

RELAZIONE DIAGNOSI ENERGETICA

**EDIFICIO CIVILE AD USO SCOLASTICO – ISTITUTO COMPRENSIVO
DI TRASACCO – SCUOLA ELEMENTARE**

Piazza Matteotti, 67059 Trasacco (AQ)



Committente: COMUNE DI TRASACCO (AQ)

Tecnico: Arch. Luigi Babusci

Data: 14/12/2017



Studio di Architettura – Arch. Luigi Babusci
Piazza Macinie 8 - Trasacco AQ - Tel. 3937091973
facebook.com/babusciark

INDICE

1. PREMESSA

1.1 Inquadramento generale

1.2 Normativa di riferimento

2. ANALISI ENERGETICA DELL'EDIFICIO

2.1 Dati geoclimatici

2.2 Caratteristiche Tipologiche Dimensionali

2.3 Modello energetico e risultati

3. SENARIO PROPOSTO

3.1 Descrizione dello scenario di efficientamento energetico

3.2 Prestazioni Attese post intervento

3.3 Valutazione economica

1. PREMESSA

La presente diagnosi ha lo scopo di effettuare uno studio dal punto di vista energetico dell'edificio scolastico, sito nel comune di Trasacco (AQ).

L'analisi è basata sull'individuazione dei flussi di energia relativi al fabbricato (involucro edilizio) ed agli impianti (sistemi tecnologici dedicati ai differenti servizi), considera il rilievo delle bollette, l'analisi energetica dell'edificio (per avere un'adeguata conoscenza del consumo energetico), l'individuazione delle opportunità di risparmio energetico (valutando il profilo costi-benefici) ed il resoconto finale in merito alle valutazioni svolte ed ai risultati conseguiti.

1.1 Inquadramento generale

L'edificio che ospita la scuola elementare dell'Istituto Comprensivo di Trasacco, è costituito da un unico corpo di fabbrica con un piano seminterrato e due piani fuori terra:

- **PIANO SEMINTERRATO** con una superficie di 171 m², ospita locali tecnici e di deposito.
- **PIANO TERRA** con una superficie di 175 m² circa, ospita N. 9 aule didattiche, N. 1 archivio e N. 2 blocchi bagno.
- **PIANO PRIMO** con una superficie di circa 567 m², ospita N. 5 aule per attività di laboratorio e N. 3 blocchi bagno.

La struttura, realizzata tra gli anni '40 – '50, è in calcestruzzo armato con tamponature a cassetta ed in muratura di mattoni pieni e la copertura è a falde.



Immagine 1 - Vista aerea

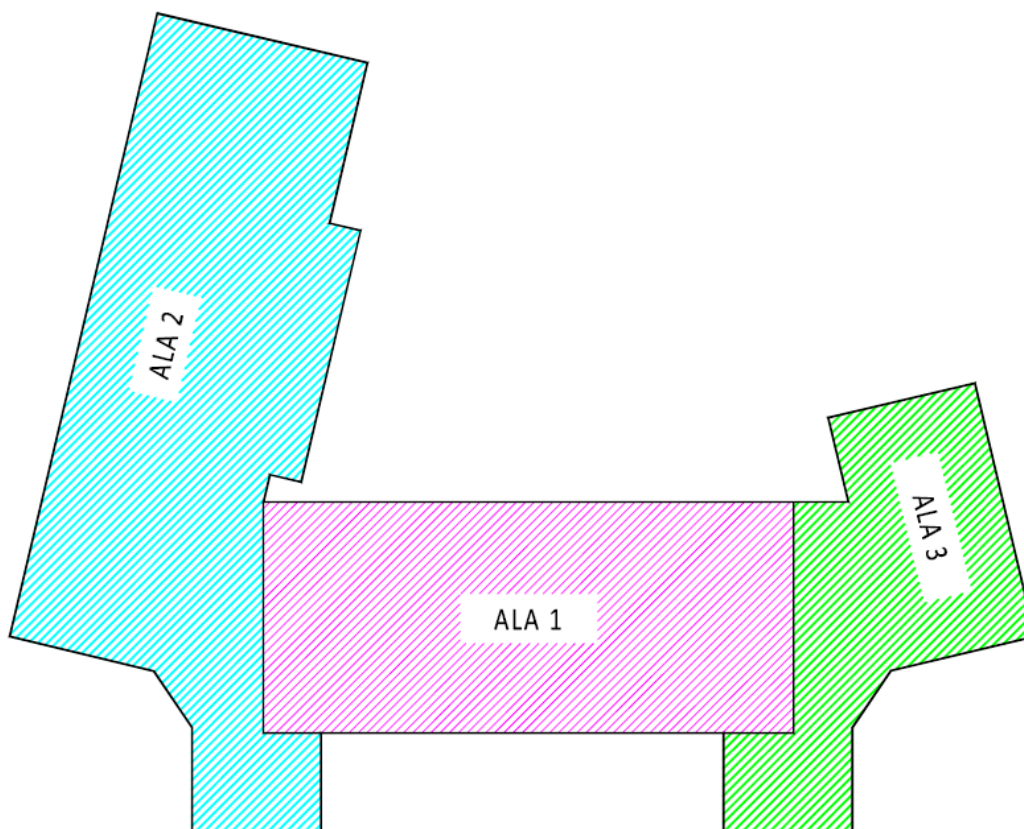


Immagine 2 - Inquadramento Planimetrico

Il complesso è ubicato tra Piazza Matteotti, via Cavour e via Tommaseo. L'edificio ha una forma a ferro di cavallo e può essere suddivisa idealmente in 3 ali:

- a) ALA 1 su P.zza Matteotti;
- b) ALA 2 su via Cavour;
- c) ALA 3 su Via Tommaseo.

Attualmente il servizio di riscaldamento dell'intero edificio scolastico, è garantito mediante l'utilizzo di radiatori alimentati da una caldaia a metano con potenza termica nominale pari a 322,9kW.

Tenendo conto della situazione attuale, nella presente Diagnosi Energetica verranno perseguiti i seguenti obiettivi:

- Definire il bilancio energetico del sistema edificio - impianto dell'edificio scolastico;
- Ottimizzare la modalità di gestione del sistema edificio – impianto con il progetto di efficientamento proposto.

Le fasi in cui si articola la presente diagnosi saranno:

- Raccolta dei dati storici dei consumi dell'edificio
- Stesura del modello energetico edificio-impianto che riassume la tipologia di utenza, le potenze installate, i profili di utilizzazione e le ore di funzionamento degli impianti
- Proposta dell'intervento di efficientamento e valutazione della fattibilità tecnico - economica

1.2 Normativa di Riferimento

Le valutazioni sono effettuate considerando la normativa tecnica vigente per il calcolo dei fabbisogni energetici degli edifici, la normativa vigente in materia di contenimento del fabbisogno energetico degli edifici e degli impianti per la valutazione dei requisiti tecnici richiesti agli interventi considerati.

