



COMUNE DI IGLESIAS

Provincia di Carbonia Iglesias

Settore Tecnico Manutentivo

Ufficio Lavori Pubblici

OGGETTO

POR FESR Sardegna 2014/2020

Asse Prioritario IV "Energia sostenibile e qualità della vita"

Azioni 4.1.1 e 4.3.1

**"INTERVENTI DI EFFICIENTAMENTO ENERGETICO NEGLI EDIFICI PUBBLICI E DI
REALIZZAZIONE DI MICRO RETI NELLE INFRASTRUTTURE PUBBLICHE NELLA REGIONE
SARDEGNA"**

ATTUAZIONE DELLA D.G.R. N.46/7 DEL 10.08.2016

**Lavori di manutenzione straordinaria finalizzata al risparmio e all'efficienza energetica della Scuola
Primaria di Via Pacinotti e della Scuola Secondaria di 1° Grado di Corso Colombo in Iglesias (CI).**

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

DIAGNOSI ENERGETICA SCUOLA PRIMARIA DI VIA PACINOTTI

Redatto da: Ufficio Lavori Pubblici del Comune di Iglesias

Addì: [Novembre 2017](#)

Il Dirigente

Dott. Ing. Pierluigi Castiglione

Il Progettista

Dott. Ing. Danila Crobu

RELAZIONE DI DIAGNOSI ENERGETICA (rapporto finale)

secondo UNI CEI EN 16247-1-2, UNI CEI/TR 11428 ed il
progetto di linee guida CTI per le diagnosi energetiche
degli edifici

Progettista

Nome

Dott. Ing. Danila Crobu

Indirizzo

*Via Isonzo***Edificio / condominio**

Descrizione

Scuola Primaria

Indirizzo

Via Pacinotti - Iglesias

SOMMARIO

1	Premessa
2	Sintesi della diagnosi energetica
3	Generalità ed impostazioni di calcolo
4	Analisi energetica dell'edificio
4.1	Dati climatici
4.2	Caratteristiche del fabbricato
4.2.1	Strutture disperdenti
4.2.2	Principali risultati dei calcoli
4.3	Caratteristiche degli impianti
4.3.1	Impianto di riscaldamento idronico
4.3.2	Impianto di acqua calda sanitaria
4.4	Principali risultati dei calcoli
5	Confronto con i consumi reali
5.1	2016
6	Raccomandazioni circa i possibili interventi
6.1	Progetto
6.1.1	Impianto di riscaldamento
6.1.2	Cappotto termico
6.1.3	Sostituzione infissi
6.1.4	Illuminazione
6.1.5	Coibentazione copertura
6.1.6	Boiler ACS a pompa di calore
6.1.7	Impianto fotovoltaico
6.1.8	Interconnessione elettrica
6.1.9	Accumulatori
6.1.10	misura, controllo e gestione dell'energia
6.1.11	Prestazioni raggiungibili
7	Analisi economica degli interventi
7.1	Progetto

1 PREMESSA

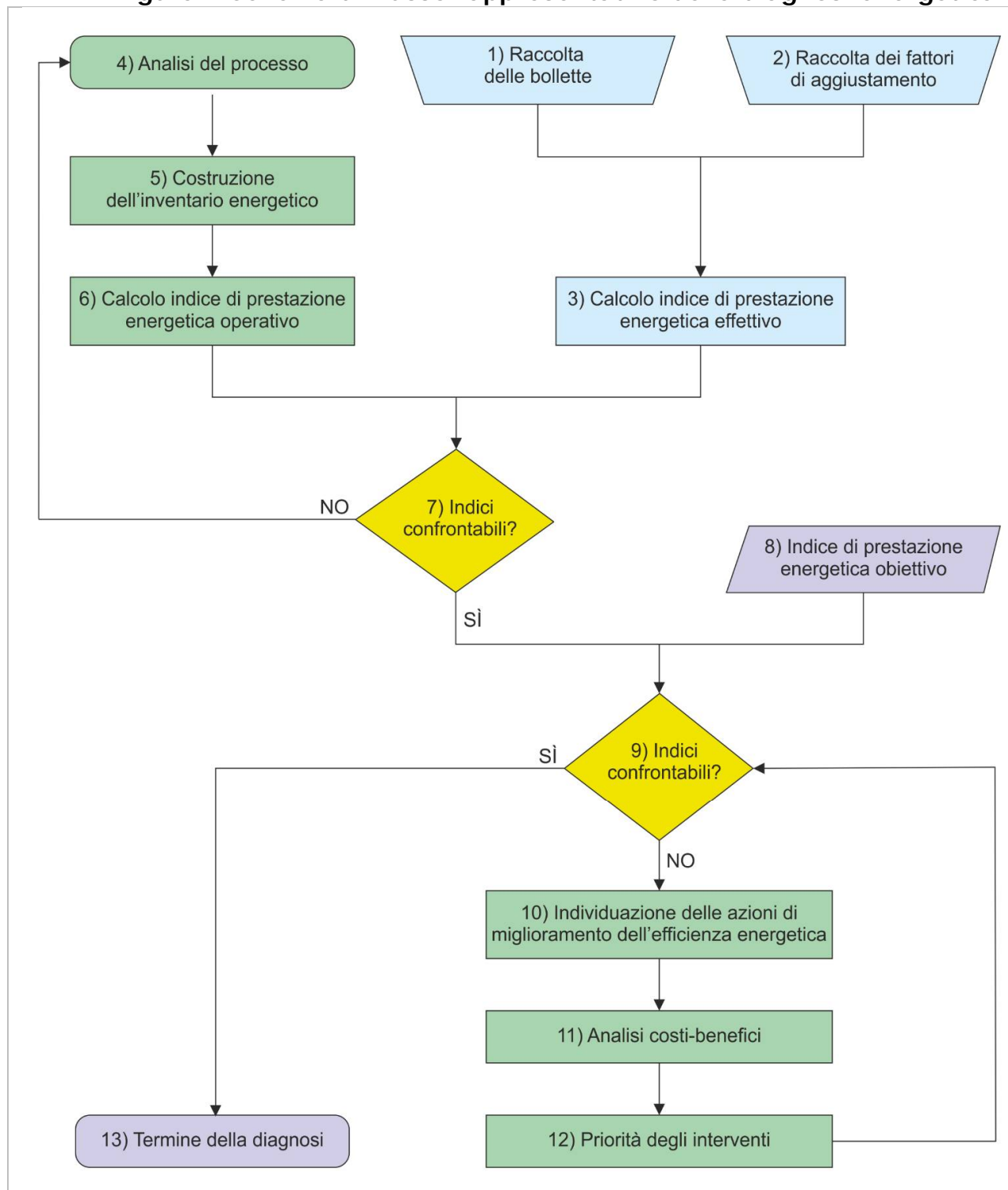
Per “diagnosi energetica” di un edificio si intende, in conformità al DLgs 192/05 (allegato A, comma 10), un elaborato tecnico, riguardante tanto il fabbricato quanto gli impianti, volto ad individuare le possibili opportunità di risparmio energetico (quantificandone i risparmi conseguibili, energetico 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. sostituzione di un generatore di potenza superiore ad 1 kWt, distacco dall’impianto termico centralizzato, adempimenti connessi alle grandi imprese ed imprese energivore).

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. 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	<i>Scuola Primaria Serra Perdosa</i>
Comune	<i>Iglesias</i>
Provincia	<i>Sud Sardegna</i>
CAP	<i>09016</i>
Indirizzo edificio	<i>Via Pacinotti - Iglesias</i>
Zona climatica	<i>C</i>
Gradi giorno DPR 412/93 ($GG_{DPR\ 412/93}$) [$^{\circ}Cg$]	<i>916</i>
Categoria prevalente (DPR 412/93)	<i>E.7</i>
Altre categorie (DPR 412/93)	
Numero di unità immobiliari	<i>1</i>
Numero di fabbricati	<i>1</i>
Periodo di costruzione	<i>Anni '90</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

Immagine edificio



Le caratteristiche dimensionali dell'edificio sono così riassumibili:

Caratteristiche dimensionali complessive dell'edificio

Superficie utile	S_{utile}	2840,71	m ²
Superficie lorda	S_{lorda}	2244,00	m ²
Volume netto	V_{netto}	9319,17	m ³
Volume lordo	V_{lordo}	14188,00	m ³
Fattore di forma	S/V	0,39	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	Separato
Climatizzazione estiva (C)	Assente	-
Ventilazione (V)	Assente	-
Riscaldamento aeraulico (H_{aer})	Assente	-
Illuminazione (L)	Considerato	-
Trasporto (T)	Assente	-
Solare termico (ST)	Assente	-
Solare fotovoltaico (SF)	Autonomo	-

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

Prestazioni energetiche stato di fatto

Indice di prestazione energetica globale non innovabile	$EP_{\text{gl,nren}}$	82,15	kWh _p /m ² anno
Classe energetica		C	
Spesa globale annua	S_{gl}	30676,38	€/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	1	Descrizione scenario	Progetto		
Intervento	Descrizione intervento			Costo (C) [€]	
1	Impianto di riscaldamento			0,00	
2	Cappotto termico			0,00	
3	Sostituzione infissi			0,00	
4	Illuminazione			0,00	
5	Coibentazione copertura			0,00	
6	Boiler ACS a pompa di calore			0,00	
7	Impianto fotovoltaico			0,00	
8	Interconnessione elettrica			0,00	
9	Accumulatori			0,00	
10	misura, controllo e gestione dell'energia			0,00	
Parametri di valutazione		Stato di fatto	Scenario	Δ	%
Costo complessivo scenario(C) [€]		1370538,75			
Spesa globale annua (S _{gl})[€/anno]		29806,00	7452,75	22353,25	75,00
Tempo di ritorno semplice (t _r) [anni]		59,4			
EP _{gl,nren} [kWh _p /m ² anno]		79,68	20,40	59,28	74,40
Classe energetica		C	A2		

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 7.17.31 (modulo base, provvisto di certificato di validazione CTI n. 73) ed EC720 versione 4.17.29 (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). 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)

Stagioni di calcolo

Energia invernale			
Stagione di riscaldamento		<i>Convenzionale</i>	
Dal	<i>15 novembre</i>	Al	<i>31 marzo</i>
Giorni di riscaldamento (n_{risc})		<i>137</i>	
Energia estiva			
Stagione di raffrescamento		<i>Reale</i>	
Dal	<i>22 febbraio</i>	Al	<i>13 novembre</i>
Giorni di raffrescamento (n_{raffr})		<i>265</i>	

Fattori di conversione in energia primaria ed altri parametri

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}]	c [€/kWh _{el}]
Energia elettrica da rete	<i>1,950</i>	<i>0,470</i>	<i>2,420</i>	<i>0,460</i>	<i>0,25</i>
Solare termico	<i>0,000</i>	<i>1,000</i>	<i>1,000</i>	-	-
Solare fotovoltaico	<i>0,000</i>	<i>1,000</i>	<i>1,000</i>	-	-
Ambiente esterno (pompa di calore)	<i>0,000</i>	<i>1,000</i>	<i>1,000</i>	-	-
Energia esportata da fotovoltaico	<i>0,000</i>	<i>1,000</i>	<i>1,000</i>	-	-

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.

