

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.).

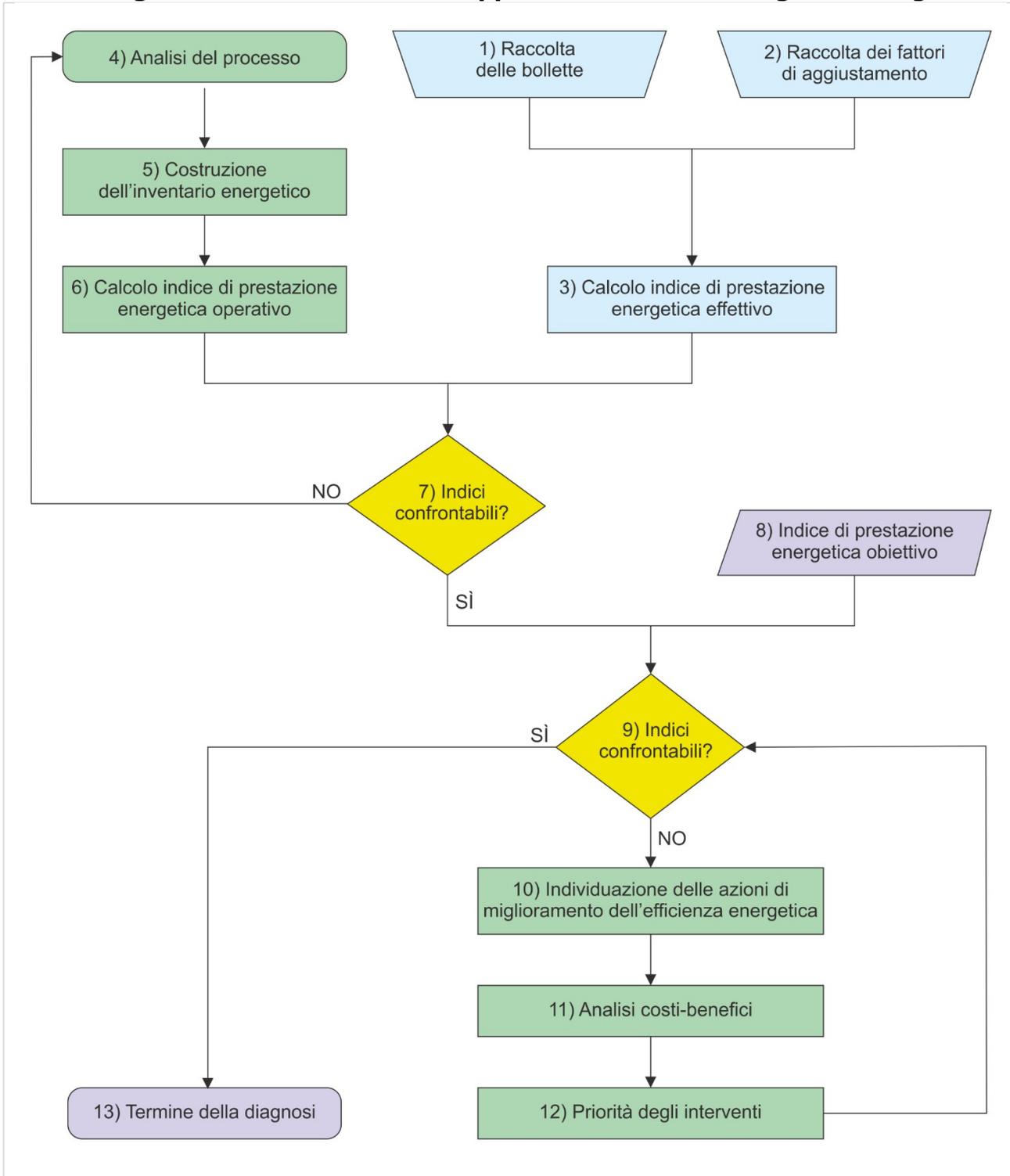
Modalità operative

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

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 prezzari 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	kWh _t	-	0,09
GPL (70% Propano + 30% Butano)	Sm ³	26,780	5,50
Teleraffrescamento	kWh _t	-	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:

$$Q_{H,tr} = \text{dispersioni per trasmissione} [\text{kWh}_t];$$

$$Q_{H,r} = \text{dispersioni per extraflusso} [\text{kWh}_t];$$

$$Q_{H,ve} = \text{dispersioni per ventilazione} [\text{kWh}_t];$$

$$Q_{H,sol,op} = \text{apporti solari attraverso i componenti opachi} [\text{kWh}_t];$$

- $\eta_{H,gn}$ = 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	U [W _t /m ² K]	Muri		Q _{H,tr} [kWh _t]	%	Q _{H,r} [kWh _t]	%	Q _{H,sol,op} [kWh _t]	%
				S _{tot} [m ²]							
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 [$kWh_p/kWh_{t/el}$];

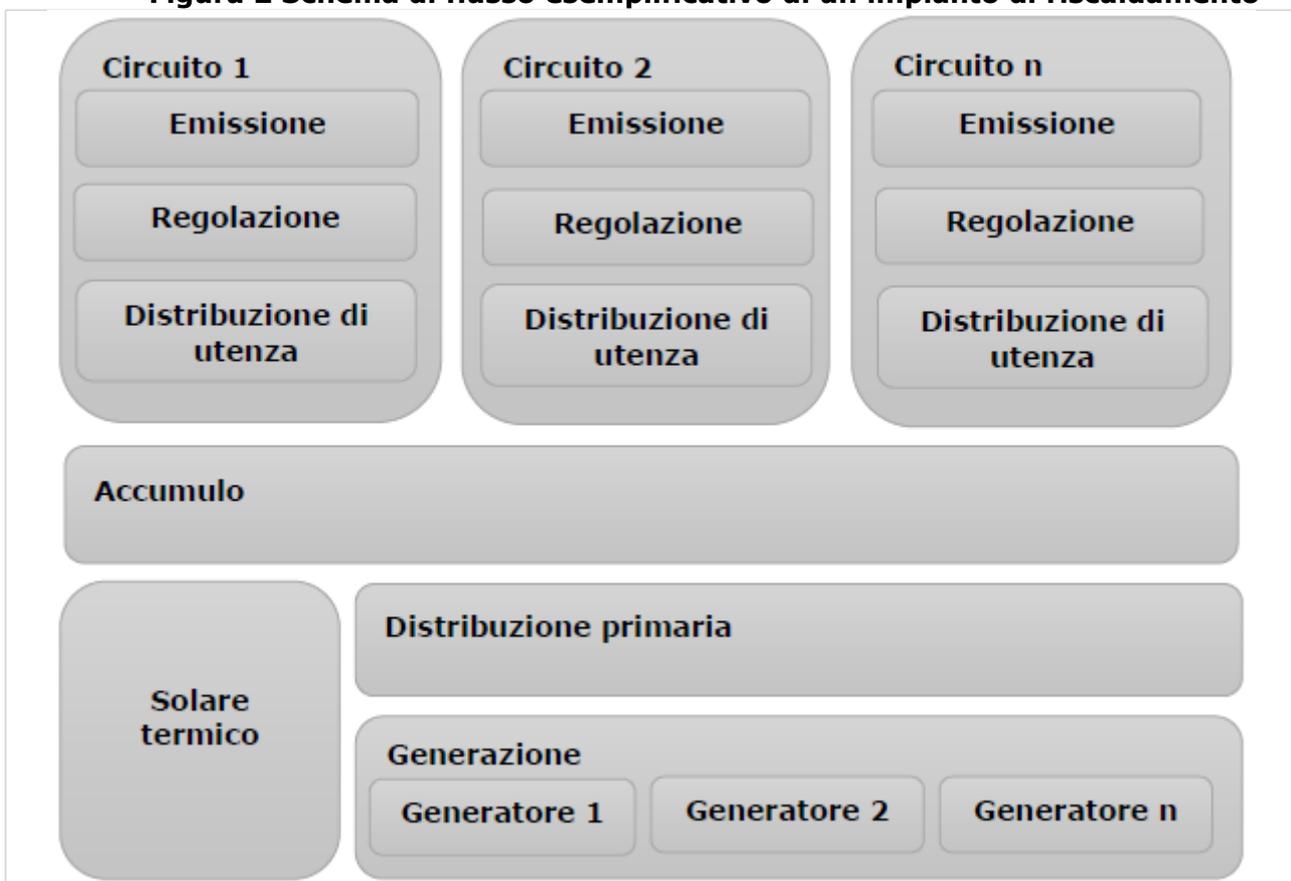
$Q_{exp,k}$ = energia esportata dal singolo vettore energetico [kWh_{el}];

$f_{p,exp,k}$ = 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

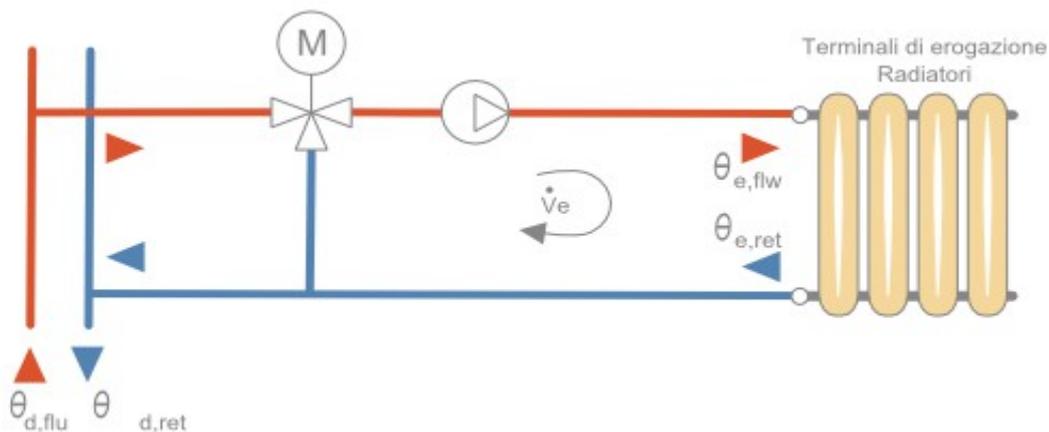
Tipologia	Per zona + climatica		
Caratteristiche	On off		
Rendimento	$\eta_{H,idr,reg}$	96,0	%

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	Intermittente											
Metodo di calcolo	UNI EN ISO 13790											
Tipologia di intermittenza	Spegnimento											
Emissione												
Tipologia	Radiatori su parete esterna isolata											
Rendimento	$\eta_{H,idr,em}$										95,7	%
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	$Q_{H,idr,du,aux}$										170,8	kWh _{el}
Temperatura media												
Tipologia di circuito	ON-OFF, valvola a due vie											
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	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 singolo ambiente + climatica											
Caratteristiche	On off											
Rendimento	$\eta_{H,idr,reg}$										97,0	%
Distribuzione												
Metodo di calcolo	Semplificato											
Tipologia di impianto	Centralizzato a distribuzione orizzontale											
Rendimento	$\eta_{H,idr,du}$										94,0	%
Ausiliari	$Q_{H,idr,du,aux}$										9,8	kWh _{el}
Temperatura media												
Tipologia di circuito	ON-OFF, valvola a due vie											
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	Generatori multipli
Modalità di funzionamento	Contemporaneo
Con priorità	Si

