www.dii.unipd.it

Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Industriale

Corso di Laurea in Ingegneria dell'Energia

Relazione per la prova finale «Riqualificazione energetica di un edificio residenziale»

Tutor universitario: Prof. Angelo Zarrella

Laureando*: Frizzo Pietro*

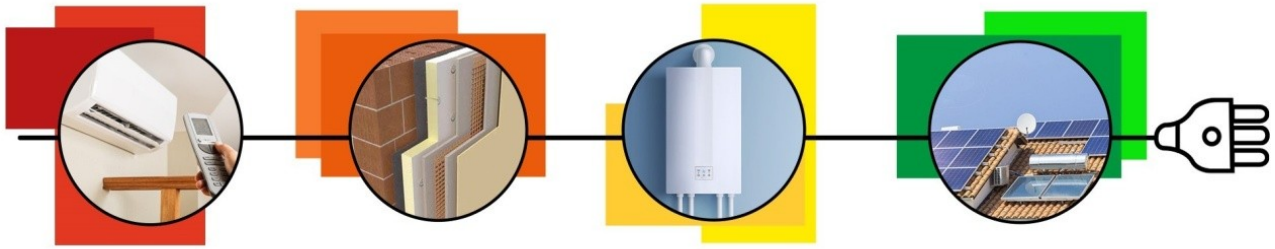
Padova, 07/03/2025

www.dii.unipd.it

EFFICIENTAMENTO ENERGETICO DEGLI EDIFICI: in generale

MIGLIORAMENTO DELLE PRESTAZIONI ENERGETICHE DI UN EDIFICIO

COME SI OTTIENE → Interventi su involucro edilizio e su impianti

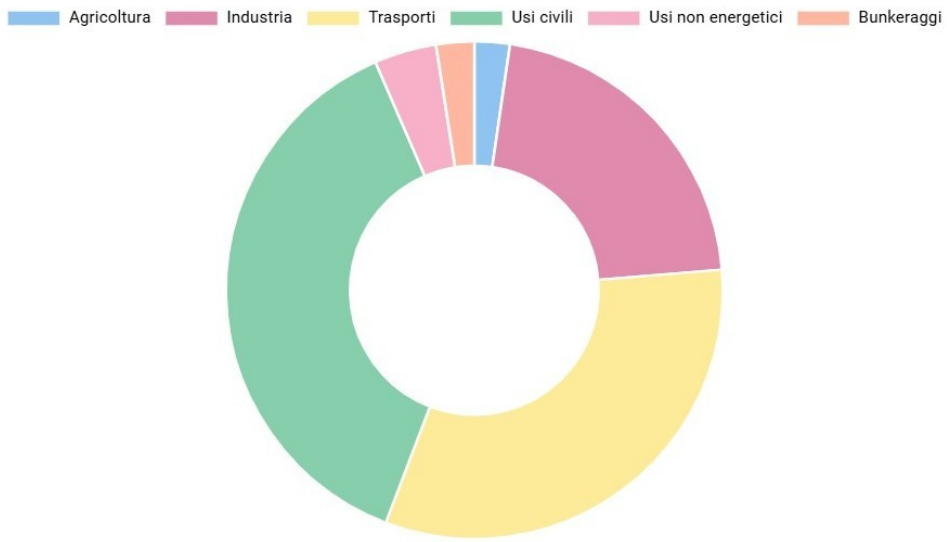


COSA SI OTTIENE →

- Miglioramento della classe energetica
- Riduzione delle emissioni
- Riduzione del costo di esercizio dell'impianto
- Riduzione del fabbisogno di energia primaria

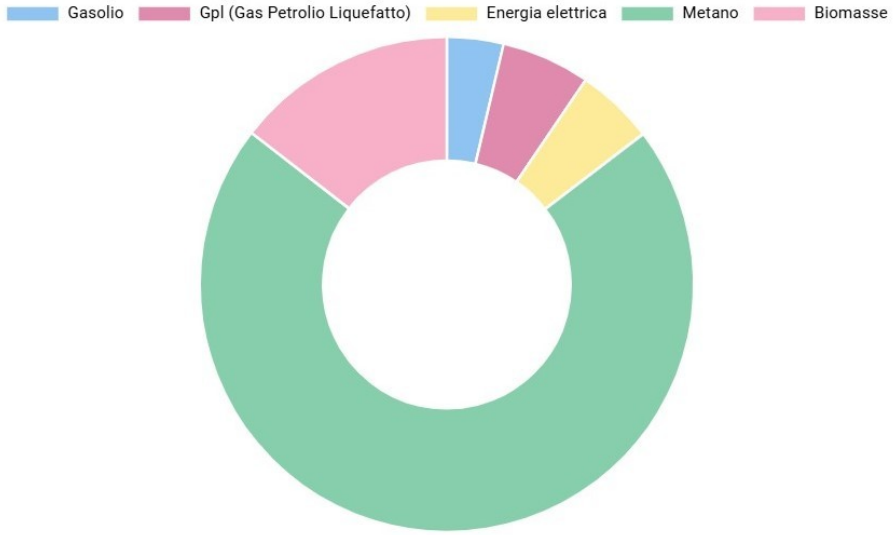
www.dii.unipd.it

EFFICIENTAMENTO ENERGETICO DEGLI EDIFICI: Perché è importante?