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

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 definizioni 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	Iglesias		
Provincia	Sud Sardegna		
Altitudine s.l.m.		176	m
Latitudine nord		39°18'	
Longitudine est		8°32'	
Gradi giorno DPR 412/93	GG _{DPR412/93}	916	°Cg
Gradi giorno calcolati	GG _{calc}	1340	°Cg
Zona climatica		C	
Regione di vento		EST SARDEGNA	
Direzione del vento prevalente		Nord-Ovest	
Distanza da mare		< 20	km
Velocità del vento media	V _{media}	2,36	m/s
Velocità del vento massima	V _{max}	4,72	m/s
Temperatura esterna di progetto	θ _{e,des}	2,1	°C
Irradianza mensile massima sul piano orizzontale		268,5	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
θ _e [°C]	9,5	9,7	11,0	13,1	18,2	21,7	24,0	24,8	21,4	18,3	12,4	9,5
n _{risc} [g]	31	28	31	-	-	-	-	-	-	-	16	31
GG _{calc} [°Cg]	326	288	279	-	-	-	-	-	-	-	122	326
p [Pa]	923,3	929,4	922,2	1030,2	1374,3	1311,3	1549,4	1619,0	1483,1	1634,0	1127,3	922,3

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

Orient.	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
N	2,3	2,9	4,3	6,0	8,1	10,1	9,6	7,6	5,4	3,6	2,1	1,9
NE	2,6	3,7	6,2	8,7	10,6	12,8	12,3	10,7	7,7	4,4	2,3	2,1
E	4,8	6,3	9,5	11,3	12,4	14,4	14,1	13,4	10,8	6,5	3,7	4,1
SE	7,7	8,7	11,3	11,5	11,4	12,5	12,5	12,9	11,8	8,2	5,2	6,7
S	9,5	10,1	11,6	10,1	9,2	9,7	9,9	10,7	11,2	8,9	6,2	8,4
SO	7,7	8,7	11,3	11,5	11,4	12,5	12,5	12,9	11,8	8,2	5,2	6,7
O	4,8	6,3	9,5	11,3	12,4	14,4	14,1	13,4	10,8	6,5	3,7	4,1
NO	2,6	3,7	6,2	8,7	10,6	12,8	12,3	10,7	7,7	4,4	2,3	2,1
Orizzontale	6,5	8,8	13,8	17,3	19,7	23,2	22,5	20,8	16,1	9,5	5,2	5,4

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 (involucro edilizio)

Il calcolo del fabbisogno di energia termica utile del fabbricato (inteso come solo involucro edilizio, senza considerare gli impianti) si fonda su un bilancio termico tra dispersioni ed apporti. Tale calcolo deve essere condotto, su base mensile, 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

Le tamponature hanno una stratigrafia, dall'esterno verso l'interno, così fatta: intonaco, mattone in laterizio forato di spessore 15 cm, pannello semirigido in fibra di vetro di spessore 4 cm, mattone in laterizio forato spessore 8 cm e intonaco. Spessore totale 30 cm. Mentre la stratigrafia della tamponatura in corrispondenza delle aperture è: intonaco, mattone in laterizio forato di spessore 8 cm, pannello semirigido in fibra di vetro di spessore 4 cm, mattone in laterizio forato spessore 8 cm e intonaco. Spessore totale 23 cm. Il solaio di copertura è pannelli prefabbricati in c.a., massetto delle pendenze, guaina bituminosa protetta da circa 5 cm di ghiaia.

Descrizione sintetica dei componenti finestrati

Gli infissi sono in alluminio senza taglio termico con vetratura doppia 4-6-4 mm.

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	Muro vs esterno	0,692	1024,57	22985,9	8,6	3390,2	9,2	5451,6	4,8
M2	T	Muro sotto finestra	0,808	472,19	12380,4	4,6	1826,0	5,0	3010,1	2,7
Totale				1496,76	35366,3	13,2	5216,2	14,2	8461,6	7,5

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	T	Solaio di base	1,509	1820,11	89101,2	33,2	0,0	0,0	0,0	0,0
Totale				1820,11	89101,2	33,2	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	T	Soffitto	1,371	1682,74	74831,1	27,9	22073,9	60,0	23845,6	21,1
Totale				1682,74	74831,1	27,9	22073,9	60,0	23845,6	21,1

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	Portafinestra X	3,960	24,77	3181,7	1,2	436,4	1,2	4544,2	4,0
W2	T	Finestra 1	3,874	18,10	2274,4	0,8	312,0	0,8	3403,5	3,0
W3	T	Finestra 2	3,911	241,24	30603,6	11,4	4197,8	11,4	38623,6	34,1
W4	T	Portafinestra Y	4,002	10,94	1420,0	0,5	194,8	0,5	1981,3	1,7
W5	T	Finestra 3	4,159	9,31	1256,3	0,5	172,3	0,5	1401,9	1,2
W6	T	Finestra 4	3,971	14,18	1827,2	0,7	250,6	0,7	2602,6	2,3
W7	T	Finestra 5	3,879	11,18	1406,2	0,5	192,9	0,5	2106,9	1,9
W8	T	Finestra 6	3,849	11,90	1486,2	0,6	203,9	0,6	2864,5	2,5
W9	T	Finestra 7	4,094	5,04	669,3	0,2	91,8	0,2	1128,2	1,0
W10	T	Finestra 8	3,677	52,63	6278,7	2,3	861,2	2,3	5691,1	5,0
W11	T	Portafinestra 9	3,900	19,04	2408,8	0,9	330,4	0,9	1519,0	1,3
W12	T	Finestra 10	3,820	96,42	11948,8	4,4	1639,0	4,5	12051,1	10,6
W13	T	Finestra 11	4,516	19,23	2817,0	1,0	386,4	1,1	1514,5	1,3
W14	T	Finestra 12	4,401	3,99	569,6	0,2	78,1	0,2	466,0	0,4
W15	T	Finestra 13	3,764	6,30	769,2	0,3	105,5	0,3	899,5	0,8
W17	T	Finestra 15	4,505	2,74	399,8	0,1	54,8	0,1	146,7	0,1
Totale				547,01	69316,8	25,8	9508,0	25,8	80944,6	71,5

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 vs esterno	0,692	1024,57	33444,1	8,6	8484,5	9,2	16511,4	4,7
M2	T	Muro sotto finestra	0,808	472,19	18013,3	4,6	4569,8	5,0	9142,6	2,6
Totale				1496,76	51457,4	13,2	13054,3	14,2	25654,0	7,2

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	T	Solaio di base	1,509	1820,11	129640,9	33,2	0,0	0,0	0,0	0,0
Totale				1820,11	129640,9	33,2	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]	%
S1	T	Soffitto	1,371	1682,74	108878,1	27,9	55242,8	60,0	95325,2	26,9
Totale				1682,74	108878,1	27,9	55242,8	60,0	95325,2	26,9

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]	%
W1	T	Portafinestra X	3,960	24,77	4629,3	1,2	1092,2	1,2	11394,5	3,2
W2	T	Finestra 1	3,874	18,10	3309,3	0,8	780,8	0,8	8534,1	2,4
W3	T	Finestra 2	3,911	241,24	44527,8	11,4	10505,6	11,4	109893,3	31,0
W4	T	Portafinestra Y	4,002	10,94	2066,1	0,5	487,5	0,5	4968,0	1,4
W5	T	Finestra 3	4,159	9,31	1827,9	0,5	431,3	0,5	3725,1	1,0
W6	T	Finestra 4	3,971	14,18	2658,5	0,7	627,2	0,7	6525,9	1,8
W7	T	Finestra 5	3,879	11,18	2046,0	0,5	482,7	0,5	5282,9	1,5
W8	T	Finestra 6	3,849	11,90	2162,3	0,6	510,2	0,6	5156,4	1,5
W9	T	Finestra 7	4,094	5,04	973,8	0,2	229,7	0,2	2030,9	0,6
W10	T	Finestra 8	3,677	52,63	9135,4	2,3	2155,3	2,3	22394,7	6,3
W11	T	Portafinestra 9	3,900	19,04	3504,8	0,9	826,9	0,9	6298,9	1,8
W12	T	Finestra 10	3,820	96,42	17385,3	4,4	4101,8	4,5	35959,8	10,1
W13	T	Finestra 11	4,516	19,23	4098,7	1,0	967,0	1,1	6023,0	1,7
W14	T	Finestra 12	4,401	3,99	828,7	0,2	195,5	0,2	1738,0	0,5
W15	T	Finestra 13	3,764	6,30	1119,1	0,3	264,0	0,3	3354,8	0,9
W17	T	Finestra 15	4,505	2,74	581,7	0,1	137,2	0,1	640,5	0,2
Totale				547,01	100854,8	25,8	23795,0	25,8	233920,9	65,9

Trasmittanze termiche medie

Muri						
Cod.	Tipo	Descrizione	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 vs esterno	0,692	0,692	0,400	0,360
M2	T	Muro sotto finestra	0,808	0,808	0,400	0,360

Pavimenti						
Cod.	Tipo	Descrizione	U [W _t /m ² K]	U _{media} [W _t /m ² K]	U _{limite} [W _t /m ² K]	
					2015	2021
P1	T	Solaio di base	1,509	1,509	0,420	0,380

Soffitti						
Cod.	Tipo	Descrizione	U [W _t /m ² K]	U _{media} [W _t /m ² K]	U _{limite} [W _t /m ² K]	
					2015	2021
S1	T	Soffitto	1,371	1,371	0,340	0,320

Componenti finestrati						
Cod.	Tipo	Descrizione	U _w [W _t /m ² K]	U _{w,limite} [W _t /m ² K]		U _q [W _t /m ² K]
				2015	2021	
W1	T	Portafinestra X	3,960	2,400	2,000	3,124
W2	T	Finestra 1	3,874	2,400	2,000	3,124
W3	T	Finestra 2	3,911	2,400	2,000	3,124
W4	T	Portafinestra Y	4,002	2,400	2,000	3,124
W5	T	Finestra 3	4,159	2,400	2,000	3,124
W6	T	Finestra 4	3,971	2,400	2,000	3,124
W7	T	Finestra 5	3,879	2,400	2,000	3,124
W8	T	Finestra 6	3,849	2,400	2,000	3,124
W9	T	Finestra 7	4,094	2,400	2,000	3,124
W10	T	Finestra 8	3,677	2,400	2,000	3,124
W11	T	Portafinestra 9	3,900	2,400	2,000	3,124
W12	T	Finestra 10	3,820	2,400	2,000	3,124
W13	T	Finestra 11	4,516	2,400	2,000	3,124
W14	T	Finestra 12	4,401	2,400	2,000	3,124
W15	T	Finestra 13	3,764	2,400	2,000	3,124
W17	T	Finestra 15	4,505	2,400	2,000	3,124

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 _q	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

4.2.2 Principali risultati dei calcoli

Si riportano di seguito i risultati complessivi del calcolo, riguardanti l'intero edificio.

