

# PROGETTO A2A

## risparmio energetico a scuola



**5A  
ENERGIA**



*La classe si è posta l'obiettivo di valutare il costo delle dispersioni termiche invernali dei laboratori utilizzati giornalmente e di proporre delle soluzioni attuabili per ridurre i costi e migliorare le condizioni di confort che sono piuttosto scarse, a causa del vecchio impianto di riscaldamento a fan coils e alla ventilazione dei locali poco efficiente e saltuaria.*

## Obiettivi prefissati

- valutare le dispersioni i costi di massima dei laboratori tecnici allo stato attuale
- proporre delle soluzioni per ridurre le dispersioni con particolare attenzione ai costi e ai tempi di rientro investimento
- proporre un sistema VMC di ventilazione meccanica controllata e valutare costi e tempi di ritorno in abbinamento ad un impianto fotovoltaico
- valutare la qualità dell'aria durante le lezioni nei laboratori (umidità e CO2 emessa dalle persone)
- progettare un sistema di monitoraggio della qualità dell'aria per controllare il sistema di ventilazione meccanica da avviare solo quando è necessario

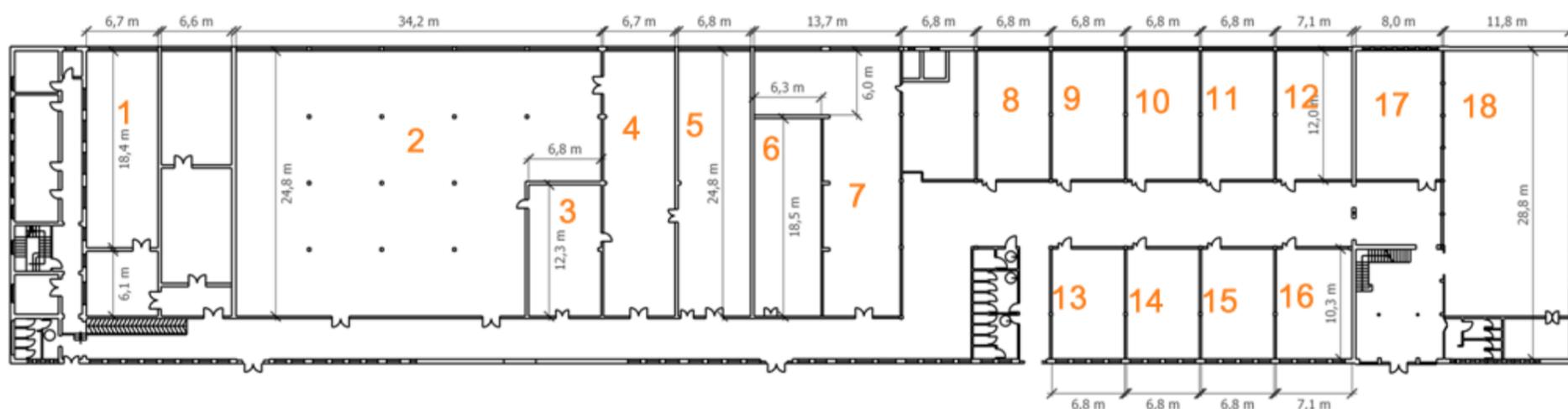
L'analisi dei laboratori è stata suddivisa fra i vari studenti.

LABORATORIO	
<b>1</b> BELCUORE STEFANO	1
<b>2</b> BOSIO ESTER	3
<b>3</b> CALZA ROBERTO	5
<b>5</b> CRESCINI LUCA	6
<b>6</b> FERREMI ELIA	7
<b>7</b> FRACASSI MATTEO	8
<b>8</b> GHEDA ALESSANDRO	13
<b>9</b> GOZZINI EMANUELE	18
<b>10</b> IVANOV GHENADIE	17
<b>11</b> PADERNO FEDERICO	18
<b>12</b> PEZZAIOLI STEFANO	16
<b>13</b> ROSSI RICCARDO	2
<b>14</b> SORBI DAVIDE	12
<b>15</b> VOLPI CARLO	7

## I laboratori oggetto del progetto



## Designazione laboratori



Automazione meccanica (1)	Automazione elettrica 2 (6)	Lab. Tecnici manutenz. (14)
Officina meccanica (2)	Laboratorio Energia (7)	Palestra piccola (17)
Cad 1 (3)	Lab. Informatica NORD (8,9,10,11,12)	Palestra grande (18)
Cad 2 (4)	Lab. Informatica SUD (15,16)	
Automazione elettrica 1 (5)	Lab. Multidisciplinare SUD (13)	

## SINTESI DEI RISULTATI

Tutti i calcoli sono stati effettuati con le seguenti ipotesi di progetto:

- Temperatura media esterna invernale: 5.5°C  
(dai dati della centralina di Ghedi degli ultimi 5 anni)
- Numero persone mediamente presenti nei laboratori: 24
- Giorni di riscaldamento: 152 (sono state escluse le festività)
- Condizioni interne di benessere: 20°C con 50% umidità
- Portate di rinnovo minima per le persone: 7 l/s
- Apporti gratuiti dovuti alle persone in attività moderata seduti: 115 watt (di cui 45 w di calore latente in forma di vapore)
- Potenza media dei neon installati: 36 watt
- Potenza media dei PC accesi: 125 watt (50% del carico massimo di 250w)
- Tasso di utilizzo dei laboratori: variabile dal 60% al 100%

	Fabbisogno invernale medio kWh/m2 anno	Fabbisogno tot. laboratori kWh/ anno	Costo riscaldamento invernale	Costo intervento riqualifica	ROI in anni	Risparmio dopo 20 anni
STATO ATTUALE	190	532.562	53.256 €			
CONTROSOFFITTO ISOLATO + VORTICE	16	44.847	4.485 €	126.133 €	2,4	849.297 €
CONTROSOFFITTO ISOLATO + VMC	3	8.409	841 €	190.601 €	3,6	857.706 €

La semplice coibentazione delle strutture disperdenti riduce il fabbisogno termico invernale più di 10 volte!

Il risparmio economico annuale risulta pari a circa 50.000€ all'anno e il costo dell'intervento si ripaga in meno di 3 anni (senza contare eventuali detrazioni fiscali).

Anche l'installazione di un impianto di ventilazione meccanica si ripagherebbe in meno di 4 anni garantendo un ottimale ricambio dell'aria e un abbattimento quasi totale delle emissioni inquinanti .

## Sintesi impatto ambientale evitato con la riqualificazione con VMC

### IMPATTO AMBIENTALE

Energia termica risparmiata	524.154	Kwh
1 TEP (tonn. equival. Petrolio)	11630	Kwh
Risparmio in TEP / anno	45,1	TEP
Risparmio in m3 CH4	54.962	Nm <sup>3</sup>
CO2 per Kwh termico con CH4	0,255	Kg/kwh
Produzione di CO2 evitata /anno	133,66	Ton



Semplifichiamo ora il discorso attribuendo un valore di massima alla capacità di assorbire CO2 di un albero di medie dimensioni pari a 30 Kg all'anno.

Singolarmente, un'essenza arborea di medie dimensioni che ha raggiunto la propria maturità e che vegeta in un clima temperato in un contesto cittadino, quindi stressante, assorbe in media tra i 10 e i 20 kg CO2 all'anno.

Se collocata invece in un bosco o comunque in un contesto più naturale e idoneo alla propria specie, assorbirà tra i 20 e i 50 kg CO2 all'anno.

(fonte studio dell'australiana James Cook University pubblicato su [Trends in Plant](#))

