

RELAZIONE DI DIAGNOSI ENERGETICA

(rapporto finale)

secondo UNI CEI EN 16247-1-2

Committente

Nome *Comune di Aymavilles*
Indirizzo *Fraz. Chef. Lieu n°1 - 11010 Aymavilles (AO)*

Edificio / condominio

Descrizione *Struttura Polifunzionale*
Indirizzo *loc. Chef. Lieu n°25 - 11010 Aymavilles (AO)*

Studio tecnico

Nome *PASTORET ENGINEERING & CONSULTING S.R.L.*
Ing. EGE Roberto MASCOTTO
Indirizzo *Reg. BORGNALE 10/L - 11100 AOSTA (AO)*

SOMMARIO

| | |
|----------|---|
| 1 | Premessa |
| 2 | Sintesi della diagnosi energetica |
| 3 | Generalità ed impostazioni di calcolo |
| 4 | Analisi energetica dell'edificio |
| 4.1 | Dati climatici (calcolo mensile) |
| 4.2 | Caratteristiche del fabbricato (calcolo mensile) |
| 4.2.1 | <i>Strutture disperdenti</i> |
| 4.2.2 | <i>Principali risultati dei calcoli</i> |
| 4.3 | Caratteristiche degli impianti |
| 4.3.1 | <i>Impianto di riscaldamento idronico</i> |
| 4.3.2 | <i>Impianto di acqua calda sanitaria</i> |
| 4.3.3 | <i>Altri impianti</i> |
| 4.4 | Principali risultati dei calcoli |
| 5 | Confronto con i consumi reali |
| 5.1 | Edificio |
| 5.1.1 | <i>2019/2020</i> |
| 5.1.2 | <i>Stagione media</i> |
| 6 | Raccomandazioni circa i possibili interventi |
| 6.1 | Isolamento strutture opache e trasparenti |
| 6.1.1 | <i>Isolamento a cappotto</i> |
| 6.1.2 | <i>Sostituzione serramenti</i> |
| 6.1.3 | <i>Isolamento strutture orizzontali</i> |
| 6.1.4 | <i>Prestazioni raggiungibili</i> |
| 6.2 | Sostituzione generatori di calore |
| 6.2.1 | <i>Sostituzione generatori di calore</i> |
| 6.2.2 | <i>Prestazioni raggiungibili</i> |
| 6.3 | Sostituzione serramenti |
| 6.3.1 | <i>Sostituzione serramenti</i> |
| 6.3.2 | <i>Prestazioni raggiungibili</i> |

1 PREMESSA

Per "diagnosi energetica" di un edificio si intende, in conformità al DLgs 192/05 (allegato A, comma 10), un elaborato tecnico, riguardante tanto il fabbricato quanto gli impianti, volto ad individuare le possibili opportunità di risparmio energetico (quantificandone i risparmi conseguibili, energetico ed economico, ed i rispettivi tempi di ritorno), ad identificare la classe energetica raggiungibile a valle degli interventi ed a fornire, nel contempo, un'adeguata motivazione delle scelte impiantistiche prospettate. La diagnosi energetica di un edificio può essere diretta, in generale, a differenti scopi, quali una riqualificazione energetica, un'analisi volontaria o il soddisfacimento di obblighi di legge (es. nuova installazione o ristrutturazione di impianti con potenza superiore o uguale a 100 kW_e, compreso il distacco dall'impianto centralizzato, adempimenti connessi alle grandi imprese ed imprese energivore, ecc.).

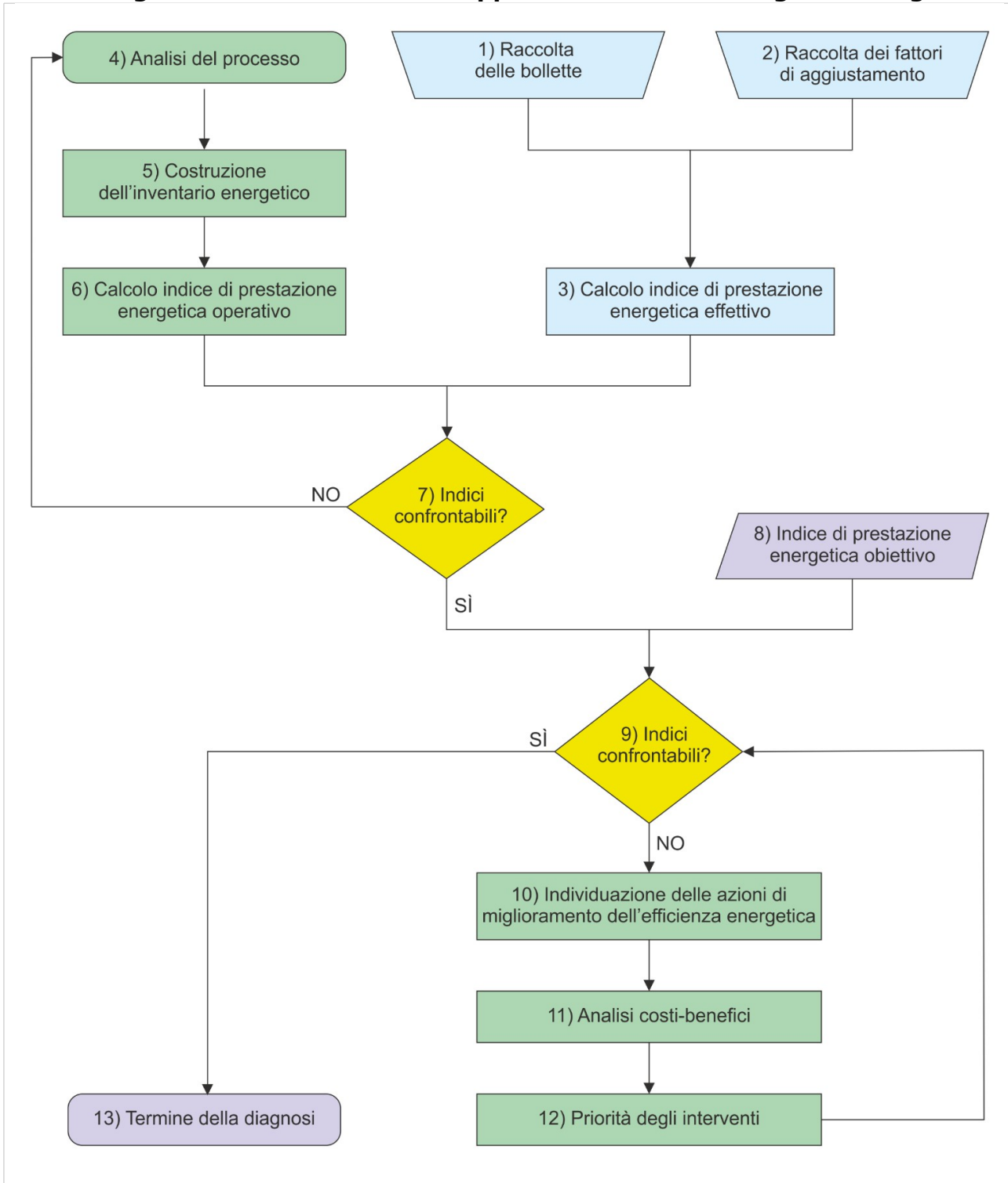
Modalità operative

Le modalità operative, gli scopi ed i passaggi essenziali di una diagnosi energetica sono definiti dalle norme UNI CEI/TR 11428 ed UNI CEI EN 16247. In particolare la prima, costituente una sorta di linea guida nazionale, disciplina i requisiti ed aspetti generali mentre la seconda, traduzione italiana della corrispondente norma europea, si articola in quattro parti, riguardanti, rispettivamente, i principi di base, gli edifici, i processi ed i trasporti. Ad esse si aggiungono, per ciascun ambito di applicazione della diagnosi, i rispettivi progetti di linee guida CTI, ad oggi in fase di elaborazione. Secondo tali norme, la diagnosi energetica di un edificio consiste in una procedura sistematica ed articolata in passaggi ben definiti, così sintetizzabili: il rilievo delle bollette (consumi storici), l'analisi energetica dell'edificio (volta a fornire un'adeguata conoscenza del profilo di consumo energetico, tenuto conto di tutti i servizi energetici dei quali l'edificio è provvisto), il confronto tra i consumi calcolati ed i consumi reali (validazione sul campo del modello di calcolo), l'individuazione delle opportunità di risparmio energetico (ottimizzandole sotto il profilo dei costi-benefici) ed il resoconto finale in merito alle valutazioni svolte ed ai risultati conseguiti. A ciò si aggiunge una verifica finale, a valle dell'esecuzione delle opere, basata sul confronto tra le prestazioni attese ed i consumi effettivamente raggiunti. Secondo chiarimenti forniti da CTI ed ENEA, la conformità della diagnosi alle predette normative è garanzia di rispetto dei requisiti richiesti dall'allegato 2 al DLgs 102/14. Gli aspetti procedurali ed i passaggi essenziali della diagnosi sono riassumibili in uno schema di flusso, raffigurato nella pagina seguente (figura 1).

Metodologie di calcolo

L'analisi energetica dell'edificio consiste nell'individuazione dei flussi di energia relativi al fabbricato (involucro edilizio) ed agli impianti (sistemi tecnologici dedicati ai differenti servizi). Presupposto di tale analisi è l'esecuzione di un accurato rilievo. Occorre però mettere in evidenza una profonda differenza, dal punto di vista metodologico, tra i calcoli finalizzati alla certificazione energetica ed i calcoli finalizzati alla diagnosi. Se infatti lo scopo dei calcoli di certificazione è quello di definire indicatori di riferimento, volti a "contrassegnare" gli edifici ed a consentirne il confronto, l'obiettivo primario di una diagnosi è la costruzione di un modello di calcolo affidabile, finalizzato all'individuazione dei consumi effettivi ed alla modellazione delle possibili opere di efficientamento. Ne consegue che, in caso di certificazione, occorre attenersi a metodologie ben circoscritte nonché strettamente normative. In particolare, le metodologie di calcolo per la valutazione delle prestazioni energetiche degli edifici sono ad oggi definite dai decreti attuativi della Legge 90/13, vale a dire i DM 26.06.15, secondo i quali il pacchetto normativo di riferimento è costituito dalle specifiche tecniche UNI/TS 11300 ed altre norme EN ad esse correlate. In caso invece di diagnosi, pur costituendo le UNI/TS 11300 il metodo di base ed un punto di riferimento, ci si avvale di un calcolo più "libero", il quale si discosta, ove necessario, da esse in virtù dell'obiettivo primario perseguito, vale a dire la comprensione delle ragioni dei consumi effettivi. I differenti scopi ed approcci dei calcoli finalizzati alla certificazione ed alla diagnosi sono inoltre espressi ed enfatizzati dall'adozione di differenti opzioni ed impostazioni. Il calcolo delle prestazioni energetiche può essere infatti condotto secondo tre differenti modalità di valutazione, come definite dalle specifiche tecniche UNI/TS 11300 (prospetto 2): A1 (di progetto), A2 (standard) ed A3 (adattata all'utenza). Le prime due modalità (A1 ed A2), le quali trovano applicazione, rispettivamente, ai calcoli di progetto ed alla formulazione dell'APE, si fondano sull'adozione di parametri convenzionali, rappresentativi delle condizioni di clima ed utenza standard. La terza modalità (A3), da utilizzarsi ai fini delle diagnosi energetiche, si fonda invece su parametri quanto più possibile effettivi, volti a rappresentare le reali condizioni dell'edificio.

Figura 1 Schema di flusso rappresentativo della diagnosi energetica



2 SINTESI DELLA DIAGNOSI ENERGETICA

La presente diagnosi energetica ha come oggetto un edificio così identificato:

Caratteristiche generali dell'edificio oggetto della diagnosi

| | |
|---|--|
| Descrizione edificio | Struttura Polifunzionale |
| Comune | Aymavilles |
| Provincia | Valle d'Aosta |
| CAP | 11010 |
| Indirizzo edificio | loc. Chef. Lieu n°25 - 11010 Aymavilles (AO) |
| Zona climatica | E |
| Gradi giorno DPR 412/93 (GG _{DPR 412/93}) [°Cg] | 2937 |
| Categoria prevalente (DPR 412/93) | E.7 |
| Numero di fabbricati | 2 |
| Periodo di costruzione | Successivo al 2000 |
| Scopo / contesto della diagnosi energetica | Riqualificazione energetica dell'edificio |
| Riferimento | DLgs 192/05, art. 2, comma 1 |

Descrizione sintetica dell'edificio

L'edificio denominato "Struttura Polifunzionale" è composto da due corpi di fabbrica ospitanti uno le scuole elementari mentre l'altro la scuola dell'infanzia. L'edificio nel complesso è caratterizzato da una struttura portante in cemento armato con tamponamenti in laterizio isolato in intercapedine mentre le strutture trasparenti sono costituite da serramenti in alluminio con doppio vetro così come la facciata continua.

Immagine edificio



Le caratteristiche dimensionali dell'edificio sono così riassumibili:

Caratteristiche dimensionali complessive dell'edificio

| | | | |
|------------------|--------------------|----------|-----------------|
| Superficie utile | S_{utile} | 2463,65 | m ² |
| Superficie lorda | S_{lorda} | 2821,21 | m ² |
| Volume netto | V_{netto} | 7495,27 | m ³ |
| Volume lordo | V_{lordo} | 10102,83 | m ³ |
| Fattore di forma | S/V | 0,49 | m ⁻¹ |

L'edificio è provvisto, nel suo stato di fatto, dei seguenti servizi energetici ed impianti:

Servizi ed impianti di cui è provvisto l'edificio

| Servizio / impianto | Tipologia | Caratteristiche |
|--|---------------|-----------------|
| Riscaldamento idronico (H_{idr}) | Centralizzato | - |
| Acqua calda sanitaria (W) | Centralizzato | Combinato |
| Climatizzazione estiva (C) | Assente | - |
| Ventilazione (V) | Assente | - |
| Riscaldamento aeraulico (H_{aer}) | Assente | - |
| Illuminazione (L) | Considerato | - |
| Trasporto (T) | Presente | - |
| Solare termico (ST) | Assente | - |
| Solare fotovoltaico (SF) | Centralizzato | - |

Le prestazioni energetiche dell'edificio sono, nello stato di fatto, così riassumibili:

Prestazioni energetiche stato di fatto

| | | | |
|---|-----------------------|----------|---------------------------------------|
| Indice di prestazione energetica globale non innovabile | $EP_{\text{gl,nren}}$ | 156,03 | kWh _p /m ² anno |
| Classe energetica | | C | |
| Spesa globale annua | S_{gl} | 51449,06 | €/anno |

Sono stati individuate le seguenti possibili opere di risparmio energetico (raccomandazioni), articolate in differenti scenari. Ciascuno scenario si articola a sua volta in più interventi.

Raccomandazioni

| Scenario | Descrizione scenario | | | |
|---|---|-----------------------|-----------------|----------------|
| Intervento | Descrizione intervento | Costo (C) [€] | | |
| 1 | Isolamento strutture opache e trasparenti | 1'100'000,00 | | |
| Parametri di valutazione | | Stato di fatto | Scenario | Δ |
| | | | | % |
| Costo complessivo scenario(C) [€] | | | 1100000,00 | |
| Spesa globale annua (S_{gl})[€/anno] | | 51449,06 | 30057,40 | 21391,66 41,60 |
| Tempo di ritorno semplice (t_r) [anni] | | | 51,4 | |
| $EP_{\text{gl,nren}}$ [kWh _p /m ² anno] | | 156,03 | 91,19 | 64,84 41,60 |
| Classe energetica | | C | A1 | |

| Scenario | Descrizione scenario | | | |
|---|-----------------------------------|-----------------------|-----------------|----------------|
| Intervento | Descrizione intervento | Costo (C) [€] | | |
| 1 | Sostituzione generatori di calore | 105'000,00 | | |
| Parametri di valutazione | | Stato di fatto | Scenario | Δ |
| | | | | % |
| Costo complessivo scenario(C) [€] | | | 105000,00 | |
| Spesa globale annua (S_{gl})[€/anno] | | 51449,06 | 40683,93 | 10765,13 20,90 |
| Tempo di ritorno semplice (t_r) [anni] | | | 9,8 | |
| $EP_{\text{gl,nren}}$ [kWh _p /m ² anno] | | 156,03 | 123,38 | 32,65 20,90 |
| Classe energetica | | C | B | |

| Scenario | Descrizione scenario | | | |
|---|-------------------------|-----------------------|-----------------|---------------|
| Intervento | Descrizione intervento | Costo (C) [€] | | |
| 1 | Sostituzione serramenti | 480'000,00 | | |
| Parametri di valutazione | | Stato di fatto | Scenario | Δ |
| | | | | % |
| Costo complessivo scenario(C) [€] | | | 480000,00 | |
| Spesa globale annua (S_{gl})[€/anno] | | 51449,06 | 42765,03 | 8684,03 16,90 |
| Tempo di ritorno semplice (t_r) [anni] | | | 55,3 | |
| $EP_{\text{gl,nren}}$ [kWh _p /m ² anno] | | 156,03 | 129,69 | 26,34 16,90 |
| Classe energetica | | C | C | |

Le opere di risparmio energetico verranno descritte, nel dettaglio, al capitolo "Raccomandazioni circa i

possibili interventi".

3 GENERALITA' ED IMPOSTAZIONI DI CALCOLO

La procedura di diagnosi energetica richiede una valutazione dell'edificio nel suo complesso, tenuto conto di tutti i servizi energetici ed impianti in esso presenti (progetto di linee guida CTI, punto 1).

Rilievo dell'edificio

Il rilievo delle caratteristiche dell'edificio è stato effettuato con riferimento sia alle strutture disperdenti esterne sia ai sottosistemi impiantistici.

Software di calcolo

I software di calcolo adottati sono EC700 versione 11.22.23 (modulo base, provvisto di certificato di validazione CTI n. 73) ed EC720 versione 6.23.3 (modulo aggiuntivo, specifico per la diagnosi energetica).

Metodo ed impostazioni di calcolo

L'analisi è stata eseguita applicando le specifiche tecniche UNI/TS 11300 ed adottando la modalità di valutazione A3 (Tailored Rating). Il calcolo dell'energia termica utile invernale ed estiva è stato condotto secondo il metodo mensile. La modalità di valutazione A3 si basa sulle condizioni effettive di utilizzo (tenendo conto, ad esempio, di aspetti quali la stagione di calcolo reale, il regime di funzionamento dell'impianto ed il fattore di contabilizzazione). La modalità di valutazione A2 (Asset Rating), così come la modalità di valutazione A1 (Design Rating), si basa invece sulle condizioni standard (adozione di valori convenzionali o tabulati). La valutazione A3 può discostarsi in modo più o meno marcato dalla valutazione A2 secondo lo scopo ed in base alla discrezione ed esperienza del progettista (al limite le due modalità di valutazione possono coincidere). Si riassumono, nel prospetto seguente, le principali differenze tra le modalità di valutazione A1, A2 ed A3.

Prospetto 1 Principali differenze tra le modalità di valutazione A1, A2 ed A3

| Parametro | A1 / A2 | A3 |
|---------------------------------------|--------------------------|--|
| Dati climatici | Convenzionali | Convenzionali / reali |
| Fattori di ombreggiatura | Convenzionali | Convenzionali / analitici / forfettari |
| Apporti interni | Convenzionali | Convenzionali / reali |
| Temperature interne | Convenzionali | Convenzionali / reali |
| Umidità relativa interna | Convenzionale | Convenzionale / reale |
| Ricambi d'aria | Convenzionali | Convenzionali / reali |
| Stagione di riscaldamento | Convenzionale | Convenzionale / reale / nota |
| Stagione di raffrescamento | Convenzionale | Reale / nota |
| Vicini | Presenti | Presenti / assenti |
| Regime di funzionamento impianto | Continuo | Continuo / intermittente |
| Fattore di contabilizzazione | Non considerato | Considerato / non considerato |
| Rendimento di emissione | Semplificato / analitico | Semplificato / analitico / misure |
| Rendimento di regolazione | Convenzionale | Convenzionale / corretto |
| Consumi di ACS | Convenzionali | Convenzionali / reali |
| Temperature reti di distribuzione ACS | Convenzionali | Convenzionali / reali |
| Illuminazione | Ambienti interni | Ambienti interni ed esterni |

Stagione di riscaldamento

| | | | |
|--|------------|--------------|-----------|
| Data di inizio | 15 ottobre | Data di fine | 15 aprile |
| Giorni di riscaldamento (n_{risc}) | 183 | | |

Stagione di raffrescamento

| | | | |
|--|-----------|--------------|------------|
| Data di inizio | 14 maggio | Data di fine | 09 ottobre |
| Giorni di raffrescamento (n_{raffr}) | 149 | | |

Fattori di conversione in energia primaria

| Vettore energetico | $f_{p,nren}$ [kWh _p /kWh _{t/el}] | $f_{p,ren}$ [kWh _p /kWh _{t/el}] | $f_{p,tot}$ [kWh _p /kWh _{t/el}] | f_{co2} [kg/kWh _{t/el}] |
|------------------------------------|--|---|---|--|
| Energia elettrica da rete | 1,950 | 0,470 | 2,420 | 0,460 |
| Solare termico | 0,000 | 1,000 | 1,000 | - |
| Solare fotovoltaico | 0,000 | 1,000 | 1,000 | - |
| Ambiente esterno (pompa di calore) | 0,000 | 1,000 | 1,000 | - |
| Energia esportata da fotovoltaico | 0,000 | 1,000 | 1,000 | - |

Nota: i fattori di conversione dell'energia consegnata dai vettori energetici sono definiti dalla Tabella 1 del decreto "requisiti minimi" (DM 26.06.15). I fattori di conversione dell'energia elettrica esportata sono definiti dalla UNI/TS 11300-5, in vigore dal 29.06.16 (fino a tale data, si adottano invece quelli definiti dalla Raccomandazione CTI/14). Il costo dell'energia elettrica da rete è tratto dai prezzi correnti mentre i parametri relativi ai singoli combustibili verranno dettagliati, nel presente documento, in relazione a ciascun generatore.

Caratteristiche dei singoli vettori energetici

| Vettore energetico | UM | PCI [kWh_t/UM] | c [€/UM] |
|--------------------------------|-----------------|---------------------------------|-----------------|
| Metano | Sm ³ | 9,423 | 0,82 |
| Propano | Sm ³ | 24,636 | 0,82 |
| Butano | Sm ³ | 32,021 | 0,82 |
| Gasolio | kg | 11,870 | 1,70 |
| GPL | kg | 12,778 | 1,63 |
| Legname (25% umidità) | kg | 3,833 | 0,15 |
| Olio combustibile | kg | 11,750 | 1,07 |
| Pellet | kg | 4,667 | 0,25 |
| Carbone | kg | 7,917 | 0,14 |
| Teleriscaldamento | kWht | - | 0,09 |
| GPL (70% Propano + 30% Butano) | Sm ³ | 26,780 | 5,50 |
| Teleraffrescamento | kWht | - | 0,09 |
| Energia elettrica | kWh | - | 0,25 |

Valori limite

I valori limite dei parametri energetici, da adottarsi come riferimento per la valutazione ed il giudizio sui valori calcolati, sono definiti, così come le classi energetiche, dai decreti attuativi della Legge 90/13 (i cosiddetti DM 26.06.15, afferenti, rispettivamente, ai requisiti minimi ed alle linee guida nazionali), in relazione allo specifico edificio ed attraverso i corrispondenti edifici di riferimento. Per "edificio di riferimento" si intende una sorta di edificio "gemello" di quello considerato, con il quale condivide determinate caratteristiche, caratterizzato, però, da valori predefiniti di taluni parametri (quali, secondo il caso, trasmittanze, efficienze impiantistiche, ecc.). I valori minimi della quota rinnovabile sono invece definiti dal DLgs n. 28/11 (allegato 3, comma 1). Si precisa che la classe energetica ed i valori limite indicati nel presente documento, da considerarsi quali un riferimento, si basano sul calcolo effettuato secondo la valutazione A3 quindi non coincideranno necessariamente con quelli calcolati, rispettivamente, ai fini dell'APE (valutazione A2) o del progetto (valutazione A1).

Simboli adottati

Nella presente relazione si adotteranno, per i parametri energetici ed i servizi, i seguenti simboli principali (in conformità alle specifiche tecniche UNI/TS 11300):

| Legenda dei parametri energetici: | | | |
|--|---|-----|---|
| Q | Energia termica o elettrica | E | Consumo, energia consegnata, esportata o primaria |
| W | Energia elettrica | Φ | Potenza termica o elettrica |
| Legenda dei principali pedici: | | | |
| del | potenza o energia consegnata | em | emissione |
| p | energia primaria | reg | regolazione |
| out | uscita | du | distribuzione di utenza |
| in | ingresso | dp | distribuzione primaria |
| aux | ausiliari | gen | generazione |
| Legenda dei servizi: | | | |
| H _{idr} | Riscaldamento idronico | C | Raffrescamento (idronico ed aeraulico) |
| H _{aer} | Riscaldamento aeraulico (trattamenti aria) | W | Acqua calda sanitaria |
| H | Riscaldamento (idronico ed aeraulico) | V | Ventilazione |
| C _{idr} | Raffrescamento idronico | L | Illuminazione |
| C _{aer} | Raffrescamento aeraulico (trattamenti aria) | T | Trasporto di persone o cose |

4 ANALISI ENERGETICA DELL'EDIFICIO

4.1 Dati climatici (calcolo mensile)

Si sintetizzano di seguito le caratteristiche geografiche della località ed i principali dati climatici adottati nel calcolo. Si precisa che per "gradi giorno" si intende, in conformità alla norma UNI EN ISO 15927-6, la sommatoria degli scostamenti giornalieri tra la temperatura interna invernale ed esterna. In particolare, i gradi giorno "DPR 412/93" sono quelli definiti dal decreto ed utilizzati per la definizione della zona climatica. I gradi giorno "calcolati" sono invece rappresentativi delle temperature esterne in corrispondenza della quali è stata condotta l'analisi energetica.

Caratteristiche geografiche

| | | | |
|--|-------------------------|-------------|--------------------------------|
| Comune | Aymavilles | | |
| Provincia | Valle d'Aosta | | |
| Altitudine s.l.m. | | 640 | m |
| Latitudine nord | | 45°42' | |
| Longitudine est | | 7°14' | |
| Gradi giorno DPR 412/93 | GG _{DPR412/93} | 2937 | °Cg |
| Zona climatica | | E | |
| Regione di vento | | NORD PADANO | |
| Direzione del vento prevalente | | Nord | |
| Distanza da mare | | > 40 | km |
| Velocità del vento media | v _{media} | 2,20 | m/s |
| Velocità del vento massima | v _{max} | 4,40 | m/s |
| Temperatura esterna di progetto | θ _{e,des} | -10,3 | °C |
| Irradianza mensile massima sul piano orizzontale | | 258,1 | W _t /m ² |

Dati climatici (modello di calcolo)

| | Gen | Feb | Mar | Apr | Mag | Giu | Lug | Ago | Set | Ott | Nov | Dic |
|--|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|
| θ _{est} [°C] | -0,7 | 3,0 | 6,9 | 11,0 | 15,2 | 19,1 | 21,2 | 20,3 | 15,9 | 10,6 | 3,9 | -0,2 |
| H _{or,dir} [W/m ²] | 28,9 | 69,4 | 97,2 | 125,0 | 134,3 | 143,5 | 150,5 | 125,0 | 123,8 | 63,7 | 26,6 | 15,0 |
| H _{or,diff} [W/m ²] | 17,4 | 35,9 | 52,1 | 78,7 | 94,9 | 114,6 | 105,3 | 90,3 | 63,7 | 45,1 | 24,3 | 16,2 |

Legenda:

- θ_{est} Temperatura esterna media mensile
- H_{or,dir} Irradianza solare diretta media mensile sul piano orizzontale
- H_{or,diff} Irradianza solare diffusa media mensile sul piano orizzontale

4.2 Caratteristiche del fabbricato (calcolo mensile)

Il calcolo del fabbisogno di energia termica utile del fabbricato (inteso come solo involucro edilizio, senza considerare gli impianti) si fonda, in caso di metodo mensile, su un bilancio termico tra dispersioni ed apporti. Tale calcolo deve essere condotto per ciascuna zona termica. In particolare, secondo quanto indicato dalla UNI/TS 11300-1 (punto 12), ai fini delle prestazioni termiche del fabbricato (Q_{H/C,nd,rif}), ovvero l'energia utile, si considera la sola ventilazione naturale o "di riferimento" mentre, ai fini delle prestazioni energetiche dell'edificio (E_{H/C,p}), ovvero l'energia primaria, si considera la ventilazione meccanica o "effettiva", ove presente. Il fabbisogno complessivo dell'edificio si ottiene poi come sommatoria dei fabbisogni delle singole zone.

Calcolo invernale

Il fabbisogno mensile di energia utile della singola zona per riscaldamento (Q_{H,nd,rif}) si calcola nel seguente modo (UNI/TS 11300-1, formula 1):

$$Q_{H,nd} = (Q_{H,tr} + Q_{H,r} + Q_{H,ve} - Q_{H,sol,op}) - \eta_{H,gn} \times (Q_{H,int} + Q_{H,sol,w}) \quad [\text{kWh}_t]$$

dove:

- Q_{H,tr} = dispersioni per trasmissione [kWh_t];
- Q_{H,r} = dispersioni per extraflusso [kWh_t];
- Q_{H,ve} = dispersioni per ventilazione [kWh_t];
- Q_{H,sol,op} = apporti solari attraverso i componenti opachi [kWh_t];

- $\eta_{H,gn}$ = fattore di utilizzazione degli apporti [-];
 $Q_{H,int}$ = apporti interni [kWh_t];
 $Q_{H,sol,w}$ = apporti solari attraverso i componenti finestrati [kWh_t].

Calcolo estivo

Il fabbisogno mensile di energia utile della singola zona per raffrescamento ($Q_{C,nd,rif}$) si calcola nel seguente modo (UNI/TS 11300-1, formula 2):

$$Q_{C,nd} = (Q_{C,int} + Q_{C,sol,w}) - \eta_{C,ls} \times (Q_{C,tr} + Q_{C,r} + Q_{C,ve} - Q_{C,sol,op}) \quad [kWh_t]$$

dove:

- $Q_{C,int}$ = apporti interni [kWh_t];
 $Q_{C,sol,w}$ = apporti solari attraverso i componenti finestrati [kWh_t];
 $\eta_{C,ls}$ = fattore di utilizzazione delle perdite [-];
 $Q_{C,tr}$ = dispersioni per trasmissione [kWh_t];
 $Q_{C,r}$ = dispersioni per extraflusso [kWh_t];
 $Q_{C,ve}$ = dispersioni per ventilazione [kWh_t];
 $Q_{C,sol,op}$ = apporti solari attraverso i componenti opachi [kWh_t].

4.2.1 Strutture disperdenti

Si descrivono di seguito le differenti strutture disperdenti costituenti il fabbricato raffrontandone le rispettive trasmittanze medie ai corrispondenti limiti di legge ed esplicitandone le dispersioni (invernali ed estive). Per ciascuna struttura verrà inoltre evidenziata la rispettiva incidenza sulle dispersioni totali. I valori limite sono costituiti, come prescritto dal DM 26.06.15 (appendice A), dalle trasmittanze del cosiddetto "edificio di riferimento". Per edificio di riferimento si intende un edificio identico a quello reale, per geometria ed ubicazione, ma contraddistinto da valori prefissati di determinati parametri. Si riporta inoltre una breve descrizione dei componenti finestrati ed opachi.

Descrizione sintetica dei componenti opachi

L'edificio nel complesso è caratterizzato da una struttura portante in cemento armato con tamponamenti in laterizio isolato in intercapedine. Le coperture sono in laterocemento isolato in estradosso.