Generatore 1 - Caldaia tradizionale

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

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

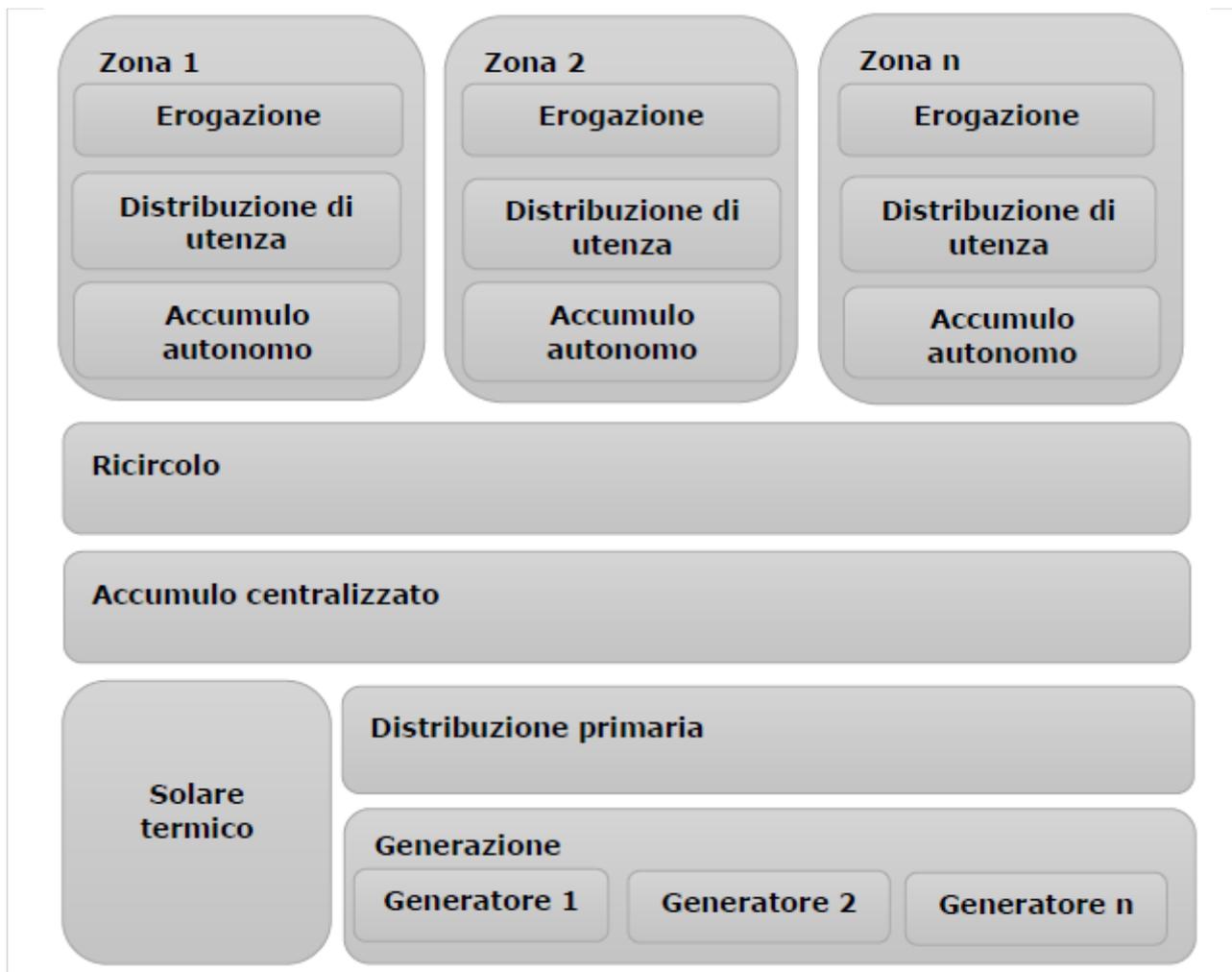
Riepilogo rendimenti

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	<i>Centrale termica</i>											
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

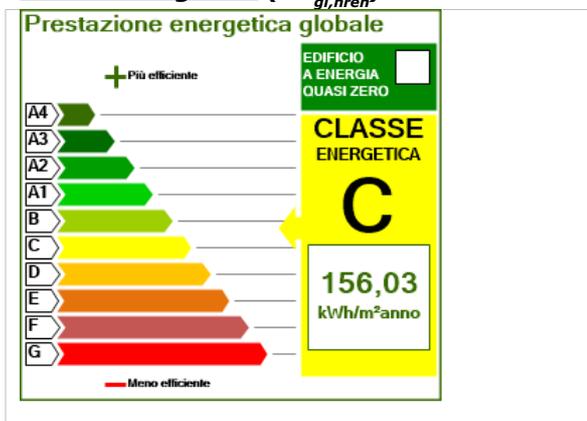
Indici di prestazione termica del fabbricato

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
$\eta_{p,nren}$	Rendimento rispetto all'energia primaria non rinnovabile
$\eta_{p,tot}$	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,dif}	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

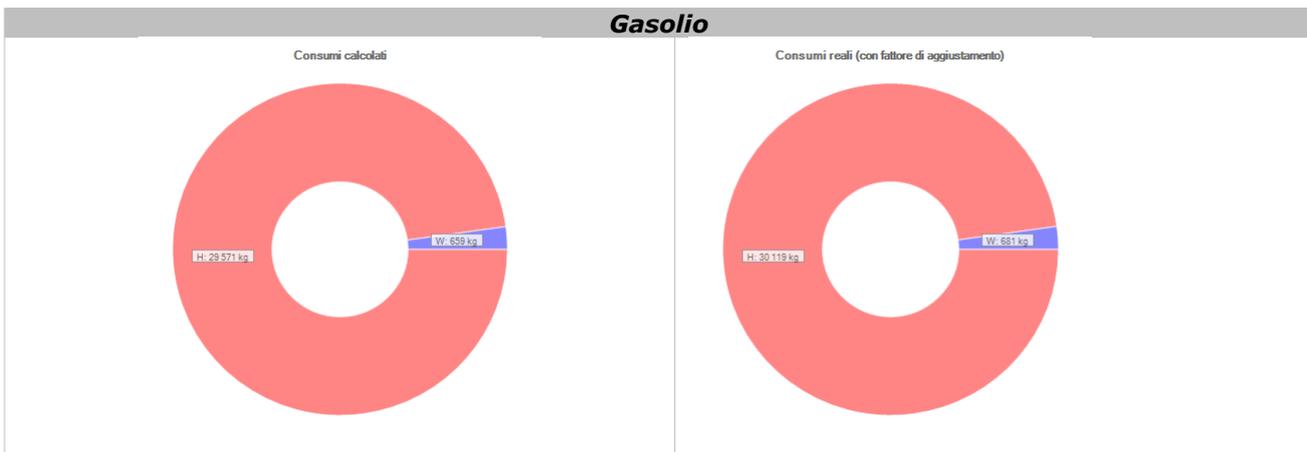
Vettore energetico

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

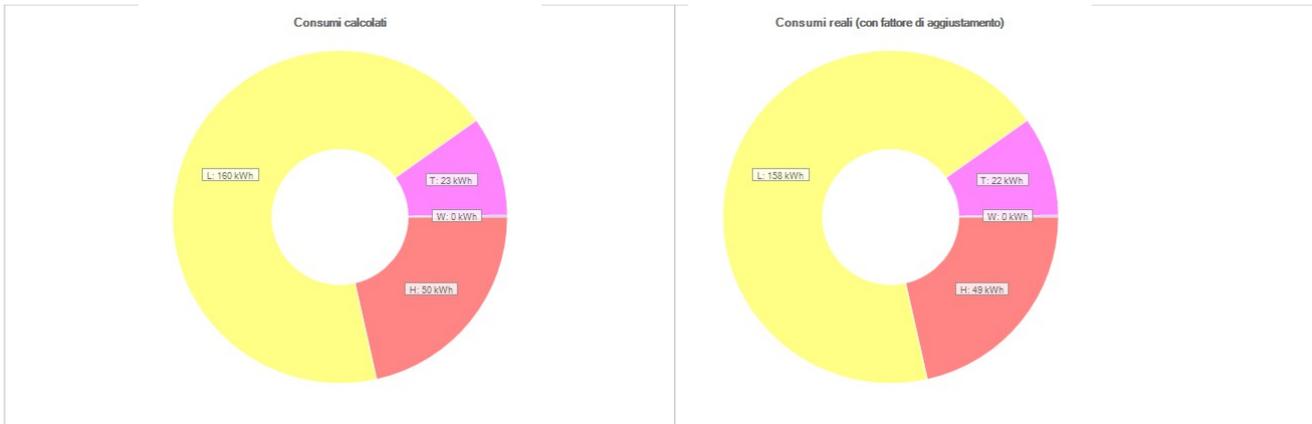
Legenda dei simboli:

- 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

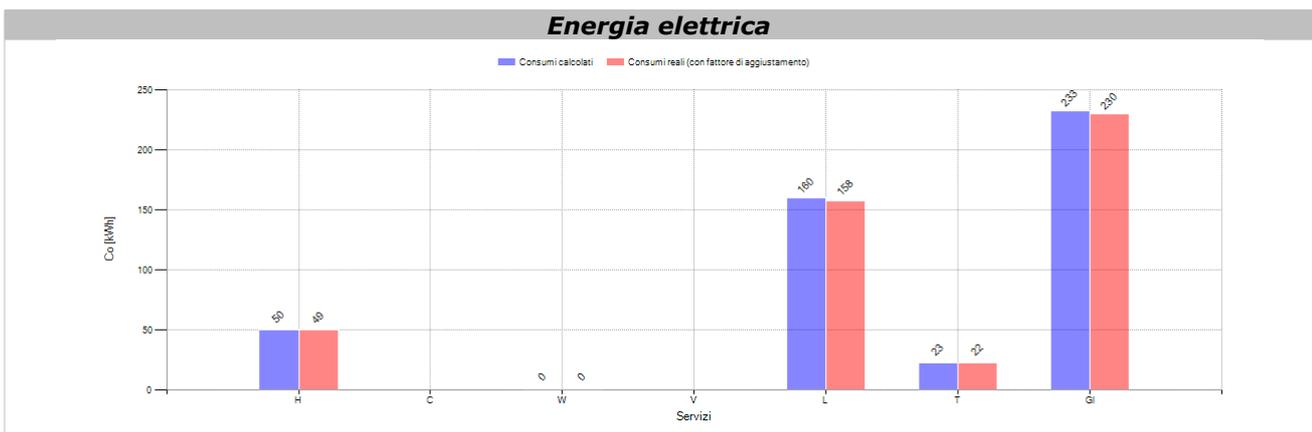
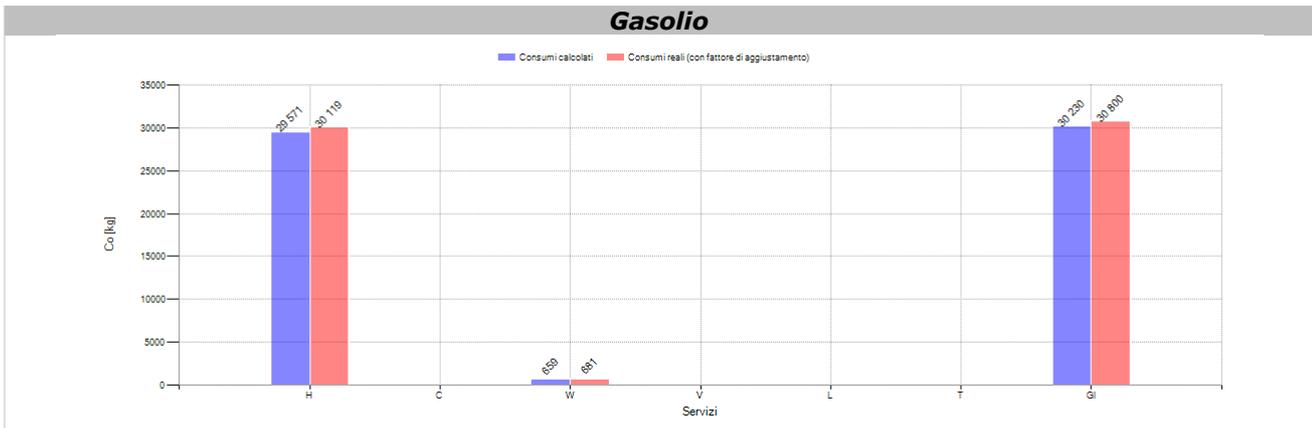
Suddivisione per servizio



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]

