

Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Industriale

Corso di Laurea in Ingegneria dell'energia

***Relazione per la prova finale
Analisi energetica di un edificio in
zona residenziale***

Tutor universitario: Prof. Zarrella Angelo

Laureando: *De Biasi Luca*

Padova, 11/11/2022

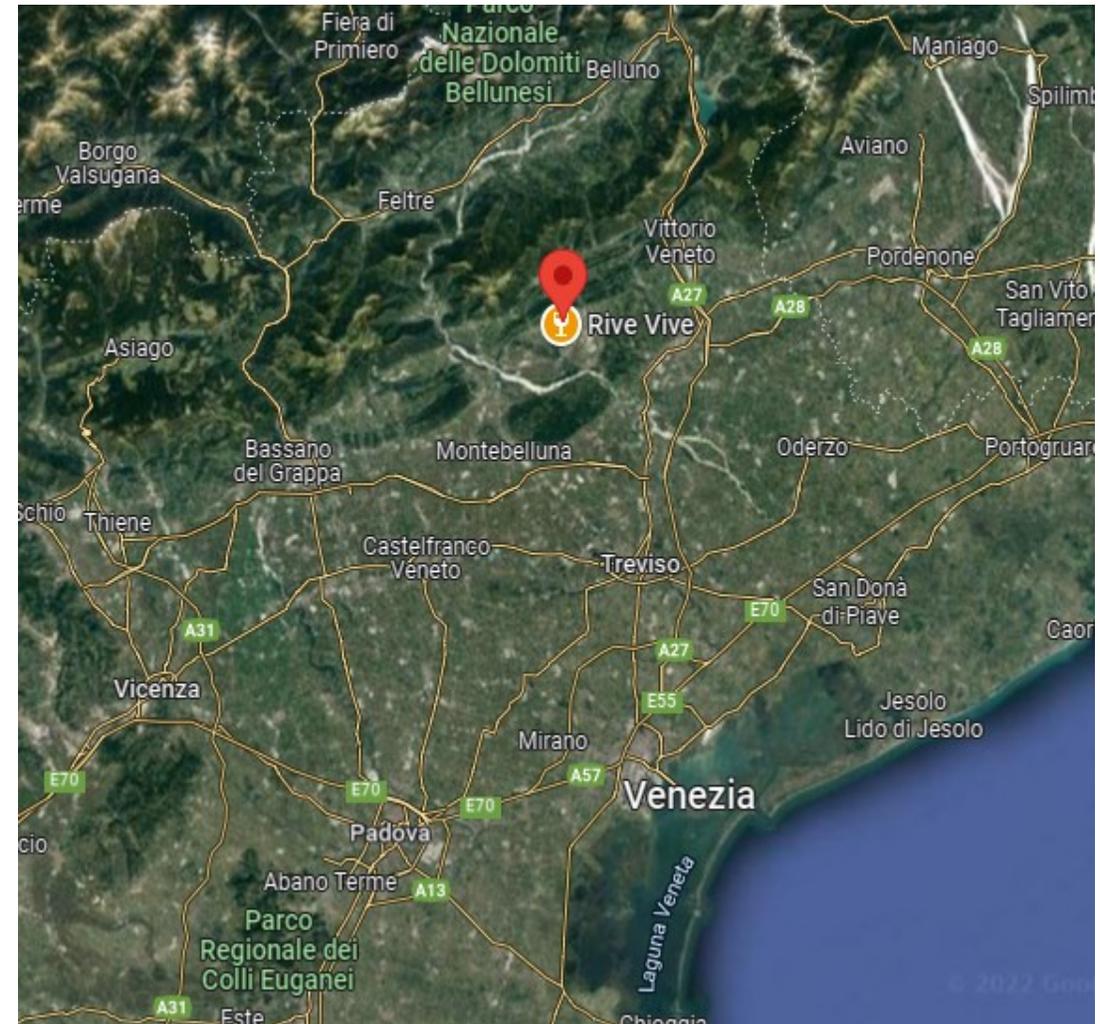
In questa relazione viene analizzato lo stato energetico di un immobile ad uso residenziale sito in Farra di Soligo (TV), per determinare quali siano i consumi e di conseguenza i costi necessari al fabbisogno.

