

RELAZIONE DI DIAGNOSI ENERGETICA (rapporto finale) secondo UNI CEI EN 16247-1-2

Committente

Nome *ACER FERRARA*

Indirizzo

Edificio / condominio

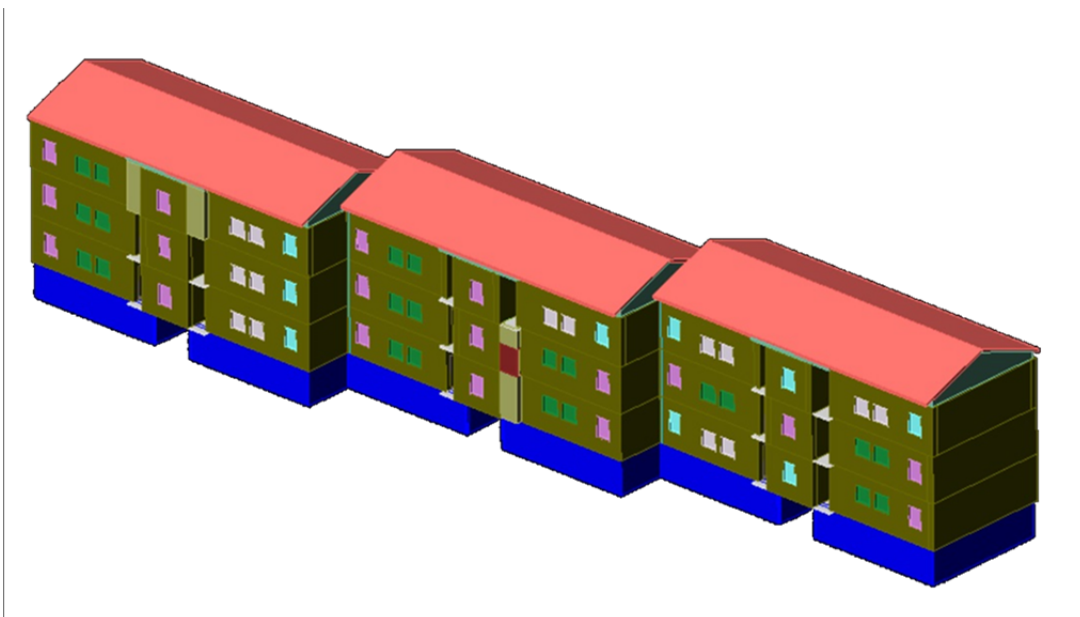
Descrizione *CONDOMINIO ACER FE - VIA VERGA 52-54-56*

Indirizzo *Verga 52-54-56, Ferrara*

Studio tecnico

Nome *AESS - AGENZIA PER L'ENERGIA DI MODENA*

Indirizzo *VIA CARUSO, 3 - 41122 MODENA (MO)*



Software di calcolo <i>Edilclima EC700 versione 10.21.6 ed EC720 versione 5.19.49</i> Data di redazione del documento <i>10/03/2021</i>

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>
4.4	Principali risultati dei calcoli
5	Raccomandazioni circa i possibili interventi
5.1	Intervento Superbonus 110% (vedasi "asseverazione superbonus" per dettagli)
5.1.1	<i>Isolamento pareti opache esterne e sottotetto</i>
5.1.2	<i>Sostituzione serramenti vetrati comprensivi di tapparelle</i>
5.1.3	<i>Sostituzione generatori di calore</i>
5.1.4	<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_t, compreso il distacco dall’impianto centralizzato, adempimenti connessi alle grandi imprese ed imprese energivore, ecc.).

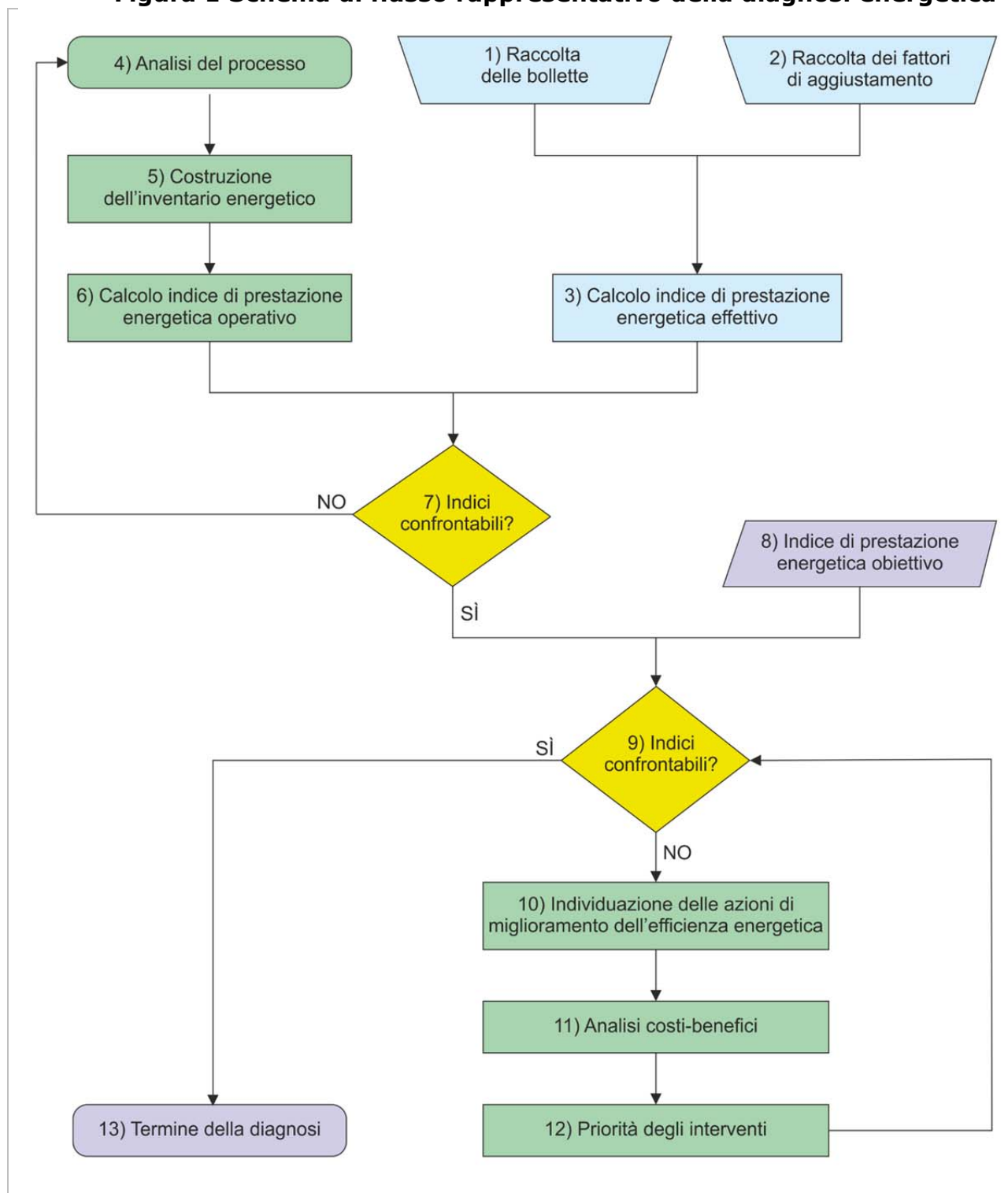
Modalità operative

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 articola in passaggi ben definiti, così sintetizzabili: il rilievo delle bollette (consumi storici), l’analisi energetica dell’edificio (volta a fornirne 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 normate. 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	CONDOMINIO ACER FE - VIA VERGA 52-54-56 - APE PRE
Comune	Ferrara
Provincia	Ferrara
CAP	44100
Indirizzo edificio	Verga 52-54-56, Ferrara
Zona climatica	E
Gradi giorno DPR 412/93 (GG _{DPR 412/93}) [°Cg]	2326
Categoria prevalente (DPR 412/93)	E.1 (1)
Altre categorie (DPR 412/93)	
Numero di unità immobiliari	18
Numero di fabbricati	0
Periodo di costruzione	Successivo al 2000
Scopo / contesto della diagnosi energetica	Riqualificazione energetica dell'edificio
Riferimento	DLgs 192/05, art. 2, comma 1

Descrizione sintetica dell'edificio

Edificio a 3 piani fuoriterza a destinazione residenziale oltre a piano terra non riscaldato, per complessivi 18 alloggi, con strutture a telaio in calcestruzzo e tamponamenti in laterizio, serramenti prevalentemente in legno e vetrocamera ad elevata permeabilità, con cassonetti non isolati.

La ridotta altezza del piano terra non permette di intervenire mediante isolamento dell'intradosso del primo impalcato.

