provvisorio nell'ambito del cantiere, escluso l'onere di carico, trasporto e scarico a discarica autorizzata: 2 x 58 W | DEI Imp. Ele. 2017 | 24 | cad | € 13,39 | € 12,17 | € 292,15 | 22% | € 356,42 |
| M01003a | Operaio edile qualificato | DEI Imp. Ele. 2016 | 70,5 | €/ora | 26,78 | 24,3 | 1.716,4 | 22% | 2.094,0 |
| M01004a | Operaio edile comune | DEI Imp. Ele. 2016 | 70,5 | €/ora | 24,12 | 21,9 | 1.545,9 | 22% | 1.886,0 |
| | Costi per la sicurezza | - | 3% | % | | | 550,0 | 22% | 671,0 |
| | Costi progettazione (in % su importo lavori) | - | 7% | % | | | 1.321,8 | 22% | 1.612,6 |

| | | | | |
|--------------------------------|-----------------|----------|-----|----------|
| TOTALE (I ₀ – EEM1) | | 20.204,4 | 22% | 24.649,3 |
| Incentivi | [Conto termico] | | | 9.859,7 |
| Durata incentivi | | | | 5,0 |
| Incentivo annuo | | | | 1.971,9 |

Il contributo dato dall’incentivo “Conto Termico” è stato calcolato considerando la seguente relazione

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

Dove si si è indicato con:

- I_{tot}: incentivo totale dell’intervento cumulato per l’intera durata, che verrà ripartito e corrisposto in 5 rate annuali costanti, oppure, in un’unica soluzione per gli aventi diritto (le PA e le ESCo che operano per loro conto, ad esclusione delle Cooperative di abitanti e delle Cooperative sociali).
- I_{max}: valore massimo raggiungibile dall’incentivo totale (tabella 5 del Decreto)
- %_{spesa}: percentuale incentivata della spesa totale sostenuta per l’intervento (tabella 5 del Decreto)
- S_{int}: superficie oggetto dell’intervento (m²) – pari a circa **1.698,74 €**
- $C = \frac{\text{spesa sostenuta in €}}{\text{superficie oggetto di intervento}}$ costo specifico sostenuto – pari a **14,5 €**
- C_{max} è il valore massimo di C ed è definito dalla tabella 5 del Decreto.

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

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

EEM2: Sostituzione generatore di calore ed installazione Termovalvole

Nella Tabella 9.2 è riportata l’analisi dei costi relativi alle EEM 2, che consiste nella installazione di termovalvole sui radiatori esistenti.

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

Tabella 9.2 – Analisi dei costi della EEM2 – Sostituzione caldaia ed installazione termovalvole

| 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] | [€] | [%] | [€] |
| PR.C76.B10.025 | Caldaie a condensazione a basamento, corpo in lega di alluminio-silicio-magnesio con scambiatore primario a | Prezzario Regione Liguria | 1 | € 12.523,50 | € 11.385 | € 11.385 | 22% | € 13.889,70 |

| | | | | | | | | |
|----------------|--|---------------------------|----|----------|----------|----------|-----|----------|
| | basso contenuto d'acqua, classe 5 NOx, rendimento energetico a 4 stelle in base alle direttive europee, bruciatore modulante con testata metallica ad irraggiamento, compreso il pannello di comando montato sul mantello di rivestimento, della potenza termica nominale di: 275 Kw circa | | | | | | | |
| PR.C84.C05.505 | Sistema fumario prefabbricato a sezione circolare, con giunti maschio-femmina con profilo conico a elementi modulari a doppia parete acciaio inox (parete interna AISI316L e parete esterna AISI304), coibentazione 25mm in lana di roccia pressata, senza guarnizioni di tenuta Coppa di scarico condensa Ø 180 mm | Prezzario Regione Liguria | 1 | € 179,63 | € 163,30 | € 163,30 | 22% | € 199,23 |
| 40.C10.B10.120 | Sola posa in opera di bruciatore per caldaie, compresi la lavorazione della piastra di collegamento alla caldaia, la sola posa della rampa gas e del dispositivo di controllo tenuta valvola, i collegamenti elettrici, i collegamenti alla tubazione del combustibile a metano o gasolio: per generatori di calore da 101 Kw a 350 Kw | Prezzario Regione Liguria | 1 | € 392,78 | € 357,07 | € 357,07 | 22% | € 435,63 |
| PR.C76.A30.020 | Accessori per caldaie a condensazione: Tubi Ø 80mm della lunghezza 1 m | Prezzario Regione Liguria | 15 | € 21,13 | € 19,21 | € 288,14 | 22% | € 351,53 |
| PR.C76.A30.015 | Accessori per caldaie a condensazione: Kit scarichi separati per tubi Ø 80mm | Prezzario Regione Liguria | 1 | € 28,46 | € 25,87 | € 25,87 | 22% | € 31,56 |
| 40.F10.H10.030 | Sola posa in opera di accessori per impianti di termoregolazione compresi collegamenti elettrici: sonde in genere | Prezzario Regione Liguria | 1 | € 120,60 | € 109,64 | € 109,64 | 22% | € 133,76 |
| 40.F10.H10.040 | Sola posa in opera di accessori per impianti di termoregolazione compresi collegamenti elettrici: interruttore orologio da inserire in quadro elettrico | Prezzario Regione Liguria | 1 | € 29,71 | € 27,01 | € 27,01 | 22% | € 32,95 |
| PR.C74.C10.010 | Interruttore orario digitale modulare per la programmazione settimanale a due canali | Prezzario Regione Liguria | 1 | € 146,74 | € 133,40 | € 133,40 | 22% | € 162,75 |
| PR.C74.E05.030 | Sonde di temperatura e umidità: sola temperatura, per impianti civili e industriali per esterno | Prezzario Regione Liguria | 1 | € 76,47 | € 69,52 | € 69,52 | 22% | € 84,81 |

| | | | | | | | | |
|--------------------------------------|--|---------------------------|-----|------------|------------|--------------------|------------|--------------------|
| RU.M01.A01.030 | Opere edili Operaio Qualificato | Prezzario Regione Liguria | 15 | € 34,41 | € 31,28 | € 469,23 | 22% | € 572,46 |
| RU.M01.E01.020 | Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato | Prezzario Regione Liguria | 40 | € 31,88 | € 28,98 | € 1.159,27 | 22% | € 1.414,31 |
| 20.A15.B10.015 | 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 | 100 | € 4,72 | € 4,29 | € 429,09 | 22% | € 523,49 |
| PR.C17.A15.010 | Valvole micrometriche a squadra complete di testa termostatica con elemento sensibile a gas: Ø 15 mm | Prezzario Regione Liguria | 48 | € 35,42 | € 32,20 | € 1.545,60 | 22% | € 1.885,63 |
| PR.C47.H10.145 | Circolatori per impianti di riscaldamento e condizionamento a velocità variabile, regolate elettronicamente, classe di protezione IP44, classe energetica A, 230V, del tipo: versione gemellare con attacchi flangiati, Ø 80, PN6, prevalenza da 1 a 12 m, portata da 1 a 58 m³/h | Prezzario Regione Liguria | 1 | € 4.587,21 | € 4.170,19 | € 4.170,19 | 22% | € 5.087,63 |
| 40.E10.A10.030 | 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 65 mm fino a 80 mm | Prezzario Regione Liguria | 1 | € 63,62 | € 57,84 | € 57,84 | 22% | € 70,56 |
| PR.E40.B05.210 | Interruttore automatico magnetotermico con potere di interruzione 4,5KA bipolare fino a 32 A - 230 V | Prezzario Regione Liguria | 1 | € 22,69 | € 20,63 | € 20,63 | 22% | € 25,17 |
| RU.M01.E01.020 | Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato | Prezzario Regione Liguria | 19 | € 31,88 | € 28,98 | € 550,65 | 22% | € 671,80 |
| | Costi per la sicurezza | - | 3% | | | € 628,84 | 22% | € 767,19 |
| | Costi progettazione (in % su importo lavori) | - | 7% | | | € 1.467,30 | 22% | € 1.790,11 |
| TOTALE (I₀ – EEM1) | | | | | | € 23.057,59 | 22% | € 28.130,26 |
| Incentivi | | [Conto termico] | | | | | | € 11.252 |
| Durata incentivi | | | | | | | | 5 |
| Incentivo annuo | | | | | | | | € 2.250 |

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

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

Dove si si è indicato con:

- I_{tot} : incentivo totale dell'intervento cumulato per l'intera durata, che verrà ripartito e corrisposto in 5 rate annuali costanti, oppure, in un'unica soluzione per gli aventi diritto (le PAe le ESCo che operano per loro conto, ad esclusione delle Cooperative di abitanti e delle Cooperative sociali).
- I_{max} : valore massimo raggiungibile dall'incentivo totale (tabella 5 del Decreto)
- $\%_{spesa}$: percentuale incentivata della spesa totale sostenuta per l'intervento (tabella 5 del Decreto)
- $P_{n\ int}$: somma delle potenze termiche del focolare dei generatori di calore installati, da intendersi riferita al potere calorifico inferiore, espressa in kW – pari a circa **270 kW**
- $C = \frac{spesa\ sostenuta\ in\ €}{potenza}$ costo specifico sostenuto – pari a **104,2 €/kW**
- C_{max} è il valore massimo di C ed è definito dalla tabella 5 del Decreto.

| [Tabella 5 – Allegato II - DM 16.02.16] | | | |
|---|---|-------------------------------------|---|
| Tipologia di intervento | Percentuale incentivata della spesa ammissibile (% _{spesa}) | Costo massimo ammissibile C_{max} | Valore massimo dell'incentivo I_{max} [€] |
| Generatori di calore a condensazione con $P_{n\ int} \leq 35\ kW_t$ | 40 (**) | 160 €/kW _t | 3.000 |
| Generatori di calore a condensazione con $P_{n\ int} > 35\ kW_t$ | 40 (**) | 130 €/kW _t | 40.000 |

EEM3: Cappotto termico

Nella Tabella 9.3 è riportata l'analisi dei costi relativi alla EEM2, che consiste nella realizzazione dell'isolamento delle pareti esterne mediante il sistema a cappotto termico.