Si valuteranno poi delle soluzioni che miglioreranno consumi, costi e con ciò anche la classe energetica.

La struttura è abitata da 5 persone ed è stata edificata nel 1972.

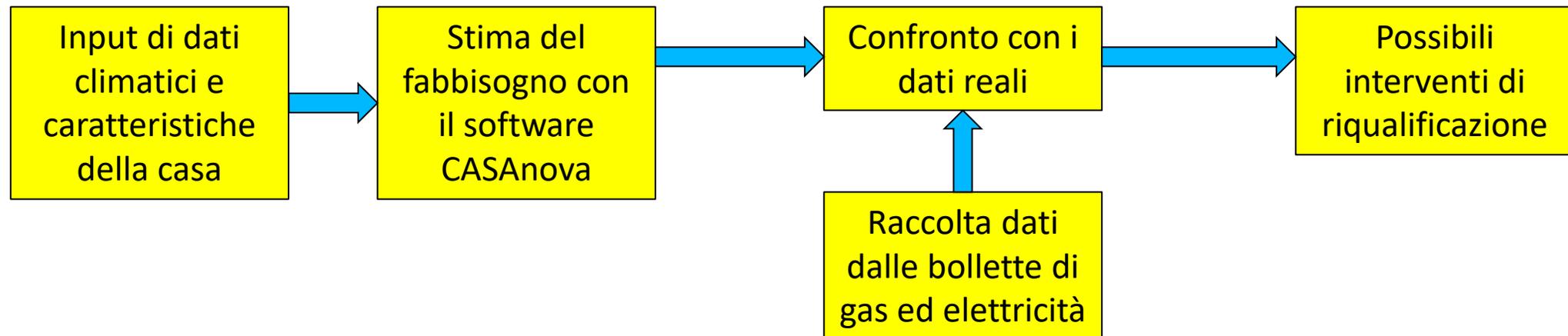
Ha una superficie calpestabile di $52,36 \text{ m}^2$ ($104,72$ se consideriamo entrambi i piani) e "vuota" di $71,19 \text{ m}^2$, è costruita su 2 piani, entrambi di altezza 2.7 metri ed ha la superficie ovest in comunione con un'altra abitazione.

All'interno sono usati i classici termosifoni per il riscaldamento con un aiuto da parte di una pompa di calore durante le mezze stagioni, quest'ultima agisce anche da condizionatore durante l'estate ma solo al piano superiore.