Descrizione sintetica dei componenti finestrati

Le strutture trasparenti sono costituite da serramenti in alluminio con doppio vetro così come la facciata continua.

4.2.2 Dispersioni edificio

Dispersioni invernali

| Cod. | Tipo | Descrizione | Muri | | | | | | | | |
|------|------|---|---|---------------------------------------|--|------|---|------|--|-----|--|
| | | | U [W _t /m ² K] | S _{tot} [m ²] | Q _{H,tr} [kWh _t] | % | Q _{H,r} [kWh _t] | % | Q _{H,sol,op} [kWh _t] | % | |
| M1 | T | Muro verso esterno | 0,365 | 1259,02 | 32750,1 | 10,6 | 2092,5 | 21,7 | 2612,9 | 5,4 | |
| M2 | U | Muro verso zona fredda (Piano seminterrato) | 1,522 | 17,96 | 1169,2 | 0,4 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | |
| M3 | U | Muro verso zona fredda (Piano seminterrato) | 0,427 | 21,09 | 257,1 | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | |
| M4 | U | Muro verso zona fredda (Piano seminterrato) | 1,522 | 74,05 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | |
| M5 | U | Muro verso zona fredda (Piano seminterrato) | 2,793 | 143,35 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | |
| M6 | U | Muro verso zona fredda (Piano seminterrato) | 1,086 | 6,95 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | |
| M7 | U | Muro verso zona fredda (intercapedine) - Piano seminterrato | 0,355 | 139,91 | 2837,2 | 0,9 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | |
| M10 | U | Muro verso zona fredda (Piano) | 1,522 | 54,52 | 4140,7 | 1,3 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | |

| | | | | | | | | | | |
|---------------|---|---|----------------|----------------|-------------|---------------|-------------|---------------|------------|-----|
| M11 | T | sottotetto) Muro verso esterno (pilastrini facciata continua) | 2,762 | 11,75 | 2313,8 | 0,7 | 169,8 | 1,8 | 386,3 | 0,8 |
| M12 | U | Muro verso zona fredda (scala coperta esterna) - Piano seminterrato, Terra | 0,355 | 40,66 | 824,5 | 0,3 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| M13 | U | Muro verso zona fredda (Piano terra) - Collegamento coperto | 1,522 | 24,26 | 2105,7 | 0,7 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| M16 | T | Sottofinestra | 0,452 | 72,31 | 2333,2 | 0,8 | 169,8 | 1,8 | 289,4 | 0,6 |
| M50 | U | Porta verso zona fredda (Piano seminterrato verso intercapedine) | 1,321 | 1,95 | 146,9 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| M51 | U | Porta verso zona fredda (Piano seminterrato) | 1,321 | 2,50 | 188,3 | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| M52 | U | Porta verso zona fredda (Piano sottotetto) | 1,321 | 3,16 | 267,8 | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Totale | | | 1873,44 | 49334,4 | 16,0 | 2432,1 | 25,2 | 3288,6 | 6,7 | |

| Pavimenti | | | | | | | | | | |
|------------------|------|--|---|---------------------------------------|--|------------|---|------------|---|------------|
| Cod. | Tipo | Descrizione | U [W _t /m ² K] | S _{tot} [m ²] | Q _{H,tr} [kWh _t] | % | Q _{H,r} [kWh _t] | % | Q _{H,sol, op} [kWh _t] | % |
| P1 | G | Pavimento verso terreno | 0,229 | 797,55 | 13015,8 | 4,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| P2 | U | Pavimenti verso zona fredda scuola materna (Piano terra) | 1,312 | 407,60 | 30504,5 | 9,9 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| P3 | T | Pavimento verso esterno scuola materna (Piano terra) | 1,537 | 59,90 | 6566,8 | 2,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| P4 | U | Pavimento verso zona fredda scuola elementare (Piano primo) | 1,312 | 26,09 | 1952,6 | 0,6 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| P6 | T | Pavimento verso esterno scuola elementare (Piano primo) | 1,537 | 38,13 | 4180,1 | 1,4 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| P7 | U | Pavimenti verso zona fredda scuola materna (Piano terra) non isolato | 1,312 | 49,91 | 3735,2 | 1,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Totale | | | 1379,18 | 59955,0 | 19,4 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |

| Soffitti | | | | | | | | | | |
|-----------------|------|---|---|---------------------------------------|--|-------------|---|-------------|---|------------|
| Cod. | Tipo | Descrizione | U [W _t /m ² K] | S _{tot} [m ²] | Q _{H,tr} [kWh _t] | % | Q _{H,r} [kWh _t] | % | Q _{H,sol, op} [kWh _t] | % |
| S3 | U | Soffitto verso zona fredda - Sottotetto (scuola materna) | 1,560 | 649,16 | 65007,2 | 21,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| S4 | T | Copertura | 0,462 | 399,79 | 13178,4 | 4,3 | 2324,2 | 24,1 | 1378,1 | 2,8 |
| S5 | T | Soffitto verso esterno (Terrazzo) DA VERIFICARE | 0,477 | 139,16 | 4737,1 | 1,5 | 666,5 | 6,9 | 616,7 | 1,3 |
| S6 | U | Soffitto verso zona fredda plexiglass scuola materna (Piano terra) | 3,913 | 45,53 | 11433,5 | 3,7 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| S7 | T | Copertura (Legno) | 0,433 | 62,43 | 1925,9 | 0,6 | 355,8 | 3,7 | 158,7 | 0,3 |
| Totale | | | 1296,07 | 96282,1 | 96282,1 | 31,1 | 3346,5 | 34,7 | 2153,5 | 4,4 |

| Componenti finestrati | | | | | | | | | | |
|------------------------------|------|---------------------------------|---|---------------------------------------|--|-----|---|-----|--|-----|
| Cod. | Tipo | Descrizione | U [W _t /m ² K] | S _{tot} [m ²] | Q _{H,tr} [kWh _t] | % | Q _{H,r} [kWh _t] | % | Q _{H,sol, w} [kWh _t] | % |
| W1 | T | Finestra 130x165 | 2,114 | 6,44 | 971,6 | 0,3 | 73,4 | 0,8 | 836,0 | 1,7 |
| W2 | T | Finestra 240x240 | 2,085 | 5,76 | 856,5 | 0,3 | 64,1 | 0,7 | 766,2 | 1,6 |
| W3 | T | Finestra 65x240 | 2,164 | 3,12 | 481,4 | 0,2 | 33,4 | 0,3 | 339,4 | 0,7 |
| W4 | T | Finestra 133x145 | 2,122 | 3,86 | 584,0 | 0,2 | 33,5 | 0,3 | 344,5 | 0,7 |
| W5 | T | Finestra 207x275 | 2,104 | 28,45 | 4268,5 | 1,4 | 323,9 | 3,4 | 3794,1 | 7,8 |
| W6 | T | Finestra 75x66 | 2,247 | 22,00 | 3524,5 | 1,1 | 203,8 | 2,1 | 914,6 | 1,9 |
| W7 | U | Finestra 75x66 | 2,131 | 4,00 | 486,3 | 0,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| W8 | T | Finestra 190x170 | 2,018 | 3,23 | 464,8 | 0,2 | 19,9 | 0,2 | 78,8 | 0,2 |
| W9 | U | Finestra 75x66 | 2,131 | 0,50 | 60,8 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| W10 | T | Finestra 130x155 | 2,121 | 28,25 | 4272,8 | 1,4 | 320,6 | 3,3 | 3144,1 | 6,4 |
| W11 | T | Finestra 245x155 | 2,056 | 7,59 | 1112,9 | 0,4 | 83,4 | 0,9 | 919,3 | 1,9 |
| W12 | T | Finestra 210x130 | 2,115 | 2,73 | 411,7 | 0,1 | 19,6 | 0,2 | 73,8 | 0,2 |
| W13 | T | Finestra 340x155 TRIANGOLARE | 2,078 | 4,11 | 608,9 | 0,2 | 43,6 | 0,5 | 162,1 | 0,3 |

| | | | | | | | | | | |
|---------------|---|--|-------|---------------|----------------|-------------|---------------|-------------|----------------|-------------|
| W14 | T | Finestra 153x155 | 2,077 | 2,37 | 351,4 | 0,1 | 22,3 | 0,2 | 139,0 | 0,3 |
| W15 | T | Finestra 210x155 | 2,094 | 13,03 | 1945,6 | 0,6 | 149,6 | 1,6 | 813,0 | 1,7 |
| W16 | T | Finestra 205x235 | 2,127 | 4,82 | 730,9 | 0,2 | 55,4 | 0,6 | 190,7 | 0,4 |
| W17 | T | Finestra 155x175 | 2,061 | 67,85 | 9970,5 | 3,2 | 634,8 | 6,6 | 7312,4 | 15,0 |
| W18 | T | Finestra 135x175 | 2,098 | 4,73 | 707,2 | 0,2 | 29,6 | 0,3 | 277,8 | 0,6 |
| W19 | T | Finestra 228x235 | 2,100 | 10,72 | 1605,3 | 0,5 | 64,7 | 0,7 | 243,0 | 0,5 |
| W20 | T | Finestra 146x215 TRIANGOLARE | 2,066 | 5,66 | 834,0 | 0,3 | 42,3 | 0,4 | 172,9 | 0,4 |
| W21 | T | Finestra 278x170 TRIANGOLARE | 2,052 | 7,22 | 1056,6 | 0,3 | 71,5 | 0,7 | 756,1 | 1,5 |
| W22 | T | Finestra 285x170 TRIANGOLARE | 2,057 | 6,96 | 1020,9 | 0,3 | 62,5 | 0,6 | 798,3 | 1,6 |
| W23 | T | Finestra 207x240 | 2,121 | 24,85 | 3758,8 | 1,2 | 260,5 | 2,7 | 2877,4 | 5,9 |
| W30 | T | Portafinestra 120x225 | 1,959 | 5,40 | 754,5 | 0,2 | 34,2 | 0,4 | 254,7 | 0,5 |
| W31 | T | Portafinestra 150x300 | 1,969 | 9,00 | 1263,5 | 0,4 | 86,7 | 0,9 | 1123,2 | 2,3 |
| W32 | T | Portafinestra 155x330 | 1,957 | 9,90 | 1381,2 | 0,4 | 104,8 | 1,1 | 1436,1 | 2,9 |
| W33 | T | Portafinestra 130x225 | 1,946 | 2,93 | 406,5 | 0,1 | 8,9 | 0,1 | 33,3 | 0,1 |
| W34 | T | Portafinestra 100x250 | 1,987 | 2,50 | 354,1 | 0,1 | 20,4 | 0,2 | 195,5 | 0,4 |
| W35 | T | Portafinestra 125x290 | 2,699 | 3,63 | 698,5 | 0,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| W36 | T | Portafinestra 215x225 | 1,967 | 9,68 | 1357,5 | 0,4 | 87,8 | 0,9 | 732,0 | 1,5 |
| W37 | T | Portafinestra 100x205 | 2,003 | 2,05 | 292,8 | 0,1 | 14,0 | 0,1 | 138,8 | 0,3 |
| W38 | T | Portafinestra 240x225 | 1,947 | 5,40 | 749,9 | 0,2 | 49,4 | 0,5 | 672,1 | 1,4 |
| W39 | U | Portafinestra 200x260 | 1,894 | 5,20 | 561,9 | 0,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| W40 | U | Portafinestra 210x300 | 1,859 | 6,00 | 636,1 | 0,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| W41 | T | Portafinestra 250x225 | 1,941 | 5,63 | 779,1 | 0,3 | 38,4 | 0,4 | 182,9 | 0,4 |
| W42 | U | Portafinestra 140/220 | 1,928 | 3,08 | 338,7 | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| W43 | U | Portafinestra 150x225 | 1,905 | 3,38 | 367,3 | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| W44 | T | Portafinestra 280x370 - TRIANGOLARE | 1,945 | 8,82 | 1223,4 | 0,4 | 76,8 | 0,8 | 890,0 | 1,8 |
| W50 | T | Facciata continua 190 | 2,424 | 35,51 | 6138,1 | 2,0 | 379,7 | 3,9 | 6875,2 | 14,1 |
| W51 | T | Facciata continua 150 | 2,547 | 34,34 | 6236,7 | 2,0 | 360,9 | 3,7 | 5882,3 | 12,1 |
| Totale | | | | 420,72 | 63625,4 | 20,6 | 3874,2 | 40,1 | 43369,9 | 88,9 |

| Ponti termici | | | | | | |
|----------------------|------|------------------------------------|--------------------------------|-------------------------|--|-------------|
| Cod. | Tipo | Descrizione | Ψ [W _t /mK] | L _{tot} [m] | Q _{H,tr} [kWh _t] | % |
| Z1 | - | P - Parete - Pilastro 30 cm | 0,414 | 476,24 | 14014,4 | 4,5 |
| Z2 | - | P - Parete - Pilastro 40 cm | 0,530 | 211,90 | 8004,7 | 2,6 |
| Z3 | - | P - Parete - Pilastro 20 cm | 0,297 | 7,90 | 167,6 | 0,1 |
| Z4 | - | W - Parete - Telaio su M1 | 0,021 | 836,18 | 1266,8 | 0,4 |
| Z7 | - | R - Parete - Copertura | 0,150 | 207,26 | 2086,5 | 0,7 |
| Z8 | - | IF - Parete - Solaio interpiano | 0,316 | 722,07 | 14569,3 | 4,7 |
| Totale | | | | 2461,55 | 40109,3 | 13,0 |

Dispersioni estive

| Muri | | | | | | | | | | |
|-------------|------|---|---|---------------------------------------|--|------|---|------|--|-----|
| Cod. | Tipo | Descrizione | U [W _t /m ² K] | S _{tot} [m ²] | Q _{C,tr} [kWh _t] | % | Q _{C,r} [kWh _t] | % | Q _{C,sol,op} [kWh _t] | % |
| M1 | T | Muro verso esterno | 0,365 | 1199,36 | 9734,6 | 13,4 | 1635,2 | 19,7 | 3156,6 | 6,3 |
| M4 | U | Muro verso zona fredda (Piano seminterrato) | 1,522 | 60,77 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| M5 | U | Muro verso zona fredda (Piano seminterrato) | 2,793 | 130,67 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| M6 | U | Muro verso zona fredda (Piano seminterrato) | 1,086 | 6,95 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| M7 | U | Muro verso zona fredda (intercapedine) - Piano seminterrato | 0,355 | 139,91 | 1084,4 | 1,5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| M10 | U | Muro verso zona fredda (Piano sottotetto) | 1,522 | 54,52 | 1582,7 | 2,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| M11 | T | Muro verso esterno (pilastri facciata continua) | 2,762 | 11,75 | 884,4 | 1,2 | 173,3 | 2,1 | 383,9 | 0,8 |
| M12 | U | Muro verso zona fredda (scala coperta esterna) - Piano seminterrato, Terra | 0,355 | 40,66 | 244,6 | 0,3 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| M13 | U | Muro verso zona fredda (Piano terra) - Collegamento coperto | 1,522 | 24,26 | 804,8 | 1,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| M16 | T | Sottofinestra | 0,452 | 68,80 | 600,4 | 0,8 | 117,2 | 1,4 | 251,9 | 0,5 |
| M50 | U | Porta verso zona fredda (Piano) | 1,321 | 1,95 | 56,1 | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |

| | | | | | | | | | | |
|---------------|---|--|----------------|----------------|-------------|---------------|-------------|---------------|------------|-----|
| | | seminterrato verso intercapedine) | | | | | | | | |
| M51 | U | Porta verso zona fredda (Piano seminterrato) | 1,321 | 2,50 | 72,0 | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| M52 | U | Porta verso zona fredda (Piano sottotetto) | 1,321 | 3,16 | 102,4 | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Totale | | | 1745,26 | 15166,4 | 20,9 | 1925,6 | 23,3 | 3792,3 | 7,6 | |

| Pavimenti | | | | | | | | | | |
|------------------|------|--|---|---------------------------------------|--|------------|---|------------|---|------------|
| Cod. | Tipo | Descrizione | U [W _t /m ² K] | S _{tot} [m ²] | Q _{C,tr} [kWh _t] | % | Q _{C,r} [kWh _t] | % | Q _{C,sol, op} [kWh _t] | % |
| P1 | G | Pavimento verso terreno | 0,229 | 673,81 | 4203,1 | 5,8 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| P2 | U | Pavimenti verso zona fredda scuola materna (Piano terra) | 1,312 | 407,60 | 1543,0 | 2,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| P3 | T | Pavimento verso esterno scuola materna (Piano terra) | 1,537 | 59,90 | 721,6 | 1,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| P4 | U | Pavimento verso zona fredda scuola elementare (Piano primo) | 1,312 | 26,09 | 746,3 | 1,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| P6 | T | Pavimento verso esterno scuola elementare (Piano primo) | 1,537 | 38,13 | 1597,7 | 2,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| P7 | U | Pavimenti verso zona fredda scuola materna (Piano terra) non isolato | 1,312 | 49,91 | 188,9 | 0,3 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Totale | | | 1255,44 | 9000,6 | 12,4 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |

| Soffitti | | | | | | | | | | |
|-----------------|------|---|---|---------------------------------------|--|---------------|---|---------------|---|-----|
| Cod. | Tipo | Descrizione | U [W _t /m ² K] | S _{tot} [m ²] | Q _{C,tr} [kWh _t] | % | Q _{C,r} [kWh _t] | % | Q _{C,sol, op} [kWh _t] | % |
| S3 | U | Soffitto verso zona fredda - Sottotetto (scuola materna) | 1,560 | 649,16 | 7754,7 | 10,7 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| S4 | T | Copertura | 0,462 | 399,79 | 4982,4 | 6,9 | 2350,1 | 28,4 | 3112,1 | 6,2 |
| S5 | T | Soffitto verso esterno (Terrazzo) DA VERIFICARE | 0,477 | 139,16 | 1810,6 | 2,5 | 680,2 | 8,2 | 1464,3 | 2,9 |
| S6 | U | Soffitto verso zona fredda plexiglass scuola materna (Piano terra) | 3,913 | 45,53 | 578,3 | 0,8 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| S7 | T | Copertura (Legno) | 0,433 | 62,43 | 97,4 | 0,1 | 86,9 | 1,0 | 105,8 | 0,2 |
| Totale | | | 1296,07 | 15223,6 | 21,0 | 3117,2 | 37,6 | 4682,2 | 9,4 | |

| Componenti finestrati | | | | | | | | | | |
|------------------------------|------|---------------------------------|---|---------------------------------------|--|-----|---|-----|--|------|
| Cod. | Tipo | Descrizione | U [W _t /m ² K] | S _{tot} [m ²] | Q _{C,tr} [kWh _t] | % | Q _{C,r} [kWh _t] | % | Q _{C,sol, w} [kWh _t] | % |
| W2 | T | Finestra 240x240 | 2,085 | 5,76 | 327,4 | 0,5 | 65,5 | 0,8 | 811,6 | 1,6 |
| W3 | T | Finestra 65x240 | 2,164 | 3,12 | 184,0 | 0,3 | 34,0 | 0,4 | 380,7 | 0,8 |
| W4 | T | Finestra 133x145 | 2,122 | 3,86 | 223,2 | 0,3 | 34,2 | 0,4 | 440,6 | 0,9 |
| W5 | T | Finestra 207x275 | 2,104 | 28,45 | 1631,5 | 2,2 | 330,6 | 4,0 | 3993,8 | 8,0 |
| W6 | T | Finestra 75x66 | 2,247 | 20,00 | 1065,3 | 1,5 | 153,2 | 1,9 | 1320,5 | 2,6 |
| W7 | U | Finestra 75x66 | 2,131 | 4,00 | 185,9 | 0,3 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| W8 | T | Finestra 190x170 | 2,018 | 3,23 | 177,6 | 0,2 | 20,3 | 0,2 | 205,6 | 0,4 |
| W9 | U | Finestra 75x66 | 2,131 | 0,50 | 23,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| W10 | T | Finestra 130x155 | 2,121 | 28,25 | 621,0 | 0,9 | 148,6 | 1,8 | 1677,5 | 3,3 |
| W11 | T | Finestra 245x155 | 2,056 | 7,59 | 56,3 | 0,1 | 20,4 | 0,2 | 243,1 | 0,5 |
| W12 | T | Finestra 210x130 | 2,115 | 2,73 | 20,8 | 0,0 | 4,8 | 0,1 | 42,8 | 0,1 |
| W13 | T | Finestra 340x155 TRIANGOLARE | 2,078 | 4,11 | 30,8 | 0,0 | 10,6 | 0,1 | 105,5 | 0,2 |
| W14 | T | Finestra 153x155 | 2,077 | 2,37 | 17,8 | 0,0 | 5,4 | 0,1 | 70,5 | 0,1 |
| W15 | T | Finestra 210x155 | 2,094 | 13,03 | 259,7 | 0,4 | 66,3 | 0,8 | 708,9 | 1,4 |
| W16 | T | Finestra 205x235 | 2,127 | 4,82 | 279,4 | 0,4 | 56,5 | 0,7 | 504,4 | 1,0 |
| W17 | T | Finestra 155x175 | 2,061 | 67,85 | 3811,0 | 5,3 | 647,8 | 7,8 | 8145,7 | 16,3 |
| W18 | T | Finestra 135x175 | 2,098 | 4,73 | 270,3 | 0,4 | 30,2 | 0,4 | 394,9 | 0,8 |
| W19 | T | Finestra 228x235 | 2,100 | 10,72 | 613,6 | 0,8 | 66,0 | 0,8 | 593,5 | 1,2 |
| W20 | T | Finestra 146x215 TRIANGOLARE | 2,066 | 5,66 | 318,8 | 0,4 | 43,2 | 0,5 | 440,7 | 0,9 |
| W21 | T | Finestra 278x170 TRIANGOLARE | 2,052 | 7,22 | 403,8 | 0,6 | 73,0 | 0,9 | 952,4 | 1,9 |
| W22 | T | Finestra 285x170 TRIANGOLARE | 2,057 | 6,96 | 390,2 | 0,5 | 63,7 | 0,8 | 757,8 | 1,5 |
| W23 | T | Finestra 207x240 | 2,121 | 24,85 | 1436,7 | 2,0 | 265,8 | 3,2 | 3229,0 | 6,4 |
| W31 | T | Portafinestra 150x300 | 1,969 | 9,00 | 482,9 | 0,7 | 88,5 | 1,1 | 1269,8 | 2,5 |
| W32 | T | Portafinestra 155x330 | 1,957 | 9,90 | 527,9 | 0,7 | 107,0 | 1,3 | 1511,7 | 3,0 |

| | | | | | | | | | | |
|---------------|---|--|-------|---------------|----------------|-------------|---------------|-------------|----------------|-------------|
| W33 | T | Portafinestra 130x225 | 1,946 | 2,93 | 155,4 | 0,2 | 9,0 | 0,1 | 91,1 | 0,2 |
| W34 | T | Portafinestra 100x250 | 1,987 | 2,50 | 17,9 | 0,0 | 5,0 | 0,1 | 76,1 | 0,2 |
| W35 | T | Portafinestra 125x290 | 2,699 | 3,63 | 35,3 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| W36 | T | Portafinestra 215x225 | 1,967 | 9,68 | 293,8 | 0,4 | 59,2 | 0,7 | 892,0 | 1,8 |
| W37 | T | Portafinestra 100x205 | 2,003 | 2,05 | 14,8 | 0,0 | 3,4 | 0,0 | 43,4 | 0,1 |
| W38 | T | Portafinestra 240x225 | 1,947 | 5,40 | 37,9 | 0,1 | 12,1 | 0,1 | 152,4 | 0,3 |
| W39 | U | Portafinestra 200x260 | 1,894 | 5,20 | 214,8 | 0,3 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| W40 | U | Portafinestra 210x300 | 1,859 | 6,00 | 243,1 | 0,3 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| W41 | T | Portafinestra 250x225 | 1,941 | 5,63 | 297,8 | 0,4 | 39,2 | 0,5 | 469,1 | 0,9 |
| W42 | U | Portafinestra 140/220 | 1,928 | 3,08 | 129,4 | 0,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| W43 | U | Portafinestra 150x225 | 1,905 | 3,38 | 140,4 | 0,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| W44 | T | Portafinestra 280x370 - TRIANGOLARE | 1,945 | 8,82 | 61,9 | 0,1 | 18,8 | 0,2 | 265,1 | 0,5 |
| W50 | T | Facciata continua 190 | 2,424 | 35,51 | 2346,1 | 3,2 | 387,5 | 4,7 | 6175,4 | 12,3 |
| W51 | T | Facciata continua 150 | 2,547 | 34,34 | 2383,8 | 3,3 | 368,3 | 4,4 | 5635,3 | 11,3 |
| Totale | | | | 406,87 | 19731,6 | 27,2 | 3238,2 | 39,1 | 41600,9 | 83,1 |

| Ponti termici | | | | | | |
|----------------------|-------------|------------------------------------|---|--------------------------------|---|-------------|
| Cod. | Tipo | Descrizione | Ψ [W_e/mK] | L_{tot} [m] | Q_{c,tr} [kWh_e] | % |
| Z1 | - | P - Parete - Pilastro 30 cm | 0,414 | 447,09 | 4013,0 | 5,5 |
| Z2 | - | P - Parete - Pilastro 40 cm | 0,530 | 201,30 | 2906,5 | 4,0 |
| Z3 | - | P - Parete - Pilastro 20 cm | 0,297 | 7,90 | 64,0 | 0,1 |
| Z4 | - | W - Parete - Telaio su M1 | 0,021 | 793,26 | 365,1 | 0,5 |
| Z7 | - | R - Parete - Copertura | 0,150 | 207,26 | 797,5 | 1,1 |
| Z8 | - | IF - Parete - Solaio interpiano | 0,316 | 700,38 | 5258,1 | 7,2 |
| Totale | | | | 2357,19 | 13404,2 | 18,5 |

Trasmittanze termiche medie

| Cod. | Tipo | Descrizione | Muri | | | |
|------|------|--|---|--|--|-------|
| | | | U [W _t /m ² K] | U _{media} [W _t /m ² K] | U _{limite} [W _t /m ² K] | |
| | | | | | 2015 | 2021 |
| M1 | T | Muro verso esterno | 0,365 | 0,756 | 0,300 | 0,280 |
| M2 | U | Muro verso zona fredda (Piano seminterrato) | 1,522 | 1,583 | 0,500 | 0,467 |
| M3 | U | Muro verso zona fredda (Piano seminterrato) | 0,427 | 0,427 | 0,750 | 0,700 |
| M4 | U | Muro verso zona fredda (Piano seminterrato) | 1,522 | 1,556 | 0,300 | 0,280 |
| M5 | U | Muro verso zona fredda (Piano seminterrato) | 2,793 | 2,918 | 0,300 | 0,280 |
| M6 | U | Muro verso zona fredda (Piano seminterrato) | 1,086 | 1,086 | 0,300 | 0,280 |
| M7 | U | Muro verso zona fredda (intercapedine) - Piano seminterrato | 0,355 | 0,355 | 0,375 | 0,350 |
| M10 | U | Muro verso zona fredda (Piano sottotetto) | 1,522 | 1,692 | 0,429 | 0,400 |
| M11 | T | Muro verso esterno (pilastri facciata continua) | 2,762 | 2,955 | 0,300 | 0,280 |
| M12 | U | Muro verso zona fredda (scala coperta esterna) - Piano seminterrato, Terra | 0,355 | 0,480 | 0,375 | 0,350 |
| M13 | U | Muro verso zona fredda (Piano terra) - Collegamento coperto | 1,522 | 1,776 | 0,375 | 0,350 |

| Cod. | Tipo | Descrizione | Pavimenti | | | |
|------|------|--|---|--|--|-------|
| | | | U [W _t /m ² K] | U _{media} [W _t /m ² K] | U _{limite} [W _t /m ² K] | |
| | | | | | 2015 | 2021 |
| P1 | G | Pavimento verso terreno | 0,229 | 0,229 | 0,310 | 0,290 |
| P2 | U | Pavimenti verso zona fredda scuola materna (Piano terra) | 1,312 | 1,312 | 0,387 | 0,362 |
| P3 | T | Pavimento verso esterno scuola materna (Piano terra) | 1,537 | 1,537 | 0,310 | 0,290 |
| P4 | U | Pavimento verso zona fredda scuola elementare (Piano primo) | 1,312 | 1,312 | 0,387 | 0,362 |
| P6 | T | Pavimento verso esterno scuola elementare (Piano primo) | 1,537 | 1,537 | 0,310 | 0,290 |
| P7 | U | Pavimenti verso zona fredda scuola materna (Piano terra) non isolato | 1,312 | 1,312 | 0,387 | 0,362 |

| Cod. | Tipo | Descrizione | Soffitti | | | |
|------|------|--|---|--|--|-------|
| | | | U [W _t /m ² K] | U _{media} [W _t /m ² K] | U _{limite} [W _t /m ² K] | |
| | | | | | 2015 | 2021 |
| S3 | U | Soffitto verso zona fredda - Sottotetto (scuola materna) | 1,560 | 1,560 | 0,289 | 0,267 |
| S4 | T | Copertura | 0,462 | 0,502 | 0,260 | 0,240 |
| S5 | T | Soffitto verso esterno (Terrazzo) DA VERIFICARE | 0,477 | 0,477 | 0,260 | 0,240 |
| S6 | U | Soffitto verso zona | 3,913 | 3,913 | 0,289 | 0,267 |

| | | fredda plexiglass scuola materna (Piano terra) | | | | |
|------------------------------|------|---|---|---|-------|---|
| S7 | T | Copertura (Legno) | 0,433 | 0,433 | 0,260 | 0,240 |
| Componenti finestrati | | | | | | |
| Cod. | Tipo | Descrizione | U_w [W _t /m ² K] | $U_{w,limite}$ [W _t /m ² K] | | U_g [W _t /m ² K] |
| | | | | 2015 | 2021 | |
| | | | | | | |
| M50 | U | Porta verso zona fredda (Piano seminterrato verso intercapedine) | 1,321 | 2,375 | 1,750 | - |
| M51 | U | Porta verso zona fredda (Piano seminterrato) | 1,321 | 2,375 | 1,750 | - |
| M52 | U | Porta verso zona fredda (Piano sottotetto) | 1,321 | 2,111 | 1,556 | - |
| W1 | T | Finestra 130x165 | 2,114 | 1,900 | 1,400 | 1,677 |
| W2 | T | Finestra 240x240 | 2,085 | 1,900 | 1,400 | 1,677 |
| W3 | T | Finestra 65x240 | 2,164 | 1,900 | 1,400 | 1,677 |
| W4 | T | Finestra 133x145 | 2,122 | 1,900 | 1,400 | 1,677 |
| W5 | T | Finestra 207x275 | 2,104 | 1,900 | 1,400 | 1,677 |
| W6 | T | Finestra 75x66 | 2,247 | 1,900 | 1,400 | 1,677 |
| W7 | U | Finestra 75x66 | 2,131 | 2,375 | 1,750 | 1,497 |
| W8 | T | Finestra 190x170 | 2,018 | 1,900 | 1,400 | 1,677 |
| W9 | U | Finestra 75x66 | 2,131 | 2,375 | 1,750 | 1,497 |
| W10 | T | Finestra 130x155 | 2,121 | 1,900 | 1,400 | 1,677 |
| W11 | T | Finestra 245x155 | 2,056 | 1,900 | 1,400 | 1,677 |
| W12 | T | Finestra 210x130 | 2,115 | 1,900 | 1,400 | 1,677 |
| W13 | T | Finestra 340x155 TRIANGOLARE | 2,078 | 1,900 | 1,400 | 1,677 |
| W14 | T | Finestra 153x155 | 2,077 | 1,900 | 1,400 | 1,677 |
| W15 | T | Finestra 210x155 | 2,094 | 1,900 | 1,400 | 1,677 |
| W16 | T | Finestra 205x235 | 2,127 | 1,900 | 1,400 | 1,677 |
| W17 | T | Finestra 155x175 | 2,061 | 1,900 | 1,400 | 1,677 |
| W18 | T | Finestra 135x175 | 2,098 | 1,900 | 1,400 | 1,677 |
| W19 | T | Finestra 228x235 | 2,100 | 1,900 | 1,400 | 1,677 |
| W20 | T | Finestra 146x215 TRIANGOLARE | 2,066 | 1,900 | 1,400 | 1,677 |
| W21 | T | Finestra 278x170 TRIANGOLARE | 2,052 | 1,900 | 1,400 | 1,677 |
| W22 | T | Finestra 285x170 TRIANGOLARE | 2,057 | 1,900 | 1,400 | 1,677 |
| W23 | T | Finestra 207x240 | 2,121 | 1,900 | 1,400 | 1,677 |
| W30 | T | Portafinestra 120x225 | 1,959 | 1,900 | 1,400 | 1,677 |
| W31 | T | Portafinestra 150x300 | 1,969 | 1,900 | 1,400 | 1,677 |
| W32 | T | Portafinestra 155x330 | 1,957 | 1,900 | 1,400 | 1,677 |
| W33 | T | Portafinestra 130x225 | 1,946 | 1,900 | 1,400 | 1,677 |
| W34 | T | Portafinestra 100x250 | 1,987 | 1,900 | 1,400 | 1,677 |
| W35 | T | Portafinestra 125x290 | 2,699 | 1,900 | 1,400 | 1,677 |
| W36 | T | Portafinestra 215x225 | 1,967 | 1,900 | 1,400 | 1,677 |
| W37 | T | Portafinestra 100x205 | 2,003 | 1,900 | 1,400 | 1,677 |
| W38 | T | Portafinestra 240x225 | 1,947 | 1,900 | 1,400 | 1,677 |
| W39 | U | Portafinestra 200x260 | 1,894 | 2,375 | 1,750 | 1,497 |
| W40 | U | Portafinestra 210x300 | 1,859 | 2,375 | 1,750 | 1,497 |
| W41 | T | Portafinestra 250x225 | 1,941 | 1,900 | 1,400 | 1,677 |
| W42 | U | Portafinestra 140/220 | 1,928 | 2,375 | 1,750 | 1,497 |
| W43 | U | Portafinestra 150x225 | 1,905 | 2,375 | 1,750 | 1,497 |
| W44 | T | Portafinestra 280x370 - TRIANGOLARE | 1,945 | 1,900 | 1,400 | 1,677 |
| W50 | T | Facciata continua 190 | 2,424 | 1,900 | 1,400 | 1,677 |
| W51 | T | Facciata continua 150 | 2,547 | 1,900 | 1,400 | 1,677 |

