

SCUOLA MATERNA STATALE "BAVARI" E PUBBLICA ASSISTENZA

E.271

VIA CASALE N. 11B

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA
FONDO KYOTO - SCUOLA 3



Luglio/2018

COMUNE DI GENOVA
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER



COMUNE DI GENOVA



ENVIRONMENT
PARK Parco Scientifico
Tecnologico per l'Ambiente

SCUOLA MATERNA STATALE "BAVARI" E PUBBLICA ASSISTENZA

E.271

VIA CASALE N. 11B

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

Environment Park.S.p.A

via Livorno n.60 – 10144 Torino - Italia

Tel: 011 2257536 – stefano.dotta@envipark.com

REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI

| Revisione | Data | Realizzazione | Revisione | Approvazione | Descrizione |
|------------------|-------------|----------------------|------------------|---------------------|-----------------------|
| A | 15/05/2018 | Sergio Ravera | Sergio Ravera | Stefano Dotta | Prima Pubblicazione |
| | | Stefano Dotta | Daniela Di Fazio | | |
| | | Mauro Cornaglia | | | |
| | | Angela Baccaro | | | |
| | | Vincenzo Cuzzola | | | |
| B | 19/07/2018 | Sergio Ravera | Sergio Ravera | Stefano Dotta | Seconda Pubblicazione |
| | | Stefano Dotta | Daniela Di Fazio | | |
| | | Mauro Cornaglia | | | |
| | | Angela Baccaro | | | |
| | | Vincenzo Cuzzola | | | |

INDICE

PAGINA

| | |
|---|-----------|
| EXECUTIVE SUMMARY | I |
| 1 INTRODUZIONE | 1 |
| 1.1 PREMessa | 1 |
| 1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA | 1 |
| 1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO..... | 2 |
| 1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO..... | 2 |
| 1.5 METODOLOGIA DI LAVORO | 3 |
| 1.6 STRUTTURA DEL REPORT | 6 |
| 2 DATI DELL'EDIFICIO..... | 7 |
| 2.1 INFORMAZIONI SUL SITO | 7 |
| 2.2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE, SOCIO-ECONOMICO E DESTINAZIONE D'USO | 7 |
| 2.3 VERIFICA DEI VINCOLI INTERFERENTI SULLE PARTI DELL'IMMOBILE INTERESSATE DAGLI 'INTERVENTI..... | 9 |
| 2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO..... | 10 |
| 3 DATI CLIMATICI | 12 |
| 3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO..... | 12 |
| 3.2 DATI CLIMATICI REALI..... | 13 |
| 3.3 ANALISI DELL'ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO | 13 |
| 4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI | 15 |
| 4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO..... | 15 |
| 4.1.1 <i>Involucro opaco</i> | 15 |
| 4.1.2 <i>Involucro trasparente</i> | 17 |
| 4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/ CLIMATIZZAZIONE INVERNALE..... | 18 |
| 4.2.1 <i>Sottosistema di emissione</i> | 18 |
| 4.2.2 <i>Sottosistema di regolazione</i> | 19 |
| 4.2.3 <i>Sottosistema di distribuzione</i> | 20 |
| 4.2.4 <i>Sottosistema di generazione</i> | 21 |
| LE CARATTERISTICHE DEI SISTEMI DI GENERAZIONE SONO RIPORTATE NELLA TABELLA 4.9. | 22 |
| 4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA | 22 |
| 4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE | 23 |
| 4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE | 24 |
| 5 CONSUMI RILEVATI | 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> | 29 |
| 5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI | 32 |
| 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-INTERVENTO..... | 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> | 47 |
| 7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI..... | 50 |
| 7.3 COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI..... | 51 |



| | | |
|-----------|---|-----------|
| 7.4 | BASLINE DEI COSTI..... | 51 |
| 8 | IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA | 52 |
| 8.1 | DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI | 52 |
| 8.1.1 | <i>Involucro edilizio.....</i> | 52 |
| 8.1.2 | <i>Impianto di illuminazione ed impianto elettrico.....</i> | 54 |
| 8.1.3 | <i>Impianto produzione acqua calda sanitaria.....</i> | 56 |
| 8.1.4 | <i>Impianto di generazione da fonti rinnovabili.....</i> | 56 |
| 9 | VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA..... | 57 |
| 9.1 | ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI..... | 58 |
| 9.2 | ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI..... | 60 |
| | I FLUSSI DI CASSA RAPPRESENTATIVI DELL'ANALISI SONO RIPORTATI NELLE FIGURA 9.3 E FIGURA 9.4..... | 63 |
| | I FLUSSI DI CASSA RAPPRESENTATIVI DELL'ANALISI SONO RIPORTATI NELLE FIGURA 9.5 E FIGURA 9.6..... | 64 |
| 9.3 | IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D'INTERVENTO E SCENARI D'INVESTIMENTO..... | 66 |
| 10 | CONCLUSIONI | 68 |
| | ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA..... | A |
| | ALLEGATO B – ELABORATI | A |
| | ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA | 1 |
| | ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI | 1 |
| | ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI | 1 |
| | ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE | 1 |
| | ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA | 1 |
| | ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI..... | 1 |
| | ALLEGATO I – DATI CLIMATICI..... | 1 |
| | ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT..... | 1 |
| | ALLEGATO K – SCHEDE ORE..... | 1 |
| | ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI | 1 |
| | ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK..... | 1 |
| | ALLEGATO N – CD-ROM | 1 |

EXECUTIVE SUMMARY

Caratteristiche dell'edificio oggetto della DE

Tabella 0.1 - Tabella riepilogativa dei dati dell'edificio

| PARAMENTO | U.M. | VALORE |
|---|--|---|
| Anno di costruzione edificio | | 1.983 |
| Anno di ristrutturazione | | nn |
| Zona climatica | | D |
| Destinazione d'uso | E.7 (Edificio adibito ad attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili) | |
| Superficie utile riscaldata | [m ²] | 841,64 |
| Superficie disperdente (S) | [m ²] | 1.749,24 |
| Volume lordo riscaldato (V) | [m ³] | 3.836,19 |
| Rapporto S/V | [1/m] | 0,45 |
| Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate) | [m ²] | 915,47 |
| Superficie lorda aree esterne | [m ²] | 308,12 |
| Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne) | [m ²] | 1.223,59 |
| Tipologia generatore riscaldamento | | Generatore di calore |
| Potenza totale impianto riscaldamento | [kW] | 33 |
| Potenza totale impianto raffrescamento | [kW] | [-] |
| Tipo di combustibile | | Gas naturale |
| Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS) | | Produzione combinata e boiler elettrici |
| Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾ | [t/anno] | 13.2 |
| Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾ | [kWh _{th} /anno] | 50003 |
| Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾ | [€/anno] | 3.871 |
| Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾ | [kWh _{el} /anno] | 17153 ⁽²⁾ |
| Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾ | [€/anno] | 3.971 |

Nota (1): Valori di Baseline

Nota (2): POD in comune con E270

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

- EEM 1: Sostituzione Infissi con altri aventi $U=1,66W/m^2k$
- EEM 2: Installazione di un sistema di illuminazione a LED
- EEM 3: Installazione impianto fotovoltaico
- SCN1: Limitate possibilità di efficientamento

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

| | CON INCENTIVI | | | | | | | | | | | | |
|-------|---------------|-------------------|--------------|-----------------|-----------------|---------|--------|--------|--------------|-------|-------|-------|------|
| | % ΔE | % Δ_{CO_2} | ΔC_E | ΔC_{MD} | ΔC_{MS} | I_0 | TRS | TRA | VAN | TIR | IP | DSCR | LLCR |
| | [%] | [%] | [€/anno] | [€/anno] | [€/anno] | [€] | [anni] | [anni] | [€] | [%] | [-] | | |
| EEM 1 | 10,5 | 11,6 | 828 | 0 | 0 | -61.009 | 33,4 | 43,8 | 19.800 <0 | -1,2 | -0,32 | EEM 1 | 10,5 |
| EEM 2 | 14 | 12,7 | 1.102 | 0 | 0 | -36.771 | 12,1 | 13,6 | 15.574 <0 | -12,2 | -0,42 | EEM 2 | 14 |
| EEM 3 | 28,6 | 25,7 | 1.849 | 0 | 0 | -23.173 | 12,1 | 16,8 | 2.170 >0 | 5,1 | 0,09 | EEM 3 | 28,6 |

*secondo il documento di F.A.Q. quesito 35 nelle analisi economiche e finanziarie degli scenari i risparmi economici sono considerati al netto dell'IVA

Dai risultati della diagnosi energetica emerge che l'edificio che ospita la Scuola Elementare "Gioiosa" e Scuola Materna Statale "Bavari" non presenta misure di efficienza energetica che apportino vantaggi significativi in termini di riduzione dei costi e dei consumi energetici nei tempi di ritorno sopra descritti.

Non è stato possibile individuare, pertanto, scenari ottimali integrati che permettano di ottenere dei miglioramenti significativi in termini di prestazione energetica ed abbattimento dei costi.

Tali conclusioni sono dovute alle scarse possibilità di intervento offerte dall'edificio oggetto di diagnosi. Questo, infatti, è caratterizzato da un rinnovato impianto di generazione a condensazione e da pannelli prefabbricati che rendono impossibile un isolamento a cappotto delle pareti perimetrali.

1 INTRODUZIONE

1.1 PREMESSA

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

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

Figura 1.1 - Vista della facciata esposta a Sud



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 Environment Park S.p.A, il cui responsabile per il processo di audit è l'Arch. Stefano Dotta, soggetto certificato Esperto in Gestione dell'Energia (EGE) ai sensi della norma UNI CEI 11339.

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

Tabella 1.1 – Soggetti coinvolti nella realizzazione del processo di Audit

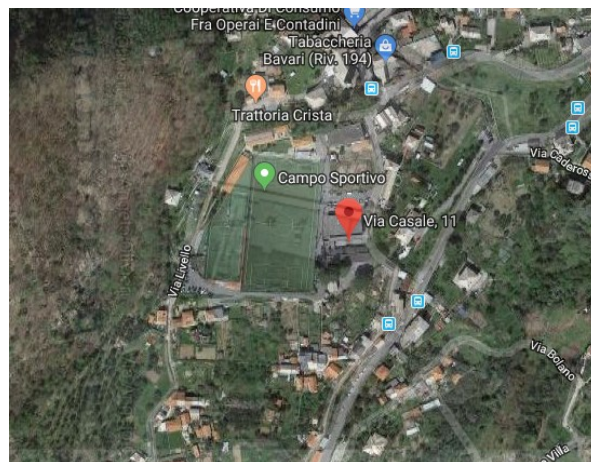
| NOME E COGNOME | RUOLO | ATTIVITÀ SVOLTA |
|--------------------------------------|------------------------|---|
| Sergio Ravera | | Sopralluogo in sito |
| Mauro Cornaglia, Vincenzo Cuzzola | | Elaborazione dei dati relativi ai consumi energetici |
| Sergio Ravera | | Elaborazione dei dati geometrici ed alla creazione del modello energetico |
| Sergio Ravera | Responsabile involucro | Revisione report di diagnosi energetica |
| Daniela Di Fazio | Responsabile impianti | Revisione report di diagnosi energetica |
| Stefano Dotta | EGE | Approvazione report di diagnosi energetica |

1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO

L'immobile oggetto della DE, catastalmente individuato al NCEU a seguito dei controlli effettuati dalla società di Audit è risultato avere le seguenti coordinate catastali: F. BAV Foglio 47 Particella. 1482 Sub. 1 è sito nel Comune di Genova e più precisamente nella località di Bavari.

L'edificio è di proprietà del Comune di Genova ed è attualmente adibito a Scuola Materna e Pubblica Assistenza

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 | | 1.983 |
| Anno di ristrutturazione | | Nn |
| Zona climatica | | D |
| Destinazione d'uso | | E.7 (Edificio adibito ad attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili) |
| Superficie utile riscaldata | [m ²] | 841,64 |
| Superficie disperdente (S) | [m ²] | 1.749,93 |
| Volume lordo riscaldato (V) | [m ³] | 3.836,19 |
| Rapporto S/V | [1/m] | 0,45 |
| Superficie netta aree interne (scaldate e non scaldate) | [m ²] | 860,97 |

| | | |
|---|----------------------------|---|
| Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate) | [m ²] | 915,47 |
| Superficie lorda aree esterne | [m ²] | 308,12 |
| Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne) | [m ²] | 1.223,59 |
| Tipologia generatore riscaldamento | | Generatore di calore |
| Potenza totale impianto riscaldamento | [kW] | 33 |
| Potenza totale impianto raffrescamento | [kW] | [-] |
| Tipo di combustibile | | Gas naturale |
| Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS) | | Produzione combinata e boiler elettrici |
| Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾ | [t/anno] | 13.2 |
| Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾ | [kWh _{tit} /anno] | 50003 |
| Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾ | [€/anno] | 3.871 |
| Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾ | [kWh _{ve} /anno] | 17153 ⁽²⁾ |
| Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾ | [€/anno] | 3.971 |

Nota (1): Valori di Baseline

Nota (2): POD in comune con E270

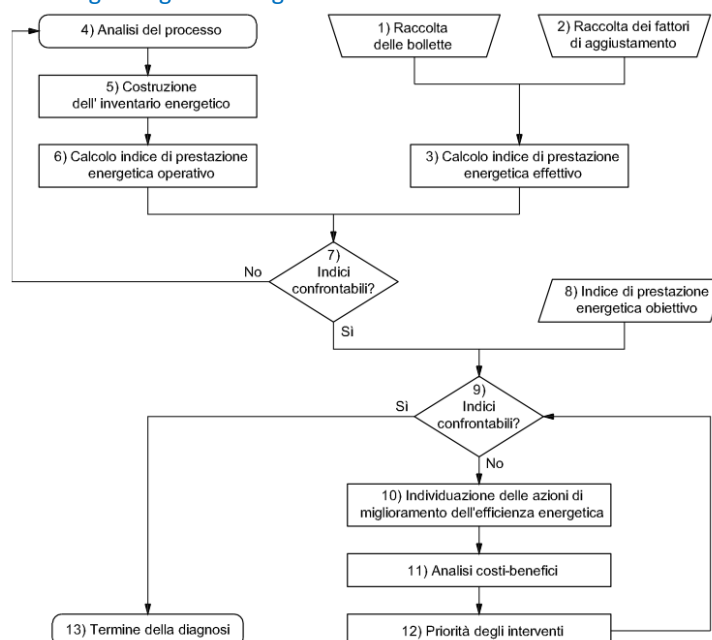
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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

- Acquisizione della documentazione utile, fornita dalla PA, come riportato all' Allegato B – Elaborati; **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**
- Analisi del quadro normativo di riferimento, incluso la verifica dei vincoli ambientali, storici, archeologici e paesaggistici interferenti sull'immobile interessato dall'intervento;
- Visita agli edifici, effettuata in data 11/12/2017 con verifica degli elaborati forniti e rilievo dei dati relativi alle caratteristiche degli elementi disperdenti ed impiantistici costituenti il sistema edificio-impianto;
- Visita alla centrale termica e/o frigorifera, con il supporto del personale incaricato della conduzione e manutenzione degli impianti e rilevamento dei dati utili;
- Preparazione e compilazione delle schede di Audit previste per la diagnosi di livello II di cui all'appendice A delle LGEE - Linee Guida per l'Efficienza Energetica negli Edifici - sett. 2013 - elaborato da AiCARR per Agesi, Assisital, Assopetroli e Assoenergia, e riportate all'Allegato J – Schede di audit;
- Elaborazione del comportamento termico ed elettrico dell'edificio, realizzata utilizzando il software commerciale EDILCLIMA Versione EC700 in possesso di certificato di conformità rilasciato dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI) Certificato CTI N.73 ai sensi del D.lgs. 192/05 e s.m.i. e riportato all'Allegato F – Certificato CTI Software;
- Analisi dei profili annuali di consumi e costi dei servizi energetici reali dell'edificio, comprensivi della fornitura dei vettori energetici sia elettrici che di gas e degli oneri di O&M, relativamente alle annualità 2014-2015-2016;
- Analisi dei dati climatici reali del sito ove è ubicato l'edificio con conseguente calcolo dei Gradi Giorno reali (GG_{real}), utilizzando le temperature esterne rilevate dalla Stazione Meteo Genova Quezzi e riportati all'Allegato I – Dati climatici;
- Individuazione della "baseline termica" di riferimento (e relative emissioni di CO₂) tramite opportuna ripartizione del consumo di combustibile tra le varie utenze a servizio dell'edificio e destagionalizzazione dello stesso, utilizzando i relativi GG reali (GG_{real}), e conseguente normalizzazione secondo i GG di riferimento (GG_{rif});

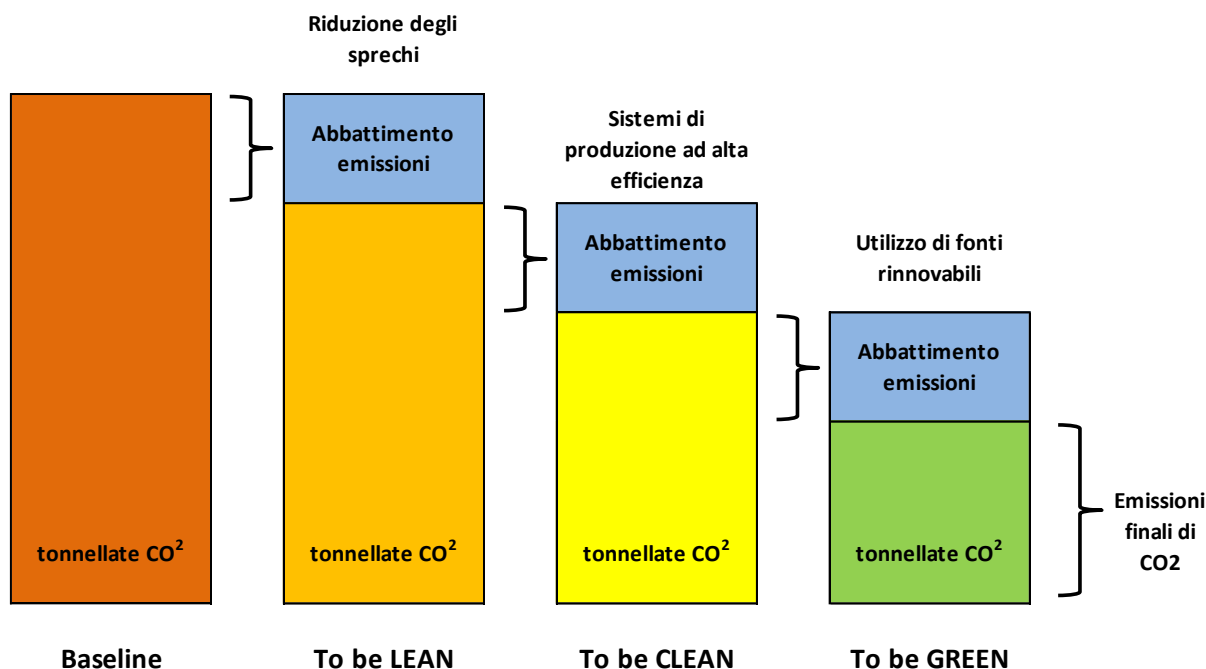
- j) Individuazione della “baseline elettrica” di riferimento (e relative emissioni di CO₂) calcolata sulla media aritmetica dei valori relativi ai consumi elettrici reali per tre le annualità 2014, 2015, 2016;
- k) Validazione del modello elaborato mediante il confronto con le baseline energetiche, 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, (fonte: London Plan 2011)



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

- **To be Lean:** Utilizzo di EEM che limitino gli sprechi ed ottimizzino il funzionamento del sistema edificio-impianto (es: illuminazione a led, coibentazione strutture, efficientamento serramenti, termoregolazione, variazioni nelle modalità di utilizzo, ecc.);
- **To be Clean:** Aumento dell'efficienza dei sistemi di produzione in loco dell'energia tramite 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 sulle domande d'utenza (anche relativamente ai sistemi di emissione, regolazione, distribuzione, accumulo), partendo dalla baseline e a approdando a un nuovo valore di baseline ridotto, ("to Be Lean"). In seguito, da questo valore ridotto di baseline si è valutato il dimensionamento delle apparecchiature e il risparmio conseguibile dapprima dalla riqualificazione degli impianti di generazione per la climatizzazione e, dopo, dall'installazione di tecnologie di generazione da fonti rinnovabili.

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

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

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

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

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

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

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

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

1.6 STRUTTURA DEL REPORT

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

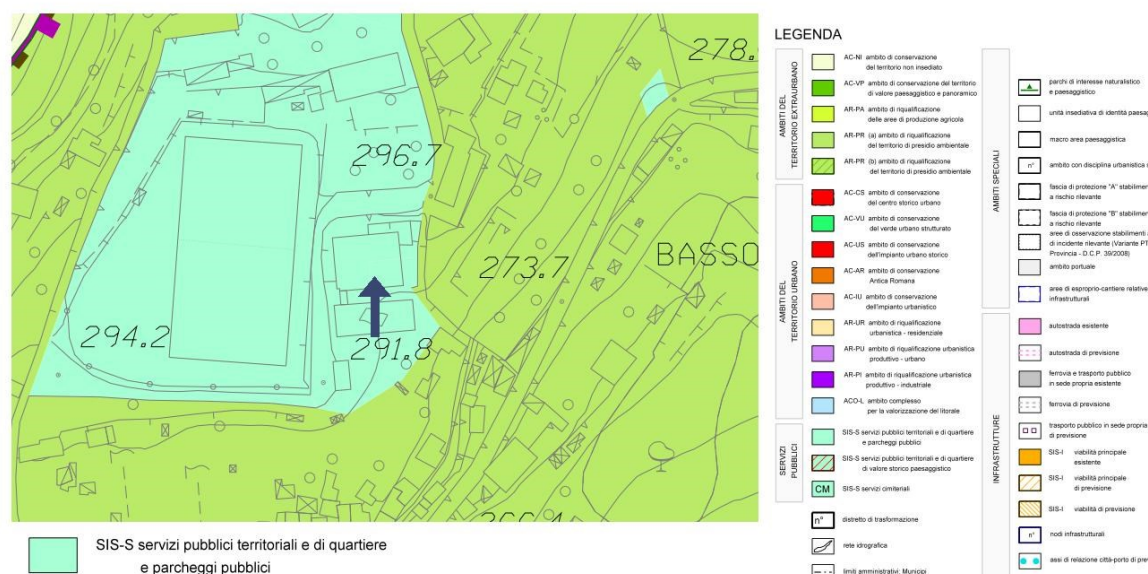
- Una prima parte nella quale sono descritti lo scopo ed i confini della DE e le metodologie di analisi adottate;
- Una seconda parte in cui sono riportate le informazioni dell'edificio rilevate in sede di sopralluogo e le valutazioni effettuate al fine di identificare le caratteristiche tecniche dei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

2 DATI DELL'EDIFICIO

2.1 INFORMAZIONI SUL SITO

Lo strumento urbanistico vigente, il P.U.C approvato con DD n° 2015/118.0.0./18 con entrata in vigore il 3/12/2015, classifica l'edificio oggetto della DE in zona SIS-S ambito che disciplina destinazioni d'uso quali: servizi pubblici e parcheggi pubblici. Tra le attività complementari disciplina anche le zone di connettività urbana funzionali per la riqualificazione e conservazione e parcheggi privati pertinenziali o liberi da asseveramento.