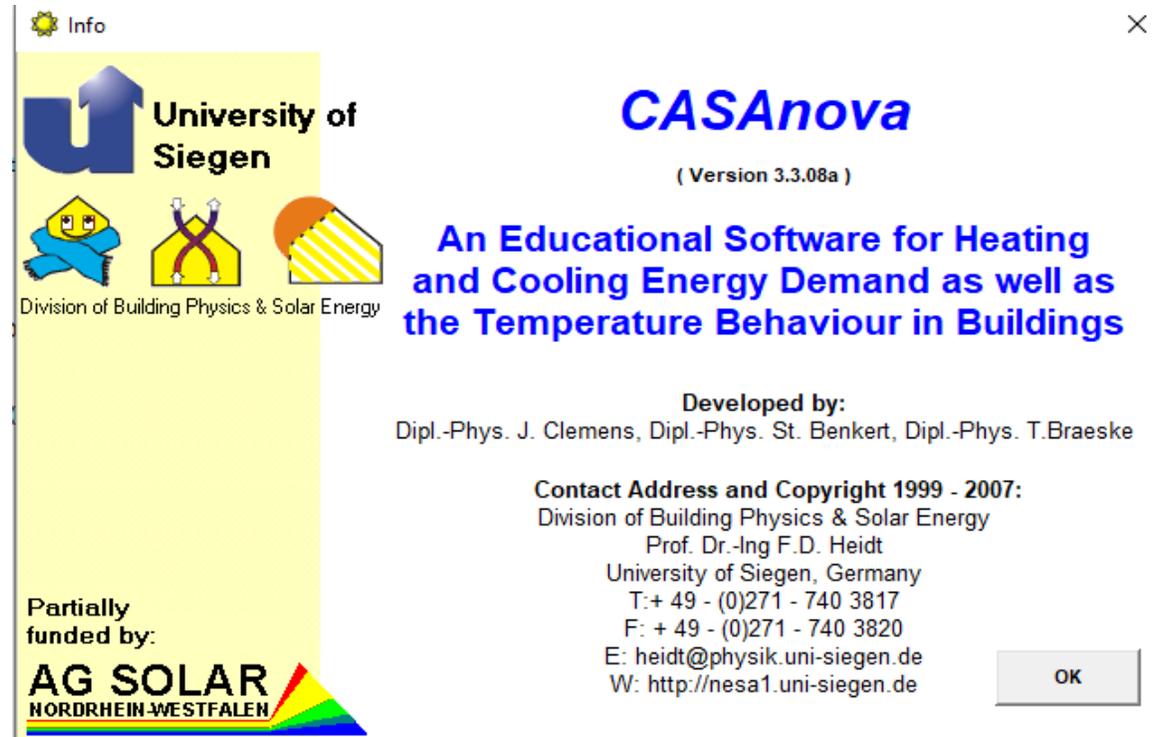
Gli obiettivi sono rappresentati da:

- Valutazione dei consumi
- Analisi di spese per la materia prima
- Individuazione di interventi di riqualificazione
- Definire il bilancio energetico dell'edificio



Casanova è un software creato dai dott. J. Clemens, F.D. Heidt e T. Braeske dell'università di Siegen. È stato ideato per scopi educativi, per valutare la richiesta di energia per il riscaldamento e il raffrescamento. Il software può essere utilizzato in maniera intuitiva per comprendere le relazioni tra: geometria dell'edificio, orientamento, isolamento termico, vetri, apporti/guadagni solari, fabbisogno di riscaldamento, potenza, energia primaria e surriscaldamento estivo. L'utente può modificare più di 20 parametri diversi ed ottenere subito i risultati conseguenti. I calcoli sono basati sulla norma EN 832.

È un software semplificato e ne esistono di molto più complessi e completi sotto il profilo dell'analisi energetica. Infatti, schematizza l'edificio come un parallelepipedo e alcuni valori sono "standard" o approssimativi, in ogni caso ricava con una precisione molto buona i consumi. Successivamente fornisce anche grafici molto intuitivi per capire dove l'energia va persa, e di conseguenza le aree dove ci sarebbe più bisogno di un intervento.



- Sono stati usati i dati preimpostati della città di Milano perché erano gli unici disponibili nel software, in ogni caso sono abbastanza simili ai dati reali.

Milano (Italia)		
Maximum temperature of the year	31,3	°C
Maximum monthly mean value	21,7	°C
Month with maximum mean temperature	July	
Mean temperature of the year	11,8	°C
Minimum monthly mean value	2,8	°C
Month with minimum mean temperature	January	
Minimum temperature of the year	-14,0	°C
Heating degree days (12/20)	2881	K d

- Prima di procedere sono stati poi fissati dei valori come:
- Temperatura interna invernale = 18°
 - Temperatura interna estiva = 26°
 - EER della pompa di calore = 5,1
 - Temperatura di mandata di 70°/55°
 - Tipologia dei muri esterni: pesanti, ciò fa sì che l'inerzia termica dell'edificio sia più alta quindi le pareti ci mettono più tempo a riscaldarsi/raffreddarsi.
 - 0,5 volumi/ora di ricambio d'aria
 - Coefficiente di assorbimento dei muri = 0,5
 - Orientamento rispetto al sud = 15°

Sono state fatte delle ricerche sulle bollette recenti iniziando da novembre 2020 fino a giugno 2022 in modo da quantificare il fabbisogno reale.