Usi finale dell'energia in Italia nel 2019 (fonte sito ufficiale Istat)

USO FINALE ENERGIA	QUANTITA' [Mtep]
Agricoltura	2,89
Industria	26,9
Trasporti	40,42
Usi civili	47,39
Usi non energetici	5,09
Bunkeraggi	3,11



Fonti energetiche negli impianti di riscaldamento in Italia nel 2013 (fonte sito ufficiale Istat)

FONTE ENERGETICA	VALORE [%]
Metano	70,9
Biomasse	14,5
Gasolio	3,7
Gpl	5,8
Energia elettrica	5,1

OBIETTIVI DEL LAVORO

www.dii.unipd.it

ANALISI ENERGETICA DI UN EDIFICIO RESIDENZIALE: Passaggi fondamentali

1. ANALISI EDIFICIO ESISTENTE (SITUAZIONE ANTE INTERVENTO)
→
2. INTERVENTI MIGLIORATIVI PROPOSTI
→
3. ANALISI EDIFICIO FINALE (SITUAZIONE POST INTERVENTO)
→
4. CONFRONTO TRA SITUAZIONE ANTE E POST INTERVENTO

TerMus
ACCA SOFTWARE

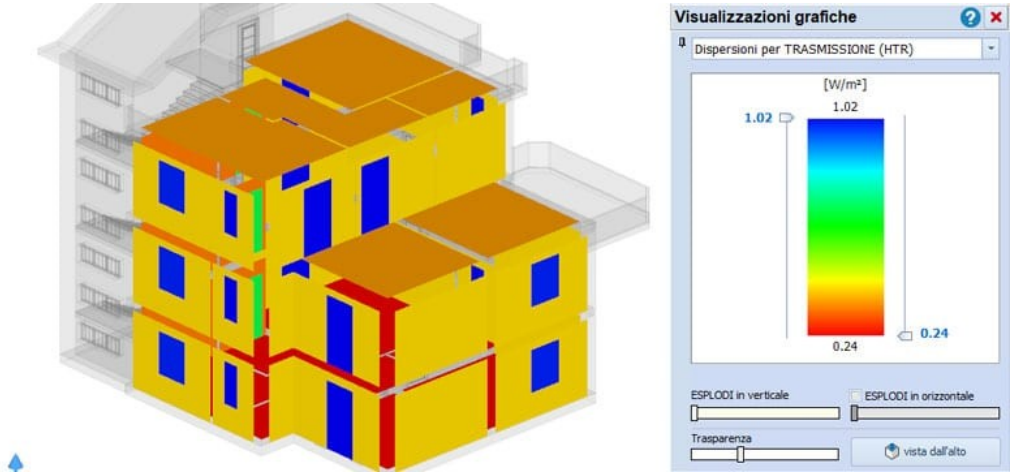
COME FAREMO L'ANALISI: TerMus BIM Acca Software (utilizza la progettazione BIM)

In generale:

- BIM: Building Information Modeling
- Ottimizzazione della pianificazione, realizzazione e gestione di costruzioni (modello geometrico 3D)

TerMus BIM:

- Elementi involucro con le rispettive proprietà energetiche
- Definizione generatori e impianti secondo le normative
- Verifiche di legge
- Software certificato dal Comitato Termotecnico Italiano nell'uso delle normative



1. ANALISI EDIFICIO DI PARTENZA

0. RILIEVO DELL'EDIFICIO

- Tipologia edificio: E1.1
- Locazione dell'edificio: Vicenza
- Disposizione spaziale (orientamento)
- Progetto edile di partenza
- Caratteristiche impiantistiche

1. DATI GENERALI E ZONE DELL'EDIFICIO

www.dii.unipd.it

DATI INVERNALI DI PROGETTO

Zona Climatica E

Temperatura esterna [°C]	-5.00
Umidità relativa esterna [%]	38.90
Gradi Giorno	2371
Velocità Vento [m/s]	1.39

DATI ESTIVI DI PROGETTO

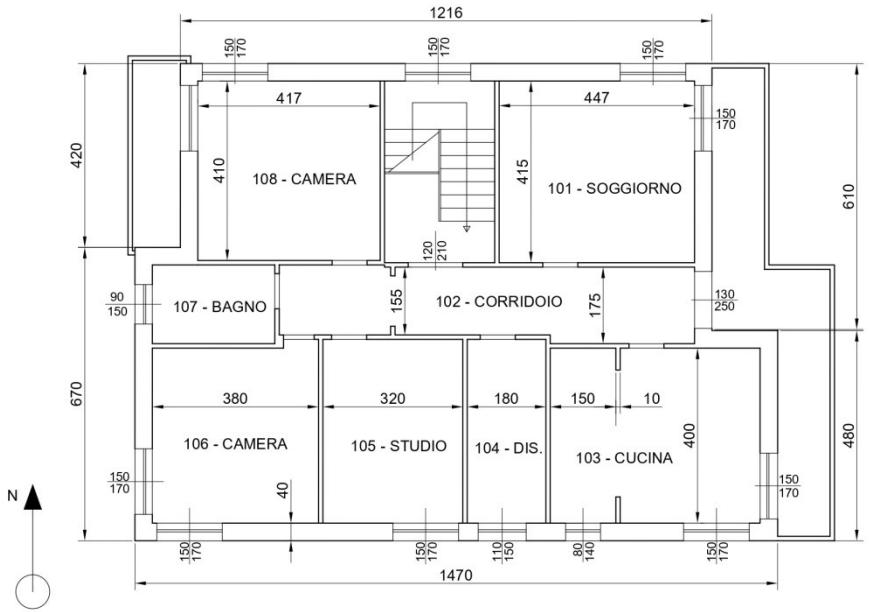
Temperatura esterna [°C]	33.00
Umidità relativa esterna [%]	45.00
Escursione termica giornaliera [°C]	12.00
Riduzione irrad. TOT per foschia [%]	0.00