L'impianto legislativo su cui si basa la presente analisi è regolata essenzialmente da:

- **Decreto attuativo 26 giugno 2015;**
- **Legge 90/2013:** Conversione in legge, con modificazioni, del decreto legge 4 giugno 2013, n. 63, recante disposizioni urgenti per il recepimento della Direttiva 2010/31/UE del Parlamento europeo e del Consiglio del 19 maggio 2010, sulla prestazione energetica nell'edilizia per la definizione delle procedure d'infrazione avviate dalla Commissione europea, nonché europea, nonché altre disposizioni in materia di coesione sociale.
- **Legge n. 10/91:** Norme per l'attuazione del Piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia;
- **D.Lgs. 192/05:** Attuazione della direttiva 2002/91/CE sul rendimento energetico in edilizia.
- **D.P.R. 412/1993:** Regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento di energia, in attuazione all'art.4, comma 4, della legge 9 gennaio 1991, n.10

Le principali normative tecniche di riferimento sono:

- **UNI/TS 11300-1:** Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale;
- **UNI/TS 11300-2:** Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria;
- **UNI/TS 11300-3:** Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione estiva;
- **UNI/TS 11300-4:** Utilizzo di energie rinnovabili e di altri metodi di generazione per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria.
- **UNI/TS 11300-5:** Calcolo dell'energia primaria e della quota di energia da fonti rinnovabili

- **UNI/TS 11300-6:** Determinazione del fabbisogno di energia per ascensori, scale mobili e marciapiedi mobili;
- **UNI EN 12831:** Impianti di riscaldamento negli edifici Metodo di calcolo del carico termico di progetto;
- **UNI EN 16212:** Calcoli dei risparmi e dell'efficienza energetica – Metodi top-down (discendente) e bottom-up (ascendente);
- **UNI CEI/TR 11428:** Gestione dell'energia – Diagnosi energetiche – Requisiti generali del servizio di diagnosi energetica;
- **UNI CEI EN 16247-1:** Diagnosi energetiche – Requisiti generali;
- **UNI CEI EN 16247-2:** Diagnosi energetiche – Edifici

2. ANALISI ENERGETICA DELL'EDIFICIO

2.1 Dati Geo – Climatici

PARAMETRI GEOGRAFICI	
Comune	TRASACCO
Altitudine [m s.l.m.]	685
Latitudine	41°57'
Longitudine	13°32'

PARAMETRI CLIMATICI	
Zona climatica	E
Gradi giorno	2576
Zona vento	2
Velocità del vento giornaliera [m/s]	1,1

PERIODO DI RISCALDAMENTO	
Durata stagione di riscaldamento	183 giorni
Inizio stagione di riscaldamento	15 ottobre
Fine stagione di riscaldamento	15 aprile

TEMPERATURE E IRRADIAZIONI GIORNALIERE MEDIE MENSILI				
Mese	<i>Temperatura esterna</i> [°C]	<i>Irradiazione orizzontale diretta</i> [MJ/m ²]	<i>Irradiazione orizzontale diffusa</i> [MJ/m ²]	<i>Pressione esterna</i> [Pa]
Gennaio	3,7	2,3	3,2	616,6
Febbraio	4,7	4,2	4,0	519,8
Marzo	8,3	5,7	6,2	512,2
Aprile	11,1	8,8	7,5	694,1
Maggio	14,9	11,5	8,9	685,3
Giugno	19,2	15,1	9,1	1.096,9
Luglio	20,8	14,9	8,6	1.163,7
Agosto	19,7	12,9	7,8	918,9
Settembre	15,7	9,9	6,4	646,9
Ottobre	12,4	6,4	4,5	1.071,1
Novembre	7,2	3,0	3,3	667,5
Dicembre	5,1	1,6	2,8	726,4

2.2 Caratteristiche Tipologiche Dimensionali

SUPERFICIE E VOLUME DELLA CENTRALE TERMICA				
Centrale termica	Sup. utile [m ²]	Sup. lorda [m ²]	Vol. lordo [m ³]	S _L / V _L [m ⁻¹]
	15,71	20,71	62,13	0,33

SUPERFICIE E VOLUME DELL'EDIFICIO SCOLASTICO				
AMBIENTI	Sup. utile [m ²]	Sup. lorda [m ²]	Vol. lordo [m ³]	S _L / V _L [m ⁻¹]
Piano seminterrato	171,00	212,00	636,00	0,33
Piano terra	752,30	846,40	3257,10	0,26
Piano primo	567,40	634,80	2443,98	0,26

Strutture opache verticali

- MURATURA PORTANTE PIANO TERRA E PRIMO ALA 1, PARTE DELL'ALA 2 ED ALA 3

Le proprietà termiche dell'elemento opaco sono valutate in base alla UNI EN ISO 6946.

DATI DELLA STRUTTURA OPACA								
Nome: <u>MURA TURA</u>								
Note:								
Tipologia:	<u>Parete</u>			Disposizione:	<u>Verticale</u>			
Verso:	<u>Esterno</u>			Spessore:	<u>950,0 mm</u>			
Trasmittanza U:	0,704 W/(m ² K)			Resistenza R:	1,421 (m ² K)/W			
Massa superf.:	1.720 Kg/m ²			Colore:	Chiaro			
Area:	- m ²							

STRATIGRAFIA								
	Strato	Spessore s [mm]	Conduttività λ [W/(mK)]	Resistenza R [(m ² K)/W]	Densità ρ [Kg/m ³]	Capacità term. C [kJ/(kgK)]	Fattore μ _a [-]	Fattore μ _u [-]
	Adduttanza interna (flusso orizzontale)	-	-	0,130	-	-	-	-
A	Malta di cemento	20,0	1,400	0,014	2.000	1,00	16,7	16,7
B	Mattoni pieni 140 x 280 (giunti malta 5 mm)	900,0	0,741	1,215	1.800	1,00	10,0	5,0
C	Malta di cemento	30,0	1,400	0,021	2.000	1,00	16,7	16,7
	Adduttanza esterna (flusso orizzontale)	-	-	0,040	-	-	-	-
	TOTALE	950,0		1,421				

Conduttanza unitaria superficiale interna: 7,690 W/(m ² K)	Resistenza unitaria superficiale interna: 0,130 (m ² K)/W
Conduttanza unitaria superficiale esterna: 25,000 W/(m ² K)	Resistenza unitaria superficiale esterna: 0,040 (m ² K)/W

VERIFICA DI TRASMITTANZA	
Verifica di trasmittanza (non considerando l'influenza di eventuali ponti termici non corretti):	
Comune: <u>Trasacco</u>	Zona climatica: <u>E</u>
Trasmittanza della struttura U: 0,704 W/(m ² K)	Trasmittanza limite U _{lim} : 0,300 W/(m ² K)
Riferimento normativo: <u>Limiti relativi alla Normativa Nazionale Legge 90</u>	
ESITO VERIFICA DI TRASMITTANZA: NO	

- TAMPONATURA ALA 2 – STRUTTURA IN C.A.