I dati relativi all'anno 2021 sono:

$$-C_{el} = 3685,00 \text{ KWh/anno}$$

$$-C_{gas} = 1200,4 \text{ m}^3/\text{anno}$$

$$-\text{€}_{gas} = 1058,45 \text{ €/anno}$$

$$-\text{€}_{el} = 778,53 \text{ €/anno}$$

ELETTRICITA'	consumi	Totale
	[KWh]	€
novembre-20	214,6	34,82
dicembre-20	274,9	55,73
gennaio-21	291,2	58,93
febbraio-21	276,2	55,93
marzo-21	321,4	64,94
aprile-21	301,9	61,14
maggio-21	270,2	54,81
giugno-21	217,4	44,33
luglio-21	399,2	63,01
agosto-21	312,2	53,13
settembre-21	350	48
ottobre-21	388,5	43,91
novembre-21	267	98,05
dicembre-21	289,8	132,37
gennaio-22	293,9	132,00
febbraio-22	266,9	106,84
marzo-22	338	157,27
aprile-22	273,7	111,98
maggio-22	205,7	80,43
giugno-22	335,3	142,78

GAS	consumi	Totale
	m ³	€
novembre-20	153,1	102,07
dicembre-20	234,1	155,22
gennaio-21	232,1	125,84
febbraio-21	143,1	87,70
marzo-21	128,1	81,12
aprile-21	87	59,25
maggio-21	45	37,05
giugno-21	35	31,29
luglio-21	32	28,81
agosto-21	31	27,96
settembre-21	33	29,66
ottobre-21	45	31,91
novembre-21	150	200,00
dicembre-21	239,1	317,88
gennaio-22	253,1	406,43
febbraio-22	172,1	247,08
marzo-22	124,1	160,57
aprile-22	76	137,30
maggio-22	42	69,69
giugno-22	34	51,36

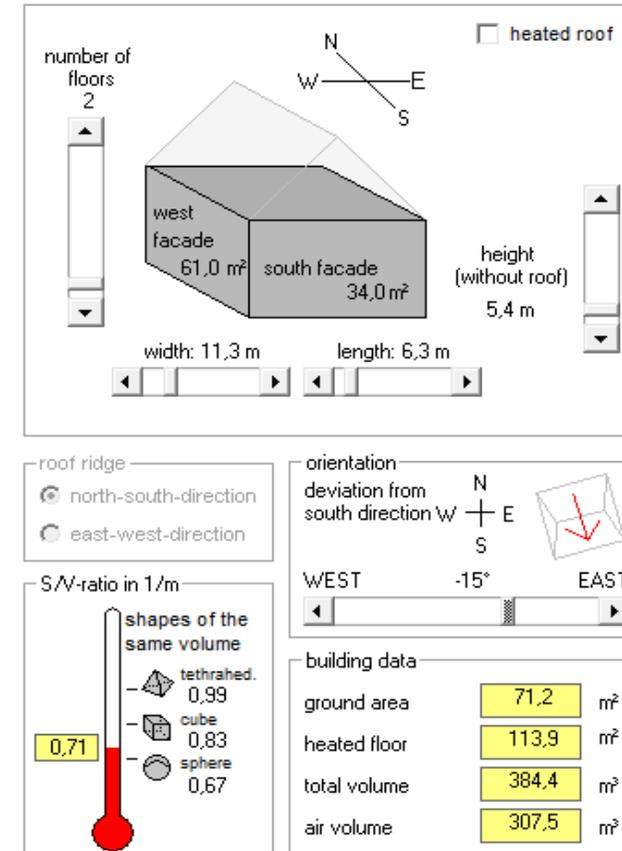
N.B. COME SI SA I PREZZI DELLE MATERIE PRIME SONO AUMENTATI DI MOLTO NELL'ULTIMO PERIODO PER CUI QUESTI DATI NON SONO COMPARABILI CON QUELLI DI ANNI PRECEDENTI SOTTO IL PROFILO DEI COSTI, NEL CALCOLO SONO CONSIDERATI I PREZZI REALI TROVATI IN BOLLETTA.