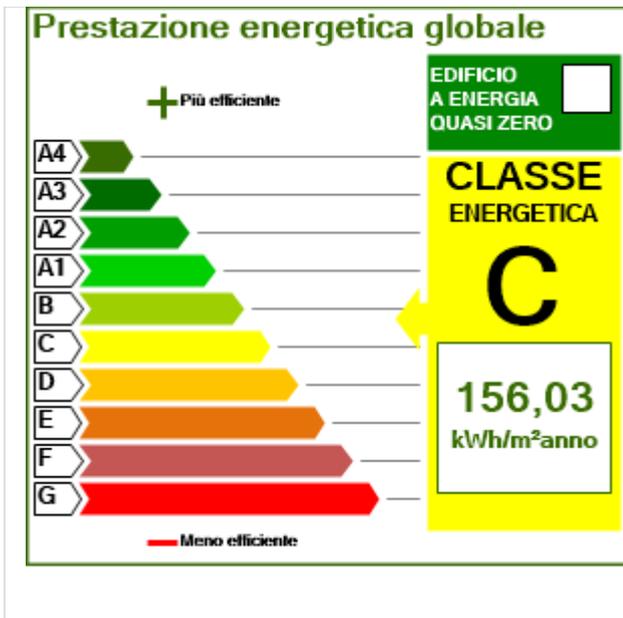
Non rinnovabile (EP_{nren})			
Servizio	Stato di fatto	Scenario	Δ [%]
Riscaldamento (H)	152,49	87,55	-42,6
Acqua calda sanitaria (W)	3,40	3,65	7,3
Raffrescamento (C)	0,00	0,00	0,0
Ventilazione (V)	0,00	0,00	0,0
Illuminazione (L)	0,13	0,00	-100,0
Trasporto (T)	0,02	0,00	-100,0
Globale (GI)	156,03	91,19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

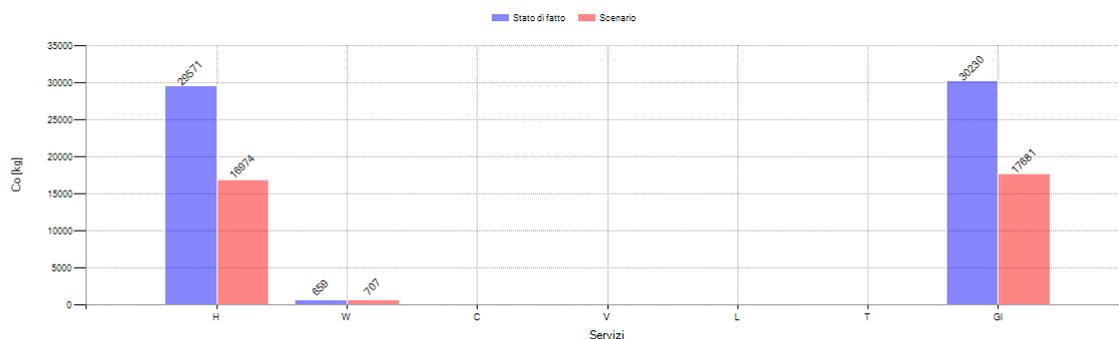
Grafici

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.

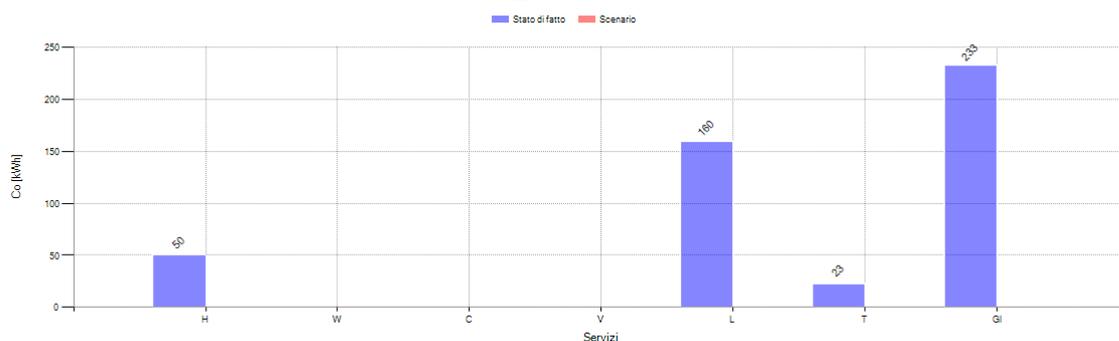
Consumi di combustibile ed energia elettrica

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

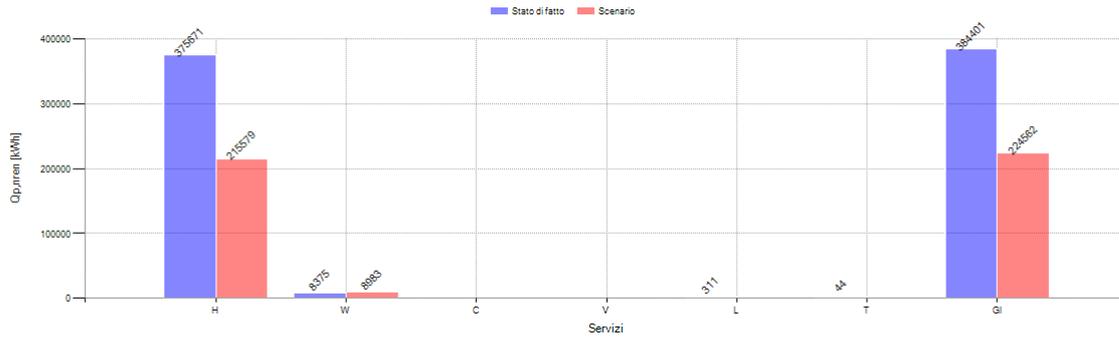
Energia elettrica



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

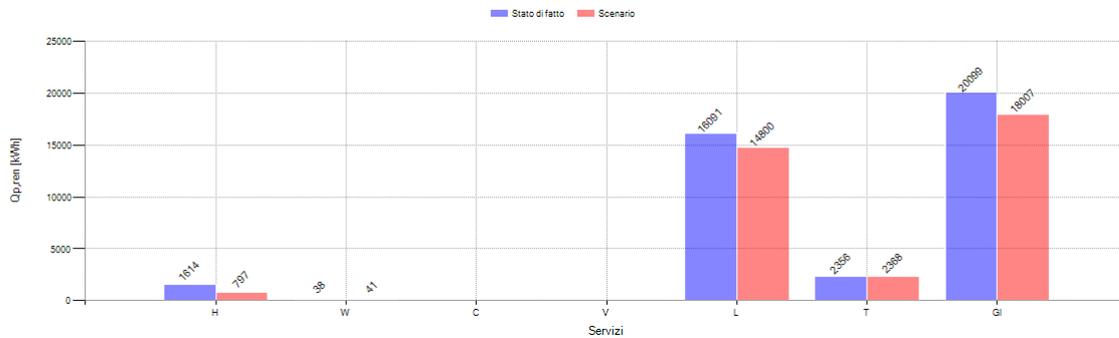
Consumi di energia primaria

Non rinnovabile



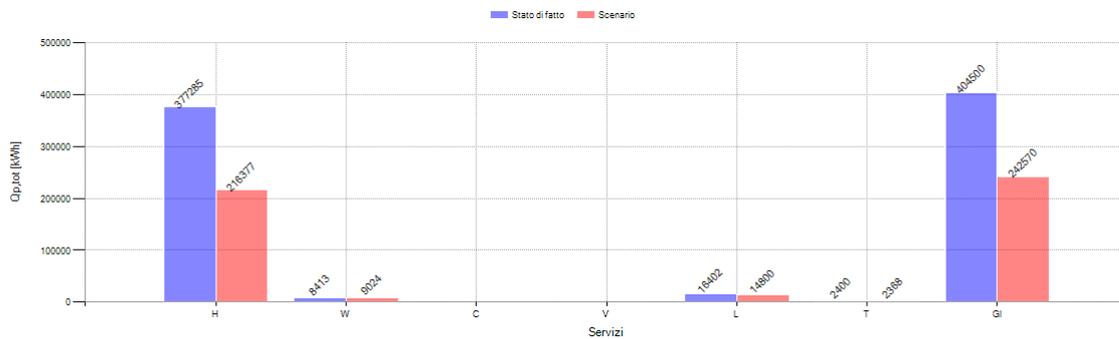
Servizio	$Q_{p,nren,in}$ [kWh _p]	$Q_{p,nren,fin}$ [kWh _p]	Δ [%]
Riscaldamento (H)	375671	215579	-42,6
Acqua calda sanitaria (W)	8375	8983	7,3
Raffrescamento (C)	0	0	0,0
Ventilazione (V)	0	0	0,0
Illuminazione (L)	311	0	-100,0
Trasporto (T)	44	0	-100,0
Globale (GI)	384401	224562	-41,6

Rinnovabile



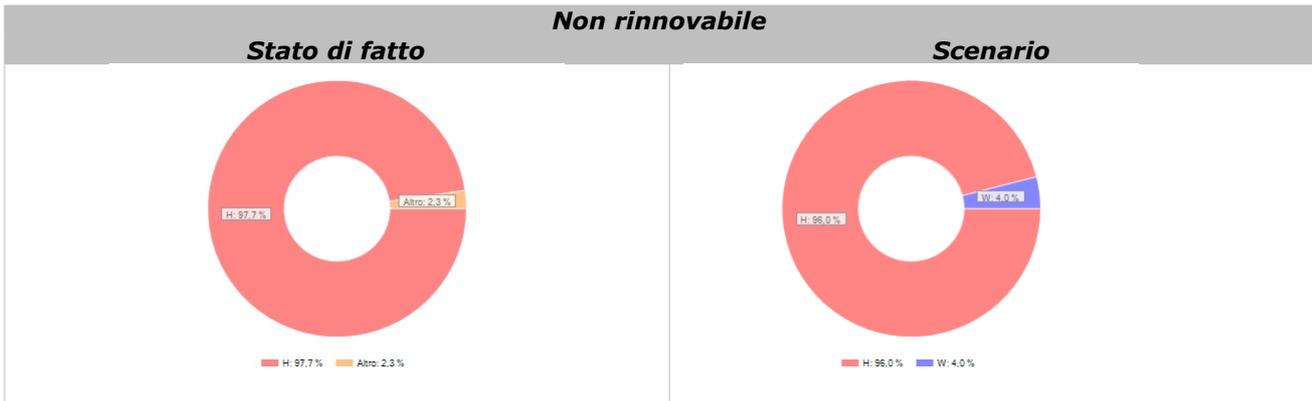
Servizio	$Q_{p,ren,in}$ [kWh _p]	$Q_{p,ren,fin}$ [kWh _p]	Δ [%]
Riscaldamento (H)	1614	797	-50,6
Acqua calda sanitaria (W)	38	41	7,8
Raffrescamento (C)	0	0	0,0
Ventilazione (V)	0	0	0,0
Illuminazione (L)	16091	14800	-8,0
Trasporto (T)	2356	2368	0,5
Globale (GI)	20099	18007	-10,4

Totale

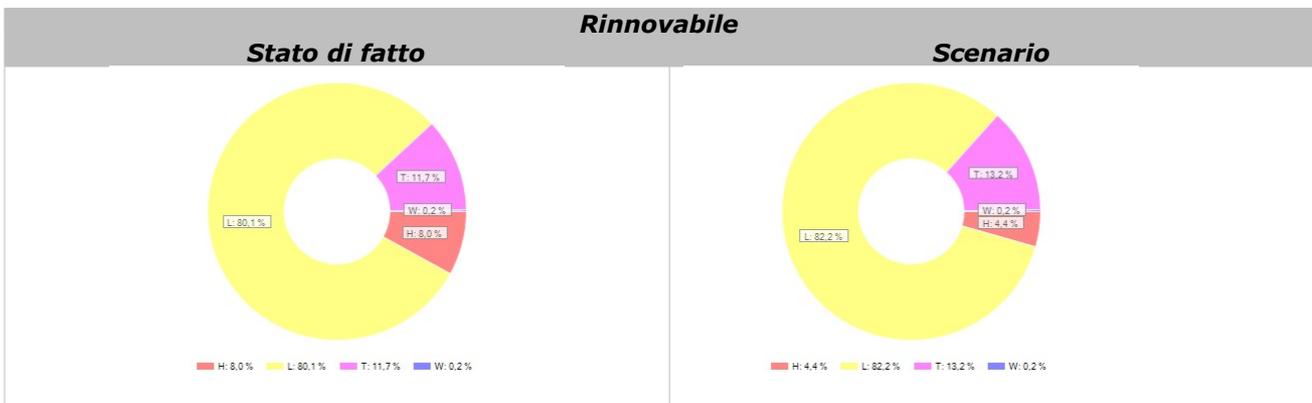


Servizio	$Q_{p,tot,in}$ [kWh _p]	$Q_{p,tot,fin}$ [kWh _p]	Δ [%]
Riscaldamento (H)	377285	216377	-42,6
Acqua calda sanitaria (W)	8413	9024	7,3
Raffrescamento (C)	0	0	0,0
Ventilazione (V)	0	0	0,0
Illuminazione (L)	16402	14800	-9,8
Trasporto (T)	2400	2368	-1,3
Globale (GI)	404500	242570	-40,0