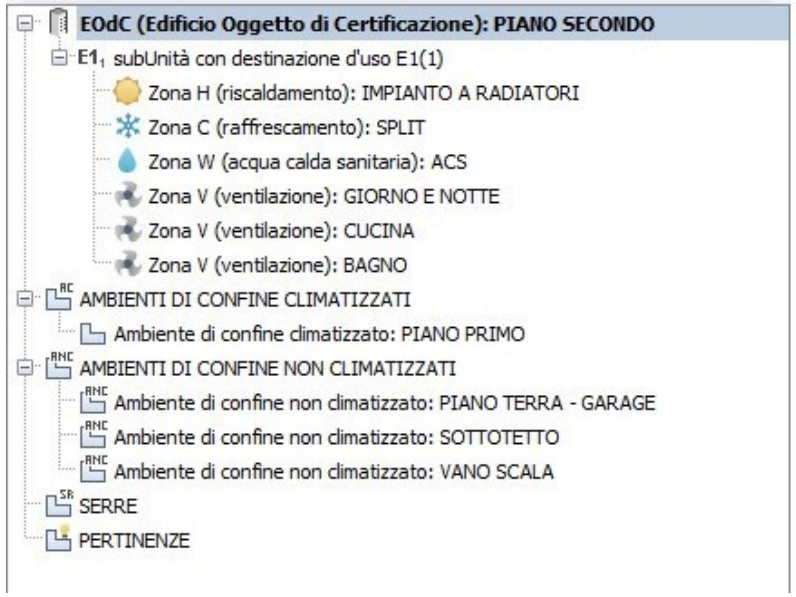
TEMPERATURE MEDIE MENSILI [°C]

gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
4.6	6.4	9.6	14.0	18.4	22.4	23.9	23.6	19.9	14.8	9.6	6.7

UMIDITA' RELATIVA MENSILE [%]

gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
70.70	67.40	67.20	62.80	63.20	72.40	61.50	66.30	72.30	78.70	81.10	66.30





1. ANALISI EDIFICIO DI PARTENZA

Noto il progetto edile e dal rilievo → **2. DEFINZIONE LIVELLI EDIFICIO**

Caratteristiche edificio e per "ANALOGIA COSTRUTTIVA"

↓

3. DEFINZIONE ELEMENTI INVOLUCRO EDILIZIO

→ STRUTTURE VERTICALI E ORIZZONTALI

→ SERRAMENTI

→ PONTI TERMICI

A cui sono assegnate specifiche PROPRIETA' ENERGETICHE

www.dii.unipd.it

1. ANALISI EDIFICIO DI PARTENZA

www.dii.unipd.it

Dal rilievo e da schede tecniche → **4. DEFINIZIONE GENERATORI DI CALORE**

- Caldaia a metano "Radiant modello RSA28/25" per impianto riscaldamento e acqua calda sanitaria
- Split aria-aria "Aermec" per raffrescamento

Da caratteristiche impianto e attraverso UNI/TS 11300-2 → **5. DEFINIZIONE IMPIANTI**

- Impianto di riscaldamento a radiatori e regolazione con termostato ambiente
- Rete di distribuzione ACS
- Impianto raffrescamento con unità esterna e due unità interne

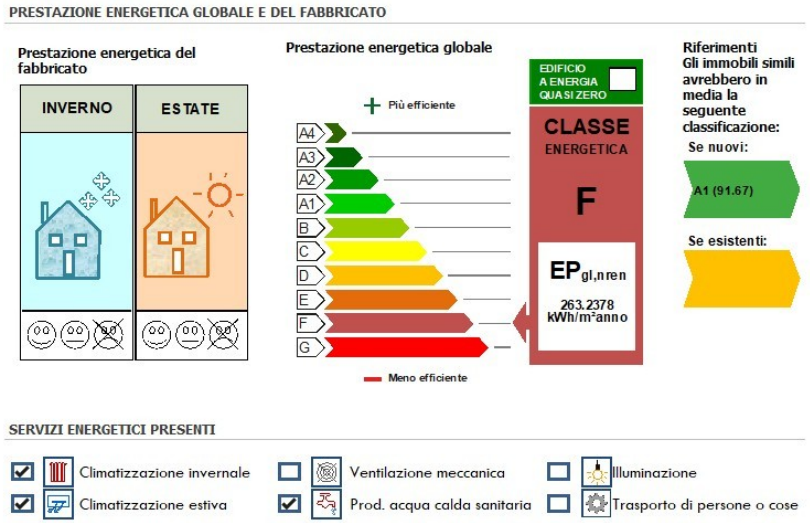
6. ASSEGNAZIONE ZONE DELL'EDIFICIO E VANI → Ad ogni volume dell'edificio si assegna una zona definita nel punto 1