Le proprietà termiche dell'elemento opaco sono valutate in base alla UNI EN ISO 6946.

DATI DELLA STRUTTURA OPACA								
Nome: <u>TAMPONATURA PILASTRI</u>								
Note:								
Tipologia:	<u>Parete</u>			Disposizione:	<u>Verticale</u>			
Verso:	<u>Esterno</u>			Spessore:	<u>510,0 mm</u>			
Trasmittanza U:	0,880 W/(m ² K)			Resistenza R:	1,137 (m ² K)/W			
Massa superf.:	804 Kg/m ²			Colore:	Chiaro			
Area:	- m ²							

STRATIGRAFIA								
	Strato	Spessore s	Conduttività λ	Resistenza R	Densità ρ	Capacità term. C	Fattore μ _a	Fattore μ _u
		[mm]	[W/(mK)]	[(m ² K)/W]	[Kg/m ³]	[kJ/(kgK)]	[-]	[-]
	Adduttanza interna (flusso orizzontale)	-	-	0,130	-	-	-	-
A	Intonaco di calce e gesso	20,0	0,700	0,029	1.400	0,84	11,1	11,1
B	Mattone forato 120 x 250 (giunti malta 12 mm)	180,0	0,387	0,465	1.800	1,00	10,0	5,0
C	Strato d'aria verticale	110,0	0,550	0,200	1.000	1,00	0,0	0,0
D	Malta di cemento	20,0	1,400	0,014	2.000	1,00	16,7	16,7
E	Mattone semipieno 120 x 250 foratura 21% (giunti malta 12 mm)	150,0	0,632	0,238	1.800	1,00	10,0	5,0
F	Malta di cemento	30,0	1,400	0,021	2.000	1,00	16,7	16,7
	Adduttanza esterna (flusso orizzontale)	-	-	0,040	-	-	-	-
	TOTALE	510,0		1,137				

Conduttanza unitaria superficiale interna: 7,690 W/(m ² K)	Resistenza unitaria superficiale interna: 0,130 (m ² K)/W
Conduttanza unitaria superficiale esterna: 25,000 W/(m ² K)	Resistenza unitaria superficiale esterna: 0,040 (m ² K)/W

VERIFICA DI TRASMITTANZA	
Verifica di trasmittanza (non considerando l'influenza di eventuali ponti termici non corretti):	
Comune: <u>Trasacco</u>	Zona climatica: <u>E</u>
Trasmittanza della struttura U: 0,880 W/(m ² K)	Trasmittanza limite U _{lim} : 0,300 W/(m ² K)
Riferimento normativo: <u>Limiti relativi alla Normativa Nazionale Legge 90</u>	
ESITO VERIFICA DI TRASMITTANZA: NO	

Strutture opache orizzontali

- SOLAIO COPERTURA

Le proprietà termiche dell'elemento opaco sono valutate in base alla UNI EN ISO 6946.

DATI DELLA STRUTTURA OPACA								
Nome: <u>Copertura</u>								
Note:								
Tipologia:	<u>Parete</u>	Disposizione:	<u>Verticale</u>					
Verso:	<u>Esterno</u>	Spessore:	<u>1.320,0 mm</u>					
Trasmittanza U:	0,125 W/(m ² K)	Resistenza R:	8,001 (m ² K)/W					
Massa superf.:	286 Kg/m ²	Colore:	Chiaro					
Area:	- m ²							

STRATIGRAFIA								
	Strato	Spessore s	Conduttività λ	Resistenza R	Densità ρ	Capacità term. C	Fattore μ _a	Fattore μ _u
		[mm]	[W/(mK)]	[(m ² K)/W]	[Kg/m ³]	[kJ/(kgK)]	[-]	[-]
	Adduttanza interna (flusso orizzontale)	-	-	0,130	-	-	-	-
A	Intonaco interno	20,0	0,700	0,029	1.400	1,00	11,1	11,1
B	Soletta blocchi in laterizio+travetti in cls (R=0,330m ² K/W)	220,0	0,485	0,454	900	1,00	0,0	999,99 9,0
C	Massetto in cls ordinario (sp=2cm)	20,0	1,060	0,019	1.500	1,00	3,3	3,3
D	Intercapedine d'aria_1	1.000,0	0,139	7,200	1	1,00	1,0	1,0
E	Intonaco interno	20,0	0,700	0,029	1.400	1,00	11,1	11,1
F	Membrana impermeabilizzante bituminosa	10,0	0,170	0,059	1.200	1,00	0,0	999,99 9,0
G	Pavimentazione esterna-klinker	30,0	0,700	0,043	1.500	1,00	0,0	999,99 9,0
	Adduttanza esterna (flusso orizzontale)	-	-	0,040	-	-	-	-
	TOTALE	1.320,0		8,001				

Conduttanza unitaria superficiale interna: 7,690 W/(m ² K)	Resistenza unitaria superficiale interna: 0,130 (m ² K)/W
Conduttanza unitaria superficiale esterna: 25,000 W/(m ² K)	Resistenza unitaria superficiale esterna: 0,040 (m ² K)/W

VERIFICA DI TRASMITTANZA	
Verifica di trasmittanza (non considerando l'influenza di eventuali ponti termici non corretti):	
Comune: <u>Trasacco</u>	Zona climatica: <u>E</u>
Trasmittanza della struttura U: 0,125 W/(m ² K)	Trasmittanza limite U _{lim} : 0,300 W/(m ² K)
Riferimento normativo: <u>Limiti relativi alla Normativa Nazionale Legge 90</u>	
ESITO VERIFICA DI TRASMITTANZA: OK	

- SOLAIO INTERPIANO

Le proprietà termiche dell'elemento opaco sono valutate in base alla UNI EN ISO 6946.