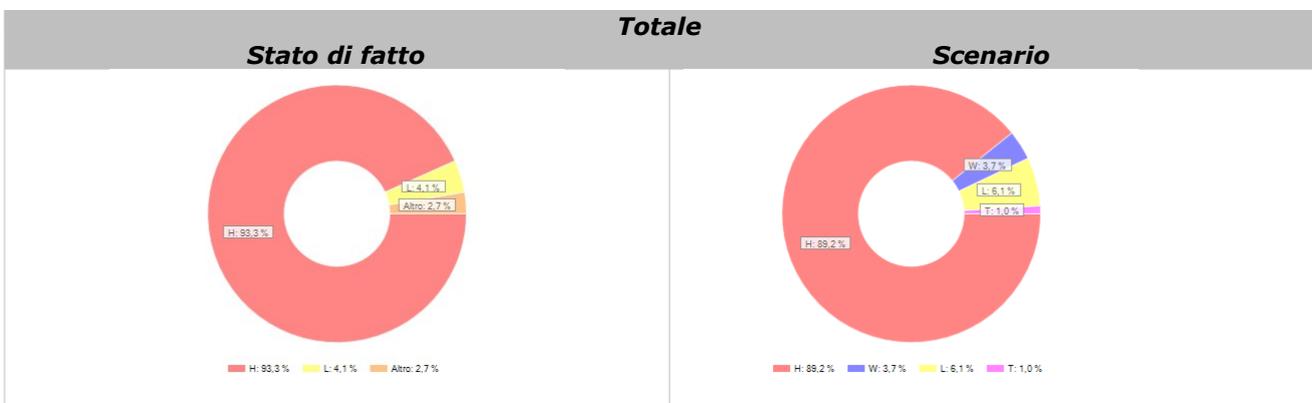
Suddivisione dell'energia primaria globale per servizio



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



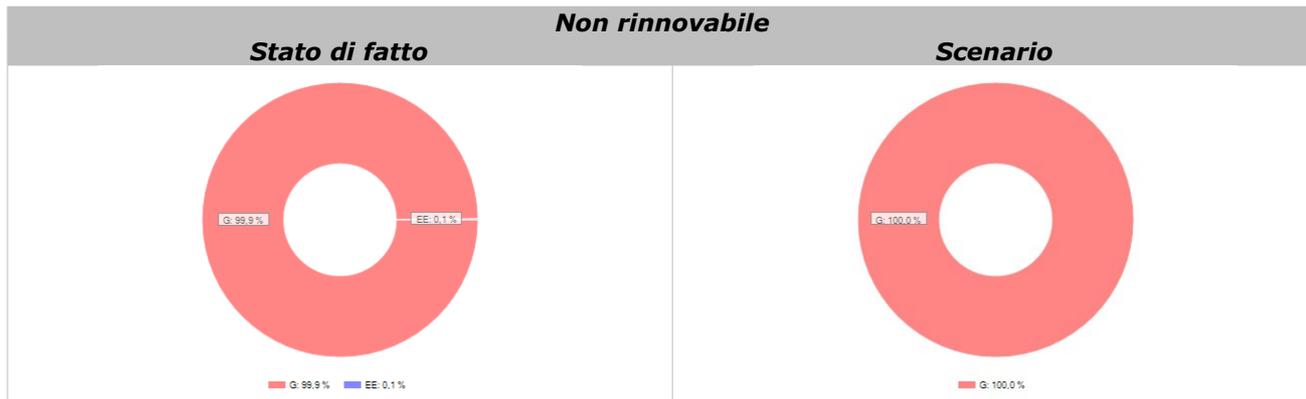
Servizio	Stato di fatto		Scenario	
	Q _{p,ren} [kWh _p]	%	Q _{p,ren} [kWh _p]	%
Riscaldamento (H)	1614	8,0	797	4,4
Acqua calda sanitaria (W)	38	0,2	41	0,2
Raffrescamento (C)	0	0,0	0	0,0
Ventilazione (V)	0	0,0	0	0,0
Illuminazione (L)	16091	80,1	14800	82,2
Trasporto (T)	2356	11,7	2368	13,2
Globale (GI)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



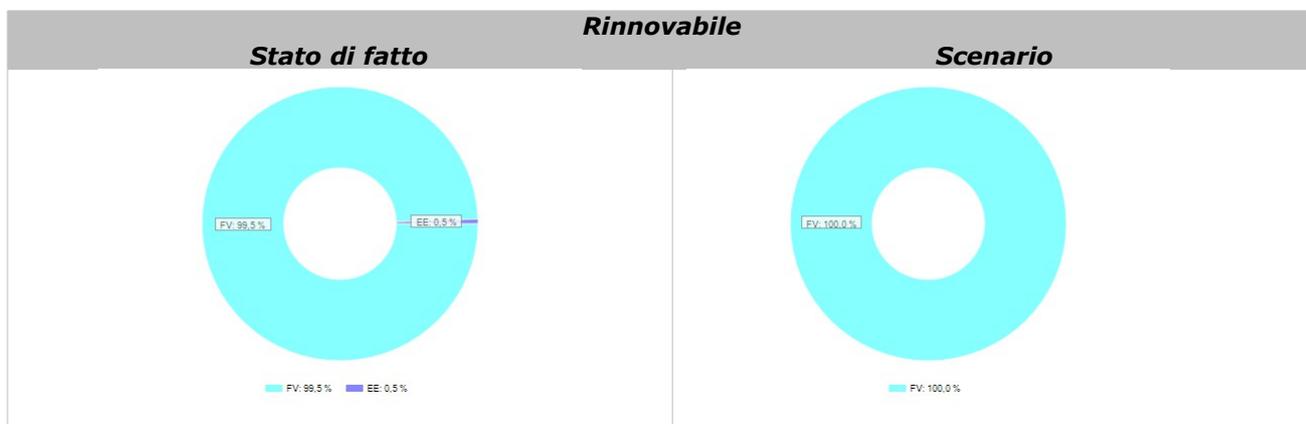
Servizio	Stato di fatto		Scenario	
	Q _{p,tot} [kWh _p]	%	Q _{p,tot} [kWh _p]	%
Riscaldamento (H)	377285	93,3	216377	89,2
Acqua calda sanitaria (W)	8413	2,1	9024	3,7
Raffrescamento (C)	0	0,0	0	0,0
Ventilazione (V)	0	0,0	0	0,0
Illuminazione (L)	16402	4,1	14800	6,1
Trasporto (T)	2400	0,6	2368	1,0

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

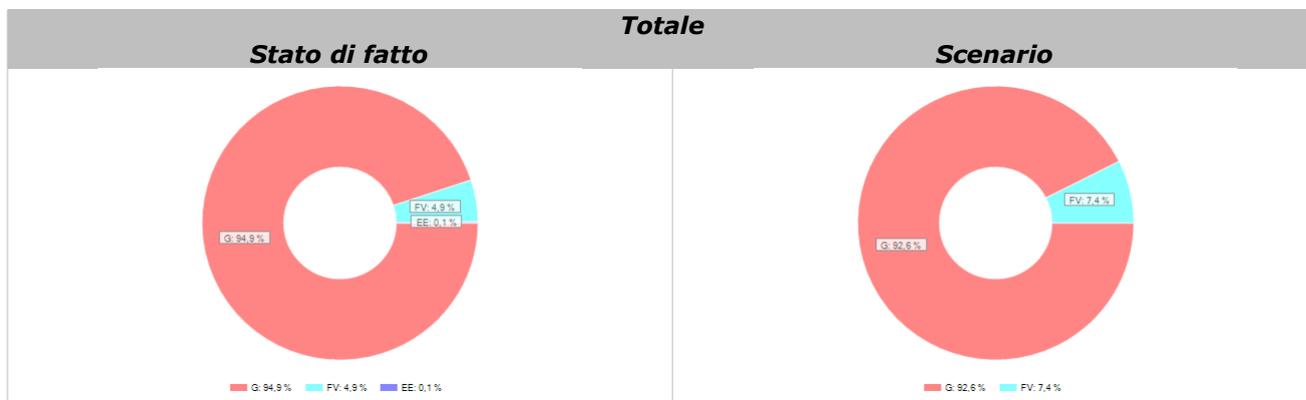
Suddivisione dell'energia primaria globale per vettore energetico



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

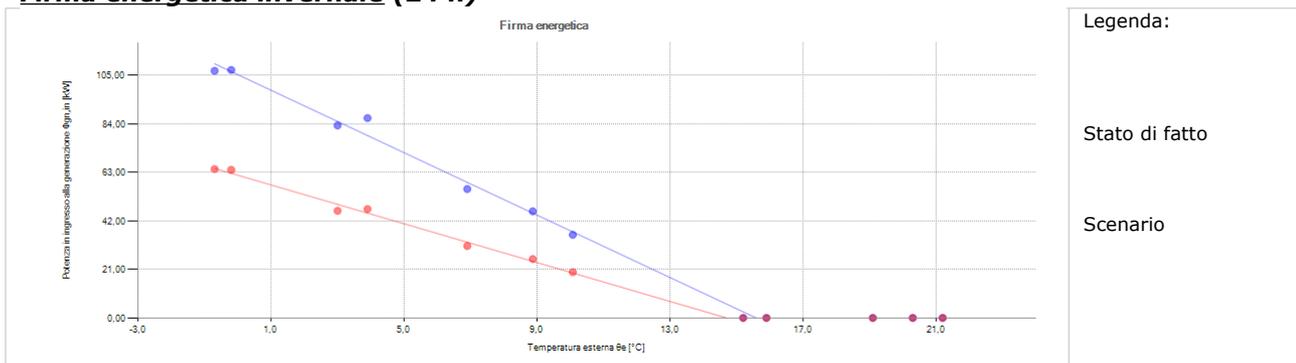


Vettore energetico	Stato di fatto		Scenario	
	Q _{p,ren} [kWh _p]	%	Q _{p,ren} [kWh _p]	%
Gasolio (G)	0	0,0	0	0,0
Energia elettrica (EE)	109	0,5	0	0,0
Solare termico (ST)	0	0,0	0	0,0
Solare fotovoltaico (FV)	19990	99,5	18007	100,0
Ambiente esterno (pompa di calore) (A)	0	0,0	0	0,0
Totale	20099	100,0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

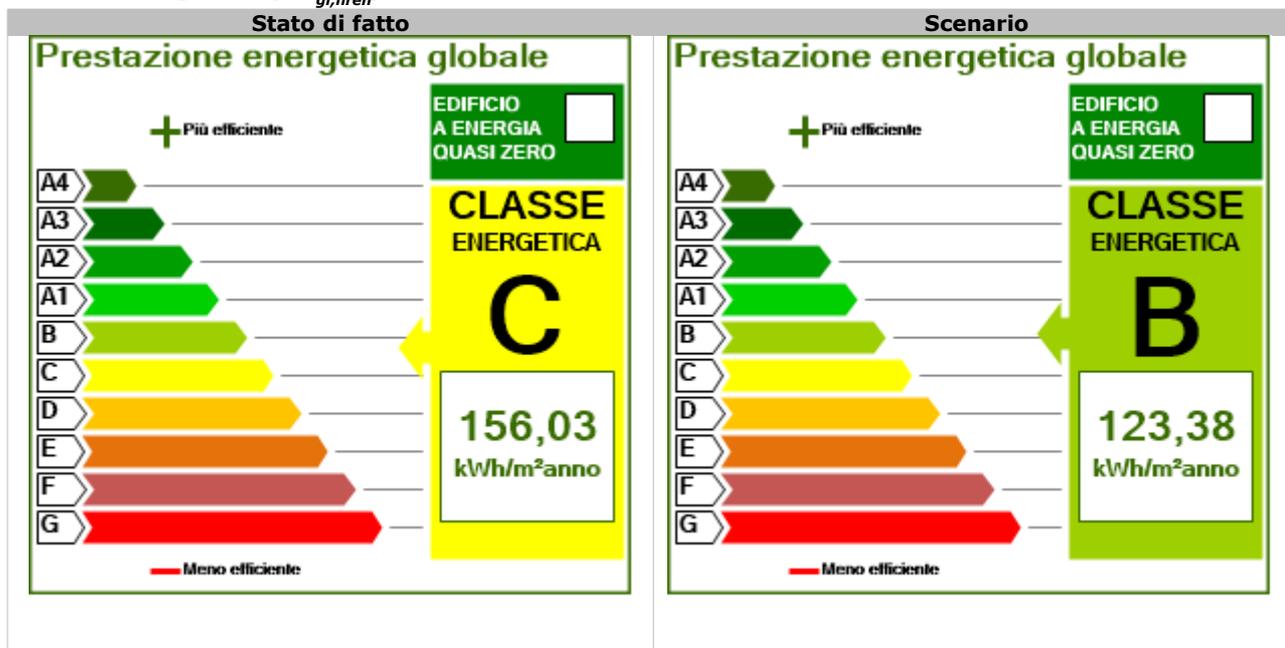
Non rinnovabile (EP_{nren})			
Servizio	Stato di fatto	Scenario	Δ [%]
Riscaldamento (H)	152,49	119,67	-21,5
Acqua calda sanitaria (W)	3,40	3,71	9,0
Raffrescamento (C)	0,00	0,00	0,0
Ventilazione (V)	0,00	0,00	0,0
Illuminazione (L)	0,13	0,00	-100,0
Trasporto (T)	0,02	0,00	-100,0
Globale (GI)	156,03	123,38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