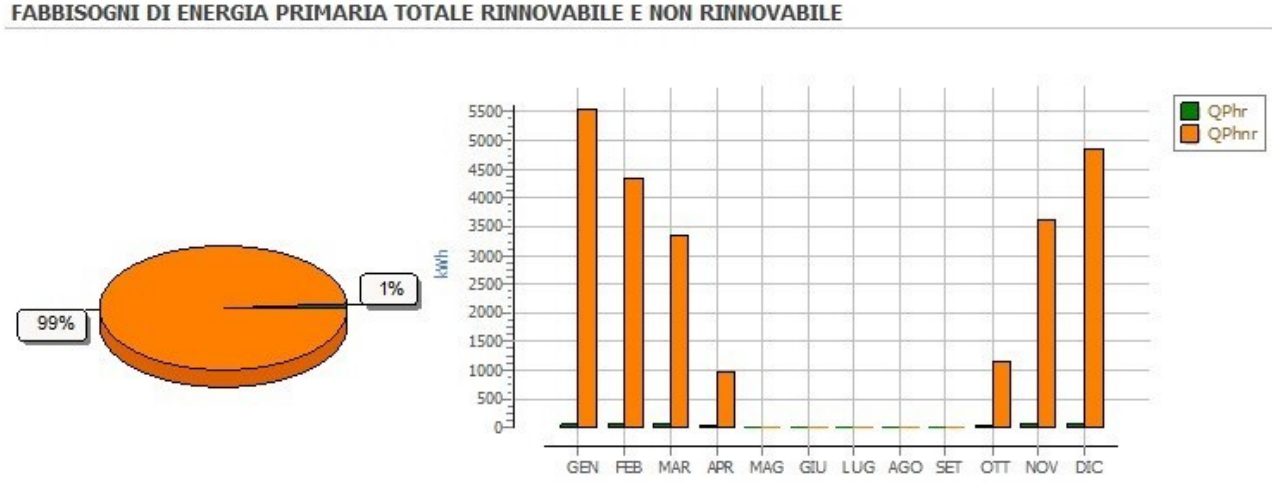
1. ANALISI EDIFICIO DI PARTENZA

www.dii.unipd.it

7. EDIFICIO FINALE E RISULTATI DI CALCOLO

Modellazione 3D dell'edificio su TerMus BIM

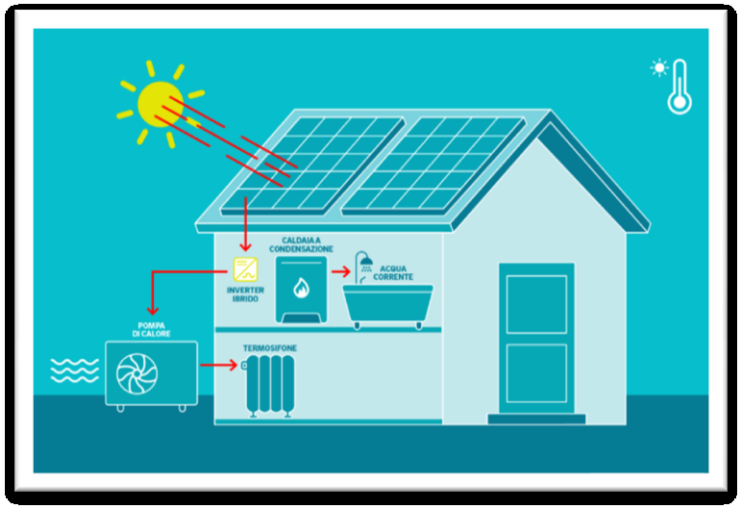




2. INTERVENTI MIGLIORATIVI PROPOSTI

www.dii.unipd.it

INVOLUCRO EDILIZIO

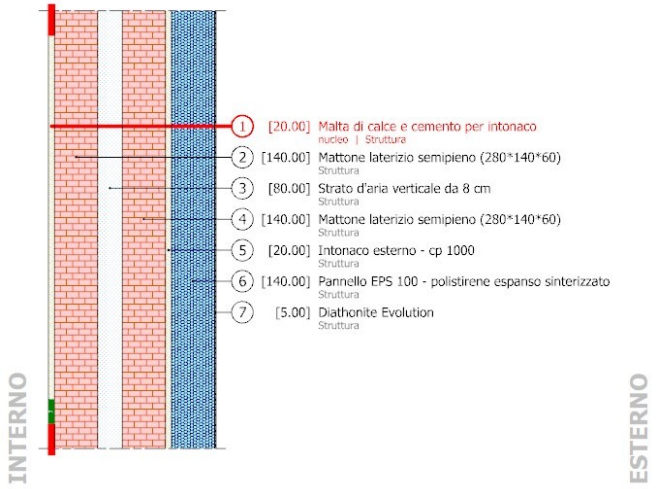


IMPIANTI TECNICI

3. ANALISI EDIFICIO FINALE

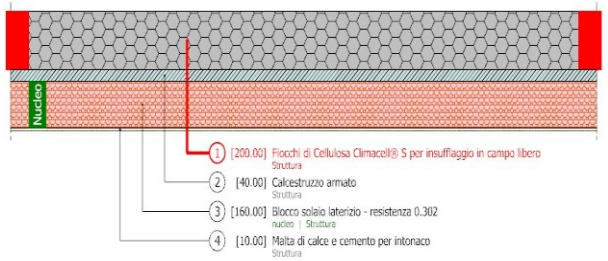
www.dii.unipd.it

EDIFICIO STATO ANTE INTERVENTO → **INTERVENTI MIGLIORATIVI PROPOSTI** → **EDIFICIO STATO POST INTERVENTO**



Pannello polistirene espanso EPS100 da 140mm (λ=0,035 W/mK)