Per assorbire la CO2 emessa per riscaldare i laboratori andrebbero piantati

4455



# FOTOGRAFIE DEI LABORATORI TECNICI



## VISTA AEREA LABORATORI



## LATO EST PALESTRE



**LATO NORD LABORATORI**



**LATO NORD DETTAGLIO SERRAMENTI LABORATORI**



## Foto interni di alcuni laboratori



***SISTEMI ed AUTOMAZIONE***



***CAD e CAM***

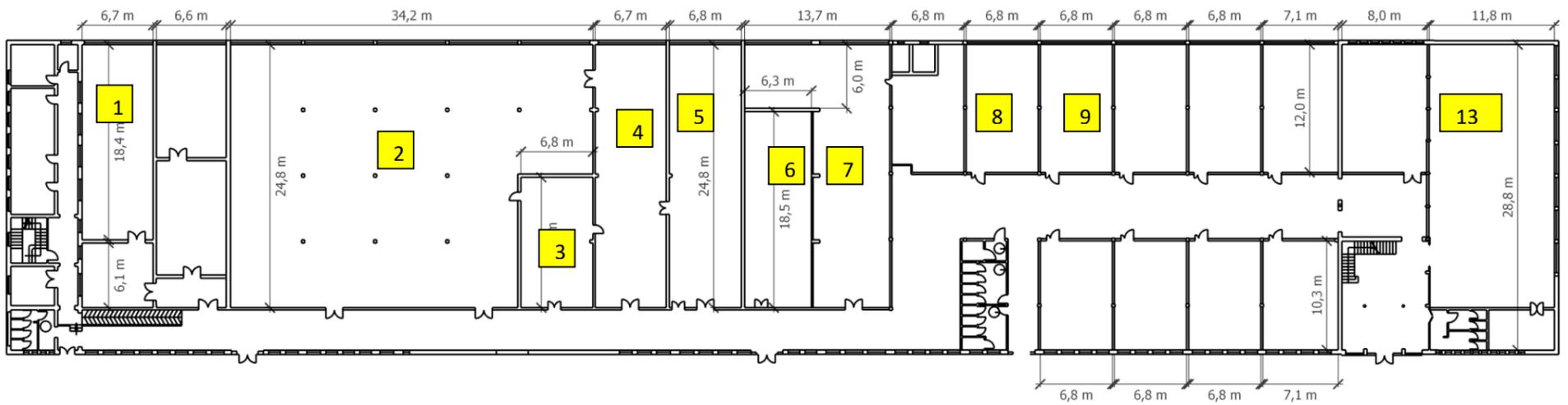


***CAD e CAM e stampa 3D***

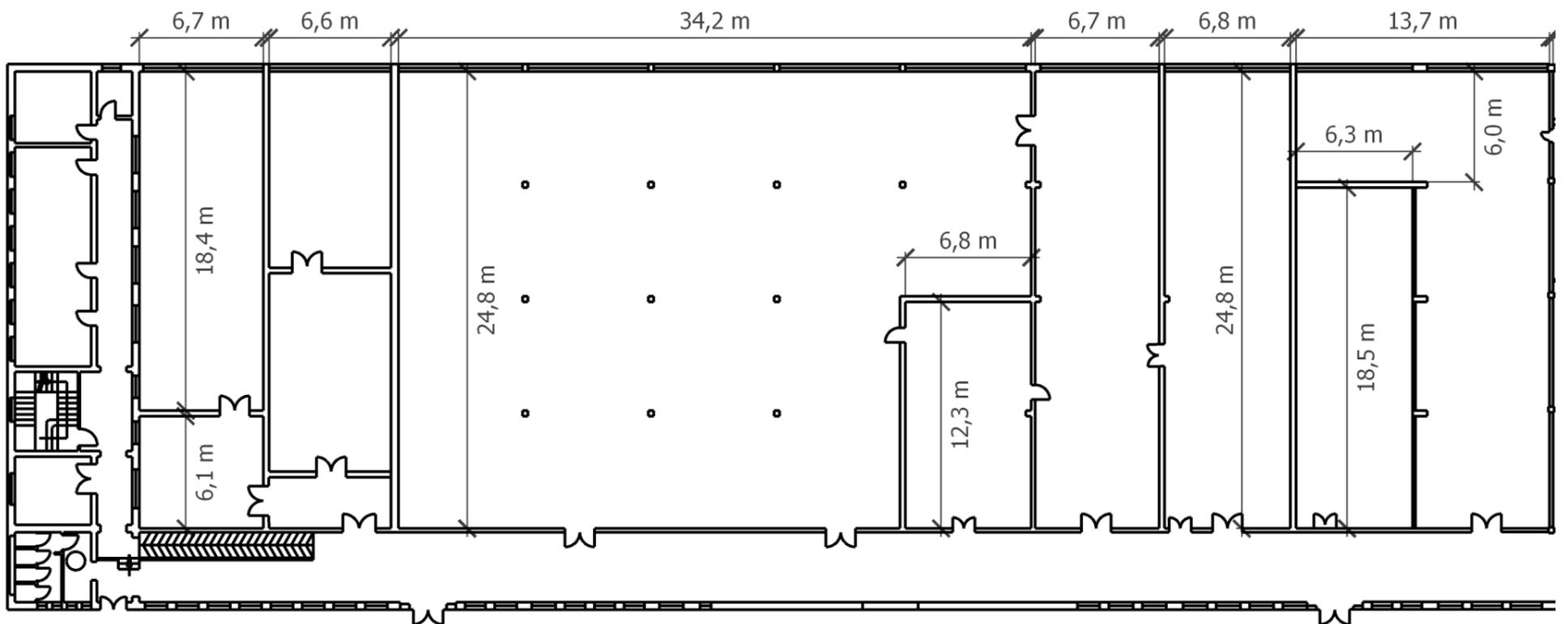


***OFFICINA MECCANICA***

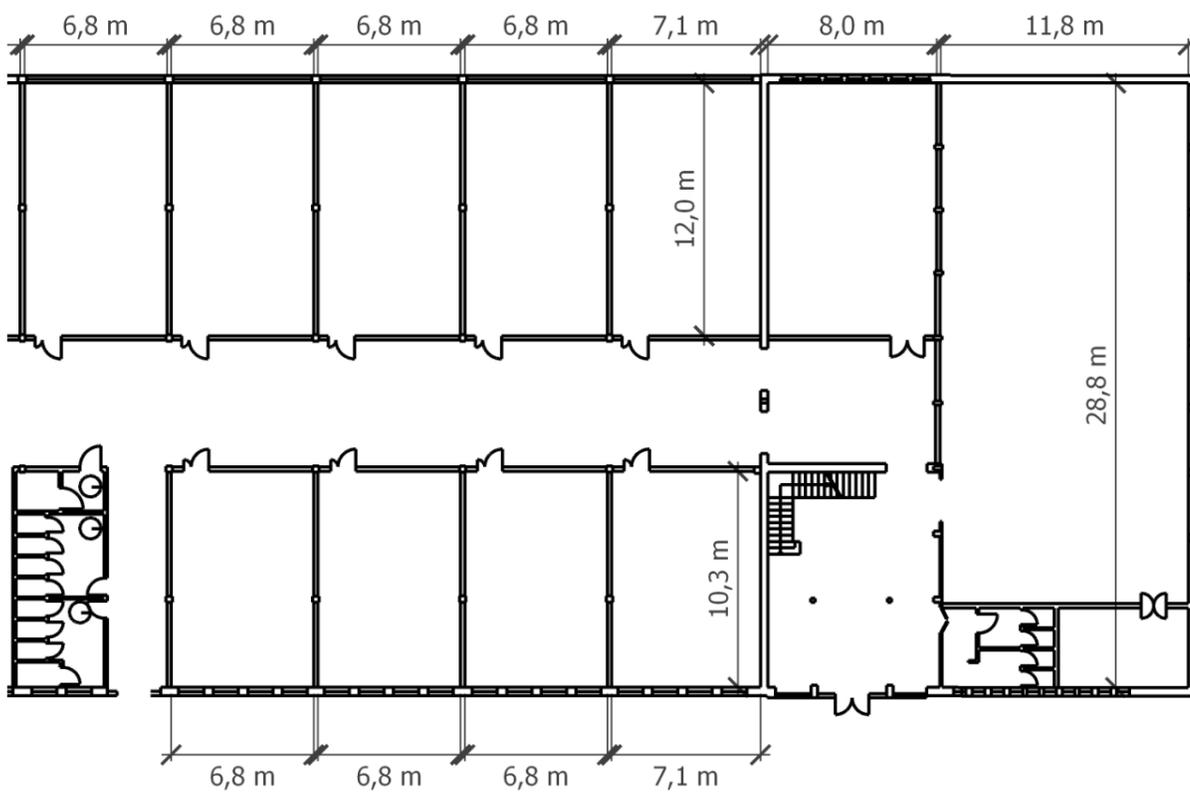
## Layout laboratori



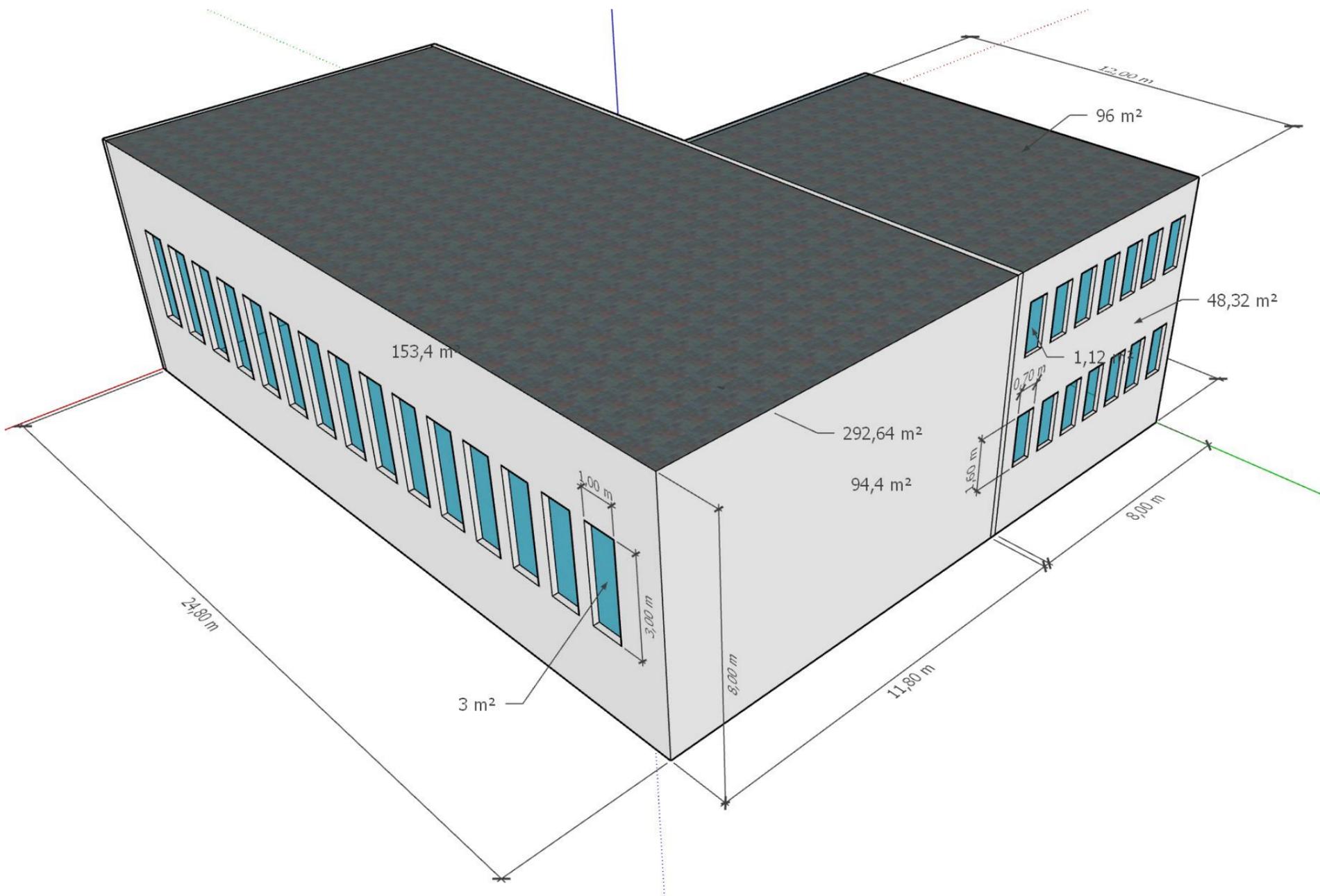
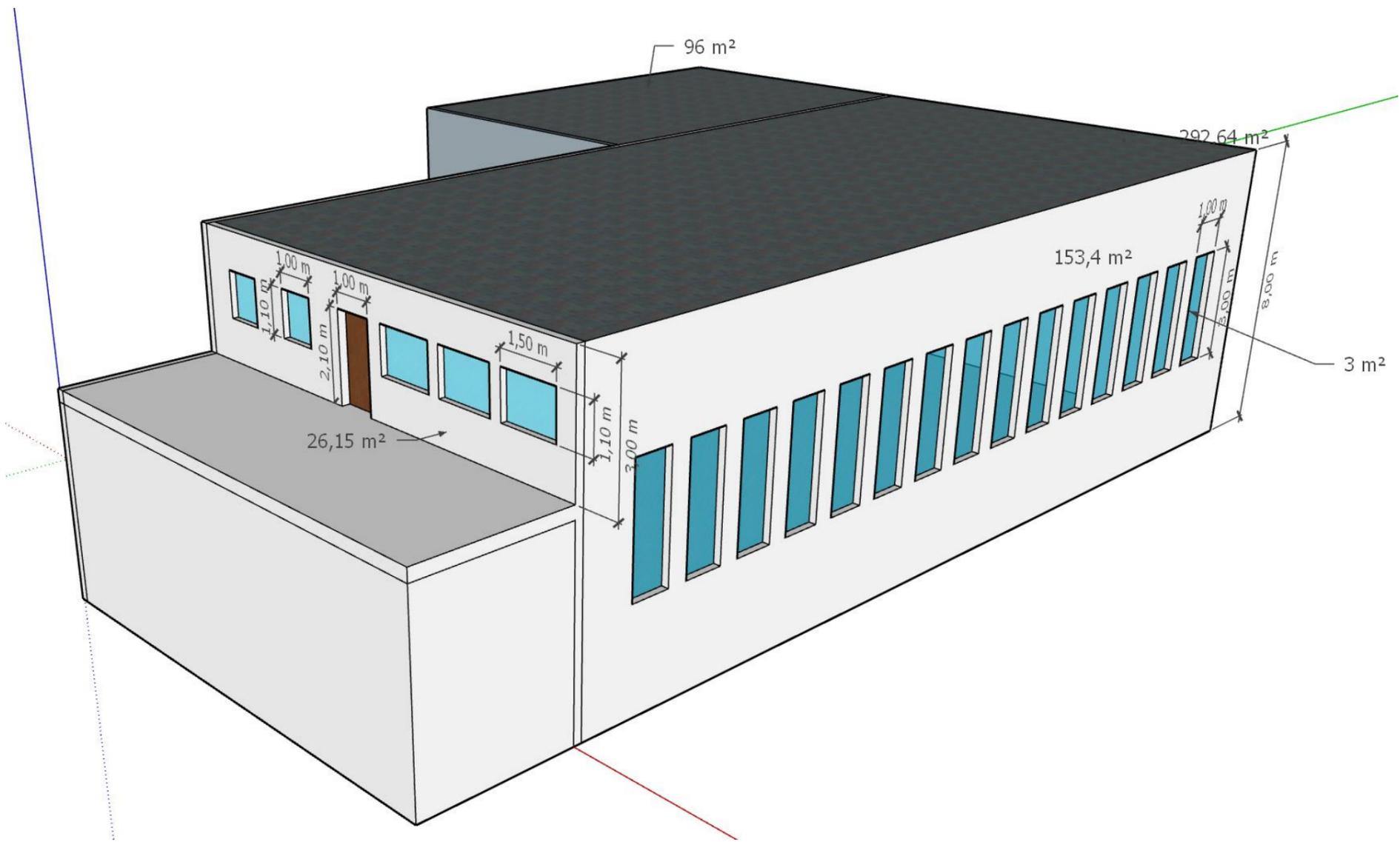
## Layout laboratori tecnologici



## Layout laboratori informatici







# Pareti perimetrali in blocchi di cemento da 20 cm

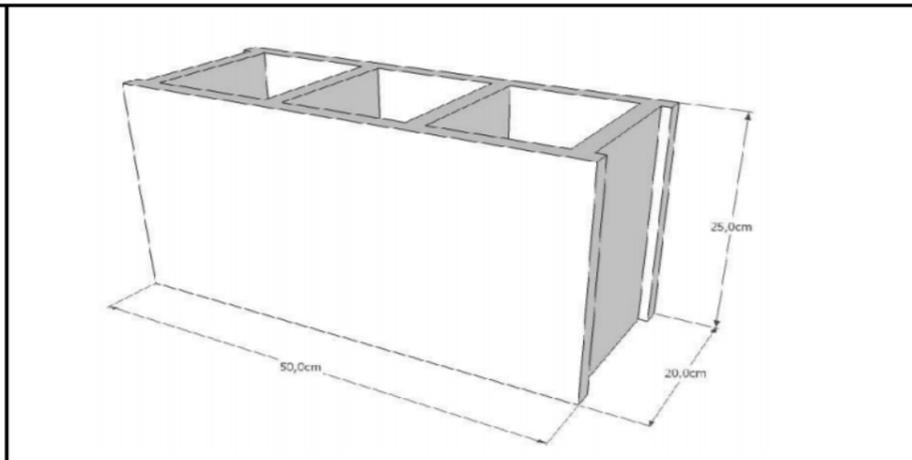