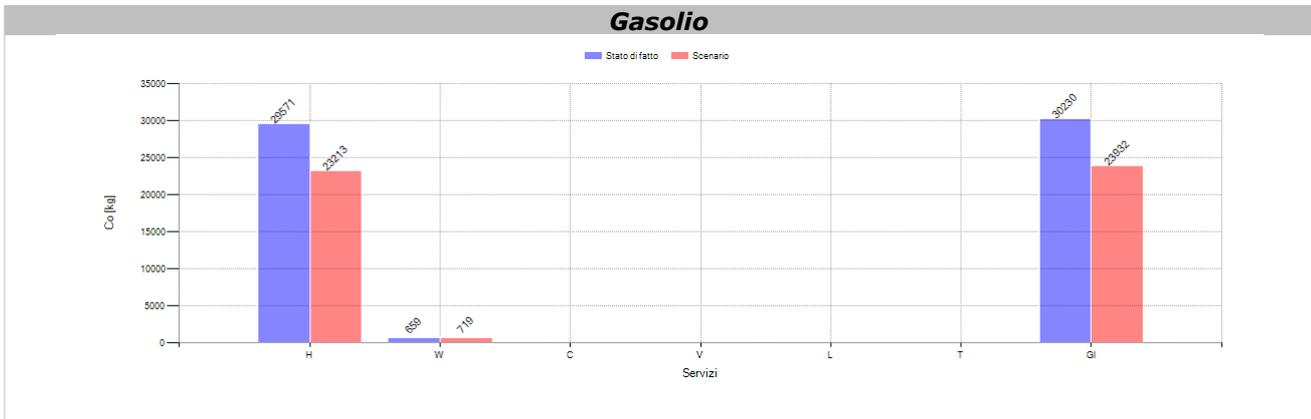
Legenda:

- 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

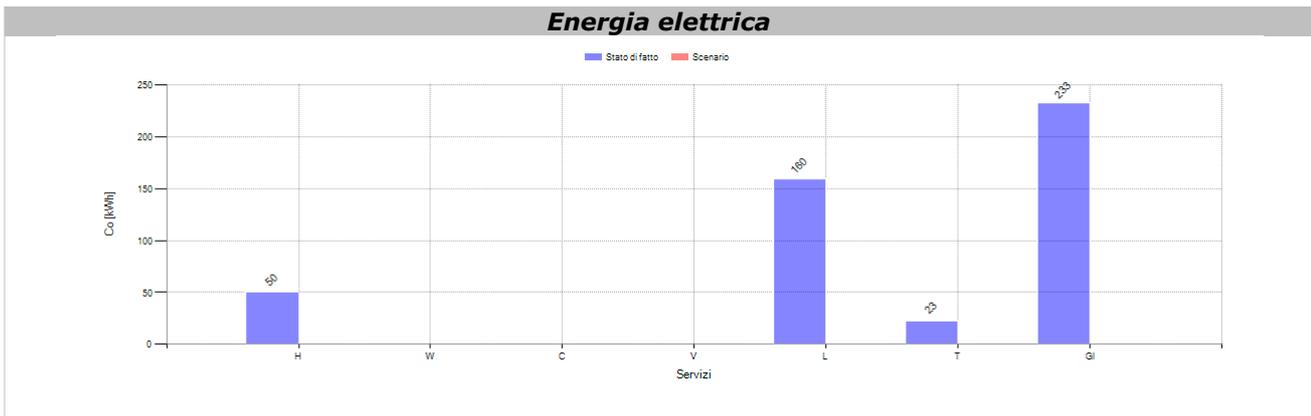
Grafici

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



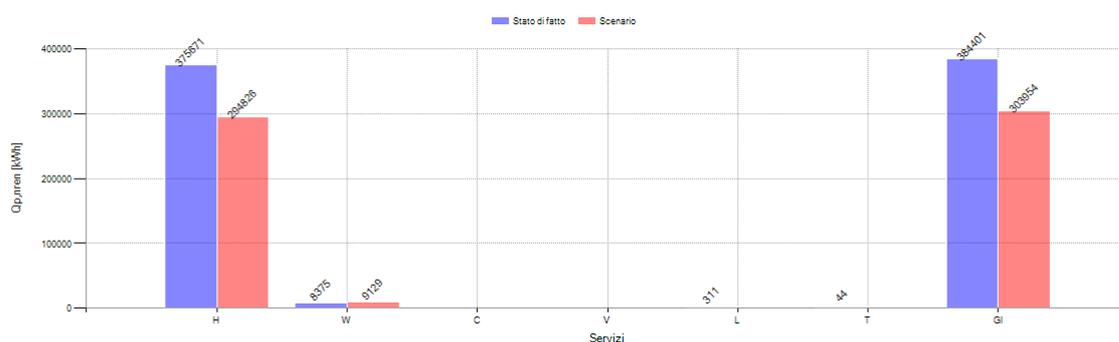
Servizio	Co _{in} [kg]	Co _{fin} [kg]	Δ [%]
Riscaldamento (H)	29571	23213	-21,5
Acqua calda sanitaria (W)	659	719	9,0
Raffrescamento (C)	0	0	0,0
Ventilazione (V)	0	0	0,0
Illuminazione (L)	0	0	0,0
Trasporto (T)	0	0	0,0
Globale (GI)	30230	23932	-20,8



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

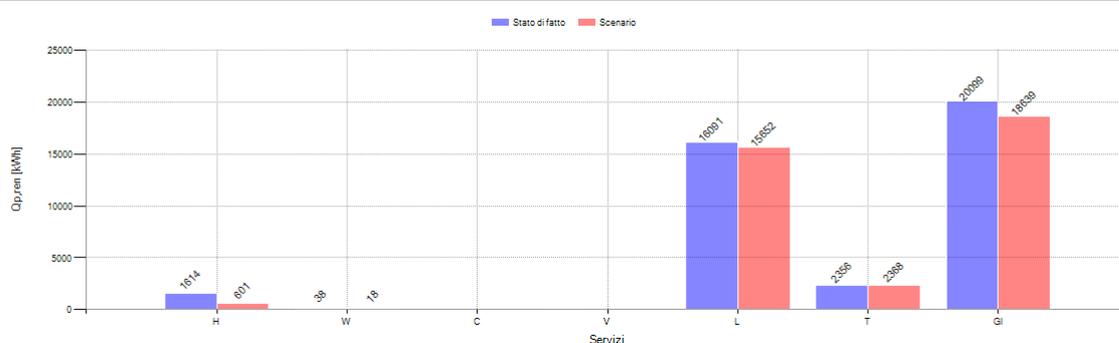
Consumi di energia primaria

Non rinnovabile



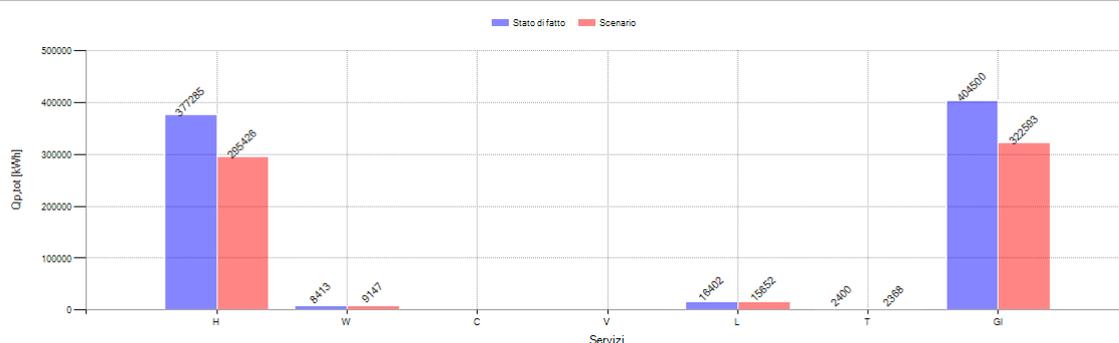
Servizio	$Q_{p,nren,in}$ [kWh _p]	$Q_{p,nren,fin}$ [kWh _p]	Δ [%]
Riscaldamento (H)	375671	294826	-21,5
Acqua calda sanitaria (W)	8375	9129	9,0
Raffrescamento (C)	0	0	0,0
Ventilazione (V)	0	0	0,0
Illuminazione (L)	311	0	-100,0
Trasporto (T)	44	0	-100,0
Globale (GI)	384401	303954	-20,9

Rinnovabile



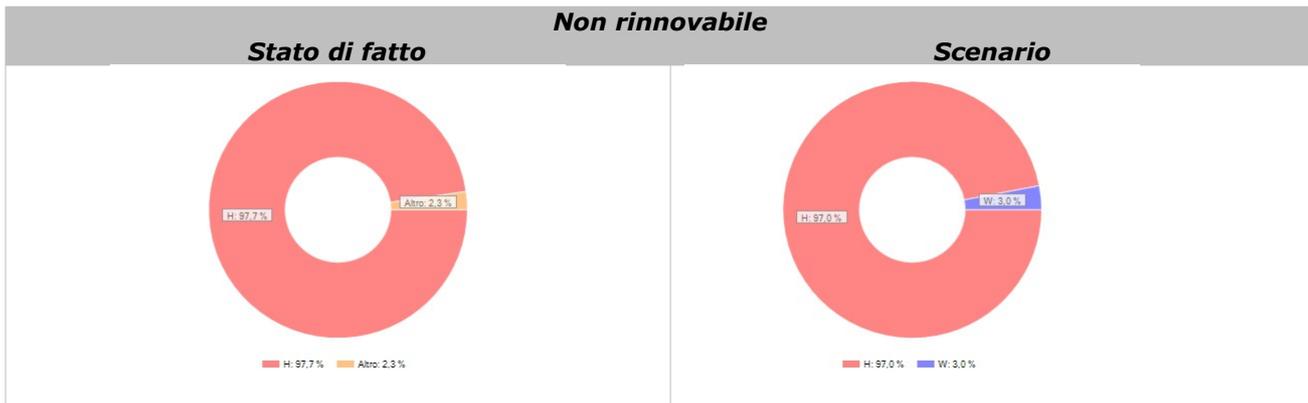
Servizio	$Q_{p,ren,in}$ [kWh _p]	$Q_{p,ren,fin}$ [kWh _p]	Δ [%]
Riscaldamento (H)	1614	601	-62,8
Acqua calda sanitaria (W)	38	18	-53,4
Raffrescamento (C)	0	0	0,0
Ventilazione (V)	0	0	0,0
Illuminazione (L)	16091	15652	-2,7
Trasporto (T)	2356	2368	0,5
Globale (GI)	20099	18639	-7,3