Muratura finale con U=0,2006 W/m^{2}K



Insuflaggio con fiocchi di cellulosa da 200mm (λ=0,038 W/mK)

Solaio finale con U=0,1717 W/m^{2}K

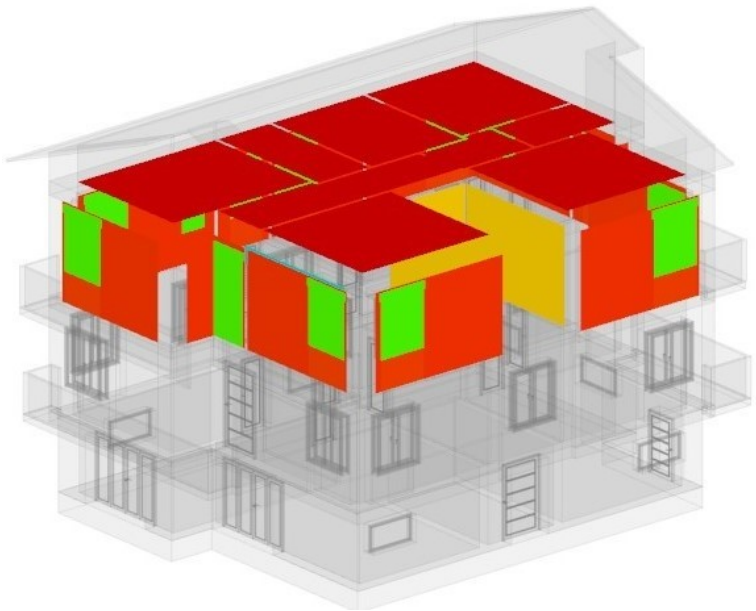
Impianto fotovoltaico da 4,5 kWp

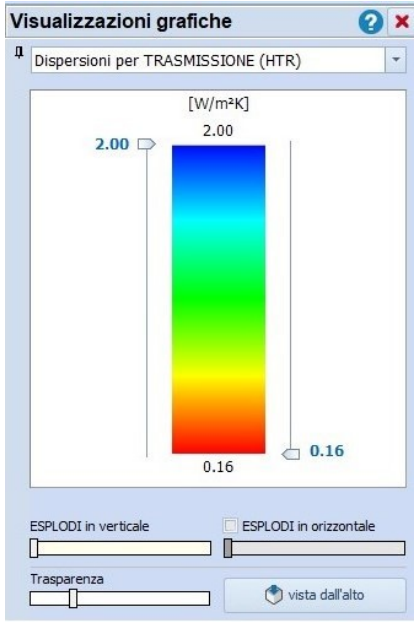
Serramenti in legno con U=1,0 W/m^{2}K con vetro doppio basso emissivo