Energia invernale

Dispersioni			
Dispersioni per trasmissione	$Q_{H,tr}$	236308	kWh _t
Dispersioni per extraflusso	$Q_{H,r}$	36798	kWh _t
Dispersioni per ventilazione	$Q_{H,ve}$	118636	kWh _t
Apporti			
Apporti solari attraverso i componenti opachi	$Q_{H,sol,op}$	32307	kWh _t
Apporti solari attraverso i componenti finestrati	$Q_{H,sol,w}$	80945	kWh _t
Apporti interni	$Q_{H,int}$	37361	kWh _t
Apporti aggiuntivi	$Q_{H,agg}$	0	kWh _t
Bilancio energetico			
Fabbisogno del fabbricato	$Q_{H,nd}$	287422	kWh _t
Indice di prestazione termica del fabbricato	$EP_{H,nd}$	101,18	kWh _t /m ²
Valore limite	$EP_{H,nd,lim}$	51,34	kWh _t /m ²

Energia estiva

Dispersioni			
Dispersioni per trasmissione	$Q_{C,tr}$	269852	kWh _t
Dispersioni per extraflusso	$Q_{C,r}$	92092	kWh _t
Dispersioni per ventilazione	$Q_{C,ve}$	172613	kWh _t
Apporti			
Apporti solari attraverso i componenti opachi	$Q_{C,sol,op}$	120979	kWh _t
Apporti solari attraverso i componenti finestrati	$Q_{C,sol,w}$	233921	kWh _t
Apporti interni	$Q_{C,int}$	72268	kWh _t
Apporti aggiuntivi	$Q_{C,agg}$	0	kWh _t
Bilancio energetico			
Fabbisogno del fabbricato	$Q_{C,nd}$	76959	kWh _t
Indice di prestazione termica del fabbricato	$EP_{C,nd}$	27,09	kWh _t /m ²
Valore limite	$EP_{C,lim}$	24,08	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 (E_p) viene infine calcolata, per ciascun servizio, come sommatoria delle componenti dovute ai singoli vettori (UNI/TS 11300-5, formule da 12 a 14):

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

dove:

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

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

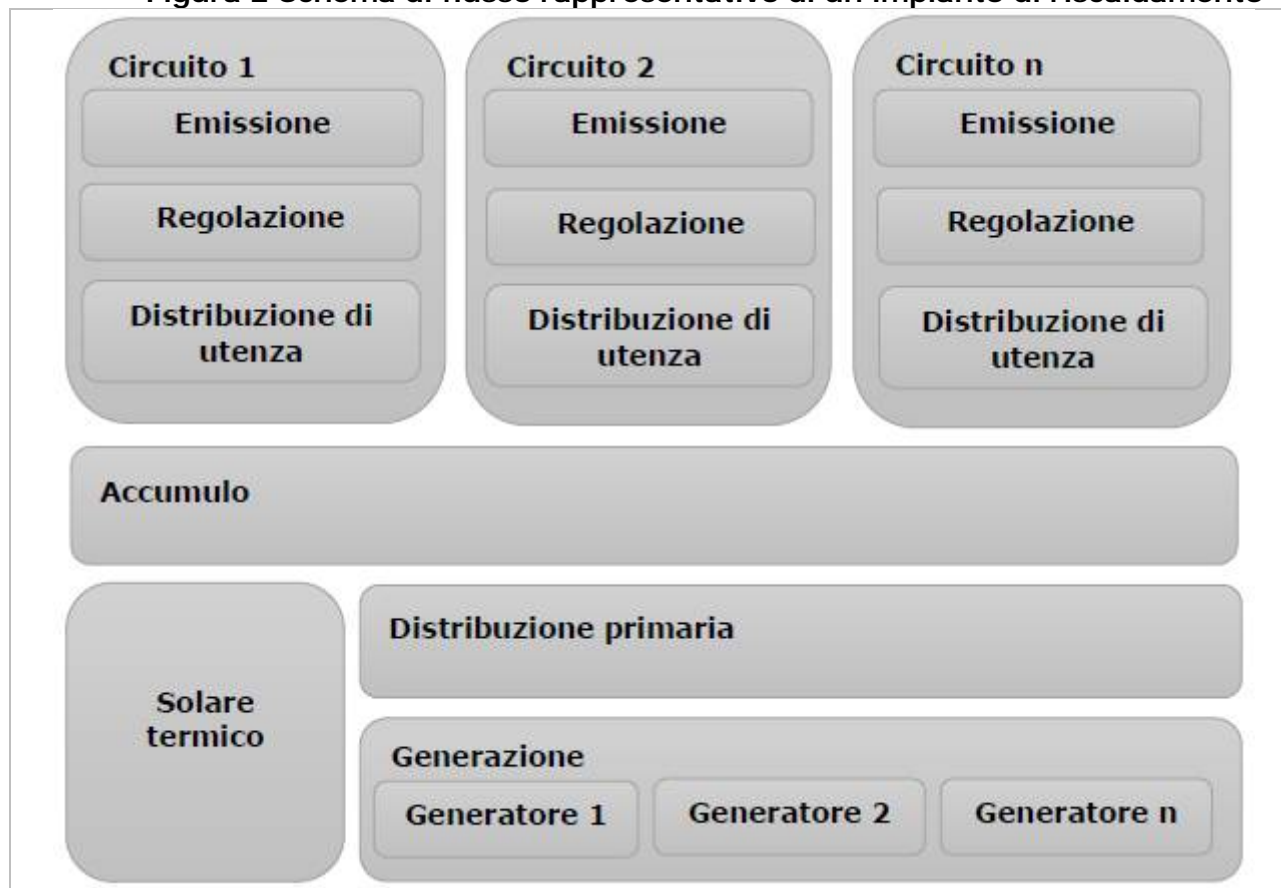
$E_{exp,k}$ = energia esportata dal singolo vettore energetico [kWh_{el}];

$f_{p,exp,k}$ = 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 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 rappresentativo di un impianto di riscaldamento



Si riporta di seguito una descrizione sintetica dell'impianto. Si forniscono inoltre, nel caso di impianto centralizzato, 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 termico è alimentato da una caldaia di tipo tradizionale a gasolio di potenzialità 266 kW, a vaso chiuso con fluido termovettore acqua. Il circuito di distribuzione va ad alimentare i radiatori in ghisa presenti nei singoli ambienti, tranne nel vano scale dove sono presenti ventilconvettori.

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 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 rappresentativo di un impianto di ACS



Si riporta di seguito una discrezione sintetica dell'impianto. Si forniscono inoltre, in caso di impianto centralizzato, 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

[Boiler elettrici ad accumulo](#)

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.

Consumi ed energia consegnata

Gasolio									
Servizio	Consumo ed energia consegnata				Energia primaria			Spesa ed emissioni	
	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 [€]	Em _{co2} [kg]
Riscaldamento (H)	10561	kg	125356	0	134131	0	134131	17953,27	35100
Globale (gl)	10561	kg	125356	0	134131	0	134131	17953,27	35100

Energia elettrica									
Servizio	Consumo ed energia consegnata				Energia primaria			Spesa ed emissioni	
	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 [€]	Em _{co2} [kg]
Riscaldamento (H)	581	kWh	581	-	1134	273	1407	145,37	267
Acqua calda sanitaria (W)	759	kWh	759	-	1480	357	1837	189,74	349
Illuminazione (L)	45949	kWh	45949	-	89600	21596	111196	11487,23	21137
Globale (gl)	47289	kWh	47289	-	92214	22226	114440	11822,34	21753

Solare fotovoltaico									
Servizio	Consumo ed energia consegnata				Energia primaria			Spesa ed emissioni	
	Co	UM	Q _{del} [kWh _{el}]	Q _{exo} [kWh _{el}]	Q _{p,nren} [kWh _p]	Q _{p,ren} [kWh _p]	Q _{p,tot} [kWh _p]	S [€]	Em _{CO2} [kg]
Riscaldamento (H)	-	-	26	0	0	26	26	-	-
Acqua calda sanitaria (W)	-	-	122	0	0	122	122	-	-
Illuminazione (L)	-	-	8871	0	0	8871	8871	-	-
Globale (gl)	-	-	9018	0	0	9018	9018	-	-

Spesa

Servizio	S [€]
Riscaldamento (H)	18098,64
Acqua calda sanitaria (W)	189,74
Raffrescamento (C)	0,00
Ventilazione (V)	0,00
Illuminazione (L)	11487,23
Trasporto (T)	0,00
Globale (gl)	29775,61

Rendimenti

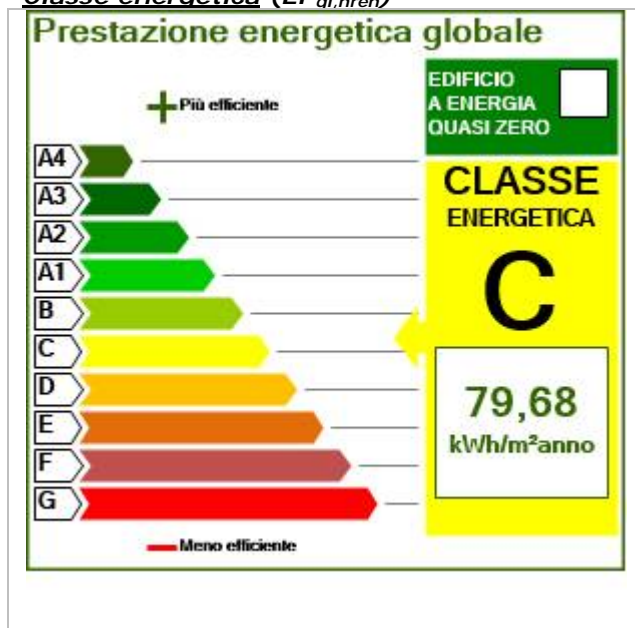
Nota: i rendimenti "termici" sono dati dal rapporto tra i fabbisogni di energia utile in uscita ed ingresso a ciascun sottosistema. L'efficienza globale media stagionale è invece data dal rapporto tra il fabbisogno di energia utile in uscita dall'impianto ed il fabbisogno di energia primaria totale in ingresso ad esso.

Indici di prestazione termica del fabbricato

Servizio	Q_{nd} [kWh _l]	EP_{nd} [kWh _l /m ²]	$EP_{nd,limite}$ [kWh _l /m ²]
Riscaldamento (H)	287422	101,18	51,34
Raffrescamento (C)	76959	27,09	24,08

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)	135265	299	135564	47,62	0,11	47,72	-
Acqua calda sanitaria (W)	1480	478	1958	0,52	0,17	0,69	-
Raffrescamento (C)	0	0	0	0,00	0,00	0,00	-
Ventilazione (V)	0	0	0	0,00	0,00	0,00	-
Illuminazione (L)	89600	30467	120067	31,54	10,73	42,27	-
Trasporto (T)	0	0	0	0,00	0,00	0,00	-
Globale	226345	31244	257589	79,68	11,00	90,68	67,27

Classe energetica ($EP_{ql,nren}$)**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)	0,2	-	-	-
Acqua calda sanitaria (W)	24,4	-	50	-
Raffrescamento (C)	0,0	-	-	-
Globale (H + W + C)	0,6	20	35	50
Ventilazione (V)	0,0	-	-	-
Illuminazione (L)	25,4	-	-	-
Trasporto (T)	0,0	-	-	-
Globale	12,1	-	-	-

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 limiti via via più stringenti.