Totale

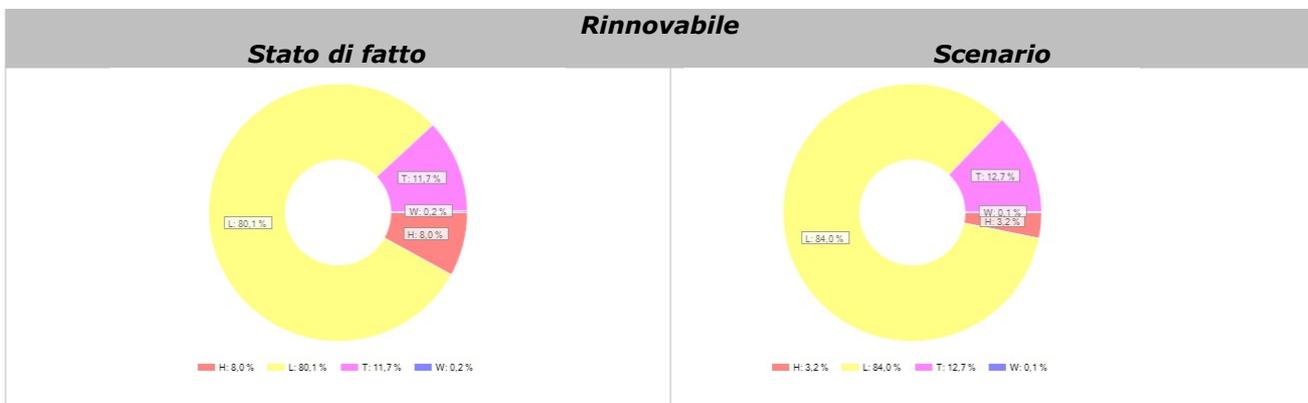


Servizio	$Q_{p,tot,in}$ [kWh _p]	$Q_{p,tot,fin}$ [kWh _p]	Δ [%]
Riscaldamento (H)	377285	295426	-21,7
Acqua calda sanitaria (W)	8413	9147	8,7
Raffrescamento (C)	0	0	0,0
Ventilazione (V)	0	0	0,0
Illuminazione (L)	16402	15652	-4,6
Trasporto (T)	2400	2368	-1,3
Globale (GI)	404500	322593	-20,2

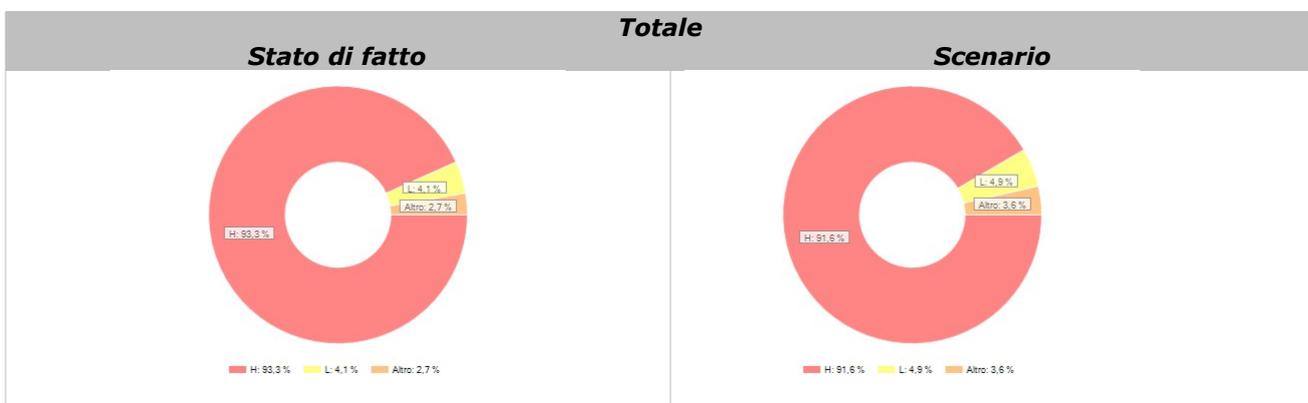
Suddivisione dell'energia primaria globale per servizio



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

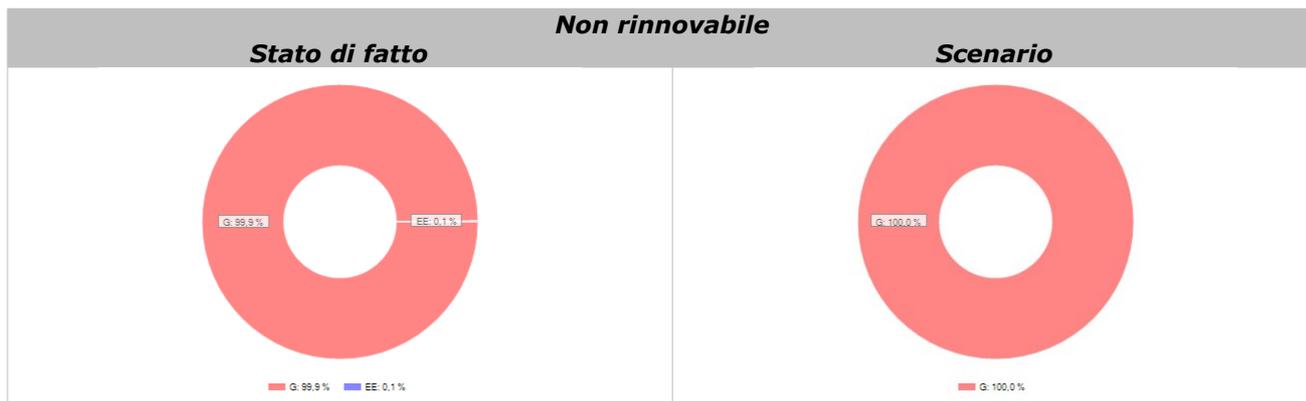


Servizio	Stato di fatto		Scenario	
	Q _{p,ren} [kWh _p]	%	Q _{p,ren} [kWh _p]	%
Riscaldamento (H)	1614	8,0	601	3,2
Acqua calda sanitaria (W)	38	0,2	18	0,1
Raffrescamento (C)	0	0,0	0	0,0
Ventilazione (V)	0	0,0	0	0,0
Illuminazione (L)	16091	80,1	15652	84,0
Trasporto (T)	2356	11,7	2368	12,7
Globale (GI)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

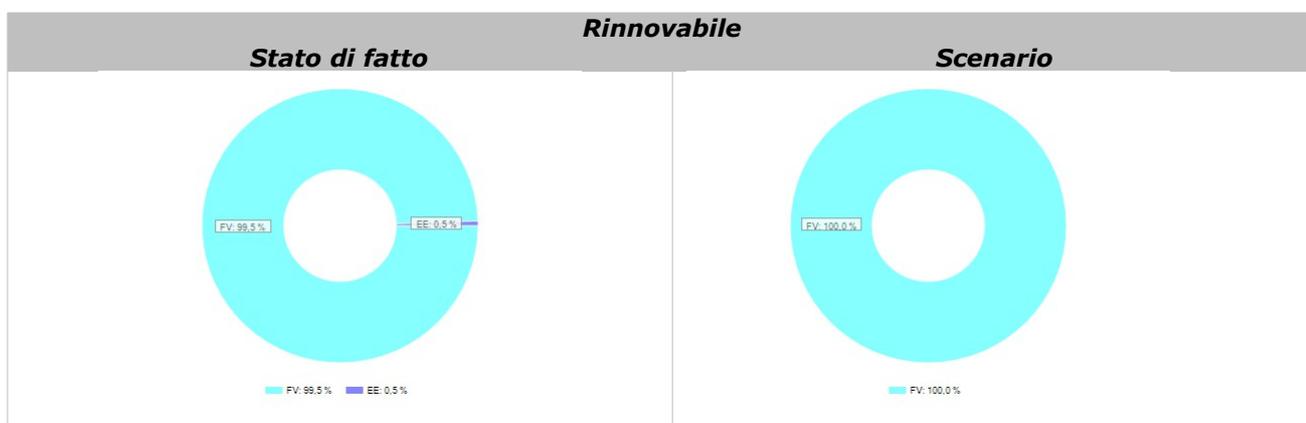


Servizio	Stato di fatto		Scenario	
	Q _{p,tot} [kWh _p]	%	Q _{p,tot} [kWh _p]	%
Riscaldamento (H)	377285	93,3	295426	91,6
Acqua calda sanitaria (W)	8413	2,1	9147	2,8
Raffrescamento (C)	0	0,0	0	0,0
Ventilazione (V)	0	0,0	0	0,0
Illuminazione (L)	16402	4,1	15652	4,9
Trasporto (T)	2400	0,6	2368	0,7
Globale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

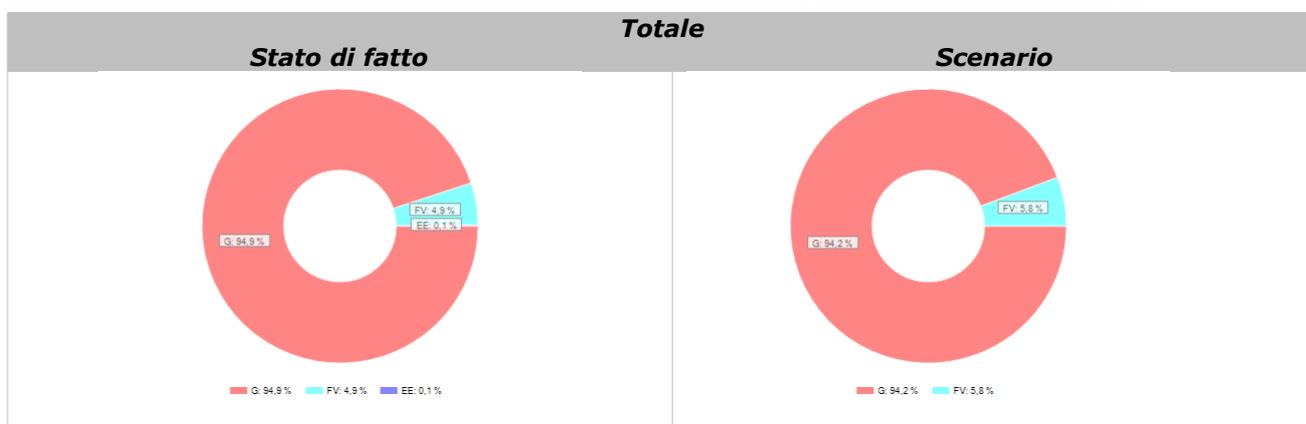
Suddivisione dell'energia primaria globale per vettore energetico



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

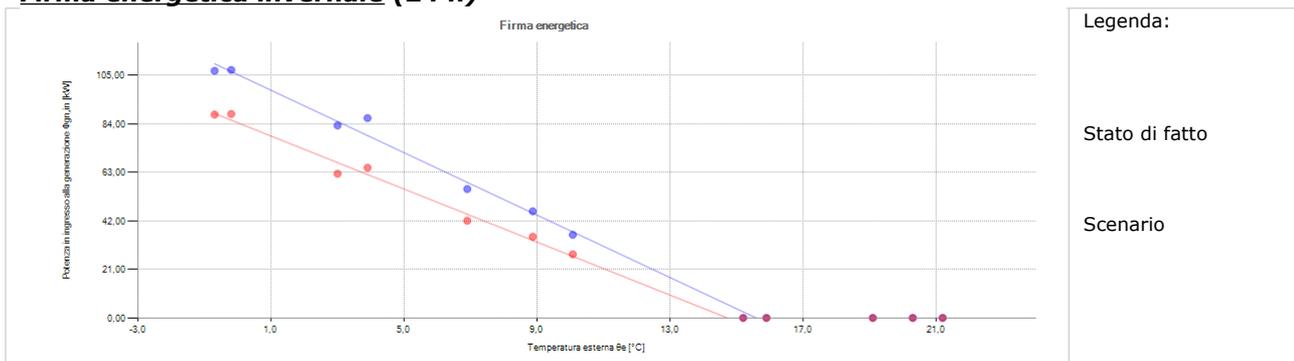


Vettore energetico	Stato di fatto		Scenario	
	Q _{p,ren} [kWh _p]	%	Q _{p,ren} [kWh _p]	%
Gasolio (G)	0	0,0	0	0,0
Energia elettrica (EE)	109	0,5	0	0,0
Solare termico (ST)	0	0,0	0	0,0
Solare fotovoltaico (FV)	19990	99,5	18639	100,0
Ambiente esterno (pompa di calore) (A)	0	0,0	0	0,0
Totale	20099	100,0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