La copertura del fabbricato è inclinata, con sottotetto non abitabile Hmax=150cm

Immagine edificio



Le caratteristiche dimensionali dell'edificio sono così riassumibili:

Caratteristiche dimensionali complessive dell'edificio

Superficie utile	S_{utile}	1504,44	m ²
Superficie lorda	S_{lorda}	1791,42	m ²
Volume netto	V_{netto}	4498,27	m ³
Volume lordo	V_{lordo}	6043,07	m ³
Fattore di forma	S/V	0,59	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})	Autonomo	-
Acqua calda sanitaria (W)	Autonomo	Combinato
Climatizzazione estiva (C)	Assente	-
Ventilazione (V)	Assente	-
Riscaldamento aeraulico (H_{aer})	Assente	-
Illuminazione (L)	Non considerato	-
Trasporto (T)	Assente	-
Solare termico (ST)	Assente	-
Solare fotovoltaico (SF)	Assente	-

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

Prestazioni energetiche stato di fatto

Indice di prestazione energetica globale non innovabile	$EP_{\text{ql,nren}}$	281,00	kWh _p /m ² anno
Classe energetica		G	
Spesa globale annua	S_{ql}	35685,08	€/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

Raccomandazioni					
Scenario	1	Descrizione scenario	Intervento Superbonus 110% (vedasi "asseverazione superbonus" per dettagli)		
Intervento	Descrizione intervento		Costo (C) [€]		
1	Isolamento pareti opache esterne e sottotetto		507412,34		
2	Sostituzione serramenti vetrati comprensivi di tapparelle		192636,69		
3	Sostituzione generatori di calore		120980,00		
Parametri di valutazione		Stato di fatto	Scenario	Δ	%
Costo complessivo scenario(C) [€]			821029,00		
Spesa globale annua (S _{gl})[€/anno]		35685,08	8352,52	27332,56	76,60
Tempo di ritorno semplice (t _r) [anni]			30,0		
EP _{gl,nren} [kWh _p /m ² anno]		281,00	64,86	216,14	76,90
Classe energetica		G	A1		

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 10.21.6 (modulo base, provvisto di certificato di validazione CTI n. 73) ed EC720 versione 5.19.49 (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

Principali impostazioni di calcolo adottate (dati climatici, fabbricato, zone, locali ed impianti)

Le impostazioni di calcolo sono tipiche della modalità A2, con rilievo in situ delle strutture edilizie e degli impianti (laddove possibile) e dimensioni tratte dagli elaborati forniti dal Committente corroborate dalle misurazioni in campo.

Stagioni di calcolo

Energia invernale

Stagione di riscaldamento	Convenzionale		
Dal	15 ottobre	Al	15 aprile
Giorni di riscaldamento (n_{risc})	183		

Energia estiva

Stagione di raffrescamento	Reale		
Dal	14 aprile	Al	14 ottobre
Giorni di raffrescamento (n_{raffr})	184		

Fattori di conversione in energia primaria

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

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

Caratteristiche dei singoli vettori energetici

Vettore energetico	UM	PCI [kWh _t /UM]	c [€/UM]
Metano	Sm ³	9,423	0,82
Propano	Sm ³	24,636	0,82
Butano	Sm ³	32,021	0,82
Gasolio	kg	11,870	1,70
GPL	kg	12,778	1,63
Legname (25% umidità)	kg	3,833	0,15
Olio combustibile	kg	11,750	1,07
Pellet	kg	4,667	0,25
Carbone	kg	7,917	0,14
Teleriscaldamento	kWh _t	-	0,09
GPL (70% Propano + 30% Butano)	Sm ³	26,780	5,50
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	Ferrara		
Provincia	Ferrara		
Altitudine s.l.m.		9	m
Latitudine nord		44°50'	
Longitudine est		11°37'	
Gradi giorno DPR 412/93	GG _{DPR412/93}	2326	°Cg
Gradi giorno calcolati	GG _{calc}	2505	°Cg
Zona climatica		E	
Regione di vento		ADRIATICO	
Direzione del vento prevalente		Ovest	
Distanza da mare		> 40	km
Velocità del vento media	V _{media}	2,00	m/s
Velocità del vento massima	V _{max}	4,00	m/s
Temperatura esterna di progetto	θ _{e,des}	-5,0	°C
Irradianza mensile massima sul piano orizzontale		298,6	W _t /m ²

Dati climatici mensili

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
θ _{H,int} [°C]	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
θ _e [°C]	1,1	4,4	8,3	12,9	18,0	22,0	24,6	23,5	19,3	15,2	8,0	3,1
n _{risc} [g]	31	28	31	15	0	0	0	0	0	17	30	31
GG _{calc} [°Cg]	586	437	363	122	0	0	0	0	0	113	360	524
p [Pa]	575,4	569,4	763,2	976,0	1234,8	1485,6	1346,8	1757,4	1477,6	1142,9	895,1	676,3

Irradiazione solare giornaliera media mensile (H) [MJ/m²]

Orient.	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
N	1,4	2,5	3,6	5,4	8,7	10,3	9,9	7,2	4,5	3,0	1,8	1,2
NE	1,5	3,4	5,3	8,2	12,3	13,6	13,8	10,5	7,2	4,1	2,1	1,3
E	3,0	7,0	8,6	11,2	15,4	16,1	16,9	13,7	11,1	7,1	4,4	2,7
SE	5,2	10,7	10,8	11,9	14,2	13,9	14,9	13,6	12,8	9,8	7,3	4,7
S	6,6	12,9	11,3	10,7	11,4	10,7	11,5	11,6	12,5	11,1	9,2	6,0
SO	5,2	10,7	10,8	11,9	14,2	13,9	14,9	13,6	12,8	9,8	7,3	4,7
O	3,0	7,0	8,6	11,2	15,4	16,1	16,9	13,7	11,1	7,1	4,4	2,7
NO	1,5	3,4	5,3	8,2	12,3	13,6	13,8	10,5	7,2	4,1	2,1	1,3
Orizzontale	3,8	8,8	11,8	16,4	23,3	24,9	25,8	20,4	15,5	9,5	5,5	3,3

Legenda:

θ _{H,int}	Temperatura interna invernale
θ _e	Temperatura esterna media mensile
n _{risc}	Giorni di riscaldamento
GG _{calc}	Gradi giorno calcolati
p	Pressione del vapore

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):

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

dove:

$Q_{H,tr}$ = dispersioni per trasmissione [kWh_t];

$Q_{H,r}$ = dispersioni per extraflusso [kWh_t];

$Q_{H,ve}$ = dispersioni per ventilazione [kWh_t];

$Q_{H,sol,op}$ = apporti solari attraverso i componenti opachi [kWh_t];

$\eta_{H,gn}$ = fattore di utilizzazione degli apporti [-];

$Q_{H,int}$ = apporti interni [kWh_t];

$Q_{H,sol,w}$ = apporti solari attraverso i componenti finestrati [kWh_t].

Calcolo estivo

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

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

dove:

$Q_{C,int}$ = apporti interni [kWh_t];

$Q_{C,sol,w}$ = apporti solari attraverso i componenti finestrati [kWh_t];

$\eta_{C,ls}$ = fattore di utilizzazione delle perdite [-];

$Q_{C,tr}$ = dispersioni per trasmissione [kWh_t];

$Q_{C,r}$ = dispersioni per extraflusso [kWh_t];

$Q_{C,ve}$ = dispersioni per ventilazione [kWh_t];

$Q_{C,sol,op}$ = apporti solari attraverso i componenti opachi [kWh_t].

4.2.1 Strutture disperdenti

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

Descrizione sintetica dei componenti opachi

Struttura portante a telaio in c.a., tamponamenti in laterizio facciavista a cassavuota, solai in laterocemento, il tutto non isolato.

Sottotetto non abitabile con copertura inclinata anch'essa non isolata.

Descrizione sintetica dei componenti finestrati

Serramenti in legno e vetrocamera senza taglio termico, con cassonetti non isolati

4.2.2 Dispersioni edificio

Dispersioni invernali

Muri										
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]	%
M1	T	Muratura esterna cassavuota	1,099	1564,59	103379,2	33,7	12150,5	70,6	26286,7	41,5
M2	T	Sottofinestra	1,924	68,53	7926,1	2,6	901,6	5,2	2696,2	4,3
M3	U	Muratura vs vano scala	1,099	383,40	8567,7	2,8	0,0	0,0	0,0	0,0
M4	T	Cassonetto	6,000	3,24	1168,5	0,4	106,8	0,6	86,1	0,1
M5	U	Porta ingresso	2,500	34,02	1738,2	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0
M11	U	Muratura cassavuota vs loggia *btr,u 0,74	1,021	72,19	2699,9	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0
Totale				2125,97	125479,7	40,9	13158,9	76,4	29069,1	45,8

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	U	Pavimento su PT	1,289	576,54	26799,9	8,7	0,0	0,0	0,0	0,0
P2	T	Pavimento vs esterno	1,500	20,59	1857,1	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0
Totale				597,13	28657,0	9,3	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]	%
S1	U	Solaio copertura vs sottotetto	1,873	597,19	41837,9	13,6	0,0	0,0	0,0	0,0
Totale				597,19	41837,9	13,6	0,0	0,0	0,0	0,0

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 105*145	3,104	13,73	2561,6	0,8	280,0	1,6	1106,2	1,7
W2	T	Finestra 105*145 DOPPIO SERRAMENTO	1,996	27,36	3283,4	1,1	358,9	2,1	2261,9	3,6
W3	T	Finestra 120*120	3,210	20,16	3890,0	1,3	425,2	2,5	1759,5	2,8
W4	T	Finestra 120*120 DOPPIO SERRAMENTO	2,029	31,68	3864,4	1,3	422,4	2,5	2439,7	3,8
W5	T	Finestra 120*145	4,096	22,62	5569,7	1,8	608,8	3,5	5268,4	8,3
W6	T	Finestra 120*145 DOPPIO SERRAMENTO	2,013	40,02	4842,7	1,6	529,3	3,1	9523,7	15,0
W7	T	Porta finestra 90*235	2,953	25,44	4515,1	1,5	493,5	2,9	3399,9	5,4
W8	U	Copia di Porta finestra 90*235 (loggia btru)	2,442	8,48	759,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0
W10	T	Finestra 70*145	3,170	15,22	2901,5	0,9	317,2	1,8	3568,1	5,6
W11	T	Porta-Finestra 70*235	3,016	24,75	4487,4	1,5	490,5	2,8	4533,3	7,1
W12	U	Copia di Finestra 70*145 (loggia btru)	2,574	3,04	286,5	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
W13	U	Copia di Porta-Finestra 70*235 (loggia btru)	2,480	4,95	450,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
W14	T	Finestra 40*120 wc	2,949	6,72	1191,3	0,4	130,2	0,8	476,5	0,8
W15	U	Copia di Finestra 40*120 wc (loggia btru)	2,440	1,92	171,8	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Totale				246,10	38774,6	12,6	4056,0	23,6	34337,4	54,2