**Blocco in cemento BC203 - 20 x 25x50**

**Colore Bianco, Grigio, Rosso, Giallo, e Salmone.**

Foto



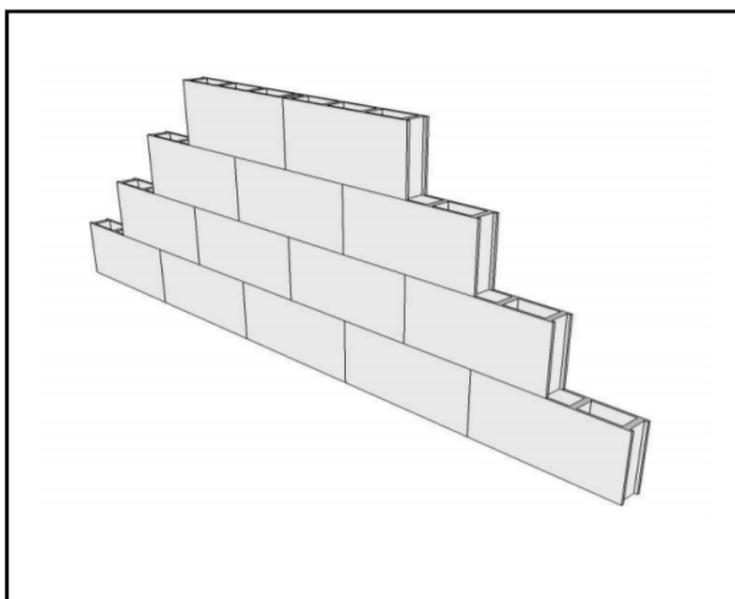
Pianta e Sezione



**Dati tecnici: 25x50**

Spess.	Pz. Per Mq	Peso al Pz	Pz. Per Ped.
20 cm	8	21 kg	40

Schema di Posa



Voce di Capitolato BLOCCO IN CLS

Muratura di tamponamento eseguita con Blocchi Architettonici presso-vibrati in calcestruzzo, con dimensioni modulari (SxHxL) di cm 20x25x50 con superficie Facciavista Liscia, colorati ed idrofugati in pasta, prodotti da azienda certificata secondo la norma ISO 9001:2000 . I blocchi devono avere una densità del calcestruzzo a secco non superiore a 1950 kg/m<sup>3</sup> ±10%.