$$1- \frac{S}{V} = \frac{\text{Superficie esterna (ambiente)}}{\text{Volume interno}} = \frac{2S_{pav} + S_{est} + S_{nord} + S_{sud}}{h * S_{pav}} = \frac{71,19 * 2 + 5,4 * 6,3 + 11,3 * 5,4}{5,4 * 71,19} = 0,706$$

Dove 5,4 è l'altezza totale dell'edificio mentre 6,3 e 11,3 i lati esterni, nel calcolo ovviamente non viene considerata la parete ovest.

2- Internal gain: è un valore che indica il calore derivato da persone ed elettrodomestici presenti all'interno dell'edificio si esprime in W/m² e dipende fortemente dalla tipologia e l'uso per cui è adibita la struttura.

Si è scelto 6 W/m²K che è un valore molto alto, ma giustificato perché comunque vivono 5 persone all'interno della casa e almeno 2 di loro sono sempre presenti.



3- Valore della trasmittanza termica U di infissi e pareti

Per gli infissi è bastato utilizzare questa tabella, incrociando la tipologia (4-9-4) con l'area e il valore noto di U del telaio. Si ricava facilmente il valore $U = 3,2 \text{ W/m}^2\text{K}$

Tipo di vetrata	Ug	Uw con area del telaio pari al 20% rispetto all'area dell'intera finestra in rapporto ai differenti valori Uf del telaio								Uw con area del telaio pari al 30% rispetto all'area dell'intera finestra in rapporto ai differenti valori Uf del telaio							
		1,8	2,0	2,2	2,6	3,0	3,4	3,8	7,0	1,8	2,0	2,2	2,6	3,0	3,4	3,8	7,0
Singola	5,7	4,9	5,0	5,0	5,1	5,2	5,2	5,3	6,0	4,5	4,6	4,6	4,8	4,9	5,0	5,1	6,1
4-6-4	3,3	3,2	3,2	3,3	3,4	3,5	3,5	3,6	4,1	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	4,5
4-9-4	3,1	3,0	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,9	2,9	2,9	3,0	3,1	3,3	3,4	3,5	4,3
4-12-4	2,9	2,8	2,9	3,0	3,1	3,1	3,2	3,3	3,8	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2	3,4	4,2

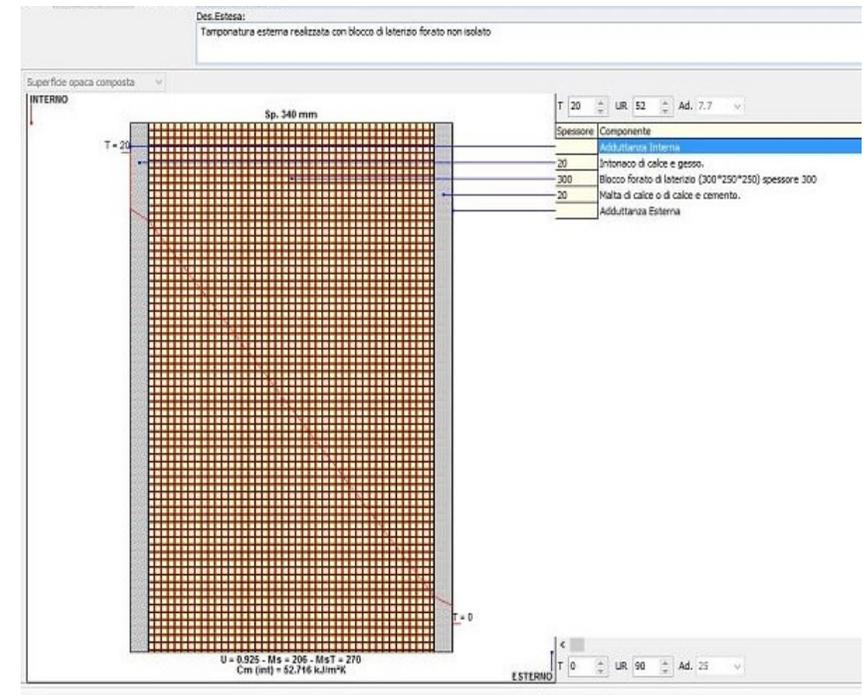
Per le pareti invece avevo già a disposizione il valore di $0,925 \text{ W/m}^2\text{K}$, ricavato dalla struttura composta da 20 mm di intonaco, 300 mm di blocco forato di laterizio e altri 20 mm di malta, si è deciso poi di aumentare tale valore di $0,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ per compensare l'effetto dei ponti termici, successivamente per pavimento e soffitto viene stimato il valore di $0,75 \text{ W/m}^2\text{K}$ che di norma è sempre un po' più basso di quello delle pareti e non era possibile ricavare precisamente.