Ponti termici						
Cod.	Tipo	Descrizione	ψ [W _t /mK]	L _{tot} [m]	Q _{H,tr} [kWh _t]	%
Z1	-	W - Parete M1 - Telaio	0,238	523,34	7092,3	2,3
Z2	-	P - Parete - Pilastro	0,407	744,51	17996,5	5,9
Z5	-	IF - Parete - Solaio interpiano trave passante	0,900	936,97	43927,4	14,3
Z6	-	W - Parete M1 - Telaio - doppio serramento	0,150	317,35	2861,4	0,9
Totale				2522,18	71877,6	23,4

Dispersioni estive

Cod.	Tipo	Descrizione	Muri							
			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	Muratura esterna cassavuota	1,099	1564,59	34790,4	35,5	15592,1	70,5	51875,0	43,5
M2	T	Sottofinestra	1,924	68,53	2623,0	2,7	1150,0	5,2	4109,4	3,4
M3	U	Muratura vs vano scala	1,099	383,40	2841,8	2,9	0,0	0,0	0,0	0,0
M4	T	Cassonetto	6,000	3,24	392,4	0,4	140,4	0,6	270,6	0,2
M5	U	Porta ingresso	2,500	34,02	583,7	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0
M11	U	Muratura cassavuota vs loggia *btr,u 0,74	1,021	72,19	756,7	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0
Totale				2125,97	41988,0	42,9	16882,5	76,4	56255,0	47,2

Cod.	Tipo	Descrizione	Pavimenti							
			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	U	Pavimento su PT	1,289	576,54	10060,3	10,3	0,0	0,0	0,0	0,0
P2	T	Pavimento vs esterno	1,500	20,59	690,9	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0
Totale				597,13	10751,1	11,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Cod.	Tipo	Descrizione	Soffitti							
			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]	%
S1	U	Solaio copertura vs sottotetto	1,873	597,19	9322,2	9,5	0,0	0,0	0,0	0,0
Totale				597,19	9322,2	9,5	0,0	0,0	0,0	0,0

Cod.	Tipo	Descrizione	Componenti finestrati							
			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]	%
W1	T	Finestra 105*145	3,104	13,73	773,9	0,8	343,2	1,6	3251,4	2,7
W2	T	Finestra 105*145 DOPPIO SERRAMENTO	1,996	27,36	1133,7	1,2	465,5	2,1	6935,8	5,8
W3	T	Finestra 120*120	3,210	20,16	1207,3	1,2	527,2	2,4	5224,0	4,4
W4	T	Finestra 120*120 DOPPIO SERRAMENTO	2,029	31,68	1360,3	1,4	552,9	2,5	7544,3	6,3
W5	T	Finestra 120*145	4,096	22,62	1694,6	1,7	748,7	3,4	6922,6	5,8
W6	T	Finestra 120*145 DOPPIO SERRAMENTO	2,013	40,02	1712,6	1,7	694,3	3,1	13370,8	11,2
W7	T	Porta finestra 90*235	2,953	25,44	1729,6	1,8	673,1	3,0	6958,6	5,8
W8	U	Copia di Porta finestra 90*235 (loggia btru)	2,442	8,48	206,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0
W10	T	Finestra 70*145	3,170	15,22	993,8	1,0	410,2	1,9	4939,6	4,1
W11	T	Porta-Finestra 70*235	3,016	24,75	1537,0	1,6	634,5	2,9	6275,8	5,3
W12	U	Copia di Finestra 70*145 (loggia btru)	2,574	3,04	86,6	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
W13	U	Copia di Porta-Finestra 70*235 (loggia btru)	2,480	4,95	136,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
W14	T	Finestra 40*120 wc	2,949	6,72	422,0	0,4	171,1	0,8	1481,0	1,2
W15	U	Copia di Finestra 40*120 wc (loggia btru)	2,440	1,92	46,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Totale				246,10	13040,2	13,3	5220,6	23,6	62904,0	52,8

Cod.	Tipo	Descrizione	Ponti termici			
			ψ [W _t /mK]	L _{tot} [m]	Q _{C,tr} [kWh _t]	%
Z1	-	W - Parete M1 - Telaio	0,238	523,34	2352,9	2,4
Z2	-	P - Parete - Pilastro	0,407	744,51	6007,2	6,1
Z5	-	IF - Parete - Solaio interpiano trave passante	0,900	936,97	13517,8	13,8
Z6	-	W - Parete M1 - Telaio - doppio serramento	0,150	317,35	1003,6	1,0
Totale				2522,18	22881,4	23,4

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	Muratura esterna cassavuota	1,099	1,812	0,300	0,280
M3	U	Muratura vs vano scala	1,099	1,486	0,887	0,828
M6	N	Muratura tra unità immobiliari con giunto	0,595	1,084	0,800	0,800
M8	N	Muratura tra unità immobiliari cassavuota	1,111	1,467	0,800	0,800
M11	U	Muratura cassavuota vs loggia *btr,u 0,74	1,021	1,888	0,492	0,460

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	U	Pavimento su PT	1,289	1,289	0,517	0,483
P2	T	Pavimento vs esterno	1,500	1,500	0,310	0,290

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
S1	U	Solaio copertura vs sottotetto	1,873	1,873	0,418	0,386

Cod.	Tipo	Descrizione	Componenti finestrate			
			U _w [W _t /m ² K]	U _{w,limite} [W _t /m ² K]	U _g [W _t /m ² K]	
				2015	2021	
M5	U	Porta ingresso	2,500	5,588	4,118	-
W1	T	Finestra 105*145	3,104	1,900	1,400	5,166
W2	T	Finestra 105*145 DOPPIO SERRAMENTO	1,996	1,900	1,400	2,594
W3	T	Finestra 120*120	3,210	1,900	1,400	5,166
W4	T	Finestra 120*120 DOPPIO SERRAMENTO	2,029	1,900	1,400	2,594
W5	T	Finestra 120*145	4,096	1,900	1,400	5,166
W6	T	Finestra 120*145 DOPPIO SERRAMENTO	2,013	1,900	1,400	2,594
W7	T	Porta finestra 90*235	2,953	1,900	1,400	5,166
W8	U	Copia di Porta finestra 90*235 (loggia btru)	2,442	3,115	2,295	3,802
W10	T	Finestra 70*145	3,170	1,900	1,400	5,166
W11	T	Porta-Finestra 70*235	3,016	1,900	1,400	5,166
W12	U	Copia di Finestra 70*145 (loggia btru)	2,574	3,125	2,303	3,802
W13	U	Copia di Porta-Finestra 70*235 (loggia btru)	2,480	3,115	2,295	3,802
W14	T	Finestra 40*120 wc	2,949	1,900	1,400	5,166
W15	U	Copia di Finestra 40*120 wc (loggia btru)	2,440	3,115	2,295	3,802

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 finestrate
%	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	$Q_{H,tr}$	277558	kWh _t
Dispersioni per extraflusso	$Q_{H,r}$	17215	kWh _t
Dispersioni per ventilazione	$Q_{H,ve}$	27039	kWh _t

Apporti

Apporti solari attraverso i componenti opachi	$Q_{H,sol,op}$	29069	kWh _t
Apporti solari attraverso i componenti finestrati	$Q_{H,sol,w}$	34337	kWh _t
Apporti interni	$Q_{H,int}$	33167	kWh _t
Apporti aggiuntivi	$Q_{H,aqg}$	0	kWh _t

Bilancio energetico

Fabbisogno del fabbricato	$Q_{H,nd}$	255409	kWh _t
Indice di prestazione termica del fabbricato	$EP_{H,nd}$	169,77	kWh _t /m ²
Valore limite	$EP_{H,nd,lim}$	29,26	kWh _t /m ²

Risultati energia estiva

Dispersioni

Dispersioni per trasmissione	$Q_{C,tr}$	41728	kWh _t
Dispersioni per extraflusso	$Q_{C,r}$	22103	kWh _t
Dispersioni per ventilazione	$Q_{C,ve}$	9050	kWh _t

Apporti

Apporti solari attraverso i componenti opachi	$Q_{C,sol,op}$	56255	kWh _t
Apporti solari attraverso i componenti finestrati	$Q_{C,sol,w}$	62904	kWh _t
Apporti interni	$Q_{C,int}$	29982	kWh _t
Apporti aggiuntivi	$Q_{C,aqg}$	0	kWh _t

Bilancio energetico

Fabbisogno del fabbricato	$Q_{C,nd}$	44468	kWh _t
Indice di prestazione termica del fabbricato	$EP_{C,nd}$	29,56	kWh _t /m ²
Valore limite	$EP_{C,lim}$	33,13	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 [$kWh_p/kWh_{t/el}$];