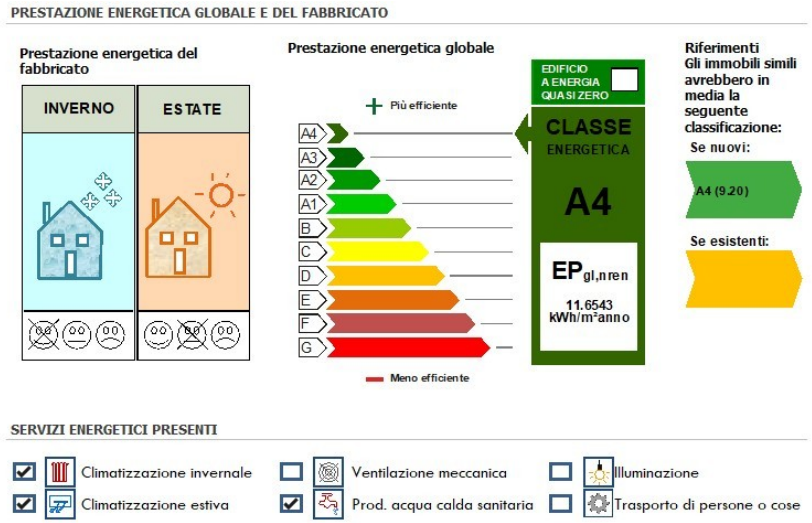
Sistema ibrido Daikin

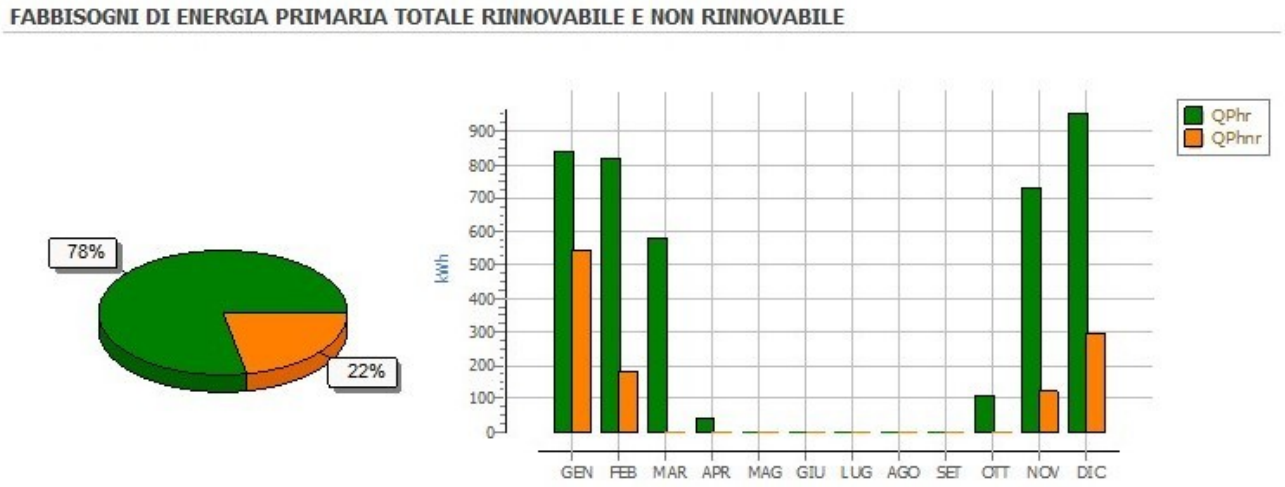
3. ANALISI EDIFICIO FINALE

RISULTATI DI CALCOLO CON VERIFICHE DI LEGGE







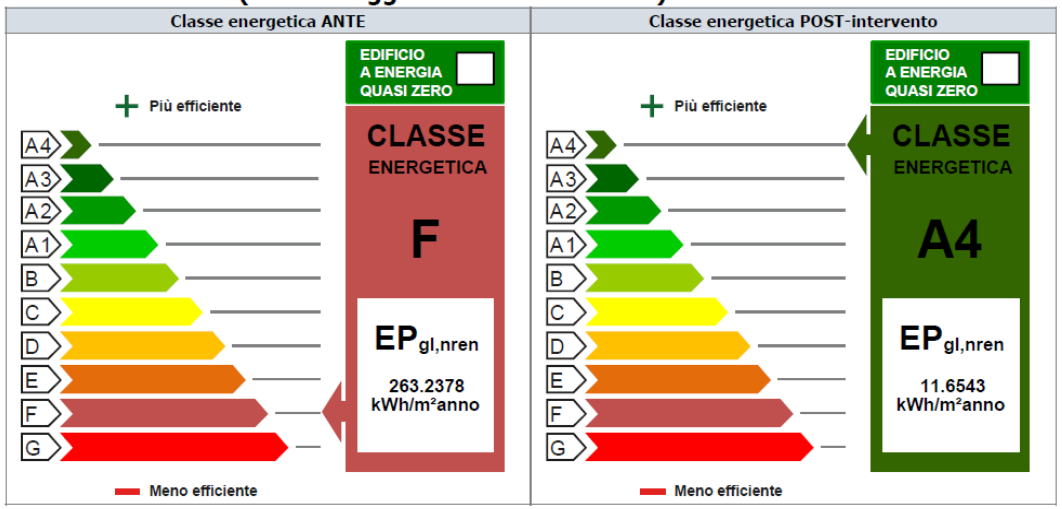


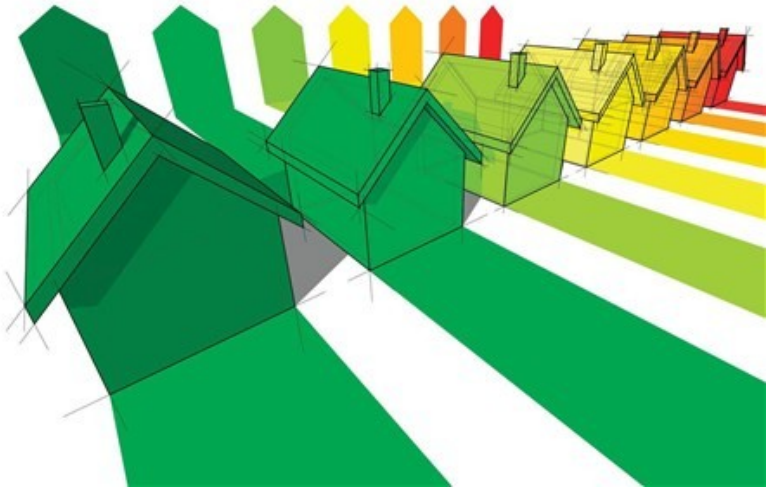
www.dii.unipd.it

4. CONFRONTO TRA STATO ANTE E POST INTERVENTO

MIGLIORAMENTO DELLA CLASSE ENERGETICA

EOdC (Edificio Oggetto di Certificazione): PIANO SECONDO





RIDUZIONE DELLE DISPERSIONI

VANI	Area netta [m²]	Volume netto [m³]	Dispersione massima per trasmissione [W]	Dispersione massima per ventilazione [W]	Carico di progetto [W]	Aliquota [%]
101 - SOGGIORNO	18.55	57.61	1'806.92	244.83	2'051.75	17.1
102 - CORRIDOIO	15.66	48.63	852.51	206.67	1'059.18	8.8
103 - CUCINA	19.20	59.62	1'994.96	506.74	2'501.70	20.9
104 - DISIMPEGNO	7.56	23.47	684.38	99.75	784.13	6.5
105 - STUDIO	13.44	41.73	924.54	177.36	1'101.90	9.2
106 - CAMERA	15.21	47.21	1'579.73	200.66	1'780.39	14.9
107 - BAGNO	5.04	15.65	543.76	266.05	809.81	6.8
108 - CAMERA	17.10	53.09	1'673.09	225.62	1'898.71	15.8
TOTALE	**111.76**	**347.00**	**10'059.89**	**1'927.68**	**11'987.57**	**100.0**