DATI DELLA STRUTTURA OPACA

Nome: SOLAIO INTERPIANO

Note:

Tipologia:	<u>Pavimento</u>	Disposizione:	<u>Orizzontale</u>
Verso:	<u>Edificio confinante riscaldato</u>	Spessore:	<u>290,0</u> mm
Trasmittanza U:	1,363 W/(m ² K)	Resistenza R:	0,734 (m ² K)/W
Massa superf.:	507 Kg/m ²	Colore:	Chiaro
Area:	- m ²		

STRATIGRAFIA

	Strato	Spessore s	Conduttività λ	Resistenza R	Densità ρ	Capacità term. C	Fattore μ _a	Fattore μ _v
		[mm]	[W/(mK)]	[(m ² K)/W]	[Kg/m ³]	[kJ/(kgK)]	[-]	[-]
	Adduttanza interna (flusso verticale discendente)	-	-	0,170	-	-	-	-
A	Ceramica o porcellana	10,0	1,300	0,008	2.300	0,84	0,0	300,00 0,0
B	Malta di cemento	30,0	1,400	0,021	2.000	1,00	16,7	16,7
C	Malta di cemento	50,0	1,400	0,036	2.000	1,00	16,7	16,7
D	Blocco da solaio (interni) 160 x 495 con elementi collaboranti in opera	180,0	0,600	0,300	1.800	700,00	0,0	0,0
E	Intonaco di calce e gesso	20,0	0,700	0,029	1.400	0,84	11,1	11,1
	Adduttanza interna (flusso verticale discendente)	-	-	0,170	-	-	-	-
	TOTALE	290,0		0,734				

Conduttanza unitaria superficiale interna: 5,880 W/(m²K)

Resistenza unitaria superficiale interna: 0,170 (m²K)/W

Conduttanza unitaria superficiale esterna: 5,880 W/(m²K)

Resistenza unitaria superficiale esterna: 0,170 (m²K)/W

VERIFICA DI TRASMITTANZA

Verifica di trasmittanza (non considerando l'influenza di eventuali ponti termici non corretti):

Comune:	<u>Trasacco</u>	Zona climatica:	<u>E</u>
Trasmittanza della struttura U:	1,363 W/(m ² K)	Trasmittanza limite U _{lim} :	0,800 W/(m ² K)

Riferimento normativo: Limiti relativi alla Normativa Nazionale Legge 90

ESITO VERIFICA DI TRASMITTANZA: NO

- SOLAIO CONTROTERRA

Le proprietà termiche dell'elemento opaco sono valutate in base alla UNI EN ISO 6946.

DATI DELLA STRUTTURA OPACA								
Nome: <u>SOLAIO CONTROTERRA</u>								
Note:								
Tipologia:	<u>Pavimento</u>			Disposizione:	<u>Orizzontale</u>			
Verso:	<u>Terreno</u>			Spessore:	<u>1.250,0 mm</u>			
Trasmittanza U:	0,439 W/(m ² K)			Resistenza R:	2,280 (m ² K)/W			
Massa superf.:	1.803 Kg/m ²			Colore:	Chiaro			
Area:	- m ²							
STRATIGRAFIA								
	Strato	Spessore s	Conduttività λ	Resistenza R	Densità ρ	Capacità term. C	Fattore μ _a	Fattore μ _u
		[mm]	[W/(mK)]	[(m ² K)/W]	[Kg/m ³]	[kJ/(kgK)]	[-]	[-]
	Adduttanza interna (flusso verticale discendente)	-	-	0,170	-	-	-	-
A	Ceramica o porcellana	10,0	1,300	0,008	2.300	0,84	0,0	300,00 0,0
B	Malta di cemento	40,0	1,400	0,029	2.000	1,00	16,7	16,7
C	Calcestruzzo strutt. chiusa, argilla espansa, interni, umidità 4%(1000 kg/m ³)	200,0	0,310	0,645	1.000	0,88	76,9	50,0
D	Ciotoli e pietre frantumate	1.000,0	0,700	1,429	1.500	0,84	5,3	5,3
	TOTALE	1.250,0		2,280				
Conduttanza unitaria superficiale interna: 5,880 W/(m ² K)				Resistenza unitaria superficiale interna: 0,170 (m ² K)/W				
Conduttanza unitaria superficiale esterna: 0,000 W/(m ² K)				Resistenza unitaria superficiale esterna: 0,000 (m ² K)/W				
VERIFICA DI TRASMITTANZA								
Verifica di trasmittanza (non considerando l'influenza di eventuali ponti termici non corretti):								
Comune:	<u>Trasacco</u>			Zona climatica:	<u>E</u>			
Trasmittanza della struttura U:	0,439 W/(m ² K)			Trasmittanza limite U _{lim} :	0,310 W/(m ² K)			
Riferimento normativo: <u>Limiti relativi alla Normativa Nazionale Legge 90</u>								
ESITO VERIFICA DI TRASMITTANZA: NO								

Chiusure trasparenti

- FINESTRA 2,60 x 2,00

Area del vetro Ag [m ²]	Area del telaio Af [m ²]	Area tot. Del serramento Aw [m ²]	Perimetro sup. vetrata Lg [m]
4,195	1,005	5,200	11,920

PARAMETRI RIASSUNTIVI DEL SERRAMENTO	
Trasmittanza serramento Uw [w/m ² K]	Trasmittanza serramento + tenda Uw CORR [w/m ² K]
3,000	3,000

- FINESTRA 4,10 x 1,40

Area del vetro Ag [m ²]	Area del telaio Af [m ²]	Area tot. Del serramento Aw [m ²]	Perimetro sup. vetrata Lg [m]
4,489	1,251	5,740	14,680

PARAMETRI RIASSUNTIVI DEL SERRAMENTO	
Trasmittanza serramento Uw [w/m ² K]	Trasmittanza serramento + tenda Uw CORR [w/m ² K]
2,281	2,281

- FINESTRA 1,70 x 2,00

Area del vetro Ag [m ²]	Area del telaio Af [m ²]	Area tot. Del serramento Aw [m ²]	Perimetro sup. vetrata Lg [m]
2,539	0,861	3,400	10,120

PARAMETRI RIASSUNTIVI DEL SERRAMENTO	
Trasmittanza serramento Uw [w/m ² K]	Trasmittanza serramento + tenda Uw CORR [w/m ² K]
3,100	3,100

- FINESTRA 1,50 x 2,00

Area del vetro Ag [m ²]	Area del telaio Af [m ²]	Area tot. Del serramento Aw [m ²]	Perimetro sup. vetrata Lg [m]
2,374	0,626	3,000	9,940

PARAMETRI RIASSUNTIVI DEL SERRAMENTO	
Trasmittanza serramento Uw [w/m ² K]	Trasmittanza serramento + tenda Uw CORR [w/m ² K]
3,100	-----

- FINESTRA 1,70 x 2,40

Area del vetro Ag [m ²]	Area del telaio Af [m ²]	Area tot. Del serramento Aw [m ²]	Perimetro sup. vetrata Lg [m]
2,935	1,145	4,080	27,260

PARAMETRI RIASSUNTIVI DEL SERRAMENTO	
Trasmittanza serramento Uw [w/m ² K]	Trasmittanza serramento + tenda Uw CORR [w/m ² K]
2,771	-----

- FINESTRA 1,28 x 1,00

Area del vetro Ag [m ²]	Area del telaio Af [m ²]	Area tot. Del serramento Aw [m ²]	Perimetro sup. vetrata Lg [m]
0,874	0,406	1,280	5,440

PARAMETRI RIASSUNTIVI DEL SERRAMENTO	
Trasmittanza serramento Uw [w/m ² K]	Trasmittanza serramento + tenda Uw CORR [w/m ² K]
2,671	-----