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

Tabella 9.3– Analisi dei costi della EEM3 – sistema a cappotto termico

| DESCRIZIONE | FONTE PREZZO UTILIZZATO | QUANTITÀ | U.M. | PREZZO UNITARIO PREZZARIO | PREZZO UNITARIO SCONTATO | TOTALE (IVA ESCLUSA) | IVA | TOTALE (IVA INCLUSA) |
|---|---------------------------|----------|------|---------------------------|--------------------------|----------------------|-----|----------------------|
| PR.A17.D01.010 Isolanti di origine minerale. Pannelli in silicato di calcio, per l'isolamento termoacustico a cappotto di facciate e soffitti; permeabili al vapore, antincendio, traspirabili, incombustibili (classe 0). Lambda = 0,045 W/mK spessore da 6 a 20 cm per ogni cm | Prezzario Regione Liguria | 27526,5 | m2cm | € 3,49 | € 3,17 | € 87.334,08 | 22% | € 106.547,57 |
| 25.A44.A30.010 Solo posa di isolamento termico-acustico superfici verticali | Prezzario Regione Liguria | 1835 | mq | € 14,25 | € 12,95 | € 23.771,59 | 22% | € 29.001,34 |

| | | | | | | | | | |
|----------------|--|---------------------------|------|----|---------|---------|-------------|-----|-------------|
| | eseguito con pannelli isolanti di spessore fino a cm 10, compreso il fissaggio con chiodi di materiale plastico e la sigillatura dei giunti con nastro adesivo plastificato. | | | | | | | | |
| PR.A02.A20.600 | 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 | 1835 | kg | € 0,82 | € 0,75 | € 1.367,91 | 22% | € 1.668,85 |
| PR.A02.A25.010 | Collante cementizio per murature in cemento cellulare espanso. | Prezzario Regione Liguria | 823 | kg | € 0,49 | € 0,45 | € 366,61 | 22% | € 447,26 |
| 95.B10.S10.010 | 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 | 1835 | m2 | € 14,28 | € 12,98 | € 23.821,64 | 22% | € 29.062,40 |
| 25.A05.E10.015 | Scrostamento intonaco fino al vivo della muratura, esterno, su muratura di mattoni o calcestruzzo | Prezzario Regione Liguria | 1835 | m2 | € 7,26 | € 6,60 | € 12.111 | 22% | € 14.775,42 |
| 25.A54.A30.010 | 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 | 1835 | m2 | € 4,81 | € 4,37 | € 8.023,95 | 22% | € 9.789,22 |

| | | | | | | | | | |
|----------------|--|---------------------------|------|----|---------|---------|---------------------|------------|---------------------|
| 25.A54.B40.010 | 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 intere campiture con rete in fibra di vetro 4x4 da 150 gr/mq , spessore totale circa mm 4. | Prezzario Regione Liguria | 1835 | m2 | € 23,79 | € 21,63 | € 39.686,05 | 22% | € 48.416,98 |
| | Costi per la sicurezza | - | 3% | % | | | € 5.894,48 | 22% | € 7.191,27 |
| | Costi progettazione (in % su importo lavori) | - | 7% | % | | | € 13.753,80 | 22% | € 16.779,63 |
| | TOTALE (I₀ – EEM1) | | | | | | € 216.131,11 | 22% | € 263.679,95 |
| | Incentivi | [Conto termico] | | | | | | | € 73.400 |
| | Durata incentivi | | | | | | | | € 5 |
| | Incentivo annuo | | | | | | | | € 14.680 |

Il contributo dato dall’incentivo “Conto Termico” è stato calcolato considerando la seguente relazione

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

Dove si si è indicato con:

- I_{tot} : incentivo totale dell’intervento cumulato per l’intera durata, che verrà ripartito e corrisposto in 5 rate annuali costanti, oppure, in un’unica soluzione per gli aventi diritto (le PAe le ESCo che operano per loro conto, ad esclusione delle Cooperative di abitanti e delle Cooperative sociali).
- I_{max} : valore massimo raggiungibile dall’incentivo totale (tabella 5 del Decreto)
- $\%_{spesa}$: percentuale incentivata della spesa totale sostenuta per l’intervento (tabella 5 del Decreto)
- S_{int} : superficie oggetto dell’intervento (m2) – pari a circa **1.835 mq**
- $C = \frac{spesa\ sostenuta\ in\ €}{superficie\ oggetto\ di\ intervento}$ costo specifico sostenuto – pari a **143,69 €/m²**
- C_{max} è il valore massimo di C ed è definito dalla tabella 5 del Decreto.

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

| [Tabella 5 – Allegato II - DM 16.02.16] | | | |
|---|---|---|---|
| Tipologia di intervento | Percentuale incentivata della spesa ammissibile (% _{spesa}) | Costo massimo ammissibile (C _{max}) | Valore massimo dell'incentivo (I _{max}) [€] |
| i. Strutture opache orizzontali ¹³ : isolamento coperture | | | (i+ii+iii) ≤ 400.000 |
| Esterno | 40 (*) (**) | 200 €/m ² | |
| Interno | 40 (*) (**) | 100 €/m ² | |
| Copertura ventilata | 40 (*) (**) | 250 €/m ² | |
| ii. Strutture opache orizzontali: isolamento pavimenti | | | |
| Esterno | 40 (*) (**) | 120 €/m ² | |
| Interno | 40 (*) (**) | 100 €/m ² | |
| iii. Strutture opache verticali: isolamento pareti perimetrali | | | |
| Esterno | 40 (*) (**) | 100 €/m ² | |
| Interno | 40 (*) (**) | 80 €/m ² | |
| Parete ventilata | 40 (*) (**) | 150 €/m ² | |

9.2 ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

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

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

Gli indicatori economici d'investimento utilizzati sono:

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

Essi sono così definiti:

1) Tempo di ritorno semplice (TRS):

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

Dove:

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

2) Tempo di ritorno attualizzato (TRA):

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

Dove:

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

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

Dove:

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

3) Valore Attuale Netto (VAN) del progetto:

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

Dove:

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

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

5) Indice di Profitto (IP):

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

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

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

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

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

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

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

EEM1: Sostituzione corpi illuminanti

L'analisi di convenienza effettuata per la EEM1 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

Tabella 9.4 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM1– Sostituzione serramenti

| PARMETRO FINANZIARIO | | U.M. | VALORE |
|----------------------------|------------------|--------|--------|
| Investimento Iniziale | Io | € | 24.649 |
| Oneri Finanziari %Io | OF | [%] | 3,0% |
| Aliquota IVA | %IVA | [%] | 22,0% |
| Anno recupero erariale IVA | n _{IVA} | anni | 3 |
| Vita utile | n | anni | 8 |
| Incentivo annuo | B | €/anno | 1.972 |
| Durata incentivo | n _B | anni | 5 |
| Tasso di attualizzazione | i | [%] | 3,5% |

| INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO | | VALORE SENZA INCENTIVI | VALORE CON INCENTIVI |
|--------------------------------|-----|------------------------|----------------------|
| Tempo di rientro semplice | TRS | 20,8 | 10,3 |
| Tempo di rientro attualizzato | TRA | 23,4 | 11,6 |
| Valore attuale netto | VAN | - 16.717 | - 7.939 |
| Tasso interno di rendimento | TIR | -23,3% | -7,8% |
| Indice di profitto | IP | -0,68 | -0,32 |

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

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

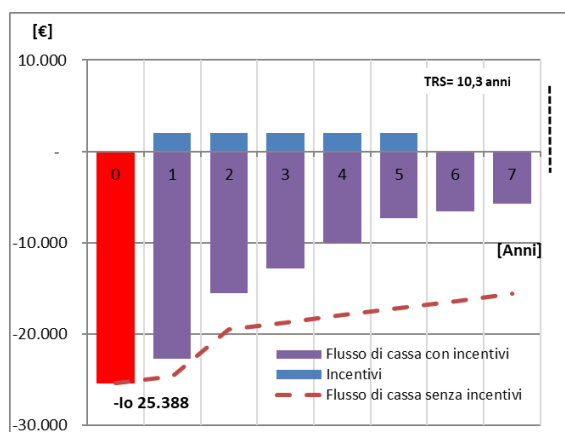
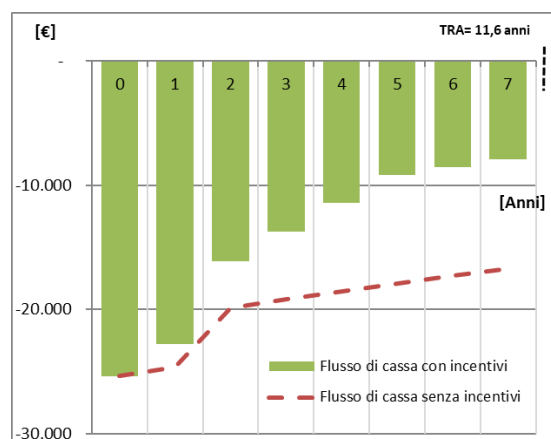


Figura 9.2 – EEM1: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento, con l'accesso alla forma incentivante del conto termico, risulta economicamente non vantaggioso con tempi di ritorno superiori agli 8 anni.

EEM2: Sostituzione generatore di calore ed installazione termovalvole

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

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

| PARMETRO FINANZIARIO | | U.M. | VALORE |
|-----------------------|------|------|--------|
| Investimento Iniziale | Io | € | 28.130 |
| 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 | 2.250 |
| Durata incentivo | n _B | anni | 5 |
| Tasso di attualizzazione | i | [%] | 3,5% |
| INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO | | VALORE SENZA INCENTIVI | VALORE CON INCENTIVI |
| Tempo di rientro semplice | TRS | 5,7 | 3,8 |
| Tempo di rientro attualizzato | TRA | 6,7 | 4,3 |
| Valore attuale netto | VAN | 22.045 | 32.063 |
| Tasso interno di rendimento | TIR | 14,7% | 21,1% |
| Indice di profitto | IP | 0,78 | 1,14 |

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

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

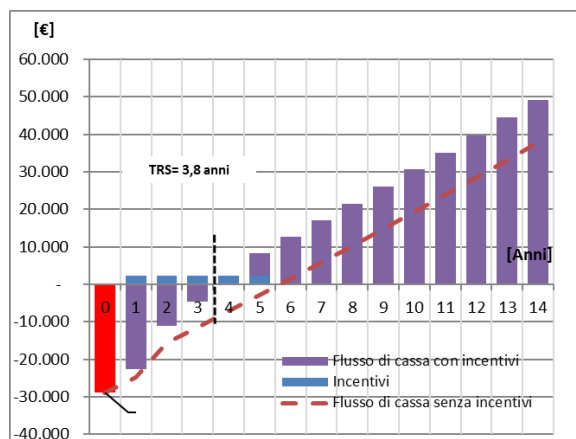
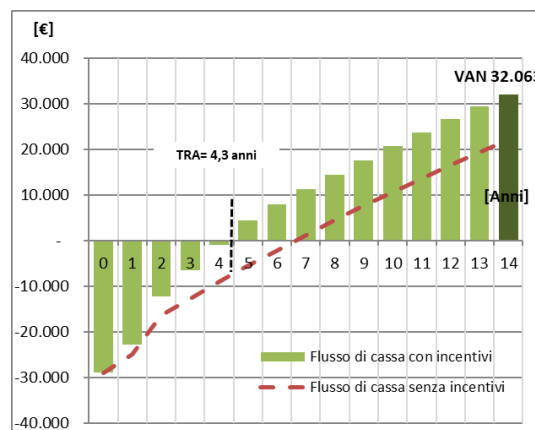


Figura 9.4 – EEM2: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento risulta economicamente vantaggioso con tempi di ritorno inferiori ai 15 anni.