Emissioni

Servizio	Emissioni di CO ₂ [kg]
Riscaldamento (H)	35367,18
Acqua calda sanitaria (W)	349,12
Raffrescamento (C)	0,00
Ventilazione (V)	0,00
Illuminazione (L)	21136,51
Trasporto (T)	0,00
Globale (gt)	56852,80

Legenda:

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

5 Confronto con i consumi reali

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

5.1 2016

5.1.1 Consumi annui

Gradi giorno

Gradi giorno calcolati	GG _{calc}	1340	°Cg
Gradi giorno reali	GG _{reali}	1315	°Cg
Fattore di destagionalizzazione	f _{dest}	1,019	-

Consumi annui

Riscaldamento						
Contatore	Vettore energetico	Servizi	UM	Co _{H,calc}	Co _{H, reale}	Δ [%]
1	Energia elettrica	L	kWh	0	0	0,0
Globale						
Contatore	Vettore energetico	Servizi	UM	Co _{gl,calc}	Co _{gl, reale}	Δ [%]
1	Energia elettrica	L	kWh	45949	109474	-58,0

Legenda dei simboli:

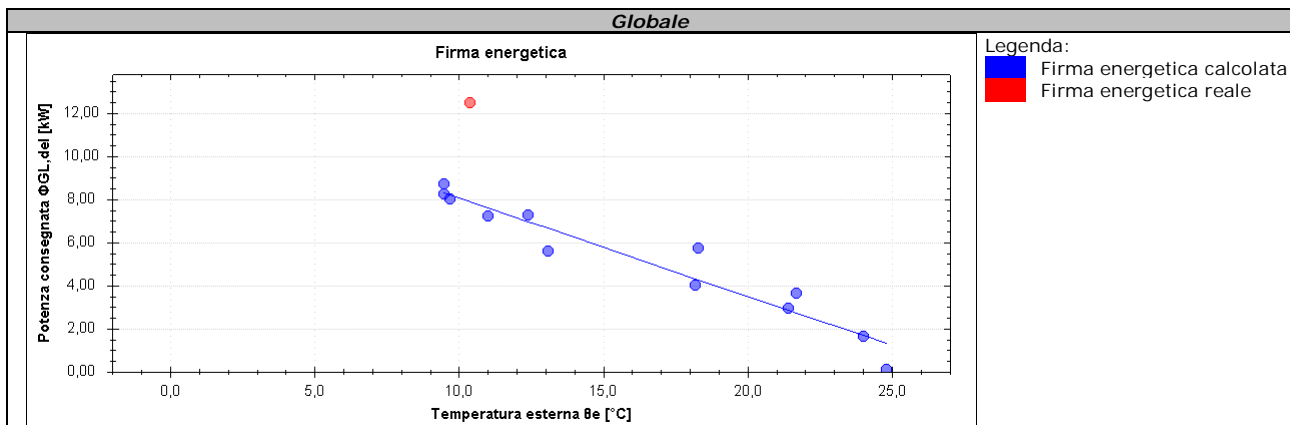
Co _{calc}	Consumo calcolato
Co _{reale}	Consumo reale
Δ	Scostamento

Legenda dei servizi:

H _{idr}	Riscaldamento idronico
H _{aer}	Riscaldamento aeraulico (trattamenti aria)
W	Acqua calda sanitaria
C	Raffrescamento
V	Ventilazione
L	Illuminazione
T	Trasporto

5.1.2 Firme energetiche

Contatore	1	Unità di misura	kWh
Vettore energetico	Energia elettrica	Servizi	L



Mesi (firma calcolata)									
Mesi	Codice Mesi	θ_e [°C]	n_{risc} [g]	GG [°Cg]	n_{raffr} [g]	n_{eff} [g]	Co_{ql} [kWh]	$Q_{ql,del}$ [kWh _{t/el}]	$\Phi_{ql,del}$ [kW _{t/el}]
gennaio	-	9,5	31	326	0	31	6155	6155	8,27
febbraio	-	9,7	28	288	7	28	5374	5374	8,00
marzo	-	11,0	31	279	31	31	5377	5377	7,23
aprile	-	13,1	0	0	30	30	4036	4036	5,61
maggio	-	18,2	0	0	31	31	2986	2986	4,01
giugno	-	21,7	0	0	30	30	2618	2618	3,64
luglio	-	24,0	0	0	31	31	1227	1227	1,65
agosto	-	24,8	0	0	31	31	79	79	0,11
settembre	-	21,4	0	0	30	30	2108	2108	2,93
ottobre	-	18,3	0	0	31	31	4260	4260	5,73
novembre	-	12,4	16	122	13	30	5252	5252	7,29
dicembre	-	9,5	31	326	0	31	6478	6478	8,71
TOTALE			137	1340	265	365	45949	45949	63,16

Periodi (firma reale)									
Periodo	Codice Periodo	θ_e [°C]	n_{risc} [g]	GG [°Cg]	n_{raffr} [g]	n_{eff} [g]	Co_{ql} [kWh]	$Q_{ql,del}$ [kWh _{t/el}]	$\Phi_{ql,del}$ [kW _{t/el}]
1 - Riscaldamento	-	10,4	137	1315	265	366	109474	109474	12,46
TOTALE			137	1315	265	366	109474	109474	12,46

Legenda dei simboli:

θ_e	Temperatura esterna media (del mese o periodo)
n_{risc}	Giorni di riscaldamento (del mese o periodo)
GG	Gradi giorno (del mese o periodo)
n_{raffr}	Giorni di raffrescamento (del mese o periodo)
n_{eff}	Giorni effettivi (del mese o periodo)
Co	Consumo (del mese o periodo)
Q_{del}	Energia consegnata (del mese o periodo)
Φ_{del}	Potenza consegnata (del mese o periodo)

Legenda dei codici:

H	Riscaldamento
C	Raffrescamento
HC	Sia riscaldamento che raffrescamento
NH	Non riscaldamento
NC	Non raffrescamento
NHC	Né riscaldamento né raffrescamento

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 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	Progetto	1370538,7 5	22353,25	61,3	59,28	A2

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 Progetto

Dati generali

Numero	1		
Descrizione	Progetto		
Lavoro di riferimento	Progetto Scuola Primaria Serra Perdosa		
Costo stimato	C	1370538,75	€
Risparmio economico conseguibile	ΔS_{ql}	22353,25	€/anno
Tempo di ritorno semplice	t_r	61,3	anni
Risparmio energetico conseguibile	$\Delta EP_{ql,nren}$	59,28	kWh _p /m ² anno
Classe energetica raggiungibile	A2		

Riepilogo interventi

N°	Descrizione
1	Impianto di riscaldamento
2	Cappotto termico
3	Sostituzione infissi
4	Illuminazione
5	Coibentazione copertura
6	Boiler ACS a pompa di calore
7	Impianto fotovoltaico
8	Interconnessione elettrica
9	Accumulatori
10	misura, controllo e gestione dell'energia

6.1.1 Impianto di riscaldamento

Dati generali

Intervento	1
Descrizione	Impianto di riscaldamento

Caratteristiche intervento

Le opere previste sull'impianto di riscaldamento contemplano la sostituzione, e il conseguente adeguamento della centrale termica, dell'attuale generatore a gasolio con pompa di calore (solo caldo) aria-acqua ad alta efficienza di potenzialità pari a circa 150 kWt, valutato alle temperature di progetto. In ragione dell'installazione di una pompa di calore, l'impianto elettrico dovrà essere dotato di rifasatore al fine di tenere sotto controllo la produzione di energia reattiva. Tale generatore sarà dotato, al fine di migliorarne il funzionamento, di accumulo termico inerziale dimensionato secondo i dettami della letteratura tecnica. Tutti gli attuali corpi scaldanti verranno sostituiti con ventilconvettori (senza l'allaccio dello scarico condensa poiché non è previsto il raffrescamento), possibilmente incassati nel controsoffitto, dotati di ventilatore inverter modulante (la regolazione della temperatura ambiente verrà attuata esclusivamente tramite la modulazione della velocità del ventilatore a bordo macchina). Il circuito di distribuzione del fluido termovettore rimarrà tal quale, salvo il ripristino della coibentazione laddove fosse degradata o assente.

6.1.2 Cappotto termico

Dati generali

Intervento	2
Descrizione	Cappotto termico

Caratteristiche intervento

E' previsto che sulle tamponature si intervenga con la realizzazione di un cappotto termico in pannelli in EPS da 12 cm e di tutte le opere necessarie per la sua corretta posa, come per esempio la sostituzione delle attuali soglie, con soglie di adeguata larghezza. Il cappotto verrà rifinito con un rivestimento acril-silossanico.

6.1.3 Sostituzione infissi**Dati generali**

Intervento	3
Descrizione	Sostituzione infissi

Caratteristiche intervento

E' prevista l'integrale sostituzione degli attuali infissi in metallo senza taglio termico, con altri in PVC doppio vetro, e tutte le opere necessarie alla loro corretta posa.

6.1.4 Illuminazione**Dati generali**

Intervento	4
Descrizione	Illuminazione

Caratteristiche intervento

Per quanto riguarda l'impianto di illuminazione, le attuali plafoniere a tubi fluorescenti, verranno sostituite con plafoniere a led della stessa tipologia (a incasso, a sospensione, tassellabile al soffitto) e delle stesse dimensioni (60x60 cm, 120x60 cm, ecc). I corpi illuminati posizionati nelle aule e nei locali comuni saranno dotate, oltre al sensore di presenza, di dimmer al fine di modulare automaticamente la luce emessa in funzione dell'illuminamento naturale. Mentre le lampade posizionate nei locali quali corridoi e servizi igienici, saranno dotati solo di dimmer.

6.1.5 Coibentazione copertura**Dati generali**

Intervento	5
Descrizione	Coibentazione copertura

Caratteristiche intervento

E' prevista la posa di isolante anche sulla copertura. La copertura è piana, e lo strato impermeabilizzante è protetto da uno strato di circa 5 cm di ghiaia. La posa dell'isolante avverrà a diretto contatto con la guaina bituminosa impermeabilizzante, tramite incollaggio, per poi ricoprire l'isolante con la stessa ghiaia precedentemente rimossa, con funzione di zavorra, avendo cura di interporre tra ghiaia e isolante uno strato di tessuto-non tessuto. L'intenzione è quella di realizzare il cosiddetto "tetto rovescio", e poiché l'isolante verrà a contatto con l'acqua, è necessario che questo sia del tipo a celle chiuse non assorbente, ovvero si utilizzeranno pannelli battentati in XPS da 12 cm di spessore. A cavallo del cordolo perimetrale della copertura, pure questo rivestito con isolante al fine di correggere il ponte termico, è prevista la posa di scossalina in alluminio ramato.

6.1.6 Boiler ACS a pompa di calore**Dati generali**

Intervento	6
Descrizione	Boiler ACS a pompa di calore

Caratteristiche intervento

Il progetto prevede l'installazione di tre boiler ad accumulo a pompa di calore per la produzione di ACS

6.1.7 Impianto fotovoltaico**Dati generali**

Intervento	7
Descrizione	Impianto fotovoltaico

Caratteristiche intervento

Sulla copertura è prevista l'incremento di ulteriori 12 kWp della potenza dell'impianto fotovoltaico esistente.

6.1.8 Interconnessione elettrica**Dati generali**

Intervento	8
Descrizione	Interconnessione elettrica

Caratteristiche intervento

Al fine di massimizzare l'autoconsumo dell'energia prodotta dall'impianto fotovoltaico, verrà realizzato un cavidotto che ospiterà le linee elettriche di interconnessione (cavi di potenza e cavi di segnale) con la Scuola Media. Tale interconnessione avrà lo scopo di spostare l'eventuale surplus di energia da un edificio all'altro, creando dunque quella che si chiama una "MicroGrid"

6.1.9 Accumulatori**Dati generali**

Intervento	9
Descrizione	Accumulatori

Caratteristiche intervento

L'impianto, al fine di massimizzare l'autoconsumo dell'energia prodotta, sarà dotato anche di due batterie al litio di capacità complessiva di circa 27 kWh.

6.1.10 misura, controllo e gestione dell'energia**Dati generali**

Intervento	10
Descrizione	misura, controllo e gestione dell'energia

Caratteristiche intervento

Al fine di monitorare i consumi dell'energia e dunque poter attuare le azioni correttive per un uso più razionale della stessa, in determinati punti dell'impianto (si veda lo schema elettrico) verranno installati dei multimetri per la misura delle principali grandezze elettriche quali la tensione, corrente, potenza attiva, reattiva e apparente, frequenza, fattore di potenza, energia attiva, reattiva e apparente. I dati raccolti dai multimetri verranno inviati ad un concentratore di dati/interfaccia di comunicazione (tipo Power Logic Energi Box), al quale dovrà essere connesso, tramite porta ethernet, un pc desktop connesso ad internet. Su quest'ultimo, e anche da postazione remota, sarà possibile visualizzare in tempo reale i consumi e i dati elettrici, accedere agli storici dei dati (accedendo alla memoria interna del dispositivo di interfaccia) e visualizzare anche in forma grafica l'andamento nel tempo delle principali grandezze fisiche misurate. Ciò permetterà di individuare gli sprechi, analizzare i profili di consumo, e ottimizzare la manutenzione. Nota bene: Il PC e il Concentratore di dati verranno posizionati nella centrale termica della Scuola Secondaria di 1° Grado di Corso Colombo.