- FINESTRA 1,50 x 1,00

Area del vetro Ag [m ²]	Area del telaio Af [m ²]	Area tot. Del serramento Aw [m ²]	Perimetro sup. vetrata Lg [m]
1,084	0,416	1,500	5,940

PARAMETRI RIASSUNTIVI DEL SERRAMENTO	
Trasmittanza serramento Uw [w/m ² K]	Trasmittanza serramento + tenda Uw CORR [w/m ² K]
2,546	-----

- FINESTRA 3,00 x 1,00

Area del vetro Ag [m ²]	Area del telaio Af [m ²]	Area tot. Del serramento Aw [m ²]	Perimetro sup. vetrata Lg [m]
2,176	0,824	3,000	15,260

PARAMETRI RIASSUNTIVI DEL SERRAMENTO	
Trasmittanza serramento Uw [w/m ² K]	Trasmittanza serramento + tenda Uw CORR [w/m ² K]
2,629	-----

- FINESTRA 2,65 x 2,00

Area del vetro Ag [m ²]	Area del telaio Af [m ²]	Area tot. Del serramento Aw [m ²]	Perimetro sup. vetrata Lg [m]
4,287	1,013	5,300	12,020

PARAMETRI RIASSUNTIVI DEL SERRAMENTO	
Trasmittanza serramento Uw [w/m ² K]	Trasmittanza serramento + tenda Uw CORR [w/m ² K]
2,189	2,189

- FINESTRA 0,55 x 2,00

Area del vetro Ag [m ²]	Area del telaio Af [m ²]	Area tot. Del serramento Aw [m ²]	Perimetro sup. vetrata Lg [m]
0,718	0,382	1,100	4,460

PARAMETRI RIASSUNTIVI DEL SERRAMENTO	
Trasmittanza serramento Uw [w/m ² K]	Trasmittanza serramento + tenda Uw CORR [w/m ² K]
2,733	-----

- PORTA VETRATA INGRESSO 1,20 x 2,15

Area del vetro Ag [m ²]	Area del telaio Af [m ²]	Area tot. Del serramento Aw [m ²]	Perimetro sup. vetrata Lg [m]
1,755	0,825	2,580	9,600

PARAMETRI RIASSUNTIVI DEL SERRAMENTO	
Trasmittanza serramento Uw [w/m ² K]	Trasmittanza serramento + tenda Uw CORR [w/m ² K]
2,635	-----

2.3 Modello Energetico e Risultati

La modellazione dell'edificio scolastico, effettuata con il software Termolog, ha permesso di ottenere il fabbisogno termico di energia utile.

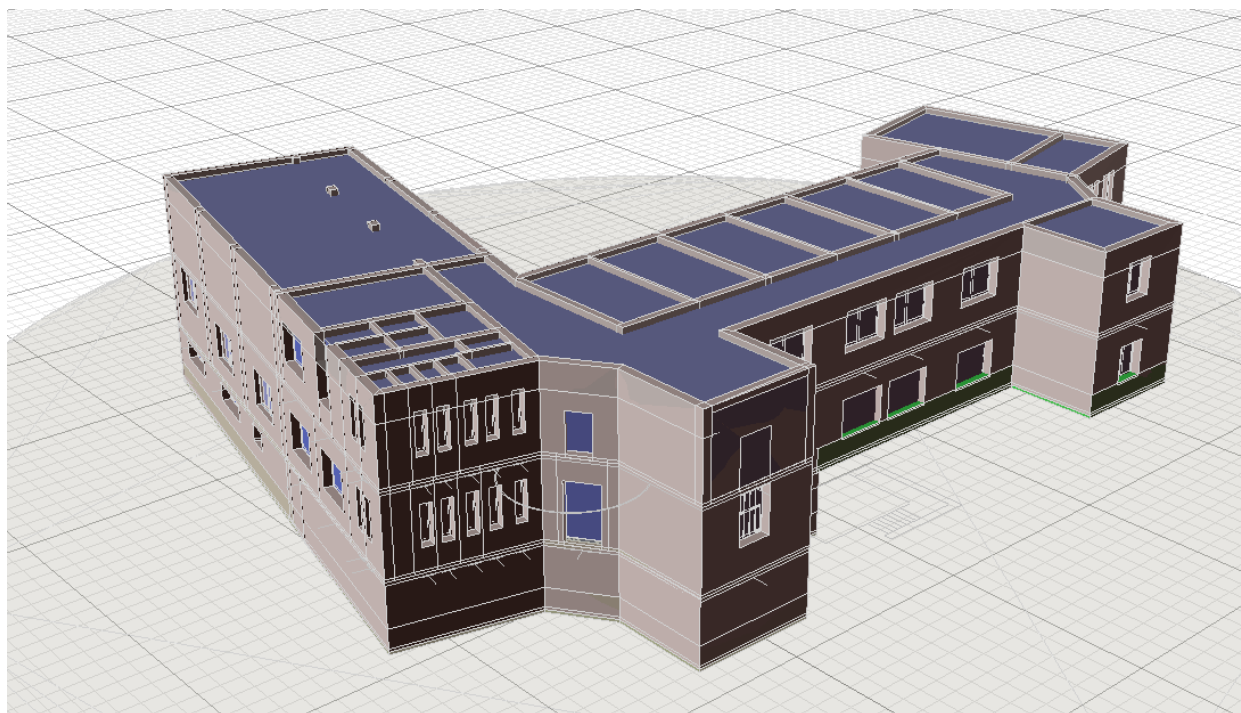


Immagine 3 - Modellazione Edificio da Termolog

Dispersioni di progetto e carico termico totale

Edificio di riferimento:

Φ_T Potenza termica dispersa per trasmissione in condizioni di progetto
 Φ_{RH} Potenza termica di ripresa

Φ_V Potenza termica dispersa per ventilazione in condizioni di progetto
 Φ_{HL} Carico termico totale

PIANO SEMINTERRATO

Locale	Φ_T [W]	Φ_V [W]	Φ_{RH} [W]	Φ_{HL} [W]
SCALA MENSA	1.902,8	286,8	569,7	2.759,3
DEPOSITO	5.719,8	2.641,3	5.247,4	13.608,6
MENSA	4.976,8	1.978,7	3.931,2	10.886,7

PIANO TERRA

Locale	Φ_T [W]	Φ_V [W]	Φ_{RH} [W]	Φ_{HL} [W]
piano terra	24.550,9	11.177,0	17.302,9	53.030,9

PIANO PRIMO

Locale	Φ_T [W]	Φ_V [W]	Φ_{RH} [W]	Φ_{HL} [W]
piano primo	17.655,8	8.430,4	13.050,9	39.137,1

SOTTOTETTO

Locale	Φ_T [W]	Φ_V [W]	Φ_{RH} [W]	Φ_{HL} [W]
sottotetto	6.409,4	2.604,6	4.032,1	13.046,1

Totale Edificio	61.215,5	27.118,8	44.134,2	132.468,6
-----------------	----------	----------	----------	-----------