Figura 2.1 - Particolare estratto dal Piano Urbanistico Comunale



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

L'edificio è stato costruito nel 1983 facendo seguito alla necessità di ampliare gli spazi dedicati alle attività di scolarizzazione della già esistente Scuola Elementare "Gioiosa" localizzata nel fabbricato limitrofo edificato all'inizio degli anni sessanta. L'edificio in oggetto si sviluppa su due piani fuori terra ed è collegato a quello originario mediante un corridoio coperto. Al primo piano ospita la Scuola Materna Statale "Bavari" mentre al piano terreno sono localizzate la palestra e la mensa in uso ad entrambi i fabbricati. Ai sensi del DPR 412/93, attualmente ricade nella destinazione d'uso [E.7 - Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili].

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

Si ritiene che l'ipotesi di intervenire al fine di migliorarne l'efficienza energetica è innanzitutto volta ad una diminuzione delle emissioni di CO₂, la quale rientra negli obiettivi prefissati dal Comune di Genova all'interno del SEAP (Sustainable Energy Action Plan), ma può anche essere considerata di notevole interesse socio-culturale al fine della sensibilizzazione l'utenza alle tematiche di interesse ambientale ed energetico.

Il fabbricato è alimentato da una centrale termica ad esso dedicata. L'edificio preesistente ad esso collegato risulta termicamente autonomo anche se direttamente comunicante attraverso una manica di corridoio anch'essa realizzata nella prima metà degli anni ottanta. È rilevante inoltre sottolineare come la corretta gestione e manutenzione del sistema edificio – impianto, comporterebbe il miglioramento delle condizioni di benessere percepite dall'utenza, nonché alla corretta manutenzione dell'edificio, al fine di preservarlo al meglio in quanto bene di interesse collettivo.

L'edificio ospitante il complesso scolastico oggetto della DE è costituito complessivamente da due piani fuori terra entrambi riscaldati.

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

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

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



Tabella 2.1 - Suddivisione in piani dell'edificio

| PIANO | UTILIZZO | U.M. | SUPERFICIE LORDA COMPLESSIVA ⁽²⁾ | SUPERFICIE UTILE RISCALDATA ⁽³⁾ | SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA ⁽³⁾ |
|---------------|------------------|-------------------|---|--|---|
| Terra | Aule /Uffici | [m ²] | 23,48 | 20,70 | |
| | Lab informatica | [m ²] | 31,09 | 27,89 | |
| | Atrio | [m ²] | 34,54 | 32,27 | |
| | Servizi | [m ²] | 28,05 | 24,80 | |
| | Aula Magna | [m ²] | 88,68 | 85,56 | |
| | Refettorio | [m ²] | 37,38 | 35,98 | |
| | Palestra | [m ²] | 138,51 | 134,22 | |
| | Spogliatoi | [m ²] | 45,54 | 41,26 | |
| | Collegamento | [m ²] | 21,53 | 19,17 | |
| | Primo | Aule | [m ²] | 258,46 | 244,80 |
| Servizi 1 | | [m ²] | 22,02 | 20,42 | |
| Servizi 2 | | [m ²] | 33,54 | 29,59 | |
| Cucina | | [m ²] | 27,62 | 25,68 | |
| Refettorio | | [m ²] | 103,58 | 99,30 | |
| NON RISC | Centrale termica | [m ²] | 17,96 | | |
| NON RISC | Bussola | [m ²] | 3,49 | | |
| TOTALE | | [m ²] | 915,47 | 841,64 | |

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

Quartiere del Comune di Genova, annesso nel territorio comunale a metà degli anni venti. L’area in cui si sviluppa l’edificazione prende il nome di Sella di Bavari, punto d’interesse geomorfologico, ed è caratterizzato da una forte componente naturalistica mediterranea ed a tratti da insediamenti sparsi.

Figura 2.3 - Particolare estratto dalla carta dei vincoli



Sullo stabile insiste un vincolo di bellezza d’insieme (numero 070105) circoscritto al territorio di Fontanegli, Montelungo, Bavari e Stallo ma nessun vincolo architettonico sull’edificio.

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

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

| MISURA DI EFFICIENZA ENERGETICA | VINCOLO INTERESSATO | VALUTAZIONE INTERFERENZA ⁽⁴⁾ | MISURA DI TUTELA DA ADOTTARE |
|--|-----------------------|---|--|
| EEM 4: Sostituzione Infissi con altri aventi U=1,66W/m2k | [Storico – Artistico] | | [Previo parere della Soprintendenza per i beni architettonici e paesaggistici] |

Nota (5): Legenda livelli di interferenza:

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

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

2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO

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

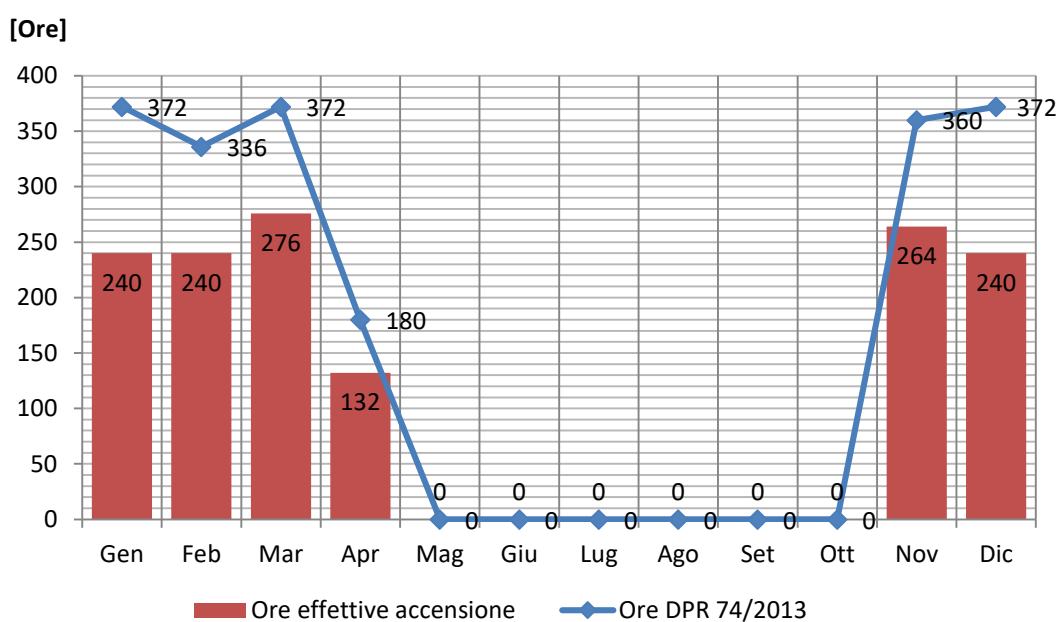
Gli orari di effettivo utilizzo dell'edificio sono stati ottenuti tramite colloquio col personale amministrativo e dirigente scolastica, mentre i periodi di attivazione e spegnimento degli impianti sono stati forniti dagli uffici preposti del Comune di Genova.

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

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

| PERIODO | GIORNI SETTIMANALI | ORARIO FUNZIONAMENTO EDIFICIO | ORARIO FUNZIONAMENTO IMPIANTO |
|-----------------------------|-----------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Dal 1 Novembre al 15 Aprile | Dal lunedì al venerdì | 7.30-17.30 | 6.30 – 18.30 |
| Dal 16 Aprile al 30 Ottobre | Dal lunedì al venerdì | 7.30-17.30 | [-] |

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



Dall'analisi effettuata è emerso che gli orari di funzionamento degli impianti non sono strettamente correlati agli orari di espletamento delle lezioni, ma dipendono anche dalla presenza di personale all'interno della struttura. Si rileva infatti un'accensione anticipata dell'impianto termico rispetto all'orario effettivo di utilizzo ed uno spegnimento prossimo all'orario di uscita del personale della struttura, al fine di garantire l'adeguata climatizzazione dell'edificio.

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

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

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

3 DATI CLIMATICI

3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO

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

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

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

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

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

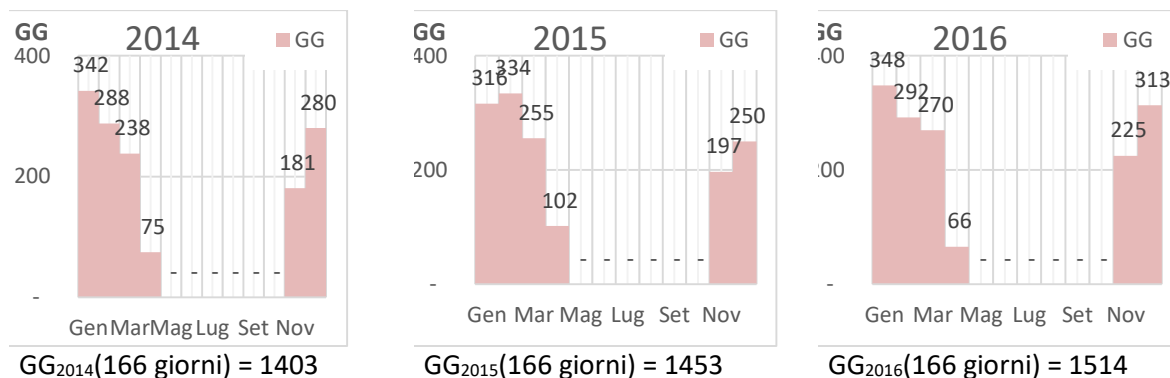
Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 990 GG calcolati su 116 giorni effettivi di utilizzo dell'impianto di riscaldamento.

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

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

Tabella 3.2 – Profili mensili dei GG_{rif}

| Mese | GIORNI MENSILI | TEMPERATURA ESTERNA UNI 10349:2016 [°C] | GIORNI RISCALDAMENTO [g/m] | GG | GIORNI DI UTILIZZO [g/m] | GIORNI RISCALDAMENTO EFFETTIVI [g/m] | GG _{rif} | PROFILO DI INCIDENZA |
|---------------|----------------|---|----------------------------|-------------|--------------------------|--------------------------------------|-------------------|----------------------|
| Gennaio | 31 | 10,4 | 31 | 298 | 20 | 20 | 192 | 19% |
| Febbraio | 28 | 10,5 | 28 | 266 | 20 | 20 | 190 | 19% |
| Marzo | 31 | 11,1 | 31 | 276 | 23 | 23 | 205 | 21% |
| Aprile | 30 | 15,3 | 15 | 71 | 11 | 11 | 56 | 6% |
| Maggio | 31 | 18,7 | - | - | 22 | - | - | - |
| Giugno | 30 | 22,4 | - | - | 21 | - | - | - |
| Luglio | 31 | 24,6 | - | - | 21 | - | - | - |
| Agosto | 31 | 23,6 | - | - | - | - | - | - |
| Settembre | 30 | 22,2 | - | - | 22 | - | - | - |
| Ottobre | 31 | 18,2 | - | - | 21 | - | - | - |
| Novembre | 30 | 13,3 | 30 | 201 | 22 | 22 | 147 | 15% |
| Dicembre | 31 | 10,0 | 31 | 310 | 20 | 20 | 200 | 20% |
| TOTALE | 365 | 16,7 | 166 | 1421 | 223 | 116 | 989 | 100% |

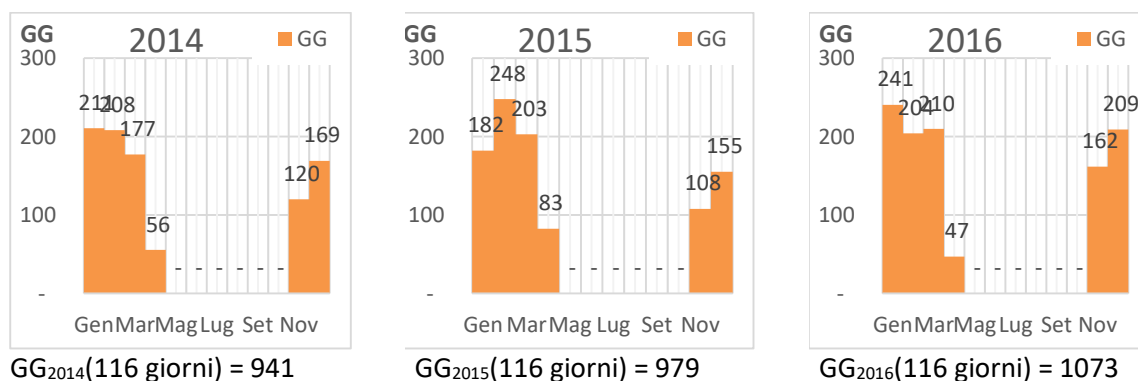


Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG reali sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 941, 979 e 1073 GG calcolati su 116 giorni effettivi di utilizzo dell'impianto di riscaldamento, riferiti rispettivamente agli anni 2014, 2015 e 2016.

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



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 dalla presenza di pannelli prefabbricati di rivestimento che racchiudono l'intero involucro termico. La struttura portante dell'edificio è costituita da un sistema a pilastri in acciaio.

L'edificio che si sviluppa su due piani fuori terra è interamente prefabbricato; anche i solai piani sono costituiti dal medesimo sistema costruttivo.

Lo strato esterno dei pannelli modulari è in cls, tale modularità oltre a scandire regolarmente la facciata definisce anche le dimensioni standard delle aperture.

Figura 4.1 - Particolare dei pannelli di facciata



Pur non trattandosi di un edificio di valenza storica non risulta semplice procedere ad importanti interventi di efficientamento energetico data la singolarità del sistema costruttivo usato per la realizzazione dell'involucro dell'edificio stesso. Risulta pertanto complicato ipotizzare un'implementazione della coibentazione dell'involucro opaco del fabbricato.

Figura 4.2 - Particolare dell'ultimo orizzontamento



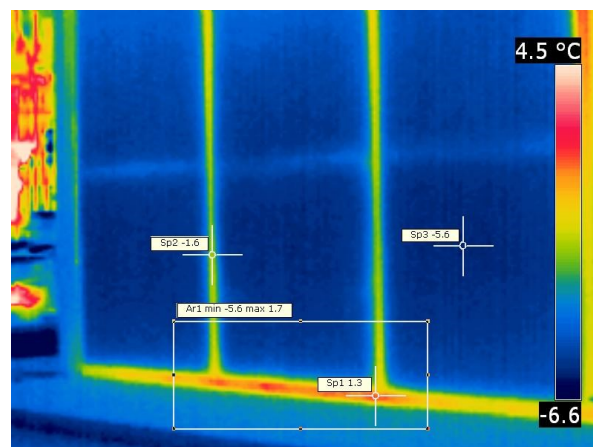
Ai fini di un'identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell'involucro opaco si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione delle seguenti indagini diagnostiche:

- Rilievo termografico eseguito tramite l'utilizzo di termo camera FLIR ThermaCAM E45 secondo le seguenti modalità si sono misurate le condizioni climatiche esterne (Temperatura dell'aria e umidità relativa), rilevate le caratteristiche di emissività della superficie e la temperatura riflessa sulla superficie. Ci si posiziona davanti all'oggetto e si effettua la foto congiuntamente con la misura della distanza.

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- Sussistono importanti variazioni di temperatura tra i moduli d'involucro, indice della natura costruttiva dell'edificio. Non sono evidenti i radiatori retrostanti.
- Di scarsa qualità è anche l'attacco a terra in cui si presentano le più alte temperature superficiali.

Figura 4.3 – Rilievo termografico della parete tipo



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

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

Tabella 4.1 – Trasmittanze termiche dei componenti dell'involucro opaco

| TIPO DI COMPONENTE | CODICE | SPESSORE [cm] | ISOLAMENTO | TRASMITTANZA TERMICA [W/mqK] | STATO DI CONSERVAZIONE |
|--------------------|--------|------------------|------------|---------------------------------|------------------------|
| Parete verticale | M1 | 12 | Presente | 0,591 | Sufficiente |
| Parete verticale | M2 | 31 | Presente | 0,561 | Sufficiente |
| Parete verticale | M3 | 12 | Presente | 0,561 | Sufficiente |
| Parete verticale | M4 | 12 | Presente | 0,561 | Sufficiente |
| Pavimento | P1 | 44 | Assente | 0,284 | Buono |
| Pavimento | P2 | 15 | Assente | 2,102 | Buono |
| Pavimento | P3 | 43 | Assente | 0,359 | Buono |
| Soffitto | S1 | 21 | Assente | 1,568 | Buono |
| Soffitto | S2 | 21 | Assente | 1,568 | Buono |

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

4.1.2 Involucro trasparente

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

Lo stato di conservazione degli stessi è buono, in quanto non si generano rilevanti infiltrazioni d'aria all'interno degli ambienti che potrebbero causare dispersioni termiche e creare un notevole disagio per gli utenti presenti all'interno dell'edificio. Il sopralluogo del primo piano ha evidenziato la presenza di alcuni lucernari orizzontali installati in copertura al fine di permettere in passaggio della luce naturale anche al centro degli spazi collettivi della scuola materna.

Figura 4.4 - Particolare dei serramenti modulari di facciata



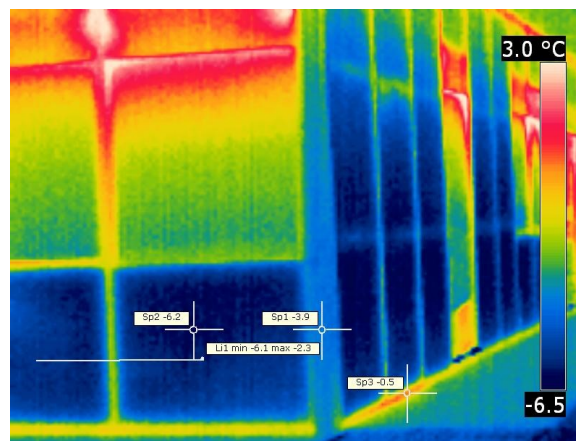
Ai fini di un'identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell'involucro trasparente si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione delle seguenti indagini diagnostiche:

- Rilievo termografico eseguito secondo le modalità evidenziate per l'involucro opaco.

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- La temperatura degli infissi aumenta all'aumentare dell'altezza da terra, così come le temperature tra i giunti dei moduli opachi fino a raggiungere la massima temperatura superficiale rilevata in corrispondenza del solaio del soffitto.
- I sottofinestra seguono le temperature tipiche del modulo opaco.

Figura 4.5 – Rilievo termografico dei serramenti modulari



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 | 226x207 | Ferro | Vetro singolo | 4,793 | Buono |
| Serramento verticale | W2 | 116x116 | Ferro | Vetro doppio | 4,349 | Buono |
| Serramento verticale | W3 | 106x116 | Ferro | Vetro doppio | 4,383 | Buono |
| Serramento verticale | W4 | 116x116 | Ferro | Vetro singolo | 5,993 | Buono |
| Serramento verticale | W5 | 116x85 | Ferro | Vetro doppio | 4,354 | Buono |
| Serramento verticale | W6 | 236x209 | Alluminio | Vetro singolo | 4,491 | Ottimo |
| Serramento verticale | W7 | 113x206 | Alluminio | Vetro singolo | 4,530 | Ottimo |
| Serramento verticale | W8 | 116x207 | Ferro | Vetro singolo | 6,016 | Buono |
| Serramento verticale | W9 | 116x207 | Ferro | Vetro singolo | 6,016 | Buono |
| Serramento verticale | W10 | 226x207 | Ferro | Vetro singolo | 6,033 | Buono |
| Lucernario | W100 | 70x70 | Ferro | Vetro singolo | 6,542 | Buono |
| Lucernario | W101 | 120x120 | Ferro | Vetro singolo | 6,505 | Buono |
| Lucernario | W102 | 100x100 | Ferro | Vetro singolo | 6,515 | 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 di tipo tradizionale, alimentata a metano ed asservita alla climatizzazione invernale dell'intero edificio ed alla produzione di acqua calda sanitaria.

4.2.1 Sottosistema di emissione

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

- Radiatori su parete esterna non isolata;
- Ventilconvettori;

E' necessario sottolineare che al momento del sopralluogo gli aerotermi adibiti al riscaldamento della palestra non risultavano funzionanti, e dalle interviste effettuate è emerso che negli ultimi anni venivano mantenuti spenti.

Figura 4.6 - Particolare dei radiatori installati sulle pareti esterne degli ambienti e nelle aree di circolazione interna



Figura 4.7 – Particolare dei ventilconvettori



I rendimenti di emissione desunti dal modello di calcolo delle DE sono i seguenti:

Tabella 4.3 - Rendimenti del sottosistema di emissione per le varie zone termiche

| ZONA TERMICA | TIPOLOGIA DI TERMINALE | RENDIMENTO |
|---|------------------------|------------|
| Scuola elementare "Gioiosa" e scuola materna Statale "Bavari" | Radiatori a parete | 92% |
| Scuola elementare "Gioiosa" e scuola materna Statale "Bavari" | Ventilconvettori | 93% |

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

Tabella 4.4 - Riepilogo caratteristiche dei terminali di emissione installati

| PIANO | TIPO DI TERMINALE | TIPO DI INSTALLAZIONE | NUMERO | POTENZA TERMICA UNITARIA [kW] | POTENZA TERMICA COMPLESSIVA [kW] |
|---------------|-------------------|-----------------------|-----------|-------------------------------|----------------------------------|
| Terra | Radiatore | Incassato a parete | 5 | 1.1 | 5.62 |
| Terra | Ventilconvettore | Incassato a parete | 19 | 4.6 | 88 |
| Primo | Radiatore | Incassato a parete | 4 | 2.2 | 8.65 |
| TOTALE | | | 28 | 2.6 | 102.3 |

Nota (6): La potenza termica di ciascun terminale è stata ottenuta secondo le disposizioni della norma EN 442-2, considerando un delta T pari a 50 °C.

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 termico avviene attraverso l'impostazione degli orari di funzionamento e della curva climatica. La temperatura massima di mandata del sottosistema di generazione è fissata a 70°C.

Non sono state rilevate valvole termostatiche installate ai terminali di emissione né termostati ambiente asserviti alla regolazione dell'impianto termico.

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

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

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

| ZONA TERMICA | TIPO DI REGOLAZIONE | RENDIMENTO |
|---|---------------------|------------|
| Scuola elementare "Gioiosa" e scuola materna Statale "Bavari" | Climatica | 96% |

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 il sistema di generazione ed i due collettori caldo e freddo (fluido termovettore acqua);
- 2) Circuito secondario di mandata ai radiatori, ventilconvettori e ACS (fluido termovettore acqua);

Circuito secondario: è presente una pompa di circolazione gemellare (funzionamento alternato) per la mandata (calda e fredda) del circuito secondario.