I manufatti devono essere marcati CE secondo la norma UNI EN 771-3, ed avere le seguenti caratteristiche:

- Stabilità dimensionale per umidità 0,285 mm/m
- Aderenza 1,5 N/mm<sup>2</sup>
- Reazione al fuoco A1
- Assorbimento capillare 4,2 g/mq\*sec
- Conducibilità termica 0,34 W/mk

Le pareti esterne dei laboratori comprendono

Intonaco interno da 2 cm

2 blocchi di cemento da 20 cm

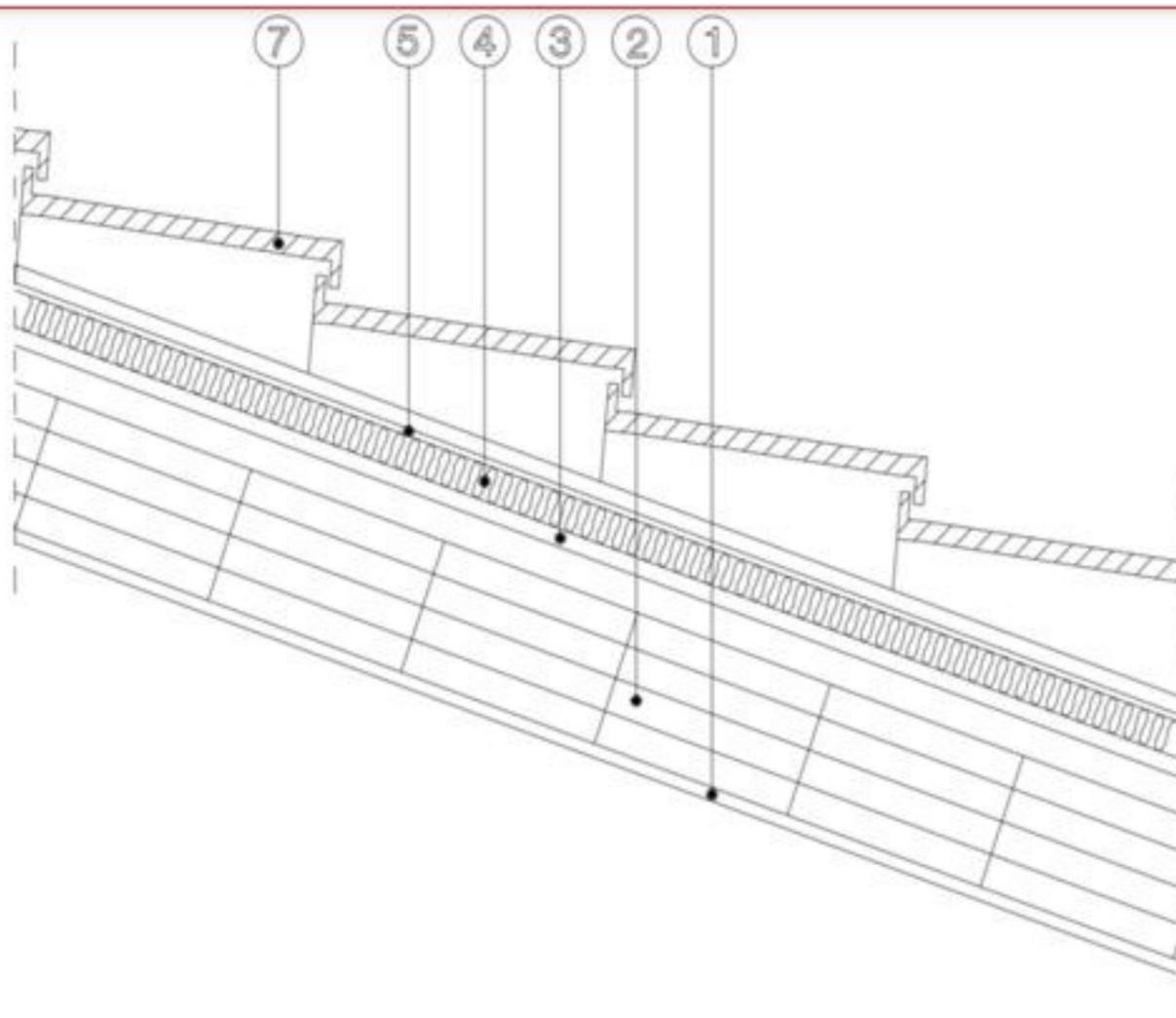
Intonaco esterno da 2 cm

## Serramenti con telaio in ferro e vetri singoli

TRASMITTANZA TERMICA DEGLI INFISSI $U_w$			
Tipo di vetratura	Spessore intercapedine (con aria) in mm	Tipo infisso	U ( $W/m^2 \cdot K$ )
Vetro semplice	-	legno	5,0
		metallo	5,8
		PVC	5,0
Doppio vetro	da 4,5 a 7	legno	3,3
		metallo	4,7
		PVC	3,3
	da 7 a 10	legno	3,0
		metallo	3,8 - 3,9
		PVC	3,0
	da 10 a 14	legno	2,4 - 2,6
		alluminio - senza taglio termico	3,8 - 4,6
		alluminio - con taglio termico	2,9 - 3,2
materiali misti (alluminio/legno)		2,5	
	PVC	2,4 - 2,6	



## Solaio di copertura



	Descrizione	spessor e (m)	conducibilità $\lambda$ W/mK	conduttanza C W/m <sup>2</sup> K	resistenza termica R m <sup>2</sup> K/W	Riferimento normativo
$R_{si}$	Resistenza termica superf. interna				0,10	<b>UNI 6946</b>
1	Malta di gesso con inerti	0,02	0,29		0,0690	<b>UNI 10351</b>
2	Soletta in c.l.s. armato	0,20	1,91		0,1047	<b>UNI 10351</b>
3	Barriera al vapore in bitume	0,002	0,17		0,0118	<b>UNI 10351</b>
4	Fibra di vetro pannello semirigido	0,04	0,04		1,0000	<b>UNI 10351</b>
5	Intercapedine d'aria orizzontale flusso ascendente	0,04		6,5	0,16	<b>UNI 6946</b>
6	Copertura in tegole	0,01	0,99		0,0101	<b>UNI 10351</b>
$R_{se}$	Resistenza termica superf. esterna				0,04	<b>UNI 6946</b>
	Resistenza totale della struttura	$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se}$			1,4956	m <sup>2</sup> K/W
	Trasmittanza termica della struttura secondo <b>UNI 6946</b>	$U = 1/R_T$			0,6686	W/m <sup>2</sup> K

La copertura nei laboratori comprende solo

Intonaco interno 2 cm

Soletta in CLS armato 20 cm

Strato guaina in bitume 3 mm

Copertura in lamiera da 1 mm

# DISPERSIONI TERMICHE LABORATORIO DI AUTOMAZIONE MECCANICA

Per ogni laboratorio è stata effettuata una analisi di massima delle dispersioni termiche e degli apporti gratuiti per valutare mediamente il fabbisogno termico invernale nelle condizioni di progetto.

Segue l'analisi del laboratorio di automazione meccanica preso come riferimento.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	<b>Analisi laboratorio CAD 2 IIS Castelli BS</b>								
2	Località	BRESCIA							
3	ZONA E	2340 gradi giorno							
4	Periodo di riscaldamento	dal 15 ottobre al 15 aprile = 183 giorni							
5	Giorni riscaldamento	152 escluse le domeniche e festività							
6	Temperatura MIN.	-7 °C							
7	Temperatura di progetto	5,5 °C							
8	Temperatura media inv.	5,5 °C							
9									
10	<b>Area disperdenti</b>								
11	<b>Copertura</b>			<b>Parete NORD</b>			<b>Parete SUD</b>		
12	Lato v. campata	2,8 m		H parete	6,25 m		H parete	1,5 m	
13	Lato o. campata	6,0 m		A parete	41,88 m <sup>2</sup>		A parete	4,2 m <sup>2</sup>	
14	Lungh. campata	6,6 m		A vetrata 1	9,75 m <sup>2</sup>		A vetrata	5,85 m <sup>2</sup>	
15	Larghezza laborat.	6,7 m		A vetrata 2	3,9 m <sup>2</sup>				
16	Area copertura	176,9 m <sup>2</sup>					<b>Pavimento</b>		
17				<b>Vetrature copertura</b>			A pavimento	166,16 m <sup>2</sup>	
18				A vetrate	29,3 m <sup>2</sup>				
19									
20	<b>Dispersioni termiche</b>								
21	<i>Si assume un coefficiente globale per i ponti termici pari al +30% delle dispersioni</i>								
22	Struttura	Area	ΔT	U	P.T.	Esp.	Q watt		
23	pavimento	166,16	10	0,57	1,3	1,0	1236		
24	parete N	41,88	14,5	0,73	1,3	1,2	688		
25	vetrata N	9,75	14,5	3,01	1,3	1,2	663		
26	parete S	4,2	14,5	0,73	1,3	1,0	58		
27	vetrata S	5,85	14,5	3,01	1,3	1,0	332		
28	teito	176,9	14,5	3,07	1,3	1,0	10245		
29	vetrata teito	29,3	14,5	3,01	1,3	1,0	1659		
30						Qs tot	-14881 w		
31	<b>Apporti di calore gratuiti</b>						-14,9 Kw		
32	Numero persone	24 22 (24 in info) studenti + 2 docenti							
33	Percentuale di utilizzo laborat.	70% quanto mediamente sono occupati i lab.							
34	Luci (8x2 x 2 file neon 36 w)	806,4 w	pari a	0,8064 Kw					
35	Energia Kwh elettrici luci	1470,87 Kwh all'anno							
36	Costo kwh elettrico	0,22 €/kwh							
37	Costo elettrico luci	323,592 €/anno							
38	Computers (24) al 50% di carico	2100 w	--> PC da 250w a carico massimo						