6.1.11 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.

Consumi (Co)

<i>Gasolio [kg]</i>			
Servizio	Stato di fatto	Scenario	Δ [%]
Riscaldamento (H)	10561	0	-100,0
Globale	10561	0	-100,0
<i>Energia elettrica [kWh]</i>			
Servizio	Stato di fatto	Scenario	Δ [%]
Riscaldamento (H)	581	21309	3564,7
Acqua calda sanitaria (W)	759	113	-85,1
Illuminazione (L)	45949	8290	-82,0
Globale	47289	29712	-37,2

Spesa (S) [€]

Servizio	Stato di fatto	Scenario	Δ [%]
Riscaldamento (H)	18098,64	5327,19	-70,6
Acqua calda sanitaria (W)	189,74	28,35	-85,1
Raffrescamento (C)	0,00	0,00	0,0
Ventilazione (V)	0,00	0,00	0,0
Illuminazione (L)	11487,23	2072,40	-82,0
Trasporto (T)	0,00	0,00	0,0
Globale	29775,61	7427,93	-75,1

Valutazione economica preliminare

Costo stimato (C) [€]	1370538,75
Risparmio economico conseguibile (ΔS_{q0}) [€/anno]	22353,25
Tempo di ritorno semplice (t_r) [anni]	61,3

Rendimenti (η) [%]

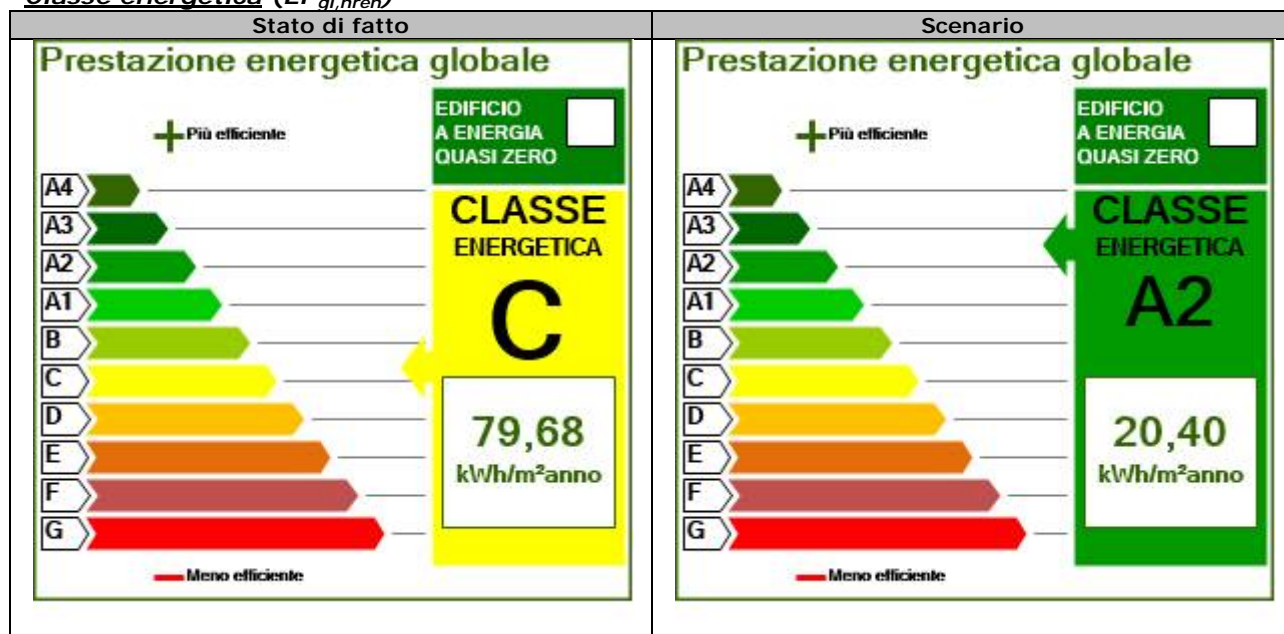
Nota: i rendimenti "termici" sono dati dal rapporto tra i fabbisogni di energia utile in uscita ed ingresso a ciascun sottosistema. L'efficienza globale media stagionale è invece data dal rapporto tra il fabbisogno di energia utile in uscita dall'impianto ed il fabbisogno di energia primaria totale in ingresso ad esso.

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

Servizio	Stato di fatto	Scenario	Δ [%]	Valore limite
Riscaldamento (H)	101,18	48,33	-52,2	51,34
Raffrescamento (C)	27,09	12,68	-53,2	24,08

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

Servizio	Stato di fatto	Scenario	Δ [%]
Non rinnovabile (EP_{nren})			
Riscaldamento (H)	47,62	14,63	-69,3
Acqua calda sanitaria (W)	0,52	0,08	-85,1
Raffrescamento (C)	0,00	0,00	0,0
Ventilazione (V)	0,00	0,00	0,0
Illuminazione (L)	31,54	5,69	-82,0
Trasporto (T)	0,00	0,00	0,0
Globale (gl)	79,68	20,40	-74,4
Rinnovabile (EP_{ren})			
Riscaldamento (H)	0,11	17,85	16870,5
Acqua calda sanitaria (W)	0,17	0,21	25,5
Raffrescamento (C)	0,00	0,00	0,0
Ventilazione (V)	0,00	0,00	0,0
Illuminazione (L)	10,73	3,48	-67,6
Trasporto (T)	0,00	0,00	0,0
Globale (gl)	11,00	21,54	95,8
Totale (EP_{tot})			
Riscaldamento (H)	47,72	32,48	-31,9
Acqua calda sanitaria (W)	0,69	0,29	-58,1
Raffrescamento (C)	0,00	0,00	0,0
Ventilazione (V)	0,00	0,00	0,0
Illuminazione (L)	42,27	9,17	-78,3
Trasporto (T)	0,00	0,00	0,0
Globale (gl)	90,68	41,93	-53,8
Valore limite ($EP_{gl,tot,lim}$)	67,27	-	-

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

Quota rinnovabile (QR) [%]

Servizio	Stato di fatto	Scenario	Δ [%]	Valore minimo
Riscaldamento (H)	0,2	55,0	24815,9	-
Acqua calda sanitaria (W)	24,4	73,1	199,4	50
Raffrescamento (C)	0,0	0,0	0,0	-
Globale (H + W + C)	0,6	55,1	9662,8	20 / 35 / 50
Ventilazione (V)	0,0	0,0	0,0	-
Illuminazione (L)	25,4	37,9	49,3	-
Trasporto (T)	0,0	0,0	0,0	-
Globale (gl)	12,1	51,4	323,2	-

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).

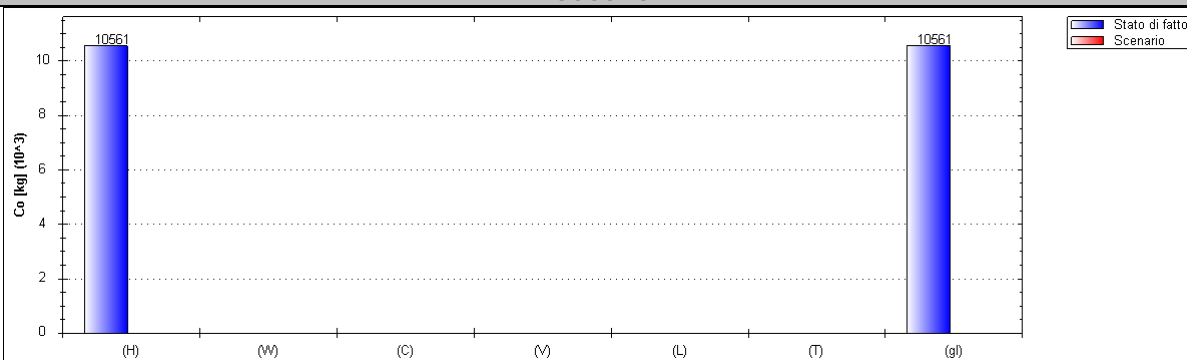
Emissioni (Em_{CO_2}) [kg]

Servizio	Stato di fatto	Scenario	Δ [%]
Riscaldamento (H)	35367,18	9802,02	-72,3
Acqua calda sanitaria (W)	349,12	52,17	-85,1
Raffrescamento (C)	0,00	0,00	0,0
Ventilazione (V)	0,00	0,00	0,0
Illuminazione (L)	21136,51	3813,21	-82,0
Trasporto (T)	0,00	0,00	0,0
Globale (gl)	56852,80	13667,40	-76,0

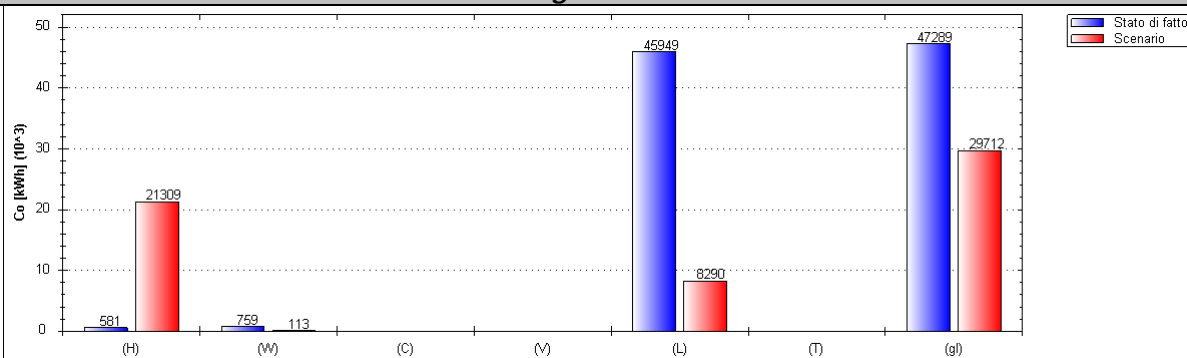
Legenda:

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

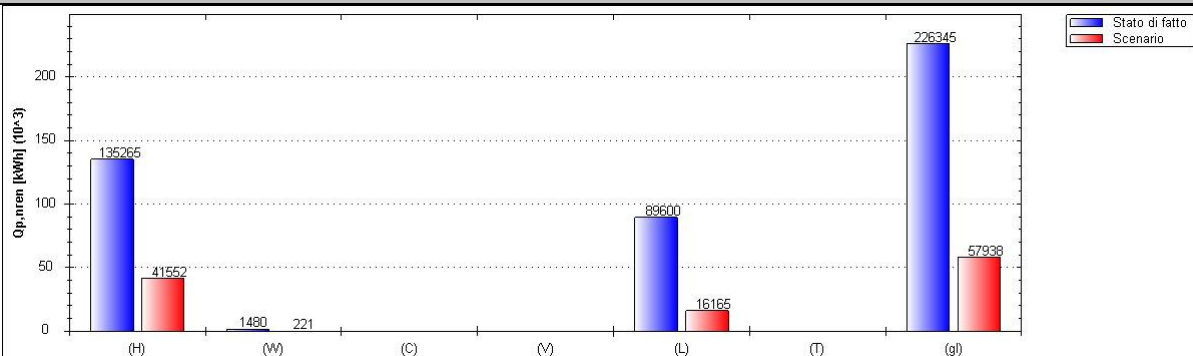
Si descrivono di seguito, attraverso istogrammi, i consumi di combustibile, energia elettrica ed energia primaria a monte ed a valle degli interventi. Si evidenzia inoltre, attraverso diagrammi a torta, come si modifica la composizione dell'energia primaria (per servizio o per vettore energetico) a seguito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