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

Tabella 4.6 - Riepilogo caratteristiche pompe circuito primario

| NOME | SERVIZIO | PORTATA ⁽⁷⁾ [m ³ /h] | PREVALENZA ⁽⁸⁾ [kPa] | POTENZA ASSORBITA ⁽⁷⁾ [kW] |
|---|--|---|------------------------------------|--|
| Scuola elementare "Gioiosa" e scuola materna Statale "Bavari" | Elettropompa gemellare Grundfos UPC 40-60 mandata acqua calda a collettore | 20 | 58.8 | 0.29 |
| TOTALE | | 20 | 58.8 | 0.29 |

Nota (7): Valori ricavati da dati di targa

Nota (8): Valori ricavati in sede di sopralluogo

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

Tabella 4.7 – Temperature di mandata e ritorno del circuito primario

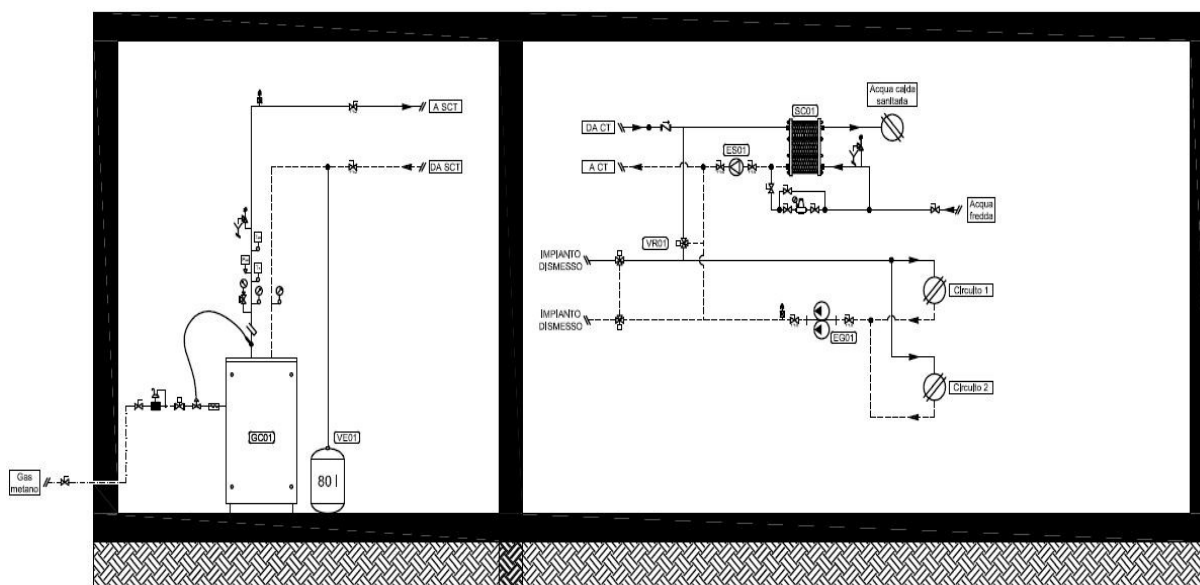
| CIRCUITO | TEMPERATURA RILEVATA ⁽⁹⁾ °C | TEMPERATURA CALCOLO °C |
|---|---|---------------------------|
| Scuola elementare "Gioiosa" e scuola materna Statale "Bavari" Mandata Caldo | 75 | 60 |
| Scuola elementare "Gioiosa" e scuola materna Statale "Bavari" Ritorno Caldo | 65 | 40 |

Nota (9): Valori rilevati il giorno 19/12/2017 alle ore 11.00, in orario di utilizzo della scuola, con una temperatura esterna di circa 10°C

Per quanto riguarda le temperature del fluido termovettore caldo si è ottenuto un effettivo riscontro tra i valori considerati nel modello di calcolo e quelli rilevati in sede di sopralluogo. Infatti, i valori di temperatura rilevati durante il sopralluogo sono notevolmente più elevati, rispetto a quelli considerati nel modello di calcolo.

Tale differenza può essere dovuta ad una temperatura media del fluido termovettore considerata pari a 45°C per i ventilconvettori nel modello di calcolo, già preimpostata dal software ed alle temperature medie mensili utilizzate nel modello di calcolo che risultano sempre superiori a quella rilevata durante il sopralluogo.

Figura 4.8 - Particolare dello schema di impianto [(Fonte: Tavola 223-P00-001-CENTRALE TERMICA.dwg)]



Il rendimento complessivo del sottosistema di distribuzione pari al 93,3% è stato calcolato tramite la norma UNI TS 11300-2.

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

Da Ottobre 2017, il sottosistema di generazione è costituito da una centrale termica dotata di un'unica caldaia a condensazione, alimentata a metano, di produzione Viessman modello Vitodens 200.

Precedentemente il sistema di generazione era costituito da una caldaia Ferroli, modello Pegasus F2 68. Quest'ultimo generatore è stato utilizzato nella validazione del modello energetico.

Figura 4.9 - Particolare della caldaia Viessman Vitodens 200

Figura 4.10 - Particolare dello scambiatore di calore



Le caratteristiche dei sistemi di generazione sono riportate nella **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata..**

Tabella 4.8 - Riepilogo caratteristiche sistema di generazione

| Servizio | MARCA | MODELLO | ANNO DI COSTRUZIONE | POTENZA AL FOCOLARE ⁽¹⁰⁾ | POTENZA TERMICA UTILE ⁽¹⁰⁾ | RENDIMENTO ⁽¹¹⁾ | POTENZA ASSORBITA COMPLESSIVA ⁽¹⁰⁾ | |
|----------|---------------|----------|---------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------|---|------|
| | | | | [kW] | [kW] | | [kW] | |
| Gen 1 | Riscaldamento | Viessman | Vitodens 200 | 2017 | 33 | 32.5 | 98 | 0.95 |

Nota (10): Valore ricavato tramite letture dei dati di targa rilevati in sede di sopralluogo

Nota (11): il valore riportato nella prova fumi dell'impianto risulta superiore a quello calcolato attraverso il modello energetico dell'edificio. Tale scostamento tra i valori di rendimento è dovuto alle differenti condizioni ambientali in cui è stata effettuata la prova fumi rispetto a quelle di calcolo del modello

Il rendimento complessivo del sottosistema di generazione, in regime di riscaldamento è stato calcolato nella DE tramite UNI TS 11300-2 ed è pari al 84%.

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

La produzione di acqua calda sanitaria è eseguita in parte in modo combinato con l'impianto

Figura 4.11 - Particolare del boiler elettrico per la produzione di acqua calda sanitaria

centralizzato asservito al servizio di climatizzazione invernale ed in parte tramite un bollitore elettrico ad accumulo installato all'interno dei servizi igienici con una potenza di 1.2 kW.



I rendimenti caratteristici dei sottosistemi dell'impianto di produzione acqua calda sanitaria sono riportati nelle Tabella 4.9 e 4.10.

Tabella 4.9 – Rendimenti dell'impianto di produzione acqua calda sanitaria del boiler elettrico ad accumulo

| Sottosistema di Erogazione | Sottosistema di Distribuzione | Sottosistema di Ricircolo | Sottosistema di Accumulo | Sottosistema di Generazione | Rendimento Globale medio stagionale |
|----------------------------|-------------------------------|---------------------------|--------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|
| 100% | 92.6% | [-] | [-] | 31% | 28.7% |

Nota (11) Valori di rendimento dei sottosistemi dell'impianto di produzione di ACS calcolati secondo UNI TS 11300-2

Tabella 4.10 – Rendimenti dell'impianto di produzione acqua calda sanitaria dell'impianto centralizzato

| Sottosistema di Erogazione | Sottosistema di Distribuzione | Sottosistema di Ricircolo | Sottosistema di Accumulo | Sottosistema di Generazione | Rendimento Globale medio stagionale |
|----------------------------|-------------------------------|---------------------------|--------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|
| 100% | 92.6 | [-] | [-] | 93.5% | 82.4% |

Nota (11) Valori di rendimento dei sottosistemi dell'impianto di produzione di ACS calcolati secondo UNI TS 11300-2

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

4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE

Le utenze sottese all'impianto elettrico, oltre a quelle precedentemente descritte, sono costituite essenzialmente da utenze locali quali PC, proiettori, stampanti ed altri dispositivi elettrici.

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

Tabella 4.11 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche

| LOCALI TERMICI | DESCRIZIONE | NUMERO | POTENZA NOMINALE | POTENZA COMPLESSIVA | ORE ANNUE DI UTILIZZO |
|----------------|-------------|--------|------------------|---------------------|-----------------------|
|----------------|-------------|--------|------------------|---------------------|-----------------------|

| | | | [W] | [W] | [ore] |
|-----------------|------------|----|-----|-----|-------|
| Aula magna | Proiettore | 1 | 309 | 309 | 412 |
| Lab informatica | Stampante | 1 | 550 | 550 | 412 |
| Lab informatica | PC | 11 | 65 | 715 | 824 |
| Uffici PT | Frigo | 1 | 70 | 70 | 1648 |

Ai fini di un'identificazione più precisa del funzionamento dei componenti impiantistici si è proceduto, in sede di sopralluogo, al rilevamento dei dati di targa dei singoli dispositivi e all'intervista dell'utenza per meglio comprenderne le modalità di utilizzo. Non si è ritenuto necessario procedere con attività diagnostiche degli impianti elettrici data la tipologia e l'uso degli stessi.

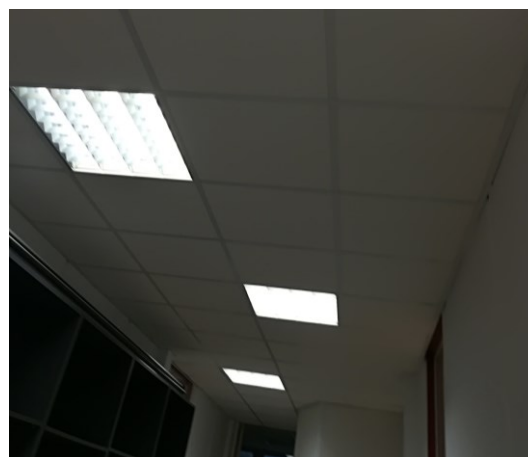
L'elenco delle altre utenze elettriche rilevate in sede di sopralluogo e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 11 dell' Allegato J – Schede di audit.

4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE

L'impianto di illuminazione è costituito da lampade a fluorescenza tubolari (neon).

Tale tipologia di corpi illuminanti sono installate a soffitto nelle zone di circolazione interna, aule, uffici e servizi igienici.

Figura 4.12 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nei locali dell'edificio



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

Tabella 4.12 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

| LOCALE TERMICO | DESCRIZIONE | NUMERO | POTENZA UNITARIA | POTENZA COMPLESSIVA |
|--------------------|-------------|--------|------------------|---------------------|
| | | | [W] | [W] |
| Aule/Uffici PT | Neon | 8 | 36 | 288 |
| Lab informatica PT | Neon | 8 | 36 | 288 |
| Atrio PT | Neon | 16 | 36 | 576 |
| Servizi PT | Neon | 4 | 36 | 144 |
| Servizi PT | Neon | 5 | 100 | 500 |
| Aula magna PT | Neon | 40 | 18 | 720 |
| Refettorio PT | Neon | 8 | 36 | 288 |
| Palestra PT | Neon | 10 | 36 | 360 |
| Spogliatoio PT | Neon | 5 | 36 | 180 |
| Aule P1 | Neon | 56 | 36 | 2016 |
| Servizi 1 P1 | Neon | 5 | 36 | 180 |
| Servizi 2 P1 | Neon | 1,5 | 36 | 54 |
| Cucina P1 | Neon | 8 | 36 | 288 |

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.

Durante la fase di sopralluogo si è provveduto a rilevare anche lo stato di conservazione dei corpi illuminanti, che si presentano in buone condizioni.

Si è inoltre verificata la presenza di luci di emergenza nei diversi locali della struttura.

Figura 4.13 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nell'aula magna



5 CONSUMI RILEVATI

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

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

I vettori energetici analizzati sono i seguenti:

- Gas metano;
- Energia elettrica.

5.1.1 Energia termica

Il vettore termico utilizzato per la climatizzazione invernale della struttura è il Gas Metano.

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

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

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

Nota (12) Fonte: Prospetto B.19 UNI TS 11300-2:2014

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

- Centrale termica per il riscaldamento degli ambienti della scuola;

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

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

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

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

| PDR | Utilizzo | 2014 [mc] | 2015 [mc] | 2016 [mc] | 2014 [kWh] | 2015 [kWh] | 2016 [kWh] |
|----------------|---------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|
| 03270034930114 | Riscaldamento | 5.994 | 4.873 | 5.170 | 56.463 | 45.907 | 48.706 |

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

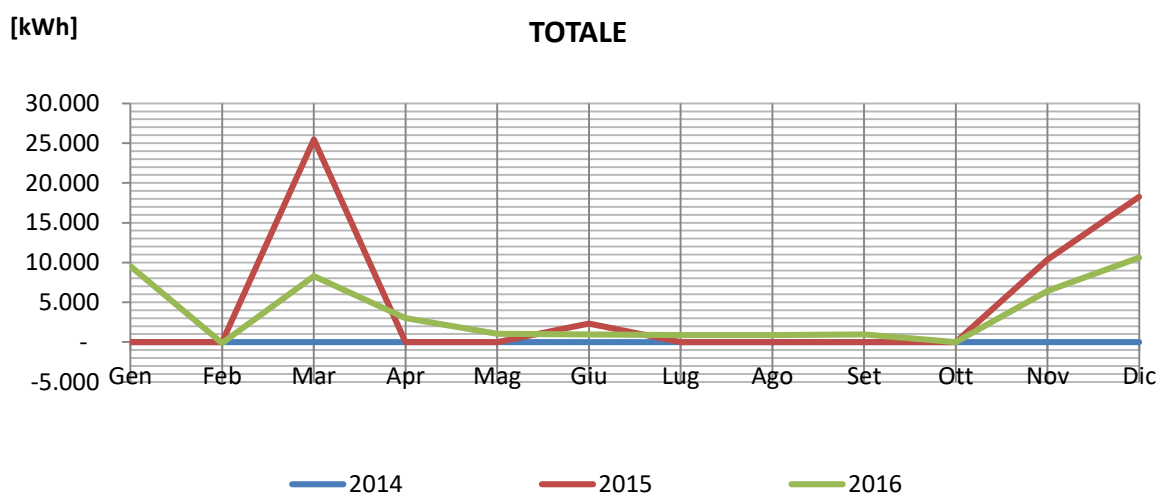
I consumi fatturati dalla società di fornitura sono riportati nella Tabella 5.3.

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

| PDR: 03270049123456 | 2014 | 2015 | 2016 | 2014 | 2015 | 2016 |
|------------------------|------|-------|-------|-------|--------|--------|
| Mese di riferimento | [mc] | [mc] | [mc] | [kWh] | [kWh] | [kWh] |
| Gennaio | - | - | 1.012 | - | - | 9.533 |
| Febbraio | - | - | 13 | - | - | 122 |
| Marzo | - | 2.704 | 877 | - | 25.468 | 8.261 |
| Aprile | - | - | 320 | - | - | 3.014 |
| Maggio | - | - | 111 | - | - | 1.046 |
| Giugno | - | 248 | 100 | - | 2.336 | 942 |
| Luglio | - | - | 92 | - | - | 867 |
| Agosto | - | - | 92 | - | - | 867 |
| Settembre | - | - | 100 | - | - | 942 |
| Ottobre | - | - | - | - | - | - |
| Novembre | - | 1.101 | 683 | - | 10.371 | 6.434 |
| Dicembre | - | 1.939 | 1.128 | - | 18.265 | 10.626 |
| Totale | - | 5.992 | 4.502 | - | 56.441 | 42.409 |

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

Figura 5.1 – Andamento mensile dei consumi termici fatturati



Dall'analisi effettuata è emerso che il prelievo termico del triennio è caratterizzato da andamenti non continuativi tra un anno e l'altro. Si basa sui m³ di gas rilevati dalla società di fornitura nel triennio di riferimento. Per il PDR non sono disponibili le fatture dell'anno 2014 ed i valori inseriti qui in alto fanno riferimento principalmente a letture rilevate. I picchi sono dovuti a consumi mensili aggregati in alcune bollette.

Confrontando l'andamento dei consumi con i GG_{real} del triennio di riferimento si può notare che non c'è congruenza con i valori indicati dalla PA rispetto quelli rilevati da fatturazione. L'andamento mostrato dal grafico non è assimilabile a quello di una stagione termica.

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

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

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

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

Dove:

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

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

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

Tale consumo è stato valutato esclusivamente ad uso riscaldamento. L'acqua calda sanitaria utilizza un altro vettore energetico.

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

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

\bar{Q}_{ALTRO} = Consumo termico reale per eventuali altri utilizzi dell'edificio, kWh/anno, valutato come la media dei consumi per altri usi, nel triennio di riferimento. Tale contributo non è stato valutato in quanto i suddetti utilizzi non sono serviti da questo contatore.

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

Tabella 5.4 – Normalizzazione dei consumi annuali di energia termica

| ANNO | GG _{REALI} SU 116 GIORNI | GG _{RIF} SU 116 GIORNI | CONSUMO REALE RISC. [Smc] | CONSUMO REALE RISC. [kWh] | α_{rif} | CONSUMO NORMALIZZATO A 1421 GG [kWh] | CONSUMO ACS [kWh] | CONSUMO ALTRO [kWh] |
|--------------|--------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|----------------|---|-------------------------|---------------------------|
| 2014 | 941 | 990 | 5.994 | 56.480 | 60,0 | 59.441 | - | - |
| 2015 | 979 | 990 | 4.873 | 45.917 | 46,9 | 46.448 | - | - |
| 2016 | 1.073 | 990 | 5.170 | 48.715 | 45,4 | 44.969 | - | - |
| Media | 997 | 990 | 5.346 | 50.371 | 50,5 | 50.003 | - | - |

Come si può notare dai dati riportati il comportamento energetico dell'edificio, negli anni considerati, è stato caratterizzato da un consumo pressoché costante negli ultimi due anni. La riduzione avvenuta nel 2015 non è dovuta alla realizzazione di importanti interventi di efficientamento. È possibile che queste riduzioni possano essere riconducibili ad un utilizzo diverso dei locali congiuntamente a fattori climatici.

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

Tabella 5.5 – Individuazione della Baseline termica

| GRANDEZZA | VALORE |
|---------------------------------|--------|
| | [kWh] |
| \bar{Q}_{ACS} | - |
| \bar{Q}_{ALTRO} | - |
| $\bar{a}_{rif} \times GG_{rif}$ | - |
| $Q_{baseline}$ | 50.003 |

5.1.2 Energia elettrica

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

- Scuola elementare "Gioiosa";
- Scuola materna "Bavari";

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

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

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

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

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

| POD | ZONA SERVITA | 2014 | 2015 | 2016 | MEDIA |
|----------------|-------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | | kWh] | kWh] | kWh] | kWh] |
| IT001E00122637 | Scuola elementare | 16.950 | 15.388 | 19.122 | 17.153 |
| | Scuola materna | - | - | - | - |
| TOTALE | | 16.950 | 15.388 | 19.122 | 17.153 |

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-E271) e sono emerse le seguenti differenze:

2014 : 18.014 kWh (-6%)

2015 : 17.294 kWh (-12%)

2016 : 20.561 kWh (-8%)

Media : 18.623 kWh (-9%)

Il consumo elettrico rilevato è uguale alla somma dell'E270 e dell'E271 che ne condividono il POD. I consumi rilevati dalla fatturazione sono mediamente più bassi dell'9% rispetto a quelli rilevati da PA. In questi consumi sono stati presi in considerazione i conguagli presenti in fatture successive.

Questa alta percentuale è imputabile al consumo dell'anno 2016

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

Si è pertanto definito un consumo $EE_{baseline}$ pari a 17.153 kWh, quello rilevato dall'Auditor nella fase di analisi della fatturazione.

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

| POD: IT001E0122673 | F1 | F2 | F3 | TOTALE |
|--------------------|---------------|--------------|--------------|---------------|
| Anno 2014 | [kWh] | [kWh] | [kWh] | [kWh] |
| Gennaio | 1.300 | 248 | 354 | 1.902 |
| Febbraio | 1.271 | 260 | 309 | 1.840 |
| Marzo | 1.268 | 268 | 348 | 1.884 |
| Aprile | 1.104 | 234 | 365 | 1.703 |
| Maggio | 1.005 | 243 | 350 | 1.598 |
| Giugno | 608 | 145 | 248 | 1.001 |
| Luglio | 263 | 111 | 179 | 553 |
| Agosto | 176 | 102 | 182 | 460 |
| Settembre | 677 | 156 | 223 | 1.056 |
| Ottobre | 1.100 | 192 | 242 | 1.534 |
| Novembre | 1.145 | 227 | 357 | 1.729 |
| Dicembre | 1.068 | 225 | 397 | 1.690 |
| Totale | 10.985 | 2.411 | 3.554 | 16.950 |
| POD: IT001E0122673 | F1 | F2 | F3 | TOTALE |
| Anno 2015 | [kWh] | [kWh] | [kWh] | [kWh] |
| Gennaio | 1.347 | 264 | 397 | 2.008 |
| Febbraio | 1.251 | 253 | 348 | 1.852 |
| Marzo | 981 | 207 | 296 | 1.484 |
| Aprile | 589 | 134 | 174 | 897 |
| Maggio | 970 | 191 | 288 | 1.449 |
| Giugno | 569 | 143 | 240 | 952 |
| Luglio | 179 | 79 | 127 | 385 |
| Agosto | 87 | 56 | 115 | 258 |
| Settembre | 588 | 139 | 231 | 958 |
| Ottobre | 1.206 | 205 | 222 | 1.633 |
| Novembre | 1.333 | 222 | 294 | 1.849 |
| Dicembre | 1.109 | 204 | 350 | 1.663 |
| Totale | 10.209 | 2.097 | 3.082 | 15.388 |
| POD: IT001E0122673 | F1 | F2 | F3 | TOTALE |
| Anno 2016 | [kWh] | [kWh] | [kWh] | [kWh] |
| Gennaio | 1.310 | 247 | 370 | 1.927 |
| Febbraio | 1.342 | 236 | 307 | 1.885 |
| Marzo | 1.271 | 238 | 340 | 1.849 |
| Aprile | 1.230 | 304 | 455 | 1.989 |
| Maggio | 1.290 | 238 | 327 | 1.855 |
| Giugno | 721 | 193 | 315 | 1.229 |
| Luglio | 300 | 172 | 300 | 772 |
| Agosto | 238 | 156 | 293 | 687 |
| Settembre | 754 | 190 | 279 | 1.223 |
| Ottobre | 1.229 | 248 | 320 | 1.797 |
| Novembre | 1.451 | 251 | 335 | 2.037 |
| Dicembre | 1.114 | 314 | 444 | 1.872 |
| Totale | 12.250 | 2.787 | 4.085 | 19.122 |

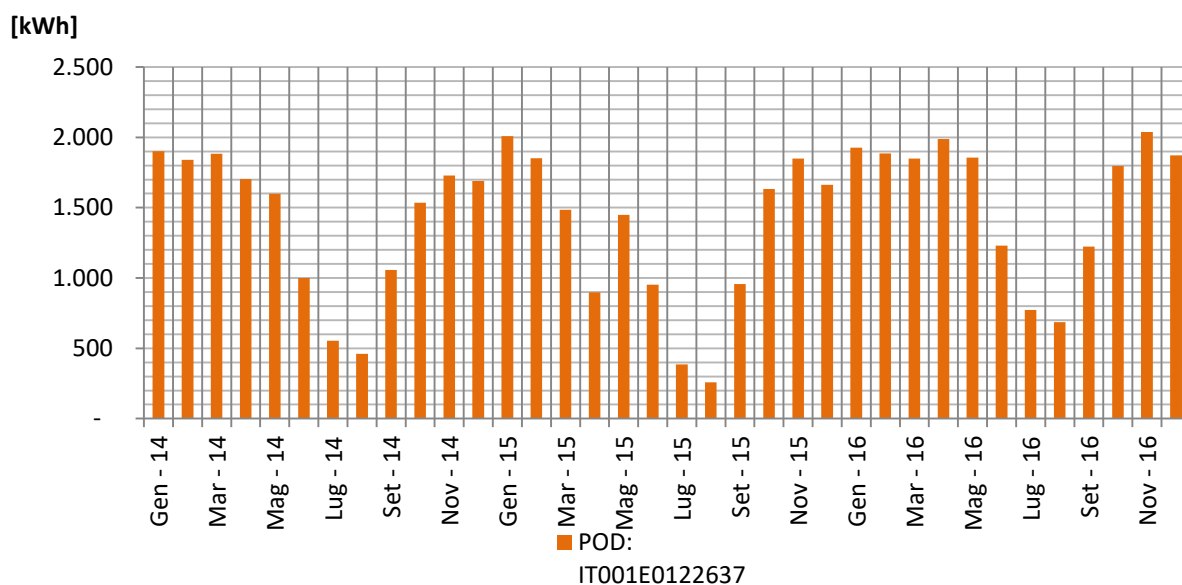
Dall'analisi effettuata è stato possibile definire i profili mensili dei consumi elettrici di Baseline, valutati come la media dei valori mensili analizzati nel triennio di riferimento. Tali valori sono riportati nella Tabella 5.8.