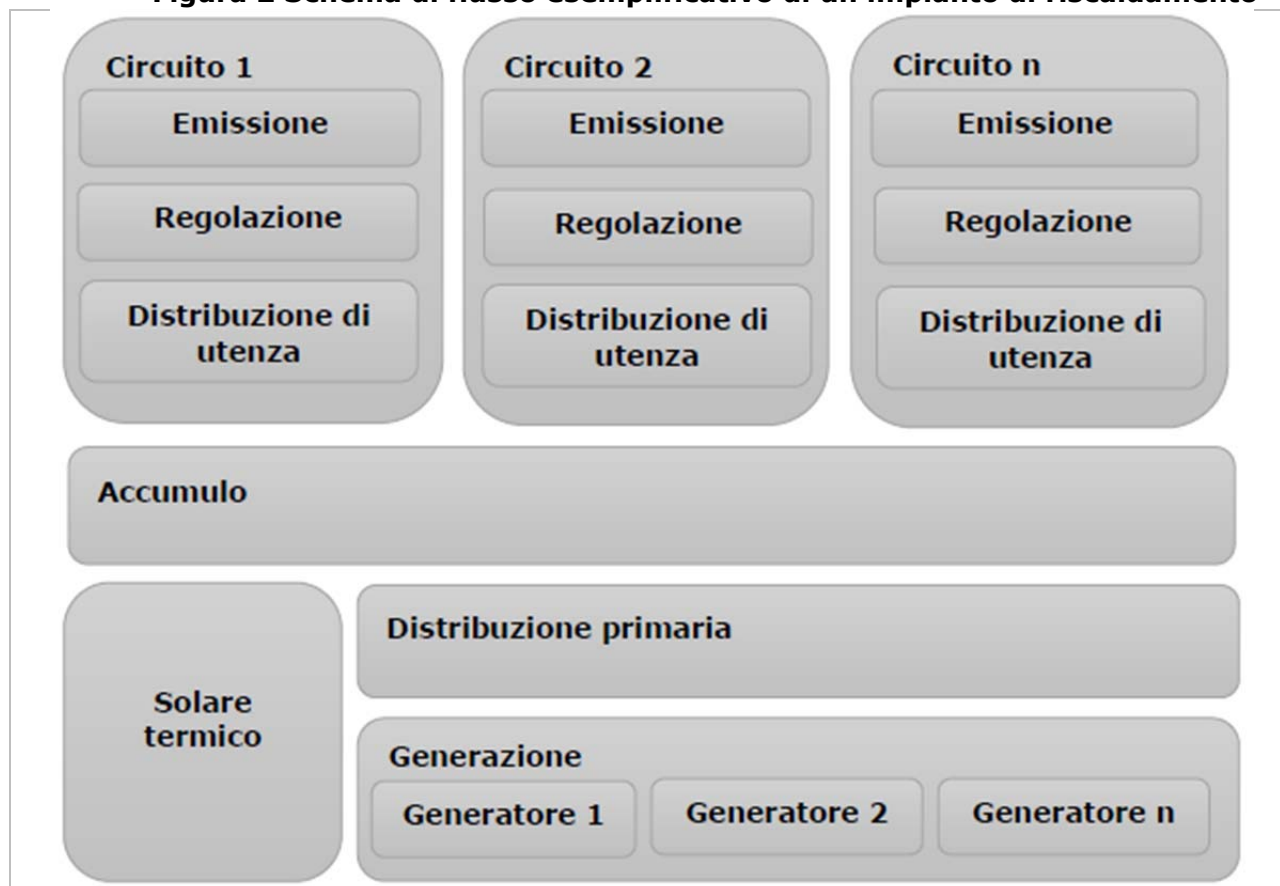
$Q_{exp,k}$ = energia esportata dal singolo vettore energetico [kWh_{el}];

$f_{p,exp,k}$ = 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

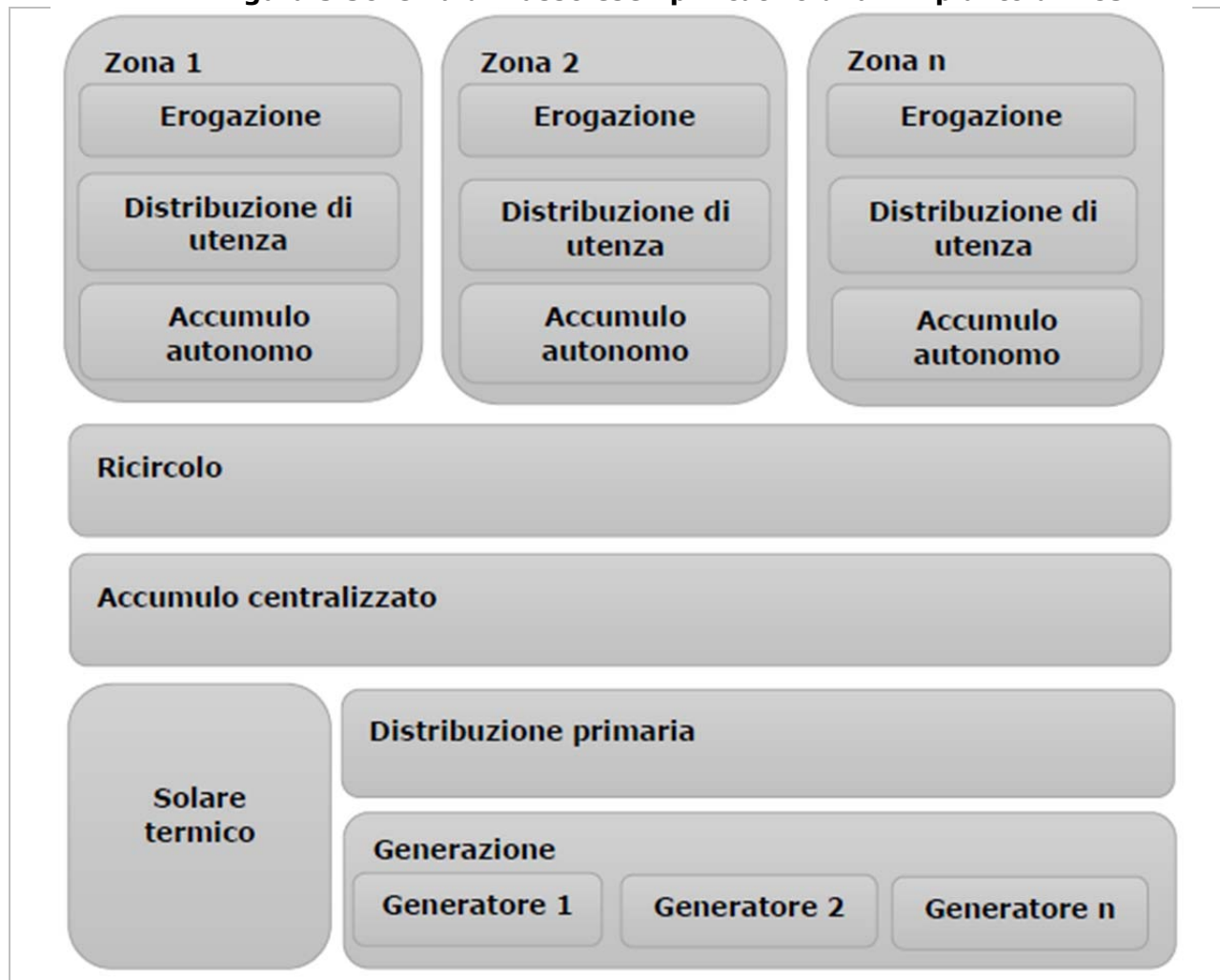
IMPIANTI AUTONOMI CON CALDAIE COMBinate (PREVALENTEMENTE DI TIPO B) con TERMOSTATO DI ZONA; RADIATORI PREVALENTEMENTE PRIVI DI VALVOLE TERMOSTATICHE.

NB: laddove non è stato possibile eseguire un rilievo puntuale, si è ipotizzata una caldaia tipo C tradizionale.

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.