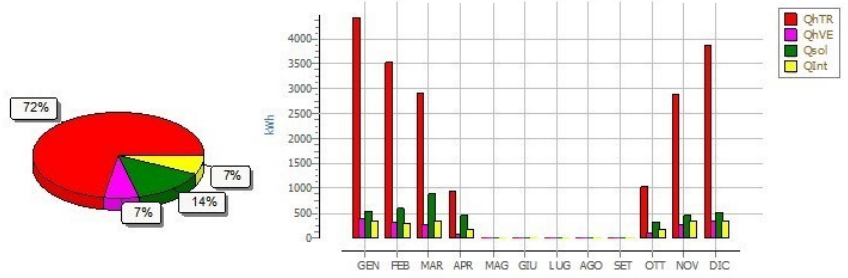
VANI	Area netta [m²]	Volume netto [m³]	Dispersione massima per trasmissione [W]	Dispersione massima per ventilazione [W]	Carico di progetto [W]	Aliquota [%]
101 - SOGGIORNO	18.55	57.61	540.25	229.06	769.31	16.4
102 - CORRIDOIO	15.66	48.63	284.31	193.36	477.66	10.2
103 - CUCINA	19.20	59.62	493.28	474.10	967.38	20.6
104 - DISIMPEGNO	7.56	23.47	272.31	93.33	365.63	7.8
105 - STUDIO	13.44	41.73	213.16	165.93	379.09	8.1
106 - CAMERA	15.21	47.21	393.44	187.74	581.18	12.4
107 - BAGNO	5.04	15.65	127.29	248.92	376.21	8.0
108 - CAMERA	17.10	53.09	563.05	211.08	774.13	16.5
TOTALE	**111.76**	**347.00**	**2'887.08**	**1'803.51**	**4'690.59**	**100.0**

www.dii.unipd.it

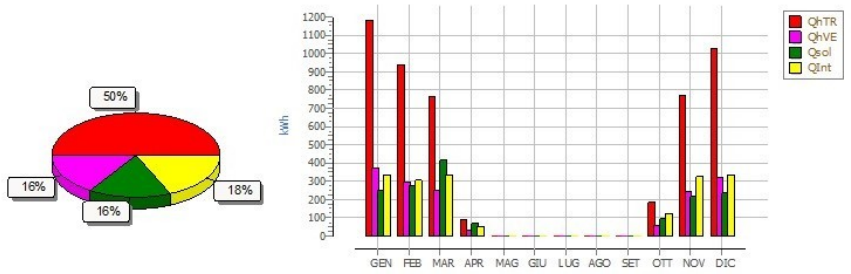
4. CONFRONTO TRA STATO ANTE E POST INTERVENTO

RIDUZIONE DEL FABBISOGNO DI ENERGIA

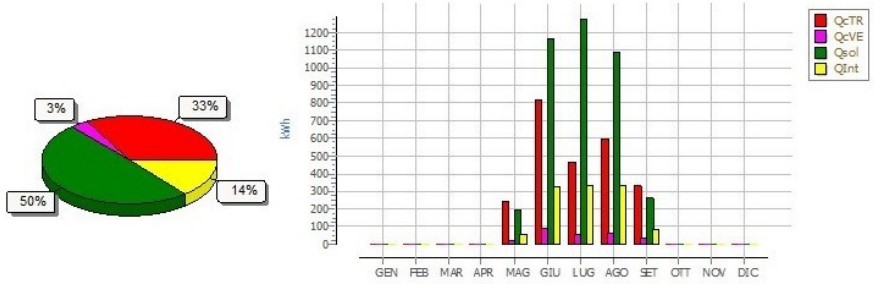
FABBISOGNI DI ENERGIA PER RISCALDAMENTO



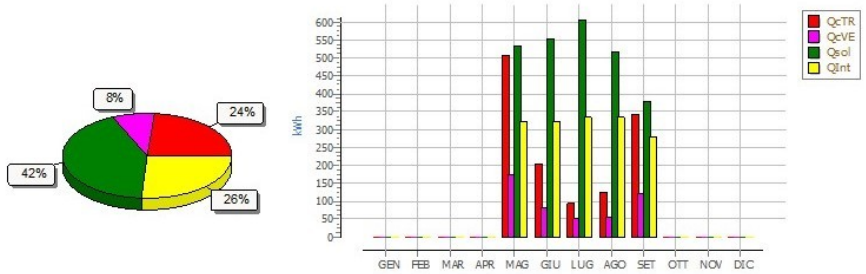
FABBISOGNI DI ENERGIA PER RISCALDAMENTO



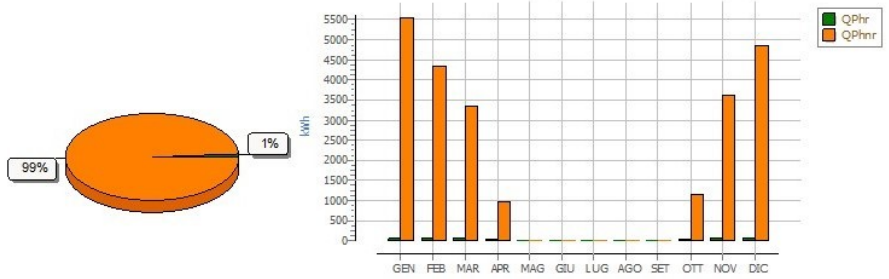
FABBISOGNI DI ENERGIA PER RAFFRESCAMENTO