Legenda dei simboli:

| | |
|----------------|--|
| U | Trasmittanza termica (comprensiva dei ponti termici) |
| U_{media} | Trasmittanza termica media (comprensiva dei ponti termici o strutture opache poste in sottrazione) |
| U_w | Trasmittanza serramento (vetro + telaio) |
| U_g | Trasmittanza solo vetro |
| S_{tot} | Superficie disperdente totale |
| Ψ | Trasmittanza termica lineica del ponte termico |
| L_{tot} | Lunghezza totale del ponte termico |
| $Q_{H,tr}$ | Dispersioni per trasmissione |
| $Q_{H,r}$ | Dispersioni per extraflusso |
| $Q_{H,sol,op}$ | Apporti solari attraverso i componenti opachi |
| $Q_{H,sol,w}$ | Apporti solari attraverso i componenti finestrati |
| % | Incidenza sulle dispersioni totali |

Legenda tipologie di componente:

| | |
|---|--|
| T | Verso l'esterno |
| G | Verso il terreno |
| U | Verso locali confinanti non climatizzati |
| N | Verso locali confinanti climatizzati (locali vicini) |
| A | Verso locali a temperatura fissa |
| E | Da locale non climatizzato verso l'esterno |
| R | Da locale non climatizzato verso il terreno |
| D | Divisorio interno alla zona climatizzata |

Risultati energia invernale

| Dispersioni | | | |
|---|-----------------|--------|----------------------------------|
| Dispersioni per trasmissione | $Q_{H,tr}$ | 303864 | kWh _t |
| Dispersioni per extraflusso | $Q_{H,r}$ | 9653 | kWh _t |
| Dispersioni per ventilazione | $Q_{H,ve}$ | 296562 | kWh _t |
| Apporti | | | |
| Apporti solari attraverso i componenti opachi | $Q_{H,sol,op}$ | 5442 | kWh _t |
| Apporti solari attraverso i componenti finestrati | $Q_{H,sol,w}$ | 43370 | kWh _t |
| Apporti interni | $Q_{H,int}$ | 43281 | kWh _t |
| Apporti aggiuntivi | $Q_{H,agg}$ | 0 | kWh _t |
| Bilancio energetico | | | |
| Fabbisogno del fabbricato | $Q_{H,nd}$ | 523824 | kWh _t |
| Indice di prestazione termica del fabbricato | $EP_{H,nd}$ | 212,62 | kWh _t /m ² |
| Valore limite | $EP_{H,nd,lim}$ | 138,21 | kWh _t /m ² |

Risultati energia estiva

| Dispersioni | | | |
|---|----------------|-------|----------------------------------|
| Dispersioni per trasmissione | $Q_{C,tr}$ | 64052 | kWh _t |
| Dispersioni per extraflusso | $Q_{C,r}$ | 8281 | kWh _t |
| Dispersioni per ventilazione | $Q_{C,ve}$ | 60773 | kWh _t |
| Apporti | | | |
| Apporti solari attraverso i componenti opachi | $Q_{C,sol,op}$ | 8475 | kWh _t |
| Apporti solari attraverso i componenti finestrati | $Q_{C,sol,w}$ | 41601 | kWh _t |
| Apporti interni | $Q_{C,int}$ | 27568 | kWh _t |
| Apporti aggiuntivi | $Q_{C,agg}$ | 0 | kWh _t |
| Bilancio energetico | | | |
| Fabbisogno del fabbricato | $Q_{C,nd}$ | 662 | kWh _t |
| Indice di prestazione termica del fabbricato | $EP_{C,nd}$ | 0,27 | kWh _t /m ² |
| Valore limite | $EP_{C,lim}$ | 0,98 | kWh _t /m ² |

4.3 Caratteristiche degli impianti

Si dettagliano di seguito le caratteristiche degli impianti di riscaldamento idronico ed acqua calda sanitaria, che sono l'oggetto, nell'analisi condotta, delle principali opere di risparmio energetico. In particolare, per ciascun sottosistema impiantistico, si effettua una sintesi dei dati principali. Ogni sottosistema è fonte sia di perdite termiche (in parte recuperate) sia di fabbisogni elettrici (anch'essi in parte recuperati sotto forma di calore). Scopo del calcolo è giungere, per ciascun servizio, alla determinazione dell'energia, termica o elettrica, consegnata dai singoli vettori energetici (ai fini del soddisfacimento dei fabbisogni energetici dell'edificio), ossia, in altri termini, alla quantificazione dei consumi, di combustibile ed energia elettrica. L'energia consegnata ed esportata (surplus) da ciascun vettore vengono poi convertite, attraverso appositi fattori, in energia primaria. L'energia primaria complessiva (Q_p) viene infine calcolata, per ciascun servizio, come sommatoria delle componenti dovute ai singoli vettori (UNI/TS 11300-5, formule da 12 a 14):

$$Q_p = \sum_k (Q_{del,k} \times f_{p,del,k}) - (Q_{exp,k} \times f_{p,exp,k}) \quad [kWh_p]$$

dove:

$Q_{del,k}$ = energia consegnata dal singolo vettore energetico [$kWh_{t/el}$];

$f_{p,del,k}$ = fattore di conversione dell'energia consegnata dal singolo vettore [$kWh_p/kWh_{t/el}$];

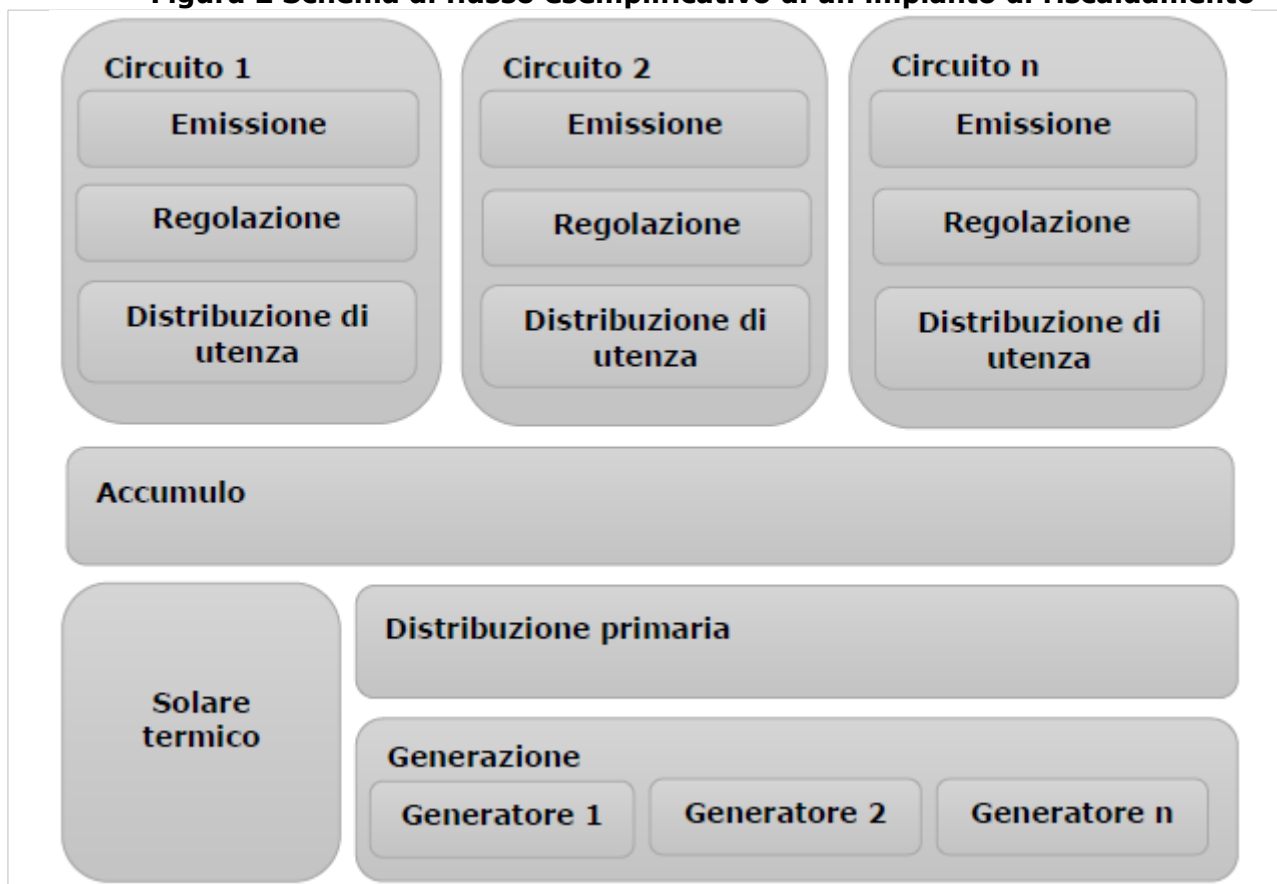
$Q_{exp,k}$ = energia esportata dal singolo vettore energetico [kWh_{el}];

$f_{p,exp,k}$ = fattore di conversione dell'energia esportata dal singolo vettore [kWh_p/kWh_{el}].

4.3.1 Impianto di riscaldamento idronico

L'impianto di riscaldamento idronico si articola in più sottosistemi impiantistici, come evidenziato nello schema di flusso esemplificativo sotto riportato (figura 2). In particolare, l'impianto può essere costituito da uno o più circuiti di utenza (gruppi di locali aventi caratteristiche uniformi), a loro volta alimentati da uno o più generatori. In presenza di un impianto solare termico, quest'ultimo concorre al soddisfacimento del fabbisogno in ingresso all'accumulo. La presenza di un impianto solare fotovoltaico, così come di eventuali cogeneratori, fornisce invece un contributo al soddisfacimento del fabbisogno elettrico, dovuto alla generazione ed agli ausiliari.

Figura 2 Schema di flusso esemplificativo di un impianto di riscaldamento



Si riporta di seguito una descrizione sintetica dell'impianto. Si forniscono inoltre un riassunto dei principali dati caratterizzanti i sottosistemi impiantistici, una sintesi dei principali risultati del calcolo ed un riepilogo dei rendimenti.

Descrizione sintetica dell'impianto di riscaldamento idronico

L'impianto di riscaldamento è di tipo centralizzato, i terminali di erogazione dell'energia termica sono costituiti prevalentemente da radiatori ed il sistema di generazione del calore è affidato a due caldaie alimentate a gasolio che vengono utilizzate anche per la produzione dell'acqua calda sanitaria.

4.3.1.1 Impianto centralizzato

Dati generali

| | |
|-----------------------|---------------|
| Tipologia di impianto | Pluricircuito |
| Fluido termovettore | Acqua |

Scuola dell'infanzia

| | |
|----------------------------|------------------|
| Regime di funzionamento | Intermittente |
| Metodo di calcolo | UNI EN ISO 13790 |
| Tipologia di intermittenza | Spegnimento |

Emissione

| | | | |
|------------|-------------------------------------|------|-------------------|
| Tipologia | Radiatori su parete esterna isolata | | |
| Rendimento | $\eta_{H,idr,em}$ | 93,7 | % |
| Ausiliari | $Q_{H,idr,em,aux}$ | 0,0 | kWh _{el} |

Regolazione

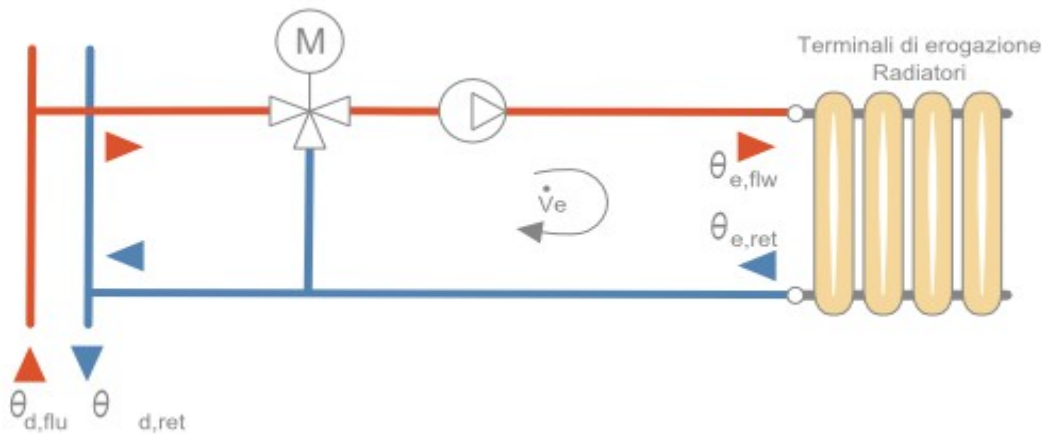
| | | | |
|-----------------|----------------------|------|---|
| Tipologia | Per zona + climatica | | |
| Caratteristiche | On off | | |
| Rendimento | $\eta_{H,idr,reg}$ | 96,0 | % |

Distribuzione

| | | | |
|-----------------------|---|-------|-------------------|
| Metodo di calcolo | Semplificato | | |
| Tipologia di impianto | Centralizzato a distribuzione orizzontale | | |
| Rendimento | $\eta_{H,idr,du}$ | 99,0 | % |
| Ausiliari | $Q_{H,idr,du,aux}$ | 145,3 | kWh _{el} |

Temperatura media

| | |
|-----------------------|---------------------------|
| Tipologia di circuito | ON-OFF, valvola a due vie |
|-----------------------|---------------------------|



| Temperature medie | Gen | Feb | Mar | Apr | Mag | Giu | Lug | Ago | Set | Ott | Nov | Dic |
|--|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|
| Emissione ($\theta_{H,idr,em,avg}$) [°C] | 49,1 | 45,4 | 41,7 | 38,6 | - | - | - | - | - | 40,2 | 45,3 | 48,9 |
| Distribuzione ($\theta_{H,idr,du,avg}$) [°C] | 53,9 | 49,9 | 45,9 | 42,5 | - | - | - | - | - | 44,2 | 49,7 | 53,6 |

Scuola elementare

| | | | | | | | | | | | | |
|--|--|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------------|
| Regime di funzionamento | <i>Intermittente</i> | | | | | | | | | | | |
| Metodo di calcolo | <i>UNI EN ISO 13790</i> | | | | | | | | | | | |
| Tipologia di intermittenza | <i>Spegnimento</i> | | | | | | | | | | | |
| Emissione | | | | | | | | | | | | |
| Tipologia | <i>Radiatori su parete esterna isolata</i> | | | | | | | | | | | |
| Rendimento | $\eta_{H,idr,em}$ | | | | | | | | | | 95,7 | % |
| Ausiliari | $Q_{H,idr,em,aux}$ | | | | | | | | | | 0,0 | kWh _{el} |
| Regolazione | | | | | | | | | | | | |
| Tipologia | <i>Per zona + climatica</i> | | | | | | | | | | | |
| Caratteristiche | <i>On off</i> | | | | | | | | | | | |
| Rendimento | $\eta_{H,idr,reg}$ | | | | | | | | | | 96,0 | % |
| Distribuzione | | | | | | | | | | | | |
| Metodo di calcolo | <i>Semplificato</i> | | | | | | | | | | | |
| Tipologia di impianto | <i>Centralizzato a distribuzione orizzontale</i> | | | | | | | | | | | |
| Rendimento | $\eta_{H,idr,du}$ | | | | | | | | | | 99,0 | % |
| Ausiliari | $Q_{H,idr,du,aux}$ | | | | | | | | | | 170,8 | kWh _{el} |
| Temperatura media | | | | | | | | | | | | |
| Tipologia di circuito | <i>ON-OFF, valvola a due vie</i> | | | | | | | | | | | |
| C.S. | | | | | | | | | | | | |
| Temperature medie | Gen | Feb | Mar | Apr | Mag | Giu | Lug | Ago | Set | Ott | Nov | Dic |
| Emissione ($\theta_{H,idr,em,avg}$) [°C] | 46,4 | 41,8 | 38,2 | 35,5 | - | - | - | - | - | 37,0 | 42,7 | 46,6 |
| Distribuzione ($\theta_{H,idr,du,avg}$) [°C] | 52,7 | 48,3 | 44,3 | 41,1 | - | - | - | - | - | 42,8 | 48,5 | 52,6 |

Cucine

| | | | | | | | | | | | | |
|--|--|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------------|
| Regime di funzionamento | <i>Intermittente</i> | | | | | | | | | | | |
| Metodo di calcolo | <i>UNI EN ISO 13790</i> | | | | | | | | | | | |
| Tipologia di intermittenza | <i>Spegnimento</i> | | | | | | | | | | | |
| Emissione | | | | | | | | | | | | |
| Tipologia | <i>Radiatori su parete esterna isolata</i> | | | | | | | | | | | |
| Rendimento | $\eta_{H,idr,em}$ | | | | | | | | | | 93,7 | % |
| Ausiliari | $Q_{H,idr,em,aux}$ | | | | | | | | | | 0,0 | kWh _{el} |
| Regolazione | | | | | | | | | | | | |
| Tipologia | <i>Per singolo ambiente + climatica</i> | | | | | | | | | | | |
| Caratteristiche | <i>On off</i> | | | | | | | | | | | |
| Rendimento | $\eta_{H,idr,reg}$ | | | | | | | | | | 97,0 | % |
| Distribuzione | | | | | | | | | | | | |
| Metodo di calcolo | <i>Semplificato</i> | | | | | | | | | | | |
| Tipologia di impianto | <i>Centralizzato a distribuzione orizzontale</i> | | | | | | | | | | | |
| Rendimento | $\eta_{H,idr,du}$ | | | | | | | | | | 94,0 | % |
| Ausiliari | $Q_{H,idr,du,aux}$ | | | | | | | | | | 9,8 | kWh _{el} |
| Temperatura media | | | | | | | | | | | | |
| Tipologia di circuito | <i>ON-OFF, valvola a due vie</i> | | | | | | | | | | | |
| C.S. | | | | | | | | | | | | |
| Temperature medie | Gen | Feb | Mar | Apr | Mag | Giu | Lug | Ago | Set | Ott | Nov | Dic |
| Emissione ($\theta_{H,idr,em,avg}$) [°C] | 53,2 | 49,0 | 44,8 | 41,2 | - | - | - | - | - | 42,9 | 48,7 | 52,9 |
| Distribuzione ($\theta_{H,idr,du,avg}$) [°C] | 55,7 | 51,5 | 47,3 | 43,7 | - | - | - | - | - | 45,4 | 51,2 | 55,4 |

Generazione

| | |
|---------------------------------|----------------------------|
| Configurazione centrale termica | <i>Generatori multipli</i> |
| Modalità di funzionamento | <i>Contemporaneo</i> |
| Con priorità | <i>Si</i> |

Generatore 1 - Caldaia tradizionale

| | |
|-------------------------|----------------------------------|
| Dati generali | |
| Numero | <i>1</i> |
| Tipologia | <i>Caldaia tradizionale</i> |
| Metodo di calcolo | <i>Analitico</i> |
| Marca / serie / modello | <i>BUDERUS/LOGANO GE 515/295</i> |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------------------|------------|------------|---------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Potenza utile nominale | Φ_n | | 319,00 | kW _t | | | | | | | | |
| Immagine | | | | | | | | | | | | |
| FOTO GENERATORE | | | | | | | | | | | | |
| Rendimenti termici | | | | | | | | | | | | |
| Riscaldamento idronico | $\eta_{H,idr,gen,ut}$ | | 92,7 | % | | | | | | | | |
| ACS | $\eta_{W,gen,ut}$ | | 94,9 | % | | | | | | | | |
| Ausiliari | | | | | | | | | | | | |
| Riscaldamento idronico | $Q_{H,idr,gen,aux}$ | | 1314,6 | kWh _{el} | | | | | | | | |
| ACS | $Q_{W,gen,aux}$ | | 38,3 | kWh _{el} | | | | | | | | |
| Vettore energetico | | | | | | | | | | | | |
| Tipologia | Gasolio | | | | | | | | | | | |
| Potere calorifico inferiore | PCI | | 11,870 | kWh/kg | | | | | | | | |
| Costo | c | | 1,70 | €/ kg | | | | | | | | |
| Fattore di emissione di CO ₂ | f_{CO_2} | | 0,280 | kg/kWh _p | | | | | | | | |
| Fattori di conversione in energia primaria (energia consegnata dal combustibile) | | | | | | | | | | | | |
| Non rinnovabile | $f_{p,nren}$ | | 1,070 | - | | | | | | | | |
| Rinnovabile | $f_{p,ren}$ | | 0,000 | - | | | | | | | | |
| Totale | $f_{p,tot}$ | | 1,070 | - | | | | | | | | |
| Circuito in centrale | | | | | | | | | | | | |
| Temperature medie | Gen | Feb | Mar | Apr | Mag | Giu | Lug | Ago | Set | Ott | Nov | Dic |
| Riscaldamento ($\theta_{H,idr,gen,avg}$)[°C] | 56,1 | 51,5 | 46,9 | 42,9 | - | - | - | - | - | 44,8 | 51,1 | 55,8 |

Generatore 2 - Caldaia tradizionale

| | | | | |
|---|---------------------------|--|--------|---------------------|
| Dati generali | | | | |
| Numero | 2 | | | |
| Tipologia | Caldaia tradizionale | | | |
| Metodo di calcolo | Analitico | | | |
| Marca / serie / modello | BUDERUS/LOGANO GE 515/455 | | | |
| Potenza utile nominale | Φ_n | | 489,20 | kW _t |
| Immagine | | | | |
| FOTO GENERATORE | | | | |
| Rendimenti termici | | | | |
| Riscaldamento idronico | $\eta_{H,idr,gen,ut}$ | | 0,0 | % |
| ACS | $\eta_{W,gen,ut}$ | | 0,0 | % |
| Ausiliari | | | | |
| Riscaldamento idronico | $Q_{H,idr,gen,aux}$ | | 0,0 | kWh _{el} |
| ACS | $Q_{W,gen,aux}$ | | 0,0 | kWh _{el} |
| Vettore energetico | | | | |
| Tipologia | Gasolio | | | |
| Potere calorifico inferiore | PCI | | 11,870 | kWh/kg |
| Costo | c | | 1,70 | €/ kg |
| Fattore di emissione di CO ₂ | f_{CO_2} | | 0,280 | kg/kWh _p |
| Fattori di conversione in energia primaria (energia consegnata dal combustibile) | | | | |
| Non rinnovabile | $f_{p,nren}$ | | 1,070 | - |
| Rinnovabile | $f_{p,ren}$ | | 0,000 | - |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Totale | $f_{p,tot}$ | | 1,070 | - | | | | | | | | |
| Circuito in centrale | | | | | | | | | | | | |
| Temperature medie | Gen | Feb | Mar | Apr | Mag | Giu | Lug | Ago | Set | Ott | Nov | Dic |
| Riscaldamento ($\theta_{H,idr,gen,avg}$) [°C] | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | - | - | - | - | - | 0,0 | 0,0 | 0,0 |

Principali risultati dei calcoli

Fabbisogni termici

| | | | |
|---|-------------------------|--------|------------------|
| Fabbisogno del fabbricato (ventilazione naturale) | $Q_{H,nd}$ | 523824 | kWh _t |
| Fabbisogno dell'edificio (ventilazione effettiva) | $Q_{H,sys,out}$ | 523824 | kWh _t |
| Energia recuperata dall'impianto di ACS | $Q_{H,W,rh}$ | 385 | kWh _t |
| Fabbisogno ideale netto (dedotto dei recuperi) | $Q'_{H,sys,out}$ | 523464 | kWh _t |
| Fabbisogno corretto per intermittenza | $Q_{H,sys,out,interm}$ | 473072 | kWh _t |
| Fabbisogno corretto per contabilizzazione | $Q_{H,sys,out,cont}$ | 473072 | kWh _t |
| Fabbisogno corretto per ulteriori fattori | $Q_{H,sys,out,corr}$ | 283843 | kWh _t |
| Perdite di emissione non recuperate | $Q_{H,em,ls,nrh}$ | 16071 | kWh _t |
| Fabbisogno in ingresso all'emissione | $Q_{H,em,in}$ | 299914 | kWh _t |
| Perdite di regolazione non recuperate | $Q_{H,rg,ls,nrh}$ | 12405 | kWh _t |
| Fabbisogno in ingresso alla regolazione | $Q_{H,rg,in}$ | 312320 | kWh _t |
| Perdite di distribuzione di utenza non recuperate | $Q_{H,du,ls,nrh}$ | 3624 | kWh _t |
| Fabbisogno in ingresso alla distribuzione di utenza | $Q_{H,du,in}$ | 315944 | kWh _t |
| Perdite di accumulo non recuperate | $Q_{H,s,ls,nrh}$ | 0 | kWh _t |
| Fabbisogno in ingresso all'accumulo | $Q_{H,s,in}$ | 315944 | kWh _t |
| Energia prodotta dal solare termico | $Q_{H,sol,out}$ | 0 | kWh _t |
| Eccedenza del solare termico | $Q_{H,sol,surplus}$ | 0 | kWh _t |
| Contributo netto del solare termico | $Q_{H,sol,out,net}$ | 0 | kWh _t |
| Fabbisogno effettivo in ingresso all'accumulo | $Q_{H,s,in,eff}$ | 315944 | kWh _t |
| Perdite di distribuzione primaria non recuperate | $Q_{H,dp,ls,nrh}$ | 0 | kWh _t |
| Fabbisogno in ingresso alla distribuzione primaria | $Q_{H,dp,in}$ | 315944 | kWh _t |
| Fabbisogno in uscita dalla generazione | $Q_{H,gen,out}$ | 315944 | kWh _t |
| Perdite dei circuiti di generazione non recuperate | $Q_{H,gen,circ,ls,nrh}$ | 0 | kWh _t |
| Fabbisogno in ingresso ai circuiti di generazione | $Q_{H,gen,circ,in}$ | 186622 | kWh _t |
| Perdite di generazione non recuperate | $Q_{H,gen,ls,nrh}$ | 25730 | kWh _t |
| Fabbisogno in ingresso alla generazione (energia termica) | $Q_{H,gen,in,t}$ | 351003 | kWh _t |
| Energia da ambiente esterno (pompa di calore) | $Q_{H,gen,in,RES}$ | 0 | kWh _t |

Fabbisogni elettrici

| | | | |
|---|--------------------|------|-------------------|
| Fabbisogno elettrico ausiliari emissione | $Q_{H,em,aux}$ | 0 | kWh _{el} |
| Fabbisogno elettrico ausiliari distribuzione di utenza | $Q_{H,du,aux}$ | 326 | kWh _{el} |
| Ausiliari solare termico | $Q_{H,sol,aux}$ | 0 | kWh _{el} |
| Fabbisogno elettrico ausiliari distribuzione primaria | $Q_{H,dp,aux}$ | 0 | kWh _{el} |
| Fabbisogno elettrico ausiliari generazione | $Q_{H,gen,aux}$ | 1315 | kWh _{el} |
| Fabbisogno in ingresso alla generazione (energia elettrica) | $Q_{H,gen,in,el}$ | 0 | kWh _{el} |
| Fabbisogno elettrico complessivo | $Q_{H,el}$ | 1640 | kWh _{el} |
| Energia prodotta dal fotovoltaico | $Q_{H,PV,out}$ | 1544 | kWh _{el} |
| Eccedenza del fotovoltaico | $Q_{H,PV,surplus}$ | 970 | kWh _{el} |
| Contributo netto del fotovoltaico | $Q_{H,PV,out,net}$ | 574 | kWh _{el} |
| Energia prodotta dalla cogenerazione | $Q_{H,CG,out}$ | 0 | kWh _{el} |
| Eccedenza della cogenerazione | $Q_{H,CG,surplus}$ | 0 | kWh _{el} |
| Contributo netto della cogenerazione | $Q_{H,CG,out,net}$ | 0 | kWh _{el} |
| Fabbisogno elettrico effettivo (da rete) | $Q_{H,el,eff}$ | 1066 | kWh _{el} |

Energia primaria

| | | | |
|------------------------|----------------|---------------|------------------------|
| Non rinnovabile | $Q_{H,p,nren}$ | 375671 | kWh_p |
| Rinnovabile | $Q_{H,p,ren}$ | 1614 | kWh_p |
| Totale | $Q_{H,p,tot}$ | 377285 | kWh_p |