Descrizione sintetica dell'impianto di ACS

[Caldaia combinata per ciascun alloggio](#)

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	Metano										Energia primaria		Spesa ed emissioni	
	Consumo ed energia consegnata													
	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]	S [C]	Em _{CO2} [kg]					
Riscaldamento (H)	37333	Sm³	351774	0	369362	0	369362	30612,73	73872					
Acqua calda sanitaria (W)	3952	Sm³	37241	0	39103	0	39103	3240,84	7821					
Globale (GI)	41285	Sm³	389014	0	408465	0	408465	33853,57	81693					

Servizio	Energia elettrica							Spesa ed emissioni	
	Consumo ed energia consegnata				Energia primaria				
	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]	S [C]	Em _{CO2} [kg]
Riscaldamento (H)	6196	kWh	6196	-	12082	2912	14995	1549,04	2850
Acqua calda sanitaria (W)	1130	kWh	1130	-	2203	531	2734	282,47	520
Globale (GI)	7326	kWh	7326	-	14286	3443	17729	1831.51	3370

Spesa

Servizio	S [€]
Riscaldamento (H)	32161,77
Acqua calda sanitaria (W)	3523,31
Raffrescamento (C)	0,00
Ventilazione (V)	0,00
Illuminazione (L)	0,00
Trasporto (T)	0,00
Globale (GI)	35685,08

Rendimenti

Riscaldamento idronico (H_{idr})	
Sottosistema	Valore calcolato [-]
Emissione (η_{em})	90,7
Regolazione (η_{reg})	93,0
Distribuzione di utenza (η_{du})	98,0
Accumulo (η_s)	100,0
Distribuzione primaria (η_{dp})	100,0
Generazione ($\eta_{gen,ut}$)	87,4
Generazione ($\eta_{gen,p,nren}$)	81,8
Generazione ($\eta_{gen,p,tot}$)	81,4
Globale medio stagionale ($\eta_{g,p,nren}$)	67,0
Globale medio stagionale ($\eta_{g,p,tot}$)	66,5
Valore limite (η_{lim})	0,0

Acqua calda sanitaria (W)	
Sottosistema	Valore calcolato [-]
Erogazione (η_{er})	100,0
Distribuzione di utenza (η_{du})	92,6
Accumulo (η_s)	100,0
Ricircolo (η_{ric})	100,0
Distribuzione primaria (η_{dp})	100,0
Generazione ($\eta_{gen,ut}$)	74,2
Generazione ($\eta_{gen,p,nren}$)	66,9
Generazione ($\eta_{gen,p,tot}$)	66,1
Globale medio stagionale ($\eta_{g,p,nren}$)	61,9
Globale medio stagionale ($\eta_{g,p,tot}$)	61,2
Valore limite (η_{lim})	0,0

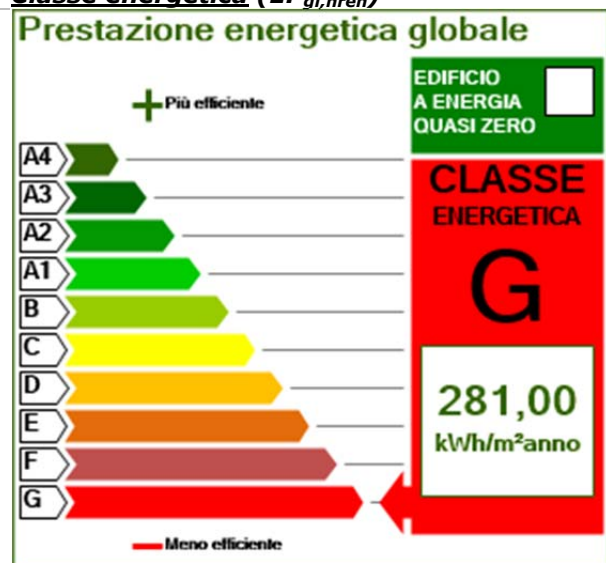
Indici di prestazione termica del fabbricato

Servizio	Q_{nd} [kWh _t]	EP_{nd} [kWh _t /m ²]	$EP_{nd,limite}$ [kWh _t /m ²]
Riscaldamento (H)	255409	169,77	29,26
Raffrescamento (C)	44468	29,56	33,13

Indici di prestazione energetica dell'edificio

Servizio	Energia primaria			Indici di prestazione energetica			
	Q _{p,nren} [kWh _a]	Q _{p,ren} [kWh _a]	Q _{p,tot} [kWh _a]	EP _{nren} [kWh _a /m ²]	EP _{ren} [kWh _a /m ²]	EP _{tot} [kWh _a /m ²]	EP _{tot,limite} [kWh _a /m ²]
Riscaldamento (H)	381445	2912	384357	253,55	1,94	255,48	-
Acqua calda sanitaria (W)	41306	531	41837	27,46	0,35	27,81	-
Raffrescamento (C)	0	0	0	0,00	0,00	0,00	-
Ventilazione (V)	0	0	0	0,00	0,00	0,00	-
Illuminazione (L)	0	0	0	0,00	0,00	0,00	-
Trasporto (T)	0	0	0	0,00	0,00	0,00	-
Globale	422751	3443	426194	281,00	2,29	283,29	69,94

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



Nota: classe energetica indicativa, avente valenza di riferimento ed obiettivo, valutata, coerentemente con il calcolo di diagnosi, secondo la modalità di valutazione A3.

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)	0,8	-	-	-
Acqua calda sanitaria (W)	1,3	50	-	-
Raffrescamento (C)	0,0	-	-	-
Globale (H + W + C)	0,8	20	35	50
Ventilazione (V)	0,0	-	-	-
Illuminazione (L)	0,0	-	-	-
Trasporto (T)	0,0	-	-	-
Globale	0,8	-	-	-

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)	76722,70
Acqua calda sanitaria (W)	8340,31
Raffrescamento (C)	0,00
Ventilazione (V)	0,00
Illuminazione (L)	0,00
Trasporto (T)	0,00
Globale (GI)	85063,00

Legenda:

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

5 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 esterno, insufflaggio, isolamento coperture orizzontali, isolamento cassonetti, sostituzione serramenti, sostituzione solo vetro	Riduzione trasmittanze termiche (W_t/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	Intervento Superbonus 110% (vedasi "asseverazione superbonus" per dettagli)	821029,00	27332,56	30,0	216,14	A1

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)

5.1 Intervento Superbonus 110% (vedasi "asseverazione superbonus" per dettagli)

Dati generali

Numero	1		
Descrizione	Intervento Superbonus 110% (vedasi "asseverazione superbonus" per dettagli)		
Lavoro di riferimento	APE_POST_VERGA_52-54-56.E0001		
Costo stimato	C	821029,00	€
Risparmio economico conseguibile	ΔS_{ql}	27332,56	€/anno
Tempo di ritorno semplice	t_r	30,0	anni
Risparmio energetico conseguibile	$\Delta EP_{al.nren}$	216,14	kWh _o /m ² anno
Classe energetica raggiungibile	A1		

Riepilogo interventi

N°	Descrizione	Costo (C) [€]
1	Isolamento pareti opache esterne e sottotetto	507412,34
2	Sostituzione serramenti vetrati comprensivi di tapparelle	192636,69
3	Sostituzione generatori di calore	120980,00

5.1.1 Isolamento pareti opache esterne e sottotetto

Dati generali

Intervento	1		
Descrizione	Isolamento pareti opache esterne e sottotetto		
Costo stimato	C	507412,34	€

Caratteristiche intervento

Isolamento delle pareti esterne (tipologia M1 ed M2) mediante installazione di 14cm di EPS con $\lambda=0,033$ W/mK oltre a 10mm di intonaco plastico; inoltre verrà isolato l'ultimo orizzontamento (solaio verso sottotetto freddo non abitabile) mediante insufflaggio di isolante in Isover Insulsafe33 per 200mm di spessore.

L'isolamento delle strutture perimetrali verrà proseguito in altezza per circa 40cm oltre all'estradosso dell'ultimo orizzontamento, per correggere parzialmente il ponte termico; analogamente avverrà intorno agli imbotti dei serramenti, mediante impiego di inferiori spessori (50mm).

5.1.2 Sostituzione serramenti vetrati comprensivi di tapparelle

Dati generali

Intervento	2		
Descrizione	Sostituzione serramenti vetrati comprensivi di tapparelle		
Costo stimato	C	192636,69	€

Caratteristiche intervento

Sostituzione serramenti vetrati con tipologia a taglio termico in PVC e vetrocamera con vetri bassoemissivi.

$U_w = 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$

Nuove tapparelle con cassonetti isolati.

5.1.3 Sostituzione generatori di calore

Dati generali

Intervento	3		
Descrizione	Sostituzione generatori di calore		
Costo stimato	C	120980,00	€

Caratteristiche intervento

Sostituzione generatori di calore esistenti con caldaie combinate a condensazione $P_u = 20,2 \text{ kW}$ e nuova canna fumaria; installazione di valvole termostatiche sui radiatori esistenti

5.1.4 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.

5.1.4.1 Edificio

Consumi (Co)

Servizio	Metano [Sm ³]		Δ [%]
	Stato di fatto	Scenario	
Riscaldamento (H)	37333	6281	-83,2
Acqua calda sanitaria (W)	3952	2979	-24,6
Globale	41285	9260	-77,6

Servizio	Energia elettrica [kWh]		Δ [%]
	Stato di fatto	Scenario	
Riscaldamento (H)	6196	2753	-55,6
Acqua calda sanitaria (W)	1130	285	-74,8
Globale	7326	3037	-58,5

Spesa (S) [€]

Servizio	Stato di fatto	Scenario	Δ [%]
Riscaldamento (H)	32161,77	5838,65	81,8
Acqua calda sanitaria (W)	3523,31	2513,87	28,7
Raffrescamento (C)	0,00	0,00	0,0
Ventilazione (V)	0,00	0,00	0,0
Illuminazione (L)	0,00	0,00	0,0
Trasporto (T)	0,00	0,00	0,0
Globale	35685,08	8352,52	76,6

Valutazione economica preliminare

Costo stimato (C) [€]	821029,00
Risparmio economico conseguibile (ΔS_{gi}) [€/anno]	27332,56
Tempo di ritorno semplice (t_r) [anni]	30,0

Rendimenti (η) [%]