DATI GENERATORE

	VALORE	U.M.
Tipo	Caldaia pressurizzata	
Modello	Caldaia a Metano	
Combustibile	Metano	
Potenza termica al focolare	322,9	[Kw]
Rendimento utile omologato	91,4	[%]
Fluido vettore	Acqua	

Dettagli del fabbisogno termico di involucro								
Stagione di riscaldamento: scambi termici [kWh]								
Unità immobiliare/ Zona	Qd	Qg	Qu	Qa	Qr	QH,tr	QH,ve	QH,ht
Unità immobiliare 01/ PIANO SEMINTERRATO	24216,8	5720,05	0	0	2040,83	30581,71	24702,96	55284,68
Unità immobiliare 01/ PIANO TERRA	53058,45	4367,28	0	0	4364,52	59831,45	43846,83	103678,28
Unità immobiliare 01/ PIANO PRIMO	41702,25	0	0	0	3947,6	43872,78	33071,92	76944,7
Unità immobiliare 01/ SOTTOTETTO	14736,93	0	0	0	1402,06	15450,31	0	15450,31
Totale	133714,44	10087,34	0	0	11755	149736,25	101621,71	251357,97
Stagione di riscaldamento: apporti gratuiti e fabbisogno ideale di energia termica [kWh]								
Unità immobiliare/ Zona	Qsol,op	Qsol,w	Qi	Qgn	QH,nd			
Unità immobiliare 01/ PIANO SEMINTERRATO	1395,97	2124,83	7446,02	9570,85	45734,45			
Unità immobiliare 01/ PIANO TERRA	1958,81	18615,08	13216,41	31831,49	73158,21			
Unità immobiliare 01/ PIANO PRIMO	1777,07	15208,11	9968,61	25176,72	52313,5			
Unità immobiliare 01/ SOTTOTETTO	688,68	0	3079,85	3079,85	12371,83			
Totale	5820,52	35948,02	33710,88	69658,9	183577,99			
Stagione di raffrescamento: scambi termici [kWh]								
Unità immobiliare/ Zona	Qd	Qg	Qu	Qa	Qr	QC,tr	QC,ve	QC,ht
Unità immobiliare 01/ PIANO SEMINTERRATO	0	0	0	0	0	0	0	0
Unità immobiliare 01/ PIANO TERRA	7433,9	611,89	0	0	1999,18	8625,69	6143,28	14768,97
Unità immobiliare 01/ PIANO PRIMO	5201,33	0	0	0	1610,91	5695,3	4124,91	9820,21
Unità immobiliare 01/ SOTTOTETTO	0	0	0	0	0	0	0	0
Totale	12635,23	611,89	0	0	3610,08	14320,99	10268,19	24589,18
Stagione di raffrescamento: apporti gratuiti e fabbisogno ideale di energia termica [kWh]								
Unità immobiliare/ Zona	Qsol,op	Qsol,w	Qi	Qgn	QC,nd			
Unità immobiliare 01/ PIANO SEMINTERRATO	0	0	0	0	0			
Unità immobiliare 01/ PIANO TERRA	1419,28	11099,99	4333,25	15433,24	2301,72			
Unità immobiliare 01/ PIANO PRIMO	1116,94	7112,9	2941,56	10054,45	1305,82			
Unità immobiliare 01/ SOTTOTETTO	0	0	0	0	0			
Totale	2536,22	18212,88	7274,81	25487,69	3607,53			
Legenda								
Qd	Energia scambiata per trasmissione con l'ambiente esterno							
Qg	Energia scambiata per trasmissione con il terreno							
Qu	Energia scambiata per trasmissione attraverso ambienti non climatizzati							
Qa	Energia scambiata per trasmissione attraverso ambienti climatizzati a temperatura							
Qr	Extra flusso termico per radiazione infrarossa verso la volta celeste							
QH, tr	Energia termica scambiata per trasmissione nel periodo di riscaldamento							
QH,ve	Energia termica scambiata per ventilazione nel periodo di riscaldamento							
QH,ht	Energia termica complessiva scambiata nel periodo di riscaldamento							
Qsol,op	Energia dovuta agli apporti solari su superfici opache							
Qsol,w	Energia dovuta agli apporti solari su superfici trasparenti							
Qi	Energia dovuta agli apporti interni							
Qgn	Energia dovuta agli apporti termici gratuiti totali							
QH,nd	Fabbisogno ideale di energia termica utile per la stagione di riscaldamento							
QC,tr	Energia termica scambiata per trasmissione nel periodo di raffrescamento							
QC,ve	Energia termica scambiata per ventilazione nel periodo di raffrescamento							
QC,ht	Energia termica complessiva scambiata nel periodo di raffrescamento							
QC,nd	Fabbisogno ideale di energia termica utile per la stagione di raffrescamento							

RISULTATI FINALI DI CALCOLO

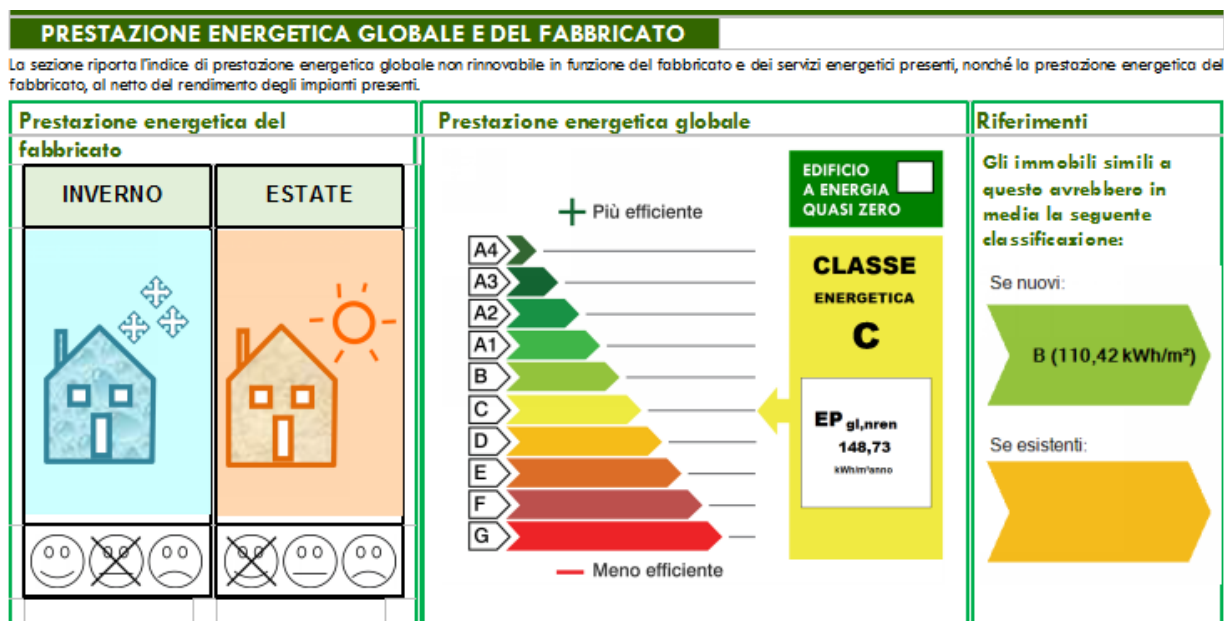
CONSUMO DI VETTORI ENERGETICI E PRODUZIONE DI CO₂