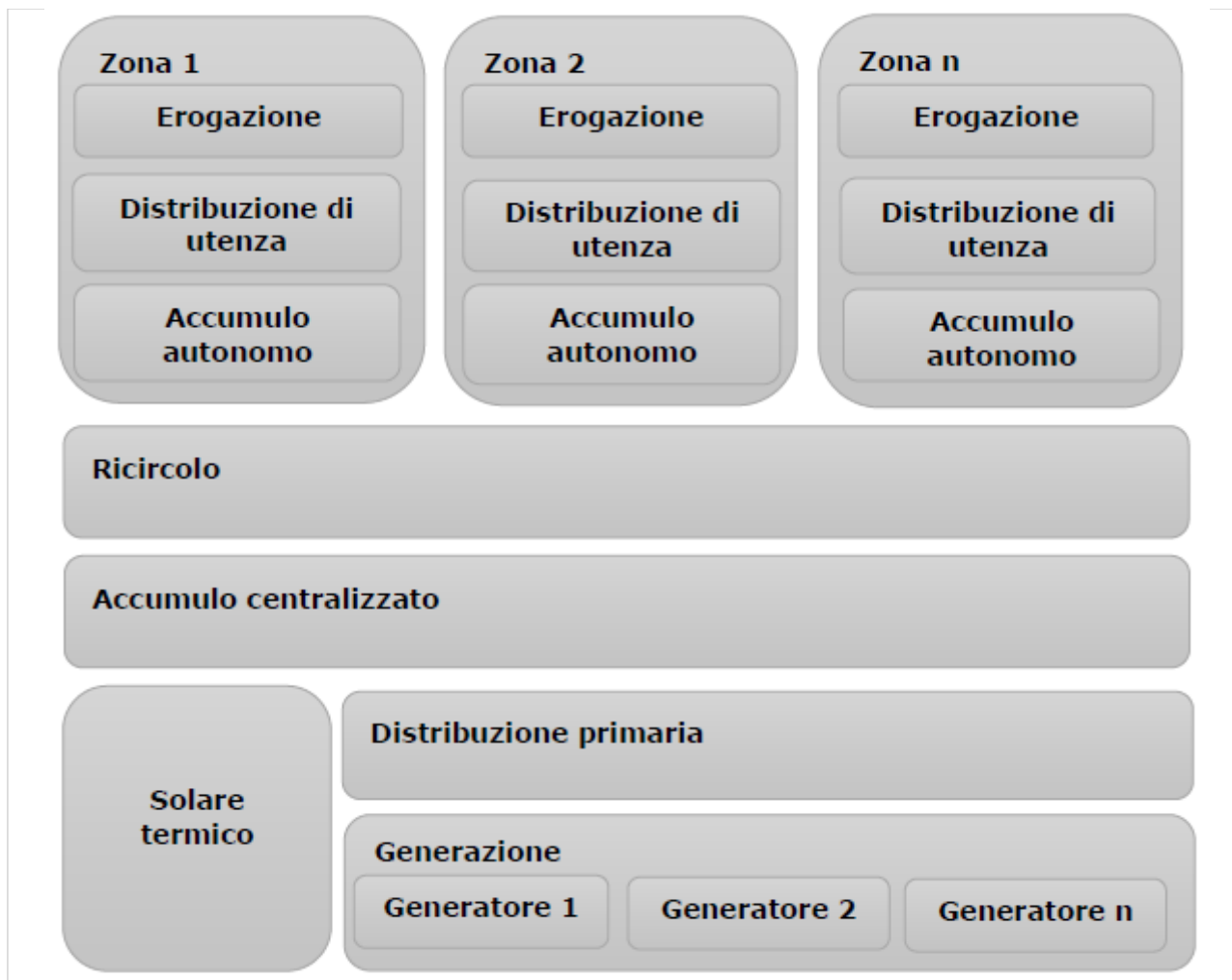
Riepilogo rendimenti

| Impianto idronico | | | |
|--|---------------------------------------|--------------|----------|
| Emissione | $\eta_{H, idr,em}$ | 94,6 | % |
| Regolazione | $\eta_{H, idr,reg}$ | 96,0 | % |
| Distribuzione di utenza | $\eta_{H, idr,du}$ | 98,9 | % |
| Accumulo | $\eta_{H, idr,s}$ | 100,0 | % |
| Distribuzione primaria | $\eta_{H, idr,dp}$ | - | % |
| Generazione (rispetto all'energia utile) | $\eta_{H, idr,gen,ut}$ | 90,0 | % |
| Generazione (rispetto all'energia primaria non rinnovabile) | $\eta_{H, idr,gen,p,nren}$ | 83,6 | % |
| Generazione (rispetto all'energia primaria totale) | $\eta_{H, idr,gen,p,tot}$ | 83,4 | % |
| Globale medio stagionale (rispetto a en. pr. non rinn.) | $\eta_{H,g,p,nren}$ | 139,4 | % |
| Globale medio stagionale (rispetto a en. pr. tot.) | $\eta_{H,g,p,tot}$ | 138,8 | % |
| Valore limite | $\eta_{H,g,lim}$ | 113,4 | % |

4.3.2 Impianto di acqua calda sanitaria

L'impianto di acqua calda sanitaria si articola, così come l'impianto di riscaldamento, in più sottosistemi impiantistici, come evidenziato nello schema di flusso esemplificativo sotto riportato (figura 3). In particolare, l'impianto può essere costituito da una o più zone (a seconda che sia autonomo o centralizzato), a loro volta alimentate da uno o più generatori. Tra generazione ed utenze sono interposti ulteriori sottosistemi, ossia distribuzione primaria, ricircolo ed accumulo (quest'ultimo, secondo i casi, centralizzato o autonomo). La presenza di un impianto solare o fotovoltaico può fornire un contributo al soddisfacimento del fabbisogno, rispettivamente, termico (in ingresso all'accumulo) ed elettrico (generazione ed ausiliari). Al soddisfacimento del fabbisogno elettrico può inoltre concorrere l'energia prodotta da cogenerazione.

Figura 3 Schema di flusso esemplificativo di un impianto di ACS



Si riporta di seguito una descrizione sintetica dell'impianto. Si forniscono inoltre un riassunto dei principali dati caratterizzanti i sottosistemi impiantistici, una sintesi dei principali risultati del calcolo ed un riepilogo dei rendimenti.

4.3.2.1 Impianto centralizzato

Erogazione, distribuzione di utenza ed accumuli autonomi

| | | | |
|---------------------------------------|---------------|-------|------------------|
| Fabbisogno ideale | $Q_{W,nd}$ | 6202 | kWh _t |
| Rendimento di erogazione | $\eta_{W,er}$ | 100,0 | % |
| Rendimento di distribuzione di utenza | $\eta_{W,du}$ | 92,6 | % |

Accumulo centralizzato

| Ambiente | | Centrale termica | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|--------------------|------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------|-------------------|
| Dispersione | k_{boll} | | | | | | | | | | | | | 1,88 | W _t /K |
| Rendimento | $\eta_{W,s}$ | | | | | | | | | | | | | 90,15 | % |
| Temperatura media accumulo | $\theta_{W,s,avg}$ | | | | | | | | | | | | | 60,00 | °C |
| Temperatura media ambiente | | Gen | Feb | Mar | Apr | Mag | Giu | Lug | Ago | Set | Ott | Nov | Dic | | |
| $\theta_{W,s,a}$ [°C] | | 4,3 | 8,0 | 11,9 | 16,0 | 20,2 | 24,1 | 26,2 | 25,3 | 20,9 | 15,6 | 8,9 | 4,8 | | |

Principali risultati dei calcoli

Fabbisogni termici

| | | | |
|---|---------------------|------|------------------|
| Fabbisogno di energia termica utile | $Q_{W,sys,out}$ | 6202 | kWh _t |
| Fabbisogno corretto per recupero reflui docce | $Q_{W,sys,out,rec}$ | 6202 | kWh _t |

| | | | |
|---|-------------------------|-------------|------------------------|
| Fabbisogno corretto per contabilizzazione | $Q_{W,sys,out,cont}$ | 6202 | kWh _t |
| Perdite di erogazione non recuperate | $Q_{W,er,ls,nrh}$ | 0 | kWh _t |
| Fabbisogno in ingresso all'erogazione | $Q_{W,er,in}$ | 6202 | kWh _t |
| Perdite di distribuzione di utenza non recuperate | $Q_{W,du,ls,nrh}$ | 496 | kWh _t |
| Fabbisogno in ingresso alla distribuzione di utenza | $Q_{W,du,in}$ | 6699 | kWh _t |
| Perdite di ricircolo non recuperate | $Q_{W,ric,ls,nrh}$ | 0 | kWh _t |
| Fabbisogno in ingresso al ricircolo | $Q_{W,ric,in}$ | 6699 | kWh _t |
| Perdite di accumulo non recuperate | $Q_{W,s,ls,nrh}$ | 732 | kWh _t |
| Fabbisogno in ingresso all'accumulo | $Q_{W,s,in}$ | 7430 | kWh _t |
| Perdite della distribuzione di prerisc. solare non recuperate | $Q_{W,sol,dis,ls,nrh}$ | 0 | kWh _t |
| Fabbisogno in ingresso alla distribuzione di prerisc. solare | $Q_{W,sol,dis,in}$ | 0 | kWh _t |
| Perdite dell'accumulo di prerisc. solare non recuperate | $Q_{W,sol,s,ls,nrh}$ | 0 | kWh _t |
| Fabbisogno in ingresso all'accumulo di prerisc. solare | $Q_{W,sol,s,in}$ | 0 | kWh _t |
| Energia prodotta dal solare termico | $Q_{W,sol,out}$ | 0 | kWh _t |
| Eccedenza del solare termico | $Q_{W,sol,surplus}$ | 0 | kWh _t |
| Contributo netto del solare termico | $Q_{W,sol,out,net}$ | 0 | kWh _t |
| Fabbisogno effettivo in ingresso all'accumulo | $Q_{W,s,in,eff}$ | 7430 | kWh _t |
| Perdite di distribuzione primaria non recuperate | $Q_{W,dp,ls,nrh}$ | 0 | kWh _t |
| Fabbisogno in ingresso alla distribuzione primaria | $Q_{W,dp,in}$ | 7430 | kWh _t |
| Fabbisogno in uscita dalla generazione | $Q_{W,gen,out}$ | 7430 | kWh _t |
| Perdite dei circuiti di generazione non recuperate | $Q_{W,gen,circ,ls,nrh}$ | 0 | kWh _t |
| Fabbisogno in ingresso ai circuiti di generazione | $Q_{W,gen,circ,in}$ | 7430 | kWh _t |
| Perdite di generazione non recuperate | $Q_{W,gen,ls,nrh}$ | 1197 | kWh _t |
| Fabbisogno in ingresso alla generazione (energia termica) | $Q_{W,gen,in,t}$ | 7826 | kWh _t |
| Energia da ambiente esterno (pompa di calore) | $Q_{W,gen,in,RES}$ | 0 | kWh _t |
| Fabbisogni elettrici | | | |
| Fabbisogno elettrico ausiliari rete di ricircolo | $Q_{W,ric,aux}$ | 0 | kWh _{el} |
| Fabbisogno elettrico ausiliari solare termico | $Q_{W,sol,aux}$ | 0 | kWh _{el} |
| Fabbisogno elettrico ausiliari distribuzione primaria | $Q_{W,dp,aux}$ | 0 | kWh _{el} |
| Fabbisogno elettrico ausiliari generazione | $Q_{W,gen,aux}$ | 38 | kWh _{el} |
| Fabbisogno in ingresso alla generazione (energia elettrica) | $Q_{W,gen,in,el}$ | 0 | kWh _{el} |
| Fabbisogno elettrico complessivo | $Q_{W,el}$ | 38 | kWh _{el} |
| Energia prodotta dal fotovoltaico | $Q_{W,PV,out}$ | 126 | kWh _{el} |
| Eccedenza del fotovoltaico | $Q_{W,PV,surplus}$ | 88 | kWh _{el} |
| Contributo netto del fotovoltaico | $Q_{W,PV,out,net}$ | 38 | kWh _{el} |
| Energia prodotta dalla cogenerazione | $Q_{W,CG,out}$ | 0 | kWh _{el} |
| Eccedenza della cogenerazione | $Q_{W,CG,surplus}$ | 0 | kWh _{el} |
| Contributo netto della cogenerazione | $Q_{W,CG,out,net}$ | 0 | kWh _{el} |
| Fabbisogno elettrico effettivo (da rete) | $Q_{W,el,eff}$ | 0 | kWh _{el} |
| Energia primaria | | | |
| Non rinnovabile | $Q_{W,p,nren}$ | 8375 | kWh_p |
| Rinnovabile | $Q_{W,p,ren}$ | 38 | kWh_p |
| Totale | $Q_{W,p,tot}$ | 8413 | kWh_p |

Riepilogo rendimenti

| | | | |
|-------------------------|----------------|-------|---|
| Erogazione | $\eta_{W,er}$ | 100,0 | % |
| Distribuzione di utenza | $\eta_{W,du}$ | 92,6 | % |
| Accumulo | $\eta_{W,s}$ | 90,1 | % |
| Tubazione di ricircolo | $\eta_{W,ric}$ | - | % |

| | | | |
|---|--|-------------|----------|
| Distribuzione primaria | $\eta_{W,dp}$ | - | % |
| Generazione (rispetto all'energia utile) | $\eta_{W,gen,ut}$ | 94,9 | % |
| Generazione (rispetto all'energia primaria non rinnovabile) | $\eta_{W,gen,nren}$ | 87,9 | % |
| Generazione (rispetto all'energia primaria totale) | $\eta_{W,gen,tot}$ | 87,8 | % |
| Globale medio stagionale (risp. a en. pr. non rinn) | $\eta_{W,g,p,nren}$ | 74,1 | % |
| Globale medio stagionale (risp. a en. pr. totale) | $\eta_{W,g,p,tot}$ | 73,7 | % |
| Valore limite | $\eta_{W,g,p,tot,lim}$ | 52,3 | % |

4.3.3 Altri impianti

4.3.3.1 Impianto di illuminazione

Descrizione sintetica impianto di illuminazione

La struttura è dotata di impianto di illuminazione con corpi illuminanti prevalentemente a fluorescenza

4.3.3.2 Impianto di trasporto

Descrizione sintetica impianto di trasporto

La struttura è dotata di due ascensori, il primo presso le scuole elementari mentre il secondo presso la scuola dell'infanzia

4.4 Principali risultati dei calcoli (stato di fatto)

Si riportano nel seguito i principali risultati del calcolo caratterizzanti lo stato di fatto. In particolare si riassumono i consumi, la spesa, gli indici di prestazione termica ed energetica, la classe energetica, i rendimenti ed altri parametri, quali quota rinnovabile ed emissioni.

4.4.1 Edificio

Consumi ed energia consegnata

| Servizio | Gasolio | | | | Energia primaria | | | Spesa ed emissioni | |
|---------------------------|-------------------------------|-----------|--------------------------------------|---------------------------------------|---|--|--|--------------------|------------------------|
| | Consumo ed energia consegnata | | | | Energia primaria | | | S [€] | Em _{CO2} [kg] |
| | Co | UM | Q _{del} [kWh _f] | Q _{exp} [kWh _{el}] | Q _{p,nren} [kWh _p] | Q _{p,ren} [kWh _p] | Q _{p,tot} [kWh _p] | | |
| Riscaldamento (H) | 29571 | kg | 351003 | 0 | 375573 | 0 | 375573 | 50270,01 | 98281 |
| Acqua calda sanitaria (W) | 659 | kg | 7826 | 0 | 8374 | 0 | 8374 | 1120,88 | 2191 |
| Globale (Gl) | 30230 | kg | 358829 | 0 | 383947 | 0 | 383947 | 51390,89 | 100472 |

| Servizio | Energia elettrica | | | | Energia primaria | | | Spesa ed emissioni | |
|---------------------------|-------------------------------|------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---|--|--|--------------------|------------------------|
| | Consumo ed energia consegnata | | | | Energia primaria | | | S [€] | Em _{CO2} [kg] |
| | Co | UM | Q _{del} [kWh _{el}] | Q _{exp} [kWh _{el}] | Q _{p,nren} [kWh _p] | Q _{p,ren} [kWh _p] | Q _{p,tot} [kWh _p] | | |
| Riscaldamento (H) | 50 | kWh | 50 | - | 98 | 24 | 121 | 12,50 | 23 |
| Acqua calda sanitaria (W) | 0 | kWh | 0 | - | 1 | 0 | 1 | 0,09 | 0 |
| Illuminazione (L) | 160 | kWh | 160 | - | 311 | 75 | 387 | 39,94 | 73 |
| Trasporto (T) | 23 | kWh | 23 | - | 44 | 11 | 55 | 5,64 | 10 |
| Globale (Gl) | 233 | kWh | 233 | - | 454 | 109 | 563 | 58,17 | 107 |

| Servizio | Solare fotovoltaico | | | | Energia primaria | | | Spesa ed emissioni | |
|---------------------------|-------------------------------|----------|---------------------------------------|---------------------------------------|---|--|--|--------------------|------------------------|
| | Consumo ed energia consegnata | | | | Energia primaria | | | S [€] | Em _{CO2} [kg] |
| | Co | UM | Q _{del} [kWh _{el}] | Q _{exp} [kWh _{el}] | Q _{p,nren} [kWh _p] | Q _{p,ren} [kWh _p] | Q _{p,tot} [kWh _p] | | |
| Riscaldamento (H) | - | - | 2560 | 970 | 0 | 1590 | 1590 | - | - |
| Acqua calda sanitaria (W) | - | - | 126 | 88 | 0 | 38 | 38 | - | - |
| Illuminazione (L) | - | - | 53186 | 37171 | 0 | 16016 | 16016 | - | - |
| Trasporto (T) | - | - | 7868 | 5523 | 0 | 2346 | 2346 | - | - |
| Globale (Gl) | - | - | 63741 | 43751 | 0 | 19990 | 19990 | - | - |

Spesa

| Servizio | S [€] |
|---------------------------|-----------------|
| Riscaldamento (H) | 50282,51 |
| Acqua calda sanitaria (W) | 1120,97 |
| Raffrescamento (C) | 0,00 |
| Ventilazione (V) | 0,00 |
| Illuminazione (L) | 39,94 |
| Trasporto (T) | 5,64 |
| Globale (Gl) | 51449,06 |

Rendimenti

| Riscaldamento idronico (H_{idr}) | |
|--|----------------------|
| Sottosistema | Valore calcolato [-] |
| Emissione (η_{em}) | 94,6 |
| Regolazione (η_{reg}) | 96,0 |
| Distribuzione di utenza (η_{du}) | 98,9 |
| Accumulo (η_s) | 100,0 |
| Distribuzione primaria (η_{dp}) | 100,0 |
| Generazione ($\eta_{gen,ut}$) | 90,0 |
| Generazione ($\eta_{gen,p,nren}$) | 83,6 |
| Generazione ($\eta_{gen,p,tot}$) | 83,4 |
| Globale medio stagionale ($\eta_{g,p,nren}$) | 139,4 |
| Globale medio stagionale ($\eta_{g,p,tot}$) | 138,8 |
| Valore limite (η_{lim}) | 113,4 |

| Acqua calda sanitaria (W) | |
|--|----------------------|
| Sottosistema | Valore calcolato [-] |
| Erogazione (η_{er}) | 100,0 |
| Distribuzione di utenza (η_{du}) | 92,6 |
| Accumulo (η_s) | 90,1 |
| Ricircolo (η_{rc}) | 100,0 |
| Distribuzione primaria (η_{dp}) | 100,0 |
| Generazione ($\eta_{gen,ut}$) | 94,9 |
| Generazione ($\eta_{gen,p,nren}$) | 87,9 |
| Generazione ($\eta_{gen,p,tot}$) | 87,8 |
| Globale medio stagionale ($\eta_{g,p,nren}$) | 74,1 |
| Globale medio stagionale ($\eta_{g,p,tot}$) | 73,7 |
| Valore limite (η_{lim}) | 52,3 |

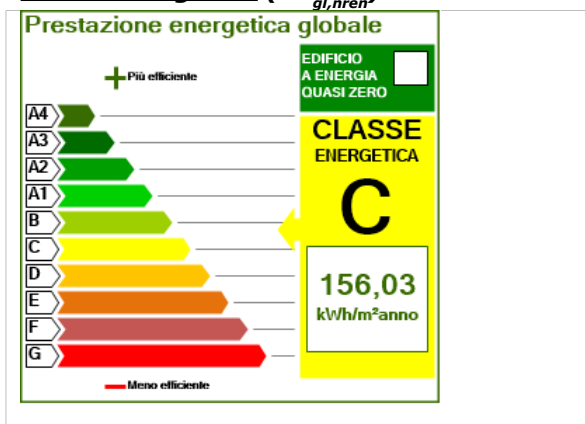
Indici di prestazione termica del fabbricato

| Servizio | Q_{nd} [kWh _t] | EP_{nd} [kWh _t /m ²] | $EP_{nd,limite}$ [kWh _t /m ²] |
|--------------------|---------------------------------|--|---|
| Riscaldamento (H) | 523824 | 212,62 | 138,21 |
| Raffrescamento (C) | 662 | 0,27 | 0,98 |

Indici di prestazione energetica dell'edificio

| Servizio | Energia primaria | | | Indici di prestazione energetica | | | |
|---------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|--|---|---|--|
| | $Q_{p,nren}$ [kWh _p] | $Q_{p,ren}$ [kWh _p] | $Q_{p,tot}$ [kWh _p] | EP_{nren} [kWh _p /m ²] | EP_{ren} [kWh _p /m ²] | EP_{tot} [kWh _p /m ²] | $EP_{tot,limite}$ [kWh _p /m ²] |
| Riscaldamento (H) | 375671 | 1614 | 377285 | 152,49 | 0,66 | 153,14 | - |
| Acqua calda sanitaria (W) | 8375 | 38 | 8413 | 3,40 | 0,02 | 3,41 | - |
| Raffrescamento (C) | 0 | 0 | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | - |
| Ventilazione (V) | 0 | 0 | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | - |
| Illuminazione (L) | 311 | 16091 | 16402 | 0,13 | 6,53 | 6,66 | - |
| Trasporto (T) | 44 | 2356 | 2400 | 0,02 | 0,96 | 0,97 | - |
| Globale | 384401 | 20099 | 404500 | 156,03 | 8,16 | 164,19 | 134,21 |

Classe energetica ($EP_{gl,nren}$)



Quota rinnovabile

| Servizio | QR [%] | Valore minimo [%] | | |
|----------------------------------|------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------|
| | | 1° fase (31.05.12 - 31.12.13) | 2° fase (01.01.14 - 31.12.16) | 3° fase (dal 01.01.17) |
| Riscaldamento (H) | 0,4 | - | - | - |
| Acqua calda sanitaria (W) | 0,5 | 50 | - | - |

| | | | | |
|----------------------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| Raffrescamento (C) | 0,0 | - | - | - |
| Globale (H + W + C) | 0,4 | 20 | 35 | 50 |
| Ventilazione (V) | 0,0 | - | - | - |
| Illuminazione (L) | 98,1 | - | - | - |
| Trasporto (T) | 98,2 | - | - | - |
| Globale | 5,0 | - | - | - |

Nota: il DLgs 28/11 (allegato 3, comma 1) prevede, per la verifica di copertura globale (riscaldamento, raffrescamento ed ACS), tre differenti fasi di vigenza, corrispondenti a valori limiti via via più stringenti.

Emissioni

| Servizio | Emissioni di CO ₂ [kg] |
|---------------------------|-----------------------------------|
| Riscaldamento (H) | 98303,83 |
| Acqua calda sanitaria (W) | 2191,56 |
| Raffrescamento (C) | 0,00 |
| Ventilazione (V) | 0,00 |
| Illuminazione (L) | 73,48 |
| Trasporto (T) | 10,37 |
| Globale (G) | 100579,24 |

Legenda:

| | |
|---------------------|--|
| Co | Consumo |
| Em _{CO2} | Emissioni di CO ₂ |
| EP _{nd} | Indice di prestazione termica |
| EP _{nren} | Indice di prestazione energetica non rinnovabile |
| EP _{ren} | Indice di prestazione energetica rinnovabile |
| EP _{tot} | Indice di prestazione energetica totale |
| η _{ut} | Rendimento rispetto all'energia utile |
| η _{p,nren} | Rendimento rispetto all'energia primaria non rinnovabile |
| η _{p,tot} | Rendimento rispetto all'energia primaria totale |
| Q _{nd} | Fabbisogno di energia utile (ventilazione naturale) |
| Q _{del} | Energia consegnata |
| Q _{exp} | Energia elettrica esportata |
| Q _{p,nren} | Energia primaria rinnovabile |
| Q _{p,ren} | Energia primaria non rinnovabile |
| Q _{p,tot} | Energia primaria totale |
| QR | Quota rinnovabile |
| S | Spesa |

5 Confronto con i consumi reali

Come dato di consumo di convalida sono stati utilizzati i dati storici forniti dal committente in forma di bollette energetiche. Il confronto, effettuato su base annua ed attraverso la firma energetica, ha condotto al seguente esito.

5.1 Edificio

5.1.2 Stagione media

5.1.2.1 Consumi annui

Dati climatici (modello di calcolo)

| | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|
| Tipologia | Secondo modellazione EC700 | | | | | | | | | | | |
| | Gen | Feb | Mar | Apr | Mag | Giu | Lug | Ago | Set | Ott | Nov | Dic |
| θ _{est} [°C] | -0,7 | 3,0 | 6,9 | 11,0 | 15,2 | 19,1 | 21,2 | 20,3 | 15,9 | 10,6 | 3,9 | -0,2 |
| H _{or,di} [W/m ²] | 28,9 | 69,4 | 97,2 | 125,0 | 134,3 | 143,5 | 150,5 | 125,0 | 123,8 | 63,7 | 26,6 | 15,0 |
| H _{or,dif} [W/m ²] | 17,4 | 35,9 | 52,1 | 78,7 | 94,9 | 114,6 | 105,3 | 90,3 | 63,7 | 45,1 | 24,3 | 16,2 |

Legenda dei simboli:

| | |
|----------------------|---|
| θ _{est} | Temperatura esterna media mensile |
| H _{or,dir} | Irradiazione solare diretta media mensile sul piano orizzontale |
| H _{or,diff} | Irradiazione solare diffusa media mensile sul piano orizzontale |

Stagione di riscaldamento

| | | | |
|----------------|------------|--------------|------------|
| Data di inizio | 15/10/2000 | Data di fine | 15/04/2001 |
|----------------|------------|--------------|------------|

| | Gen | Feb | Mar | Apr | Mag | Giu | Lug | Ago | Set | Ott | Nov | Dic |
|--------------------------|------|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| g_{risc} [g] | 31 | 28 | 31 | 15 | - | - | - | - | - | 17 | 30 | 31 |
| $\theta_{est,risc}$ [°C] | -0,7 | 3,0 | 6,9 | 10,1 | - | - | - | - | - | 8,9 | 3,9 | -0,2 |

Consumi e validazione

Vettore energetico

| Servizio | Co _{calc} [kg] | Co _{reale} [kg] | F _{agg} [-] | Co _{reale,agg} [kg] | Δ [%] |
|---------------------------|-----------------------------|------------------------------|-------------------------|----------------------------------|----------|
| Riscaldamento (H) | 29571 | 27381 | 1,10 | 30119 | -1,8 |
| Acqua calda sanitaria (W) | 659 | 619 | 1,10 | 681 | -3,2 |
| Globale (Gl) | 30230 | 28000 | 0,00 | 30800 | -1,9 |

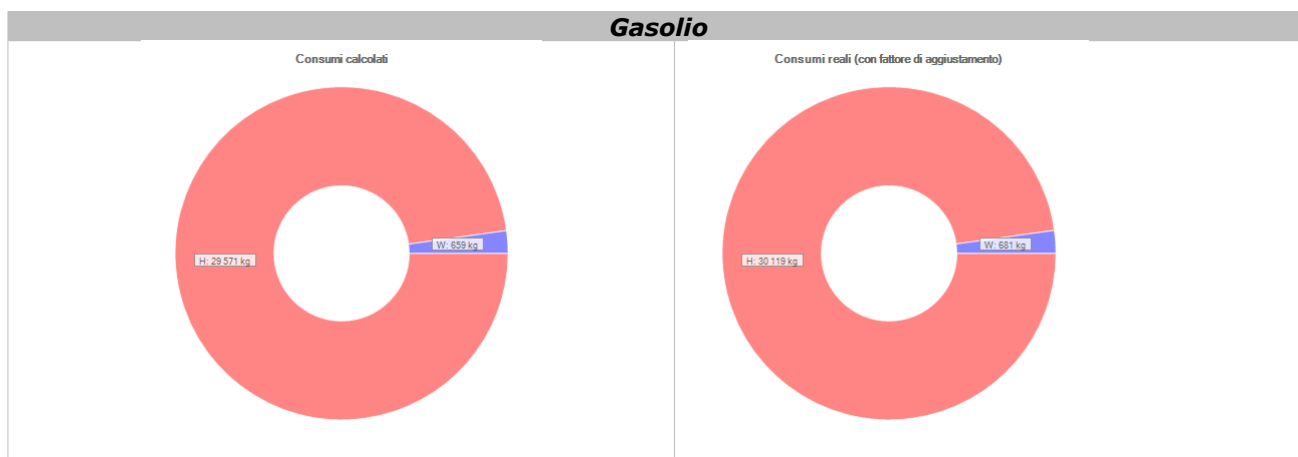
Vettore energetico

| Servizio | Co _{calc} [kWh] | Co _{reale} [kWh] | F _{agg} [-] | Co _{reale,agg} [kWh] | Δ [%] |
|---------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|----------|
| Riscaldamento (H) | 50 | 49 | 1,00 | 49 | 2,0 |
| Acqua calda sanitaria (W) | 0 | 0 | 1,00 | 0 | 0,0 |
| Illuminazione (L) | 160 | 158 | 1,00 | 158 | 1,3 |
| Trasporto (T) | 23 | 22 | 1,00 | 22 | 4,5 |
| Globale (Gl) | 233 | 230 | 0,00 | 230 | 1,3 |

Legenda dei simboli:

- Co_{calc} Consumo calcolato (operativo)
- Co_{reale} Consumo reale (effettivo)
- F_{agg} Fattore di aggiustamento
- Co_{reale,agg} Consumo reale comprensivo del fattore di aggiustamento
- Δ Scostamento consumo

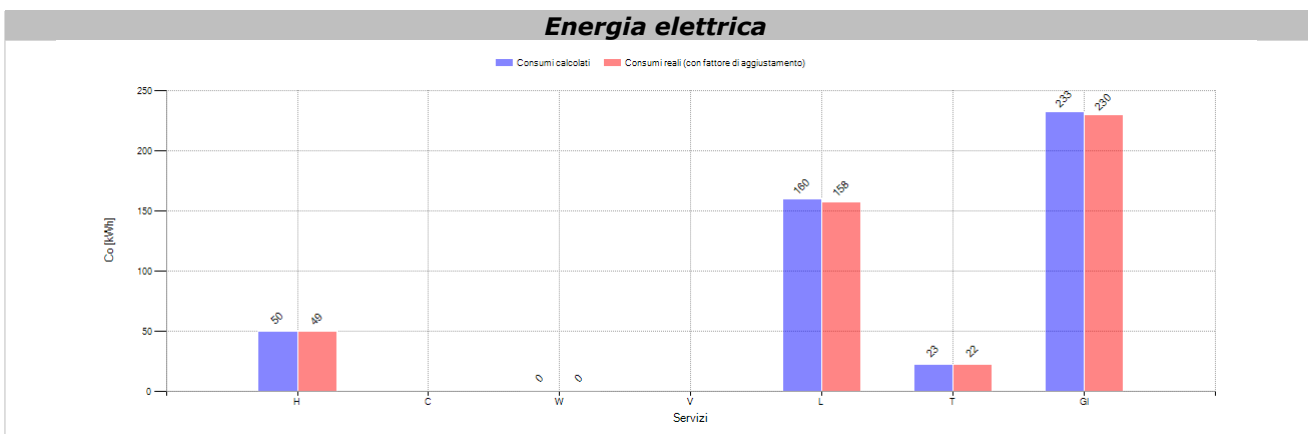
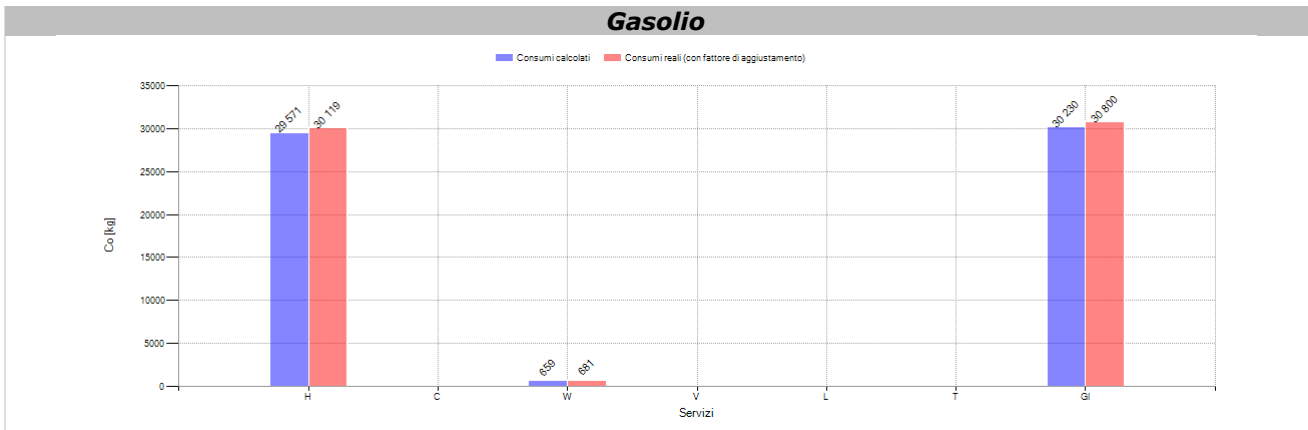
Suddivisione per servizio



Energia elettrica



Confronto



6 RACCOMANDAZIONI CIRCA I POSSIBILI INTERVENTI

Gli interventi di riqualificazione energetica possono essere, in generale, distinti in differenti categorie principali (prospetto 2) da considerarsi in ordine logico di priorità. In particolare, gli interventi relativi alla termoregolazione ed alla contabilizzazione dovrebbero essere anteposti a tutti gli altri in quanto tali da predisporre l'edificio ad accogliere le ulteriori opere.