Riscaldamento idronico (H_{idr})			
Sottosistema	Stato di fatto	Scenario	Δ [%]
Emissione (η_{em})	90,7	97,9	7,9
Regolazione (η_{reg})	93,0	96,0	3,2
Distribuzione di utenza (η_{du})	98,0	97,0	-1,0
Accumulo (η_s)	100,0	100,0	0,0
Distribuzione primaria (η_{dp})	100,0	100,0	0,0
Generazione ($\eta_{gen,ut}$)	87,4	100,5	14,9
Generazione ($\eta_{gen,p,nren}$)	81,8	89,8	9,9
Generazione ($\eta_{gen,p,tot}$)	81,4	88,5	8,7
Globale medio stagionale ($\eta_{g,p,nren}$)	67,0	81,4	21,6
Globale medio stagionale ($\eta_{g,p,tot}$)	66,5	79,9	20,3
Valore limite (η_{lim})	0,0	-	-

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)	100,0	100,0	0,0
Ricircolo (η_{ric})	100,0	100,0	0,0
Distribuzione primaria (η_{dp})	100,0	100,0	0,0
Generazione ($\eta_{gen,ut}$)	74,2	98,4	32,6
Generazione ($\eta_{gen,p,nren}$)	66,9	92,0	37,5
Generazione ($\eta_{gen,p,tot}$)	66,1	91,6	38,7
Globale medio stagionale ($\eta_{g,p,nren}$)	61,9	85,2	37,5
Globale medio stagionale ($\eta_{g,p,tot}$)	61,2	84,8	38,7
Valore limite (η_{lim})	0,0	-	-

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

Servizio	Stato di fatto	Scenario	Δ [%]	Valore limite
Riscaldamento (H)	169,77	36,56	-78,5	29,26
Raffrescamento (C)	29,56	36,25	22,6	33,13

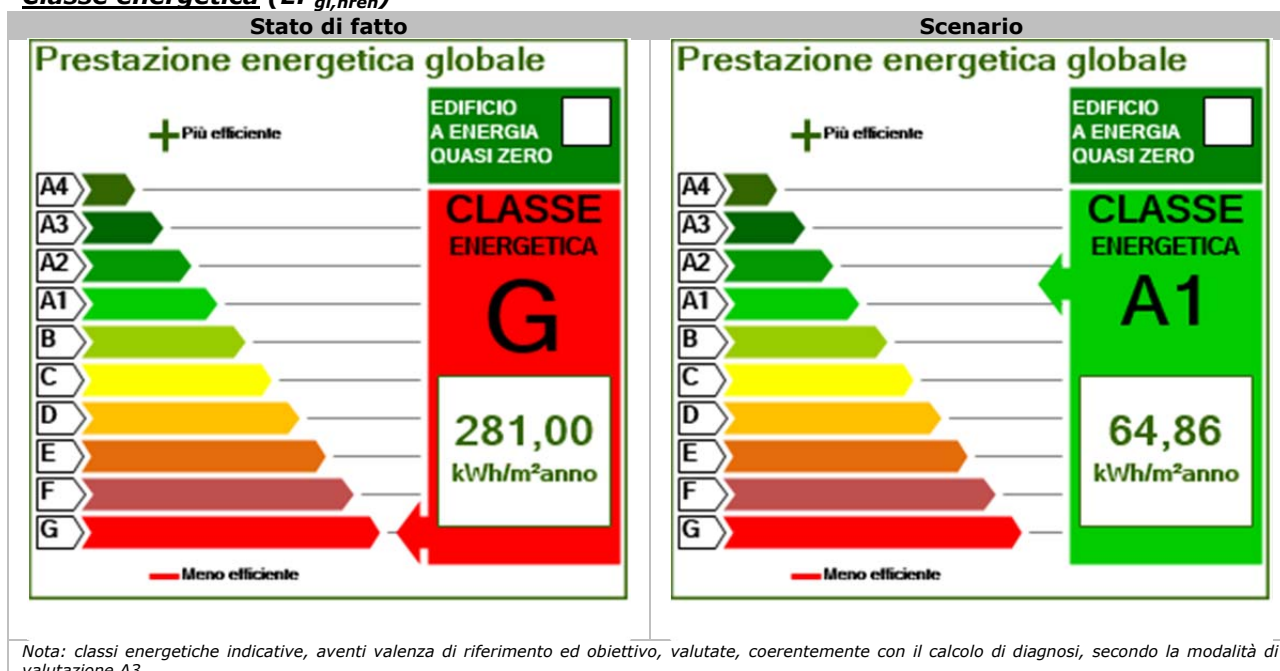
Indici di prestazione energetica dell'edificio (EP) [kWh_p/m^2]

Non rinnovabile (EP_{nren})			
Servizio	Stato di fatto	Scenario	Δ [%]
Riscaldamento (H)	253,55	44,89	-82,3
Acqua calda sanitaria (W)	27,46	19,97	-27,3
Raffrescamento (C)	0,00	0,00	0,0
Ventilazione (V)	0,00	0,00	0,0
Illuminazione (L)	0,00	0,00	0,0
Trasporto (T)	0,00	0,00	0,0
Globale (GI)	281,00	64,86	-76,9

Rinnovabile (EP_{ren})			
Servizio	Stato di fatto	Scenario	Δ [%]
Riscaldamento (H)	1,94	0,86	-55,6
Acqua calda sanitaria (W)	0,35	0,09	-74,8
Raffrescamento (C)	0,00	0,00	0,0
Ventilazione (V)	0,00	0,00	0,0
Illuminazione (L)	0,00	0,00	0,0
Trasporto (T)	0,00	0,00	0,0
Globale (GI)	2,29	0,95	-58,5

Totale (EP_{tot})			
Servizio	Stato di fatto	Scenario	Δ [%]
Riscaldamento (H)	255,48	45,75	-82,1
Acqua calda sanitaria (W)	27,81	20,06	-27,9
Raffrescamento (C)	0,00	0,00	0,0
Ventilazione (V)	0,00	0,00	0,0
Illuminazione (L)	0,00	0,00	0,0
Trasporto (T)	0,00	0,00	0,0
Globale (GI)	283,29	65,81	-76,8
Valore limite ($EP_{gl,tot,lim}$)	69,94	-	-

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



Quota rinnovabile (QR) [%]

Servizio	Stato di fatto	Scenario	Δ [%]	Valore minimo
Riscaldamento (H)	0,8	1,9	145,2	-
Acqua calda sanitaria (W)	1,3	0,4	-63,0	50
Raffrescamento (C)	0,0	0,0	0,0	-
Globale (H + W + C)	0,8	1,4	74,3	20 / 35 / 50
Ventilazione (V)	0,0	0,0	0,0	-
Illuminazione (L)	0,0	0,0	0,0	-
Trasporto (T)	0,0	0,0	0,0	-
Globale (GI)	0,8	1,4	74,3	-

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_{co2}) [kg]

Servizio	Stato di fatto	Scenario	Δ [%]
Riscaldamento (H)	76722,70	13695,01	-82,1
Acqua calda sanitaria (W)	8340,31	6025,50	-27,8
Raffrescamento (C)	0,00	0,00	0,0
Ventilazione (V)	0,00	0,00	0,0
Illuminazione (L)	0,00	0,00	0,0
Trasporto (T)	0,00	0,00	0,0
Globale (GI)	85063,00	19720,51	-76,8

Legenda:

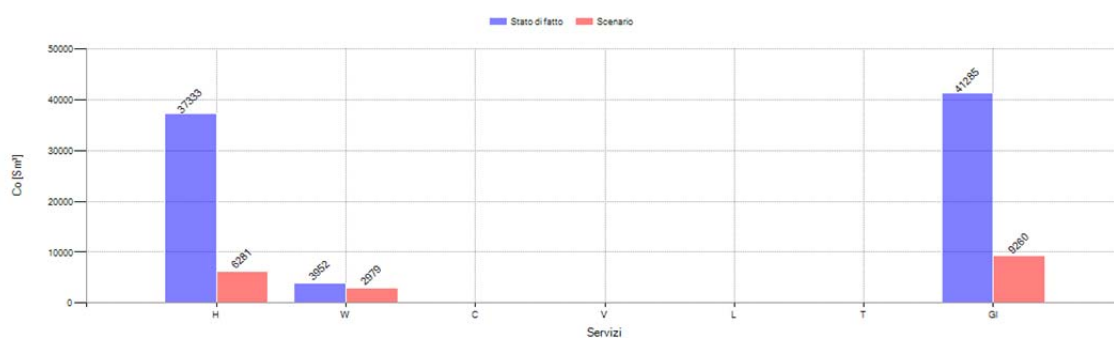
Co	Consumo
Em	Emissioni
EP _{nd}	Indice di prestazione termica
EP _{nren}	Indice di prestazione energetica non rinnovabile
EP _{ren}	Indice di prestazione energetica rinnovabile
EP _{tot}	Indice di prestazione energetica totale
η_{ut}	Rendimento rispetto all'energia utile
$\eta_{p,nren}$	Rendimento rispetto 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.