40	<b>Calore prodotto dalle persone</b>			
41	Percentuale di utilizzo laborat.	70% quanto mediamente sono occupati i lab.		
42	Q seduti attività moderata 115w	1932 w	attività moderata da seduti 70 w	
43				
44				
45	<b>Potenza dispersa per areare i locali</b>			
46	Volume del locale	1038,5 m3	riferiti all'altezza media di 6,25m	
47	Rinnovo MIN. a persona	7 l/s		
48	Totale aria rinnovo	168 l/s	0,2016 Kg/s	604,8 m3/h
49	Con la portata minima di rinnovo si ha un tasso di ricambio orario di			
50	Tasso orario ricambio aria	0,58 Vol/h	> 0,5 minimo previsto e Ra	3,64 m3/m2 > 1/8 minimo
51	Q ventilazione= m Ct ΔT	-2940,7 w	--> dispersi per il rinnovo dell'aria	
52	V/n	43,2708		
53				
54	<b>Dispersione invernale totale</b>			
55	Q totale invernale	-12984 watt		-13,0 Kw
56				
57	<b>Costo indicativo per il riscaldamento invernale</b>			
58	Rendimento impianto distrib.	0,8	--> tubi a parete non isolati e fan coils	
59	Ore di riscaldamento	13 h	7 ore mattina + 5 ore corso serale + 1 h di preriscaldamento	
60	<b>Energia termica spesa</b>	<b>32069,6 Kwh</b>		
61	Costo termico Kwh	0,1 €/ Kwh		
62	<b>Costo invernale</b>	<b>3206,96 € / anno</b>		
63	per dispersioni	2480,6 € / anno		77,4 %
64	per ventilazione	726,363 € / anno		22,6 %
65				

Emerge una dispersione termica invernale di circa 193 kWh/m2 anno.

Questo valore è simile a quello ottenuto mediamente negli altri laboratori.

Nell'analisi complessiva di tutta la zona laboratori si è assunto un valore medio pari a 190 kWh/m2 anno.

# Riqualfica delle strutture disperdenti

Per il controsoffitto è stato scelto il più economico polistirene al posto del poliuretano che garantirebbe spessori nettamente inferiori.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	<b>CALCOLO DELLE TRASMITTANZE PARETI OPACHE E TRASPARENTI</b>													
2														
3	<b>Parete esterna</b>			s	k	R								
4	hi aria interna					0,12								
5	intonaco			0,02	1	0,02								
6	blocco cemento 40 cm			0,4	0,34	1,176								
7	intonaco			0,02	1	0,020								
8	he aria esterna					0,040								
9					R tot	1,376								
10					U tot	0,726								
11					w/m2k									
12														
13														
14	<b>Copertura</b>			s	k	R								
15	hi aria interna					0,100								
16	intonaco			0,02	0,29	0,069								
17	soletta CLS armato uni 10351			0,2	1,91	0,105								
18	barriera vap. bitume			0,002	0,17	0,012								
19	he aria esterna					0,040								
20					R tot	0,325								
21					U tot	3,073								
22					w/m2k									
23														
24	<b>Serramenti telaio ferro e vetro singolo</b>													
25	Userramento			5,8 w/m2K										
26	U effettiva			3,01 w/m2K										
27														
28	<b>Solaio appoggiato su terreno sabbia e ghiaia</b>													
29	U pavimento			0,57 w/m2k										
30														
31														
32	* Trattandosi di un controsoffitto non impieghiamo													
33	poliuretano (stiferite) che ha costi nettamente maggiori													
34														
35														
36														
37														
38														
39														
40														

	s	k	R
<b>Parete esterna</b>			
hi aria interna			0,12
cappotto interno stiferite	0,06	0,023	2,6087
intonaco	0,02	1	0,02
blocco cemento 30 cm	0,3	0,51	0,588
intonaco	0,02	1	0,020
he aria esterna			0,040
		R tot	3,397
		U tot	0,294
		w/m2k	

	s	k	R
<b>Copertura con controsoffitto</b>			
hi			0,100
controsof. in polistiren h = 4 m	0,14	0,032	4,375*
intonaco	0	0,29	0,000
soletta CLS armato uni 10351	0	1,91	0,000
barriera vap. bitume	0	0,17	0,000
he			0,040
		R tot	4,515
		U tot	0,221
		w/m2k	

<b>Serramenti camere doppia telaio in PVC</b>	
Userramento	1,2 w/m2K
U effettiva	1,01 w/m2K

**NUOVO MATERIALE (VACUNANEX) che ha costo elevato**  
1 cm = 10 cm polistirolo

	s	k	R
<b>Parete esterna</b>			
hi aria interna			0,12
cappotto vacunanex	0,01	0,004	2,7027
intonaco	0,02	1	0,02
blocco cemento 30 cm	0,4	0,34	1,176
intonaco	0,02	1	0,020
he aria esterna			0,040
		R tot	4,079
		U tot	0,245
		w/m2k	

# DISPERSIONI TERMICHE LABORATORIO RIQUALIFICATO

Per limitare i costi si è ipotizzato di controsoffittare i laboratori con polistirene.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	<b>Analisi laboratorio CAD 2 IIS Castelli BS</b>								
2	Località	BRESCIA							
3	ZONA E	2340 gradi giorno							
4	Periodo di riscaldamento	dal 15 ottobre al 14 aprile = 183 giorni							
5	Giorni riscaldamento	152 escluse le domeniche e festività							
6	Temperatura MIN.	-7 °C							
7	Temperatura di progetto	5,5 °C							
8	Temperatura media inv.	5,5 °C							
9									
10	<b>Intervento effettuato</b>								
11	Controsoffittatura in <b>POLISTIRENE</b> da 14 cm a 5,25 m di altezza.								
12	I serramenti verticali adiacenti alla copertura vengono esclusi dalle dispersioni.								
13	Le finestrature sulle pareti a N e S garantiscono un minimo di illuminazione naturale.								
14	Si adotterà illuminazione artificiale con tubi a LED da 18 watt.								
15	Per l'areazione si impiegano 4 ventilatori da parete (2 in estrazione e 2 in mandata).								
16									
17	<b>Area disperdenti</b>								
18	<b>Copertura</b>			<b>Parete NORD</b>			<b>Parete SUD</b>		
19	Lato v. campata	2,8 m		H parete	6,25 m		H parete	1,5 m	2
20	Lato o. campata	6,0 m		A parete	41,88 m <sup>2</sup>		A parete	4,2 m <sup>2</sup>	2
21	Lungh. campata	6,6 m		A vetrata	9,75 m <sup>2</sup>		A vetrata	5,85 m <sup>2</sup>	2
22	Larghezza laborat.	6,7 m							
23	Area copertura	176,9 m <sup>2</sup>		<b>Vetrate copertura</b>			<b>Pavimento</b>		
24				A vetrate	29,3 m <sup>2</sup>		A pavimento	166,16 m <sup>2</sup>	
25							Volume	830,8 m <sup>3</sup>	
26	<b>Dispersioni termiche</b>								
27	<i>Si assume un coefficiente globale per i ponti termici pari al +25% delle dispersioni</i>								
28	Struttura	Area	ΔT	U	P.T.	Esp.	Q watt		
29	pavimento	166,16	10	0,57	1,25	1	1189		
30	parete N	41,88	14,5	0,73	1,25	1,2	662		
31	vetrata N	5,36	14,5	1,01	1,25	1,2	117		
32	parete S	4,2	14,5	0,73	1,25	1	55		
33	vetrata S	5,36	14,5	1,01	1,25	1	98		
34	tetto (come pavimento)	166,2	14,5	0,16	1,25	1	484		
35	vetrate nel tetto	0,0	14,5	1,01	1,25	1	0		
36						Qs tot	-2605 w		
37							-2,6 Kw		

L'intervento porta ad una riduzione delle dispersioni termiche di un fattore 6.