Prospetto 2 Classificazione degli interventi di risparmio energetico

| Categoria di intervento | Tipologia | Beneficio |
|---------------------------|----------------------------|---------------------------------|
| Interventi sul fabbricato | Cappotto interno, cappotto | Riduzione trasmittanze termiche |

| | | |
|---|--|--|
| | esterno, insufflaggio, isolamento coperture orizzontali, isolamento cassonetti, sostituzione serramenti, sostituzione solo vetro | (W_p/m^2K) |
| Interventi sui circuiti di utenza | Sostituzione dei terminali di emissione, installazione di sistemi di termoregolazione, installazione di sistemi di contabilizzazione | Aumento dei rendimenti di emissione o regolazione, riduzione della temperatura media dell'impianto, riduzione del fabbisogno in ingresso alla regolazione (fattore di contabilizzazione) |
| Interventi sul sottosistema di generazione ed adozione di fonti rinnovabili | Installazione di collettori solari | Riduzione del fabbisogno in uscita dalla generazione ($Q_{gen,out}$) |
| | Sostituzione del generatore con generatori multipli o sistemi più efficienti | Miglioramento del rendimento di generazione ed incremento della quota rinnovabile |
| | Installazione di moduli fotovoltaici | Riduzione del prelievo di energia elettrica dalla rete |

Nel caso considerato si sono simulati i seguenti scenari di risparmio energetico, ciascuno articolato in più interventi (i singoli scenari ed interventi sono descritti nel dettaglio nei capitoli successivi):

Riepilogo scenari

| N° | Descrizione | C [€] | ΔS_{gl} [€/anno] | t_r [anni] | $\Delta EP_{gl,nren}$ [kWh _p /m ² anno] | Classe energetica |
|----|---|--------------|--------------------------|--------------|---|-------------------|
| 1 | Isolamento strutture opache e trasparenti | 1'100'000,00 | 2139 1,66 | 51,4 | 64,84 | A1 |
| 2 | Sostituzione generatori di calore | 105'000,00 | 1076 5,13 | 9,8 | 32,65 | B |
| 3 | Sostituzione serramenti | 480'000,00 | 8684 ,03 | 55,3 | 26,34 | C |

Legenda:

C Costo stimato

ΔS_{gl} Risparmio economico (variazione spesa globale annua)

t_r Tempo di ritorno semplice

$\Delta EP_{gl,nren}$ Risparmio energetico (variazione indice di prestazione energetica globale non rinnovabile)

6.1 Isolamento strutture opache e trasparenti

Dati generali

| | | | |
|-----------------------------------|---|--------------|---------------------------------------|
| Numero | 1 | | |
| Descrizione | Isolamento strutture opache e trasparenti | | |
| Costo stimato | C | 1'100'000,00 | € |
| Risparmio economico conseguibile | ΔS_{gl} | 21391,66 | €/anno |
| Tempo di ritorno semplice | t_r | 51,4 | anni |
| Risparmio energetico conseguibile | $\Delta EP_{gl,nren}$ | 64,84 | kWh _p /m ² anno |
| Classe energetica raggiungibile | A1 | | |

L'intervento è suddiviso nelle seguenti principali lavorazioni:

- Isolamento delle pareti perimetrali e dei solai esposti direttamente verso l'esterno tramite l'applicazione di un sistema a cappotto.
- Isolamento del sottotetto della scuola dell'infanzia tramite apposizione a pavimento di pannelli isolanti.
- Isolamento dell'intradosso del solaio di copertura delle autorimesse.
- Isolamento dell'intradosso della copertura delle scuole elementari.
- Sostituzione dei serramenti esistenti con nuovi serramenti in PVC dotati di triplo vetro basso emissivo con trasmittanza termica inferiore a 1 W/m²K.

L'isolamento delle pareti perimetrali pone alcune problematiche in quanto, essendo la struttura dotata di particolari elementi decorativi quali davanzali, piedritti, voltini e zocolature in pietra, per poter correggere i

numerosi ponti termici presenti occorre effettuare alcune particolari lavorazioni che incidono in maniera significativa sui costi di esecuzione dei lavori.

6.1.4 Prestazioni raggiungibili

Si riportano di seguito le prestazioni raggiungibili, a seguito delle opere di risparmio energetico, per lo scenario considerato. I risultati vengono forniti sia in forma numerica sia in forma grafica, attraverso diagrammi a torta ed istogrammi, oltre che mediante le firme energetiche invernale ed estiva.

6.1.4.1 Edificio

Consumi (Co)

| Servizio | Gasolio [kg] | | |
|---------------------------|----------------|--------------|--------------|
| | Stato di fatto | Scenario | Δ [%] |
| Riscaldamento (H) | 29571 | 16974 | -42,6 |
| Acqua calda sanitaria (W) | 659 | 707 | 7,3 |
| Globale | 30230 | 17681 | -41,5 |

| Servizio | Energia elettrica [kWh] | | |
|---------------------------|---------------------------|----------|---------------|
| | Stato di fatto | Scenario | Δ [%] |
| Riscaldamento (H) | 50 | 0 | -100,0 |
| Acqua calda sanitaria (W) | 0 | 0 | -100,0 |
| Illuminazione (L) | 160 | 0 | -100,0 |
| Trasporto (T) | 23 | 0 | -100,0 |
| Globale | 233 | 0 | -100,0 |

Spesa (S) [€]

| Servizio | Stato di fatto | Scenario | Δ [%] |
|---------------------------|-----------------|-----------------|--------------|
| Riscaldamento (H) | 50282,51 | 28855,03 | 42,6 |
| Acqua calda sanitaria (W) | 1120,97 | 1202,37 | -7,3 |
| Raffrescamento (C) | 0,00 | 0,00 | 0,0 |
| Ventilazione (V) | 0,00 | 0,00 | 0,0 |
| Illuminazione (L) | 39,94 | 0,00 | 100,0 |
| Trasporto (T) | 5,64 | 0,00 | 100,0 |
| Globale | 51449,06 | 30057,40 | 41,6 |

Valutazione economica preliminare

| | |
|---|--------------|
| Costo stimato (C) [€] | 1'100'000,00 |
| Risparmio economico conseguibile (ΔS_{gl}) [€/anno] | 21391,66 |
| Tempo di ritorno semplice (t_r) [anni] | 51,4 |

Rendimenti (η) [%]

| Sottosistema | Riscaldamento idronico (H_{idr}) | | |
|--|--------------------------------------|--------------|--------------|
| | Stato di fatto | Scenario | Δ [%] |
| Emissione (η_{em}) | 94,6 | 95,6 | 1,0 |
| Regolazione (η_{reg}) | 96,0 | 96,5 | 0,5 |
| Distribuzione di utenza (η_{du}) | 98,9 | 98,8 | -0,1 |
| Accumulo (η_s) | 100,0 | 100,0 | 0,0 |
| Distribuzione primaria (η_{dp}) | 100,0 | 100,0 | 0,0 |
| Generazione ($\eta_{gen,ut}$) | 90,0 | 86,6 | -3,8 |
| Generazione ($\eta_{gen,p,nren}$) | 83,6 | 80,5 | -3,7 |
| Generazione ($\eta_{gen,p,tot}$) | 83,4 | 80,4 | -3,6 |
| Globale medio stagionale ($\eta_{g,p,nren}$) | 139,4 | 160,0 | 14,8 |
| Globale medio stagionale ($\eta_{g,p,tot}$) | 138,8 | 159,4 | 14,8 |
| Valore limite (η_{lim}) | 113,4 | - | - |

| Sottosistema | Acqua calda sanitaria (W) | | |
|---|---------------------------|----------|--------------|
| | Stato di fatto | Scenario | Δ [%] |
| Erogazione (η_{er}) | 100,0 | 100,0 | 0,0 |
| Distribuzione di utenza (η_{du}) | 92,6 | 92,6 | 0,0 |
| Accumulo (η_s) | 90,1 | 90,8 | 0,7 |
| Ricircolo (η_{ric}) | 100,0 | 100,0 | 0,0 |
| Distribuzione primaria (η_{dp}) | 100,0 | 100,0 | 0,0 |

| | | | |
|--|-------------|-------------|------------|
| Generazione ($\eta_{gen,ut}$) | 94,9 | 94,9 | 0,0 |
| Generazione ($\eta_{gen,p,nren}$) | 87,9 | 87,9 | 0,0 |
| Generazione ($\eta_{gen,p,tot}$) | 87,8 | 87,8 | 0,0 |
| Globale medio stagionale ($\eta_{g,p,nren}$) | 74,1 | 74,6 | 0,7 |
| Globale medio stagionale ($\eta_{g,p,tot}$) | 73,7 | 74,3 | 0,7 |
| Valore limite (η_{lim}) | 52,3 | - | - |

Indici di prestazione termica del fabbricato (EP_{nd}) [kWh_t/m^2]

| Servizio | Stato di fatto | Scenario | Δ [%] | Valore limite |
|--------------------|----------------|----------|--------------|---------------|
| Riscaldamento (H) | 212,62 | 140,09 | -34,1 | 138,21 |
| Raffrescamento (C) | 0,27 | 0,29 | 7,4 | 0,98 |

Indici di prestazione energetica dell'edificio (EP) [kWh_p/m^2]

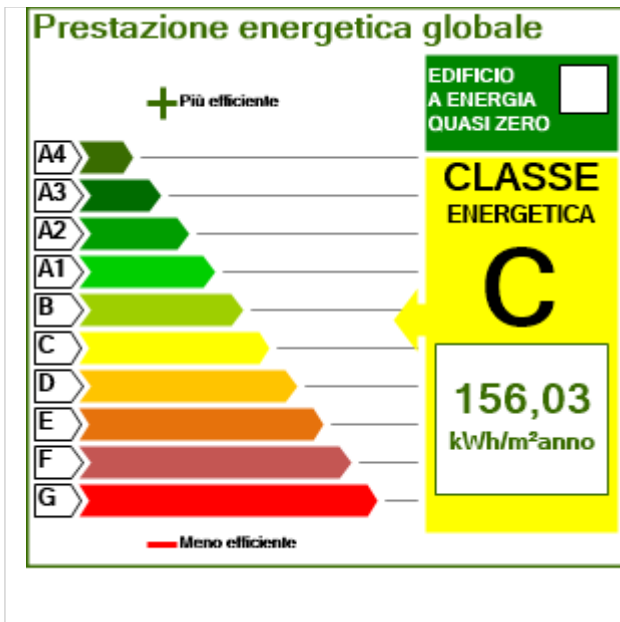
| Non rinnovabile (EP_{nren}) | | | |
|---------------------------------|----------------|--------------|--------------|
| Servizio | Stato di fatto | Scenario | Δ [%] |
| Riscaldamento (H) | 152,49 | 87,55 | -42,6 |
| Acqua calda sanitaria (W) | 3,40 | 3,65 | 7,3 |
| Raffrescamento (C) | 0,00 | 0,00 | 0,0 |
| Ventilazione (V) | 0,00 | 0,00 | 0,0 |
| Illuminazione (L) | 0,13 | 0,00 | -100,0 |
| Trasporto (T) | 0,02 | 0,00 | -100,0 |
| Globale (GI) | 156,03 | 91,19 | -41,6 |

| Rinnovabile (EP_{ren}) | | | |
|----------------------------|----------------|-------------|--------------|
| Servizio | Stato di fatto | Scenario | Δ [%] |
| Riscaldamento (H) | 0,66 | 0,32 | -50,6 |
| Acqua calda sanitaria (W) | 0,02 | 0,02 | 7,9 |
| Raffrescamento (C) | 0,00 | 0,00 | 0,0 |
| Ventilazione (V) | 0,00 | 0,00 | 0,0 |
| Illuminazione (L) | 6,53 | 6,01 | -8,0 |
| Trasporto (T) | 0,96 | 0,96 | 0,6 |
| Globale (GI) | 8,16 | 7,31 | -10,4 |

| Totale (EP_{tot}) | | | |
|---|----------------|--------------|--------------|
| Servizio | Stato di fatto | Scenario | Δ [%] |
| Riscaldamento (H) | 153,14 | 87,87 | -42,6 |
| Acqua calda sanitaria (W) | 3,41 | 3,66 | 7,3 |
| Raffrescamento (C) | 0,00 | 0,00 | 0,0 |
| Ventilazione (V) | 0,00 | 0,00 | 0,0 |
| Illuminazione (L) | 6,66 | 6,01 | -9,7 |
| Trasporto (T) | 0,97 | 0,96 | -1,3 |
| Globale (GI) | 164,19 | 98,51 | -40,0 |
| Valore limite ($EP_{gl,tot,lim}$) | 134,21 | - | - |

Classe energetica ($EP_{gl,nren}$) - secondo modellazione EC700

| Stato di fatto | Scenario |
|----------------|----------|
|----------------|----------|



Quota rinnovabile (QR) [%]

| Servizio | Stato di fatto | Scenario | Δ [%] | Valore minimo |
|----------------------------------|----------------|------------|--------------|---------------------|
| Riscaldamento (H) | 0,4 | 0,4 | -23,4 | - |
| Acqua calda sanitaria (W) | 0,5 | 0,5 | 0,0 | 50 |
| Raffrescamento (C) | 0,0 | 0,0 | 0,0 | - |
| Globale (H + W + C) | 0,4 | 0,4 | -23,3 | 20 / 35 / 50 |
| Ventilazione (V) | 0,0 | 0,0 | 0,0 | - |
| Illuminazione (L) | 98,1 | 100,0 | 1,9 | - |
| Trasporto (T) | 98,2 | 100,0 | 1,8 | - |
| Globale (GI) | 5,0 | 7,4 | 50,3 | - |

Nota: il DLgs 28/11 (allegato 3, comma 1) prevede, per la verifica di copertura globale (riscaldamento, raffrescamento ed ACS), tre differenti fasi di vigenza, corrispondenti a valori minimi via via più stringenti:

- 1° fase (31.05.12 - 31.12.13);
- 2° fase (01.01.14 - 31.12.16);
- 3° fase (dal 01.01.17).

Emissioni (Em_{CO_2}) [kg]

| Servizio | Stato di fatto | Scenario | Δ [%] |
|---------------------------|------------------|-----------------|--------------|
| Riscaldamento (H) | 98303,83 | 56413,28 | -42,6 |
| Acqua calda sanitaria (W) | 2191,56 | 2350,70 | 7,3 |
| Raffrescamento (C) | 0,00 | 0,00 | 0,0 |
| Ventilazione (V) | 0,00 | 0,00 | 0,0 |
| Illuminazione (L) | 73,48 | 0,00 | -100,0 |
| Trasporto (T) | 10,37 | 0,00 | -100,0 |
| Globale (GI) | 100579,24 | 58763,98 | -41,6 |

Legenda:

- Co Consumo
- Em Emissioni
- EP_{nd} Indice di prestazione termica
- EP_{nren} Indice di prestazione energetica non rinnovabile
- EP_{ren} Indice di prestazione energetica rinnovabile
- EP_{tot} Indice di prestazione energetica totale
- η_{ut} Rendimento rispetto all'energia utile
- $\eta_{p,nren}$ Rendimento rispetto all'energia primaria non rinnovabile
- $\eta_{p,tot}$ Rendimento rispetto all'energia primaria totale
- QR Quota rinnovabile
- S Spesa

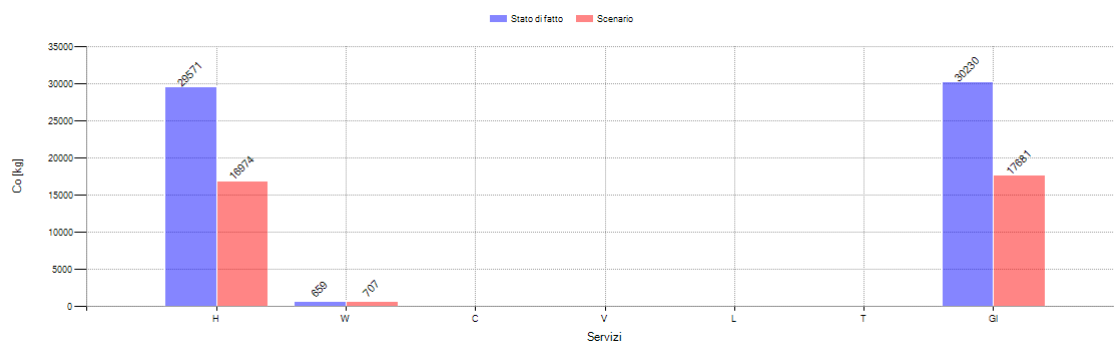
Grafici

Si descrivono di seguito, attraverso istogrammi, i consumi di combustibile, energia elettrica ed energia primaria a monte ed a valle degli interventi. Si evidenzia inoltre, attraverso diagrammi a torta, come si modifica la composizione dell'energia primaria (per servizio o per vettore energetico) a seguito dell'esecuzione degli interventi. Si rappresentano infine le firme energetiche invernali ed estive dell'edificio, riferite, rispettivamente, allo stato di fatto ed allo scenario. La firma energetica esprime la correlazione tra la temperatura esterna (θ_e), riportata sull'asse delle ascisse, ed il fabbisogno di potenza in ingresso alla generazione ($\Phi_{gen,in}$), riportata sull'asse delle ordinate. Tale correlazione, rappresentata

attraverso una nuvola di punti ed una retta interpolante, costituisce un significativo strumento di visualizzazione ed interpretazione della prestazione energetica dell'edificio.

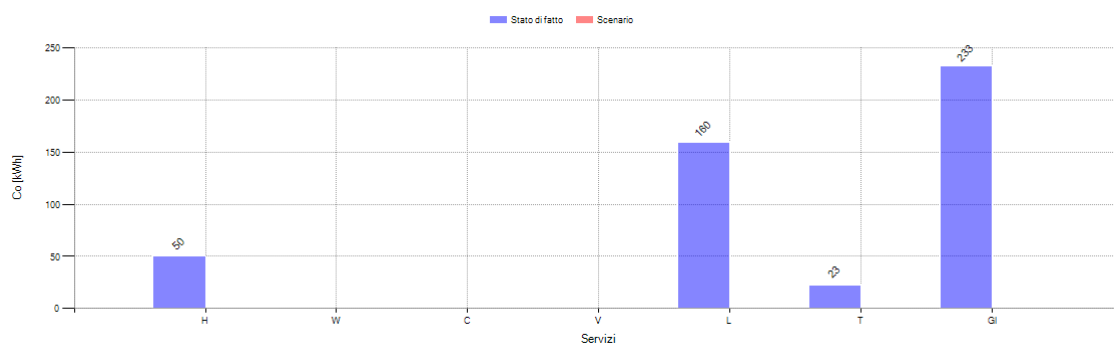
Consumi di combustibile ed energia elettrica

Gasolio



| Servizio | Co _{in} [kg] | Co _{fin} [kg] | Δ [%] |
|---------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------|
| Riscaldamento (H) | 29571 | 16974 | -42,6 |
| Acqua calda sanitaria (W) | 659 | 707 | 7,3 |
| Raffrescamento (C) | 0 | 0 | 0,0 |
| Ventilazione (V) | 0 | 0 | 0,0 |
| Illuminazione (L) | 0 | 0 | 0,0 |
| Trasporto (T) | 0 | 0 | 0,0 |
| Globale (GI) | 30230 | 17681 | -41,5 |

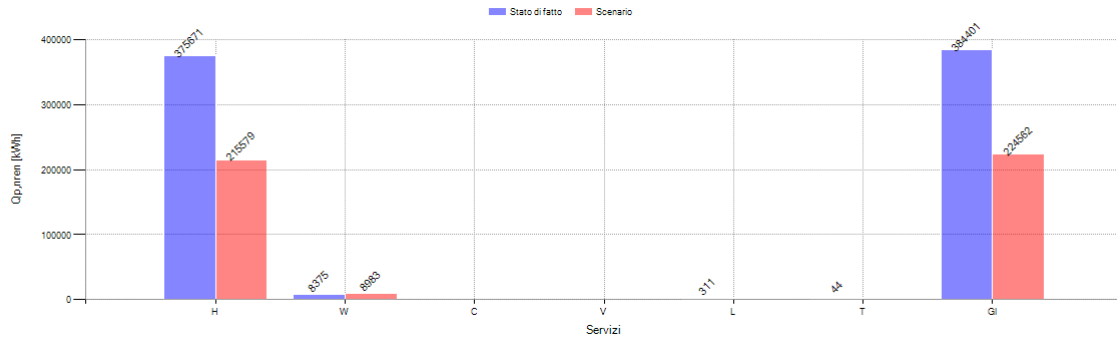
Energia elettrica



| Servizio | Co _{in} [kWh] | Co _{fin} [kWh] | Δ [%] |
|---------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------|
| Riscaldamento (H) | 50 | 0 | -100,0 |
| Acqua calda sanitaria (W) | 0 | 0 | 0,0 |
| Raffrescamento (C) | 0 | 0 | 0,0 |
| Ventilazione (V) | 0 | 0 | 0,0 |
| Illuminazione (L) | 160 | 0 | -100,0 |
| Trasporto (T) | 23 | 0 | -100,0 |
| Globale (GI) | 233 | 0 | -100,0 |

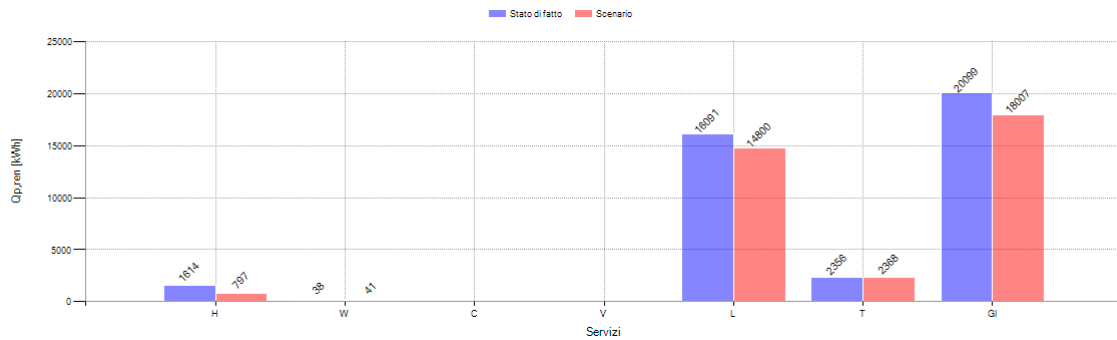
Consumi di energia primaria

Non rinnovabile



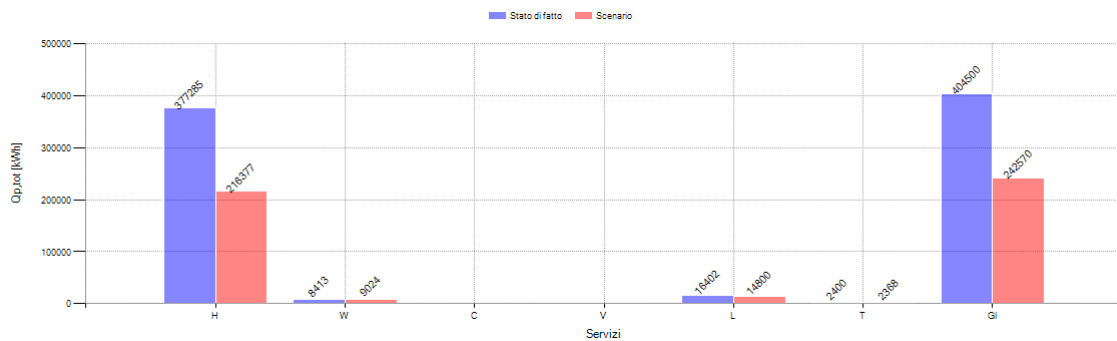
| Servizio | $Q_{p,nren,in}$ [kWh _p] | $Q_{p,nren,fin}$ [kWh _p] | Δ [%] |
|---------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|--------------|
| Riscaldamento (H) | 375671 | 215579 | -42,6 |
| Acqua calda sanitaria (W) | 8375 | 8983 | 7,3 |
| Raffrescamento (C) | 0 | 0 | 0,0 |
| Ventilazione (V) | 0 | 0 | 0,0 |
| Illuminazione (L) | 311 | 0 | -100,0 |
| Trasporto (T) | 44 | 0 | -100,0 |
| Globale (GI) | 384401 | 224562 | -41,6 |

Rinnovabile



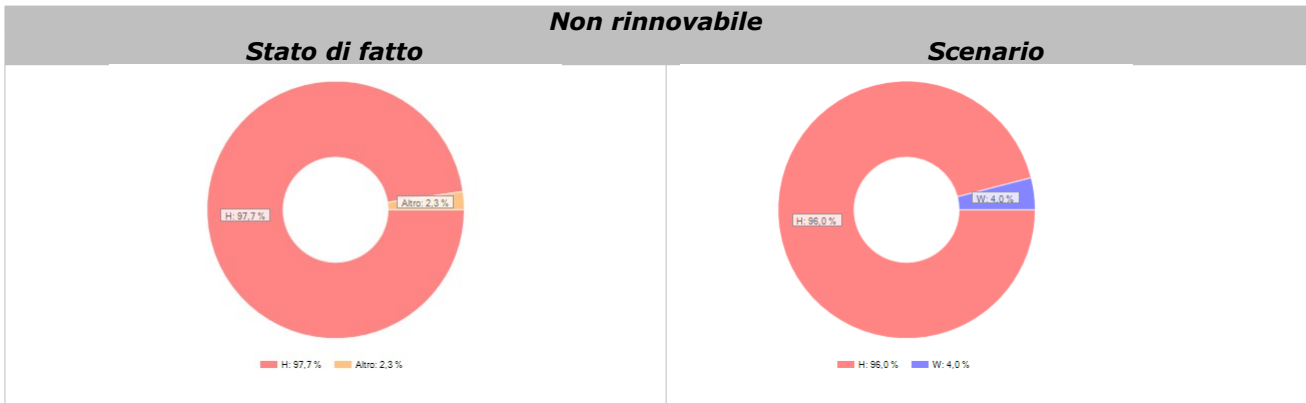
| Servizio | $Q_{p,ren,in}$ [kWh _p] | $Q_{p,ren,fin}$ [kWh _p] | Δ [%] |
|---------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|--------------|
| Riscaldamento (H) | 1614 | 797 | -50,6 |
| Acqua calda sanitaria (W) | 38 | 41 | 7,8 |
| Raffrescamento (C) | 0 | 0 | 0,0 |
| Ventilazione (V) | 0 | 0 | 0,0 |
| Illuminazione (L) | 16091 | 14800 | -8,0 |
| Trasporto (T) | 2356 | 2368 | 0,5 |
| Globale (GI) | 20099 | 18007 | -10,4 |

Totale

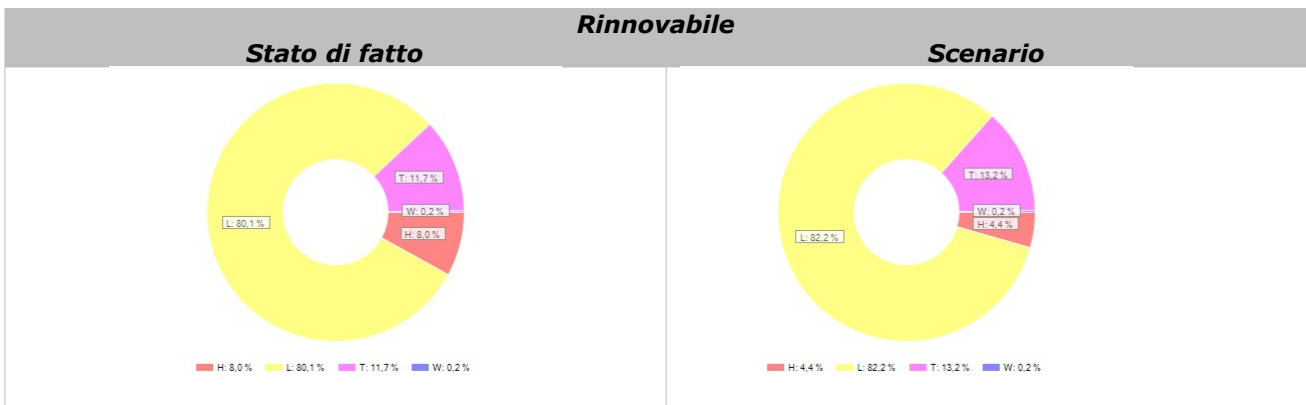


| Servizio | $Q_{p,tot,in}$ [kWh _p] | $Q_{p,tot,fin}$ [kWh _p] | Δ [%] |
|---------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|--------------|
| Riscaldamento (H) | 377285 | 216377 | -42,6 |
| Acqua calda sanitaria (W) | 8413 | 9024 | 7,3 |
| Raffrescamento (C) | 0 | 0 | 0,0 |
| Ventilazione (V) | 0 | 0 | 0,0 |
| Illuminazione (L) | 16402 | 14800 | -9,8 |
| Trasporto (T) | 2400 | 2368 | -1,3 |
| Globale (GI) | 404500 | 242570 | -40,0 |