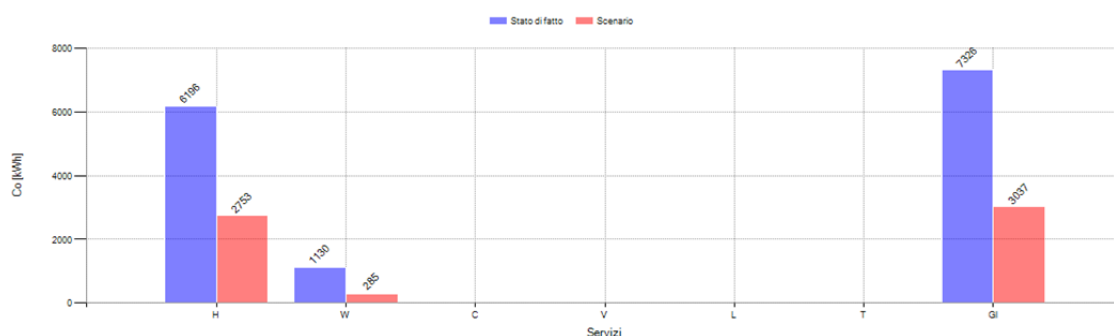
Consumi di combustibile ed energia elettrica

Metano



Servizio	Co _{in} [Sm³]	Co _{fin} [Sm³]	Δ [%]
Riscaldamento (H)	37333	6281	-83,2
Acqua calda sanitaria (W)	3952	2979	-24,6
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)	41285	9260	-77,6

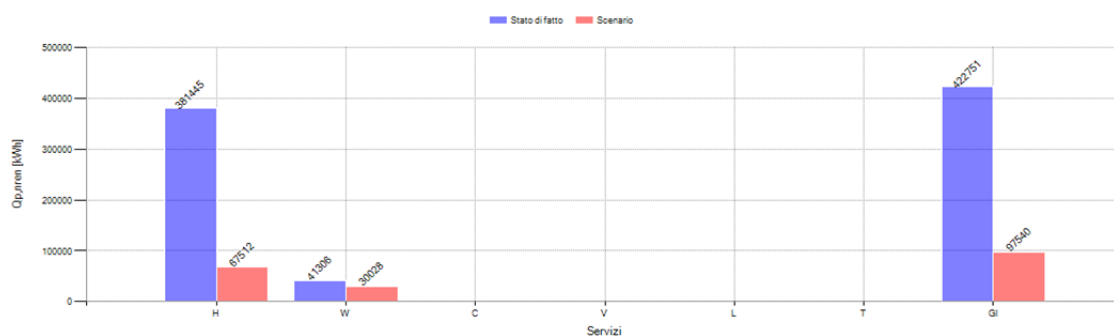
Energia elettrica



Servizio	Co _{in} [kWh]	Co _{fin} [kWh]	Δ [%]
Riscaldamento (H)	6196	2753	-55,6
Acqua calda sanitaria (W)	1130	285	-74,8
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)	7326	3037	-58,5

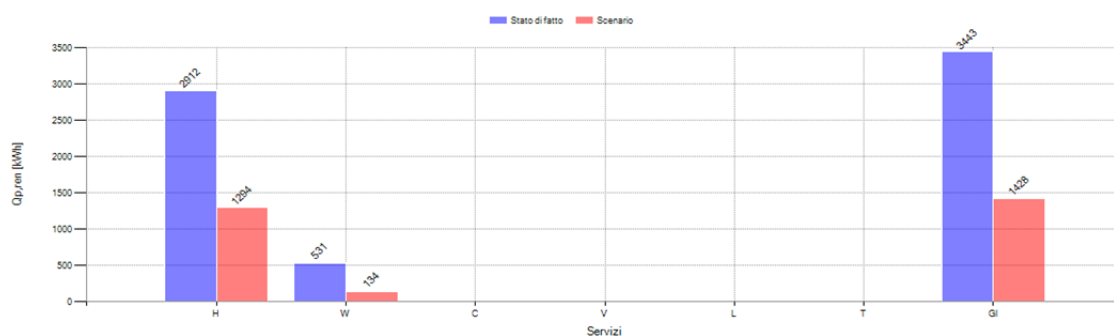
Consumi di energia primaria

Non rinnovabile



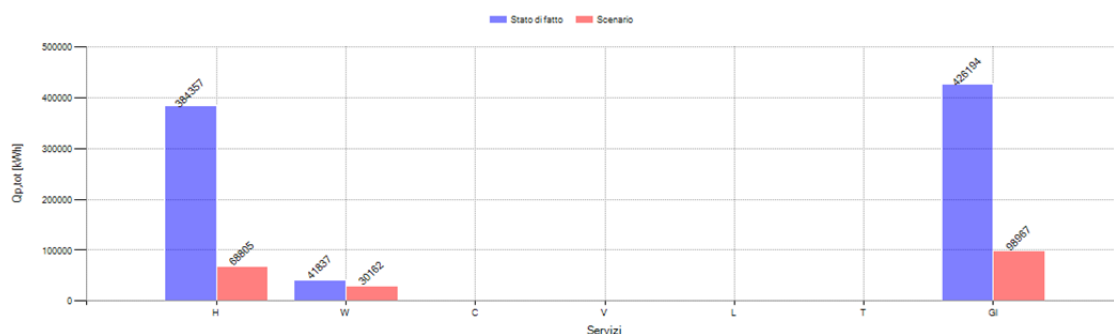
Servizio	Q _{p,nren,in} [kWh _p]	Q _{p,nren,fin} [kWh _p]	Δ [%]
Riscaldamento (H)	381445	67512	-82,3
Acqua calda sanitaria (W)	41306	30028	-27,3
Raffrescamento (C)	0	0	0,0
Ventilazione (V)	0	0	0,0
Illuminazione (L)	0	0	0,0
Trasporto (T)	0	0	0,0
Globale (GI)	422751	97540	-76,9

Rinnovabile



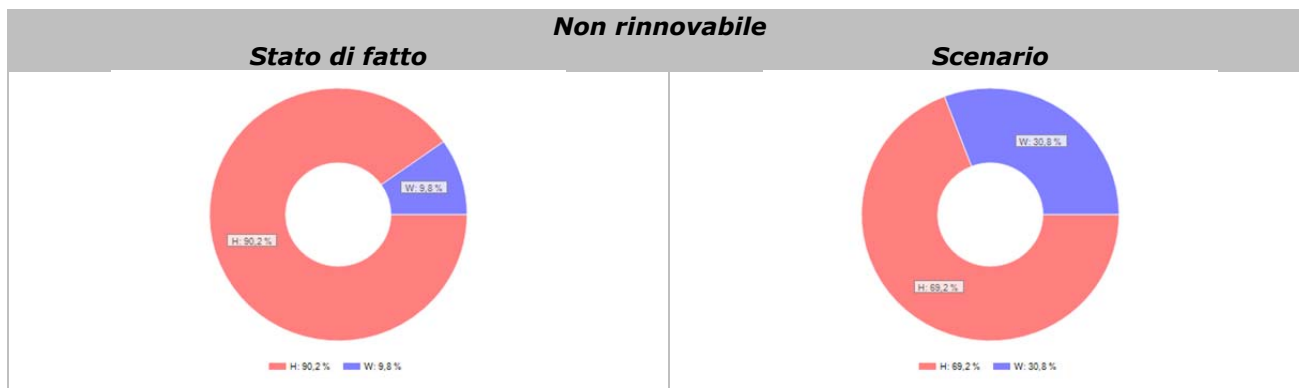
Servizio	Q _{p,ren,in} [kWh _p]	Q _{p,ren,fin} [kWh _p]	Δ [%]
Riscaldamento (H)	2912	1294	-55,6
Acqua calda sanitaria (W)	531	134	-74,8
Raffrescamento (C)	0	0	0,0
Ventilazione (V)	0	0	0,0
Illuminazione (L)	0	0	0,0
Trasporto (T)	0	0	0,0
Globale (GI)	3443	1428	-58,5

Totale

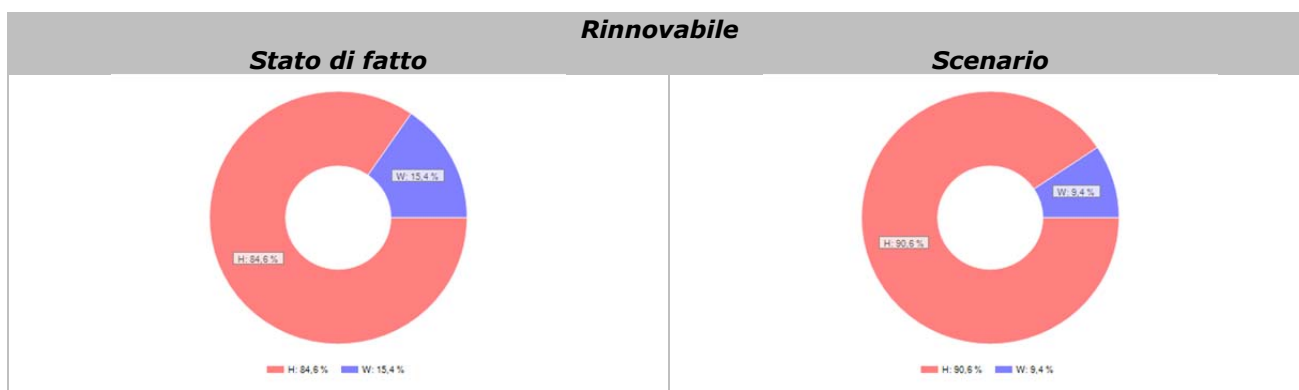


Servizio	Q _{p,tot,in} [kWh _p]	Q _{p,tot,fin} [kWh _p]	Δ [%]
Riscaldamento (H)	384357	68805	-82,1
Acqua calda sanitaria (W)	41837	30162	-27,9
Raffrescamento (C)	0	0	0,0
Ventilazione (V)	0	0	0,0
Illuminazione (L)	0	0	0,0
Trasporto (T)	0	0	0,0
Globale (GI)	426194	98967	-76,8