EEM3: Cappotto termico

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

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

| PARAMETRO FINANZIARIO | | U.M. | VALORE |
|----------------------------------|------------------|------------------------|----------------------|
| Investimento Iniziale | I ₀ | € | 263.680 |
| Oneri Finanziari %I ₀ | OF | [%] | 3,0% |
| Aliquota IVA | %IVA | [%] | 22,0% |
| Anno recupero erariale IVA | n _{IVA} | anni | 3 |
| Vita utile | n | anni | 30 |
| Incentivo annuo | B | €/anno | 14.680 |
| Durata incentivo | n _B | anni | 5 |
| Tasso di attualizzazione | i | [%] | 3,5% |
| INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO | | VALORE SENZA INCENTIVI | VALORE CON INCENTIVI |
| Tempo di rientro semplice | TRS | 24,3 | 17,4 |

| | | | |
|-------------------------------|-----|----------|---------|
| Tempo di rientro attualizzato | TRA | 40,6 | 30,6 |
| Valore attuale netto | VAN | - 71.007 | - 5.654 |
| Tasso interno di rendimento | TIR | 1,3% | 3,8% |
| Indice di profitto | IP | -0,27 | -0,02 |

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

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

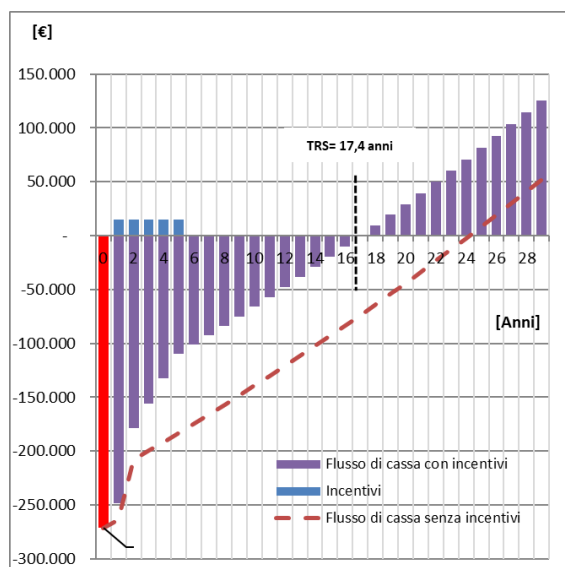
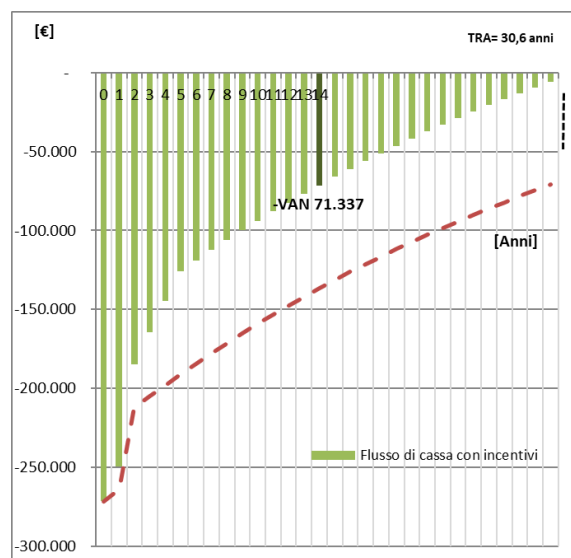


Figura 9.6 – EEM3: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento risulta non economicamente vantaggioso con tempi di ritorno superiori ai 25 anni.

Sintesi

La sintesi della valutazione economico – finanziaria delle EEM proposte è riportata nelle Tabella 9.7 e Tabella 9.8

Tabella 9.7 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso senza incentivi

| | SENZA INCENTIVI | | | | | | | | | | | |
|-------|-----------------|-------------------|--------------|-----------------|-----------------|--------------|--------|--------|--------|--------------|---------|--------|
| | % Δ_E | % Δ_{CO_2} | ΔC_E | ΔC_{MO} | ΔC_{MS} | I_0 | TRS | TRA | n | VAN | TIR | IP |
| | [%] | [%] | [€/anno] | [€/anno] | [€/anno] | [€] | [anni] | [anni] | [anni] | [€] | [%] | [-] |
| EEM 1 | 3% | 3% | 717,06 € | 172,81 € | 0,00 | 24.649,00 € | 21 | 23 | 8 | -16.717,44 € | -0,233 | -0,678 |
| EEM 2 | 18% | 18% | 4.012,88 € | 864,07 € | 91,9 | 28.130,26 € | 6 | 7 | 15 | 22.045,05 € | 0,147 | 0,784 |
| EEM 3 | 43% | 43% | 9.663,76 € | - € | 0,00 | 263.680,00 € | 24 | 41 | 30 | -71.006,94 € | 0,01335 | -0,269 |

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

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

- 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 senza l'accesso alle forme incentivanti solo l'intervento delle termovalvole sarebbe economicamente sostenibile.

Tabella 9.8 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso con incentivi

| | CON INCENTIVI | | | | | | | | | | | |
|-------|---------------|--------------------|--------------|-----------------|-----------------|-----------|--------|--------|--------|----------|--------|--------|
| | $\% \Delta E$ | $\% \Delta C_{O2}$ | ΔC_e | ΔC_{MO} | ΔC_{MS} | I_0 | TRS | TRA | n | VAN | TIR | IP |
| | [%] | [%] | [€/anno] | [€/anno] | [€/anno] | [€] | [anni] | [anni] | [anni] | [€] | [%] | [-] |
| EEM 1 | 3% | 3% | 717,1 | 172,8 | - | 24.649,0 | 10,3 | 11,6 | 8,0 | -7.938,7 | -0,078 | -0,322 |
| EEM 2 | 18% | 18% | 4.012,9 | 864,1 | 91,9 | 28.130,3 | 3,8 | 4,3 | 15,0 | 32.063,4 | 0,211 | 1,140 |
| EEM 3 | 43% | 43% | 9.663,8 | - | - | 263.680,0 | 17,4 | 30,6 | 30,0 | -5.654,2 | 0,038 | -0,021 |

Dall'analisi dei risultati emerge che grazie all'accesso alla forma incentivante del conto termico solo l'intervento EEM 2 risulta essere economicamente conveniente.

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

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

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

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

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

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

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

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

Nella formulazione del Piano Economico-Finanziario indicativo degli scenari ottimali, si è assunto che i capitali per la realizzazione degli interventi siano resi disponibili da un privato, con una ripartizione dell'investimento al 20% tramite mezzi propri (equity) ed all'80% tramite finanziamento terzi (debito).

Nel calcolo del VAN di Progetto il tasso di attualizzazione i usato coincide con il WACC (costo medio ponderato del capitale) ed è posto pari al 4%, sulla base della seguente equazione:

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

Dove:

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

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

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

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

Essi sono così definiti:

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

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

Dove:

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

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

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

Dove:

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

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

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

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

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

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

- **Scenario 1: EEM1+EEM2:** Tale scenario consiste nella realizzazione di sostituzione di corpi illuminanti e l'installazione di termovalvole con sostituzione del generatore di calore
- **Scenario 2: EEM1+EEM2+EEM3:** Tale scenario consiste nella sostituzione di corpi illuminanti, l'installazione di termovalvole con sostituzione del generatore di calore e cappotto termico.

9.3.1 Scenario 1: EEM1+EEM2

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

- EEM1: sostituzione corpi illuminanti
- EEM2: sostituzione generatore di calore ed installazione di termovalvole

Tabella 9.9 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 1

| VOCE INVESTIMENTO | TOTALE | IVA AI 22% | TOTALE |
|-------------------------------|-----------------|-----------------|----------------|
| | (IVA ESCLUSA) | | (IVA INCLUSA) |
| | [€] | [€] | [€] |
| EEM1 Fornitura & Posa | 18.333 | 4.033 | 22.366 |
| EEM2 Fornitura & Posa | 20.961 | 4.612 | 25.573 |
| Costi per la sicurezza | 1178,82 | 259,34 | 1438,16 |
| Costi per la progettazione | 2789,08 | 613,60 | 3402,68 |
| TOTALE (I₀) | 43.262 | 9.518 | 52.780 |
| VOCE MANUTENZIONE | C _{MO} | C _{MS} | C _M |
| | (IVA INCLUSA) | (IVA INCLUSA) | (IVA INCLUSA) |
| | [€] | [€] | [€] |
| EEM1 O&M | 3.283,49 | 918,77 | 4.202,26 |
| EEM2 O&M | 2.592 | 827 | 3.419 |
| TOTALE (C_M) | 2.592 | 827 | 3.419 |
| VOCE INCENTIVO | DESCRIZIONE | TOTALE | |
| | | (IVA INCLUSA) | |
| | | [€] | |
| Incentivi | [Conto termico] | 21.111,84 | |