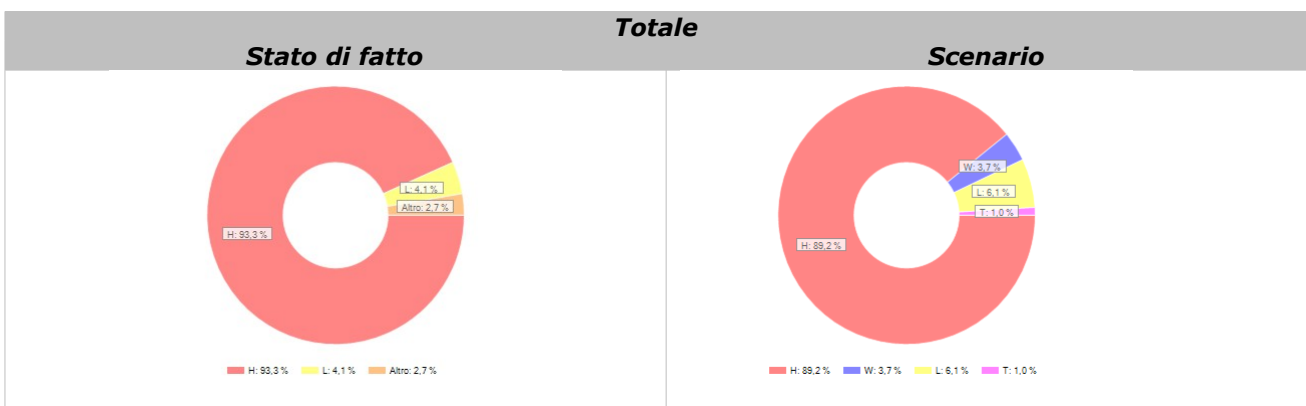
Suddivisione dell'energia primaria globale per servizio



| Servizio | Stato di fatto | | Scenario | |
|---------------------------|---|--------------|---|--------------|
| | Q _{p,nren} [kWh _p] | % | Q _{p,nren} [kWh _p] | % |
| Riscaldamento (H) | 375671 | 97,7 | 215579 | 96,0 |
| Acqua calda sanitaria (W) | 8375 | 2,2 | 8983 | 4,0 |
| Raffrescamento (C) | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 |
| Ventilazione (V) | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 |
| Illuminazione (L) | 311 | 0,1 | 0 | 0,0 |
| Trasporto (T) | 44 | 0,0 | 0 | 0,0 |
| Globale (GI) | 384401 | 100,0 | 224562 | 100,0 |



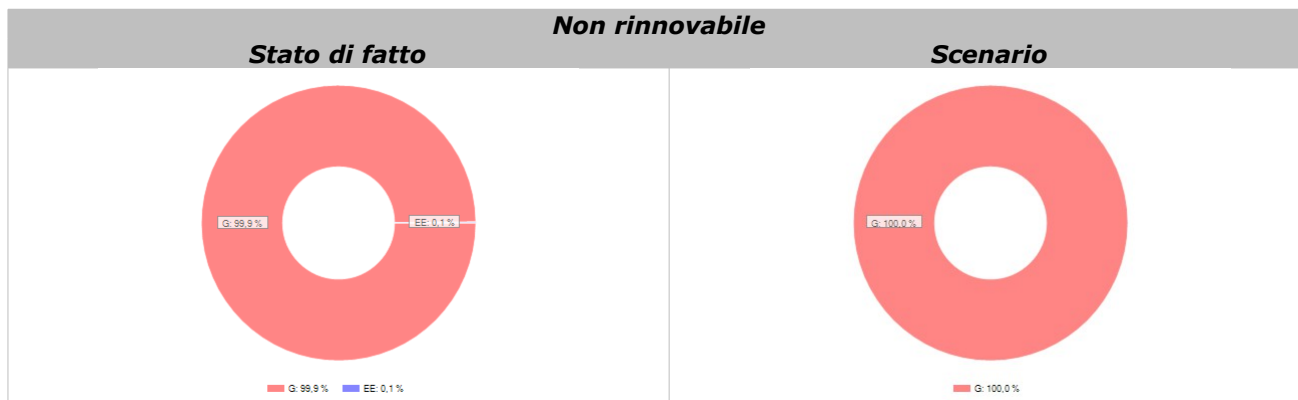
| Servizio | Stato di fatto | | Scenario | |
|---------------------------|--|--------------|--|--------------|
| | Q _{p,ren} [kWh _p] | % | Q _{p,ren} [kWh _p] | % |
| Riscaldamento (H) | 1614 | 8,0 | 797 | 4,4 |
| Acqua calda sanitaria (W) | 38 | 0,2 | 41 | 0,2 |
| Raffrescamento (C) | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 |
| Ventilazione (V) | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 |
| Illuminazione (L) | 16091 | 80,1 | 14800 | 82,2 |
| Trasporto (T) | 2356 | 11,7 | 2368 | 13,2 |
| Globale (GI) | 20099 | 100,0 | 18007 | 100,0 |



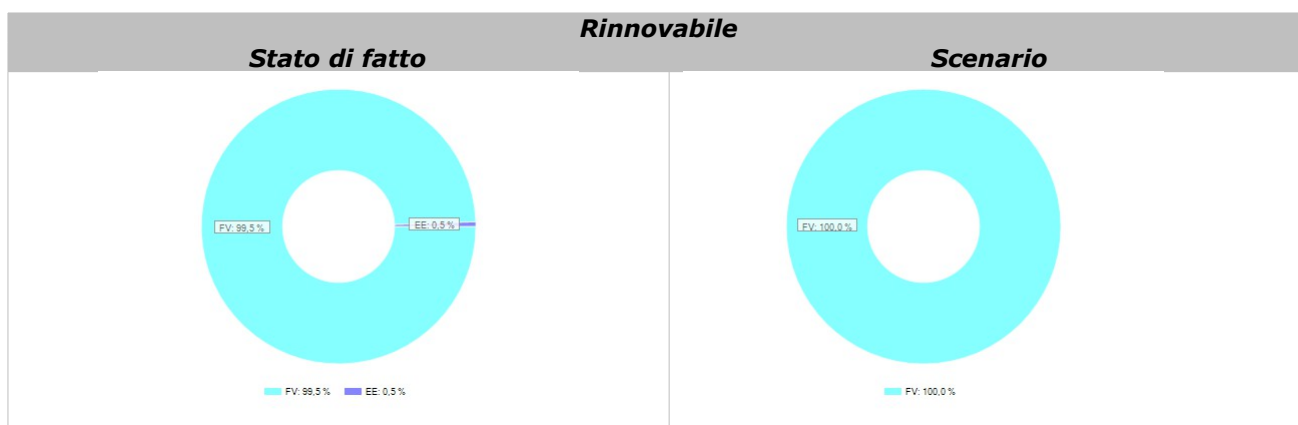
| Servizio | Stato di fatto | | Scenario | |
|---------------------------|--|------|--|------|
| | Q _{p,tot} [kWh _p] | % | Q _{p,tot} [kWh _p] | % |
| Riscaldamento (H) | 377285 | 93,3 | 216377 | 89,2 |
| Acqua calda sanitaria (W) | 8413 | 2,1 | 9024 | 3,7 |
| Raffrescamento (C) | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 |
| Ventilazione (V) | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 |
| Illuminazione (L) | 16402 | 4,1 | 14800 | 6,1 |
| Trasporto (T) | 2400 | 0,6 | 2368 | 1,0 |

| | | | | |
|--------------|--------|-------|--------|-------|
| Globale (GI) | 404500 | 100,0 | 242570 | 100,0 |
|--------------|--------|-------|--------|-------|

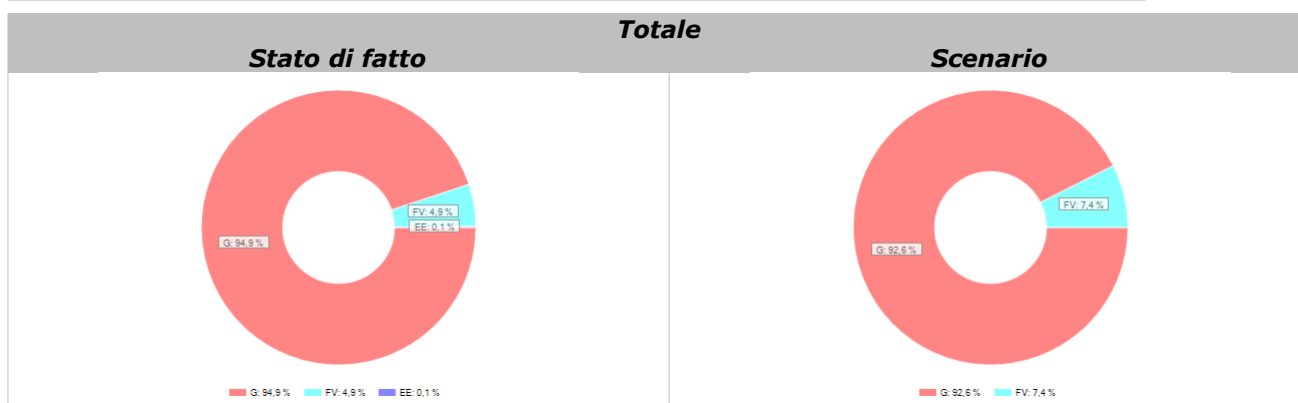
Suddivisione dell'energia primaria globale per vettore energetico



| Vettore energetico | Stato di fatto | | Scenario | |
|--|--|--------------|--|--------------|
| | Q _{p,ren} [kWh _p] | % | Q _{p,ren} [kWh _p] | % |
| Gasolio (G) | 383947 | 99,9 | 224562 | 100,0 |
| Energia elettrica (EE) | 454 | 0,1 | 0 | 0,0 |
| Solare termico (ST) | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 |
| Solare fotovoltaico (FV) | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 |
| Ambiente esterno (pompa di calore) (A) | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 |
| Totale | 384401 | 100,0 | 224562 | 100,0 |

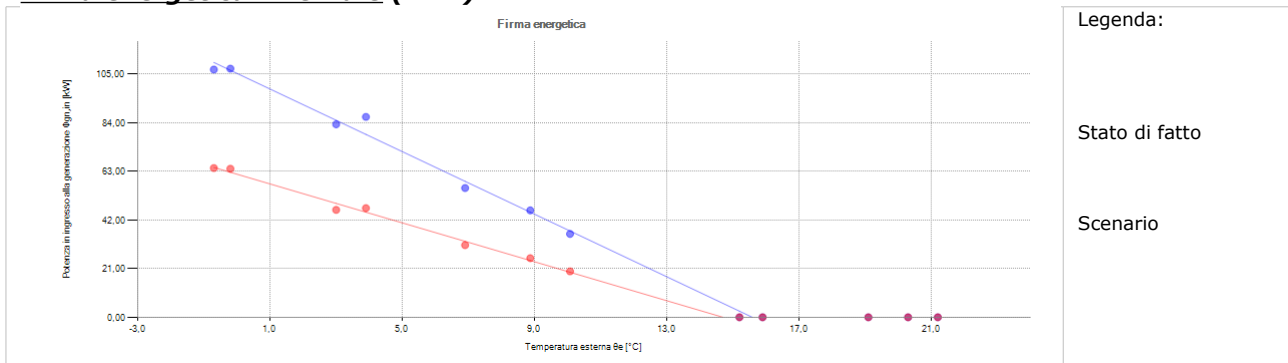


| Vettore energetico | Stato di fatto | | Scenario | |
|--|--|--------------|--|--------------|
| | Q _{p,ren} [kWh _p] | % | Q _{p,ren} [kWh _p] | % |
| Gasolio (G) | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 |
| Energia elettrica (EE) | 109 | 0,5 | 0 | 0,0 |
| Solare termico (ST) | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 |
| Solare fotovoltaico (FV) | 19990 | 99,5 | 18007 | 100,0 |
| Ambiente esterno (pompa di calore) (A) | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 |
| Totale | 20099 | 100,0 | 18007 | 100,0 |



| Vettore energetico | Stato di fatto | | Scenario | |
|--|--|--------------|--|--------------|
| | Q _{p,tot} [kWh _p] | % | Q _{p,tot} [kWh _p] | % |
| Gasolio (G) | 383947 | 94,9 | 224562 | 92,6 |
| Energia elettrica (EE) | 563 | 0,1 | 0 | 0,0 |
| Solare termico (ST) | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 |
| Solare fotovoltaico (FV) | 19990 | 4,9 | 18007 | 7,4 |
| Ambiente esterno (pompa di calore) (A) | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 |
| Totale | 404500 | 100,0 | 242570 | 100,0 |

Firma energetica invernale (24 h)



| Mese | θ_e [°C] | Stato di fatto | | | Scenario | | |
|---------------|--------------------|-------------------|--|--|-------------------|--|--|
| | | g_{risc} [g] | $Q_{H,gen,in}$ [kWh _{t/el}] | $\Phi_{H,gen,in}$ [kW _{t/el}] | g_{risc} [g] | $Q_{H,gen,in}$ [kWh _{t/el}] | $\Phi_{H,gen,in}$ [kW _{t/el}] |
| gennaio | -0,7 | 31 | 79584 | 106,97 | 31 | 47940 | 64,44 |
| febbraio | 3,0 | 28 | 55985 | 83,31 | 28 | 31165 | 46,38 |
| marzo | 6,9 | 31 | 41503 | 55,78 | 31 | 23174 | 31,15 |
| aprile | 10,1 | 15 | 12950 | 35,97 | 15 | 7136 | 19,82 |
| maggio | 15,2 | 0 | 0 | 0,00 | 0 | 0 | 0,00 |
| giugno | 19,1 | 0 | 0 | 0,00 | 0 | 0 | 0,00 |
| luglio | 21,2 | 0 | 0 | 0,00 | 0 | 0 | 0,00 |
| agosto | 20,3 | 0 | 0 | 0,00 | 0 | 0 | 0,00 |
| settembre | 15,9 | 0 | 0 | 0,00 | 0 | 0 | 0,00 |
| ottobre | 8,9 | 17 | 18831 | 46,15 | 17 | 10413 | 25,52 |
| novembre | 3,9 | 30 | 62286 | 86,51 | 30 | 33927 | 47,12 |
| dicembre | -0,2 | 31 | 79864 | 107,34 | 31 | 47721 | 64,14 |
| TOTALE | | 183 | 351003 | - | 183 | 201476 | - |

Legenda:

- θ_e Temperatura esterna media
- g Giorni
- $Q_{gen,in}$ Fabbisogno in ingresso alla generazione
- $\Phi_{gen,in}$ Potenza in ingresso alla generazione

6.2 Sostituzione generatori di calore

Dati generali

| | | | |
|-----------------------------------|-----------------------------------|------------|---------------------------------------|
| Numero | 2 | | |
| Descrizione | Sostituzione generatori di calore | | |
| Costo stimato | C | 105'000,00 | € |
| Risparmio economico conseguibile | ΔS_{gl} | 10765,13 | €/anno |
| Tempo di ritorno semplice | t_r | 9,8 | anni |
| Risparmio energetico conseguibile | $\Delta EP_{gl,nren}$ | 32,65 | kWh _p /m ² anno |
| Classe energetica raggiungibile | B | | |

L'intervento prevede la sostituzione degli attuali generatori di calore con dei nuovi e maggiormente performanti generatori a condensazione. Inoltre vengono sostituiti i gruppi di pompaggio, le apparecchiature di sicurezza e controllo.

6.2.2 Prestazioni raggiungibili

Si riportano di seguito le prestazioni raggiungibili, a seguito delle opere di risparmio energetico, per lo scenario considerato. I risultati vengono forniti sia in forma numerica sia in forma grafica, attraverso diagrammi a torta ed istogrammi, oltre che mediante le firme energetiche invernale ed estiva.

6.2.2.1 Edificio

Consumi (Co)

| Servizio | Gasolio [kg] | | |
|---------------------------|----------------|--------------|--------------|
| | Stato di fatto | Scenario | Δ [%] |
| Riscaldamento (H) | 29571 | 23213 | -21,5 |
| Acqua calda sanitaria (W) | 659 | 719 | 9,0 |
| Globale | 30230 | 23932 | -20,8 |

| Servizio | Energia elettrica [kWh] | | |
|---------------------------|---------------------------|----------|---------------|
| | Stato di fatto | Scenario | Δ [%] |
| Riscaldamento (H) | 50 | 0 | -100,0 |
| Acqua calda sanitaria (W) | 0 | 0 | -100,0 |
| Illuminazione (L) | 160 | 0 | -100,0 |
| Trasporto (T) | 23 | 0 | -100,0 |
| Globale | 233 | 0 | -100,0 |

Spesa (S) [€]

| Servizio | Stato di fatto | Scenario | Δ [%] |
|---------------------------|-----------------|-----------------|--------------|
| Riscaldamento (H) | 50282,51 | 39462,04 | 21,5 |
| Acqua calda sanitaria (W) | 1120,97 | 1221,89 | -9,0 |
| Raffrescamento (C) | 0,00 | 0,00 | 0,0 |
| Ventilazione (V) | 0,00 | 0,00 | 0,0 |
| Illuminazione (L) | 39,94 | 0,00 | 100,0 |
| Trasporto (T) | 5,64 | 0,00 | 100,0 |
| Globale | 51449,06 | 40683,93 | 20,9 |

Valutazione economica preliminare

| | |
|---|-----------|
| Costo stimato (C) [€] | 105000,00 |
| Risparmio economico conseguibile (ΔS_{gl}) [€/anno] | 10765,13 |
| Tempo di ritorno semplice (t_r) [anni] | 9,8 |

Rendimenti (η) [%]

| Riscaldamento idronico (H_{idr}) | | | |
|--|-----------------------|-----------------|--------------------------------|
| Sottosistema | Stato di fatto | Scenario | Δ [%] |
| Emissione (η_{em}) | 94,6 | 94,6 | 0,0 |
| Regolazione (η_{reg}) | 96,0 | 97,0 | 1,0 |
| Distribuzione di utenza (η_{du}) | 98,9 | 98,9 | 0,0 |
| Accumulo (η_s) | 100,0 | 100,0 | 0,0 |
| Distribuzione primaria (η_{dp}) | 100,0 | 100,0 | 0,0 |
| Generazione ($\eta_{gen,ut}$) | 90,0 | 94,6 | 5,1 |
| Generazione ($\eta_{gen,p,nren}$) | 83,6 | 88,2 | 5,6 |
| Generazione ($\eta_{gen,p,tot}$) | 83,4 | 88,2 | 5,7 |
| Globale medio stagionale ($\eta_{g,p,nren}$) | 139,4 | 177,7 | 27,4 |
| Globale medio stagionale ($\eta_{g,p,tot}$) | 138,8 | 177,3 | 27,7 |
| Valore limite (η_{lim}) | 113,4 | - | - |

| Acqua calda sanitaria (W) | | | |
|--|-----------------------|-----------------|--------------------------------|
| Sottosistema | Stato di fatto | Scenario | Δ [%] |
| Erogazione (η_{er}) | 100,0 | 100,0 | 0,0 |
| Distribuzione di utenza (η_{du}) | 92,6 | 92,6 | 0,0 |
| Accumulo (η_s) | 90,1 | 90,8 | 0,7 |
| Ricircolo (η_{ric}) | 100,0 | 100,0 | 0,0 |
| Distribuzione primaria (η_{dp}) | 100,0 | 100,0 | 0,0 |
| Generazione ($\eta_{gen,ut}$) | 94,9 | 93,4 | -1,6 |
| Generazione ($\eta_{gen,p,nren}$) | 87,9 | 87,0 | -1,1 |
| Generazione ($\eta_{gen,p,tot}$) | 87,8 | 86,9 | -1,0 |
| Globale medio stagionale ($\eta_{g,p,nren}$) | 74,1 | 73,4 | -0,9 |
| Globale medio stagionale ($\eta_{g,p,tot}$) | 73,7 | 73,3 | -0,6 |
| Valore limite (η_{lim}) | 52,3 | - | - |

Indici di prestazione termica del fabbricato (EP_{nd}) [kWh_t/m^2]

| Servizio | Stato di fatto | Scenario | Δ [%] | Valore limite |
|---------------------------|-----------------------|-----------------|--------------------------------|----------------------|
| Riscaldamento (H) | 212,62 | 212,62 | 0,0 | 138,21 |
| Raffrescamento (C) | 0,27 | 0,27 | 0,0 | 0,98 |

Indici di prestazione energetica dell'edificio (EP_p) [kWh_p/m^2]

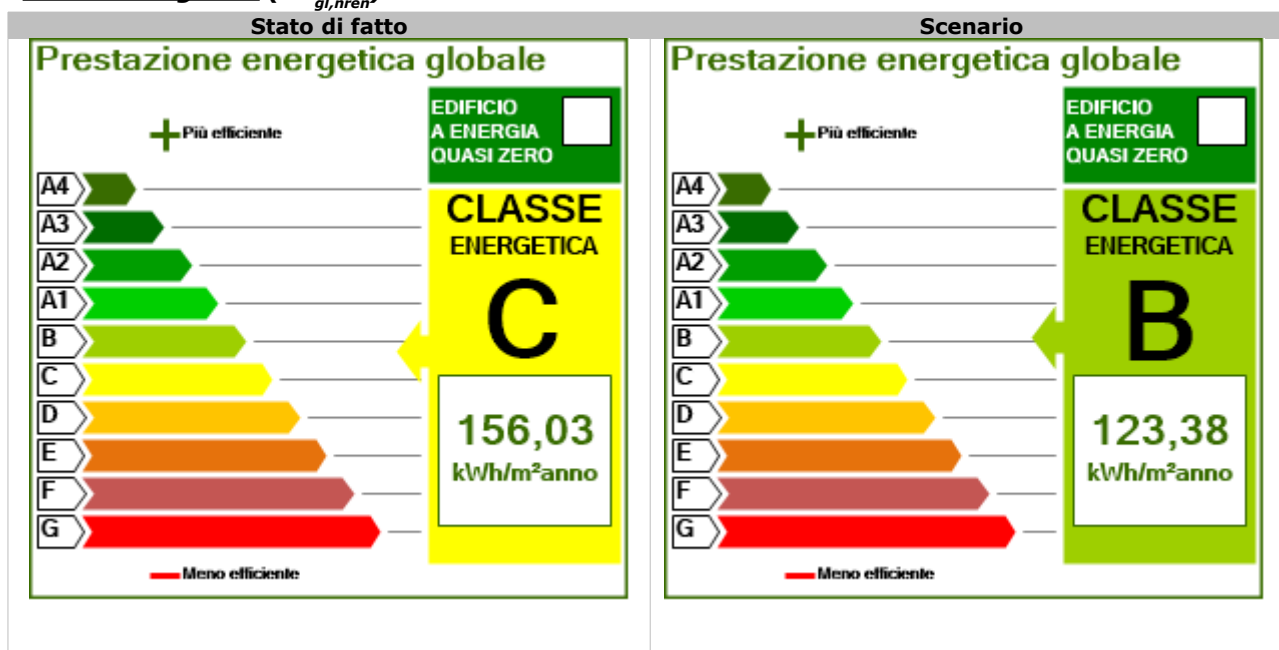
| Non rinnovabile (EP_{nren}) | | | |
|---|-----------------------|-----------------|--------------------------------|
| Servizio | Stato di fatto | Scenario | Δ [%] |
| Riscaldamento (H) | 152,49 | 119,67 | -21,5 |
| Acqua calda sanitaria (W) | 3,40 | 3,71 | 9,0 |
| Raffrescamento (C) | 0,00 | 0,00 | 0,0 |
| Ventilazione (V) | 0,00 | 0,00 | 0,0 |
| Illuminazione (L) | 0,13 | 0,00 | -100,0 |
| Trasporto (T) | 0,02 | 0,00 | -100,0 |
| Globale (GI) | 156,03 | 123,38 | -20,9 |

| Rinnovabile (EP_{ren}) | | | |
|--|-----------------------|-----------------|--------------------------------|
| Servizio | Stato di fatto | Scenario | Δ [%] |
| Riscaldamento (H) | 0,66 | 0,24 | -62,8 |
| Acqua calda sanitaria (W) | 0,02 | 0,01 | -53,4 |
| Raffrescamento (C) | 0,00 | 0,00 | 0,0 |
| Ventilazione (V) | 0,00 | 0,00 | 0,0 |
| Illuminazione (L) | 6,53 | 6,35 | -2,7 |
| Trasporto (T) | 0,96 | 0,96 | 0,5 |
| Globale (GI) | 8,16 | 7,57 | -7,3 |

| Totale (EP_{tot}) | | | |
|---------------------------------------|-----------------------|-----------------|--------------------------------|
| Servizio | Stato di fatto | Scenario | Δ [%] |
| Riscaldamento (H) | 153,14 | 119,91 | -21,7 |
| Acqua calda sanitaria (W) | 3,41 | 3,71 | 8,7 |
| Raffrescamento (C) | 0,00 | 0,00 | 0,0 |
| Ventilazione (V) | 0,00 | 0,00 | 0,0 |
| Illuminazione (L) | 6,66 | 6,35 | -4,6 |
| Trasporto (T) | 0,97 | 0,96 | -1,3 |
| Globale (GI) | 164,19 | 130,94 | -20,2 |

| | | | |
|-------------------------------------|--------|---|---|
| Valore limite ($EP_{gl,tot,lim}$) | 134,21 | - | - |
|-------------------------------------|--------|---|---|

Classe energetica ($EP_{gl,nren}$) - secondo modellazione EC700



Quota rinnovabile (QR) [%]

| Servizio | Stato di fatto | Scenario | Δ [%] | Valore minimo |
|----------------------------------|----------------|------------|--------------|---------------------|
| Riscaldamento (H) | 0,4 | 0,2 | -46,8 | - |
| Acqua calda sanitaria (W) | 0,5 | 0,2 | -66,3 | 50 |
| Raffrescamento (C) | 0,0 | 0,0 | 0,0 | - |
| Globale (H + W + C) | 0,4 | 0,2 | -46,7 | 20 / 35 / 50 |
| Ventilazione (V) | 0,0 | 0,0 | 0,0 | - |
| Illuminazione (L) | 98,1 | 100,0 | 1,9 | - |
| Trasporto (T) | 98,2 | 100,0 | 1,8 | - |
| Globale (GI) | 5,0 | 5,8 | 16,1 | - |

Nota: il DLgs 28/11 (allegato 3, comma 1) prevede, per la verifica di copertura globale (riscaldamento, raffrescamento ed ACS), tre differenti fasi di vigenza, corrispondenti a valori minimi via via più stringenti:

- 1° fase (31.05.12 - 31.12.13);
- 2° fase (01.01.14 - 31.12.16);
- 3° fase (dal 01.01.17).

Emissioni (Em_{co_2}) [kg]

| Servizio | Stato di fatto | Scenario | Δ [%] |
|---------------------------|------------------|-----------------|--------------|
| Riscaldamento (H) | 98303,83 | 77150,61 | -21,5 |
| Acqua calda sanitaria (W) | 2191,56 | 2388,87 | 9,0 |
| Raffrescamento (C) | 0,00 | 0,00 | 0,0 |
| Ventilazione (V) | 0,00 | 0,00 | 0,0 |
| Illuminazione (L) | 73,48 | 0,00 | -100,0 |
| Trasporto (T) | 10,37 | 0,00 | -100,0 |
| Globale (GI) | 100579,24 | 79539,48 | -20,9 |

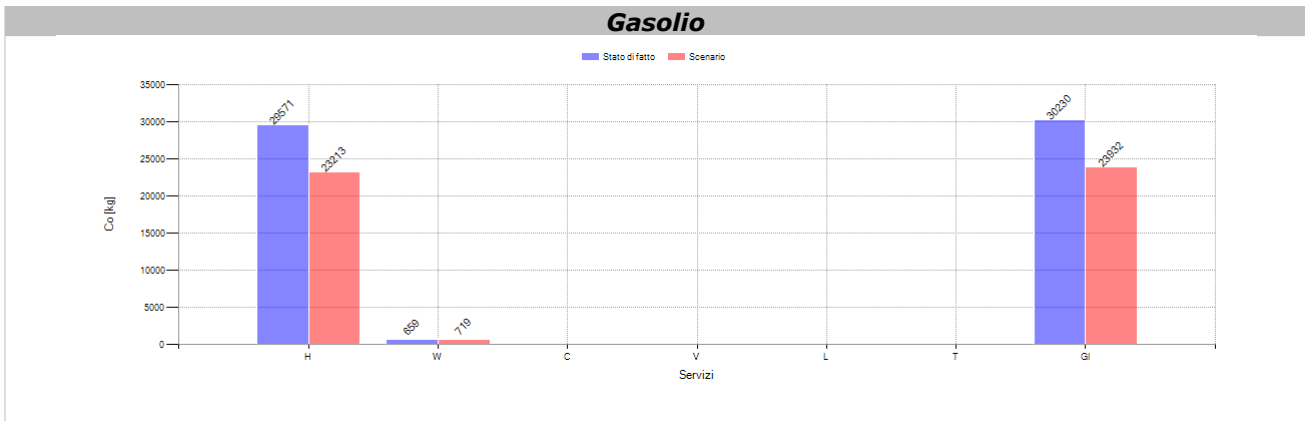
Legenda:

- Co Consumo
- Em Emissioni
- EP_{nd} Indice di prestazione termica
- EP_{nren} Indice di prestazione energetica non rinnovabile
- EP_{ren} Indice di prestazione energetica rinnovabile
- EP_{tot} Indice di prestazione energetica totale
- η_{ut} Rendimento rispetto all'energia utile
- $\eta_{p,nren}$ Rendimento rispetto all'energia primaria non rinnovabile
- $\eta_{p,tot}$ Rendimento rispetto all'energia primaria totale
- QR Quota rinnovabile
- S Spesa

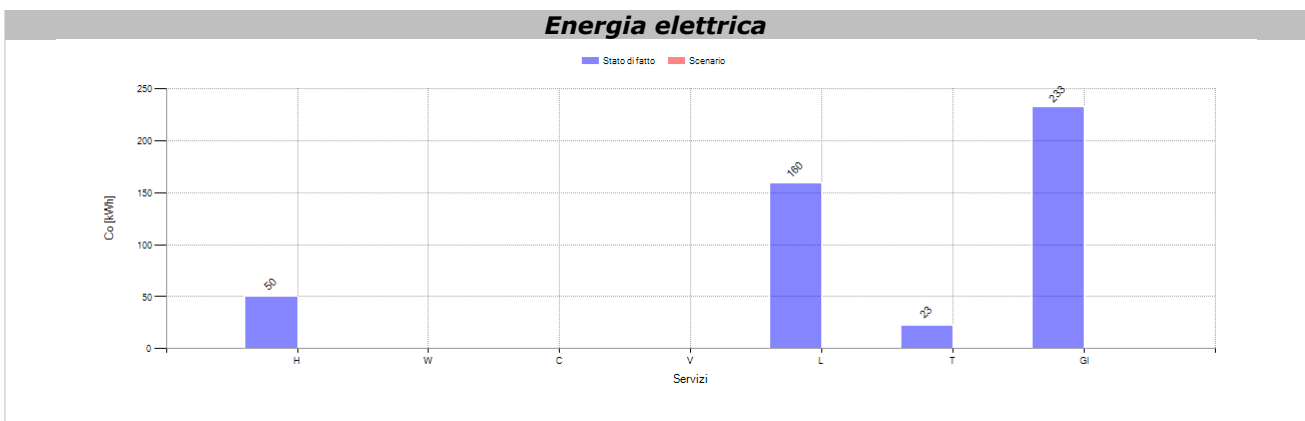
Grafici

Si descrivono di seguito, attraverso istogrammi, i consumi di combustibile, energia elettrica ed energia primaria a monte ed a valle degli interventi. Si evidenzia inoltre, attraverso diagrammi a torta, come si modifica la composizione dell'energia primaria (per servizio o per vettore energetico) a seguito dell'esecuzione degli interventi. Si rappresentano infine le firme energetiche invernali ed estive dell'edificio, riferite, rispettivamente, allo stato di fatto ed allo scenario. La firma energetica esprime la correlazione tra la temperatura esterna (θ_e), riportata sull'asse delle ascisse, ed il fabbisogno di potenza in ingresso alla generazione ($\Phi_{gen,in}$), riportato sull'asse delle ordinate. Tale correlazione, rappresentata attraverso una nuvola di punti ed una retta interpolante, costituisce un significativo strumento di visualizzazione ed interpretazione della prestazione energetica dell'edificio.