Tabella 5.8 – Consumi mensili di Baseline

| BASELINE | F1 | F2 | F3 | TOTALE |
|-----------|--------|-------|-------|--------|
| | [kWh] | [kWh] | [kWh] | [kWh] |
| Gennaio | 1.319 | 253 | 374 | 1.946 |
| Febbraio | 1.288 | 250 | 321 | 1.859 |
| Marzo | 1.173 | 238 | 328 | 1.739 |
| Aprile | 974 | 224 | 331 | 1.530 |
| Maggio | 1.088 | 224 | 322 | 1.634 |
| Giugno | 633 | 160 | 268 | 1.061 |
| Luglio | 247 | 121 | 202 | 570 |
| Agosto | 167 | 105 | 197 | 468 |
| Settembre | 673 | 162 | 244 | 1.079 |
| Ottobre | 1.178 | 215 | 261 | 1.655 |
| Novembre | 1.310 | 233 | 329 | 1.872 |
| Dicembre | 1.097 | 248 | 397 | 1.742 |
| Totale | 11.148 | 2.432 | 3.574 | 17.153 |

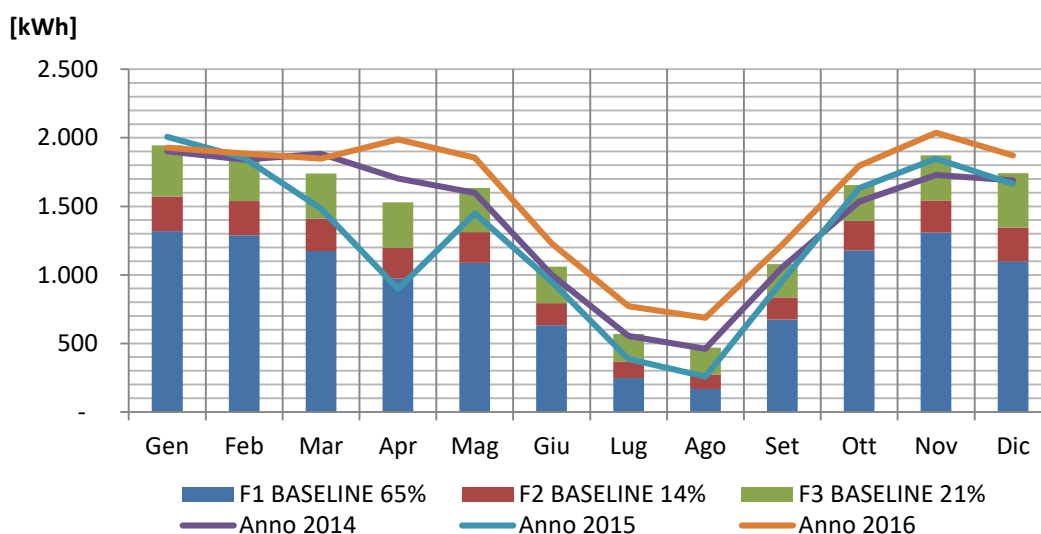
Il profilo così ottenuto è rappresentato nel grafico in Figura 5.2

Figura 5.2 – Profili mensili di Baseline riferimento



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

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



I profili di prelievo mensili nel triennio di riferimento presentano andamenti coerenti di anno in anno. I minimi consumi si hanno nei mesi estivi di luglio ed agosto quando l'attività della scuola è molto ridotta. Tale contributo può essere dovuto all'attività di segreteria e alla presenza di consumi in stand-by delle numerose apparecchiature presenti nella struttura, infatti le porzioni delle fasce orarie in F1, F2 ed E3 sono tra loro comparabili senza che una domini sulle altre così come accade invece negli altri mesi. In quest'ultimo caso il consumo maggiore si ha nella fascia diurna F1 la quale è sempre la componente prevalente. È da sottolineare che il consumo rilevato è condiviso con l'edificio E270.

Non è stato possibile rappresentare i profili giornalieri dei consumi elettrici accedendo alle informazioni fornite dalla società di distribuzione dell'energia elettrica, in quanto il contatore installato nella scuola ha una potenza minore di 55 kW, soglia necessaria per questo tipo di analisi. Pertanto non è stato possibile analizzare i profili giornalieri rappresentativi nelle diverse condizioni di utilizzo dell'edificio e di funzionamento dell'impianto.

5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI

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

I fattori di emissione di CO₂ utilizzati sono riportati nella Tabella 5.9 - Fattori di emissione di CO₂. Tabella 5.9.

Tabella 5.9 - Fattori di emissione di CO₂.

| COMBUSTIBILE | FATTORE DI CONVERSIONE |
|-------------------|------------------------|
| | tCO ₂ /MWh |
| Energia elettrica | * 0,467 |
| Gas naturale | * 0,202 |
| GPL | * 0,227 |
| Olio combustibile | * 0,267 |

| | |
|---------|---------|
| Gasolio | * 0,267 |
| Benzina | * 0,249 |

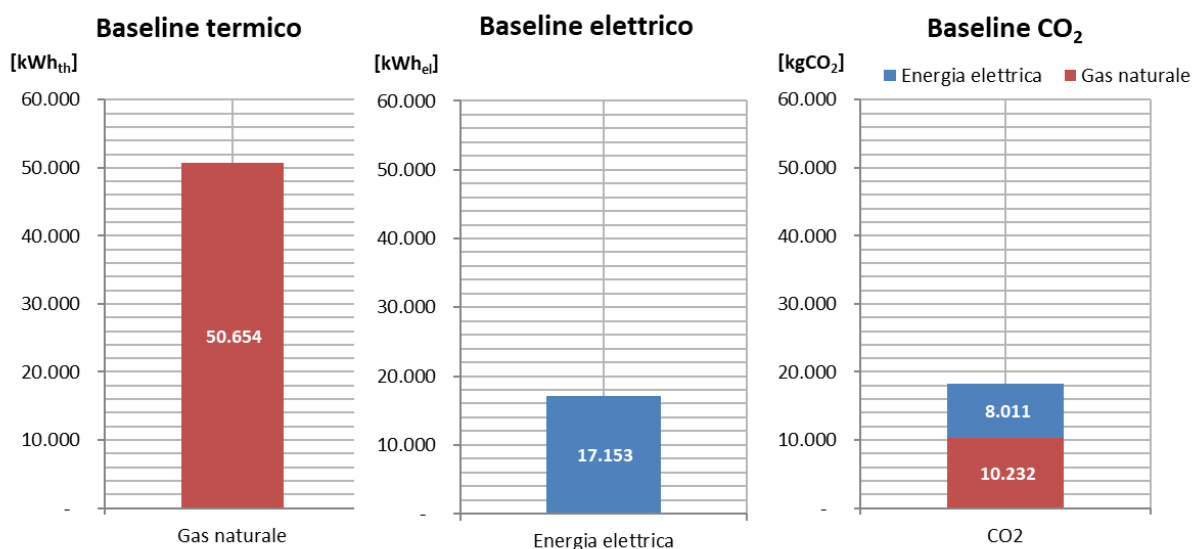
* da "Linee Guida Patto dei Sindaci" per anno 2010

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

Tabella 5.10 – Baseline delle emissioni di CO₂.

| COMBUSTIBILE | CONSUMO DI BASELINE | FATTORE DI CONVERSIONE | |
|-------------------|---------------------|-------------------------|---------------------|
| | [kWh] | [tCO ₂ /MWh] | [tCO ₂] |
| Gas naturale | 50.654 | 0,202 | 10.232 |
| Energia elettrica | 17.153 | 0,467 | 8.011 |

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



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

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

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

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

Tabella 5.12 – Fattori di riparametrizzazione

| PARAMETRO | | VALORE | U.M. |
|-----------|-----------------------------|--------|----------------|
| FATTORE 1 | Superficie netta riscaldata | 825 | m ² |

| | | | |
|-----------|---|-------|----------------|
| FATTORE 1 | Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate) | 930 | m ³ |
| FATTORE 1 | Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate) | 4.186 | m ³ |

Nella Tabella 5.13 e

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

Tabella 5.13 – Indicatori di performance calcolati con riferimento all'energia primaria totale.]

| VETTORE ENERGETICO | CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE [kWh/anno] | FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA TOTALE | CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA TOTALE [kWh/anno] | INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA TOTALE | | | INDICATORI AMBIENTALI | | |
|--------------------|--|--|--|---|------------------------------------|------------------------------------|--|--|--|
| | | | | FATTORE 1 [kWh/m ²] | FATTORE 2 [kWh/m ²] | FATTORE 3 [kWh/m ³] | FATTORE 1 [Kg CO ₂ /m ²] | FATTORE 2 [Kg CO ₂ /m ²] | FATTORE 3 [Kg CO ₂ /m ³] |
| Gas naturale | 50.654 | 50.654 | 1,05 | 53.187 | 64,5 | 57,2 | 12,7 | 12,41 | 11,01 |
| Energia elettrica | 2,42 | 41.511 | 50,3 | 44,7 | 9,9 | 9,71 | 8,62 | 1,91 | 2,42 |
| TOTALE | | | 94.698 | 115 | 102 | 23 | 22 | 20 | 4 |

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

| VETTORE ENERGETICO | CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE [kWh/anno] | FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA NON RINN. | CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA NON RINN. [kWh/anno] | INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE | | | INDICATORI AMBIENTALI | | |
|--------------------|--|---|---|--|------------------------------------|------------------------------------|--|--|--|
| | | | | FATTORE 1 [kWh/m ²] | FATTORE 2 [kWh/m ²] | FATTORE 3 [kWh/m ³] | FATTORE 1 [Kg CO ₂ /m ²] | FATTORE 2 [Kg CO ₂ /m ²] | FATTORE 3 [Kg CO ₂ /m ³] |
| Gas naturale | 50.654 | 1,05 | 53.187 | 64,5 | 57,2 | 12,7 | 12,41 | 11,01 | 2,44 |
| Energia elettrica | 17.153 | 1,95 | 33.449 | 40,6 | 36,0 | 8,0 | 9,71 | 8,62 | 1,91 |
| TOTALE | | | 86.636 | 105 | 93 | 21 | 22 | 20 | 4 |

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

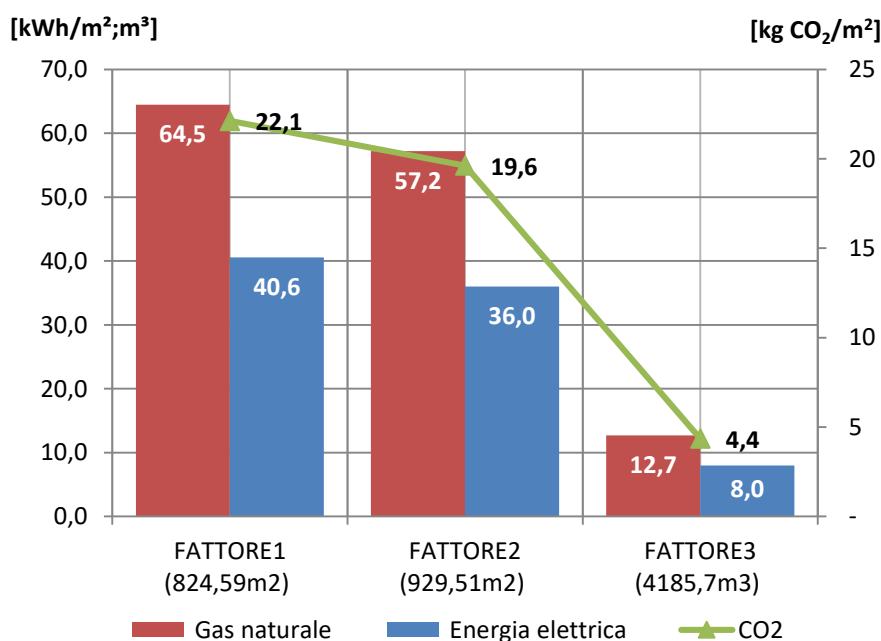
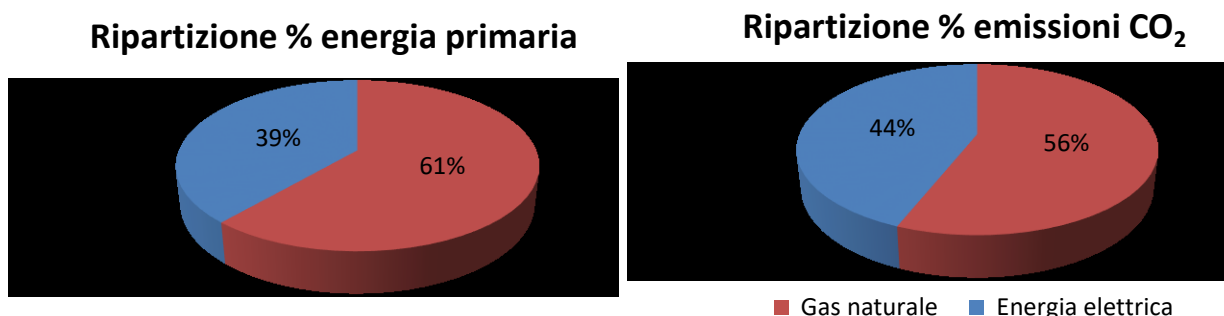


Figura 5.6 – Ripartizione % dei consumi specifici di energia primaria e delle relative emissioni di CO₂

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

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

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

La formula definita è sotto riportata:

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

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

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

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

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

Tabella 5.15 – Indicatori di performance energetici

| COMBUSTIBILE | IEN _R | | | IEN _E | | |
|-------------------|-----------------------------|------|------|--------------------------|-------|-------|
| | Wh/(m ³ GG anno) | | | Wh/(m ² anno) | | |
| | 2014 | 2015 | 2016 | 2014 | 2015 | 2016 |
| Gas Naturale | 12,45 | 9,73 | 9,42 | - | - | - |
| Energia elettrica | - | - | - | 14,10 | 13,53 | 16,09 |

E' stato quindi possibile effettuare un raffronto con le classi di merito riportate nelle suddette Linee Guida ENEA - FIRE, ottenendo mediamente classi di merito Buono per il riscaldamento ed Insufficiente per l'energia elettrica.



Si rimanda nell'allegato M il dettaglio riassuntivo di tutti gli indici di performance in condizioni standard ed adattati all'utenza.

6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO

Durante il sopralluogo si è rilevata la sostituzione del generatore di calore avvenuta in Ottobre 2017. Pertanto, si è proceduto con l'implementazione di un modello energetico che fosse confrontabile coi consumi delle tre stagioni termica considerate nell'analisi, per il quale si è utilizzato il generatore di calore precedente alla sostituzione. Si è poi definito un nuovo modello energetico col generatore attuale utile all'analisi degli scenari di intervento.

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 e UNI-TS 11300-4:2016.

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 | | ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE | U.M. | ENERGIA PRIMARIA TOTALE | U.M. |
|--|-------------------|-------------------------------------|-------------|-------------------------------|-------------|
| Globale | EP _{gl} | 161.23 | kWh/mq anno | 168.1 | kWh/mq anno |
| Climatizzazione invernale | EP _H | 132.52 | kWh/mq anno | 133.34 | kWh/mq anno |
| Produzione di acqua calda sanitaria | EP _w | 3.69 | kWh/mq anno | 3.69 | kWh/mq anno |
| Ventilazione | EP _v | [-] | kWh/mq anno | [-] | kWh/mq anno |
| Raffrescamento | EP _c | [-] | kWh/mq anno | [-] | kWh/mq anno |
| Illuminazione artificiale | EP _L | 25.03 | kWh/mq anno | 31.06 | kWh/mq anno |
| Trasporto di persone e cose | EP _T | [-] | kWh/mq anno | [-] | kWh/mq anno |
| Emissioni equivalenti di CO ₂ | CO _{2eq} | 31.6 | Kg/mq anno | 33 | Kg/mq anno |

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 |
|-----------------------------|-------------------------|---|
| | [Nm ³ /anno] | [kWh/anno] |
| Gas Naturale | 10707 | 111750 |

| | [kWh/anno] | [kWh/anno] |
|-------------------|------------|------------|
| Energia Elettrica | 12282 | 23950 |

Il modello di calcolo utilizzato deve essere validato tramite confronto con la baseline energetica, secondo la presente scala di congruità:

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

Dove:

- $Q_{teorico}$ è il fabbisogno teorico dell'edificio, come calcolato dal software di simulazione, ed è assunto pari al fabbisogno di energia per la combustione ($Q_{gn,in}$) così come definito dalla norma UNI TS 11300 parte 2;
- $Q_{baseline}$ è il consumo reale (destagionalizzato nel caso di climatizzazione), dell'edificio, definito dalla baseline energetica.

Tale raffronto deve essere realizzato sia per il consumo termico, che per il consumo elettrico.

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 l'orario di funzionamento effettivo dell'impianto termico e gli indici di occupazione reali dell'edificio.

Nella

Tabella 6.5 sono riportati gli indicatori di performance energetica ricavati dalla modellazione dell'edificio in modalità "Adattata all'utenza".

Tabella 6.3 – Indicatori di performance energetica ricavati dalla modellazione (valutazione in modalità adattata all'utenza)

| INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA | | ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE | U.M. | ENERGIA PRIMARIA TOTALE | U.M. |
|-------------------------------------|------------|----------------------------------|-------------|-------------------------|-------------|
| Globale | EP_{gl} | 87.78 | kWh/mq anno | 93.70 | kWh/mq anno |
| Climatizzazione invernale | EP_H | 59.9 | kWh/mq anno | 60 | kWh/mq anno |
| Produzione di acqua calda sanitaria | EP_w | 3.71 | kWh/mq anno | 3.71 | kWh/mq anno |
| Ventilazione | EP_v | [-] | kWh/mq anno | [-] | kWh/mq anno |
| Raffrescamento | EP_c | [-] | kWh/mq anno | [-] | kWh/mq anno |
| Illuminazione artificiale | EP_L | 24.16 | kWh/mq anno | 29.99 | kWh/mq anno |
| Trasporto di persone e cose | EP_T | [-] | kWh/mq anno | [-] | kWh/mq anno |
| Emissioni equivalenti di CO2 | CO_{2eq} | 16.9 | Kg/mq anno | 18 | Kg/mq anno |

Gli indici di prestazione energetica sopra riportati corrispondono ad un quantitativo annuo di vettore energetico consumato, riportato nella Tabella 6.4.

Tabella 6.4 – Consumo di vettore energetico ricavato dalla modellazione (valutazione in modalità adattata all'utenza)

| FONTE ENERGETICA UTILIZZATA | CONSUMO | ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE | |
|-----------------------------|-------------------------|----------------------------------|--|
| | [Nm ³ /anno] | [kWh/anno] | |
| Gas Naturale | 5102 | 53250 | |
| | [kWh/anno] | [kWh/anno] | |
| Energia Elettrica | 12629 ^(*) | 27261 | |

(*) Valore riferito al consumo di energia elettrica del modello relativo esclusivamente all'edificio E271

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

| $Q_{teorico}$ | $Q_{baseline}$ | Congruità |
|---------------|----------------|-----------|
| [kWh/anno] | [kWh/anno] | [%] |
| 50714 | 50654 | 0.12% |

Dall'analisi effettuata è emerso che il modello valutato in "Modalità adattata all'utenza" risulta validato.