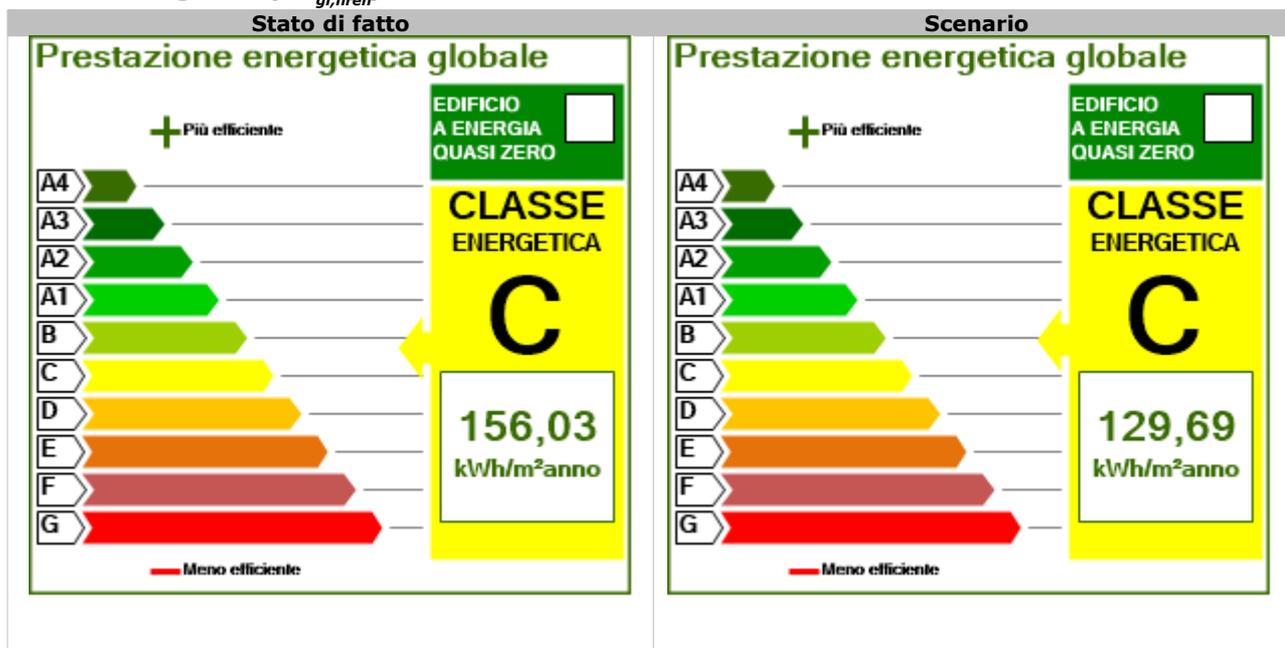
Non rinnovabile (EP_{nren})			
Servizio	Stato di fatto	Scenario	Δ [%]
Riscaldamento (H)	152,49	126,00	-17,4
Acqua calda sanitaria (W)	3,40	3,65	7,3
Raffrescamento (C)	0,00	0,00	0,0
Ventilazione (V)	0,00	0,00	0,0
Illuminazione (L)	0,13	0,04	-70,9
Trasporto (T)	0,02	0,01	-69,8
Globale (GI)	156,03	129,69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

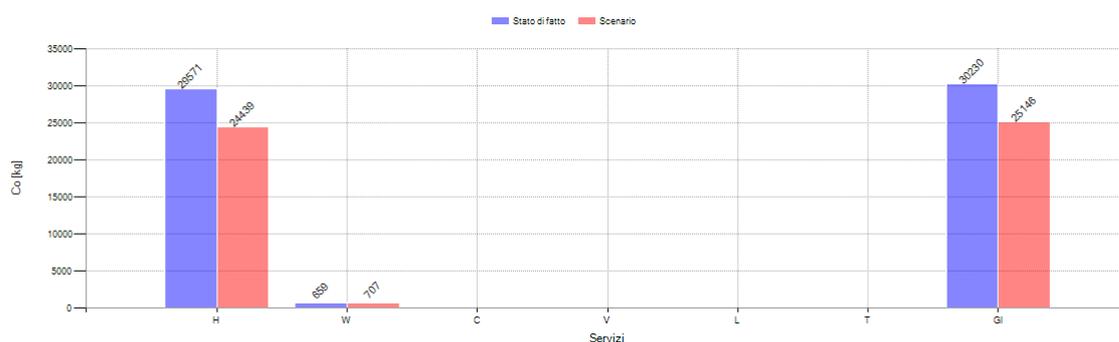
Grafici

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.

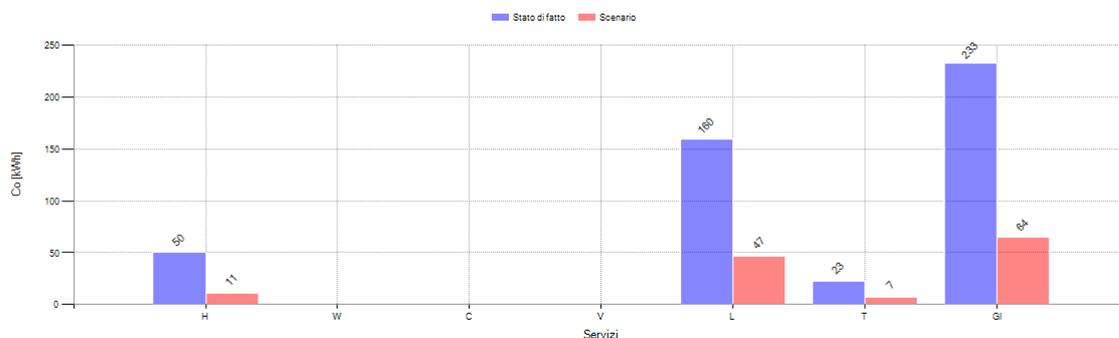
Consumi di combustibile ed energia elettrica

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

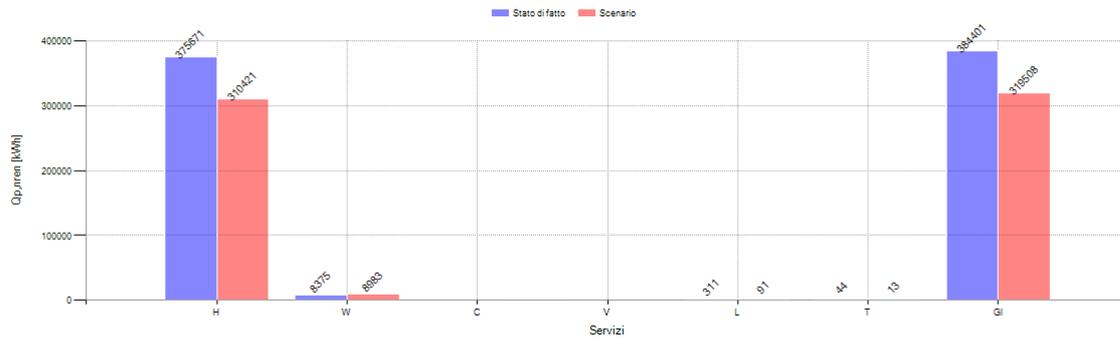
Energia elettrica



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

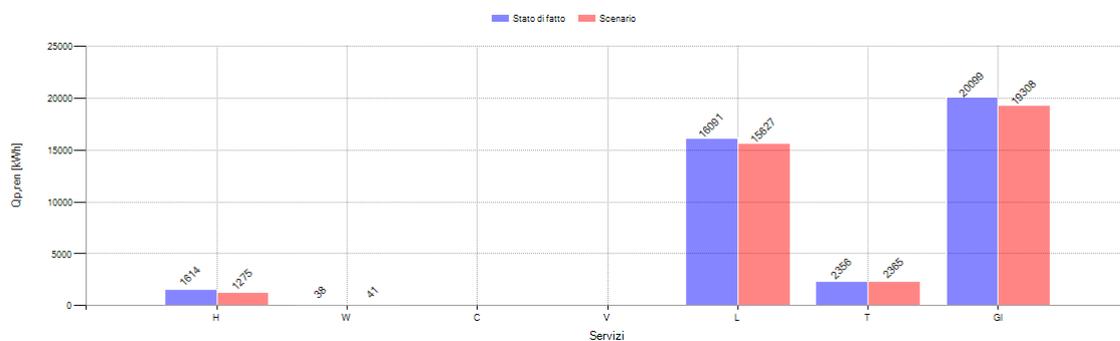
Consumi di energia primaria

Non rinnovabile



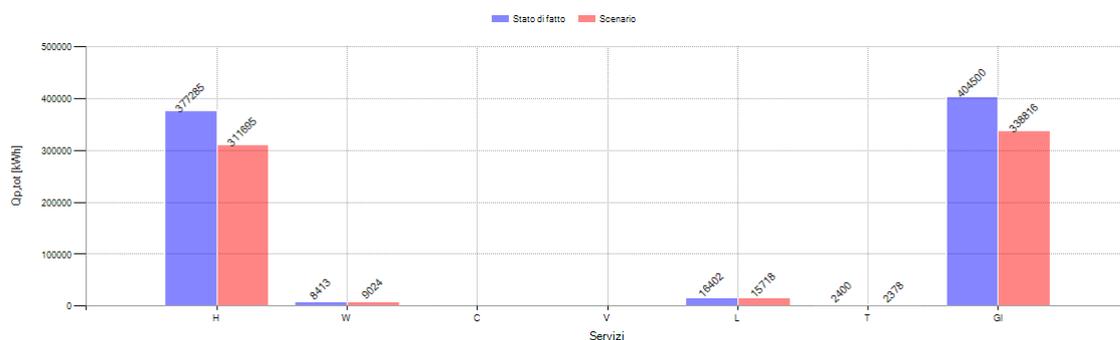
Servizio	$Q_{p,nren,in}$ [kWh _p]	$Q_{p,nren,fin}$ [kWh _p]	Δ [%]
Riscaldamento (H)	375671	310421	-17,4
Acqua calda sanitaria (W)	8375	8983	7,3
Raffrescamento (C)	0	0	0,0
Ventilazione (V)	0	0	0,0
Illuminazione (L)	311	91	-70,9
Trasporto (T)	44	13	-69,8
Globale (GI)	384401	319508	-16,9

Rinnovabile



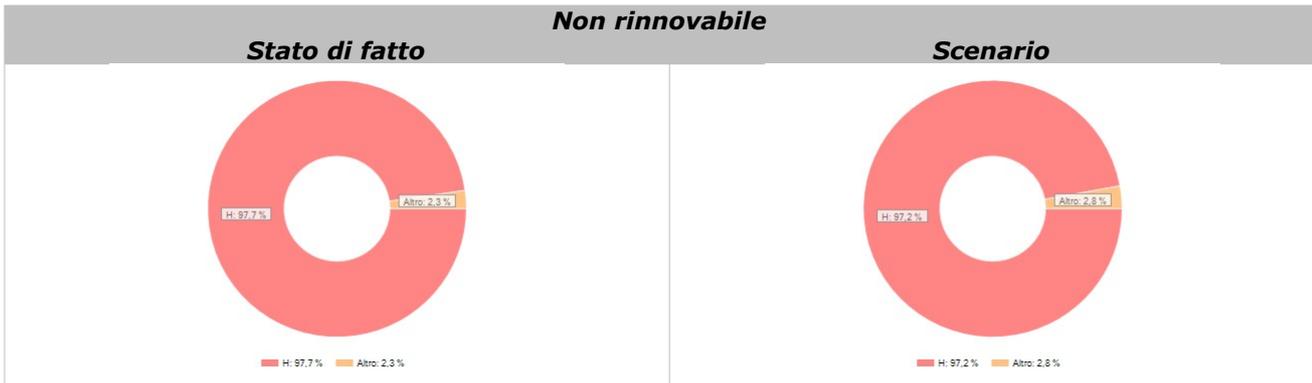
Servizio	$Q_{p,ren,in}$ [kWh _p]	$Q_{p,ren,fin}$ [kWh _p]	Δ [%]
Riscaldamento (H)	1614	1275	-21,0
Acqua calda sanitaria (W)	38	41	7,7
Raffrescamento (C)	0	0	0,0
Ventilazione (V)	0	0	0,0
Illuminazione (L)	16091	15627	-2,9
Trasporto (T)	2356	2365	0,4
Globale (GI)	20099	19308	-3,9