Consumi di combustibile ed energia elettrica



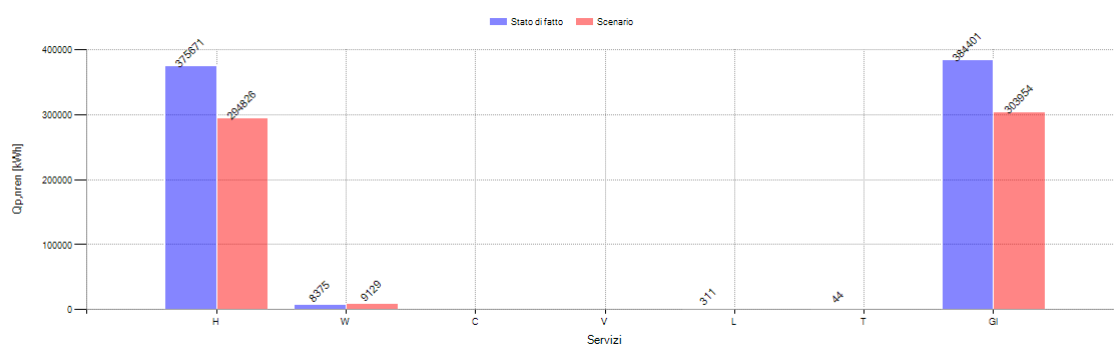
| Servizio | Co _{in} [kg] | Co _{fin} [kg] | Δ [%] |
|---------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------|
| Riscaldamento (H) | 29571 | 23213 | -21,5 |
| Acqua calda sanitaria (W) | 659 | 719 | 9,0 |
| Raffrescamento (C) | 0 | 0 | 0,0 |
| Ventilazione (V) | 0 | 0 | 0,0 |
| Illuminazione (L) | 0 | 0 | 0,0 |
| Trasporto (T) | 0 | 0 | 0,0 |
| Globale (GI) | 30230 | 23932 | -20,8 |



| Servizio | Co _{in} [kWh] | Co _{fin} [kWh] | Δ [%] |
|---------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------|
| Riscaldamento (H) | 50 | 0 | -100,0 |
| Acqua calda sanitaria (W) | 0 | 0 | 0,0 |
| Raffrescamento (C) | 0 | 0 | 0,0 |
| Ventilazione (V) | 0 | 0 | 0,0 |
| Illuminazione (L) | 160 | 0 | -100,0 |
| Trasporto (T) | 23 | 0 | -100,0 |
| Globale (GI) | 233 | 0 | -100,0 |

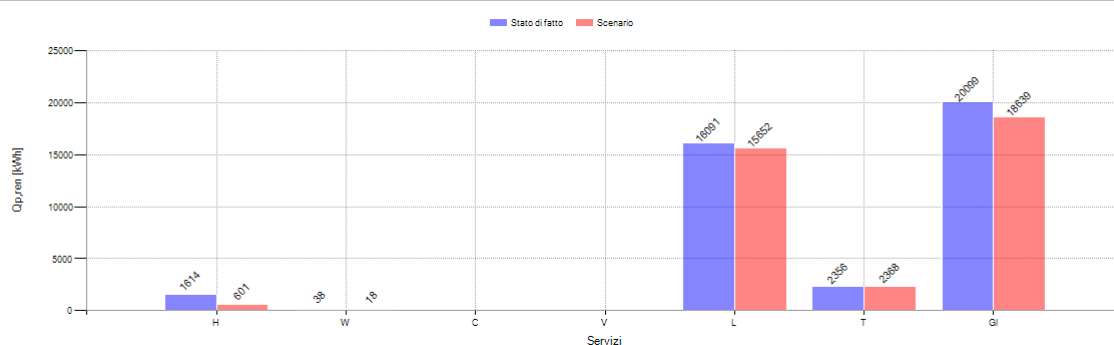
Consumi di energia primaria

Non rinnovabile



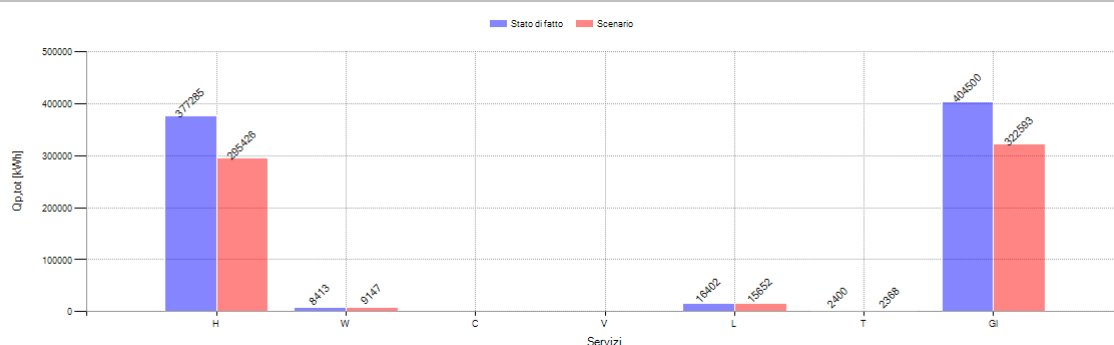
| Servizio | $Q_{p,nren,in}$ [kWh _p] | $Q_{p,nren,fin}$ [kWh _p] | Δ [%] |
|---------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|--------------|
| Riscaldamento (H) | 375671 | 294826 | -21,5 |
| Acqua calda sanitaria (W) | 8375 | 9129 | 9,0 |
| Raffrescamento (C) | 0 | 0 | 0,0 |
| Ventilazione (V) | 0 | 0 | 0,0 |
| Illuminazione (L) | 311 | 0 | -100,0 |
| Trasporto (T) | 44 | 0 | -100,0 |
| Globale (GI) | 384401 | 303954 | -20,9 |

Rinnovabile



| Servizio | $Q_{p,ren,in}$ [kWh _p] | $Q_{p,ren,fin}$ [kWh _p] | Δ [%] |
|---------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|--------------|
| Riscaldamento (H) | 1614 | 601 | -62,8 |
| Acqua calda sanitaria (W) | 38 | 18 | -53,4 |
| Raffrescamento (C) | 0 | 0 | 0,0 |
| Ventilazione (V) | 0 | 0 | 0,0 |
| Illuminazione (L) | 16091 | 15652 | -2,7 |
| Trasporto (T) | 2356 | 2368 | 0,5 |
| Globale (GI) | 20099 | 18639 | -7,3 |

Totale

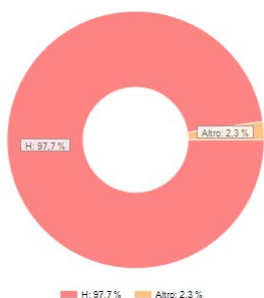


| Servizio | $Q_{p,tot,in}$ [kWh _p] | $Q_{p,tot,fin}$ [kWh _p] | Δ [%] |
|---------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|--------------|
| Riscaldamento (H) | 377285 | 295426 | -21,7 |
| Acqua calda sanitaria (W) | 8413 | 9147 | 8,7 |
| Raffrescamento (C) | 0 | 0 | 0,0 |
| Ventilazione (V) | 0 | 0 | 0,0 |
| Illuminazione (L) | 16402 | 15652 | -4,6 |
| Trasporto (T) | 2400 | 2368 | -1,3 |
| Globale (GI) | 404500 | 322593 | -20,2 |

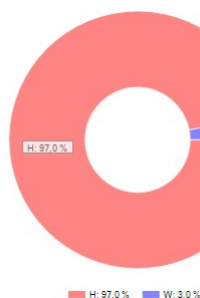
Suddivisione dell'energia primaria globale per servizio

Non rinnovabile

Stato di fatto



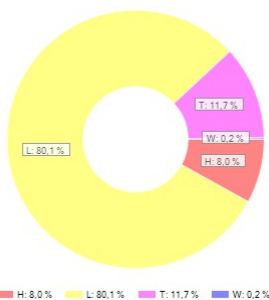
Scenario



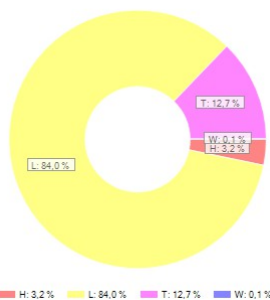
| Servizio | Stato di fatto | | Scenario | |
|---------------------------|--|--------------|--|--------------|
| | Q _{p,ren} [kWh _p] | % | Q _{p,ren} [kWh _p] | % |
| Riscaldamento (H) | 375671 | 97,7 | 294826 | 97,0 |
| Acqua calda sanitaria (W) | 8375 | 2,2 | 9129 | 3,0 |
| Raffrescamento (C) | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 |
| Ventilazione (V) | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 |
| Illuminazione (L) | 311 | 0,1 | 0 | 0,0 |
| Trasporto (T) | 44 | 0,0 | 0 | 0,0 |
| Globale (GI) | 384401 | 100,0 | 303954 | 100,0 |

Rinnovabile

Stato di fatto



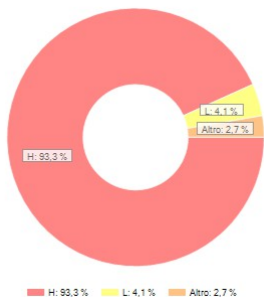
Scenario



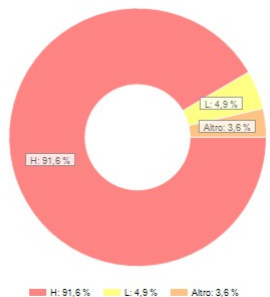
| Servizio | Stato di fatto | | Scenario | |
|---------------------------|--|--------------|--|--------------|
| | Q _{p,ren} [kWh _p] | % | Q _{p,ren} [kWh _p] | % |
| Riscaldamento (H) | 1614 | 8,0 | 601 | 3,2 |
| Acqua calda sanitaria (W) | 38 | 0,2 | 18 | 0,1 |
| Raffrescamento (C) | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 |
| Ventilazione (V) | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 |
| Illuminazione (L) | 16091 | 80,1 | 15652 | 84,0 |
| Trasporto (T) | 2356 | 11,7 | 2368 | 12,7 |
| Globale (GI) | 20099 | 100,0 | 18639 | 100,0 |

Totale

Stato di fatto

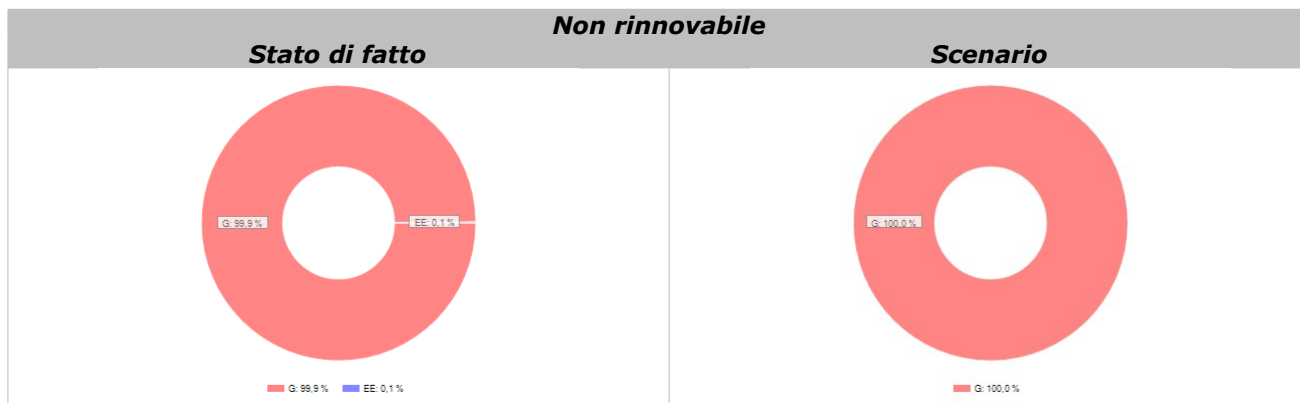


Scenario

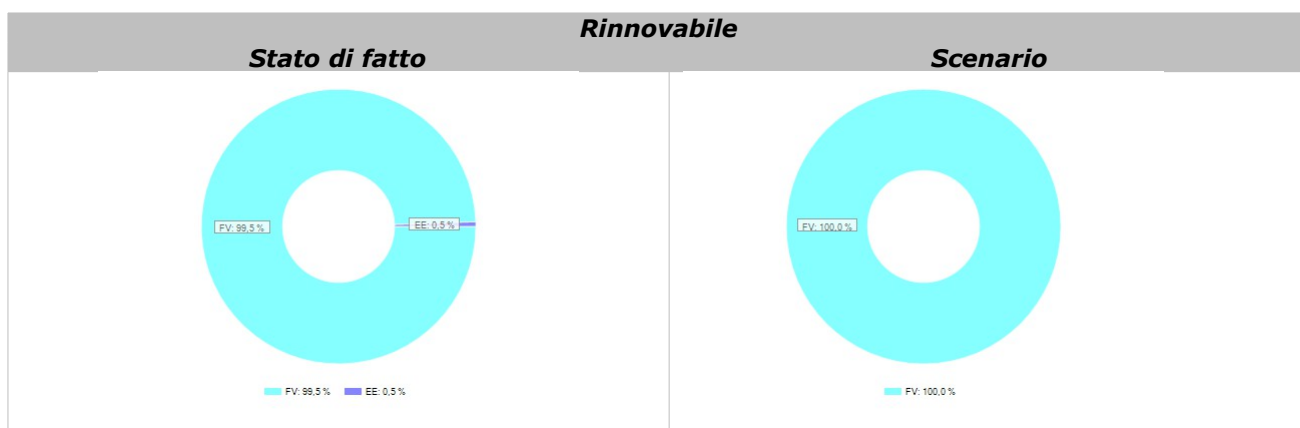


| Servizio | Stato di fatto | | Scenario | |
|---------------------------|--|--------------|--|--------------|
| | Q _{p,tot} [kWh _p] | % | Q _{p,tot} [kWh _p] | % |
| Riscaldamento (H) | 377285 | 93,3 | 295426 | 91,6 |
| Acqua calda sanitaria (W) | 8413 | 2,1 | 9147 | 2,8 |
| Raffrescamento (C) | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 |
| Ventilazione (V) | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 |
| Illuminazione (L) | 16402 | 4,1 | 15652 | 4,9 |
| Trasporto (T) | 2400 | 0,6 | 2368 | 0,7 |
| Globale (GI) | 404500 | 100,0 | 322593 | 100,0 |

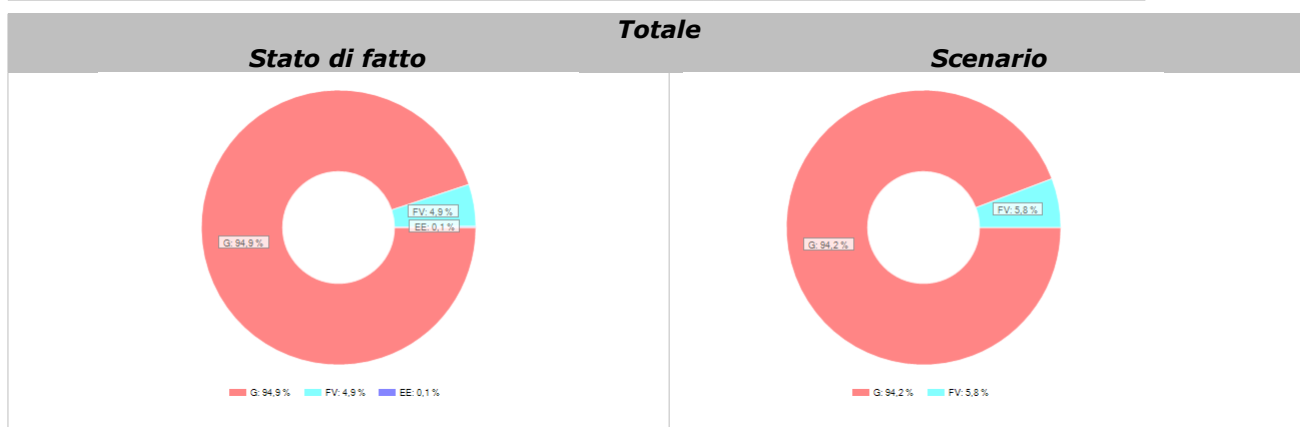
Suddivisione dell'energia primaria globale per vettore energetico



| Vettore energetico | Stato di fatto | | Scenario | |
|--|--|--------------|--|--------------|
| | Q _{p,ren} [kWh _p] | % | Q _{p,ren} [kWh _p] | % |
| Gasolio (G) | 383947 | 99,9 | 303954 | 100,0 |
| Energia elettrica (EE) | 454 | 0,1 | 0 | 0,0 |
| Solare termico (ST) | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 |
| Solare fotovoltaico (FV) | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 |
| Ambiente esterno (pompa di calore) (A) | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 |
| Totale | 384401 | 100,0 | 303954 | 100,0 |

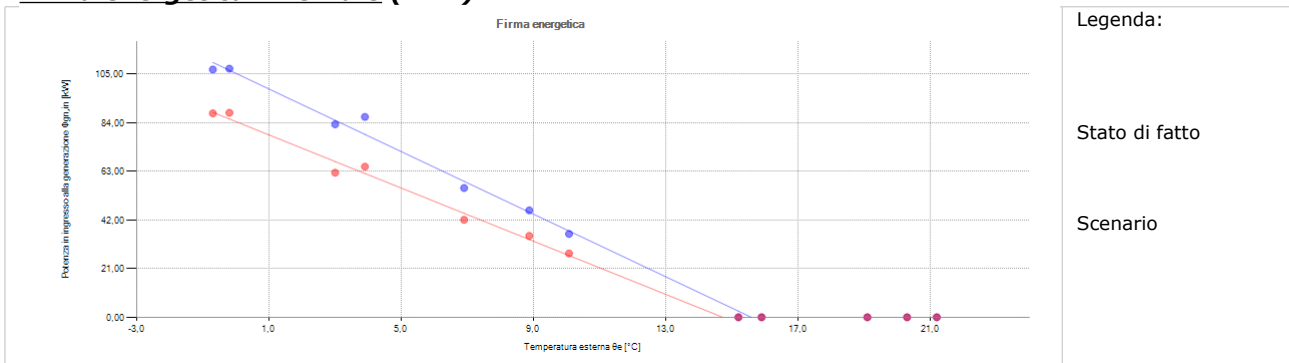


| Vettore energetico | Stato di fatto | | Scenario | |
|--|--|--------------|--|--------------|
| | Q _{p,ren} [kWh _p] | % | Q _{p,ren} [kWh _p] | % |
| Gasolio (G) | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 |
| Energia elettrica (EE) | 109 | 0,5 | 0 | 0,0 |
| Solare termico (ST) | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 |
| Solare fotovoltaico (FV) | 19990 | 99,5 | 18639 | 100,0 |
| Ambiente esterno (pompa di calore) (A) | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 |
| Totale | 20099 | 100,0 | 18639 | 100,0 |



| Vettore energetico | Stato di fatto | | Scenario | |
|--|--|--------------|--|--------------|
| | Q _{p,tot} [kWh _p] | % | Q _{p,tot} [kWh _p] | % |
| Gasolio (G) | 383947 | 94,9 | 303954 | 94,2 |
| Energia elettrica (EE) | 563 | 0,1 | 0 | 0,0 |
| Solare termico (ST) | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 |
| Solare fotovoltaico (FV) | 19990 | 4,9 | 18639 | 5,8 |
| Ambiente esterno (pompa di calore) (A) | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 |
| Totale | 404500 | 100,0 | 322593 | 100,0 |

Firma energetica invernale (24 h)



Legenda:

Stato di fatto

Scenario

| Mese | θ_e [°C] | Stato di fatto | | | Scenario | | |
|---------------|-----------------|----------------|---------------------------------------|---|----------------|---------------------------------------|---|
| | | g_{risc} [g] | $Q_{H,gen,in}$ [kWh _{t/el}] | $\Phi_{H,gen,in}$ [kW _{t/el}] | g_{risc} [g] | $Q_{H,gen,in}$ [kWh _{t/el}] | $\Phi_{H,gen,in}$ [kW _{t/el}] |
| gennaio | -0,7 | 31 | 79584 | 106,97 | 31 | 65518 | 88,06 |
| febbraio | 3,0 | 28 | 55985 | 83,31 | 28 | 41957 | 62,44 |
| marzo | 6,9 | 31 | 41503 | 55,78 | 31 | 31294 | 42,06 |
| aprile | 10,1 | 15 | 12950 | 35,97 | 15 | 9919 | 27,55 |
| maggio | 15,2 | 0 | 0 | 0,00 | 0 | 0 | 0,00 |
| giugno | 19,1 | 0 | 0 | 0,00 | 0 | 0 | 0,00 |
| luglio | 21,2 | 0 | 0 | 0,00 | 0 | 0 | 0,00 |
| agosto | 20,3 | 0 | 0 | 0,00 | 0 | 0 | 0,00 |
| settembre | 15,9 | 0 | 0 | 0,00 | 0 | 0 | 0,00 |
| ottobre | 8,9 | 17 | 18831 | 46,15 | 17 | 14339 | 35,14 |
| novembre | 3,9 | 30 | 62286 | 86,51 | 30 | 46825 | 65,04 |
| dicembre | -0,2 | 31 | 79864 | 107,34 | 31 | 65686 | 88,29 |
| TOTALE | | 183 | 351003 | - | 183 | 275538 | - |

Legenda:

- θ_e Temperatura esterna media
- g Giorni
- $Q_{gen,in}$ Fabbisogno in ingresso alla generazione
- $\Phi_{gen,in}$ Potenza in ingresso alla generazione

6.3 Sostituzione serramenti

Dati generali

| | | | |
|-----------------------------------|-------------------------|-----------|---------------------------------------|
| Numero | 3 | | |
| Descrizione | Sostituzione serramenti | | |
| Costo stimato | C | 480000,00 | € |
| Risparmio economico conseguibile | ΔS_{gl} | 8684,03 | €/anno |
| Tempo di ritorno semplice | t_r | 55,3 | anni |
| Risparmio energetico conseguibile | $\Delta EP_{gl,nren}$ | 26,34 | kWh _p /m ² anno |
| Classe energetica raggiungibile | C | | |

L'intervento prevede la sostituzione degli attuali serramenti con nuovi serramenti in PVC dotati di triplo vetro basso emissivo con con trasmittanza termica inferiore a 1 W/m²K. E' prevista anche la sostituzione dell'attuale facciata continua con una nuova dalle caratteristiche similari a quelle appena descritte.

6.3.2 Prestazioni raggiungibili

Si riportano di seguito le prestazioni raggiungibili, a seguito delle opere di risparmio energetico, per lo scenario considerato. I risultati vengono forniti sia in forma numerica sia in forma grafica, attraverso diagrammi a torta ed istogrammi, oltre che mediante le firme energetiche invernale ed estiva.

6.3.2.1 Edificio

Consumi (Co)

| Servizio | Gasolio [kg] | | |
|---------------------------|----------------|--------------|--------------|
| | Stato di fatto | Scenario | Δ [%] |
| Riscaldamento (H) | 29571 | 24439 | -17,4 |
| Acqua calda sanitaria (W) | 659 | 707 | 7,3 |
| Globale | 30230 | 25146 | -16,8 |

| Servizio | Energia elettrica [kWh] | | |
|---------------------------|---------------------------|-----------|--------------|
| | Stato di fatto | Scenario | Δ [%] |
| Riscaldamento (H) | 50 | 11 | -78,0 |
| Acqua calda sanitaria (W) | 0 | 0 | -67,7 |
| Illuminazione (L) | 160 | 47 | -70,9 |
| Trasporto (T) | 23 | 7 | -69,8 |
| Globale | 233 | 64 | -72,3 |

Spesa (S) [€]

| Servizio | Stato di fatto | | |
|---------------------------|-----------------|-----------------|--------------|
| | Stato di fatto | Scenario | Δ [%] |
| Riscaldamento (H) | 50282,51 | 41549,29 | 17,4 |
| Acqua calda sanitaria (W) | 1120,97 | 1202,40 | -7,3 |
| Raffrescamento (C) | 0,00 | 0,00 | 0,0 |
| Ventilazione (V) | 0,00 | 0,00 | 0,0 |
| Illuminazione (L) | 39,94 | 11,64 | 70,9 |
| Trasporto (T) | 5,64 | 1,70 | 69,8 |
| Globale | 51449,06 | 42765,04 | 16,9 |

Valutazione economica preliminare

| | |
|---|-----------|
| Costo stimato (C) [€] | 480000,00 |
| Risparmio economico conseguibile (ΔS_{gl}) [€/anno] | 8684,03 |
| Tempo di ritorno semplice (t_r) [anni] | 55,3 |

Rendimenti (η) [%]

| Riscaldamento idronico (H_{idr}) | | | |
|--|-----------------------|-----------------|--------------------------------|
| Sottosistema | Stato di fatto | Scenario | Δ [%] |
| Emissione (η_{em}) | 94,6 | 94,6 | 0,0 |
| Regolazione (η_{reg}) | 96,0 | 96,0 | 0,0 |
| Distribuzione di utenza (η_{du}) | 98,9 | 98,9 | 0,0 |
| Accumulo (η_s) | 100,0 | 100,0 | 0,0 |
| Distribuzione primaria (η_{dp}) | 100,0 | 100,0 | 0,0 |
| Generazione ($\eta_{gen,ut}$) | 90,0 | 88,4 | -1,8 |
| Generazione ($\eta_{gen,p,nren}$) | 83,6 | 82,1 | -1,7 |
| Generazione ($\eta_{gen,p,tot}$) | 83,4 | 82,0 | -1,7 |
| Globale medio stagionale ($\eta_{g,p,nren}$) | 139,4 | 161,8 | 16,0 |
| Globale medio stagionale ($\eta_{g,p,tot}$) | 138,8 | 161,1 | 16,0 |
| Valore limite (η_{lim}) | 113,4 | - | - |

| Acqua calda sanitaria (W) | | | |
|--|-----------------------|-----------------|--------------------------------|
| Sottosistema | Stato di fatto | Scenario | Δ [%] |
| Erogazione (η_{er}) | 100,0 | 100,0 | 0,0 |
| Distribuzione di utenza (η_{du}) | 92,6 | 92,6 | 0,0 |
| Accumulo (η_s) | 90,1 | 90,8 | 0,7 |
| Ricircolo (η_{ric}) | 100,0 | 100,0 | 0,0 |
| Distribuzione primaria (η_{dp}) | 100,0 | 100,0 | 0,0 |
| Generazione ($\eta_{gen,ut}$) | 94,9 | 94,9 | 0,0 |
| Generazione ($\eta_{gen,p,nren}$) | 87,9 | 87,9 | 0,0 |
| Generazione ($\eta_{gen,p,tot}$) | 87,8 | 87,8 | 0,0 |
| Globale medio stagionale ($\eta_{g,p,nren}$) | 74,1 | 74,6 | 0,7 |
| Globale medio stagionale ($\eta_{g,p,tot}$) | 73,7 | 74,3 | 0,7 |
| Valore limite (η_{lim}) | 52,3 | - | - |

Indici di prestazione termica del fabbricato (EP_{nd}) [kWh_t/m^2]

| Servizio | Stato di fatto | Scenario | Δ [%] | Valore limite |
|---------------------------|-----------------------|-----------------|--------------------------------|----------------------|
| Riscaldamento (H) | 212,62 | 203,81 | -4,1 | 138,21 |
| Raffrescamento (C) | 0,27 | 0,09 | -65,8 | 0,98 |

Indici di prestazione energetica dell'edificio (EP_p) [kWh_p/m^2]

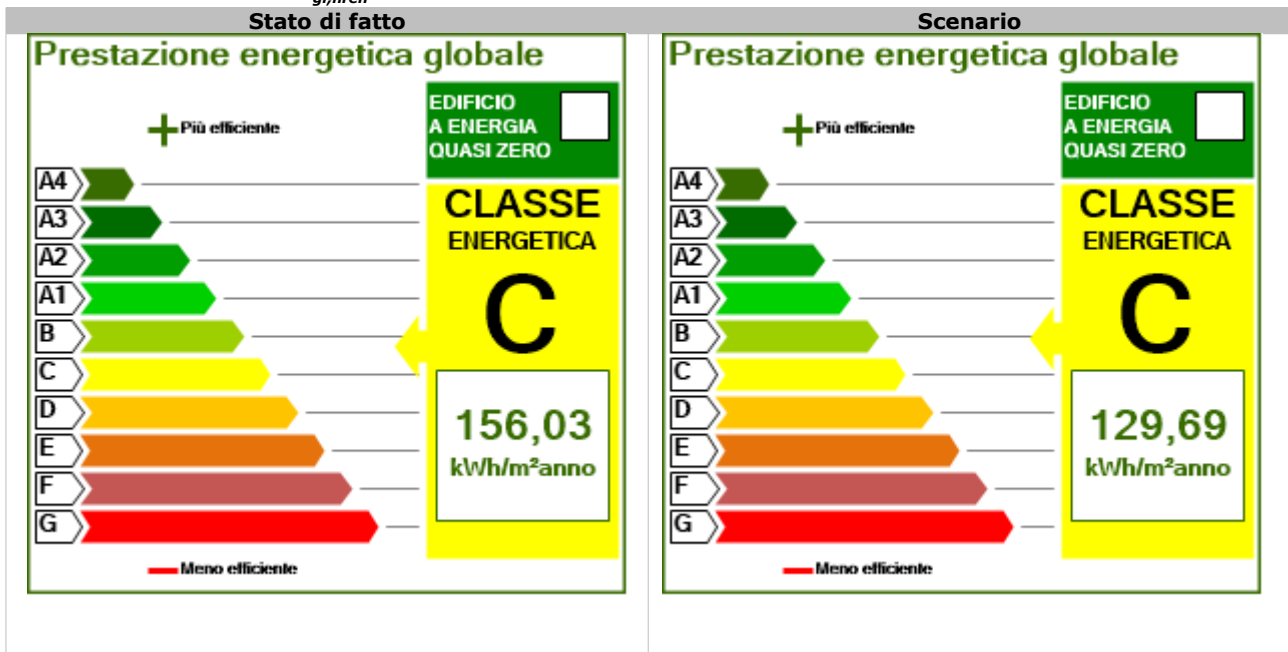
| Non rinnovabile (EP_{nren}) | | | |
|---|-----------------------|-----------------|--------------------------------|
| Servizio | Stato di fatto | Scenario | Δ [%] |
| Riscaldamento (H) | 152,49 | 126,00 | -17,4 |
| Acqua calda sanitaria (W) | 3,40 | 3,65 | 7,3 |
| Raffrescamento (C) | 0,00 | 0,00 | 0,0 |
| Ventilazione (V) | 0,00 | 0,00 | 0,0 |
| Illuminazione (L) | 0,13 | 0,04 | -70,9 |
| Trasporto (T) | 0,02 | 0,01 | -69,8 |
| Globale (GI) | 156,03 | 129,69 | -16,9 |

| Rinnovabile (EP_{ren}) | | | |
|--|-----------------------|-----------------|--------------------------------|
| Servizio | Stato di fatto | Scenario | Δ [%] |
| Riscaldamento (H) | 0,66 | 0,52 | -21,0 |
| Acqua calda sanitaria (W) | 0,02 | 0,02 | 7,7 |
| Raffrescamento (C) | 0,00 | 0,00 | 0,0 |
| Ventilazione (V) | 0,00 | 0,00 | 0,0 |
| Illuminazione (L) | 6,53 | 6,34 | -2,9 |
| Trasporto (T) | 0,96 | 0,96 | 0,4 |
| Globale (GI) | 8,16 | 7,84 | -3,9 |

| Totale (EP_{tot}) | | | |
|---------------------------------------|-----------------------|-----------------|--------------------------------|
| Servizio | Stato di fatto | Scenario | Δ [%] |
| Riscaldamento (H) | 153,14 | 126,52 | -17,4 |
| Acqua calda sanitaria (W) | 3,41 | 3,66 | 7,3 |
| Raffrescamento (C) | 0,00 | 0,00 | 0,0 |
| Ventilazione (V) | 0,00 | 0,00 | 0,0 |
| Illuminazione (L) | 6,66 | 6,38 | -4,2 |
| Trasporto (T) | 0,97 | 0,97 | -0,9 |
| Globale (GI) | 164,19 | 137,53 | -16,2 |

| | | | |
|-------------------------------------|--------|---|---|
| Valore limite ($EP_{gl,tot,lim}$) | 134,21 | - | - |
|-------------------------------------|--------|---|---|

Classe energetica ($EP_{gl,nren}$) - secondo modellazione EC700



Quota rinnovabile (QR) [%]

| Servizio | Stato di fatto | Scenario | Δ [%] | Valore minimo |
|----------------------------------|----------------|------------|--------------|---------------------|
| Riscaldamento (H) | 0,4 | 0,4 | 0,0 | - |
| Acqua calda sanitaria (W) | 0,5 | 0,5 | 0,0 | 50 |
| Raffrescamento (C) | 0,0 | 0,0 | 0,0 | - |
| Globale (H + W + C) | 0,4 | 0,4 | 0,0 | 20 / 35 / 50 |
| Ventilazione (V) | 0,0 | 0,0 | 0,0 | - |
| Illuminazione (L) | 98,1 | 99,4 | 1,3 | - |
| Trasporto (T) | 98,2 | 99,4 | 1,3 | - |
| Globale (GI) | 5,0 | 5,7 | 14,1 | - |

Nota: il DLgs 28/11 (allegato 3, comma 1) prevede, per la verifica di copertura globale (riscaldamento, raffrescamento ed ACS), tre differenti fasi di vigenza, corrispondenti a valori minimi via via più stringenti:

- 1° fase (31.05.12 - 31.12.13);
- 2° fase (01.01.14 - 31.12.16);
- 3° fase (dal 01.01.17).