$$U = 0.925 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$R = 1.081 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$s = 0.34 \text{ m}$$

$$\lambda = 0.32 \text{ W/mK}$$



Dopo aver inserito tutti i dati nel software, quest'ultimo calcola i risultati e li analizza sotto forma di grafici.

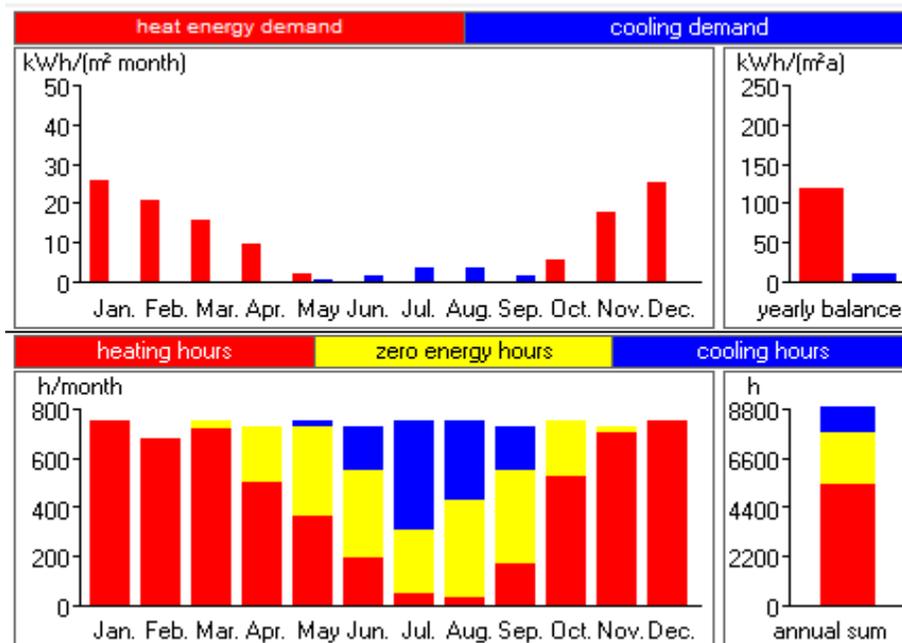
- Domanda di energia termica (utenza): 111.6 kWh/m²a, questo risultato deriva dalla somma di perdite per trasmissione verso l'esterno, perdite di ventilazione, internal gains, ed energia solare.
- Domanda di energia primaria all'utenza (gas) : 124.8 kWh/m²a
- Domanda di energia primaria al gestore (gas) : $124,8 \cdot 1,1 = 137.2$ kWh/m²a
- Domanda di energia primaria all'utenza (elettrica) = 2.4 kWh/m²a
- Domanda di energia primaria al gestore (elettrica): $2,4 \cdot 3 = 7.3$ kWh/m²a
- Domanda di energia primaria totale: $137,2 + 7,3 = 144,5$ kWh/m²a
- **Domanda di gas: 1366 m³/a**
- Domanda di energia elettrica: 277 kWh/a

Dove 1.1 e 3 sono i fattori di energia primaria di gas ed elettricità, ovvero la quantità di energia primaria di un determinato tipo necessaria a generare un'unità di energia termica all'utenza.