CONSUMO ANNUO DI VETTORE ENERGETICO	
COMBUSTIBILE	VALORE
Metano [m ³]	23.836,70 (231215,99 kWh)
Energia elettrica [kWh]	18.644,20

PRODUZIONE ANNUA DI CO ₂	
COMBUSTIBILE	VALORE
Metano	48.555,36
Energia elettrica	8.076,67
TOTALE	56.632,03

CLASSE ENERGETICA DELL'EDIFICIO SCOLASTICO

Prestazione energetica globale non rinnovabile - $EP_{gl, nren} = 148,73 \text{ kWh/m}^2 \text{ anno}$



3. SCENARIO PROPOSTO

In seguito alla fase di analisi energetica, sono state valutate potenziali strategie di intervento edilizio ed impiantistico.

3.1 Descrizione dello scenario di efficientamento energetico

L'edificio oggetto della diagnosi energetica, è di proprietà del Comune di Trasacco, è ubicato in pieno centro del paese ed è sede della scuola primaria dell'Istituto Comprensivo di Trasacco.

Lo scenario proposto prevede diversi interventi:

1. Installazione di un impianto solare termodinamico ad integrazione del generatore esistente.

Quella del termodinamico è una tecnologia che unisce le alte prestazioni di una pompa di calore e di un collettore solare termico: è composto da moduli leggeri installabili anche su muratura oltre che su copertura, da un compressore e dal serbatoio di accumulo dell'acqua. Le prestazioni raggiungibili sono elevate anche con temperature esterne basse o di notte, l'efficienza è elevata in quanto moltiplica di un fattore maggiore di 6 (COP), la potenza trasmessa all'acqua rispetto a quella elettrica prelevata.

Il dimensionamento dell'impianto è fatto non sulla piena potenza di picco, da un punto di vista economico sarebbe anche realizzabile ma tecnicamente richiede ampie superfici non a disposizione, bensì sulla potenza necessaria al mantenimento di una temperatura interna non inferiore a 15 °C nei momenti di chiusura, il che dà la possibilità di integrare il generatore primario nei momenti di piena attività.

Il sistema Termodinamico è costituito da:

- Pannelli piani da posizionare con il miglior orientamento possibile (rivolti preferibilmente a Sud, Sud-Est, Sud-Ovest e inclinazione di 30°o 60° rispetto all'orizzontale) , ma comunque in grado di generare Energia anche con orientamenti e inclinazioni diverse in funzione della tipologia di posizionamento.
- Blocco Termodinamico che contiene vari componenti per il funzionamento del sistema e in particolare un "compressore ermetico tipo Scroll, uno scambiatore di calore, una valvola elettronica, apparecchiature elettriche, collegamenti idraulici, collegamenti frigoriferi.
- Collettori di liquido e Distributore.
- Tubazioni di collegamento.
- Sistemi di fissaggio
- Carica di refrigerante R-407C.

Il Blocco Termodinamico va posizionato nella centrale termica esistente e funge da generatore di integrazione. Il funzionamento dell'impianto Termodinamico permette la produzione di acqua calda da utilizzare nell'impianto di riscaldamento esistente in parallelo con la esistente caldaia attualmente utilizzata che funge da integrazione per il raggiungimento di temperature oscillanti tra i 55 °C e i 58 °C. In funzione della lunghezza e della tipologia dei vari circuiti impiantistici le pompe di circolazioni, che non fanno parte del sistema, vanno opportunamente dimensionate.

2. Installazione di valvole termostatiche.

Attualmente non esiste possibilità di parzializzazione dell'energia termica, il termostato provvede ad avviare e a fermare l'impianto ma il confort termico nei singoli ambienti non è regolato. Tale intervento, si rende necessario per ottimizzare l'energia primaria prodotta e prevede l'installazione delle valvole su tutti i radiatori. Si tratta però di valvole molto particolari, sono infatti compatibili con il sistema di telecontrollo APIO.

APIO è un sistema di telecontrollo e tele gestione di ultimissima generazione; permette di digitalizzare gli impianti in modo da poter gestire e misurare esattamente il loro consumo e/o la loro produzione elaborare i dati in Cloud in tempo reale per allocare in modo dinamico l'energia solo a chi ne ha bisogno e per gestire il consumo dei singoli edifici e dei singoli ambienti evitando sprechi. Ci sono diverse applicazioni dedicate come Inverter e Energy Manager che permettono il controllo della produzione di energia dei singoli generatori, allo stesso tempo si tiene traccia dell'andamento di consumi e produzione individuando azioni correttive per risparmiare energia o utilizzarla nel modo più adeguato. Esistono diverse apparecchiature APIO-compatibili, che hanno singolarmente integrata la scheda di rete APIO che in automatico si connettono a un cloud controllato da remoto, si realizza un telecontrollo che è anche gestione da remoto e all'occorrenza un registro dell'andamento dei consumi.

Il sistema permette di integrare come elemento controllato anche l'impianto termodinamico precedentemente descritto ottenendo una evidente sinergia gestionale. Al beneficio ottenuto in termini di ottimizzazione dei consumi per l'effetto combinato di aiuto in generazione e gestione in tempo reale si associa quindi la telecontrollabilità a distanza e la gestione in rete del complesso degli interventi.

3. Sostituzione degli infissi.

Ultimo intervento dello scenario di efficientamento, riguarda la sostituzione degli infissi esistenti in alluminio con serramenti più performanti in alluminio a taglio termico e con doppio vetro basso – emissivo. Tale intervento, oltre ad abbattere sensibilmente le

dispersioni dell'edificio, fornisce un grande miglioramento dal punto di vista del comfort termo - igrometrico.