Emissioni (Em_{CO_2}) [kg]

| Servizio | Stato di fatto | Scenario | Δ [%] |
|---------------------------|------------------|-----------------|--------------|
| Riscaldamento (H) | 98303,83 | 81230,99 | -17,4 |
| Acqua calda sanitaria (W) | 2191,56 | 2350,76 | 7,3 |
| Raffrescamento (C) | 0,00 | 0,00 | 0,0 |
| Ventilazione (V) | 0,00 | 0,00 | 0,0 |
| Illuminazione (L) | 73,48 | 21,42 | -70,9 |
| Trasporto (T) | 10,37 | 3,13 | -69,8 |
| Globale (GI) | 100579,24 | 83606,30 | -16,9 |

Legenda:

- Co Consumo
- Em Emissioni
- EP_{nd} Indice di prestazione termica
- EP_{nren} Indice di prestazione energetica non rinnovabile
- EP_{ren} Indice di prestazione energetica rinnovabile
- EP_{tot} Indice di prestazione energetica totale
- η_{ut} Rendimento rispetto all'energia utile
- $\eta_{p,nren}$ Rendimento rispetto all'energia primaria non rinnovabile
- $\eta_{p,tot}$ Rendimento rispetto all'energia primaria totale
- QR Quota rinnovabile
- S Spesa

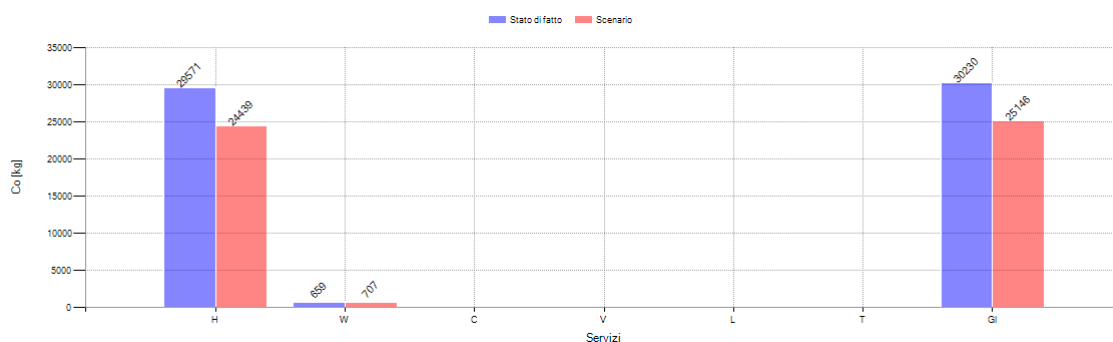
Grafici

Si descrivono di seguito, attraverso istogrammi, i consumi di combustibile, energia elettrica ed energia primaria a monte ed a valle degli interventi. Si evidenzia inoltre, attraverso diagrammi a torta, come si modifica la composizione dell'energia primaria (per servizio o per vettore energetico) a seguito

dell'esecuzione degli interventi. Si rappresentano infine le firme energetiche invernali ed estive dell'edificio, riferite, rispettivamente, allo stato di fatto ed allo scenario. La firma energetica esprime la correlazione tra la temperatura esterna (θ_e), riportata sull'asse delle ascisse, ed il fabbisogno di potenza in ingresso alla generazione ($\Phi_{gen,in}$), riportato sull'asse delle ordinate. Tale correlazione, rappresentata attraverso una nuvola di punti ed una retta interpolante, costituisce un significativo strumento di visualizzazione ed interpretazione della prestazione energetica dell'edificio.

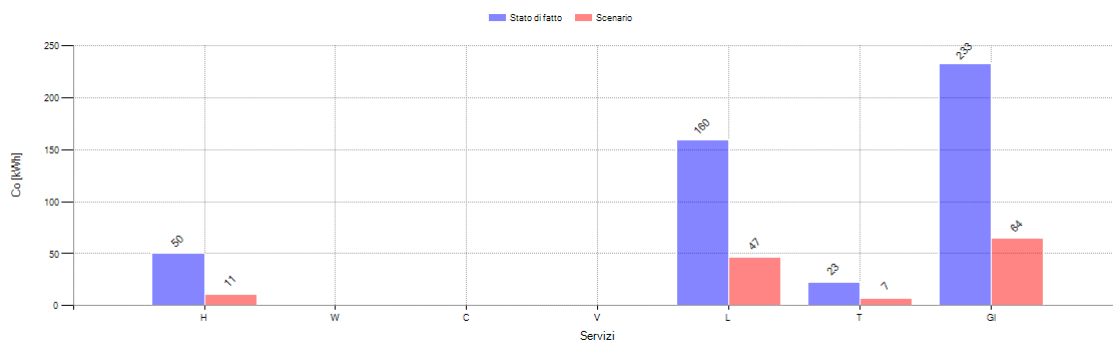
Consumi di combustibile ed energia elettrica

Gasolio



| Servizio | Co _{in} [kg] | Co _{fin} [kg] | Δ [%] |
|---------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------|
| Riscaldamento (H) | 29571 | 24439 | -17,4 |
| Acqua calda sanitaria (W) | 659 | 707 | 7,3 |
| Raffrescamento (C) | 0 | 0 | 0,0 |
| Ventilazione (V) | 0 | 0 | 0,0 |
| Illuminazione (L) | 0 | 0 | 0,0 |
| Trasporto (T) | 0 | 0 | 0,0 |
| Globale (GI) | 30230 | 25146 | -16,8 |

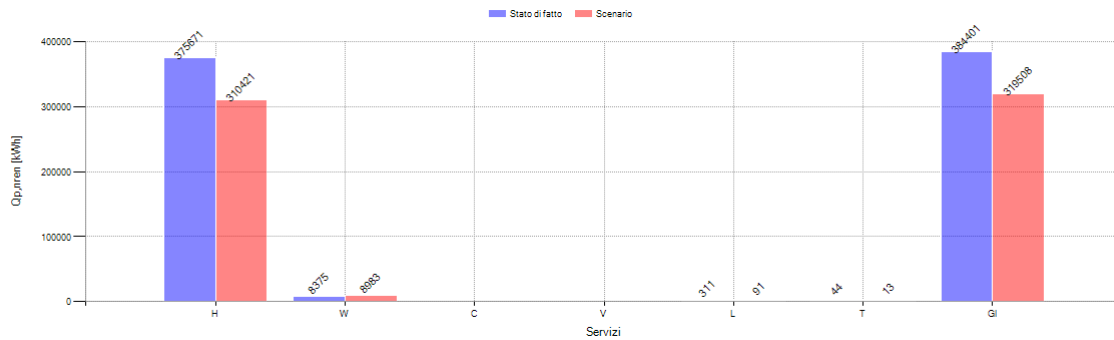
Energia elettrica



| Servizio | Co _{in} [kWh] | Co _{fin} [kWh] | Δ [%] |
|---------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------|
| Riscaldamento (H) | 50 | 11 | -78,0 |
| Acqua calda sanitaria (W) | 0 | 0 | 0,0 |
| Raffrescamento (C) | 0 | 0 | 0,0 |
| Ventilazione (V) | 0 | 0 | 0,0 |
| Illuminazione (L) | 160 | 47 | -70,9 |
| Trasporto (T) | 23 | 7 | -69,8 |
| Globale (GI) | 233 | 64 | -72,3 |

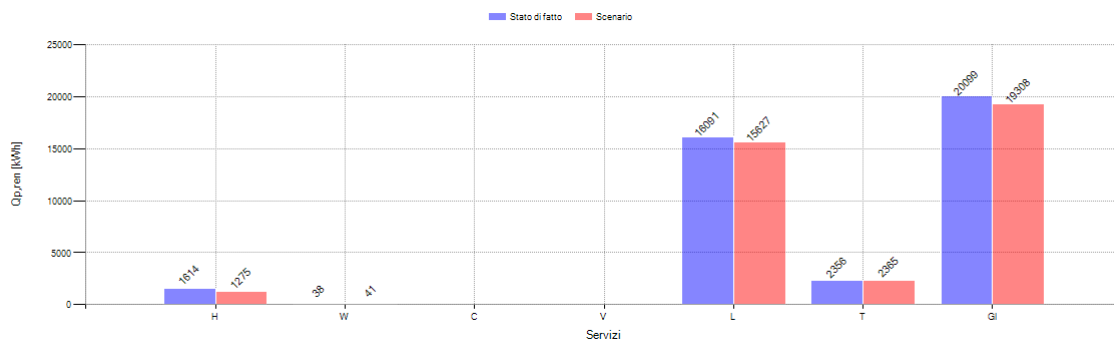
Consumi di energia primaria

Non rinnovabile



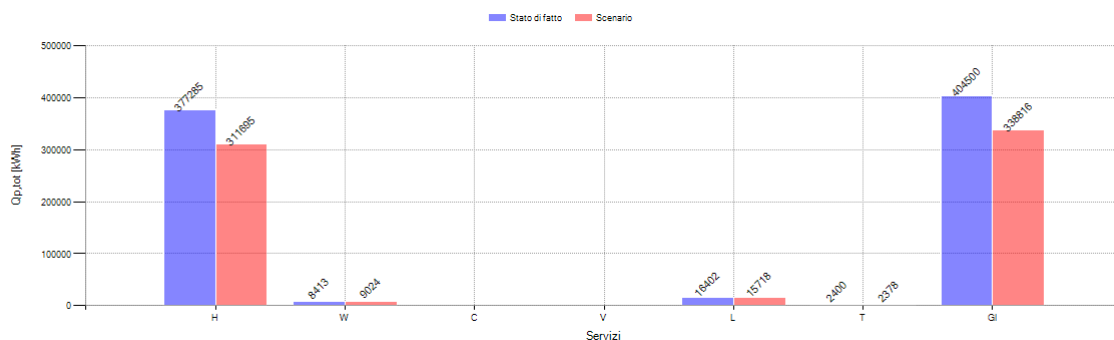
| Servizio | $Q_{p,nren,in}$ [kWh _p] | $Q_{p,nren,fin}$ [kWh _p] | Δ [%] |
|---------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|--------------|
| Riscaldamento (H) | 375671 | 310421 | -17,4 |
| Acqua calda sanitaria (W) | 8375 | 8983 | 7,3 |
| Raffrescamento (C) | 0 | 0 | 0,0 |
| Ventilazione (V) | 0 | 0 | 0,0 |
| Illuminazione (L) | 311 | 91 | -70,9 |
| Trasporto (T) | 44 | 13 | -69,8 |
| Globale (GI) | 384401 | 319508 | -16,9 |

Rinnovabile



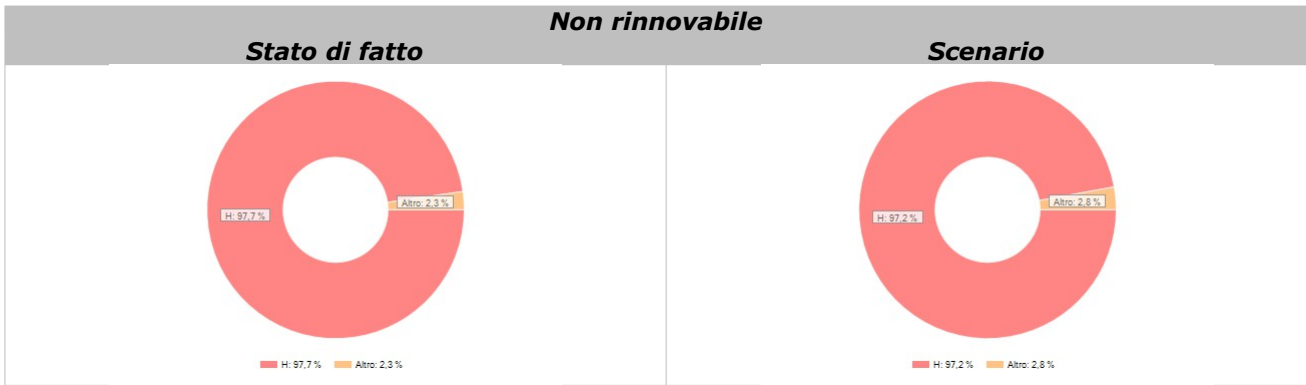
| Servizio | $Q_{p,ren,in}$ [kWh _p] | $Q_{p,ren,fin}$ [kWh _p] | Δ [%] |
|---------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|--------------|
| Riscaldamento (H) | 1614 | 1275 | -21,0 |
| Acqua calda sanitaria (W) | 38 | 41 | 7,7 |
| Raffrescamento (C) | 0 | 0 | 0,0 |
| Ventilazione (V) | 0 | 0 | 0,0 |
| Illuminazione (L) | 16091 | 15627 | -2,9 |
| Trasporto (T) | 2356 | 2365 | 0,4 |
| Globale (GI) | 20099 | 19308 | -3,9 |

Totale

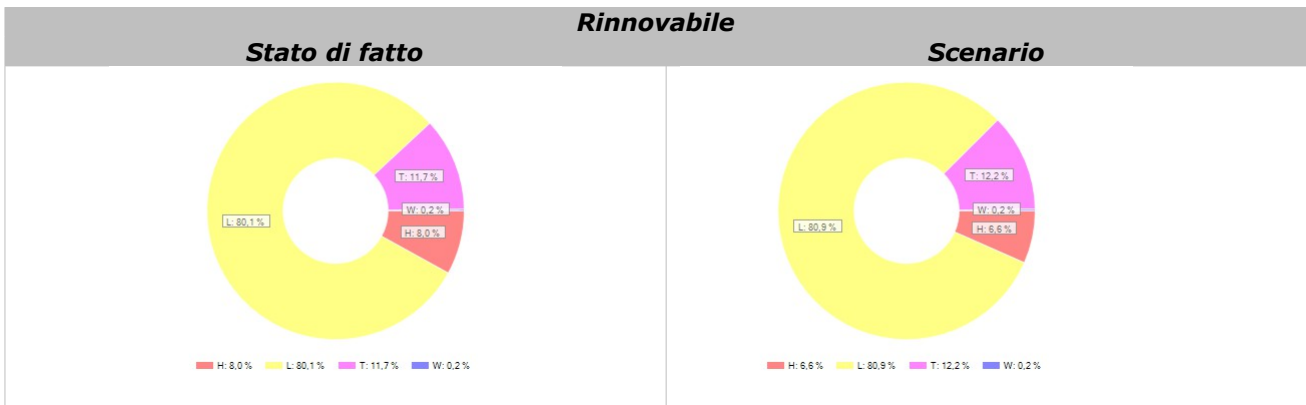


| Servizio | $Q_{p,tot,in}$ [kWh _p] | $Q_{p,tot,fin}$ [kWh _p] | Δ [%] |
|---------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|--------------|
| Riscaldamento (H) | 377285 | 311695 | -17,4 |
| Acqua calda sanitaria (W) | 8413 | 9024 | 7,3 |
| Raffrescamento (C) | 0 | 0 | 0,0 |
| Ventilazione (V) | 0 | 0 | 0,0 |
| Illuminazione (L) | 16402 | 15718 | -4,2 |
| Trasporto (T) | 2400 | 2378 | -0,9 |
| Globale (GI) | 404500 | 338816 | -16,2 |

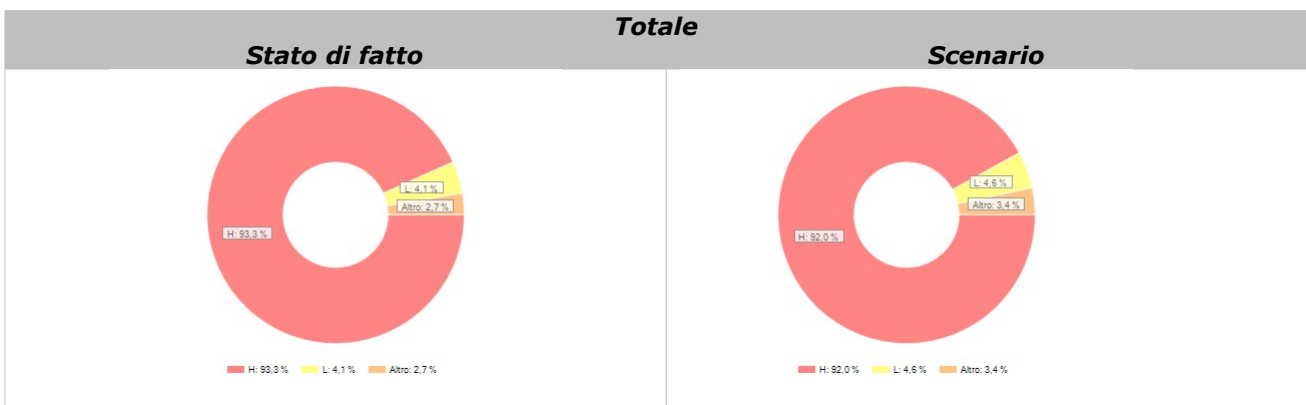
Suddivisione dell'energia primaria globale per servizio



| Servizio | Stato di fatto | | Scenario | |
|---------------------------|---|--------------|---|--------------|
| | Q _{p,nren} [kWh _p] | % | Q _{p,nren} [kWh _p] | % |
| Riscaldamento (H) | 375671 | 97,7 | 310421 | 97,2 |
| Acqua calda sanitaria (W) | 8375 | 2,2 | 8983 | 2,8 |
| Raffrescamento (C) | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 |
| Ventilazione (V) | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 |
| Illuminazione (L) | 311 | 0,1 | 91 | 0,0 |
| Trasporto (T) | 44 | 0,0 | 13 | 0,0 |
| Globale (GI) | 384401 | 100,0 | 319508 | 100,0 |

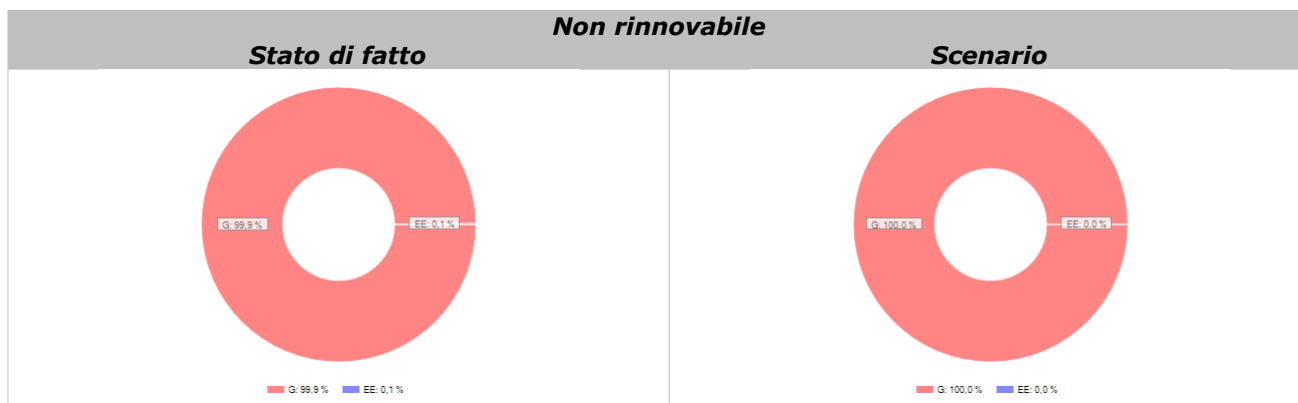


| Servizio | Stato di fatto | | Scenario | |
|---------------------------|--|--------------|--|--------------|
| | Q _{p,ren} [kWh _p] | % | Q _{p,ren} [kWh _p] | % |
| Riscaldamento (H) | 1614 | 8,0 | 1275 | 6,6 |
| Acqua calda sanitaria (W) | 38 | 0,2 | 41 | 0,2 |
| Raffrescamento (C) | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 |
| Ventilazione (V) | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 |
| Illuminazione (L) | 16091 | 80,1 | 15627 | 80,9 |
| Trasporto (T) | 2356 | 11,7 | 2365 | 12,2 |
| Globale (GI) | 20099 | 100,0 | 19308 | 100,0 |

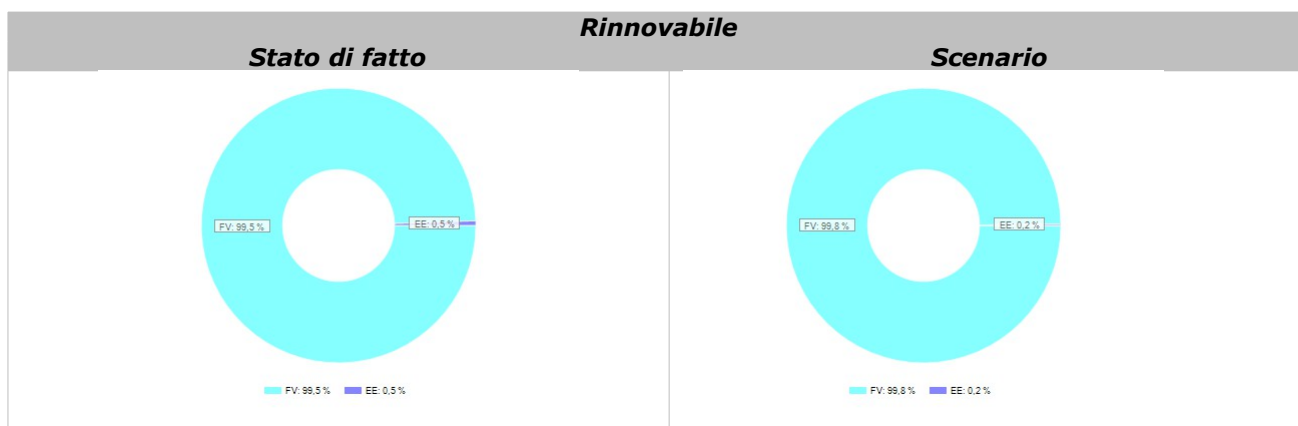


| Servizio | Stato di fatto | | Scenario | |
|---------------------------|--|--------------|--|--------------|
| | Q _{p,tot} [kWh _p] | % | Q _{p,tot} [kWh _p] | % |
| Riscaldamento (H) | 377285 | 93,3 | 311695 | 92,0 |
| Acqua calda sanitaria (W) | 8413 | 2,1 | 9024 | 2,7 |
| Raffrescamento (C) | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 |
| Ventilazione (V) | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 |
| Illuminazione (L) | 16402 | 4,1 | 15718 | 4,6 |
| Trasporto (T) | 2400 | 0,6 | 2378 | 0,7 |
| Globale (GI) | 404500 | 100,0 | 338816 | 100,0 |

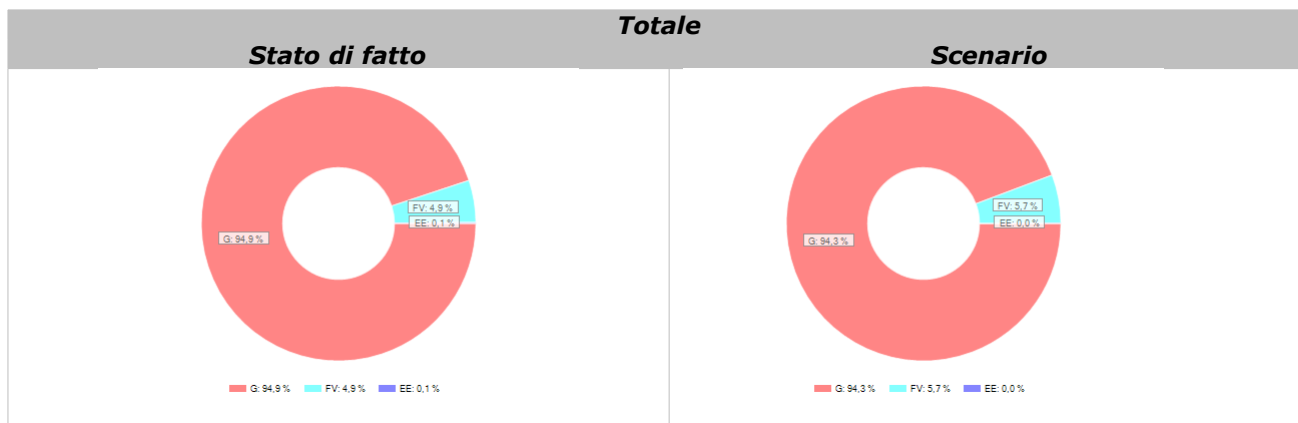
Suddivisione dell'energia primaria globale per vettore energetico



| Vettore energetico | Stato di fatto | | Scenario | |
|--|--|--------------|--|--------------|
| | Q _{p,ren} [kWh _p] | % | Q _{p,ren} [kWh _p] | % |
| Gasolio (G) | 383947 | 99,9 | 319382 | 100,0 |
| Energia elettrica (EE) | 454 | 0,1 | 126 | 0,0 |
| Solare termico (ST) | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 |
| Solare fotovoltaico (FV) | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 |
| Ambiente esterno (pompa di calore) (A) | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 |
| Totale | 384401 | 100,0 | 319508 | 100,0 |

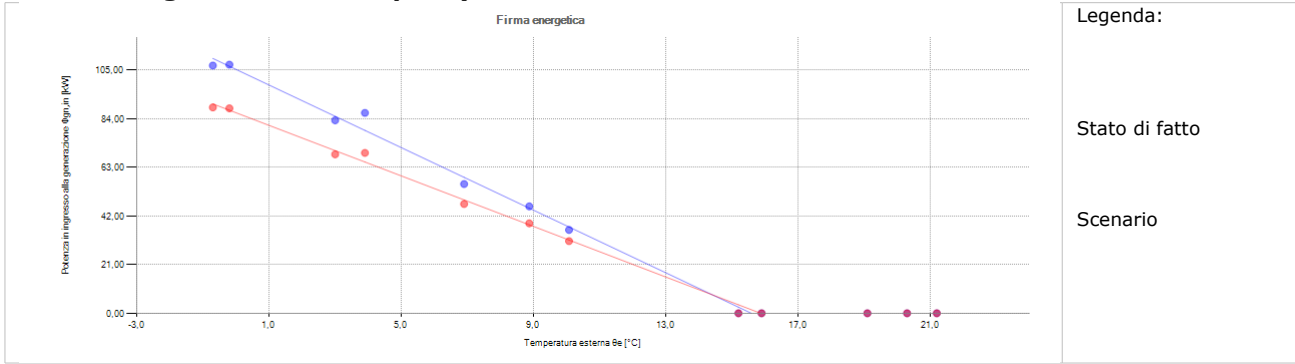


| Vettore energetico | Stato di fatto | | Scenario | |
|--|--|--------------|--|--------------|
| | Q _{p,ren} [kWh _p] | % | Q _{p,ren} [kWh _p] | % |
| Gasolio (G) | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 |
| Energia elettrica (EE) | 109 | 0,5 | 30 | 0,2 |
| Solare termico (ST) | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 |
| Solare fotovoltaico (FV) | 19990 | 99,5 | 19277 | 99,8 |
| Ambiente esterno (pompa di calore) (A) | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 |
| Totale | 20099 | 100,0 | 19308 | 100,0 |



| Vettore energetico | Stato di fatto | | Scenario | |
|--|--|--------------|--|--------------|
| | Q _{p,tot} [kWh _p] | % | Q _{p,tot} [kWh _p] | % |
| Gasolio (G) | 383947 | 94,9 | 319382 | 94,3 |
| Energia elettrica (EE) | 563 | 0,1 | 156 | 0,0 |
| Solare termico (ST) | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 |
| Solare fotovoltaico (FV) | 19990 | 4,9 | 19277 | 5,7 |
| Ambiente esterno (pompa di calore) (A) | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 |
| Totale | 404500 | 100,0 | 338816 | 100,0 |

Firma energetica invernale (24 h)



| Mese | θ_e [°C] | Stato di fatto | | | Scenario | | |
|---------------|-----------------|----------------|---------------------------------------|---|----------------|---------------------------------------|---|
| | | g_{risc} [g] | $Q_{H,gen,in}$ [kWh _{t/el}] | $\Phi_{H,gen,in}$ [kW _{t/el}] | g_{risc} [g] | $Q_{H,gen,in}$ [kWh _{t/el}] | $\Phi_{H,gen,in}$ [kW _{t/el}] |
| gennaio | -0,7 | 31 | 79584 | 106,97 | 31 | 66139 | 88,90 |
| febbraio | 3,0 | 28 | 55985 | 83,31 | 28 | 46108 | 68,61 |
| marzo | 6,9 | 31 | 41503 | 55,78 | 31 | 35104 | 47,18 |
| aprile | 10,1 | 15 | 12950 | 35,97 | 15 | 11215 | 31,15 |
| maggio | 15,2 | 0 | 0 | 0,00 | 0 | 0 | 0,00 |
| giugno | 19,1 | 0 | 0 | 0,00 | 0 | 0 | 0,00 |
| luglio | 21,2 | 0 | 0 | 0,00 | 0 | 0 | 0,00 |
| agosto | 20,3 | 0 | 0 | 0,00 | 0 | 0 | 0,00 |
| settembre | 15,9 | 0 | 0 | 0,00 | 0 | 0 | 0,00 |
| ottobre | 8,9 | 17 | 18831 | 46,15 | 17 | 15840 | 38,82 |
| novembre | 3,9 | 30 | 62286 | 86,51 | 30 | 49856 | 69,25 |
| dicembre | -0,2 | 31 | 79864 | 107,34 | 31 | 65829 | 88,48 |
| TOTALE | | 183 | 351003 | - | 183 | 290093 | - |

Legenda:

- θ_e Temperatura esterna media
- g Giorni
- $Q_{gen,in}$ Fabbisogno in ingresso alla generazione
- $\Phi_{gen,in}$ Potenza in ingresso alla generazione