38	<b>Apporti di calore gratuiti</b>	
39	Numero persone	24 22 (24 in info) studenti + 2 docenti
40	Percentuale di utilizzo laborat.	70% quanto mediamente sono occupati i lab.
41	Luci (8x2 x 2 file tubi led 18 w)	403,2 w
42	Kwh elettrici luci	735,437 Kwh
43	Costo kwh elettrico	0,22 €/kwh
44	Costo elettrico luci	162 €/anno
45	Risparmio elettrico luci	162 €/anno --> inoltre i led durano fino a 5 volte di +
46	Computers (24) al 50% di carico	2100 w --> PC da 250w a carico massimo
47		
48	<b>Calore prodotto dalle persone</b>	
49	Percentuale di utilizzo laboratori	70% quanto mediamente sono occupati i lab.
50	Q seduti attività moderata 115w	1932 w attività moderata da seduti 115 w
51		
52	<b>Portata di rinnovo per persone (senza recupero calore)</b>	
53	<i>La ventilazione viene fatta con 4 ventilatori da parete da 300m3/h di portata (2 in aspirazione e 2 in mandata)</i>	
54	Volume del locale	872,34 m3 riferiti all'altezza 5,25 m
55	Per persona	7 l/s
56	Totale	168 l/s 0,2016 Kg/s
57	Con la portata minima di rinnovo si ha un tasso di ricambio orario di	
58	Tasso orario ricambio aria	0,69 Vol/h
59	Q ventilazione	-2941 watt
60	Costo elet. + manutenzione vent.	50 €/anno
61		
62	<b>Dispersione invernale totale</b>	
63	Q totale	-1110 watt
64		
65	<b>Costo indicativo per il riscaldamento invernale</b>	
66	Ore di riscaldamento a regime	13 h 7 ore mattina + 5 ore corso serale + 1 ora di preriscaldamento
67	<b>Energia termica tot. inverno</b>	<b>2194 Kwh</b>
68	Costo termico Kwh CH4 o equiv.	0,1 €/ Kwh
69	<b>Costo invernale</b>	<b>219 € / anno</b>
70		
71	<b>Risparmio annuo termico</b>	<b>2987,59 € / anno</b>
72	<b>Risparmio annuo elettrico luci</b>	<b>162 € / anno</b>



La presenza del controsoffitto isolato riduce di quasi 10 volte il fabbisogno termico. L'intervento è semplice ed ha una vita utile molto alta. Il risparmio a 10 anni supera i 50.000 euro!

Emerge una dispersione termica invernale di circa 13 kWh/m<sup>2</sup> anno.

Questo valore è simile a quello ottenuto mediamente negli altri laboratori.

Ipotizzando un abbassamento della temperatura dei locali durante la notte di circa 2,5°C risultano necessari ulteriori 3 kWh/m<sup>2</sup> anno di energia termica per riportare l'aria a 20°C.

Nell'analisi complessiva di tutta la zona laboratori si è assunto un valore medio totale di 16 kWh/m<sup>2</sup> anno.

76	<b>COSTO IMPIANTO</b>		
77	CONTROSOFFITTO 40€/m2	6646 €	in polistirene 15 cm
78	4 VENTILATORI DA PARETE	800 €	con 50 €/anno di consumo elettrico
79		tot.	7446 €

81 **Tempo ritorno dell'investimento**

82	<b>ROI</b>				
83	<b>2,5 anni</b>				
83	Anno	Impianto	Originale	Nuovo	Risparmio
84	0	-7446,4			-7446
85	1	-50	-3531	-381	3099
86	2	-50	-3531	-381	3099
87	3	-50	-3531	-381	3099
88	4	-50	-3531	-381	3099
89	5	-50	-3531	-381	3099
90	6	-50	-3531	-381	3099
91	7	-50	-3531	-381	3099
92	8	-50	-3531	-381	3099
93	9	-50	-3531	-381	3099
94	10	-50	-3531	-381	3099
95	11	-50	-3531	-381	3099
96	12	-50	-3531	-381	3099
97	13	-50	-3531	-381	3099
98	14	-50	-3531	-381	3099
99	15	-50	-3531	-381	3099
100	16	-50	-3531	-381	3099
101	17	-50	-3531	-381	3099
102	18	-50	-3531	-381	3099
103	19	-50	-3531	-381	3099
104	20	-50	-3531	-381	3099
105		-50	-70611	-7623	54541
106	Dopo 20 anni il risparmio è di		54541 €		



108 **IMPATTO AMBIENTALE**

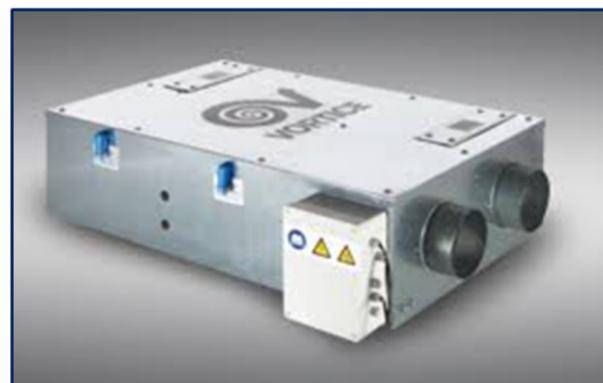
109	Energia termica risparmiata	29876 Kwh
110	1 TEP (tonn. equival. Petrolio)	11630 Kwh
111	Risparmio in TEP / anno	2,6 3133 Nm3 di metano
113	CO2 per Kwh termico con CH4	0,255 Kg/kwh
114	Produzione di CO2 evitata /anno	7,62 Ton



Riassumendo l'intervento proposto si ammortizza in meno di 3 anni (senza contare eventuali detrazioni fiscali) e garantisce un livello *accettabile* di ricambio dell'aria.

# RIQUALIFICA CON VENTILAZIONE MECCANICA AD ALTA EFFICIENZA

52	<b>Portata di rinnovo per persone con VMC</b>	
53	<i>La ventilazione viene fatta con VMC efficienza 87%</i>	
54	Volume del locale	872,34 m <sup>3</sup> riferiti all'altezza 5,25 m
55	Per persona	7 l/s
56	Totale	168 l/s                      0,2016 Kg/s
57	Con la portata minima di rinnovo si ha un tasso di ricambio orario di	
58	Tasso orario ricambio aria	0,69 Vol/h
59	Efficienza VMC	87%
60	Q ventilazione	-382 watt
61	Costo manutenzione VMC annuo	100 €/anno
62		
63	<b>Dispersione invernale totale</b>	
64	Q totale	1448 watt
65		
66	<b>Costo indicativo per il riscaldamento invernale</b>	
67	Ore di riscaldamento a regime	13 h 7 ore mattina + 5 ore corso serale + 1 ora di preriscaldamento
68	<b>Energia termica tot. inverno</b>	<b>-2862 Kwh</b>
69	Costo termico Kwh CH4 o equiv.	0,1 €/ Kwh
70	<b>Costo invernale</b>	<b>-286 € / anno</b>
71		
72	<b>Risparmio annuo termico</b>	<b>3206,96 € / anno</b>
73	<b>Risparmio annuo elettrico luci</b>	<b>162 € / anno</b>
74		
75	<b>COSTO IMPIANTO</b>	
76	CONTROSOFFITTO 40€/m <sup>2</sup>	6646 € in polistirene 15 cm
77	VMC + canali aria + fotovoltaico	4674 € + 100 € manutenzione annuale
78	tot.	11321 €



NB: l'ambiente si sta scaldando grazie alla presenza persone e macchine

La presenza del controsoffitto isolato riduce di quasi 10 volte il fabbisogno termico. L'intervento è semplice ed ha una vita utile molto alta. Il risparmio a 10 anni supera i 50.000 euro! La presenza della VMC oltre a garantire un corretto ricambio di aria annulla le dispersioni termiche invernali

Con una ventilazione meccanica ad alta efficienza si annulla il fabbisogno termico del laboratorio.

L'impianto di riscaldamento si renderebbe necessario solo per portare alle condizioni di regime i locali per l'inizio delle lezioni. Ipotizzando un abbassamento della temperatura dei locali durante la notte di circa 2,5°C risultano necessari 3 kWh/m<sup>2</sup> anno di energia termica per riportare l'aria a 20°C.

L'intervento proposto si ammortizza in meno di 4 anni (senza contare eventuali detrazioni fiscali) e garantisce un ottimo livello di ricambio dell'aria.

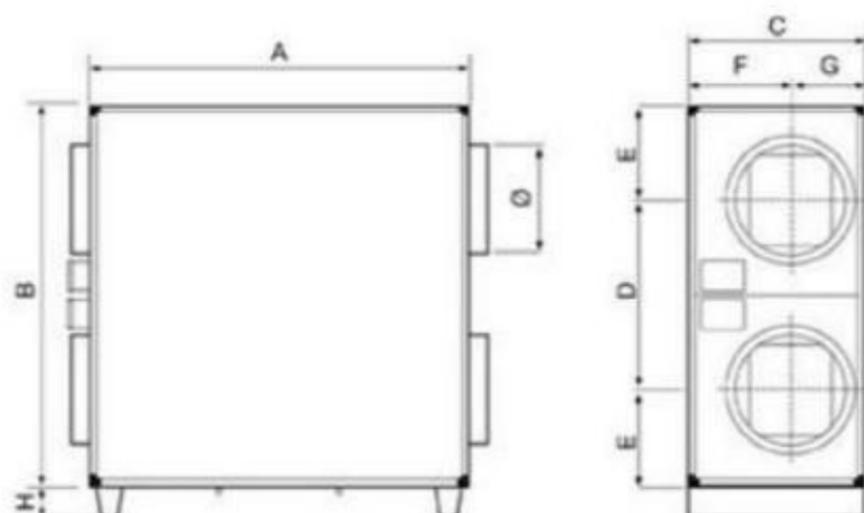
# VORT - NRG 4000 V CONF.