INTERVENTO PROPOSTO		
CATEGORIA INTERVENTO	TIPOLOGIA	MIGLIORAMENTO
Intervento sul generatore con introduzione di energia da fonti rinnovabili.	Integrazione del generatore esistente con impianto solare termodinamico	Aumento dei rendimenti di emissione e produzione di energia da fonti rinnovabili con diminuzione dei costi.
Intervento sui radiatori	Installazione di valvole termostatiche.	Riduzione dei consumi ed aumento del comfort.
Intervento sull'involucro trasparente	Sostituzione infissi	Diminuzione delle dispersioni dell'edificio e riduzione dei consumi

DATI IMPIANTO TERMODINAMICO		
	DESCRIZIONE	U.M.
Modello	Solar block 16	
Potenza termica massima	24,21	kW
Consumo minimo	3,21	kW
Portata d'acqua	1,5	m ³ /h
Alimentazione	Monofase 230 V/50Hz	

3.2 Prestazioni post intervento

Di seguito si riportano le prestazioni post intervento

CONSUMO DI VETTORI ENERGETICI E PRODUZIONE DI CO₂

CONSUMO ANNUO DI VETTORE ENERGETICO		
COMBUSTIBILE	VALORE	
Metano [m ³]	13.780 (133.665 kWh)	
Energia elettrica [kWh]	24.830	
DEFINIZIONE	VALORE	U.M.
Risparmio annuo di CO ₂	9,25	[kg/m ²]
Risparmio totale	17,735,41	[kg]
Emissioni di CO ₂	38.896,62	[kg]

Costi e consumi

Consumi per vettore energetico

	UM	Stato di fatto	Scenario	Variazione	Var. %
Energia elettrica	kWh	18.644,20	24.830	+ 6.185,8	+ 33,2%
Gas naturale	m ³	23.836,70	13.780	- 10.056,7	-42,25%

Costi per vettore energetico

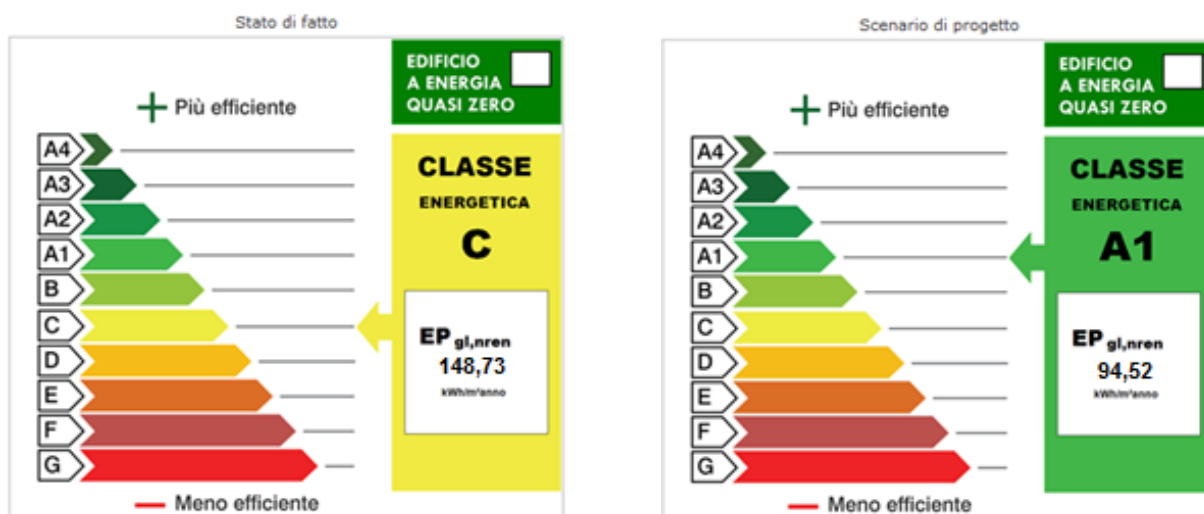
	UM	Stato di fatto	Scenario	Variazione	Var. %
Energia elettrica	€	4.661,05	6.207,50	+ 1546,45	+33,2%
Gas naturale	€	21.453,03	12.402,00	- 9051,03	-42,25
Costo complessivo	€	26.114,08	18.609,50	-7.504,58	-28,8%

Tempo di ritorno

	UM	Valore
Costo intervento	€	87.048,60
Risparmio annuo	€	7.504,58
Tempo di ritorno	anni	11,6
Risparmio CO ₂	kg	17.735,41

Kwh totale $24.830 + (13780 \times 9,7) = 24830 + 133665 = 158495$ kwh contro i 249.860,19 di partenza con una riduzione di 91365,19 pari al 36,5% l'Epgl passa da 148,73 a 94,52

Unità immobiliare 01: Scenario collettivo



3.3 Valutazione Economica

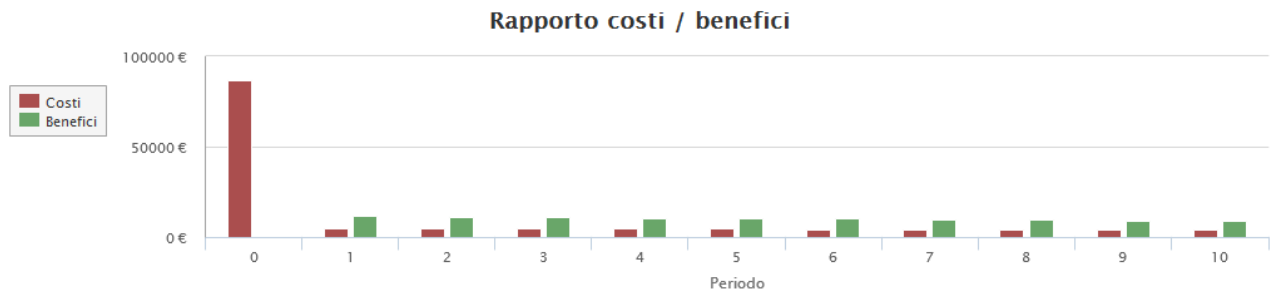
Lo scenario proposto che prevede l'integrazione del generatore esistente con un impianto solare termodinamico, l'installazione di valvole termostatiche e la sostituzione degli infissi prevede una spesa che comprende:

- Fornitura e posa in opera dell'impianto termodinamico e delle valvole termostatiche.
- Fornitura e posa in opera dei nuovi infissi

QUADRO ECONOMICO DI SINTESI		
INTERVENTO	DESCRIZIONE	COSTO [€]
Rimozione infissi esistenti e smaltimento. Fornitura e posa in opera dei nuovi infissi.	Infisso in alluminio a taglio termico con doppio vetro basso - emissivo di varie dimensioni.	50.025,61
Valvole termostatiche	Valvole di regolazione con testa termostatica e sonda di temperatura a distanza.	9.025,49
Solare termodinamico e telecomando Apio gateway	Impianto solare termodinamico comprensivo di tutto quanto per dare il lavoro finito ed a regola d'arte. Serbatoio di termoaccumulatore per impianto solare termico 1500 litri. Sistema Apio Gateway	27997,5
TOTALE		87.048,60

Il costo complessivo dell'intervento ammonta quindi a 87.048,60€.

La valutazione economica dell'investimento è stata effettuata seguendo la norma UNI15459.



Nel periodo considerato pari 11 anni, è evidente che benefici superano i costi.

Si ottiene un risparmio di Gas naturale annuo pari ad € 10.056,7.

Lo scenario proposto risulta pertanto, economicamente conveniente.