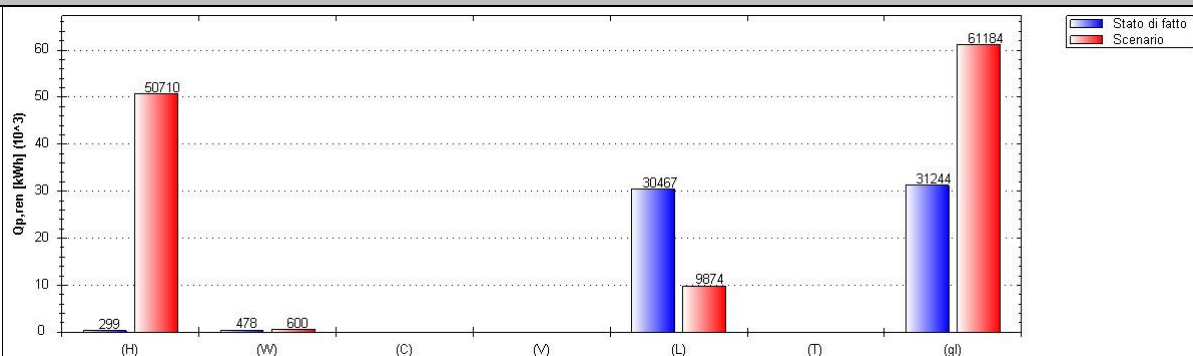
Servizio	Co _{in} [kg]	Co _{fin} [kg]	Δ [%]
Riscaldamento (H)	10561	0	-100,0
Acqua calda sanitaria (W)	0	0	0,0
Raffrescamento (C)	0	0	0,0
Ventilazione (V)	0	0	0,0
Illuminazione (L)	0	0	0,0
Trasporto (T)	0	0	0,0
Globale (gl)	10561	0	-100,0

Energia elettrica

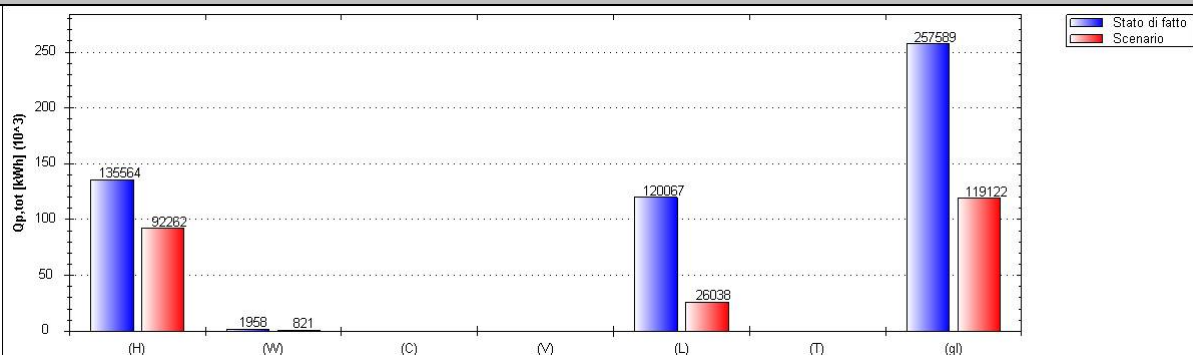
Servizio	Co _{in} [kWh]	Co _{fin} [kWh]	Δ [%]
Riscaldamento (H)	581	21309	3564,7
Acqua calda sanitaria (W)	759	113	-85,1
Raffrescamento (C)	0	0	0,0
Ventilazione (V)	0	0	0,0
Illuminazione (L)	45949	8290	-82,0
Trasporto (T)	0	0	0,0
Globale (gl)	47289	29712	-37,2

Consumi di energia primaria**Non rinnovabile**

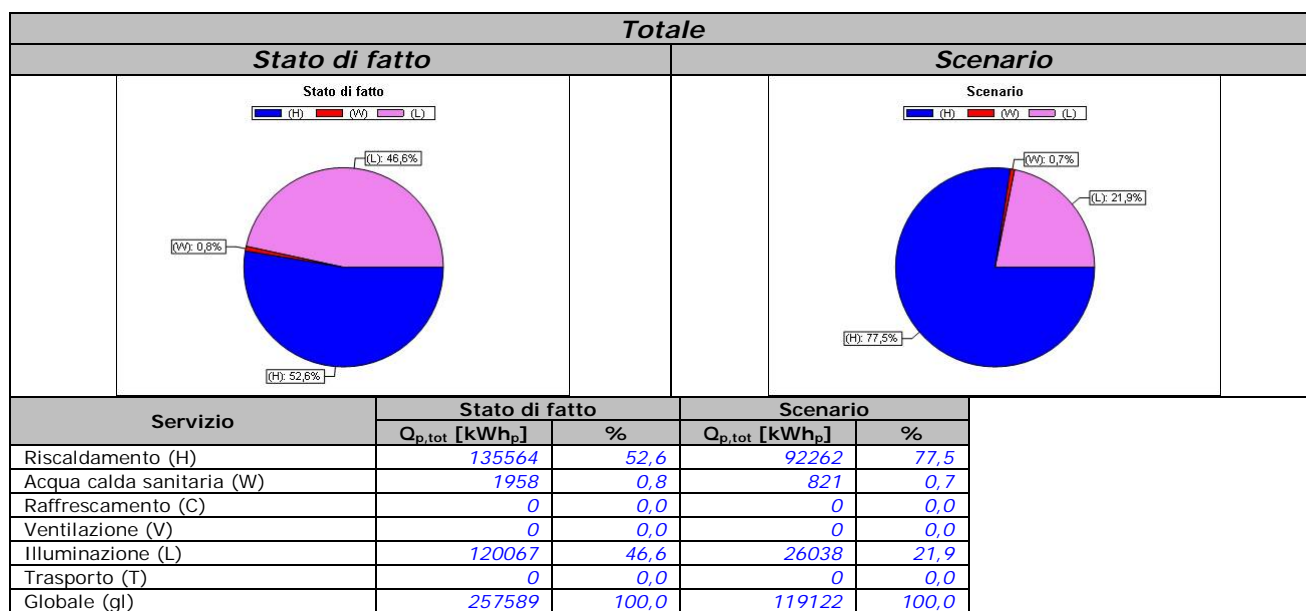
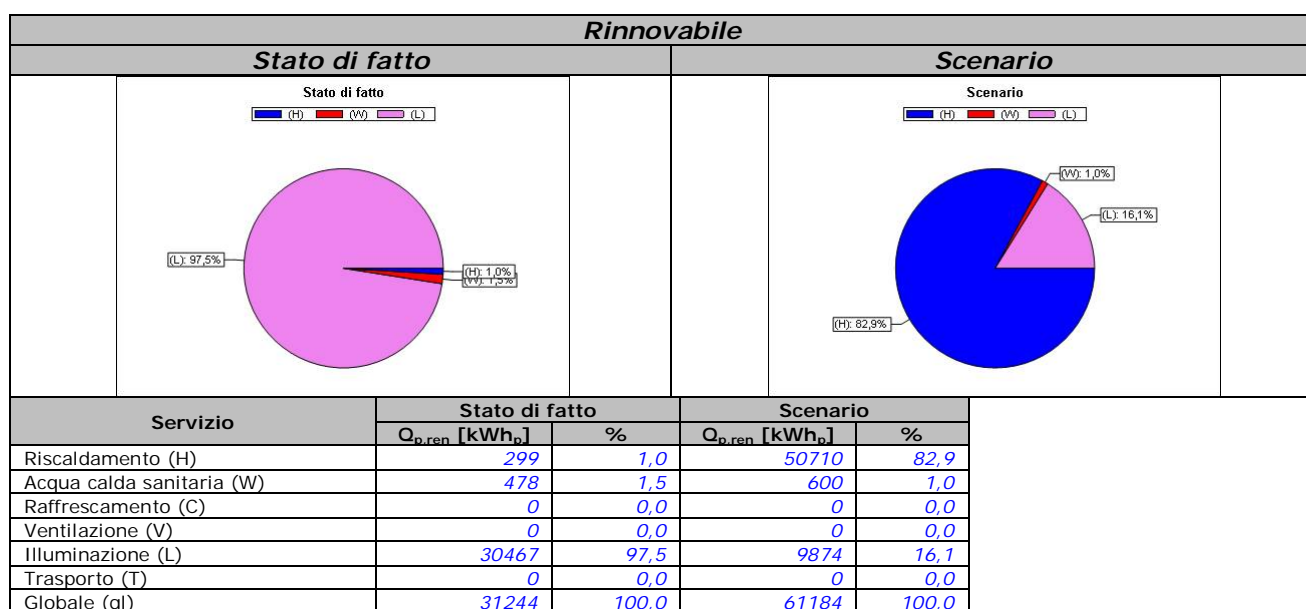
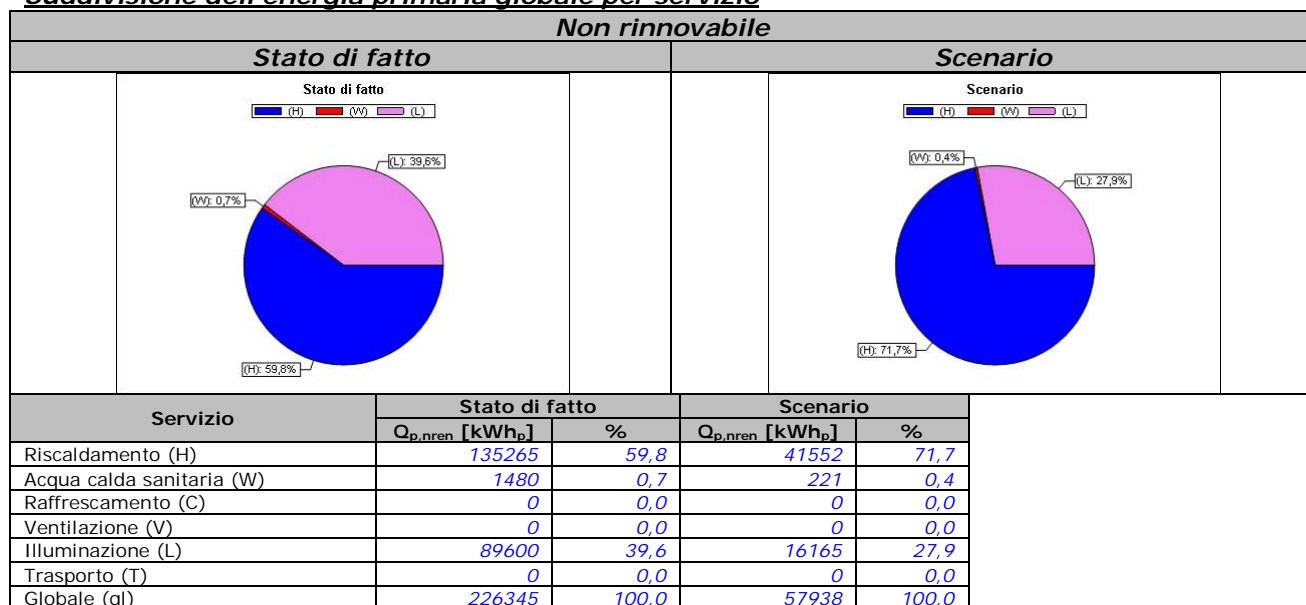
Servizio	$Q_{p,nren,in}$ [kWh _p]	$Q_{p,nren,fin}$ [kWh _p]	Δ [%]
Riscaldamento (H)	135265	41552	-69,3
Acqua calda sanitaria (W)	1480	221	-85,1
Raffrescamento (C)	0	0	0,0
Ventilazione (V)	0	0	0,0
Illuminazione (L)	89600	16165	-82,0
Trasporto (T)	0	0	0,0
Globale (gl)	226345	57938	-74,4