Scambiatore d'aria a flussi incrociati per recupero calore



## Listino

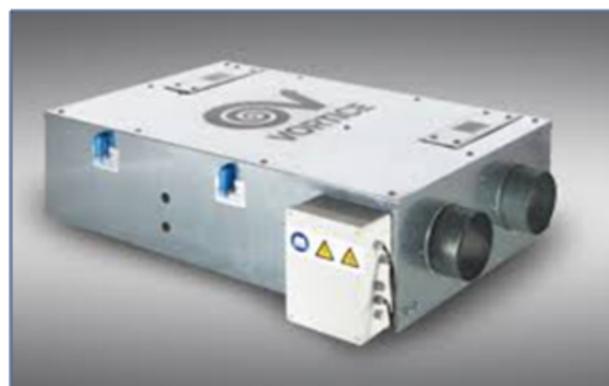
VORT NRG EVO 4000 V	45631	12.590,00
---------------------	-------	-----------



Ø (mm)	450
A (mm)	1550
B (mm)	1550
C (mm)	660
D (mm)	330
E (mm)	890
F (mm)	330
G (mm)	330
H (mm)	95

# COSTO MEDIO DI UN IMPIANTO VMC CENTRALIZZATO DA 4000 m3/h

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	<b>Costi VMC e impianto fotovoltaico</b>							
2								
3	Potenza della VMC a pieno regime	3,2 kW						
4	Ore al giorno di utilizzo	12 ore						
5	Giorni utilizzo VMC	144						
6	<b>Costo VMC Vortice da 4000 m3/h</b>	<b>10000 €</b>						
7								
8	Energia elettrica totale vmc	5529,6 kWh						
9	Costo energia Elettrica	0,23 €/kWh						
10	Costo tot. elettrica	1272 €						
11								
12	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO (ANALISI con PVGIS)</b>							
13	1kWp fotovoltaico fornisce	1140 kWh						
14	kWp di picco necessari	4,9 kWp di pannelli						
15	Mediamente con monocristallino servono	8m2 a kWp						
16	Area occupata	38,80 m2 monocristallino						
17								
18	<b>KIT CHIAVI IN MANO FOTOVOLTAICO SUNPOWER</b>							
19	Costo 5kWp Sunpower	10500 €						
20	Costo 1kWp Sunpower	2100 al kWp						
21	Efficienza pannelli	21% %						
22	Superficie occupata	24 m2						
23	<b>Costo con detrazioni fiscali 50%</b>	<b>5250 €</b>						
24	Garanzia pannelli	25 anni						
25								
26	<b>CANALI DISTRIBUZIONE ARIA VMC</b>							
27								
28	<b>Tempi installazione</b>							
29	persone	4						
30	giorni	4						
31	ore	8						
32	Costo orario	25 €/ora						
33	<b>Costo TOTALE manodopera</b>	<b>3200 €</b>						
34								
35	<b>Costo dei materiali</b>							
36	Costo Canale da 400 mm	35 €/m						
37	Lunghezza tubi	80 m						
38	Costo Canale da 350 mm	23,8 €/m						
39	Lunghezza tubi	80 m						
40	Costo Canale da 250 mm	17,5 €/m						
41	Lunghezza tubi	335,2 m						
42	<b>Costo Costo totale canali</b>	<b>10570 €</b>						
43	<b>Maggiorazione 35% per pezzi speciali</b>	<b>14270 €</b>						
44								
45	<b>COMPLESSIVO</b>							
46	<b>Costo totale impianto VMC</b>	<b>32720 €</b>						
47	<b>Costo per laboratorio</b>	<b>4674 €</b>						



NB: nel calcolo dei kWp necessari a coprire il fabbisogno elettrico della VMC non serve sapere l'efficienza dei pannelli!  
L'efficienza ( $power = area * efficiency / 100$ ) serve a calcolare l'area occupata dai pannelli. Più è alta e minore è la superficie



Mediamente dotare ogni laboratorio di una ventilazione meccanica efficiente verrebbe a costa circa 4700 euro (senza contare eventuali detrazioni).

## **Il problema della ventilazione dei locali**

Le brutte esperienze del virus COVID-19 ci ha fatto capire che la ventilazione dei locali è fondamentale per garantire il benessere e la sicurezza delle persone.

La quasi totalità delle scuole si affida ad una ventilazione degli ambienti effettuata aprendo sporadicamente le finestre dei locali in cui stazionano gli studenti.

Attraverso una strumentazione semiprofessionale gli studenti delle classi 3AME-4AME e 5AME hanno valutato la qualità dell'aria ambiente durante un'ora di lezione a metà mattinata (fine ottobre 2020) mantenendo tutte le finestre e le porte chiuse.

Si è partiti da una situazione di 16 persone della 5AME presenti in un'aula di circa 40 m<sup>2</sup> con altezza 3 m con T interna di 22°C, umidità relativa del 35% e concentrazione di CO<sub>2</sub> di 515 ppm (l'aula era stata arieggiata alla fine dell'ora precedente).

La concentrazione esterna di CO<sub>2</sub> rilevata dallo strumento era di 412 ppm.

Dopo 30 minuti di lezione la temperatura si era portata a 23°C con umidità relativa 38% e con una concentrazione di CO<sub>2</sub> di 1200 ppm che risulta già superiore alle 1000 ppm generalmente consigliata per garantire il benessere e mantenere buona l'attenzione degli studenti.

Dopo 55 minuti di lezione la situazione si era portata a 23,9°C con umidità relativa 39% e soprattutto una concentrazione di CO<sub>2</sub> di 1800 ppm. E' stato sufficiente uscire 2 minuti dall'aula e poi rientrare per rendersi conto della "pesantezza dell'aria" e della scarsa salubrità del locale.

Aprendo le due finestre e la porta dell'aula in 5-6 minuti il microclima si è riportato ai valori iniziali.

Ovviamente l'area delle finestre e della porta, la possibilità di generare della contraria e la differenza di temperatura interna ed esterna incidono sensibilmente sul tempo di "recupero" delle condizioni di benessere.

Questa analisi ha portato tutta la scuola ad adottare la procedura ottimale di effettuare un ricambio aria di 5 minuti alla fine della lezione ed uno intermedio di 5 minuti dopo 30 minuti di lezione in modo da mantenere sempre il livello della CO<sub>2</sub> interno alle 1000 ppm ed evitare di lasciare sempre aperte le finestre durante le lezioni.

L'analisi è stata effettuata anche nelle classi 3AME e 4AME ed è portata all'incirca alle stesse conclusioni.

*Questa modalità di ricambio d'aria comporta un costo non trascurabile e in molte situazioni climatiche potrebbe essere insufficiente a garantire il ricambio che avviene principalmente per la differenza di temperatura tra interno ed esterno e la presenza di vento.*

Per questo motivo è stata analizzata una prima soluzione di ricambio automatico dell'aria effettuata con dei ventilatori reversibili senza recupero di calore che garantiscono la portata minima di ricambio dell'aria prevista dalla normativa negli edifici scolastici (7 litri/s a persona) ed una seconda soluzione con VMC ad alta efficienza decentralizzata in ogni laboratorio.

Un laboratorio necessita di almeno 4 ventilatori (due in mandata e due in aspirazione) per garantire le portate minime di aria e una loro corretta immissione negli ambienti. Visto il numero elevato di ventilatori è stata abbinata l'installazione di un impianto fotovoltaico a servizio del sistema di ventilazione.

## Portable Indoor Air Quality CO<sub>2</sub> Meter



**Measures Carbon Dioxide (CO<sub>2</sub>), Temperature, Humidity, Dew Point, and Wet Bulb**  
And calculates statistical 8 hour and 15 minute time weighted averages

### Features:

- Checks for Carbon Dioxide (CO<sub>2</sub>) concentrations
- Calculates statistical weighted averages of TWA (8 hour time weighted average) and STEL (15 minute short term exposure limit)
- Maintenance free NDIR (non-dispersive infrared) CO<sub>2</sub> sensor
- Measurement ranges:  
CO<sub>2</sub>: 0 to 5,000ppm  
Temperature: 14 to 140°F (-10 to 60°C)  
Humidity: 0.0 to 99.9%
- User programmable audible alarm
- Backlit triple LCD display
- Built-in RS-232 interface for capturing readings on PC
- Data acquisition software and cable included to record and document CO<sub>2</sub>, Humidity and Temperature data
- Optional 33% and 75% RH calibration bottles (RH300-CAL)
- Complete with software and cable, 4 AA batteries, and carrying case

### Applications:

- Check air quality in schools, office buildings, greenhouses, hospitals and anywhere that high levels of carbon dioxide are generated



Measure CO<sub>2</sub> level in office buildings to check the air quality of conference rooms insuring proper ventilation.