Durata incentivi

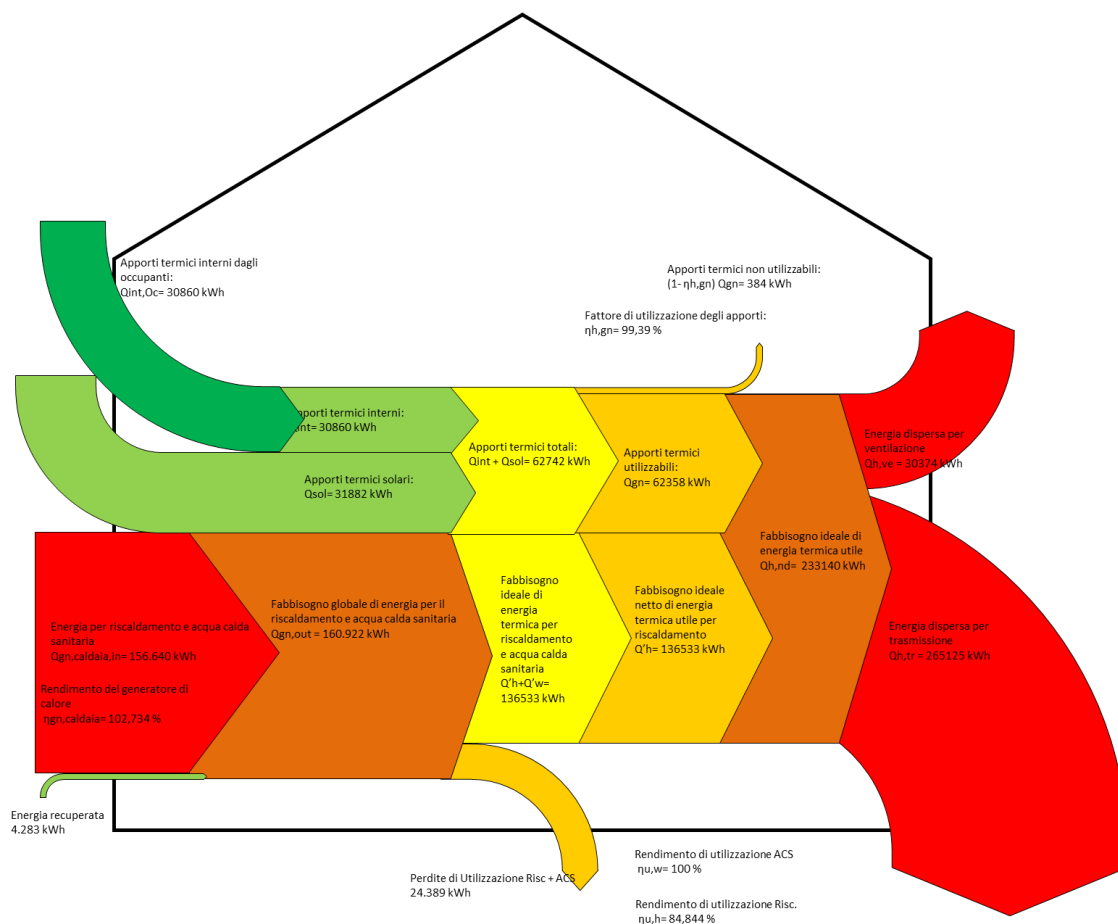
5

Incentivo annuo

4.222,37

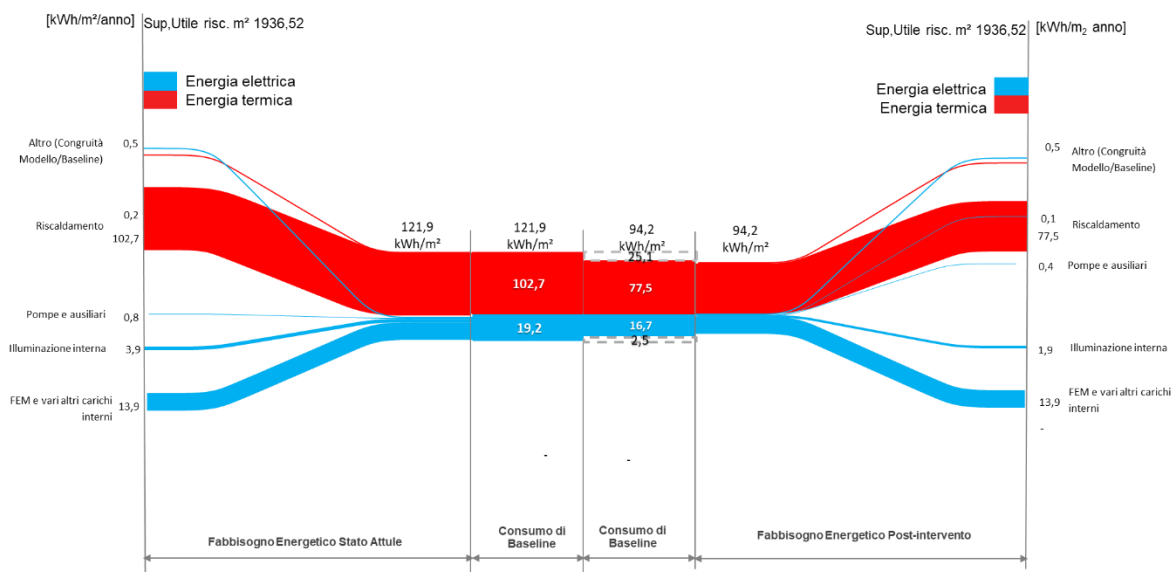
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare I risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di sankey relativo alle situazioni post-intervento.

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



Dall’analisi dei diagrammi di Sankey relativo al fabbisogno termico dell’edificio post intervento è possibile notare che il fabbisogno di energia primaria è notevolmente diminuito grazie al contributo del generatore di calore a condensazione.

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

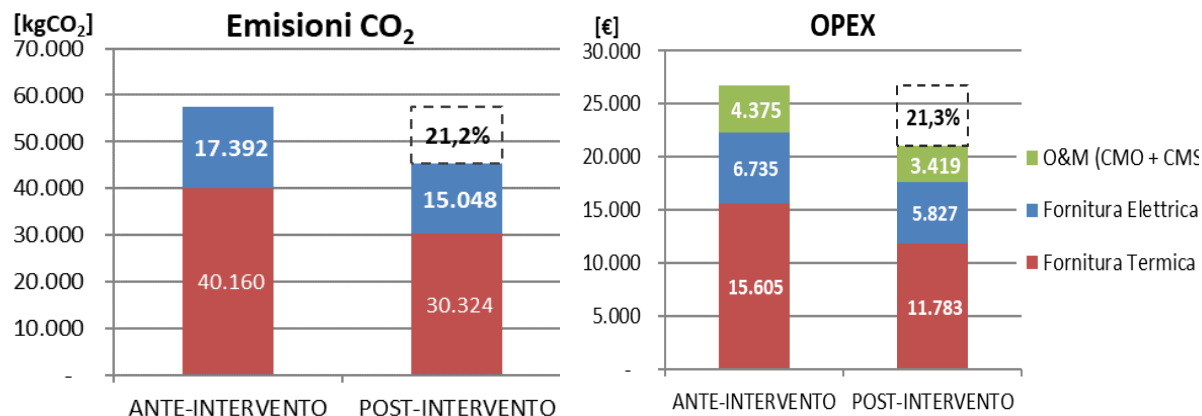


I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella Tabella 9.10 e nella Figura 9.9

Tabella 9.10 – Risultati analisi SCN1 – EEM1+EEM2

| CALCOLO RISPARMIO | U.M. | ANTE-INTERVENTO | POST-INTERVENTO | RIDUZIONE DAL BASELINE |
|---|---------------------------|-----------------|-----------------|------------------------|
| EM1 [Potenza Corpi illuminanti] | [W] | 116 | 48 | 58,6% |
| EM2 [Rendimento di regolazione] | [%] | 96 | 99 | -3,1% |
| EEM2 [Rendimento caldaia] | [%] | 91,45 | 103 | 18,79% |
| $Q_{teorico}$ | [kWh] | 207.447 | 156.640 | 24,5% |
| $E_{teorico}$ | [kWh] | 36.353 | 31.453 | 13,5% |
| $Q_{baseline}$ | [kWh] | 198.814 | 150.121 | 24,5% |
| $E_{baseline}$ | [kWh] | 37.243 | 32.223 | 13,5% |
| Emiss. CO2 Termico | [kgCO ₂] | 40.160 | 30.324 | 24,5% |
| Emiss. CO2 Elettrico | [kgCO ₂] | 17.392 | 15.048 | 13,5% |
| Emiss. CO2 TOT | [kgCO₂] | 57.553 | 45.372 | 21,2% |
| Fornitura Termica, C_Q | [€] | 15.605 | 11.783 | 24,5% |
| Fornitura Elettrica, C_E | [€] | 6.735 | 5.827 | 13,5% |
| Fornitura Energia, C_E | [€] | 22.340 | 17.610 | 21,2% |
| C_{MO} | [€] | 3.456 | 2.592 | 25,0% |
| C_{MS} | [€] | 919 | 827 | 10,0% |
| O&M ($C_{MO} + C_{MS}$) | [€] | 4.375 | 3.419 | 21,9% |

| | | | | |
|-------------------|-----|--------|--------|----------|
| OPEX | [€] | 26.715 | 21.029 | 21,3% |
| Classe energetica | [-] | F | E | 1 classi |

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

E' stato quindi possibile presentare un modello semplificato di Piano Economico Finanziario (PEF) indicativo, i cui calcoli di dettaglio sono riportati all'Allegato L – Piano Economico Finanziario scenari. I risultati dell'analisi sono riportati nella Tabella 9.11, Tabella 9.12 e Tabella 9.13 e nelle successive figure.

Tabella 9.11 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN1– EEM1+EEM2

| PARAMETRI FINANZIARI | | |
|--|---------------|-----------|
| Anni Costruzione | n_i | 1,00 |
| Anni Gestione Servizio | n_s | 14,00 |
| Anni Concessione | n | 15,00 |
| Anno inizio Concessione | n_o | 2.020,00 |
| Anni dell'ammortamento | n_A | 10,00 |
| Saggio Cassa Deposito e Prestiti | k_{CdP} | 0,02 |
| Costo Capitale Azienda | WACC | 0,04 |
| $k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CdP})$ | $k_{pogetto}$ | 0,04 |
| Inflazione ISTAT | f | 0,01 |
| deriva dell'inflazione | f' | 0,01 |
| %, interessi debito | k_D | 0,04 |
| %, interessi equity | k_E | 0,09 |
| Aliquota IRES | IRES | 0,24 |
| Aliquota IRAP | IRAP | 0,04 |
| Aliquota fiscale | τ | 0,28 |
| Anni debito (finanziamento) | n_D | 8,00 |
| Anni Equity | n_E | 14,00 |
| Costi d'Investimento diretti, IVA incl. | I_o | 52.779,26 |
| Oneri Finanziari (costi indiretti) | %Of | 0,03 |
| Costi d'Investimento indiretti, IVA incl. | Of | 1.583,38 |
| Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl. | CAPEX | 54.362,64 |
| %CAPEX a Debito | D | 0,80 |
| %CAPEX a Equity | E | 0,20 |
| Debito | I_D | 43.490,11 |
| Equity | I_E | 10.872,53 |

| | | |
|--|-------------------------|-----------|
| Fattore di annualità Debito | FA_D | 6,88 |
| Rata annua debito | q_D | 6.317,13 |
| Costo finanziamento, (D+INT _D) | $q_D * n_D$ | 50.537,02 |
| Costi per interessi debito, INT _D | $INT_D = q_D * n_D - D$ | 7.046,91 |