6.1.2 Validazione del modello elettrico

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

Tabella 6.6 – Validazione del modello energetico elettrico (valutazione in modalità adattata all'utenza)

| $EE_{teorico}$ | $EE_{baseline}$ | Congruità |
|----------------|-----------------|-----------|
| [kWh/anno] | [kWh/anno] | [%] |
| 17681 | 17153 | 2.99% |

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

6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

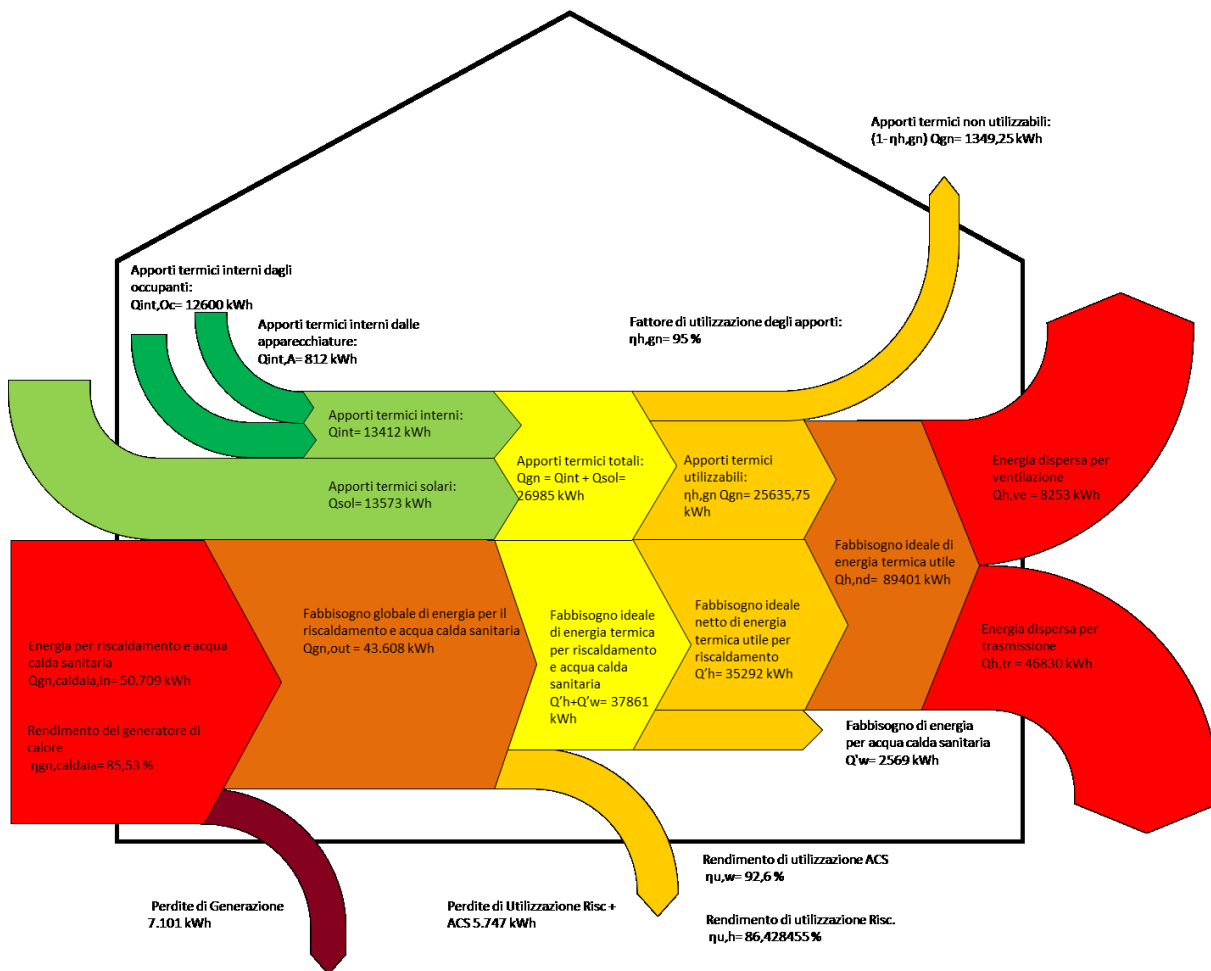
Al fine di valutare la prestazione energetica del sistema edificio-impianti si è reso necessario predisporre i risultati della modellazione energetica nella forma di un bilancio energetico che descriva l'andamento dei flussi energetici caratteristici dell'edificio in modo da valutare in maniera puntuale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

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

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

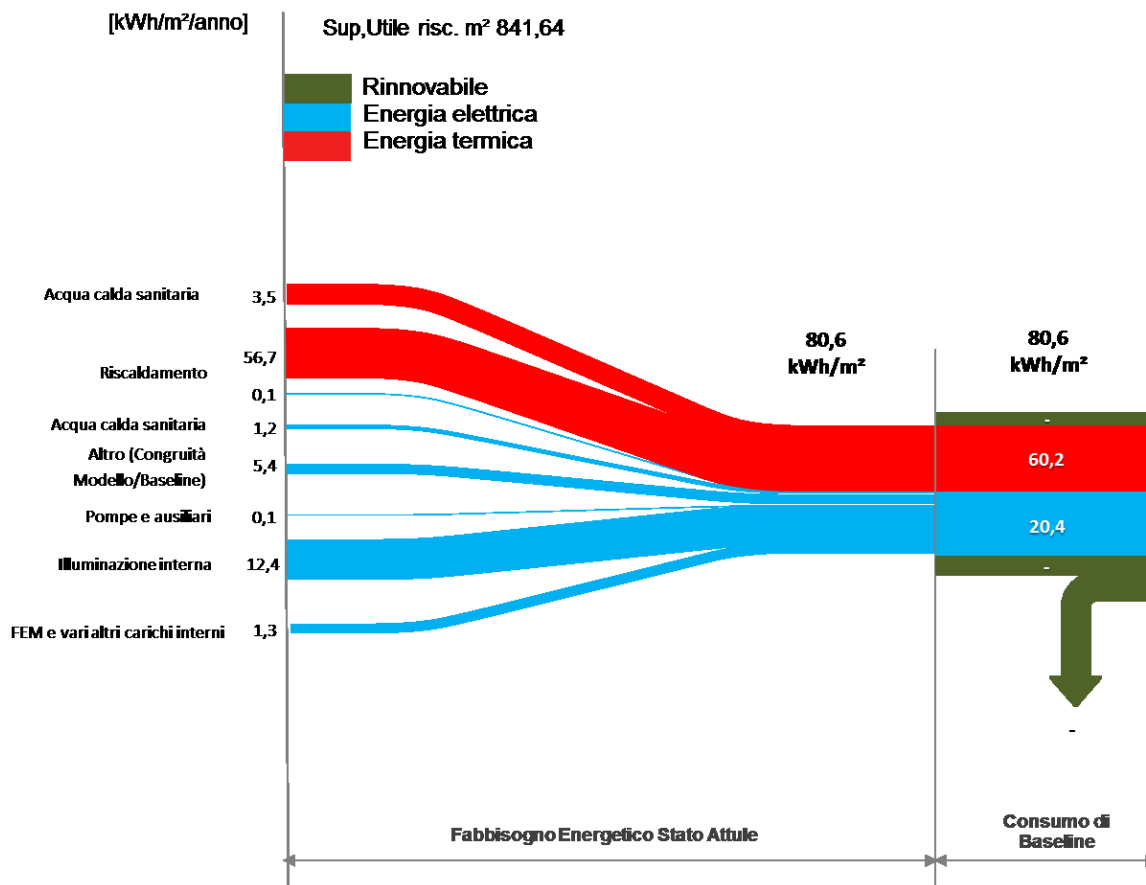
I risultati del bilancio energetico termico sono stati rappresentati nella forma di diagramma di Sankey riportato in Figura 6.1

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



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

Figura 6.2 – Bilancio energetico complessivo dell'edificio

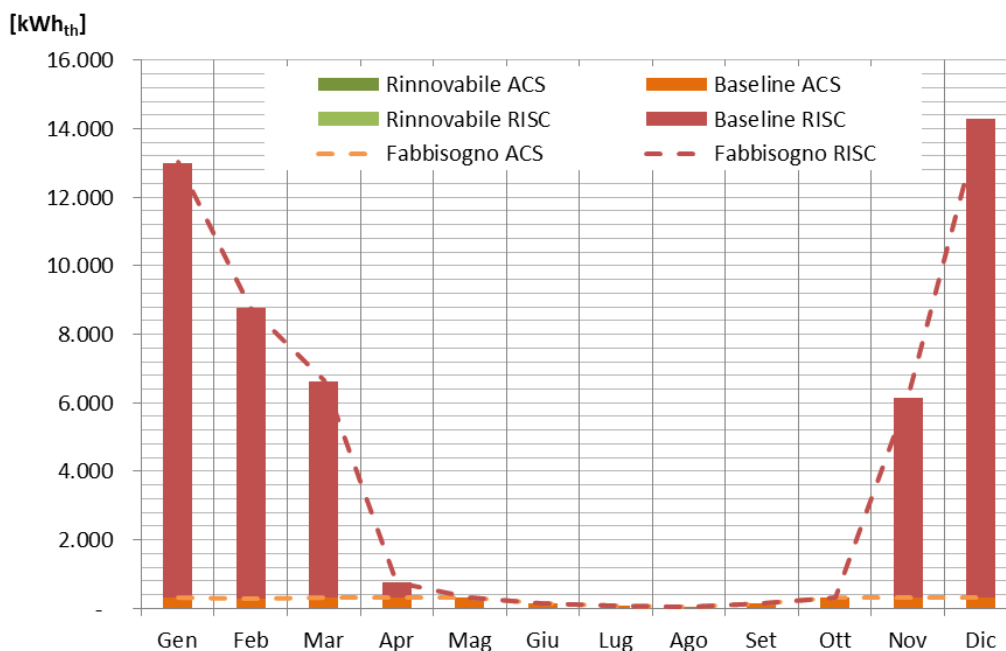


6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI

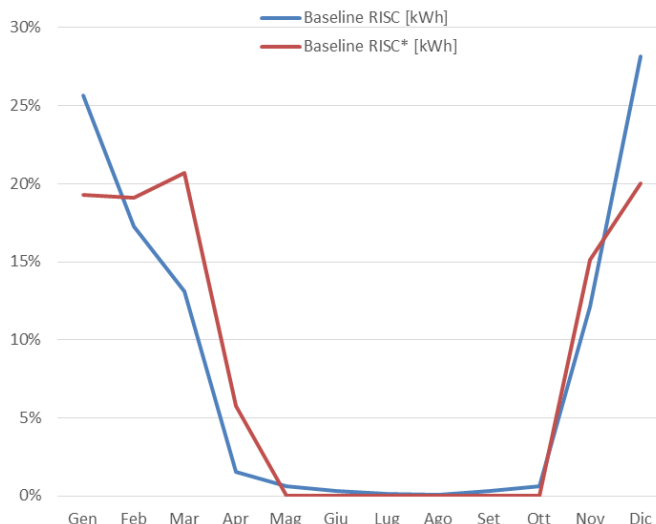
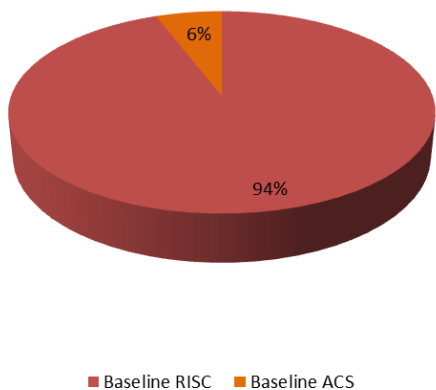
La creazione di un modello energetico consente di effettuare una più corretta ripartizione dei consumi energetici in funzione dei diversi utilizzi.

La ripartizione mensile dei fabbisogni energetici termici ricavati dalla modellazione è riportata in figura 6.3

Figura 6.3 – Andamento mensile dei consumi termici ricavati dalla modellazione



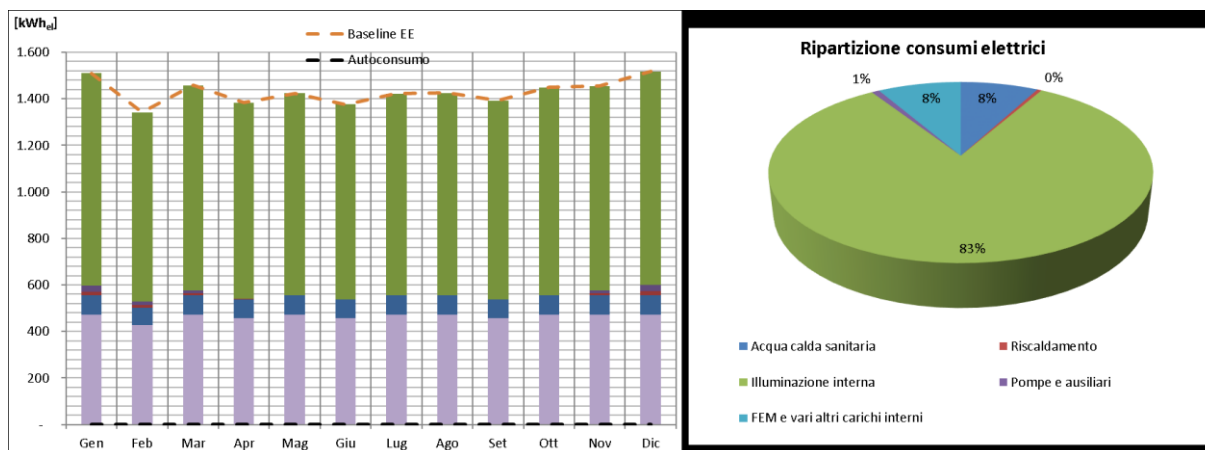
Ripartizione consumi termici



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

La ripartizione dei fabbisogni energetici elettrici ricavati dalla modellazione è riportata in 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 al servizio di illuminazione interna, pertanto, gli interventi migliorativi proposti andranno ad interessare principalmente i componenti asserviti a tale sistema.

7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTERVENTO

7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI

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

7.1.1 Vettore termico

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

- PDR 1 -3270034930114: contratto di fornitura del solo vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. E' stato quindi possibile effettuare un'analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura.

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

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

| PDR: 03270034930114 | 2014 | 2015 | 2016 |
|--|------|---|--|
| Indirizzo di fornitura | | | |
| Dati di intestazione fattura | | Via Casale 11/a, Pl. A 16133 Genova (GE) | Via Casale 11/a, Pl. A 16133 Genova (GE) |
| Società di fornitura | | IREN MERCATO SPA | ENI |
| Inizio periodo fornitura | | - | 01/04/15 |
| Fine periodo fornitura | | 31/03/14 | 31/03/16 |
| Classe del contatore | | Classe G006 | Classe G0006 |
| Tipologia di contratto | | PUNTO DI RICONSEGNA PER SERVIZIO PUBBLICO | UTENZE CON ATTIVITA' DI SERVIZIO PUBBLICO |
| Opzione tariffaria (*) | | | |
| Valore del coefficiente correttivo dei consumi | | 1,023328 | 1,023328 |
| Potere calorifico inferiore convenzionale del combustibile | | 9,42 kWh/smc | 9,42 kWh/smc |
| Prezzi di fornitura del combustibile (*) (IVA INCLUSA) [€/sm ³] | | 0,254 | 0,176 |

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.

Dalle informazioni riportate nella tabella si può desumere che l'informazione per il PDR sono mancanti quelle del 2014 (per mancanza di fatture). Si nota che per i restanti anni in corrispondenza del passaggio da una stagione termica all'altra è cambiato il fornitore del metano e di conseguenza anche il prezzo medio di fornitura del combustibile.

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

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

| PDR: 03270034930114 | QUOTA ENERGIA | ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA | ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE | IMPOSTE | IVA | TOTALE | CONSUMO FATTURATO | COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA) |
|------------------------|------------------|------------------------------------|---|--------------|--------------|--------------|----------------------|---------------------------------------|
| ANNO 2014 | [€] | [€] | [€] | [€] | [€] | [€] | [KWH] | [€/kWh] |
| Gennaio | | | | | | | - | - |
| Febbraio | | | | | | | - | - |
| Marzo | | | | | | | - | - |
| Aprile | | | | | | | - | - |
| Maggio | | | | | | | - | - |
| Giugno | | | | | | | - | - |
| Luglio | | | | | | | - | - |
| Agosto | | | | | | | - | - |
| Settembre | | | | | | | - | - |
| Ottobre | | | | | | | - | - |
| Novembre | | | | | | | - | - |
| Dicembre | | | | | | | - | - |
| Totale | - | - | - | - | - | - | - | - |
| PDR: 03270034930114 | QUOTA ENERGIA | ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA | ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE | IMPOSTE | IVA | TOTALE | CONSUMO FATTURATO | COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA) |
| ANNO 2015 | [€] | [€] | [€] | [€] | [€] | [€] | [KWH] | [€/kWh] |
| Gennaio | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Febbraio | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Marzo | 1.158 | 11 | 401 | 2.936 | 2.398 | 6.484 | 25.468 | 0,255 |
| Aprile | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Maggio | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Giugno | 70 | 12 | 29 | 2 | 4 | 81 | 2.336 | 0,035 |
| Luglio | - | 4 | - | 214 | 131 | 348 | - | - |
| Agosto | - | 4 | - | 0 | 1 | 4 | - | - |
| Settembre | - | 4 | - | 0 | 1 | 5 | - | - |
| Ottobre | 303 | 19 | 110 | - | 1 | 433 | - | - |
| Novembre | 534 | 4 | 179 | 8 | 6 | 585 | 10.371 | 0,056 |
| Dicembre | 683 | 4 | 232 | 525 | 317 | 1.513 | 18.265 | 0,083 |
| Totale | 2.749 | 61 | 951 | 3.687 | 2.859 | 9.453 | 56.441 | 0,167 |
| PDR: 03270034930114 | 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] |
| Gennaio | 238 | 3 | 136 | 176 | 91 | 644 | 9.533 | 0,068 |
| Febbraio | 1 | 4 | 9 | -3 | 2 | 12 | - 122 | - 0,099 |
| Marzo | 226 | 4 | 102 | 186 | 114 | 631 | 8.261 | 0,076 |
| Aprile | 63 | 3 | 38 | 41 | 172 | 317 | 3.014 | 0,105 |
| Maggio | 22 | 3 | 13 | 24 | 14 | 75 | 1.046 | 0,072 |
| Giugno | 20 | 3 | 12 | 21 | 12 | 68 | 942 | 0,072 |
| Luglio | 19 | 3 | 11 | 19 | 12 | 64 | 867 | 0,074 |

| | | | | | | | | |
|---------------|--------------|-----------|------------|------------|------------|-------------|---------------|--------------|
| Agosto | 19 | 3 | 11 | 19 | 12 | 64 | 867 | 0,074 |
| Settembre | 21 | 3 | 12 | 21 | 12 | 69 | 942 | 0,073 |
| Ottobre | - | 3 | - | - | 1 | 3 | - | - |
| Novembre | 161 | 3 | 67 | 145 | 83 | 458 | 6.434 | 0,071 |
| Dicembre | 265 | 3 | 97 | 239 | 133 | 736 | 10.626 | 0,069 |
| Totale | 1.056 | 33 | 509 | 888 | 656 | 2938 | 42.409 | 0,074 |

| PDR: 03270034930114 | QUOTA ENERGIA | ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA | ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE | IMPOSTE | IVA | TOTALE | CONSUMO FATTURATO | COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA) |
|--------------------------------------|------------------|------------------------------------|---|---------|-------|--------|----------------------|---------------------------------------|
| ANNO 2016 | [€] | [€] | [€] | [€] | [€] | [€] | [smc] | [€/kWh] |
| Conguaglio aprile energetic | -1,35 | | -0,72 | -1,28 | -0,74 | -4,09 | -6 | 0,681 |
| Conguaglio maggio energetic | -0,58 | | -0,35 | -0,63 | -0,34 | -1,90 | -3 | 0,634 |
| Conguaglio giugno energetic | -0,4 | | -0,24 | -0,42 | -0,23 | -1,29 | -2 | 0,647 |
| Conguaglio luglio energetic | -0,22 | | -0,12 | -0,2 | -0,12 | -0,66 | -1 | 0,659 |
| Conguaglio agosto energetic | -0,42 | | -0,24 | -0,42 | -0,24 | -1,32 | -2 | 0,659 |
| Conguaglio settembre energetic | -0,2 | | -0,12 | -0,22 | -0,12 | -0,66 | -1 | 0,659 |
| Conguaglio ottobre energetic | 3,54 | | 1,7 | 2,93 | 1,80 | 9,97 | 15 | 0,664 |

La presenza dei picchi rilevati nell'anno 2015 sono dovuti a fatturazioni i cui consumi sono risultati essere plurimensili (es. La bolletta di Marzo 2015 contiene al suo interno i mesi di Gennaio-Febbraio-Marzo). Le letture rilevate sono state numerose. I conguagli puntuali sono stati fatturati solo nell'anno 2016.