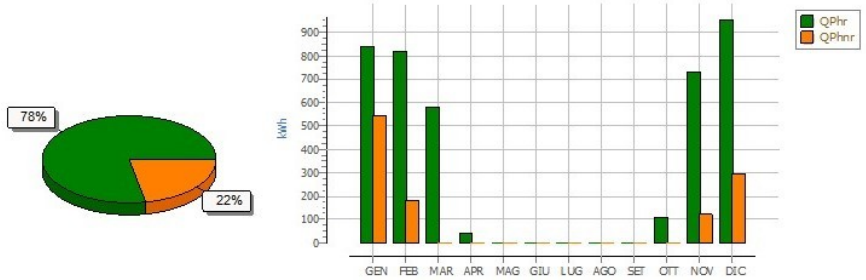
FABBISOGNI DI ENERGIA PER RAFFRESCAMENTO



FABBISOGNI DI ENERGIA PRIMARIA TOTALE RINNOVABILE E NON RINNOVABILE



FABBISOGNI DI ENERGIA PRIMARIA TOTALE RINNOVABILE E NON RINNOVABILE



www.dii.unipd.it

4. CONFRONTO TRA STATO ANTE E POST INTERVENTO

inipd.it

DIAGNOSI ENERGETICA → Documento di confronto tra situazione ante e post intervento generato da TerMus partendo da bollette energetiche

CENTRALE TERMICA: EQdC (Edificio Oggetto di Certificazione): PIANO SECONDO					
Descrizione	UM	SdF	IIM	Variazione	%
CLASSE ENERGETICA	-	F	A4	---	↓
EMISSIONI di CO2 TOTALI	kgCO2	5 675.50	259.39	-5416.11	-95 ↓
COSTO TOTALE di esercizio	€	3 826.31	183.13	-3643.19	-95 ↓
Fabbisogno di energia primaria TOTALE (QP)	kWh	30 523.94	8 754.01	-21769.93	-71 ↓
Fabbisogno di energia primaria per riscaldamento (QPh)	kWh	24 088.96	5 235.91	-18853.04	-78 ↓
Fabbisogno di energia primaria per raffrescamento (QPc)	kWh	2 579.13	1 234.55	-1344.58	-52 ↓
Fabbisogno di energia primaria per ACS (QPw)	kWh	3 855.86	2 283.55	-1572.31	-41 ↓
Energia elettrica prodotta dall'impianto fotovoltaico (QelPVout)	kWh	0.00	5 117.83	---	—
Energia totale prodotta da fonti rinnovabili per riscaldamento	kWh	0.00	4 318.43	---	—
Energia totale prodotta da fonti rinnovabili per raffrescamento	kWh	0.00	2 239.60	---	—
Energia totale prodotta da fonti rinnovabili per ACS	kWh	0.00	2 801.13	---	—

CENTRALE TERMICA: EQdC (Edificio Oggetto di Certificazione): PIANO SECONDO					
Descrizione	UM	SdF	IIM	Variazione	%
Costo globale per l'esercizio dell'impianto di riscaldamento	€	2 946.10	160.02	-2786.08	-95 ↓
Costo globale per l'esercizio dell'impianto di raffrescamento	€	373.01	0.00	-373.01	-100 ↓
Costo globale per l'esercizio dell'impianto di ACS	€	507.20	23.11	-484.09	-95 ↓
Emissioni di CO2 per riscaldamento (CO2h)	kgCO2	4 505.45	228.06	-4277.39	-95 ↓
Emissioni di CO2 per raffrescamento (CO2c)	kgCO2	461.69	0.00	-461.69	-100 ↓
Emissioni di CO2 per ACS (CO2w)	kgCO2	708.37	31.33	-677.04	-96 ↓
Fabbisogno di energia elettrica da rete per riscaldamento (Qxh_Rete)	kWh	572.96	183.23	-389.74	-68 ↓
Fabbisogno di energia elettrica da rete per ACS (Qxw_Rete)	kWh	713.07	41.10	-671.97	-94 ↓
Fabbisogno di energia elettrica da rete per raffrescamento (Qxc_Rete)	kWh	1 065.76	0.00	-1065.76	-100 ↓
Fabbisogno totale di energia elettrica da rete (Qx_Rete)	kWh	2 351.79	224.33	-2127.46	-90 ↓
Energia elettrica esportata (QxExp)	kWh	0.00	2 013.04	---	—
Metano	Sm³	2 502.66	87.18	-2415.48	-97 ↓
Elettricità	kWh	763.36	224.33	-539.03	-71 ↓

Cosa otteniamo?

RIDUZIONE DEL FABBISOGNO DI ENERGIA

SFRUTTAMENTO DI RISORSE RINNOVABILI

RIDUZIONE DEI COSTI DI ESERCIZIO DELL'IMPIANTO

RIDUZIONE DELLE EMISSIONI

CONCLUSIONI

EFFICIENTAMENTO ENERGETICO DEGLI EDIFICI

FONDAMENTALE PER TRANSIZIONE ENERGETICA

Riduzione consumi, passaggio a fonti rinnovabili, riduzione emissioni

RIVALUTAZIONE DEL PATRIMONIO IMMOBILIARE

Rivalutazione senza impattare con nuove costruzioni

CONVENIENZA ECONOMICA?

Necessaria una valutazione anche su costo investimenti e loro ammortamento