Totale

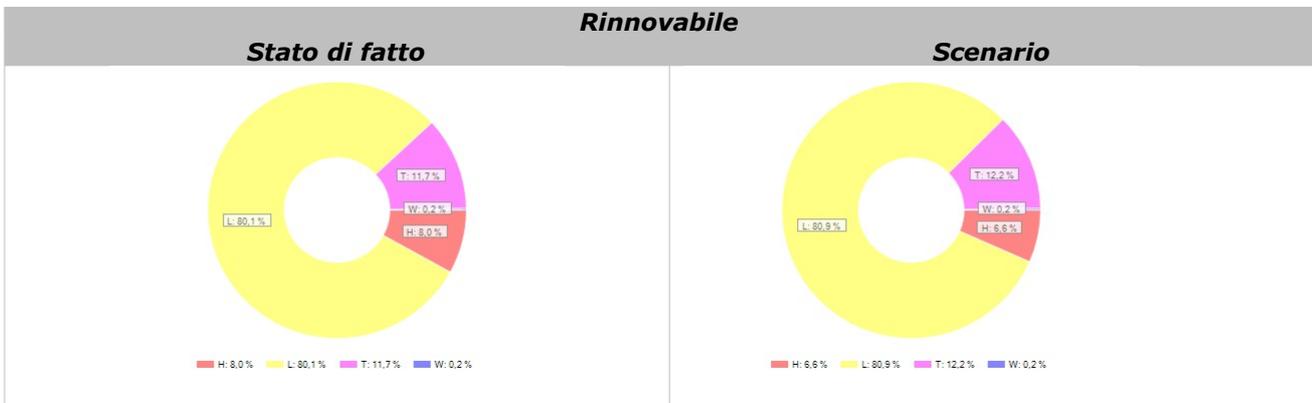


Servizio	$Q_{p,tot,in}$ [kWh _p]	$Q_{p,tot,fin}$ [kWh _p]	Δ [%]
Riscaldamento (H)	377285	311695	-17,4
Acqua calda sanitaria (W)	8413	9024	7,3
Raffrescamento (C)	0	0	0,0
Ventilazione (V)	0	0	0,0
Illuminazione (L)	16402	15718	-4,2
Trasporto (T)	2400	2378	-0,9
Globale (GI)	404500	338816	-16,2

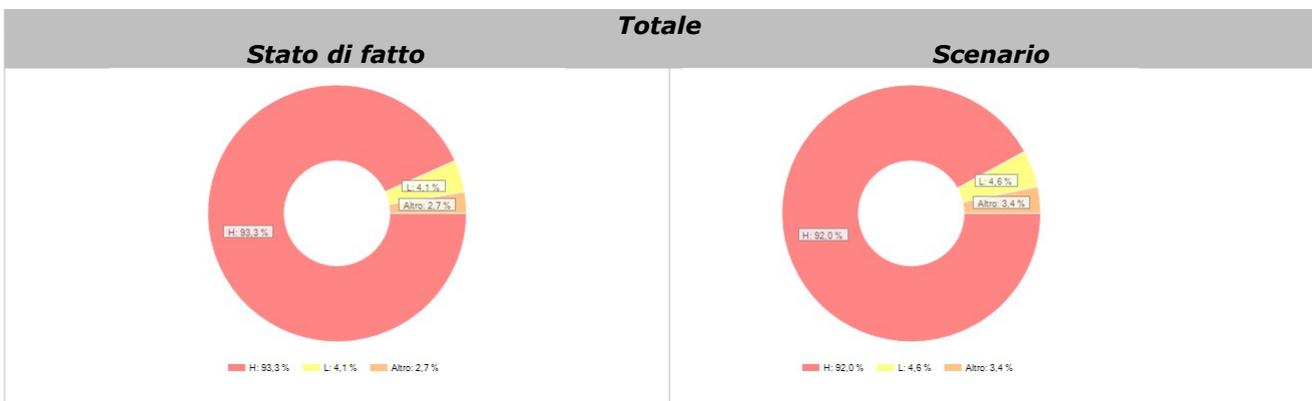
Suddivisione dell'energia primaria globale per servizio



Servizio	Stato di fatto		Scenario	
	Q _{p,ren} [kWh _p]	%	Q _{p,ren} [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

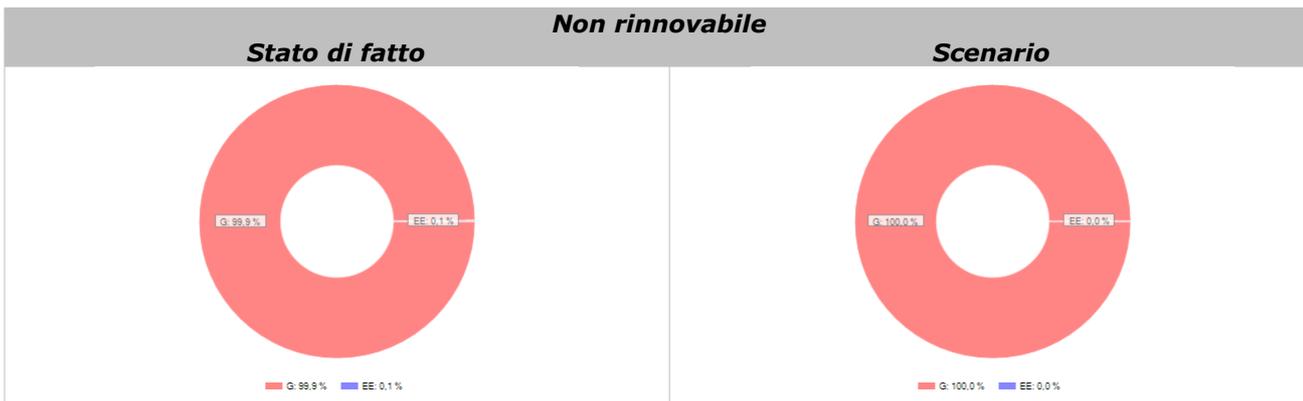


Servizio	Stato di fatto		Scenario	
	Q _{p,ren} [kWh _p]	%	Q _{p,ren} [kWh _p]	%
Riscaldamento (H)	1614	8,0	1275	6,6
Acqua calda sanitaria (W)	38	0,2	41	0,2
Raffrescamento (C)	0	0,0	0	0,0
Ventilazione (V)	0	0,0	0	0,0
Illuminazione (L)	16091	80,1	15627	80,9
Trasporto (T)	2356	11,7	2365	12,2
Globale (GI)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

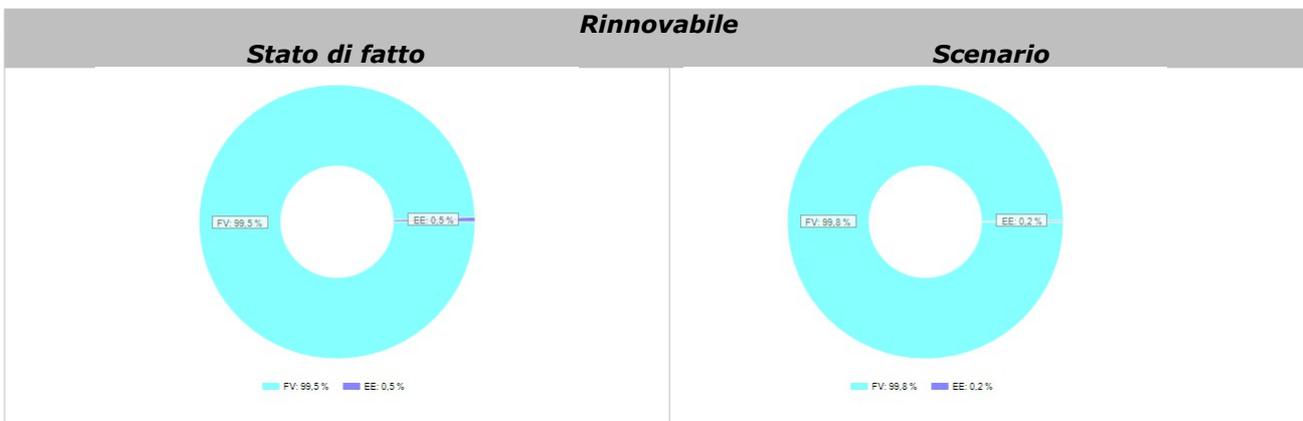


Servizio	Stato di fatto		Scenario	
	Q _{p,tot} [kWh _p]	%	Q _{p,tot} [kWh _p]	%
Riscaldamento (H)	377285	93,3	311695	92,0
Acqua calda sanitaria (W)	8413	2,1	9024	2,7
Raffrescamento (C)	0	0,0	0	0,0
Ventilazione (V)	0	0,0	0	0,0
Illuminazione (L)	16402	4,1	15718	4,6
Trasporto (T)	2400	0,6	2378	0,7
Globale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

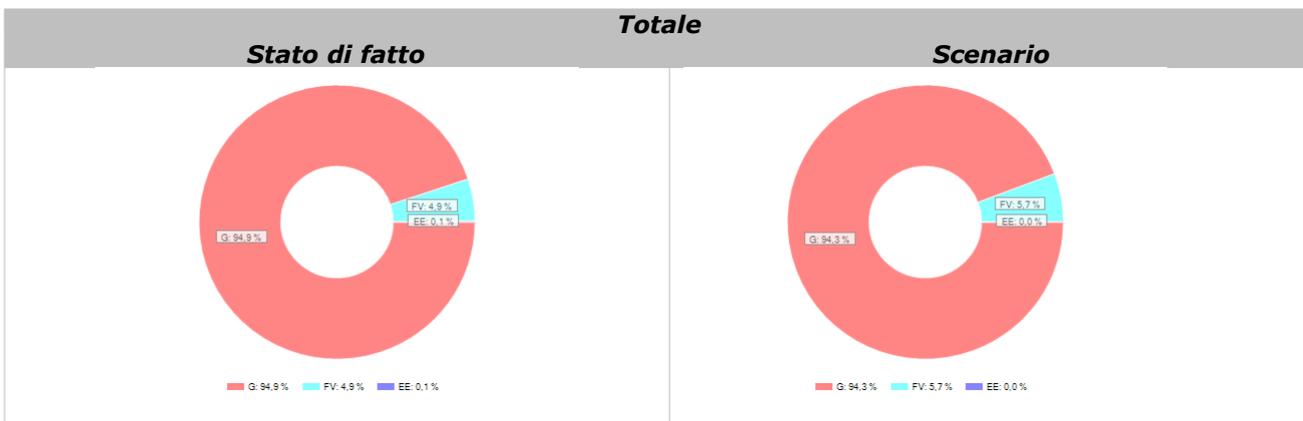
Suddivisione dell'energia primaria globale per vettore energetico



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

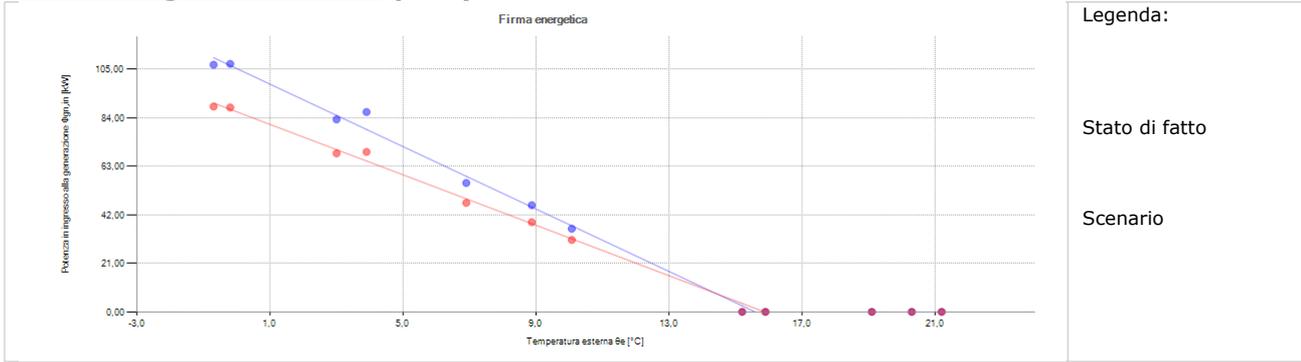


Vettore energetico	Stato di fatto		Scenario	
	Q _{p,ren} [kWh _p]	%	Q _{p,ren} [kWh _p]	%
Gasolio (G)	0	0,0	0	0,0
Energia elettrica (EE)	109	0,5	30	0,2
Solare termico (ST)	0	0,0	0	0,0
Solare fotovoltaico (FV)	19990	99,5	19277	99,8
Ambiente esterno (pompa di calore) (A)	0	0,0	0	0,0
Totale	20099	100,0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