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

| PARAMETRI ECONOMICI | | |
|---|-------------------|-----------|
| Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl. | C_{E0} | 22.339,67 |
| Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl. | C_{M0} | 4.375,07 |
| Spesa PA pre-intervento (Baseline) | $C_{Baseline}$ | 26.714,74 |
| Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl. | C_{Altro} | 0,00 |
| Riduzione% costi fornitura Energia | $\% \Delta C_E$ | 0,21 |
| Riduzione% costi O&M | $\% \Delta C_M$ | 0,22 |
| Obiettivo riduzione spesa PA | $\% C_{Baseline}$ | 0,05 |
| Risparmio annuo PA garantito | 45,6% | 3.888,31 |
| Risparmio annuo PA immediato durante la gestione | Risp.IM | 1.335,74 |
| Risparmio PA durante la concessione | 14% | 65.455,13 |
| Risparmio annuo PA al termine della concessione | Risp.Term. | 6.813,37 |
| N° di Canoni annuali | anni | 14,00 |
| Utile lordo della ESCO | $\% CAPEX$ | 0,09 |
| Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl. | C_{ESCO} | 353,98 |
| Costi FTT €/anno IVA escl. | C_{FTT} | 503,35 |
| Costi CAPEX €/anno IVA escl. | C_{CAPEX} | 1.695,24 |
| Canone O&M €/anno | CnM | 3.547,88 |
| Canone Energia €/anno | CnE | 19.278,55 |
| Canone Servizi €/anno IVA escl. | CnS | 22.826,43 |
| Canone Disponibilità €/anno IVA escl. | CnD | 2.552,57 |
| Canone Totale €/anno IVA escl. | Cn | 25.379,00 |
| Aliquota IVA % | IVA | 0,22 |
| Rimborso erariale IVA | R_{IVA} | 9.517,57 |
| Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA | R_B | 21.111,74 |
| Durata Incentivi, anni | n_B | 5,00 |
| Inizio erogazione Incentivi, anno | | 2.022,00 |

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

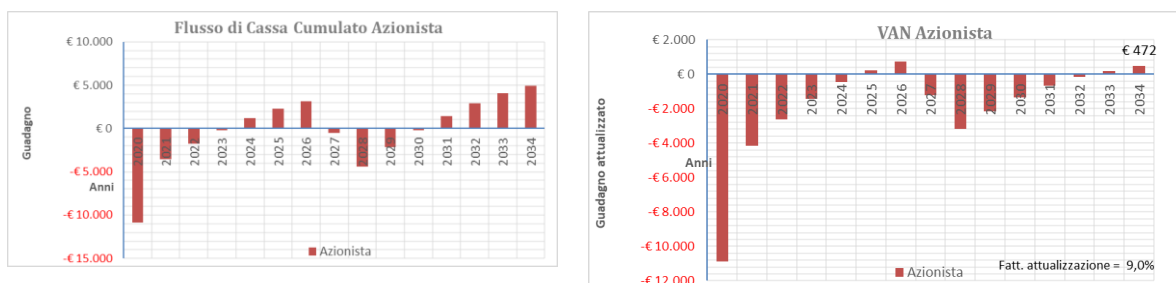
| INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE | | |
|--|------------|----------|
| Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni | T.R.S. | 7,92 |
| Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni | T.R.A. | 12,70 |
| Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io | VAN > 0 | 1.486,47 |
| Tasso interno di rendimento del progetto | TIR > WACC | 0,05 |
| Indice di Profitto | IP | 0,03 |
| INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE | | |
| Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni | T.R.S. | 7,87 |
| Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni | T.R.A. | 13,05 |
| Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io | VAN > 0 | 471,56 |
| Tasso interno di rendimento dell'azionista | TIR > ke | 0,11 |
| Debit Service Cover Ratio | DSCR < 1,3 | 1,07 |

| | | |
|------------------------------|----------|------|
| Loan Life Cover Ratio | LLCR > 1 | 1,04 |
| Indice di Profitto Azionista | IP | 0,01 |

Figura 9.10 –SCN1: Flussi di cassa del progetto



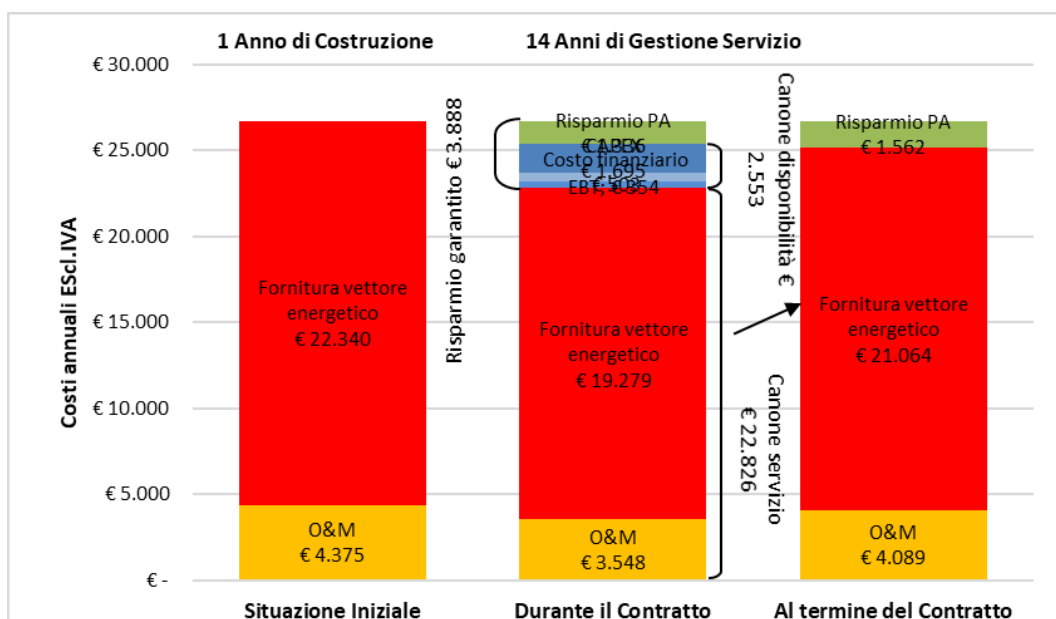
Figura 9.11 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



Dall’analisi effettuata è emerso che lo scenario di interventi risulta conveniente per entrambi i soggetti, Direzione scolastica ed ESCO.

Infine si è provveduto all’identificazione del possibile canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale con incentivi attraverso la partecipazione di ESCO secondo lo schema di EPC descritto in Figura 9.12.

Figura 9.12 – Scenario 1: Schema di Energy Performance Contract



9.3.2 Scenario 2: EEM1+EEM2+EEM3:

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

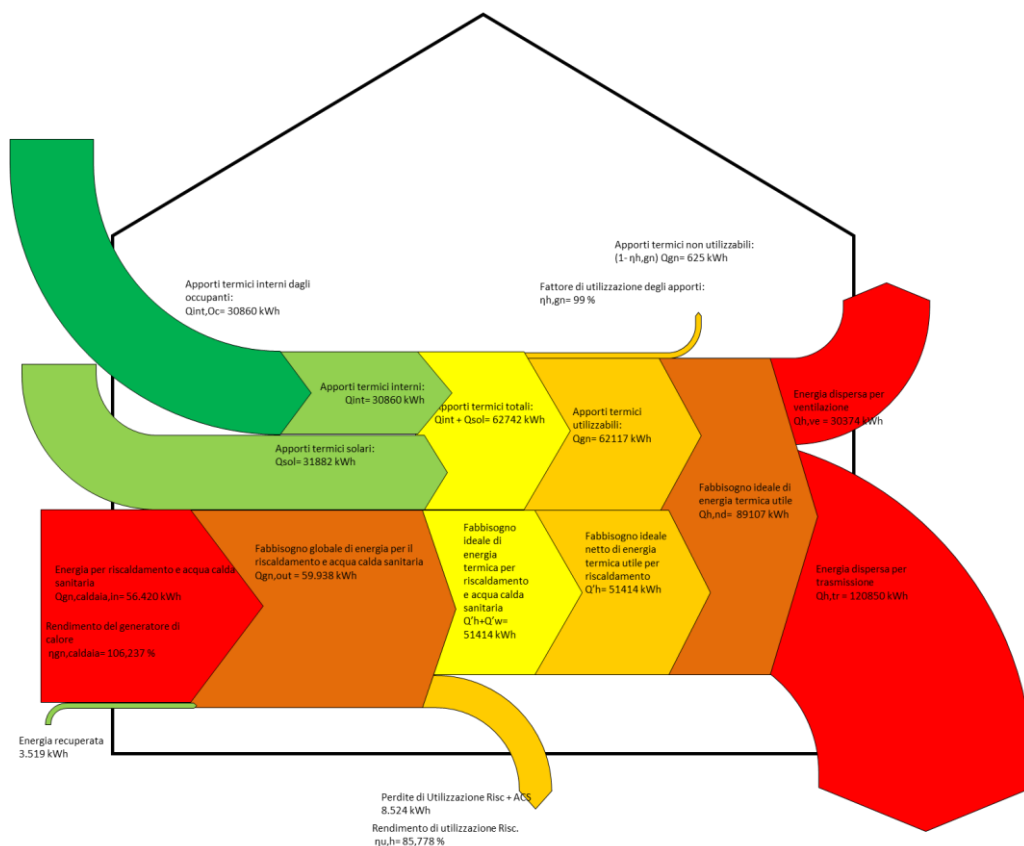
- EEM1: sostituzione corpi illuminanti
- EEM2: sostituzione generatore di calore ed installazione di termovalvole
- EEM3: cappotto termico

Tabella 9.14 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 2

| VOCE INVESTIMENTO | TOTALE | IVA AI 22% | TOTALE |
|-------------------------------|------------------------|------------------|-------------------|
| | (IVA ESCLUSA) | | (IVA INCLUSA) |
| | [€] | [€] | [€] |
| EEM1 Fornitura & Posa | 18.333 | 4.033 | 22.366 |
| EEM2 Fornitura & Posa | 20.961 | 4.612 | 25.573 |
| EEM3 Fornitura & Posa | 184.838 | 40.664 | 225.503 |
| Costi per la sicurezza | 6.723,97 | 1.479,27 | 8.203,24 |
| Costi per la progettazione | 15.727,76 | 3.460,11 | 19.187,87 |
| TOTALE (I₀) | 246.584,08 | 54.248,50 | 300.832,57 |
| VOCE MANUTENZIONE | C _{MO} | C _{MS} | C _M |
| | (IVA INCLUSA) | (IVA INCLUSA) | (IVA INCLUSA) |
| | [€] | [€] | [€] |
| EEM1 O&M | 3.283,49 | 918,77 | 4.202,26 |
| EEM2 O&M | 2.765,05 | 872,83 | 3.637,87 |
| EEM3 O&M | 3.456 | 919 | 4.735 |
| TOTALE (C_M) | 2.765,05 | 872,83 | 3.637,87 |
| VOCE INCENTIVO | DESCRIZIONE | TOTALE | |
| | | (IVA INCLUSA) | |
| | | [€] | |
| Incentivi | [Conto termico] | 94.511,84 | |
| Durata incentivi | | 5,00 | |
| Incentivo annuo | | 18.902,37 | |