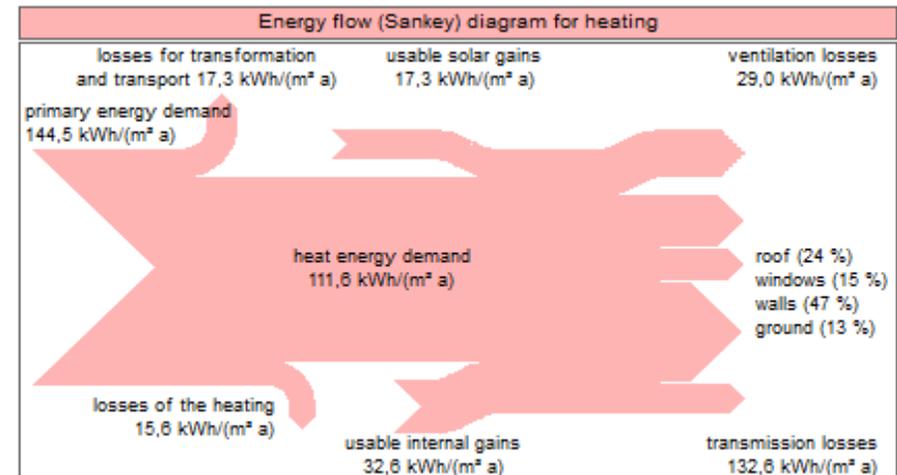
Se confrontiamo il consumo reale di gas con quello stimato notiamo che c'è una differenza di 166 m³/anno probabilmente dovuta al fatto che si fanno altri usi del gas che il software non considera.

Si nota dai grafici che la "criticità" dell'immobile sta nelle tante ore di riscaldamento necessarie, motivo per cui l'intervento più urgente dovrebbe essere attuato in questo ambito.

In queste condizioni l'immobile viene valutato per un filo nella classe E.



Il primo mostra l'andamento dell'energia utilizzata per il riscaldamento e il raffrescamento in tutti i mesi dell'anno in KWh. Mentre il secondo rappresenta il numero di ore in cui viene utilizzata energia per il riscaldamento e per il raffreddamento, inoltre, le ore in cui non è necessario né uno né l'altro.



Notiamo che per soddisfare la domanda di energia primaria, bisogna considerare delle perdite aggiuntive di trasformazione di 17,3 KWh/m²a e di riscaldamento di 15,6 KWh/m²a, a queste vanno aggiunte le perdite di ventilazione che valgono 29 KWh/m²a che sono inevitabili e quelle per conduzione attraverso pareti e pavimenti che fanno la gran parte del totale.

D'altra parte, però abbiamo dei guadagni dall'energia solare e dal calore latente delle persone all'interno della casa che sommati valgono 49.9 KWh/m²a.

Come detto in precedenza, il riscaldamento è il punto dolente della casa per cui l'intervento più efficace a parer mio sarebbe quello del cappotto esterno. Ciò non significa che un'aggiunta di pannelli solari o pompa di calore non siano utili, però sarebbero da considerare in seguito.