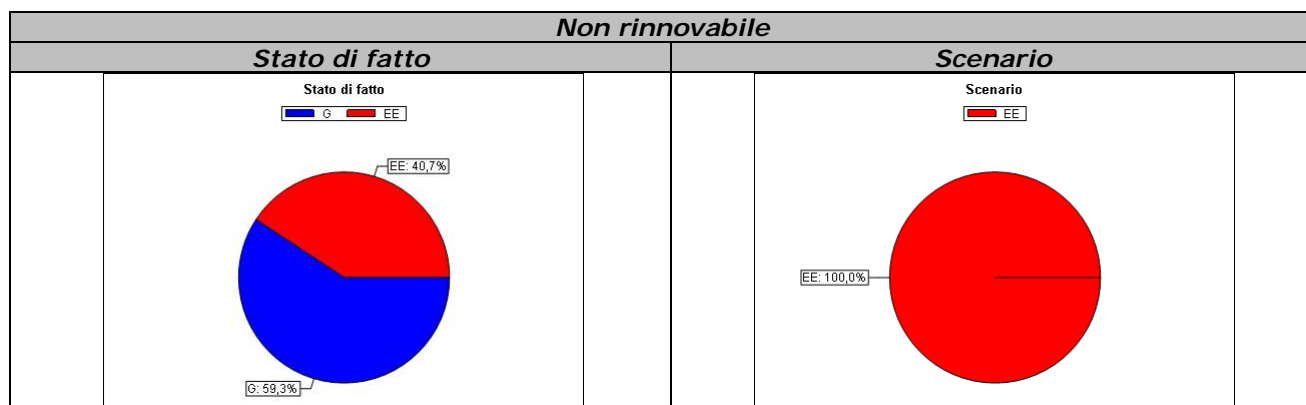
Rinnovabile

Servizio	$Q_{p,ren,in}$ [kWh _p]	$Q_{p,ren,fin}$ [kWh _p]	Δ [%]
Riscaldamento (H)	299	50710	16870,5
Acqua calda sanitaria (W)	478	600	25,5
Raffrescamento (C)	0	0	0,0
Ventilazione (V)	0	0	0,0
Illuminazione (L)	30467	9874	-67,6
Trasporto (T)	0	0	0,0
Globale (gl)	31244	61184	95,8

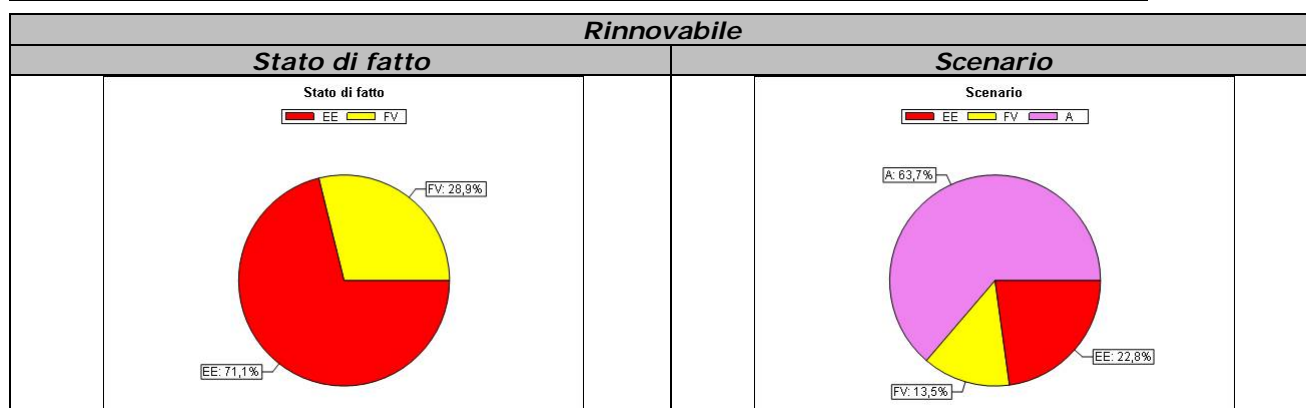
Totale

Servizio	$Q_{p,tot,in}$ [kWh _p]	$Q_{p,tot,fin}$ [kWh _p]	Δ [%]
Riscaldamento (H)	135564	92262	-31,9
Acqua calda sanitaria (W)	1958	821	-58,1
Raffrescamento (C)	0	0	0,0
Ventilazione (V)	0	0	0,0
Illuminazione (L)	120067	26038	-78,3
Trasporto (T)	0	0	0,0
Globale (gl)	257589	119122	-53,8

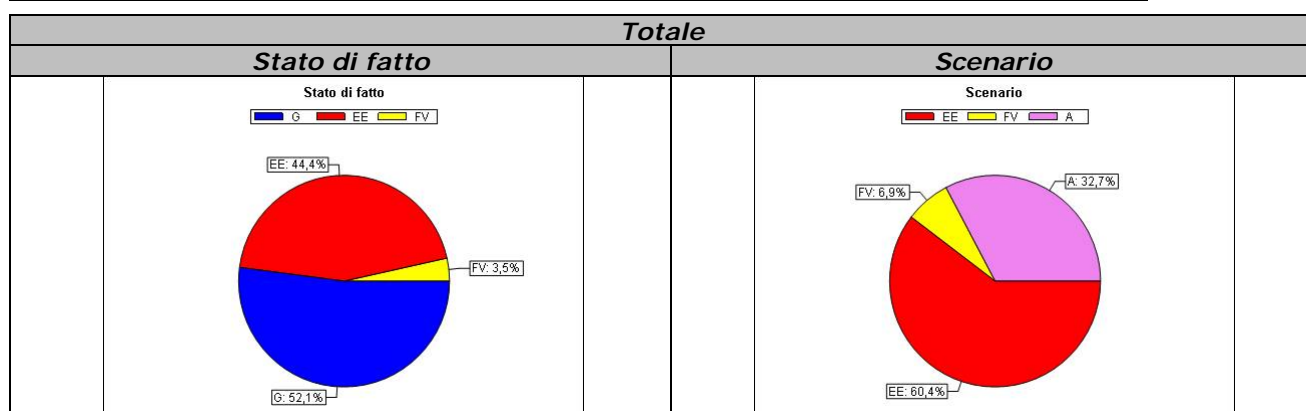
Suddivisione dell'energia primaria globale per servizio

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)	134131	59,3	0	0,0
Energia elettrica (EE)	92214	40,7	57938	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	226345	100,0	57938	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)	22226	71,1	13965	22,8
Solare termico (ST)	0	0,0	0	0,0
Solare fotovoltaico (FV)	9018	28,9	8232	13,5
Ambiente esterno (pompa di calore) (A)	0	0,0	38987	63,7
Totale	31244	100,0	61184	100,0



Vettore energetico	Stato di fatto		Scenario	
	Q _{p,tot} [kWh _p]	%	Q _{p,tot} [kWh _p]	%
Gasolio (G)	134131	52,1	0	0,0
Energia elettrica (EE)	114440	44,4	71902	60,4
Solare termico (ST)	0	0,0	0	0,0
Solare fotovoltaico (FV)	9018	3,5	8232	6,9
Ambiente esterno (pompa di calore) (A)	0	0,0	38987	32,7
Totale	257589	100,0	119122	100,0

7 ANALISI ECONOMICA DEGLI INTERVENTI

L'analisi economica degli interventi, effettuata in conformità alla norma UNI EN 15459, prevede la valutazione dei seguenti flussi di cassa:

- costi iniziali (dovuti a componenti impiantistici, componenti edili, materiali edili ed attività);
- costi in esercizio (costi periodici di manutenzione, costi una tantum di sostituzione, costi finali di smaltimento, altri costi periodici, altri costi una tantum);
- ricavi in esercizio (ricavi periodici da risparmio energetico, ricavi finali da valore residuo dei componenti, ricavi da detrazioni periodiche, altri ricavi periodici, altri ricavi una tantum).

Ogni flusso di cassa deve essere attualizzato all'anno zero (anno di esecuzione dell'investimento). Scopo dell'analisi è, una volta prefissato un determinato periodo di calcolo (tipicamente inferiore o uguale alla vita media dei componenti in gioco), determinare il valore attuale netto dell'operazione (VAN). A VAN positivi corrispondono interventi efficienti sotto il profilo dei costi. Viceversa, ove il VAN sia negativo, l'intervento è da considerarsi non efficiente.

Riepilogo scenari

N°	Scenario	C _{in,tot} [€]	t _{calc} [anni]	VAN _{op} [€]
1	Progetto	1370538,76	20	-726438,99

Legenda:

C _{in,tot}	Costo totale iniziale
t _{calc}	Periodo di calcolo considerato
VAN _{op}	Valore attuale netto dell'operazione

7.1 Progetto

7.1.1 Dati generali

Dati generali

Tasso di interesse di mercato	R	6,05	%
Tasso di inflazione	R _i	1,00	%
Tasso di interesse reale	R _r	5,00	%
Durata del calcolo	t _{calc}	20	Anni

Detrazioni

Percentuale di detrazione	p _{det}	35,0	%
Numero di rate	n _{rate.det}	1	-

7.1.2 Interconnessione elettrica e batterie

Beneficio annuo: 8680 kWh x 0,25 €/kWh = 2170,00 €

Beneficio totale attualizzato: 32373,85 €

7.1.2 Costi iniziali

Componenti

Componente	t _{vita} [anni]	UM	C _{in} [€/UM]	Qta [UM]	C _{in} [€]	Detraibile
Illuminazione a led dimmerabile	25	Al pezzo	226,60	307,00	69566,20	Si
Pannelli in poliuretano 40 kg/m ³ - spessore 12cm	40	Al m ²	149,35	1846,07	275710,56	Si
Pannelli in poliuretano 40 kg/m ³ - spessore 12cm	40	Al m ²	51,50	2522,00	129883,00	Si
Pompe di calore	17	Al pezzo	46350,00	4,00	185400,00	Si
Serramento in PVC - 70mm - 5 camere	35	Al m ²	721,00	607,00	437647,00	Si
Pompe di calore	17	Al pezzo	2472,00	4,00	9888,00	Si
Impianto fotovoltaico	25	Al m ²	309,00	96,00	29664,00	Si
Ventilconvettori	15	Al pezzo	824,00	140,00	115360,00	Si
Interconnessione elettrica	30	Al pezzo	206,00	170,00	35020,00	Si
Batteria d'accumulo da 13,5 kWh	10	Al pezzo	10300,00	2,00	20600,00	Si
misura, controllo, gestione dell'energia	15	Al pezzo	61800,00	1,00	61800,00	Si

Legenda:

t _{vita}	Durata di vita del singolo componente
C _{in}	Costo unitario iniziale del singolo componente
Qta	Quantità del singolo componente
C _{in}	Costo totale iniziale del singolo componente