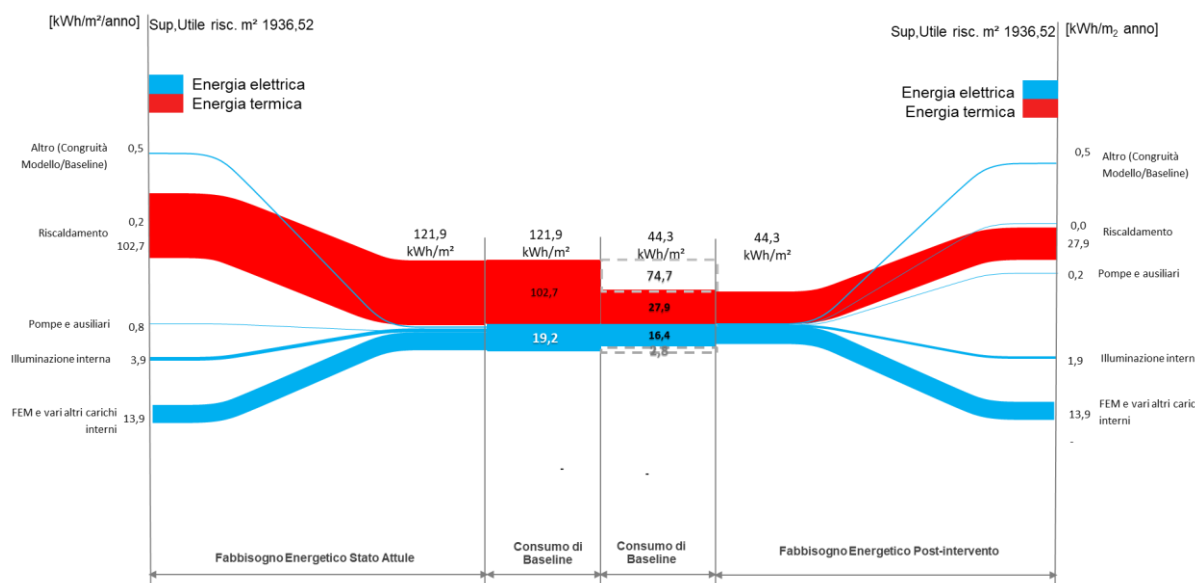
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di sankey relativo alle situazioni post-intervento.

Figura 9.13 – SCN2: Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico post intervento



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

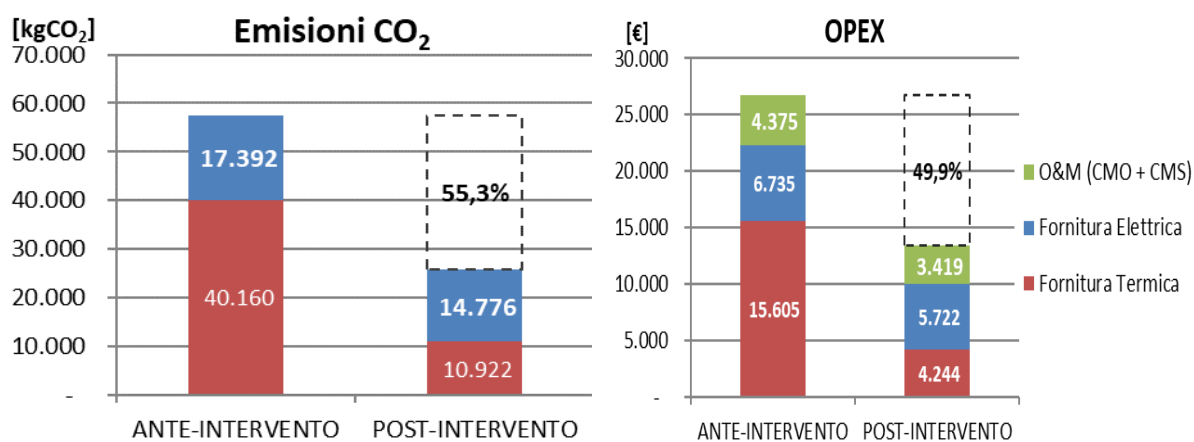
Figura 9.14 – SCN2: Bilancio energetico complessivo dell’edificio post intervento



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

Tabella 9.15 – Risultati analisi SCN2 – EEM1+EEM2+EEM3

| CALCOLO RISPARMIO | U.M. | ANTE-INTERVENTO | POST-INTERVENTO | RIDUZIONE DAL BASELINE |
|--|---------------------------|-----------------|-----------------|------------------------|
| EM1 [Potenza Corpi illuminanti] | [W] | 116 | 48 | 58,6% |
| EM2 [Rendimento di regolazione] | [%] | 96 | 99 | -3,1% |
| EEM2 [Rendimento caldaia] | [%] | 91,45 | 103 | 18,79% |
| EM4 [Trasmittanza parete verticale] | W/mqK] | 2,2 | 0,223 | 89,9% |
| Q _{teorico} | [kWh] | 207.447 | 56.420 | 72,8% |
| EE _{teorico} | [kWh] | 36.353 | 30.885 | 15,0% |
| Q _{baseline} | [kWh] | 198.814 | 54.072 | 72,8% |
| EE _{baseline} | [kWh] | 37.243 | 31.641 | 15,0% |
| Emiss. CO2 Termico | [kgCO ₂] | 40.160 | 10.922 | 72,8% |
| Emiss. CO2 Elettrico | [kgCO ₂] | 17.392 | 14.776 | 15,0% |
| Emiss. CO2 TOT | [kgCO₂] | 57.553 | 25.699 | 55,3% |
| Fornitura Termica, C _Q | [€] | 15.605 | 4.244 | 72,8% |
| Fornitura Elettrica, C _{EE} | [€] | 6.735 | 5.722 | 15,0% |
| Fornitura Energia, C_E | [€] | 22.340 | 9.966 | 55,4% |
| C _{MO} | [€] | 3.456 | 2.592 | 25,0% |
| C _{MS} | [€] | 919 | 827 | 10,0% |
| O&M (C _{MO} + C _{MS}) | [€] | 4.375 | 3.419 | 21,9% |
| OPEX | [€] | 26.715 | 13.385 | 49,9% |
| Classe energetica | [-] | F | C | +3 classi |
| Q _{teorico} | [kWh] | 207.447 | 56.420 | 72,8% |

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


E' stato quindi possibile presentare un modello semplificato di Piano Economico Finanziario (PEF) indicativo, i cui calcoli di dettaglio sono riportati all' Allegato L – Piano Economico Finanziario scenari. I risultati dell'analisi sono riportati nella Tabella 9.16, Tabella 9.17 e Tabella 9.18 e nelle successive figure.

Tabella 9.16 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN2– EEM1+EEM2+EEM3

| PARAMETRI FINANZIARI | | |
|-------------------------|----------------|----------|
| Anni Costruzione | n _i | 1,00 |
| Anni Gestione Servizio | n _s | 24,00 |
| Anni Concessione | n | 25,00 |
| Anno inizio Concessione | n _o | 2.020,00 |
| Anni dell'ammortamento | n _a | 10,00 |

| | | |
|--|---|------------|
| Saggio Cassa Deposito e Prestiti | k_{CdP} | 0,02 |
| Costo Capitale Azienda | WACC | 0,04 |
| $k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CdP})$ | $k_{progetto}$ | 0,04 |
| Inflazione ISTAT | f | 0,01 |
| deriva dell'inflazione | f' | 0,01 |
| %, interessi debito | k_D | 0,04 |
| %, interessi equity | k_E | 0,09 |
| Aliquota IRES | IRES | 0,24 |
| Aliquota IRAP | IRAP | 0,04 |
| Aliquota fiscale | τ | 0,28 |
| Anni debito (finanziamento) | n_D | 12,00 |
| Anni Equity | n_E | 24,00 |
| Costi d'Investimento diretti, IVA incl. | I_D | 316.459,26 |
| Oneri Finanziari (costi indiretti) | %Of | 0,03 |
| Costi d'Investimento indiretti, IVA incl. | Of | 9.493,78 |
| Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl. | CAPEX | 325.953,04 |
| %CAPEX a Debito | D | 0,80 |
| %CAPEX a Equity | E | 0,20 |
| Debito | I_D | 260.762,43 |
| Equity | I_E | 65.190,61 |
| Fattore di annualità Debito | FA_D | 9,62 |
| Rata annua debito | q_D | 27.120,04 |
| Costo finanziamento, (D+INT _D) | $q_D * n_D$ | 325.440,52 |
| Costi per interessi debito, INT _D | INT_D=$q_D * n_D - D$ | 64.678,09 |

Tabella 9.17 – Parametri Economici dell'analisi di redditività dello SCN2

| PARAMETRI ECONOMICI | | |
|---|-----------------------------------|------------|
| Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl. | C_{E0} | 22.340,00 |
| Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl. | C_{M0} | 4.375,07 |
| Spesa PA pre-intervento (Baseline) | $C_{Baseline}$ | 26.715,07 |
| Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl. | C_{Altro} | 0,00 |
| Riduzione% costi fornitura Energia | %ΔC_E | 0,55 |
| Riduzione% costi O&M | %ΔC_M | 0,22 |
| Obiettivo riduzione spesa PA | %$C_{Baseline}$ | 0,00 |
| Risparmio annuo PA garantito | 45,6% | 11.465,68 |
| Risparmio annuo PA immediato durante la gestione | Risp.IM | 0,00 |
| Risparmio PA durante la concessione | 14% | 124.571,57 |
| Risparmio annuo PA al termine della concessione | Risp.Term. | 17.983,12 |
| N° di Canoni annuali | anni | 24,00 |
| Utile lordo della ESCO | %CAPEX | 0,11 |
| Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl. | C_{ESCO} | 1.505,14 |
| Costi FTT €/anno IVA escl. | C_{FTT} | 2.694,92 |
| Costi CAPEX €/anno IVA escl. | C_{CAPEX} | 7.265,62 |
| Canone O&M €/anno | C_{nM} | 3.638,91 |
| Canone Energia €/anno | C_{nE} | 11.610,48 |
| Canone Servizi €/anno IVA escl. | C_{nS} | 15.249,39 |
| Canone Disponibilità €/anno IVA escl. | C_{nD} | 11.465,68 |
| Canone Totale €/anno IVA escl. | C_n | 26.715,07 |
| Aliquota IVA % | IVA | 0,22 |

| | | |
|-----------------------------------|------------------------|-----------|
| Rimborso erariale IVA | R_{IVA} | 57.066,42 |
| Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA | R_B | 94.511,74 |
| Durata Incentivi, anni | n_B | 5,00 |
| Inizio erogazione Incentivi, anno | | 2.022,00 |