Ipotizziamo quindi un cappotto classico per le pareti:

- Collante
- 12 cm di isolante in lana di roccia $U: \lambda/s = 0.04/0.12 = 0.33 \text{ W/m}^2\text{K}$; $R = 3 \text{ m}^2\text{K/W}$
- Finitura esterna

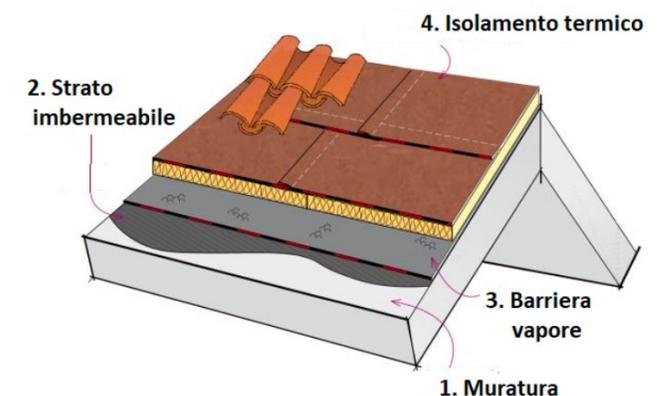
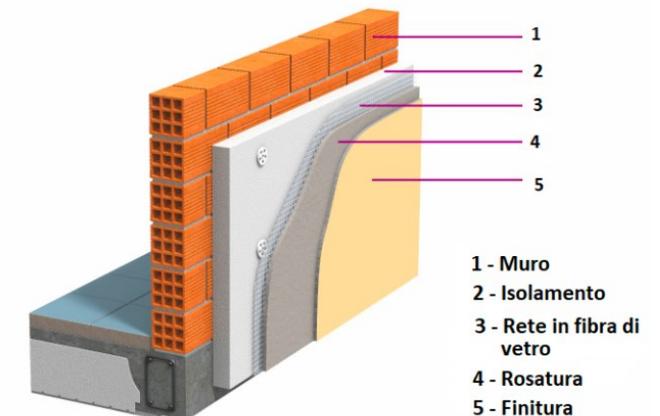
E per il soffitto:

- Barriera vapore $U: \lambda/s = 0.036/0.006 = 6 \text{ W/m}^2\text{K}$; $R = 0.167 \text{ m}^2\text{K/W}$
- 12 cm di materiale isolante $U: \lambda/s = 0.04/0.12 = 0.33 \text{ W/m}^2\text{K}$; $R = 3 \text{ m}^2\text{K/W}$
- Strato impermeabile $R = 0.04 \text{ m}^2\text{K/W}$

Si può stimare un costo di:

- 9500 euro per le pareti
- 3750 euro per il soffitto

Per un totale di 13250 euro di investimento iniziale



Ora calcoliamo i nuovi valori della trasmittanza termica U da applicare al software:

$$U_{\text{tot}} = \frac{1}{R} = \frac{1}{3+1.081} = 0.245 \text{ W/m}^2\text{K} \text{ per le pareti}$$

$$U_{\text{tot}} = \frac{1}{R} = \frac{1}{1.33+0.167+3+0.04} = 0.22 \text{ W/m}^2\text{K} \text{ per il soffitto}$$

Da cui derivano i nuovi risultati:

- Domanda di energia termica: 47.5 kWh/m²a
- Domanda di energia primaria (gas): 61.1 kWh/m²a
- Domanda di energia primaria (elettrica): 7.3 kWh/m²a
- Perdite per distribuzione ed accumulazione: 3.9 kWh/m²a
- **Domanda di gas: 608 m³/a**
- Domanda di energia elettrica (solo raffrescamento): 277 kWh/a

Con questi valori la classe energetica cambierebbe fino alla C.

Balza all'occhio come il consumo di gas sia praticamente dimezzato, ma tutto ciò è sufficiente a giustificare l'investimento fatto? Stimando il prezzo del gas a 0.70 euro/m³ (prezzo pre-pandemia) si risparmierebbero ogni anno 1366-608 = 758 m³ e quindi euro 530.6, ciò porterebbe al ritorno dell'investimento in 13250/530.6 = 25 anni.

Se però i prezzi fossero quelli di adesso quindi 1.20 euro/m³ si risparmierebbero ben 758*1.2=909.6 euro/anno e il ritorno avverrebbe in 14.5 anni.

Si consideri però che ci sono molti incentivi per fare questo genere di ristrutturazioni e questo potrebbe alleggerire l'investimento iniziale e/o ridurre il tempo di ritorno.