Nel grafico in

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

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

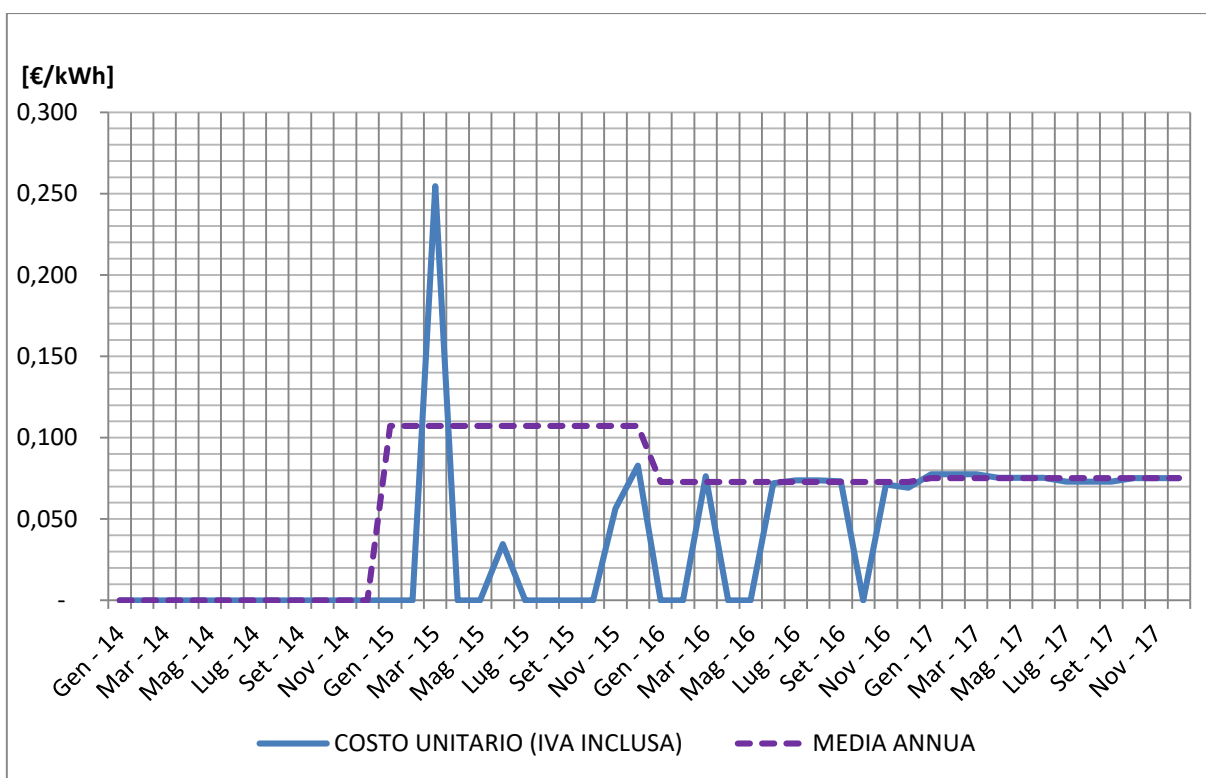
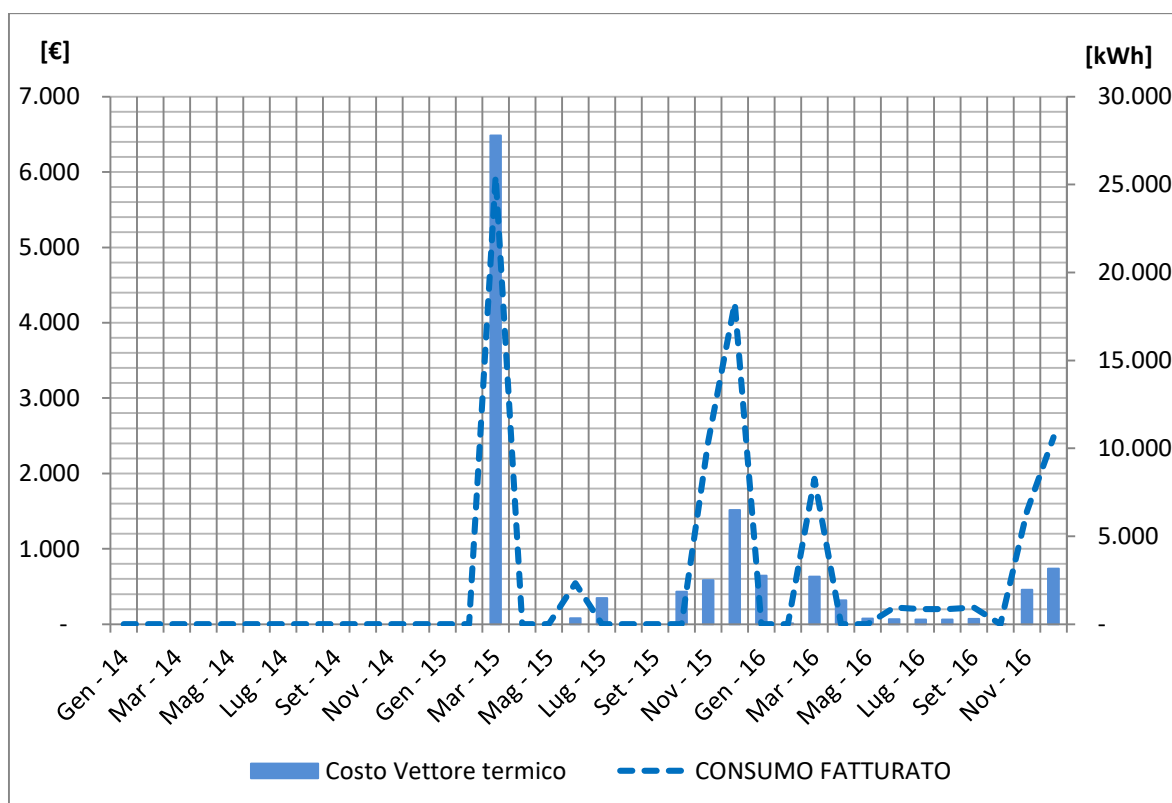


Figura 7.2 – Andamento del costo unitario del vettore termico per il triennio di riferimento e per il 2017



Dall'analisi effettuata risulta evidente che l'andamento dei costi è oscillante. Si visualizza un picco significativo nel primo mese del cambio fornitura. I restanti mesi tendono poi a stabilizzarsi nell'anno 2016 per via della presenza più costante delle misure rilevate.

7.1.2 Vettore elettrico

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

- POD 1 – IT001E0122673: contratto di fornitura del vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. E' stato quindi possibile effettuare un'analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura.

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

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

| POD: IT001E0122673 | 2014 | 2015 | 2016 |
|-----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Indirizzo di fornitura | | | |
| Dati di intestazione fattura | Via Casale n. 11 Genova (GE) | Via Casale n. 11 Genova (GE) | Via Casale n. 11 Genova (GE) |
| Società di fornitura | Edison | Gala | Iren |
| Inizio periodo fornitura | 01/10/2013 | 01/04/2015 | 01/04/2016 |
| Fine periodo fornitura | 31/03/2015 | 31/03/2016 | - |
| Potenza elettrica impegnata | 22 kW | 20 kW | 20 kW |
| Potenza elettrica disponibile | 22 kW | 22 kW | 22 kW |
| Tipologia di contratto | Forniture in BT (escluso IP) | 380 V | BT, Allacciamento 380 V |
| Opzione tariffaria ⁽¹⁾ | Trioraria | Trioraria | Trioraria |

| | | | |
|--|-------|-------|-------|
| Prezzi del fornitura dell'energia elettrica ⁽²⁾ [€/kWh] | 0,089 | 0,074 | 0,084 |
|--|-------|-------|-------|

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.

Dalle informazioni riportate nella tabella si può desumere che la fornitura dell'elettricità varia il gestore di anno in anno modificando a sua volta il prezzo tariffario medio.

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

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

| POD: IT001E0122673 | QUOTA ENERGIA | ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA | ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE | IMPOSTE | IVA | TOTALE | CONSUMO FATTURAT O | COSTO UNITARIO |
|-----------------------|------------------|------------------------------------|---|------------|------------|--------------|--------------------------|-------------------|
| Anno 2014 | [€] | [€] | [€] | [€] | [€] | [€] | [kWh] | [€/kWh] |
| Gennaio | 78 | 13 | 131 | 14 | 24 | 283 | 1.099 | 0,257 |
| Febbraio | 143 | 24 | 221 | 23 | 41 | 659 | 2.643 | 0,249 |
| Marzo | 146 | 24 | 226 | 24 | 42 | 462 | 1.884 | 0,245 |
| Aprile | 131 | 30 | 216 | 21 | 40 | 438 | 1.703 | 0,257 |
| Maggio | 122 | 27 | 206 | 20 | 38 | 412 | 1.598 | 0,258 |
| Giugno | 76 | 17 | 130 | 13 | 24 | 235 | 1.001 | 0,235 |
| Luglio | | | | | - | - | - | - |
| Agosto | 33 | 7 | 107 | 6 | 15 | 169 | 460 | 0,368 |
| Settembre | 80 | 17 | 159 | 13 | 27 | 296 | 1.056 | 0,280 |
| Ottobre | 118 | 22 | 203 | 19 | 36 | 399 | 1.534 | 0,260 |
| Novembre | 130 | 25 | 223 | 22 | 40 | 440 | 1.729 | 0,254 |
| Dicembre | 123 | 25 | 217 | 21 | 39 | 424 | 1.690 | 0,251 |
| Totale | 1.181 | 233 | 2.039 | 195 | 365 | 4.219 | 16.950 | 0,249 |
| POD: IT001E0122673 | VENDITA | DISPACCIA MENTO | RETE | IMPOSTE | IVA | TOTALE | CONSUMO FATTURAT O | COSTO UNITARIO |
| Anno 2015 | [€] | [€] | [€] | [€] | [€] | | [kWh] | [€/kWh] |
| Gennaio | 142 | 27 | 237 | 25 | 43 | 474 | 2.008 | 0,236 |
| Febbraio | 125 | 24 | 225 | 23 | 40 | 438 | 1.852 | 0,237 |
| Marzo | 127 | 26 | 238 | 25 | 42 | 457 | 1.962 | 0,233 |
| Aprile | 41 | 11 | 132 | 11 | 19 | 214 | 897 | 0,239 |
| Maggio | 47 | 13 | 145 | 13 | 22 | 240 | 1.064 | 0,226 |
| Giugno | 44 | 13 | 143 | 13 | 21 | 234 | 1.039 | 0,225 |
| Luglio | 43 | - | 144 | 10 | 20 | 217 | 827 | 0,262 |
| Agosto | 43 | - | 159 | 10 | 21 | 234 | 824 | 0,284 |
| Settembre | 12 | - | 90 | 3 | 11 | 116 | 248 | 0,466 |
| Ottobre | 35 | 11 | 144 | 12 | 20 | 223 | 980 | 0,228 |
| Novembre | 68 | - | 225 | 21 | 31 | 344 | 1.652 | 0,209 |
| Dicembre | 84 | - | 248 | 24 | 36 | 391 | 1.918 | 0,204 |
| Totale | 811 | 125 | 2.130 | 191 | 326 | 3.582 | 15.271 | 0,235 |
| POD: IT001E0122673 | VENDITA | DISPACCIA MENTO | RETE | IMPOSTE | IVA | TOTALE | CONSUMO FATTURAT O | COSTO UNITARIO |

| Anno 2016 | [€] | [€] | [€] | [€] | [€] | [kWh] | [€/kWh] | |
|---------------|--------------|----------|--------------|------------|------------|--------------|---------------|--------------|
| Gennaio | 53 | - | 152 | 15 | 22 | 241 | 1.194 | 0,202 |
| Febbraio | 94 | - | 222 | 27 | 34 | 377 | 2.196 | 0,172 |
| Marzo | 89 | - | 239 | 28 | 36 | 391 | 2.271 | 0,172 |
| Aprile | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Maggio | 210 | - | 438 | 48 | 70 | 766 | 3.844 | 0,199 |
| Giugno | 73 | - | 164 | 15 | 25 | 278 | 1.229 | 0,226 |
| Luglio | 54 | - | 127 | 10 | 19 | 210 | 772 | 0,272 |
| Agosto | 44 | - | 120 | 9 | 17 | 190 | 687 | 0,276 |
| Settembre | 89 | - | 164 | 15 | 27 | 292 | 1.223 | 0,239 |
| Ottobre | 145 | - | 211 | 22 | 38 | 416 | 1.797 | 0,232 |
| Novembre | 181 | - | 229 | 25 | 43 | 477 | 2.037 | 0,234 |
| Dicembre | 157 | - | 215 | 23 | 40 | 435 | 1.872 | 0,232 |
| Totale | 1.187 | - | 2.281 | 239 | 370 | 4.073 | 19.122 | 0,213 |

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

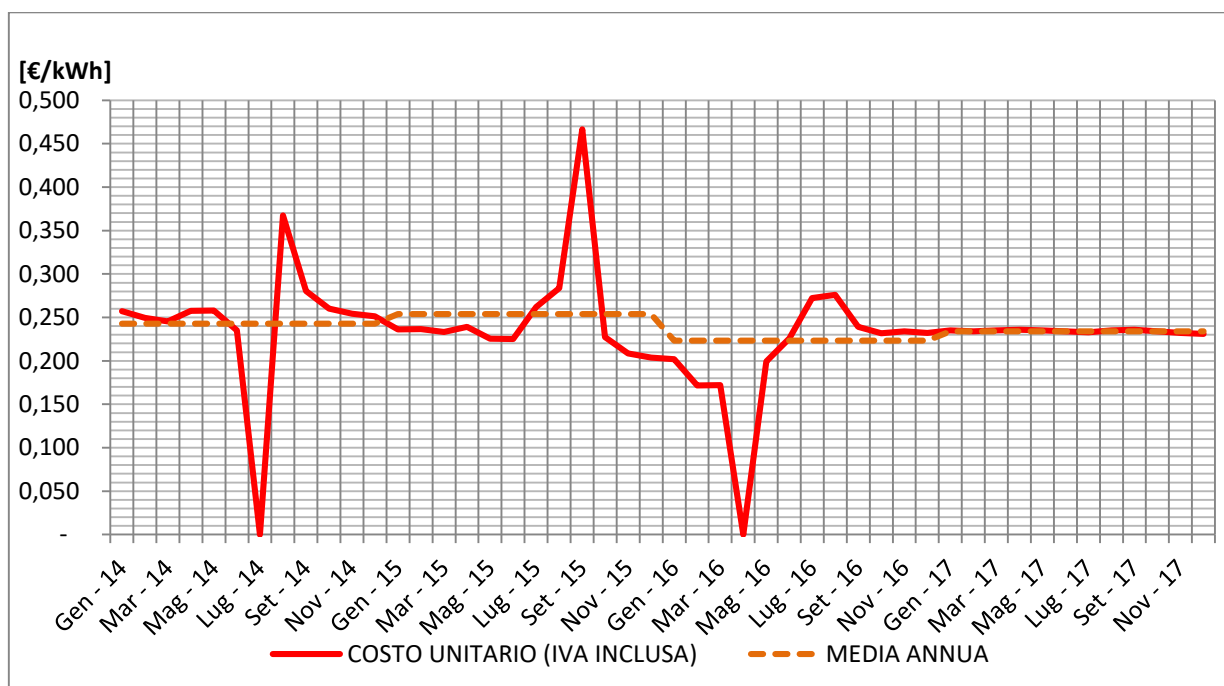
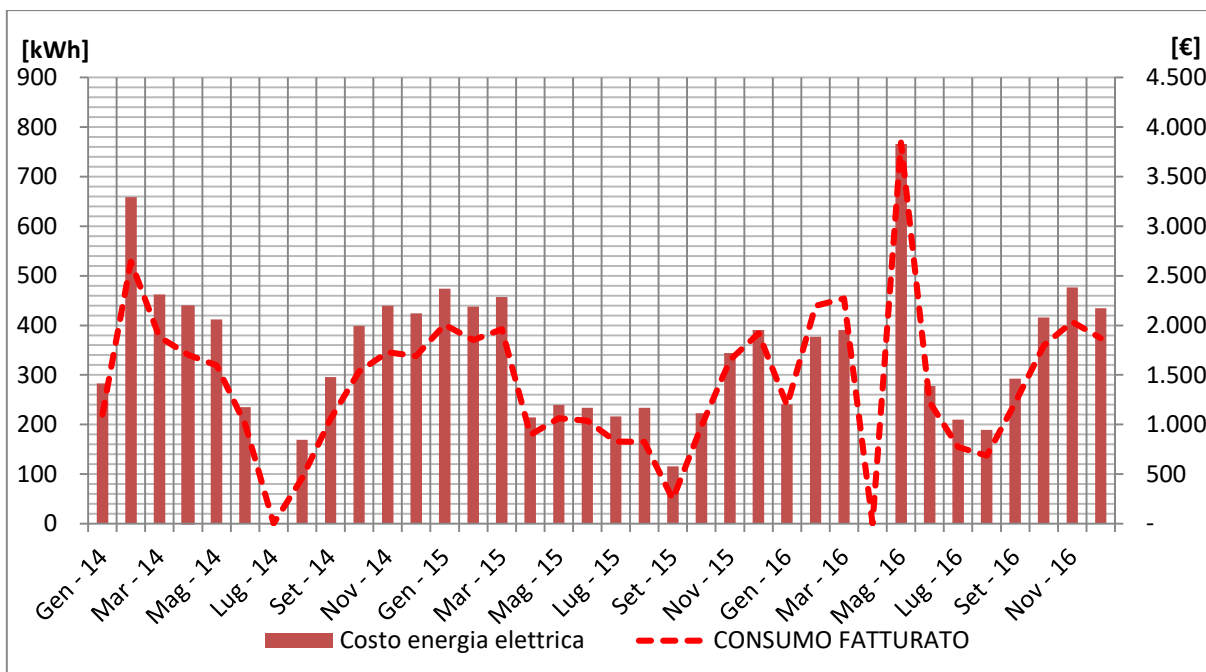


Figura 7.3 – Andamento dei consumi e dei costi dell'energia elettrica



Per consumo fatturato s'intende quello indicato su ogni bolletta, che potrebbe contenere o meno conguagli anche di altri mesi. I reali consumi mensili (comprensivi dei conguagli posticipati) sono stati presi in considerazione nelle valutazioni energetiche dell'edificio descritte nel Capitolo 5. Dall'analisi risulta che alti costi unitari si hanno in corrispondenza dei mesi estivi in cui si raggiungono i minimi consumi a fronte di un alto costo di servizi di rete.

Il POD di questo edificio è condiviso anche con l'E.270.

7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI

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

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

Tabella 7.5 - Sintesi dei consumi nel triennio di riferimento

| ANNO | VETTORE TERMICO | | | VETTORE ELETTRICO | | | TOTALE |
|-------|-----------------|-------|---------|-------------------|-------|---------|--------|
| | [kWh] | [€] | [€/kWh] | [kWh] | [€] | [€/kWh] | [€] |
| 2014 | | | | 16.397 | 4.219 | 0,26 | 4.219 |
| 2015 | 56.441 | 9.453 | 0,167 | 15.271 | 3.582 | 0,23 | 13.035 |
| 2016 | 42.409 | 3.141 | 0,074 | 19.122 | 4.073 | 0,21 | 7.214 |
| 2017 | | | 0,076 | | | 0,214 | |
| Media | 49.425 | 6.297 | 0,11 | 17.197 | 3.958 | 0,23 | 8.156 |

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

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

| Definizione | | Valore | U.M. |
|---------------------------------------|--|------------------|---------------|
| Costo unitario dell'energia termica | Valore relativo all'ultimo anno a disposizione | Cu _Q | 0,076 [€/kWh] |
| Costo unitario dell'energia elettrica | Valore relativo all'ultimo anno a disposizione | Cu _{EE} | 0,214 [€/kWh] |

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

7.3 COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI

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

- L1-042-223: servizio di conduzione e manutenzione caldaia con potenza > 35 kW

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

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

Nel caso di impianti non oggetto di fornitura di energia, il costo della manutenzione C_M è pari al valore contrattuale della conduzione e manutenzione (C_{SIE3}) come fornito all'interno del file kyotoBaseline-E271. In questo caso i costi della manutenzione sono ripartiti in una quota ordinaria (C_{MO}) e in una quota straordinaria (C_{MS}) come segue:

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

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

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

Tabella 7.7 – Valori di costo 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} 2.168 | [€/anno] |
| Costo per la manutenzione straordinaria | Media relativa a gli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici | C_{MS} 217 | [€/anno] |

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

Tali servizi prevedono il pagamento di un canone annuale da parte della PA per la manutenzione pari a 2.168€.

7.4 BASELINE DEI COSTI

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

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

Per la componente energetica vale la seguente formula:

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

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

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

Ne risulta quindi un C_E pari a 7.542 € e un $C_{baseline}$ pari a 9.709 €

Figura 7.4 – Confronto tra i costi medi e di baseline

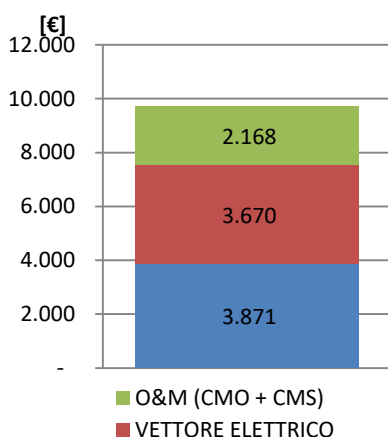
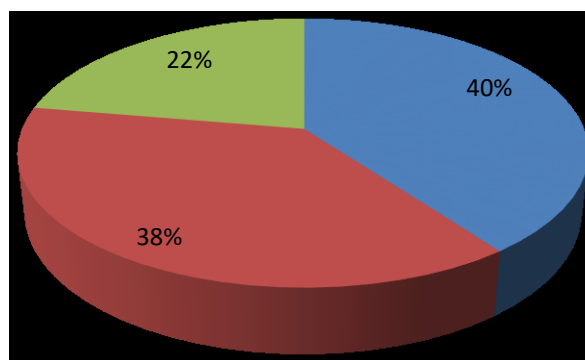


Figura 7.5 – Ripartizione costi di baseline



8 IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA

8.1 DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI

8.1.1 Involucro edilizio

EEM1: Sostituzione infissi esistenti degradati con altri aventi $U_w=1,66 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$.

Generalità

Si ipotizza di realizzare una sostituzione dei serramenti esistenti con altri aventi $U_w=1,66 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$.

L'efficientamento delle finestre consente di ridurre le dispersioni dell'involucro trasparente; i serramenti, nonostante il loro stato di conservazione, nell'ipotesi di essere sostituiti potrebbero essere resi maggiormente efficienti. L'intervento in oggetto risulta essere l'unico realizzabile sull'involucro termico in quanto l'edificio è stato realizzato con un sistema prefabbricato su cui risulta complicato intervenire sull'involucro opaco al fine di

Figura 8.1 - Particolare dei serramenti esistenti



implementarne il livello di isolamento.

Caratteristiche funzionali e tecniche

La sostituzione dei serramenti garantirà una migliore percezione del comfort all'interno dell'edificio scolastico sia in corrispondenza del piano terreno sia del primo piano.

Descrizione dei lavori

La posa deve essere effettuata da personale tecnico specializzato nel rispetto della norma UNI 11673-1:2017 ed in particolare

Le metodologie descritte dalla norma sono finalizzate alla verifica delle prestazioni dei giunti d'installazione e della loro coerenza alle prestazioni dei serramenti. In particolare la progettazione dei giunti d'installazione dovrà essere affrontata affrontata sui seguenti livelli:

- isolamento termico (analisi della presenza di isoterme critiche sulla superficie interna del sistema di posa in opera oggetto di verifica; analisi della temperatura media mensile minima per cui non sussistono le condizioni per la formazione di muffe sulla superficie interna dell'edificio in prossimità del giunto primario e/o secondario unicamente dipendente dal sistema di posa in opera; analisi del ponte termico lineare);
- isolamento acustico;
- permeabilità all'aria;
- resistenza meccanica al carico del vento e ai carichi propri;
- resistenza all'effrazione;
- durabilità e manutenibilità;
- composti organici volatili (VOC / COV) indoor e sostenibilità;
- comportamento termo-igrometrico e traspirabilità del giunto;
- requisiti base dei materiali di sigillatura e riempimento;
- compatibilità tra tipologie di sigillanti fluidi e substrati;
- prestazioni degli accessori e componenti.