Tabella 9.18 – Risultati dell’analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN2

| INDICATORI DI REDDITIVITÀ DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE | | |
|--|----------------------|------------|
| Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni | T.R.S. | 15,25 |
| Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni | T.R.A. | 27,93 |
| Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io | VAN > 0 | -10.940,25 |
| Tasso interno di rendimento del progetto | TIR > WACC | 0,03 |
| Indice di Profitto | IP | -0,03 |
| INDICATORI DI REDDITIVITÀ DELLA ESCO PRE-IMPOSTE | | |
| Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni | T.R.S. | 21,32 |
| Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni | T.R.A. | 43,54 |
| Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io | VAN > 0 | -22.462,36 |
| Tasso interno di rendimento dell'azionista | TIR > ke | 0,03 |
| Debit Service Cover Ratio | DSCR < 1,3 | 0,91 |
| Loan Life Cover Ratio | LLCR > 1 | 1,13 |
| Indice di Profitto Azionista | IP | -0,07 |

Figura 9.16 – SCN2: Flussi di cassa del progetto

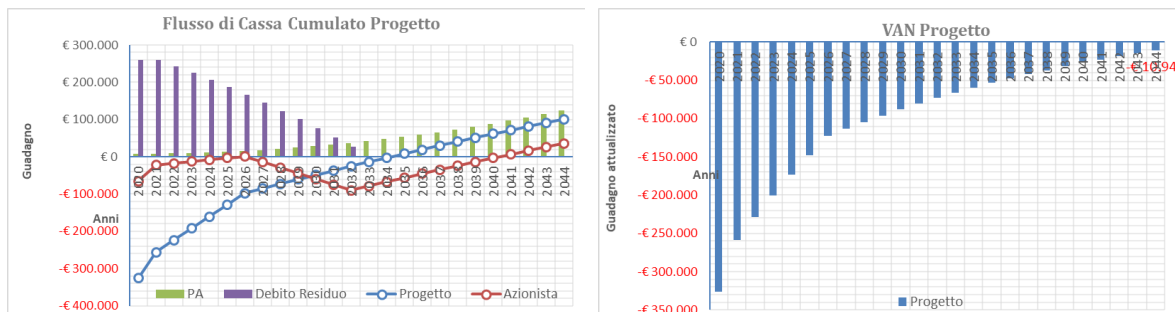
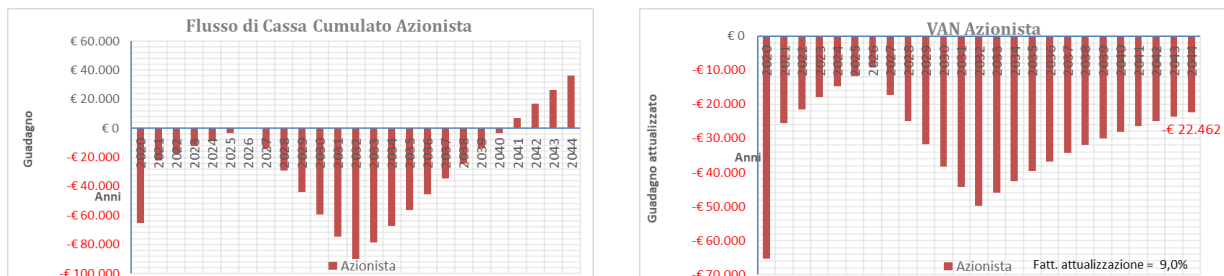


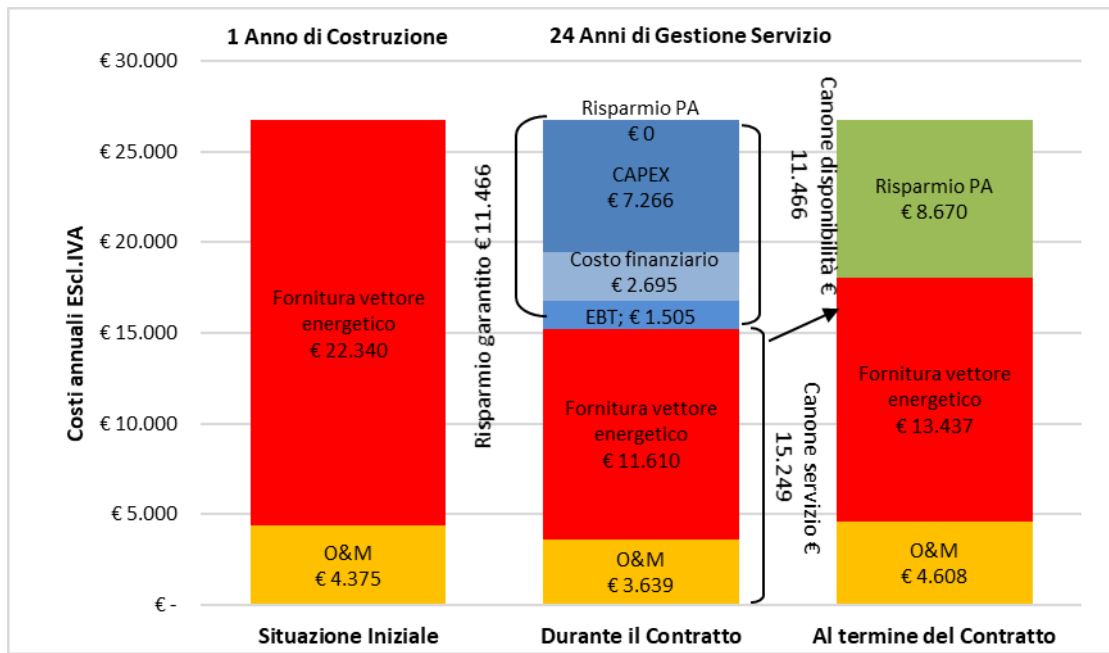
Figura 9.17 – SCN2: Flussi di cassa dell'azionista



Dall’analisi effettuata è emerso che lo scenario di interventi risulta non conveniente per entrambi gli operatori.

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

Figura 9.18 – Scenario 2: Schema di Energy Performance Contract



10 CONCLUSIONI

10.1 RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA

Dalle analisi e dai sopralluoghi effettuati presso la *Scuola Media “Dante Alighieri”* è risultato che l’edificio, presenta buoni margini di efficientamento; in particolare l’impianto di riscaldamento che, pur presentandosi in buone condizioni manutentive, è ormai obsoleto e presenta elementi caratterizzati da limitate performance.

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

10.2 RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI

Gli interventi di efficientamento previsti per la struttura interessano l’involucro, l’impianto di illuminazione e l’impianto di climatizzazione, dalla sostituzione del generatore all’efficientamento dei sottosistemi di distribuzione, regolazione ed emissione.

Poiché l’edificio, pur trovandosi in buone condizioni manutentive, risulta essere dotato di elementi costruttivi ed impiantistici obsoleti, entrambi gli scenari di intervento proposti consentono un rientro degli interventi in tempi non conformi alle richieste della committenza.

10.3 CONCLUSIONI E COMMENTI

La scuola è risultata essere, dal punto di vista impiantistico, in un buono stato manutentivo ma con componenti caratterizzati da scarsi rendimenti a causa della loro vetustà.

Per quanto concerne l’involucro gli standard prestazionali sono decisamente inferiori: se la parte relativa ai serramenti risulta buona, in quanto sono presenti serramenti in vetrocamera con vetri doppi, è sulle pareti verticali che si registrano le maggiori criticità.

Tutti questi fattori fanno sì che l’edificio sia particolarmente disperdente e che un ulteriore efficientamento del fabbricato non che può prescindere dall’isolamento con cappotto termico; questa tipologia di intervento richiede tuttavia elevati importi, spesso non conciliabili con i tempi di ritorno attesi dalla Committenza.

ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITENZA

| | Titolo | Data | Nome file |
|-----------------------|---|------------|----------------------------------|
| Planimetrie Involucro | TAVOLA DI INQUADRAMENTO | 26/11/2017 | E00865.dwg |
| Planimetrie Involucro | TAVOLA PERTINENZE EDIFICIO CIVILE | 26/11/2017 | PIANTP.dwg |
| Planimetrie Involucro | TAVOLA PIANO PRIMO EDIFICIO SCOLASTICO/SOCIALE | 26/11/2017 | PIAN1.dwg |
| Planimetrie Involucro | TAVOLA PIANO SOTTO STRADA EDIFICIO SCOLASTICO/SOCIALE | 26/11/2017 | PIAN1SS.dwg |
| Planimetrie Involucro | TAVOLA PIANO SECONDO EDIFICIO SCOLASTICO/SOCIALE | 26/11/2017 | PIAN2.dwg |
| Planimetrie Involucro | TAVOLA PIANO COPERTURA EDIFICIO SCOLASTICO/SOCIALE | 26/11/2017 | PIANC.dwg |
| Planimetrie Involucro | TAVOLA PIANO TERRA EDIFICIO SCOLASTICO / SOCIALE | 26/11/2017 | PIANT.dwg |
| Planimetrie Termici | CENSIMENTO – CENTRALE TERMICA | 26/11/2017 | 063-S01-001-CENTRALE TERMICA.dwg |
| Planimetrie Termici | CENSIMENTO – PIANO 00 | 26/11/2017 | L1-042-063-P00.dwg |
| Planimetrie Termici | CENSIMENTO – PIANO 01 | 26/11/2017 | L1-042-063-P01.dwg |
| Planimetrie Termici | CENSIMENTO – PIANO 02 | 26/11/2017 | L1-042-063-P02.dwg |
| Planimetrie Termici | CENSIMENTO – PIANO SOTTO STRADA | 26/11/2017 | L1-042-063-S01.dwg |
| Checklist Termici | L1-042-063-P00-Checklist | 26/11/2017 | L1-042-063-P00-Checklist.xlsx |
| Checklist Termici | L1-042-033-P01-Checklist | 26/11/2017 | L1-042-063-P01-Checklist.xlsx |
| Checklist Termici | L1-042-063-P02-Checklist | 26/11/2017 | L1-042-063-P02-Checklist.xlsx |
| Checklist Termici | L1-042-063-S01-Checklist | 26/11/2017 | L1-042-063-S01-Checklist.xlsx |
| Bollette EE | POD:IT001E00096305 Fattura dal 01-10-13 al 31-01-14 | 08/11/2017 | 5700065497 |
| Bollette EE | POD:IT001E00096305 Fattura dal 01-01-14 al 28-02-14 | 08/11/2017 | 5700098222 |
| Bollette EE | POD:IT001E00096305 Fattura dal 01-02-14 al 31-03-14 | 08/11/2017 | 5700134953 |
| Bollette EE | POD:IT001E00096305 Fattura dal 01-03-14 al 30-04-14 | 08/11/2017 | 5700176198 |
| Bollette EE | POD:IT001E00096305 Fattura dal 01-04-14 al 31-05-14 | 08/11/2017 | 5700214976 |
| Bollette EE | POD:IT001E00096305 Fattura dal 01-05-14 al 30-06-14 | 08/11/2017 | 5700248943 |
| Bollette EE | POD:IT001E00096305 Fattura dal 01-08-14 al 31-08-14 | 08/11/2017 | 5700291175 |
| Bollette EE | POD:IT001E00096305 Fattura dal 01-08-14 al 30-09-14 | 08/11/2017 | 5700345592 |
| Bollette EE | POD:IT001E00096305 Fattura dal 01-09-14 al 30-11-14 | 08/11/2017 | 5700411925 |
| Bollette EE | POD:IT001E00096305 Fattura dal 01-10-14 al 31-10-14 | 08/11/2017 | 5700373692 |
| Bollette EE | POD:IT001E00096305 Fattura dal 01-11-14 al 30-11-14 | 08/11/2017 | 5700492869 |
| Bollette EE | POD:IT001E00096305 Fattura dal 01-12-14 al 31-12-14 | 08/11/2017 | 5700492869 |
| Bollette EE | POD:IT001E00122345 Fattura dal 01-10-13 al 31-01-14 | 08/11/2017 | 5700065497 |
| Bollette EE | POD:IT001E00122345 Fattura dal 01-01-14 al 28-02-14 | 08/11/2017 | 5700098222 |
| Bollette EE | POD:IT001E00122345 Fattura dal 01-02-14 al 31-03-14 | 08/11/2017 | 5700134953 |
| Bollette EE | POD:IT001E00122345 Fattura dal 01-03-14 al 30-04-14 | 08/11/2017 | 5700176198 |
| Bollette EE | POD:IT001E00122345 Fattura dal 01-04-14 al 31-05-14 | 08/11/2017 | 5700214976 |
| Bollette EE | POD:IT001E00122345 Fattura dal 01-05-14 al 30-06-14 | 08/11/2017 | 5700248943 |
| Bollette EE | POD:IT001E00122345 Fattura dal 01-08-14 al 31-08-14 | 08/11/2017 | 5700291175 |
| Bollette EE | POD:IT001E00122345 Fattura dal 01-08-14 al 30-09-14 | 08/11/2017 | 5700345592 |
| Bollette EE | POD:IT001E00122345 Fattura dal 01-10-14 al 31-10-14 | 08/11/2017 | 5700373692 |
| Bollette EE | POD:IT001E00122345 Fattura dal 01-10-14 al 30-11-14 | 08/11/2017 | 5700411925 |
| Bollette EE | POD:IT001E00122345 Fattura dal 01-11-14 al 30-11-14 | 08/11/2017 | 5700492869 |
| Bollette EE | POD:IT001E00122345 Fattura dal 01-12-14 al 31-12-14 | 08/11/2017 | 5700492869 |
| Bollette EE | POD:IT001E00096305 Fattura dal 01-01-15 al 31-01-15 | 08/11/2017 | 5700492869 |
| Bollette EE | POD:IT001E00096305 Fattura dal 01-01-15 al 31-01-15 | 08/11/2017 | 5700544104 |
| Bollette EE | POD:IT001E00096305 Fattura dal 01-02-15 al 28-02-15 | 08/11/2017 | 5750082199 |
| Bollette EE | POD:IT001E00096305 Fattura dal 01-04-15 al 30-04-15 | 08/11/2017 | E000140845 |
| Bollette EE | POD:IT001E00096305 Fattura dal 01-05-15 al 31-05-15 | 08/11/2017 | E000175673 |
| Bollette EE | POD:IT001E00096305 Fattura dal 01-06-15 al 30-06-15 | 08/11/2017 | E000234066 |
| Bollette EE | POD:IT001E00096305 Fattura dal 01-09-15 al 30-09-15 | 08/11/2017 | E000386677 |
| Bollette EE | POD:IT001E00096305 Fattura dal 01-10-15 al 30-10-15 | 08/11/2017 | E000432864 |
| Bollette EE | POD:IT001E00096305 Fattura dal 01-11-15 al 30-11-15 | 08/11/2017 | E000483583 |
| Bollette EE | POD:IT001E00096305 Fattura dal 01-12-15 al 31-12-15 | 08/11/2017 | E000018558 |
| Bollette EE | POD:IT001E00096305 Fattura dal 01-01-16 al 31-01-16 | 08/11/2017 | E000084138 |
| Bollette EE | POD:IT001E00096305 Fattura dal 01-02-16 al 21-02-16 | 08/11/2017 | E000334605 |
| Bollette EE | POD:IT001E00096305 Fattura dal 01-03-16 al 31-03-16 | 08/11/2017 | E000194174 |

| Titolo | | Data | Nome file |
|-------------|---|------------|--------------|
| Bollette EE | POD:IT001E00096305 Fattura dal 01-04-16 al 30-04-16 | 08/11/2017 | 11640025275 |
| Bollette EE | POD:IT001E00096305 Fattura dal 01-04-16 al 30-09-16 | 08/11/2017 | 011640087941 |
| Bollette EE | POD:IT001E00096305 Fattura dal 01-06-16 al 30-06-16 | 08/11/2017 | 011640048519 |
| Bollette EE | POD:IT001E00096305 Fattura dal 01-07-16 al 31-07-16 | 08/11/2017 | 011640060830 |
| Bollette EE | POD:IT001E00096305 Fattura dal 01-08-16 al 31-08-16 | 08/11/2017 | 011640074903 |
| Bollette EE | POD:IT001E00096305 Fattura dal 01-08-16 al 30-11-16 | 08/11/2017 | 011640126636 |
| Bollette EE | POD:IT001E00096305 Fattura dal 01-10-16 al 31-10-16 | 08/11/2017 | 011640100078 |
| Bollette EE | POD:IT001E00122345 Fattura dal 01-04-16 al 30-04-16 | 08/11/2017 | 011640025275 |
| Bollette EE | POD:IT001E00122345 Fattura dal 01-06-16 al 30-06-16 | 08/11/2017 | 011640048519 |
| Bollette EE | POD:IT001E00122345 Fattura dal 01-07-16 al 31-07-16 | 08/11/2017 | 011640060830 |
| Bollette EE | POD:IT001E00122345 Fattura dal 01-08-16 al 31-08-16 | 08/11/2017 | 011640074903 |
| Bollette EE | POD:IT001E00122345 Fattura dal 01-10-16 al 31-10-16 | 08/11/2017 | 011640100078 |

ALLEGATO B – ELABORATI

| Titolo | Descrizione | Data | Nome file |
|---------------------------|--|---------|---|
| Fotografie da sopralluogo | Fotografie da sopralluogo | 06/2018 | ALLEGATO B_Lotto.6 – E0865_Foto da 1 a 14 |
| Contatori | Planimetria scala 1:100 - 1:200 con posizione impianti e contatori | 07/2018 | ALLEGATO B_Lotto.6 – E0865_Contatori |
| Zone termiche | Planimetria scala 1:100 - 1:200 con individuazione delle diverse zone termiche, degli spazi riscaldati e non riscaldati e delle diverse destinazioni d'uso | 07/2018 | ALLEGATO B_Lotto.6 – E0865_ZoneTermiche |
| Impianto Elettrico | Diagramma a blocchi impianto elettrico conforme allo stato di fatto | 07/2018 | ALLEGATO B_Lotto.6 – E0865_Impianto Elettrico |
| Impianto termico | Diagramma a blocchi impianto termico conforme allo stato di fatto | 07/2018 | ALLEGATO B_Lotto.6 – E0865_ImpiantoTermico |
| Calcolo Elettrico | Dettaglio di calcolo del modello elettrico | 07/2018 | ALLEGATO B_Lotto.6 – E0865_CalcoloElettrico |

ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

| Titolo | Data | Nome file |
|---------------------------------|---------|----------------------------|
| Report di indagine termografica | 06/2018 | ALLEGATO C_Lotto.6 – E0865 |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI

| Titolo | Data | Nome file |
|---|---------|----------------------------|
| Report relativi ad altre prove diagnostiche strumentali | 06/2018 | ALLEGATO D_Lotto.6 – E0865 |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI

| Titolo | Data | Nome file |
|------------------------------------|---------|----------------------------|
| Relazione di dettaglio dei calcoli | 06/2018 | ALLEGATO E_Lotto.6 – E0865 |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

| Titolo | Data | Nome file |
|--------------------------|---------|----------------------------|
| Certificato CTI software | 06/2018 | ALLEGATO F_Lotto.6 – E0865 |

ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

| Titolo | Data | Nome file |
|-------------------------------------|---------|----------------------------|
| Attestato di prestazione energetica | 06/2018 | ALLEGATO G_Lotto.6 – E0865 |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

| Titolo | Data | Nome file |
|----------------------|---------|----------------------------|
| Bozza di APE scenari | 06/2018 | ALLEGATO H_Lotto.6 – E0865 |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

| Titolo | Data | Nome file |
|----------------|---------|-----------------|
| Dati climatici | 06/2018 | GG_Lotto6-E0865 |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

| Titolo | Data | Nome file |
|-----------------|---------|----------------------------|
| Schede di audit | 06/2018 | Lotto.6-E0865_Schede-Audit |
| | | |
| | | |



ALLEGATO K – SCHEDE ORE

| Titolo | Data | Nome file |
|------------|---------|----------------------------|
| Schede ORE | 06/2018 | ALLEGATO K_Lotto.6 – E0865 |
| | | |
| | | |
| | | |

ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI

| Titolo | Data | Nome file |
|-------------------------------------|---------|---------------------------|
| Piano economico finanziario scenari | 06/2018 | Lotto.6-E0865_analisi-PEF |



ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

| Titolo | Data | Nome file |
|---------------------|---------|----------------------------|
| Report di benchmark | 06/2018 | ALLEGATO M_Lotto.6 – E0865 |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |



ALLEGATO N – CD-ROM

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