7.1.3 Costi in esercizio

Costi periodici di manutenzione

Componente	t _{vita} [anni]	C _{in} [€]	p _{man} [%]	C _{man} [€]	t _{man} [anni]	f _{pv,man} [-]	C _{man.att} [€]
Illuminazione a led dimmerabile	25	69566,20	1,0	695,66	20	12,46	8669,49
Pannelli in poliuretano 40 kg/m ³ - spessore 12cm	40	275710,56	0,0	0,00	20	12,46	0,00
Pannelli in poliuretano 40 kg/m ³ - spessore 12cm	40	129883,00	0,0	0,00	20	12,46	0,00
Pompe di calore	17	185400,00	3,0	5562,00	20	12,46	69314,81
Serramento in PVC - 70mm -	35	437647,00	0,0	0,00	20	12,46	0,00

5 camere		0					
Pompe di calore	17	9888,00	3,0	296,64	20	12,46	3696,79
Impianto fotovoltaico	25	29664,00	1,0	296,64	20	12,46	3696,79
Ventilconvettori	15	115360,00	4,0	4614,40	20	12,46	57505,62
Interconnessione elettrica	30	35020,00	0,0	0,00	20	12,46	0,00
Batteria d'accumulo da 13,5 kWh	10	20600,00	2,0	412,00	20	12,46	5134,43
misura, controllo, gestione dell'energia	15	61800,00	3,0	1854,00	20	12,46	23104,94

Legenda:

t_{vita}	Durata di vita del singolo componente
C_{in}	Costo totale iniziale del singolo componente
p_{man}	Costo annuo di manutenzione del singolo componente (espresso come percentuale del costo iniziale)
C_{man}	Costo annuo nominale di manutenzione del singolo componente
t_{man}	Annualità considerate per la manutenzione del singolo componente
$f_{pv,man}$	Tasso di capitalizzazione della manutenzione del singolo componente
$C_{man,att}$	Costo totale di manutenzione attualizzato del singolo componente

Costi di sostituzione

Componente	t_{vita} [anni]	n_{sost} [-]	UM	C_{sost} [€/UM]	C_{sost} [€]	$C_{sost,att}$ [€]
Illuminazione a led dimmerabile	25	0	Al pezzo	226,00	69382,00	0,00
Pannelli in poliuretano 40 kg/m ³ - spessore 12cm	40	0	Al m ²	149,35	275710,55	0,00
Pannelli in poliuretano 40 kg/m ³ - spessore 12cm	40	0	Al m ²	51,50	129883,00	0,00
Pompe di calore	17	1	Al pezzo	2472,00	9888,00	4314,10
Serramento in PVC - 70mm - 5 camere	35	0	Al m ²	721,00	437647,00	0,00
Pompe di calore	17	1	Al pezzo	46350,00	185400,00	80889,41
Impianto fotovoltaico	25	0	Al m ²	309,00	29664,00	0,00
Ventilconvettori	15	1	Al pezzo	824,00	115360,00	55490,13
Interconnessione elettrica	30	0	Al pezzo	206,00	35020,00	0,00
Batteria d'accumulo da 13,5 kWh	10	1	Al pezzo	10300,00	20600,00	12646,61
misura, controllo, gestione dell'energia	15	1	Al pezzo	61800,00	61800,00	29726,86

Dettagli sostituzioni

Pompe di calore			
Sostituzione	$t_{sost,k}$ [anno]	$R_{d,sost,k}$ [%]	$C_{sost,att,k}$ [€]
1	17	43,6	4314,10

Pompe di calore			
Sostituzione	$t_{sost,k}$ [anno]	$R_{d,sost,k}$ [%]	$C_{sost,att,k}$ [€]
1	17	43,6	80889,41

Ventilconvettori			
Sostituzione	$t_{sost,k}$ [anno]	$R_{d,sost,k}$ [%]	$C_{sost,att,k}$ [€]
1	15	48,1	55490,13

Batteria d'accumulo da 13,5 kWh			
Sostituzione	$t_{sost,k}$ [anno]	$R_{d,sost,k}$ [%]	$C_{sost,att,k}$ [€]
1	10	61,4	12646,61

misura, controllo, gestione dell'energia			
Sostituzione	$t_{sost,k}$ [anno]	$R_{d,sost,k}$ [%]	$C_{sost,att,k}$ [€]
1	15	48,1	29726,86

Legenda:

t_{vita}	Durata di vita del singolo componente
n_{sost}	Numero di sostituzioni del singolo componente

C_{sost}	Costo unitario di sostituzione del singolo componente (comprensivo di smaltimento)
C_{sost}	Costo totale di sostituzione nominale del singolo componente
$t_{sost,k}$	Anno della sostituzione k-esima del singolo componente
$R_{d,sost,k}$	Tasso di attualizzazione della sostituzione k-esima del singolo componente
$C_{sost,att,k}$	Costo totale attualizzato della sostituzione k-esima del singolo componente
$C_{sost,att}$	Costo totale di sostituzione attualizzato del singolo componente

Costi finali di smaltimento

Componente	t_{vita} [anni]	n_{sost} [-]	t_{smal} [anno]	C_{in} [€]	p_{smal} [%]	k_{smal} [%]	C_{smal} [€]	$R_{d,smal}$ [%]	$C_{smal,att}$ [€]
Illuminazione a led dimmerabile	25	0	25	69566,20	1,0	80,0	556,53	29,5	164,34
Pannelli in poliuretano 40 kg/m ³ - spessore 12cm	40	0	40	275710,56	1,0	50,0	1378,55	14,2	195,82
Pannelli in poliuretano 40 kg/m ³ - spessore 12cm	40	0	40	129883,00	1,0	50,0	649,42	14,2	92,25
Pompe di calore	17	1	34	185400,00	1,0	17,6	327,18	19,0	62,28
Serramento in PVC - 70mm - 5 camere	35	0	35	437647,00	1,0	57,1	2500,84	18,1	453,38
Pompe di calore	17	1	34	9888,00	1,0	17,6	17,45	19,0	3,32
Impianto fotovoltaico	25	0	25	29664,00	1,0	80,0	237,31	29,5	70,08
Ventilconvettori	15	1	30	115360,00	1,0	33,3	384,53	23,1	88,97
Interconnessione elettrica	30	0	30	35020,00	0,0	66,7	0,00	23,1	0,00
Batteria d'accumulo da 13,5 kWh	10	1	20	20600,00	1,0	100,0	206,00	37,7	77,64
misura, controllo, gestione dell'energia	15	1	30	61800,00	1,0	33,3	206,00	23,1	47,66

Legenda:

t_{vita}	Durata di vita del singolo componente
n_{sost}	Numero di sostituzioni del singolo componente
t_{smal}	Anno di smaltimento del singolo componente
C_{in}	Costo totale iniziale del singolo componente
p_{smal}	Costo di smaltimento del singolo componente (espresso come percentuale del costo iniziale)
k_{smal}	Percentuale di utilizzo della vita del singolo componente
C_{smal}	Costo nominale di smaltimento del singolo componente
$R_{d,smal}$	Tasso di attualizzazione dello smaltimento del singolo componente
$C_{smal,att}$	Costo totale di smaltimento attualizzato del singolo componente

7.1.4 Ricavi in esercizio**Ricavi periodici da risparmio energetico**

Servizio	R_{risp} [€]	t_{risp} [anni]	$f_{pv,risp}$ [-]	$R_{risp,att}$ [€]
Riscaldamento	12771,45	20	12,46	159160,55
Acqua calda sanitaria	166,96	20	12,46	2080,63
Raffrescamento	0,00	20	12,46	0,00
Ventilazione	0,00	20	12,46	0,00
Illuminazione	9414,84	20	12,46	117329,68
Interconnessione elettrica e batterie	2170,00	20	12,46	32373,85

Legenda:

R_{risp}	Ricavo nominale annuo per il risparmio relativo al singolo servizio
t_{risp}	Annualità considerate per il risparmio relativo singolo servizio
$f_{pv,risp}$	Tasso di capitalizzazione del risparmio relativo al singolo servizio
$R_{risp,att}$	Ricavo totale attualizzato per il risparmio relativo al singolo servizio

Ricavi finali per valore residuo dei componenti

Componente	t _{vita} [anni]	n _{sost} [-]	C _{in} [€]	t _{uso} [anni]	R _{fin} [€]	t _{fin} [anno]	R _{d,fin} [%]	R _{fin,att} [€]
Illuminazione a led dimmerabile	25	0	69566,20	20	13913,24	20	37,7	5243,75
Pannelli in poliuretano 40 kg/m ³ - spessore 12cm	40	0	275710,56	20	137855,28	20	37,7	51956,20
Pannelli in poliuretano 40 kg/m ³ - spessore 12cm	40	0	129883,00	20	64941,50	20	37,7	24475,77
Pompe di calore	17	1	185400,00	3	152682,35	20	37,7	57544,37
Serramento in PVC - 70mm - 5 camere	35	0	437647,00	20	187563,00	20	37,7	70690,52
Pompe di calore	17	1	9888,00	3	8143,06	20	37,7	3069,03
Impianto fotovoltaico	25	0	29664,00	20	5932,80	20	37,7	2236,01
Ventilconvettori	15	1	115360,00	5	76906,67	20	37,7	28985,31
Interconnessione elettrica	30	0	35020,00	20	11673,33	20	37,7	4399,56
Batteria d'accumulo da 13,5 kWh	10	1	20600,00	10	0,00	20	37,7	0,00
misura, controllo, gestione dell'energia	15	1	61800,00	5	41200,00	20	37,7	15527,85

Legenda:

t _{vita,comp}	Durata di vita del singolo componente
n _{sost,comp}	Numero di sostituzioni del singolo componente
C _{in,comp}	Costo totale iniziale del singolo componente
t _{uso,comp}	Periodo d'uso del singolo componente ($\leq t_{vita,comp,i}$)
R _{fin,comp}	Ricavi nominale per il valore residuo del singolo componente
t _{fin,comp}	Anno di valutazione del valore finale singolo componente
R _{d,fin,comp}	Tasso di attualizzazione del valore finale del singolo componente
R _{fin,att,comp}	Ricavo totale attualizzato per il valore residuo del singolo componente

Ricavi da detrazioni periodiche

Costo totale iniziale detraibile	C _{in,tot,det}	1370538,76	€
Ricavo nominale annuo da detrazioni periodiche	R _{det}	479688,57	€
Annualità considerate per la detrazione	t _{det}	1	anni
Tasso di capitalizzazione della detrazione	f _{p,v,det}	0,95	-
Ricavo totale attualizzato da detrazioni periodiche	R _{det,att}	456846,25	€

7.1.5 Risultati**Costi in esercizio totali attualizzati**

Descrizione	Simbolo	Valore [€]
Costi periodici di manutenzione totali attualizzati	C _{man,att}	171122,87
Costi di sostituzione totali attualizzati	C _{sost,att}	183067,11
Costi finali di smaltimento totali attualizzati	C _{smal,att}	1255,74
Altri costi periodici totali attualizzati	C _{per,att}	0,00
Altri costi una tantum totali attualizzati	C _{ut,att}	0,00

Ricavi in esercizio totali attualizzati

Descrizione	Simbolo	Valore [€]
Ricavi periodici da risparmio energetico totali attualizzati	R _{risp,att}	319952,42
Ricavi finali per valore residuo dei componenti totali attualizzati	R _{fin,att}	264128,38
Ricavi da detrazioni periodiche totali attualizzati	R _{det,att}	456846,25
Altri ricavi periodici totali attualizzati	R _{per,att}	0,00
Altri ricavi una tantum totali attualizzati	R _{ut,att}	0,00

Risultati

Costo totale iniziale	C _{in,tot}	1370538,76	€
Costi in esercizio totali attualizzati	C _{es,tot,att}	355445,72	€
Ricavi in esercizio totali attualizzati	R _{es,tot,att}	1040927,05	€
Valore attuale netto dell'operazione	VAN _{op}	-685057,43	€
Annualità considerate nell'operazione	t _{op}	20	Anni