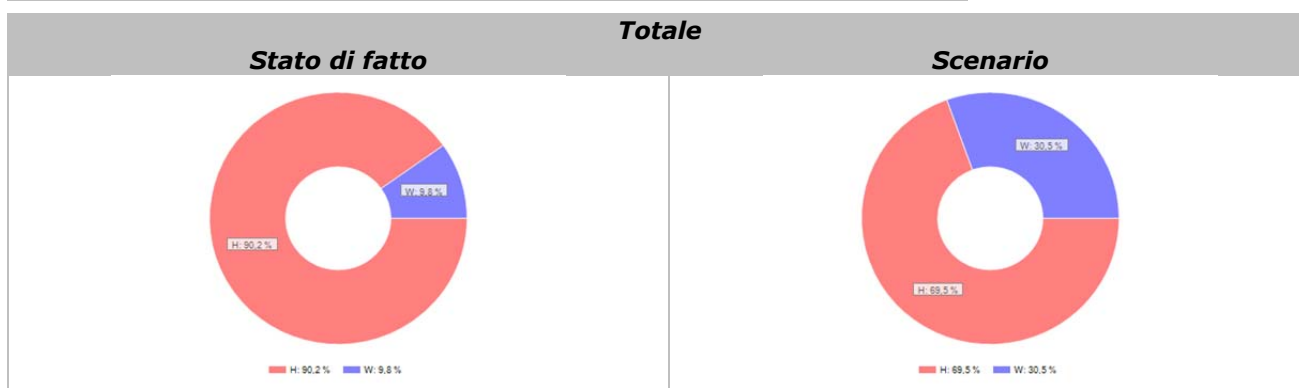
Suddivisione dell'energia primaria globale per servizio



Servizio	Stato di fatto		Scenario	
	Q _{p,ren} [kWh _p]	%	Q _{p,ren} [kWh _p]	%
Riscaldamento (H)	381445	90,2	67512	69,2
Acqua calda sanitaria (W)	41306	9,8	30028	30,8
Raffrescamento (C)	0	0,0	0	0,0
Ventilazione (V)	0	0,0	0	0,0
Illuminazione (L)	0	0,0	0	0,0
Trasporto (T)	0	0,0	0	0,0
Globale (GI)	422751	100,0	97540	100,0

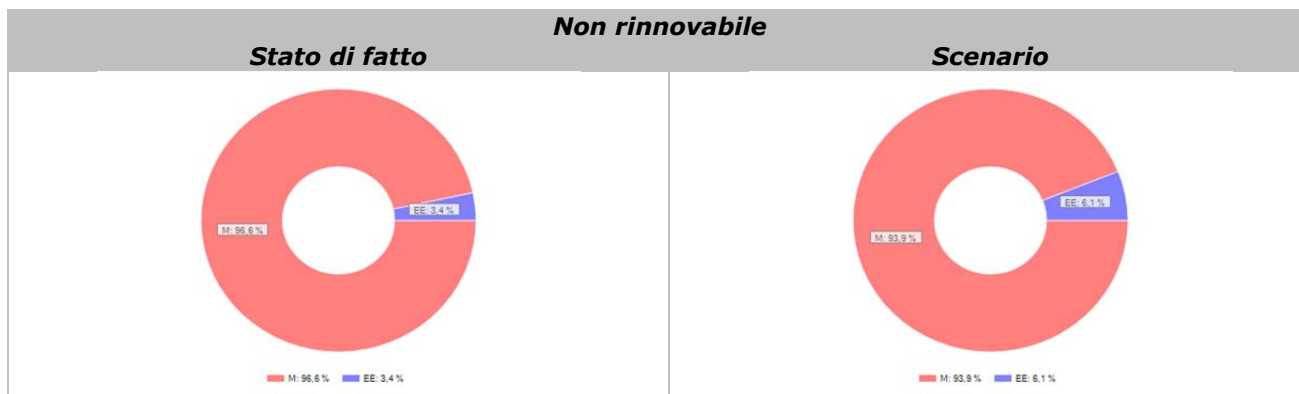


Servizio	Stato di fatto		Scenario	
	Q _{p,ren} [kWh _p]	%	Q _{p,ren} [kWh _p]	%
Riscaldamento (H)	2912	84,6	1294	90,6
Acqua calda sanitaria (W)	531	15,4	134	9,4
Raffrescamento (C)	0	0,0	0	0,0
Ventilazione (V)	0	0,0	0	0,0
Illuminazione (L)	0	0,0	0	0,0
Trasporto (T)	0	0,0	0	0,0
Globale (GI)	3443	100,0	1428	100,0

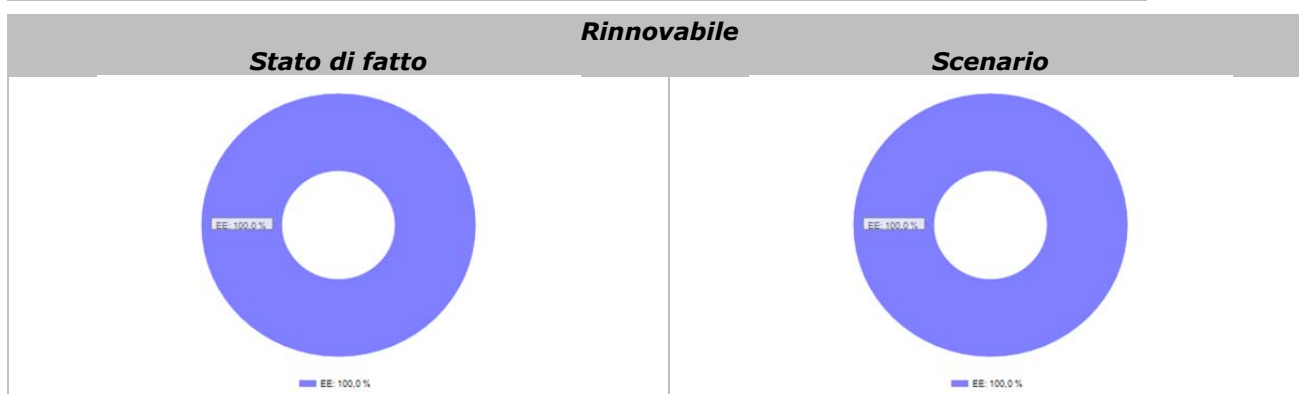


Servizio	Stato di fatto		Scenario	
	Q _{p,tot} [kWh _p]	%	Q _{p,tot} [kWh _p]	%
Riscaldamento (H)	384357	90,2	68805	69,5
Acqua calda sanitaria (W)	41837	9,8	30162	30,5
Raffrescamento (C)	0	0,0	0	0,0
Ventilazione (V)	0	0,0	0	0,0
Illuminazione (L)	0	0,0	0	0,0
Trasporto (T)	0	0,0	0	0,0
Globale (GI)	426194	100,0	98967	100,0

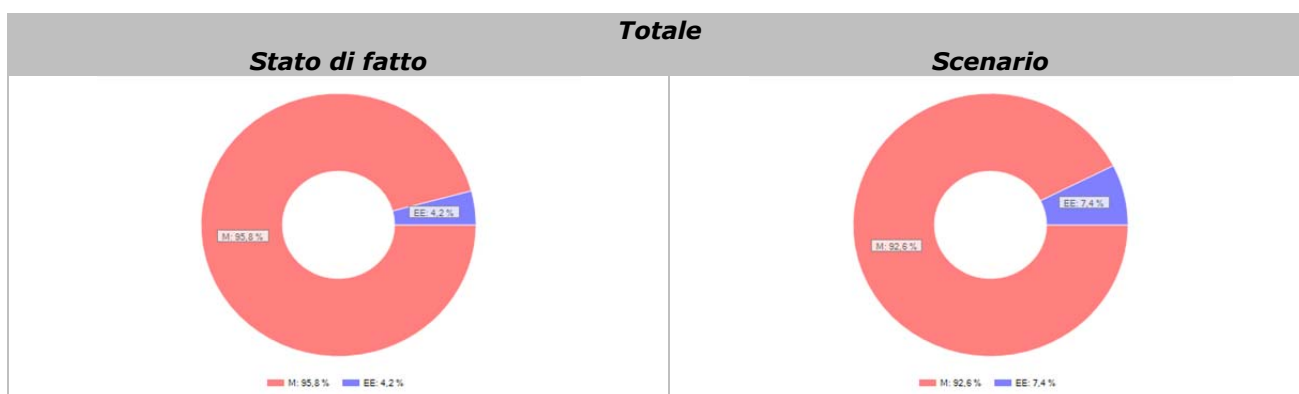
Suddivisione dell'energia primaria globale per vettore energetico



Vettore energetico	Stato di fatto		Scenario	
	Q _{p,ren} [kWh _p]	%	Q _{p,ren} [kWh _p]	%
Metano (M)	408465	96,6	91617	93,9
Energia elettrica (EE)	14286	3,4	5923	6,1
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	422751	100,0	97540	100,0



Vettore energetico	Stato di fatto		Scenario	
	Q _{p,ren} [kWh _p]	%	Q _{p,ren} [kWh _p]	%
Metano (M)	0	0,0	0	0,0
Energia elettrica (EE)	3443	100,0	1428	100,0
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	3443	100,0	1428	100,0



Vettore energetico	Stato di fatto		Scenario	
	Q _{p,tot} [kWh _p]	%	Q _{p,tot} [kWh _p]	%
Metano (M)	408465	95,8	91617	92,6
Energia elettrica (EE)	17729	4,2	7350	7,4
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	426194	100,0	98967	100,0