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM1 sono riportati nella Tabella 8.1 e nella **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**

Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM1 – [Sostituzione infissi]

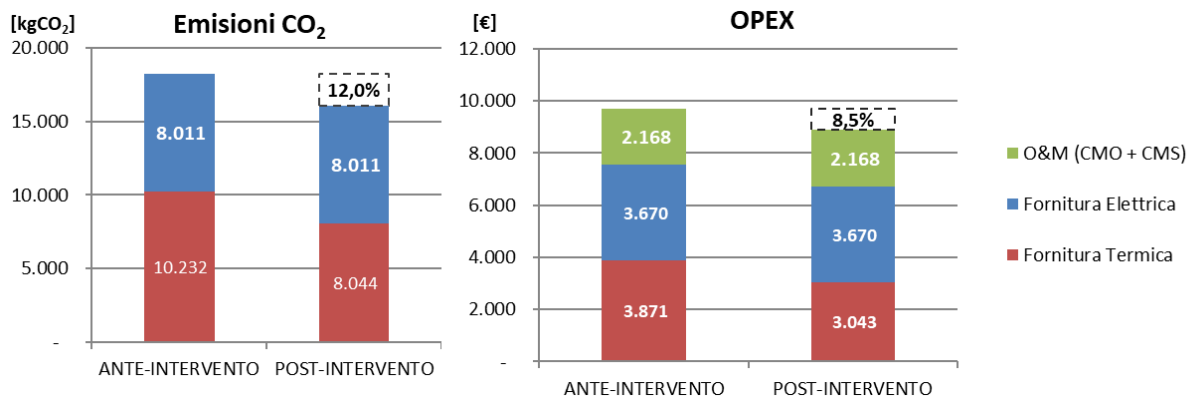
| CALCOLO RISPARMIO | U.M. | ANTE-INTERVENTO | POST-INTERVENTO | RIDUZIONE DAL BASELINE |
|--|---------------------------|-----------------|-----------------|------------------------|
| Trasmittanza termica | [W/m ² K] | 5 | 1,66 | 66,8% |
| Q _{teorico} | [kWh] | 46.201 | 36.321 | 21,4% |
| EE _{teorico} | [kWh] | 19.032 | 19.032 | 0,0% |
| Q _{baseline} | [kWh] | 50.654 | 39.821 | 21,4% |
| EE _{Baseline} | [kWh] | 17.153 | 17.153 | 0,0% |
| Emiss. CO2 Termico | [kgCO ₂] | 10.232 | 8.044 | 21,4% |
| Emiss. CO2 Elettrico | [kgCO ₂] | 8.011 | 8.011 | 0,0% |
| Emiss. CO2 TOT | [kgCO₂] | 18.243 | 16.055 | 12,0% |
| Fornitura Termica, C _Q | [€] | 3.871 | 3.043 | 21,4% |
| Fornitura Elettrica, C _{EE} | [€] | 3.670 | 3.670 | 0,0% |
| Fornitura Energia, C_E | [€] | 7.542 | 6.714 | 11,0% |
| C _{MO} | [€] | 1.951 | 1.951 | 0,0% |
| C _{MS} | [€] | 217 | 217 | 0,0% |
| O&M (C _{MO} + C _{MS}) | [€] | 2.168 | 2.168 | 0,0% |

| | | | | |
|-------------------|-----|-------|-------|-----------|
| OPEX | [€] | 9.318 | 8.490 | 8,9% |
| Classe energetica | [-] | D | D | +0 classi |

Nota (15) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,076 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,076 [€/kWh] per il vettore termico e 0,214 [€/kWh] per il vettore elettrico

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



8.1.2 Impianto di illuminazione ed impianto elettrico

EEM2: Efficientamento impianto di illuminazione mediante trasformazione a LED

Generalità

Il miglioramento delle prestazioni energetiche del sistema di illuminazione si può ottenere mediante la sostituzione degli attuali corpi illuminanti con un sistema di illuminazione a LED.

Caratteristiche funzionali e tecniche

L'attuale sistema di illuminazione è costituito da tubi al neon con potenza variabile tra i 18 ed i 36 W e lampade ad incandescenza. Si propone di efficientare tale sistema mediante l'installazione di lampade tubolari a LED in tutti i locali della struttura.

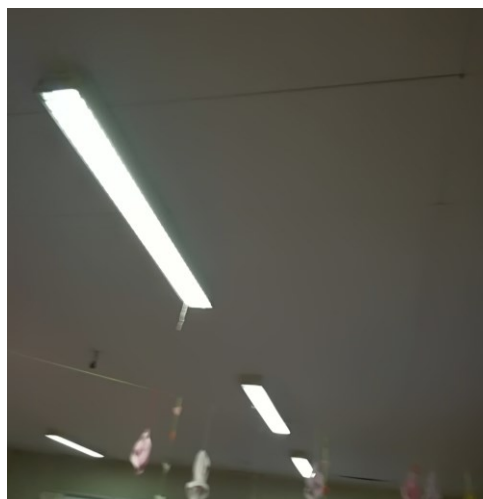
Le nuove lampade a LED, di potenza variabile tra i 13 ed i 34 W garantiscono prestazioni ed efficienza più elevate, oltre che una migliore qualità del livello di illuminamento.

Le lampade a LED rispetto alle attuali lampade a fluorescenza garantiscono maggiore durata di vita, un maggior flusso luminoso a parità di potenza elettrica assorbita, minor calore sviluppato e accensione a freddo.

Descrizione dei lavori

Il criterio principale da seguire per la sostituzione di apparecchi illuminanti a tubi fluorescenti esistenti con apparecchi a LED è quello di utilizzare solo apparecchi a LED con le medesime caratteristiche illuminotecniche e di ingombro degli apparecchi illuminanti esistenti, in modo da non modificare la distribuzione dei corpi illuminanti dettata dai calcoli illuminotecnici di progetto né essere costretti a modificare le strutture interne.

Figura 8.3 - Particolare di una lampada fluorescente attualmente installata



Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM2 sono riportati nella Tabella 8.2 e nella Figura 8.4.

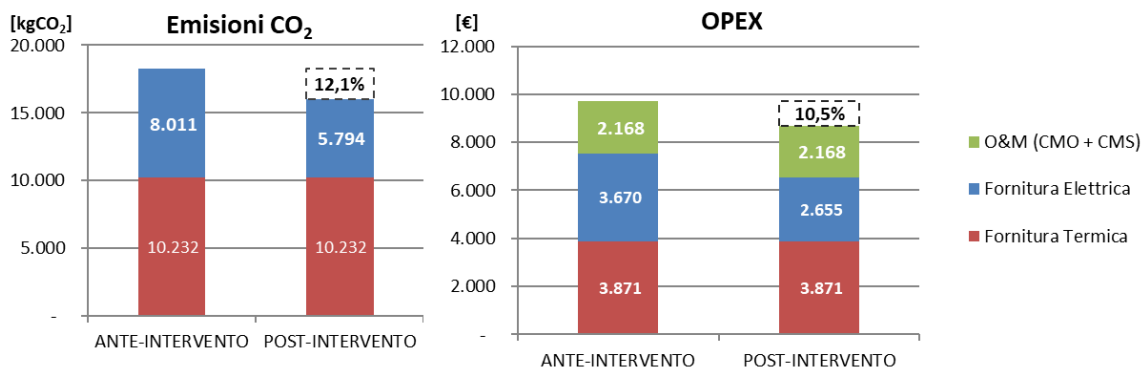
Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM2 – Installazione Impianto Illuminazione LED

| CALCOLO RISPARMIO | U.M. | ANTE-INTERVENTO | POST-INTERVENTO | RIDUZIONE DAL BASELINE |
|--|---------------------------|-----------------|-----------------|------------------------|
| EM2 | [-] | [-] | [-] | [-] |
| $Q_{teorico}$ | [kWh] | 46.201 | 46.201 | 0,0% |
| $EE_{teorico}$ | [kWh] | 19.032 | 13.766 | 27,7% |
| $Q_{baseline}$ | [kWh] | 50.654 | 50.654 | 0,0% |
| $EE_{baseline}$ | [kWh] | 17.153 | 12.407 | 27,7% |
| Emiss. CO2 Termico | [kgCO ₂] | 10.232 | 10.232 | 0,0% |
| Emiss. CO2 Elettrico | [kgCO ₂] | 8.011 | 5.794 | 27,7% |
| Emiss. CO2 TOT | [kgCO₂] | 18.243 | 16.026 | 12,1% |
| Fornitura Termica, C_Q | [€] | 3.871 | 3.871 | 0,0% |
| Fornitura Elettrica, C_{EE} | [€] | 3.670 | 2.655 | 27,7% |
| Fornitura Energia, C_E | [€] | 7.542 | 6.526 | 13,5% |
| C_{MO} | [€] | 1.951 | 1.951 | 0,0% |
| C_{MS} | [€] | 217 | 217 | 0,0% |
| O&M ($C_{MO} + C_{MS}$) | [€] | 2.168 | 2.168 | 0,0% |
| OPEX | [€] | 9.318 | 8.303 | 10,9% |
| Classe energetica | [-] | D | E | -1 classi |

Nota (15) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico gas naturale e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico- elettricità.

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,076 [€/kWh] per il vettore termico gas naturale e 0,214 [€/kWh] per il vettore elettrico – elettricità IVA inclusa.

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



8.1.3 Impianto produzione acqua calda sanitaria

L'impianto di produzione di acqua calda sanitaria è costituito da boiler elettrici e in combinato con l'impianto centralizzato. Il consumo di acqua calda sanitaria è limitato e dipende dall'uso dei locali in cui sono installati. Per questa ragione non si è tenuto necessario effettuare simulazioni per questa specifica tipologia d'intervento.

8.1.4 Impianto di generazione da fonti rinnovabili

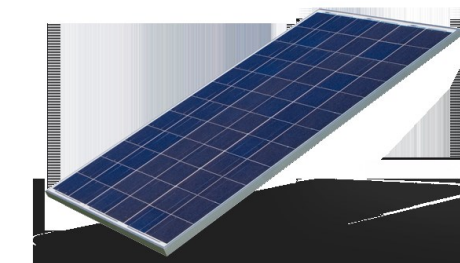
EEM3: Utilizzo di generazione da fonti rinnovabili – installazione di un impianto fotovoltaico

Generalità

La misura prevede l'installazione di moduli fotovoltaici sulla copertura dell'edificio. Si è tenuto conto dell'esposizione e dell'effettiva superficie utile disponibile al netto delle ombre dei corpi (alberi o strutture murali) disposti in prossimità.

Tale intervento è stato ipotizzato per lo scenario a 25 anni proposto nell'intervento della sostituzione del generatore.

Figura 8.5 – Esempio di un modulo fotovoltaico



Caratteristiche funzionali e tecniche

Il dimensionamento e l'installazione dell'impianto fotovoltaico consente di coprire i consumi elettrici dell'edificio. Come si è visto l'assorbimento maggiore è nelle ore diurne, momento in cui è possibile ottenere anche la massima produzione (unica variabile sarebbe poi l'aspetto climatico). La potenza disponibile è stata ipotizzata secondo alcune caratteristiche al contorno quali l'orientamento, l'inclinazione dei pannelli e le superfici disponibili. La massima potenza nominale si ottiene con un'esposizione diretta del pannello al Sole, con un irraggiamento nominale di 1000 Watt/metro quadro, 25°C di temperatura, posizione perpendicolare ai raggi del sole, e assenza di ombreggiamenti. Nella realtà i pannelli producono energia anche in condizioni di luce indiretta e con irraggiamento inferiore, ma in misura molto minore.

Nell'edificio in questione si è ipotizzato di installare un impianto fotovoltaico di 7 kWp.

Descrizione dei lavori

La posa comprende un modulo fotovoltaico a struttura rigida in silicio monocristallino/policristallino comprensivo dei sostegni alla struttura del tetto. Ad esso sono associati un inverter bidirezionale, filtri e controllore di isolamento ed un quadro di controllo.

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM3 sono riportati nella Tabella 8.3 e nella Figura 8.6

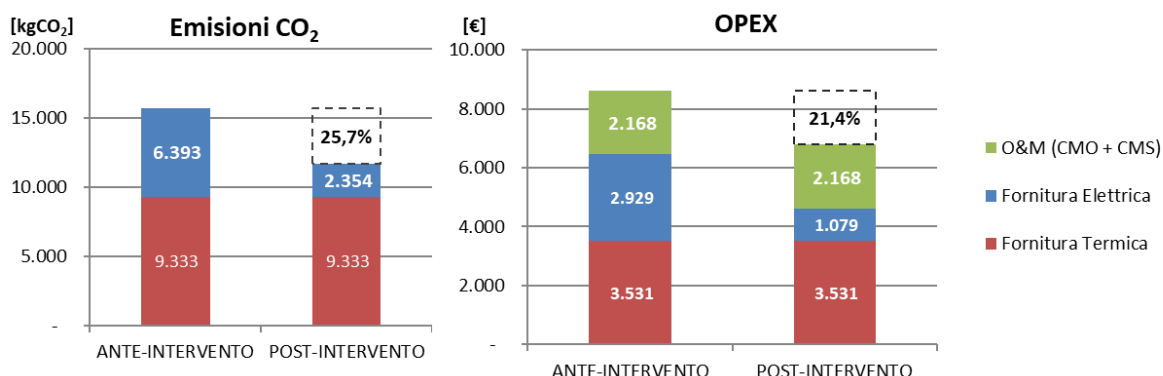
Tabella 8.3 – Risultati analisi EEM3 – Installazione impianto fotovoltaico 7 kWp scenario 15 anni

| CALCOLO RISPARMIO | U.M. | ANTE-INTERVENTO | POST-INTERVENTO | RIDUZIONE DAL BASELINE |
|--|---------------------------|-----------------|-----------------|------------------------|
| - | - | - | - | - |
| $Q_{teorico}$ | [kWh] | 46.201 | 46.201 | 0,0% |
| $EE_{teorico}$ | [kWh] | 13.766 | 5.070 | 63,2% |
| $Q_{baseline}$ | [kWh] | 46.201 | 46.201 | 0,0% |
| $EE_{Baseline}$ | [kWh] | 13.689 | 5.042 | 63,2% |
| Emiss. CO2 Termico | [kgCO ₂] | 9.333 | 9.333 | 0,0% |
| Emiss. CO2 Elettrico | [kgCO ₂] | 6.393 | 2.354 | 63,2% |
| Emiss. CO2 TOT | [kgCO₂] | 15.725 | 11.687 | 25,7% |
| Fornitura Termica, C_Q | [€] | 3.531 | 3.531 | 0,0% |
| Fornitura Elettrica, C_{EE} | [€] | 2.929 | 1.079 | 63,2% |
| Fornitura Energia, C_E | [€] | 6.460 | 4.610 | 28,6% |
| C_{MO} | [€] | 1.951 | 1.951 | 0,0% |
| C_{MS} | [€] | 217 | 217 | 0,0% |
| O&M ($C_{MO} + C_{MS}$) | [€] | 2.168 | 2.168 | 0,0% |
| OPEX | [€] | 8.237 | 6.387 | 22,5% |
| Classe energetica | [-] | D | E | -1 classi |

Nota (15) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico gas naturale e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico- elettricità.

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,076 [€/kWh] per il vettore termico gas naturale e 0,214 [€/kWh] per il vettore elettrico – elettricità IVA inclusa.

Figura 8.6 – EEM3: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



9 VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA

Le analisi economiche per determinare il valore degli interventi sono state effettuate attraverso la redazione di computi metrici utilizzando i prezzi unitari riportati nel Prezzario Opere Pubbliche della Regione Liguria.

Nel caso in cui il Prezzario Regione Liguria fosse stato sprovvisto delle voci necessarie si è fatto riferimento a prezzi unitari riportati all'interno di altri prezzari regionali o camerali di regioni o

province limitrofe. Le fonti alternative utilizzate sono state: Prezziario Regionale Piemonte, Prezziario Regione Lombardia, Milano e Camera di Commercio di Reggio Emilia.

9.1 ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

EEM1: Sostituzione infissi

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

La tabella 7 delle regole applicative del D.M. 16 febbraio 2016 prevedono che gli incentivi per tale intervento siano il 40% della spesa ammissibile con un costo massimo ammissibile di 450 €/m² e di un valore massimo dell'incentivo non superiore ai 100.000 €. Tali incentivi sono erogabili solo nel caso in cui vengano installati, congiuntamente ai serramenti, sistemi di termoregolazione. Nel caso in cui vengano previsti oltre all'isolamento termico delle superfici opache almeno un intervento a scelta tra le tipologie 1.C, 2A, 2.B, 2.C, 2.E, la percentuale incentivata della spesa ammissibile è pari al 55%. Nella tabella 9.3 sono riportati i risultati della quantificazione senza l'incentivo, esso sarà poi calcolato solamente nelle misure di efficienza congiunte degli scenari a medio/lungo termine, che prevedranno il 40% oppure il 55%.

Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 1, che consiste nella sostituzione degli infissi esistenti con altri aventi U=1,66W/m²k.

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

La tabella 7 delle regole applicative del D.M. 16 febbraio 2016 prevedono che gli incentivi per tale intervento siano il 40% della spesa ammissibile con un costo massimo ammissibile di 450 €/m² e di un valore massimo dell'incentivo non superiore ai 100.000 €. Tali incentivi sono erogabili solo nel caso in cui vengano installati, congiuntamente ai serramenti, sistemi di termoregolazione. Nel caso in cui vengano previsti oltre all'isolamento termico delle superfici opache almeno un intervento a scelta tra le tipologie 1.C, 2A, 2.B, 2.C, 2.E, la percentuale incentivata della spesa ammissibile è pari al 55%. Nella tabella 9.3 sono riportati i risultati della quantificazione senza l'incentivo, esso sarà poi calcolato solamente nelle misure di efficienza congiunte degli scenari a medio/lungo termine, che prevedranno il 40% oppure il 55%.

Tabella 9.1 – Analisi dei costi della EEM1: Serramenti

| DESCRIZIONE | FONTE PREZZO UTILIZZATO | QUANTITÀ | U.M. | PREZZO UNITARIO SCONTATO DEL 10% | TOTALE (IVA ESCLUSA) | IVA | TOTALE (IVA INCLUSA) |
|---|----------------------------|----------|------|----------------------------------|----------------------|-----|----------------------|
| | | | | [€/n° o €/m ²] | [€] | [€] | [€] |
| Rimozione senza recupero di serramenti in legno o metallo compresa rimozione telaio a murare per misurazioni minima 2 mq | Prezziario Regione Liguria | 121,36 | m2 | € 27,37 | € 3.321,95 | 22% | € 4.052,78 |
| Finestra o portafinestra in PVC completa di vetrocamera, qualità media, con valore massimo di trasmittanza U=2,8 W/m ² K, controtelaio escluso, misurazione minima per serramento m ² 1,0 apertura ad una o due ante o a vasistas | Prezziario Regione Liguria | 121,36 | m2 | € 299,00 | € 36.286,64 | 22% | € 44.269,70 |
| solo posa in opera di finestra o portafinestra in alluminio, pvc, legno acciaio esclusa la fornitura e posa di controtelaio in acciaio | Prezziario Regione Liguria | 121,36 | m2 | € 44,12 | € 5.354,18 | 22% | € 6.532,10 |
| Controtelaio per finestre, portefinestre e simili, in legno. | Prezziario Regione Liguria | 44,06541 | m | € 6,90 | € 304,05 | 22% | € 370,94 |
| Trasporto eseguito con autocarro, motocarro o simili, della portata fino a 1000 kg, di materiali di risulta da scavi e/o demolizioni, per ogni km del tratto entro i primi | Prezziario Regione Liguria | 18,204 | m3 | € 10,70 | € 194,78 | 22% | € 237,64 |

| | | | | | | |
|--|-----------------|----|---|-----------------|------------|-----------------|
| 5. Misurato in banco | | | | | | |
| Costi per la sicurezza | - | 3% | % | € 1.363,85 | 22% | € 1.663,89 |
| Costi progettazione (in % su importo lavori) | - | 7% | % | € 3.182,31 | 22% | € 3.882,42 |
| TOTALE (I₀ – EEM1) | | | | € 50.008 | 22% | € 61.009 |
| Incentivi | [Conto termico] | | | | | |
| Durata incentivi | | | | | | |
| Incentivo annuo | | | | | | |

EEM2: Efficientamento impianto di illuminazione mediante trasformazione a LED

Nella Tabella 9.2 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 2, si ipotizza di sostituire i corpi illuminanti (lampade e plafoniere) di tutti gli elementi dell'edificio.

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

La tabella 5 delle regole applicative del D.M. 16 febbraio 2016 prevedono che gli incentivi per tale intervento siano il 40% della spesa ammissibile con un costo massimo ammissibile di 35 €/m² e di un valore massimo dell'incentivo non superiore ai 70.000 €. Nella Tabella 9.2 sono riportati i risultati della quantificazione dell'incentivo al 40%.

Tabella 9.2 – Analisi dei costi della EEM2: Impianto illuminazione LED

| DESCRIZIONE | FONTE PREZZO UTILIZZATO | QUANTITÀ | U.M. | PREZZO UNITARIO SCONTATO DEL 10% [€/n° o €/m ²] | TOTALE (IVA ESCLUSA) [€] | IVA [€] | TOTALE (IVA INCLUSA) [€] |
|---|----------------------------|----------|------|--|-----------------------------|------------|-----------------------------|
| Rimozione e smaltimento di corpo illuminante | Milano | 183 | cad | € 5,21 | € 953,26 | 22% | € 1.162,98 |
| Plafoniera a tenuta stagna per installazione diretta a parete o a soffitto - monolampada led 4000K 2800 lm potenza 13 W - lunghezza 690 mm | Milano | 40 | cad | € 89,96 | € 3.598,55 | 22% | € 4.390,23 |
| Lampade lineari a LED non dimmerabili 9 - 10W con durata >= 40000 h | Prezzario Regione Piemonte | 40 | cad | € 26,10 | € 1.044,00 | 22% | € 1.273,68 |
| Plafoniera a tenuta stagna per installazione diretta a parete o a soffitto - monolampada led 4000K 2800 lm potenza 22 W - lunghezza 1300 mm | Milano | 138 | cad | € 111,92 | € 15.444,71 | 22% | € 18.842,55 |
| Lampade lineari a LED non dimmerabili 19-20W con durata >= 40000 h | Prezzario Regione Piemonte | 138 | cad | € 39,12 | € 5.398,31 | 22% | € 6.585,94 |
| Plafoniera a tenuta stagna per installazione diretta a parete o a soffitto - monolampada led 4000K 2800 lm potenza 29 W - lunghezza 1600 mm | Milano | 5 | cad | € 126,82 | € 634,09 | 22% | € 773,59 |
| Lampade lineari a LED non dimmerabili 34W con durata >= 40000 h | Prezzario Regione Piemonte | 5 | cad | € 65,45 | € 327,23 | 22% | € 399,22 |
| Costi per la sicurezza | - | 3% | % | | € 822,00 | 22% | € 1.002,85 |
| Costi progettazione (in % su importo lavori) | - | 7% | % | | € 1.918,01 | 22% | € 2.339,97 |
| TOTALE (I₀ – EEM2) | | | | | € 30.140 | 22% | € 36.771 |
| Incentivi | [Conto termico] | | | | | | € 11.782,96 |
| Durata incentivi | | | | | | | 5 |
| Incentivo annuo | | | | | | | € 2.356,59 |

EEM3: Installazione Impianto Fotovoltaico

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

La tabella 7 delle regole applicative del D.M. 16 febbraio 2016 prevedono che gli incentivi per tale intervento siano il 40% della spesa ammissibile con un costo massimo ammissibile di 450 €/m² e di un valore massimo dell'incentivo non superiore ai 100.000 €. Tali incentivi sono erogabili solo nel caso in cui vengano installati, congiuntamente ai serramenti, sistemi di termoregolazione. Nel caso in cui vengano previsti oltre all'isolamento termico delle superfici opache almeno un intervento a scelta tra le tipologie 1.C, 2A, 2.B, 2.C, 2.E, la percentuale incentivata della spesa ammissibile è pari al 55%. Nella tabella 9.3 sono riportati i risultati della quantificazione senza l'incentivo, esso sarà poi calcolato solamente nelle misure di efficienza congiunte degli scenari a medio/lungo termine, che prevedranno il 40% oppure il 55%.

Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 3, si ipotizza di installare impianto da fonti rinnovabili corrispondente ad un sistema fotovoltaico.

La realizzazione di tale intervento non consente l'ottenimento degli incentivi dal conto termico 2.0. Per questo il costo potrà essere ammortizzato solamente dal risparmio energetico ottenibile o per altre procedure finanziarie da definire in un secondo momento con la stazione appaltante.

Tabella 9.3 – Analisi dei costi della EEM3: Installazione Impianto Fotovoltaico

| DESCRIZIONE | FRONTE PREZZO UTILIZZATO | QUANTITÀ | U.M. | PREZZO UNITARIO SCONTATO DEL 10% [€/n° o €/m ²] | TOTALE (IVA ESCLUSA) [€] | IVA [€] | TOTALE (IVA INCLUSA) [€] |
|--|-----------------------------|----------|------|--|-----------------------------|------------|-----------------------------|
| Fornitura e posa di impianto fotovoltaico costituito da: | | | | | | | |
| 1. Modulo fotovoltaico a struttura rigida in silicio monocristallino/policristallino (compreso: sostegno e struttura per qualsiasi tipo di tetto in materiale anticorrosivo inossidabile; cablaggi, condutture, connettori e scatole IP 65, diodi di bypass, involucro in classe II con struttura sandwich e telaio anodizzato). | | | | | | | |
| 2. Inverter bidirezionale, filtri e controllore di isolamento. | | | | | | | |
| 3. Quadro di parallelo inverter. | | | | | | | |
| 4. Oneri relativi a tutte le pratiche documentali e fiscali necessarie. | | | | | | | |
| 5. Dichiarazioni di conformità, garanzie, manuale. | | | | | | | |
| Sono comprese nel prezzo le assistenze murarie | | | | | | | |
| Con potenza complessiva per singolo impianto: da 7 a 20 kWp | | | | | | | |
| | Prezzario Regione Lombardia | 7 | kWp | € 2.466,80 | € 17.267,60 | 22% | € 21.066,47 |
| Costi per la sicurezza | - | 3% | % | | € 518,03 | 22% | € 631,99 |
| Costi progettazione (in % su importo lavori) | - | 7% | % | | € 1.208,73 | 22% | € 1.474,65 |
| TOTALE (I₀ – EEM3) | | | | | € 18.994 | 22% | € 23.173 |
| Incentivi | [Conto termico] | | | | | | 0 |
| Durata incentivi | | | | | | | 0 |
| Incentivo annuo | | | | | | | 0 |

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: Serramenti

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

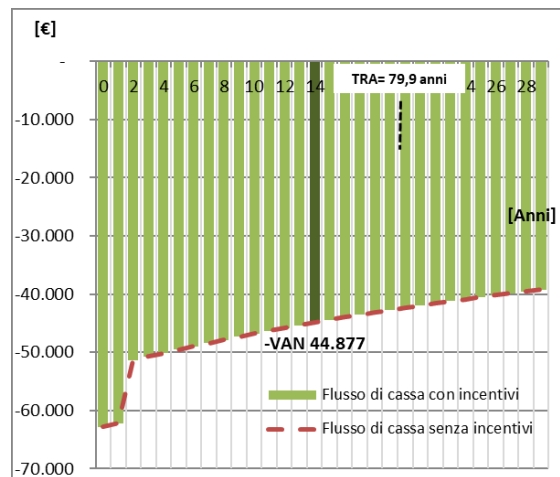
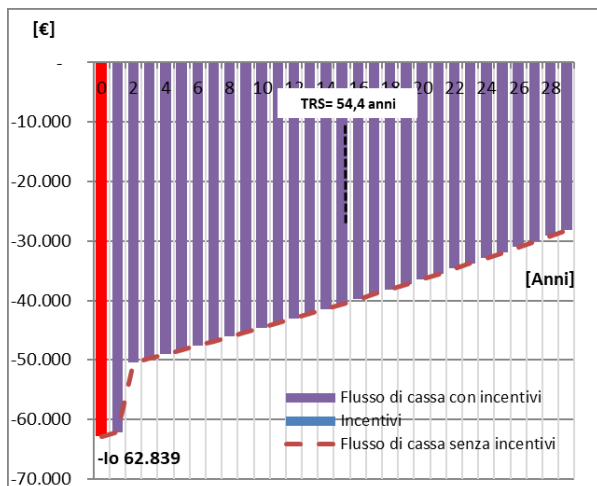
Tabella 9.4 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM1– Serramenti

| PARAMETRO FINANZIARIO | U.M. | VALORE | |
|--------------------------------|-----------|------------------------|----------------------|
| Investimento Iniziale | I_0 | € | 61.009 |
| 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 | - |
| 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 | 54,4 | 54,4 |
| Tempo di rientro attualizzato | TRA | 79,9 | 79,9 |
| Valore attuale netto | VAN | - 39.250 | - 39.250 |
| Tasso interno di rendimento | TIR | -4,3% | -4,3% |
| Indice di profitto | IP | -0,64 | -0,64 |

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

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

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



all’analisi effettuata è emerso che l’intervento di sostituzione dei serramenti ha un TRS di 54,4 anni considerando di non ottenere l’incentivo previsto dal Conto Termico pari al 40% dei costi, pertanto tale intervento non risulta particolarmente conveniente considerando soltanto gli aspetti energetici anche su lunghi periodi.

EEM2: Efficientamento impianto di illuminazione mediante trasformazione a LED

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

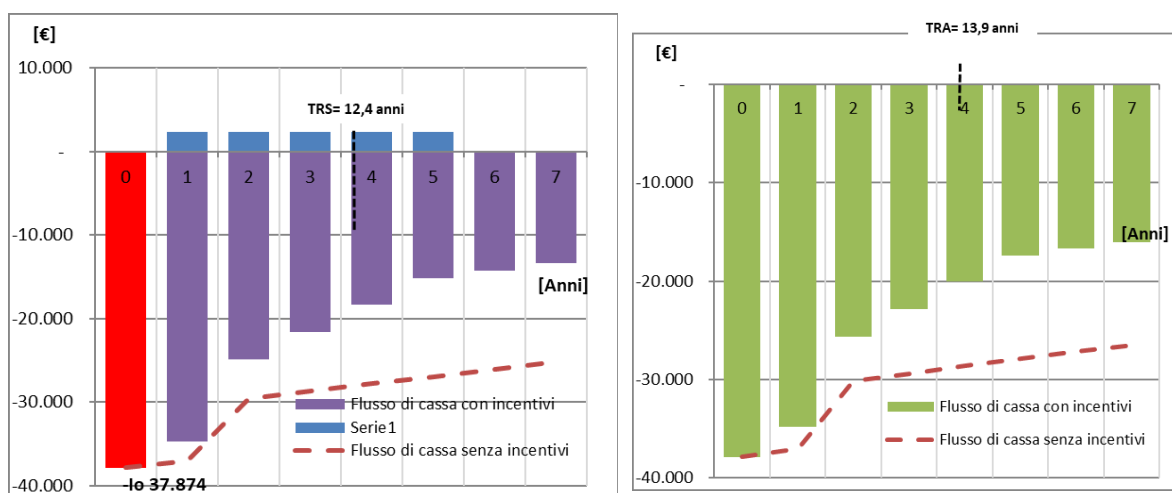
Tabella 9.5 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM2– LED

| PARAMETRO FINANZIARIO | U.M. | VALORE | |
|---|------------------------|------------------------|----------------------|
| Investimento Iniziale | I₀ | € | 36.771 |
| Oneri Finanziari % <i>I₀</i> | 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 | 2.357 |
| 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 | 23,8 | 12,4 |
| Tempo di rientro attualizzato | TRA | 26,7 | 13,9 |
| Valore attuale netto | VAN | - 26.511 | - 16.020 |
| Tasso interno di rendimento | TIR | -26,6% | -12,8% |
| Indice di profitto | IP | -0,72 | -0,44 |

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

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 di sostituzione dei sistemi di illuminazione esistenti con nuovi a LED ha un TRS di 12,4 anni considerando di ottenere l'incentivo previsto dal Conto Termico pari al 40% dei costi. Pertanto tale intervento può essere preso in considerazione su scenari di medio periodo. Nel caso in cui non vi fossero incentivi a disposizione il tempo di ritorno risulta essere troppo alto anche prendendo in considerazione scenari su lungo periodo in quanto il TRS è di 23,8 anni. Tuttavia è necessario valutare il fatto che la vita utile di tali sistemi è di circa 8 anni e pertanto dovrebbe essere prevista una loro sostituzione su periodi superiori, in questo caso gli interventi potrebbero non essere più convenienti come è dimostrato dal valore del VAN negativo sia nel caso non incentivato che incentivato.

EEM3: Fotovoltaico

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

Tabella 9.6 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM3– Fotovoltaico

| PARAMETRO FINANZIARIO | U.M. | VALORE | |
|--------------------------------|-----------|------------------------|----------------------|
| Investimento Iniziale | I_0 | € | 23.173 |
| Oneri Finanziari % I_0 | OF | [%] | 3,0% |
| Aliquota IVA | %IVA | [%] | 22,0% |
| Anno recupero erariale IVA | n_{IVA} | anni | 3 |
| Vita utile | n | anni | 20 |
| Incentivo annuo | B | €/anno | - |
| 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 | 12,1 | 12,1 |
| Tempo di rientro attualizzato | TRA | 16,8 | 16,8 |
| Valore attuale netto | VAN | 2.181 | 2.181 |
| Tasso interno di rendimento | TIR | 5,2% | 5,2% |
| Indice di profitto | IP | 0,09 | 0,09 |

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

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

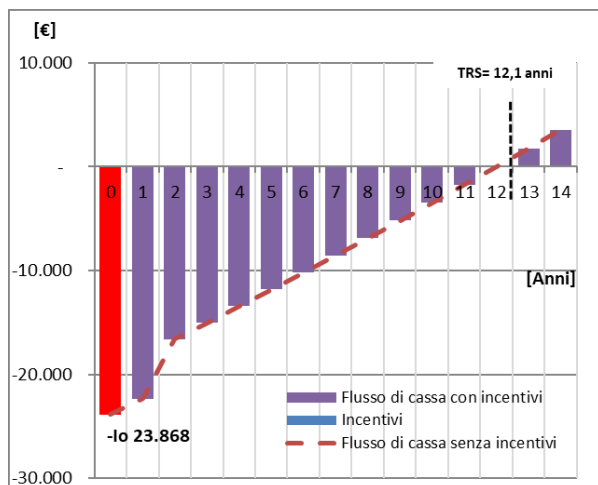
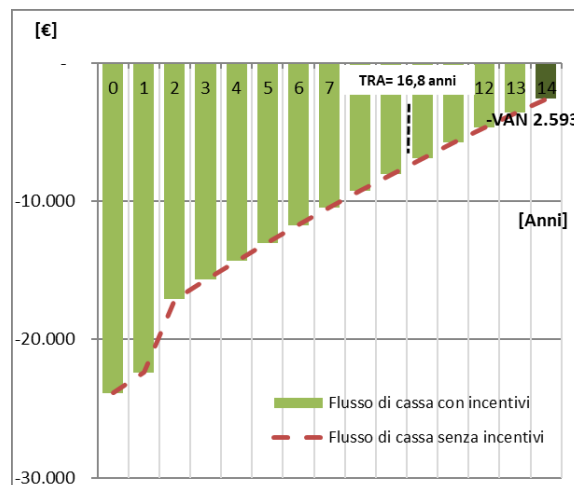


Figura 9.6 – EEM3: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento installazione di un impianto fotovoltaico ha un TRS di 12,1 anni senza incentivi dal Conto Termico. Per questo non c’è alcuna differenza tra lo scenario senza e con incentivo. La valutazione economica risultante consente un risparmio energetico anche a fronte di una spesa con importo pieno. Questo intervento fa parte della strategia “to be green” su una baseline ridotta che ha come intervento l’installazione dei LED.

Sintesi

La sintesi della valutazione economico – finanziaria delle EEM proposte è riportata nelle Tabella 9.7 e Dall’analisi dei risultati emerge che senza incentivi la quasi totalità degli interventi ha un VAN negativo con tempi di molto alti. Solamente dell’impianto fotovoltaico risulta essere sostenibile sul medio/breve periodo, esso corrisponde alla strategia “to be green”.

Tabella 9.8.

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

| | SENZA INCENTIVI | | | | | | | | | | |
|-------|------------------------|--------------------------|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|-----------------------|---------------|---------------|------------|------------|-----------|
| | %Δ _E [%] | %Δ _{CO2} [%] | ΔC _E [€/anno] | ΔC _{MO} [€/anno] | ΔC _{MS} [€/anno] | I ₀ [€] | TRS [anni] | TRA [anni] | VAN [€] | TIR [%] | IP [-] |
| EEM 1 | 10,5 | 11,6 | 828 | 0 | 0 | -61.009 | 54,4 | 79,9 | 39.250<0 | -4,3 | -0,64 |
| EEM 2 | 13,5 | 12,1 | 1.015 | 0 | 0 | -36.771 | 23,8 | 26,7 | 26.511<0 | -26,6 | -0,72 |
| EEM 3 | 28,6 | 25,7 | 1.849 | 0 | 0 | -23.173 | 12,1 | 16,8 | 2.181>0 | 5,2 | 0,09 |

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_{CO2} è il valore percentuale di riduzione delle emissioni di CO2 rispetto al baseline dell’emissioni complessivo (termico + elettrico);
- ΔC_E è il risparmio economico annuo attribuibile alla riduzione dei consumi energetici (termico + elettrico); assume valori positivi;
- ΔC_{MO} è la variazione di costo annuo attribuibile al nuovo costo per la gestione e la manutenzione ordinaria; assume valori positivi per un decremento e valori negativi per un incremento;
- ΔC_{MS} è la variazione di costo annuo attribuibile al nuovo costo previsto per la manutenzione straordinaria; assume valori positivi per un decremento e valori negativi per un incremento;
- I₀ è il valore dell’investimento iniziale per la realizzazione dell’intervento; assume valori negativi;

Dall'analisi dei risultati emerge che senza incentivi la quasi totalità degli interventi ha un VAN negativo con tempi di molto alti. Solamente dell'impianto fotovoltaico risulta essere sostenibile sul medio/breve periodo, esso corrisponde alla strategia "to be green".

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

| | CON INCENTIVI | | | | | | | | | | |
|-------|---------------------|------------------------|--------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--------------|---------------|---------------|------------|------------|-----------|
| | % ΔE [%] | % ΔCO_2 [%] | ΔC_E [€/anno] | ΔC_{MO} [€/anno] | ΔC_{MS} [€/anno] | I_0 [€] | TRS [anni] | TRA [anni] | VAN [€] | TIR [%] | IP [-] |
| EEM 1 | 10,5 | 11,6 | 828 | 0 | 0 | -61.009 | 54,4 | 79,9 | 39.250<0 | -4,3 | -0,64 |
| EEM 2 | 13,5 | 12,1 | 1.015 | 0 | 0 | -36.771 | 12,4 | 13,9 | 16.020<0 | -12,8 | -0,44 |
| EEM 3 | 28,6 | 25,7 | 1.849 | 0 | 0 | -23.173 | 12,1 | 16,8 | 2.181>0 | 5,2 | 0,09 |

Dall'analisi dei risultati emerge che grazie agli incentivi previsti dal Conto Termico del D.M. del 16 febbraio 2016 alcuni degli interventi simulati raggiungono dei tempi di ritorno semplici inferiori ai 25 anni. L'unico però che presenta VAN positivo è l'installazione dell'impianto fotovoltaico. In queste condizioni, anche se aggregando interventi non sostenibili con quelli sostenibili economicamente, non è garantita la convenienza economica per i due scenari a medio e lungo termine. Inoltre nessuna combinazione permetterebbe di incrementare la percentuale d'incentivo. Bisogna dunque verificare la validità dell'investimento se venissero finanziati direttamente dal Comune di Genova sia attraverso il coinvolgimento di ESCO con FTT.

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

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

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

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

- Scenario ottimale 1, (SCN1), per il quale è verificato un tempo di ritorno semplice, $TRS \leq 15$ 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 I₀
- E è l'Equity, pari a 20% di I₀
- $\frac{D}{D+E}$ è la leva finanziaria, sarà quindi pari a 80%
- τ è l'aliquota fiscale, posta pari al 27.9% essendo la somma dell'aliquota IRES, pari al 24%, e quella IRAP pari al 3,9%.

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

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

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

Essi sono così definiti:

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

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

Dove:

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

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

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

Dove:

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

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

ottimali bancabili sono stati considerati fattibili solo scenari che realizzino valori positivi di DSCR nell'intorno di 1,3 e valori positivi di LLLCR maggiori di 1.

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

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

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

Le singole misure di efficienza energetica EEM simulate non presentano vantaggi in termini di riduzione dei costi e dei consumi energetici nei tempi di ritorno sopra descritti. Non è stato possibile individuare, pertanto, scenari ottimali integrati che permettano di ottenere dei miglioramenti significativi in termini di prestazione energetica ed abbattimento dei costi.

10 CONCLUSIONI

Dai risultati della diagnosi energetica emerge che l'edificio che ospita la Scuola Elementare "Gioiosa" e Scuola Materna Statale "Bavari" non presenta misure di efficienza energetica che apportino vantaggi significativi in termini di riduzione dei costi e dei consumi energetici nei tempi di ritorno sopra descritti.

Non è stato possibile individuare, pertanto, scenari ottimali integrati che permettano di ottenere dei miglioramenti significativi in termini di prestazione energetica ed abbattimento dei costi.

Tali conclusioni sono dovute alle scarse possibilità di intervento offerte dall'edificio oggetto di diagnosi. Questo, infatti, è caratterizzato da un rinnovato impianto di generazione a condensazione e da pannelli prefabbricati che rendono impossibile un isolamento a cappotto delle pareti perimetrali.

ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA

| Titolo | Data | Nome file |
|------------------------------|----------|--|
| 01_Planimetrie | 08.11.17 | 01_Involucro E00271, PIAN1A, PIAN1B, PIANC, PIANI |
| | | 02_Termici 223-P00-001-CENTRALE TERMICA, L1-042-223-P00, L1-042-223-P01, L1-042-223-P00-Checklist, L1-042-223-P01-Checklist |
| | | 03_Elettrici vuoto |
| 02_Manutenzioni | 08.11.17 | 01_Involucro vuoto |
| | | 02_Termici vuoto |
| | | 03_Elettrici vuoto |
| | | 04_FER vuoto |
| Bollette elettricità 2014 | 19.07.18 | 5700065499, 5700098221, 5700134954 5700176200, 5700214973, 5700248946 5700291259, 5700345571, 5700373395 5700411457, 5700477402, 5700477402 |
| | | 5700510846, 5750081986, 5700544221 5750081986, E000140843, E000163928 E000175671, E000337521, E000163928 E000234064, E000281519, E000163928 E000386675, E000281519, E000337521 E000163928, E000386675, E000337521 E000163928, E000386675, E000163928 E000432862, E000483581, E000018556 E000163928, E000483581, E000018556 E000084133, E000163928, E000018556 E000084133, E000163928, E000310244 E000150589 |
| Bollette elettricità 2015 | 19.07.18 | E000150589, E000084134, E000334603 E000238236, E000334603, E000150589 E000194172, E000194172, E000238236 E000278553, E000334603, 011640025275 011640087945, 011640025275, 011640048519, 011640060830 011640074903, 011640126639 011740042570, 011640100078 011740001581 |
| | | 011640087945, 011640025275, 011640048519, 011640060830 011640074903, 011640126639 011740042570, 011640100078 011740001581 |
| Bollette gas 2014 | 19.07.18 | 20141121817 |
| Bollette gas 2015 | 19.07.18 | 20151696, P150007518, P150015576, P150019771, P150032667, P150037967, P150048624, P160003881 |
| Bollette gas 2016 | 19.07.18 | P160012671, P160023980, P160031417 EX15066/2016, P160041242, EX19107/2016 EX22893/2016, P160053190, EX26900/2016 EX31010/2016, EX33534/2016, EX38844/2016, EX43773/2016, EX03011/2017 |
| Tabella riepilogativa scuole | 19.07.18 | kyotoBaseline-E271_rev10.xls |



ALLEGATO B – ELABORATI

| Titolo | Data | Nome file |
|---|----------|--|
| Allegato B Elaborati | 14.05.18 | Allegato B Elaborati |
| Tavola con indicazione di impianti e zone termiche (dwg, PDF) | | DE_Lotto 9 E271_Elaborati_pt DE_Lotto 9 E271_Elaborati_pt |
| Planimetria catastale | | DE_Lotto.9-E271_Plan_Catastale.pdf |
| Foto Sopralluogo | | |
| File Grafici | | DE_Lotto.9-E271-AllegatoB-Grafici.xls |



ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

| Titolo | Data | Nome file |
|-----------------|----------|---------------------|
| Allegato C E271 | 14.05.18 | Allegato C E271.doc |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI

| Titolo | Data | Nome file |
|--|----------|--|
| ALLEGATO D Report relativi ad altre prove diagnostiche strumentali | 14.05.18 | Lotto.9_Report prove diagnostiche strumentali_E271.doc |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI

| Titolo | Data | Nome file |
|---|----------|--------------------------------|
| ALLEGATO E Relazione di dettaglio dei calcoli | 14.05.18 | DE_E271_Baseline – Calcoli.rtf |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |



ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

| Titolo | Data | Nome file |
|-------------------------------------|----------|-------------|
| ALLEGATO F Certificato CTI Software | 14.05.18 | CertCTI.pdf |

ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

| Titolo | Data | Nome file |
|--------------------|----------|--------------------------|
| APE STATO DI FATTO | 14/05/18 | DE_E271_APE_Baseline.rtf |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

| Titolo | Data | Nome file |
|----------------------|----------|---|
| APE SCENARIO 15 ANNI | 14/05/18 | DE_E271_APE_SCN15anni_LED_VALVOLE_SOTT_GENERATORE - APE2015.rtf |
| APE SCENARIO 25 ANNI | 14/05/18 | DE_E271_APE_SCN25anni_APE2015.rtf |
| | | |
| | | |
| | | |

ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

| Titolo | Data | Nome file |
|---------------------------|----------|---------------------|
| ALLEGATO I Dati climatici | 14.05.18 | GG_Lotto.9-E271.xls |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

| Titolo | Data | Nome file |
|-------------------------|----------|--------------------------------------|
| ALLEGATO J Schede Audit | 14.05.18 | E 271_Scheda Audit_Template_rev2.xls |
| | | |
| | | |

ALLEGATO K – SCHEDE ORE

| Titolo | Data | Nome file |
|-----------------------|----------|----------------------|
| ALLEGATO K Schede ORE | 14.05.18 | Schede ORE_E 271.doc |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI

| | Titolo | Data | Nome file |
|--|------------------|----------|----------------------|
| | ANALISI PEF E271 | 14/05/18 | E271_AnalisiPEF.xlsx |

ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

| Titolo | Data | Nome file |
|--------------------------------|----------|-----------------------------|
| ALLEGATO M Report di Benchmark | 14.05.18 | Lotto.9_benchmark E2711.doc |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

ALLEGATO N – CD-ROM