Specifications	Range	Resolution
Carbon Dioxide (CO <sub>2</sub> )	0 to 5,000ppm	1 ppm
Temperature	14 to 140°F (-10 to 60°C)	0.1°F/°C
Humidity	0.0 to 99.9%	0.1%
Wet Bulb and Dew Point	Calculated	
Dimensions	7.9x2.7x2.3" (200x70x57mm)	
Weight	6.7 oz. (190g)	

### Ordering Information:

CO250 .....Portable Indoor Air Quality CO<sub>2</sub> Meter  
RH300-CAL .....33% and 75% RH Calibration Kit



# Dettaglio analisi della CO2 emessa in una classe durante le lezioni

## Dati

Persone 23  
Volume locale 172,8 m<sup>3</sup>

Condizioni iniziali ore 11:10 del 08-10-2020

T 23 °C  
UR 40 %  
ppm CO2 800

Dopo 50 minuti con finestre e porte chiuse

T 25,2 °C  
UR 47 %

*Situazione molto sgradevole (puzza, umido e sensazione di aria stagnante), difficoltà respiratoria con le mascherine.*

*Il limite consigliato per garantire sensazione benessere è 1000 ppm CO2*

ppm 2300

Dopo 10 minuti apertura 4 finestre e porta aula

T 23 °C  
UR 38 %  
ppm 770

*L'aerazione naturale in 10 minuti circa garantisce il rinnovo totale dell'aria interna (con 4 finestre e porta aperta)*

L'incremento di CO2 in 50 minuti è stato di

CO2 1500

Per la CO2 a 20°C abbiamo le seguenti

proprietà

densità CO2 1,84 gr/L

Massa molare CO2 44,01 Kg/Kmol

concentrazione 1 mg/m<sup>3</sup> = 0,556 ppm  
1 ppm 1,7985 mg/m<sup>3</sup>

Possiamo calcolare la concentrazione di CO2 emessa dalle persone in 50 minuti

Conc. CO2 50' 2697,793 mg/m<sup>3</sup>

In 1 ora quindi la concentrazione è pari a

Conc. CO2 3,237352 g/m<sup>3</sup>

Noto il volume dell'ambiente si trova la CO2 prodotta complessivamente in 1 h

CO2 tot. 559,4144 g/h

Per singola persona abbiamo

CO2 persona 24,32 g/h 13,22 L/h

La letteratura indica valori tipici per attività a riposo pari a 43,2 g/h.

Ciò probabilmente significa che l'aula è soggetta ad un elevato ricambio naturale di aria dovuto alla presenza

di spifferi nei serramenti e aperture nelle pareti verso il corridoio.

## Analisi COSTI ventilatori tipo VORTICE abbinato a fotovoltaico

Numero unità VMC	80 2 in aspirazione e 2 in mandata
Potenza MAX (600m <sup>3</sup> /h)	0,022 Kw
Carico medio VMC	60%
Media utilizzo 20 laboratori	70%
Giorni utilizzo 20 laboratori	200
Ore di lezione diurno + serale	10

Energia annuale VORTICE 1478,4 Kwh

Potenzialità fotovoltaico 1kWp	1140 kwh/anno
Servono quindi	2,0 kWp
Costo indicativo di 1500 al kWp	1500 chiavi in mano ivato

Costo fotovoltaico x VMC 3000 €  
In caso di detrazione al 50% 1500 €

Costo indicativo VORTICE chiavi in mano

Costo totale delle VMC 16.000 € (200 € a macchina)  
In caso di detrazione al 50% 8.000 €

Perdite per ventilazione 3 kW  
Perdite ventilazione totali 60 kW  
Energia persa all'anno 63840 kWh/anno  
Costo termico invernale 6384 €

In questo CASO non c'è nessun risparmio ma si garantisce il rinnovo minimo di aria previsto dalla norma vigente.

Quindi è necessaria una spesa di circa 16.000 € per garantire il rinnovo dell'aria come richiesto dalle normative vigenti. Il costo termico della ventilazione di tutti i laboratori è di circa 6.384 € all'anno.

Dopo 20 anni la spesa per la sola ventilazione è di circa 127.000 €!

A questo punto abbiamo valutato il costo di una ventilazione meccanica controllata VMC ad alta efficienza abbinata sempre ad un impianto fotovoltaico.



# VORTICE 230/9" P Aspiratori elicoidali da muro / Vetro

## Scheda Tecnica

Dati tecnici e prestazionali    Dimensioni    Curve

Corrente assorbita max (A)	0,10	Potenza max assorbita alla max vel. (W)	22
Frequenza (Hz)	50-60	Temp. ambiente max funzionam. continuativo 60Hz (°C)	50
Grado Protezione IP	X4	Temp. ambiente max funzionamento continuativo (°C)	50
Isolamento	II° classe		
Ø Scarico (mm)	230	Tensione (V)	220-240
Peso (Kg)	3,45	Portata max (l/s)	133
Potenza assorbita max (W)	22	Portata max (m³/h)	480
Potenza assorbita max 60Hz (W)	22	Pressione Sonora Lp [dB (A)] 3m	35,6
		RPM	790



## Energia elettrica con impianto fotovoltaico monocristallino

L'analisi è stata effettuata tramite il software sviluppato dalla comunità Europea **Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS)**

selezionando il database "COSMO" che meglio caratterizza l'Europa.

L'analisi mostra che 1kWp di pannelli monocristallini (7-8 m<sup>2</sup> di superficie) sono in grado di fornire circa 1140 kWh/anno per un risparmio indicativo (scambio sul posto) di circa 260 €.

Potenza kWp	1
kWh/anno	1140
Costo kWh el	0,23 €
Risparmio	262,2 €/anno

Il costo chiavi in mano di un impianto fotovoltaico con pannelli della SUNPOWER (leader di mercato con garanzia reale di 25 anni) è di circa 1500€ al kWp per impianti di almeno 6 kWp (sale al MAX. a 2000€ per taglie inferiori).

E' prevista la detrazione fiscale del 50%.

### Fotovoltaico 6 Kw SUNPOWER

Garanzia 25 anni INTERVENTI INCLUSI

- ✓ Garanzia Fiducia Totale, l'unica nel settore a offrire 25 anni di copertura su potenza, prodotto e servizio
- ✓ DETRAZIONE fiscale 50% + Incentivo SCAMBIO GSE 💰
- ✓ Monitoraggio dell'impianto con App Wi-Fi 📱
- ✓ Installazione completa in 1 GIORNO da tecnici specializzati 🔧
- ✓ IL SOPRALLUOGO DI SOLITO MIGLIORA IL PREVENTIVO ! 😊

# € 8.000

+ iva chiavi in mano  
oppure rate da 103 €/mese.

CONTATTACI SUBITO

### Fotovoltaico 3 Kw SUNPOWER

Garanzia 25 anni INTERVENTI INCLUSI

- ✓ Garanzia Fiducia Totale, l'unica nel settore a offrire 25 anni di copertura su potenza, prodotto e servizio
- ✓ DETRAZIONE fiscale 50% + Incentivo SCAMBIO GSE 💰
- ✓ Monitoraggio dell'impianto con App Wi-Fi 📱
- ✓ Installazione completa in 1 GIORNO da tecnici specializzati 🔧
- ✓ IL SOPRALLUOGO DI SOLITO MIGLIORA IL PREVENTIVO ! 😊

# € 5.350

+ iva chiavi in mano  
oppure rate da 70 €/mese.

CONTATTACI SUBITO

# Analisi con "Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS)"

**PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM**

European Commission > EU Science Hub > PVGIS > Interactive tools

Home Tools Downloads Documentation Contact us

**Cursor:** Selected: 45.557, 10.217  
Elevation: 159 (m)

**Use terrain shadows:**  Calculated horizon  Upload horizon file

**PERFORMANCE OF GRID-CONNECTED PV**

Solar radiation database\*: PVGIS-COSMO  
PV technology\*: Crystalline silicon  
Installed peak PV power [kWp]\*: 1  
System loss [%]\*: 14

**Fixed mounting options**

Mounting position\*: Free-standing  
Slope [°]\*: 35  Optimize slope  
Azimuth [°]\*: 0  Optimize slope and azimuth

PV electricity price  
PV system cost (your currency):  
Interest [%/year]:  
Lifetime [years]:

Address: Eg. Ispra, Italy  Lat/Lon: Eg. 45. Eg. 8.6

## PERFORMANCE OF GRID-CONNECTED PV: RESULTS

### Summary

**Provided inputs:**

- Location [Lat/Lon]: 45.557, 10.217
- Horizon: Calculated
- Database used: PVGIS-COSMO
- PV technology: Crystalline silicon
- PV installed [kWp]: 1
- System loss [%]: 14

**Simulation outputs:**

- Slope angle [°]: 38 (opt)
- Azimuth angle [°]: 2 (opt)
- Yearly PV energy production [kWh]: 1139.58
- Yearly in-plane irradiation [kWh/m<sup>2</sup>]: 1452.41
- Year-to-year variability [kWh]: 74.47

**Changes in output due to:**

- Angle of incidence [%]: -2.64
- Spectral effects [%]: 1.11
- Temperature and low irradiance [%]: -7.32

Total loss [%]: -21.54

### Monthly energy output from fix-angle PV system

Month	PV energy output [kWh]
Jan	60
Feb	75
Mar	110
Apr	115
May	125
Jun	120
Jul	130
Aug	115
Sep	100
Oct	75
Nov	55
Dec	50

### Outline of horizon

Legend:  
 Horizon height  
 Sun height, June  
 Sun height, December

# I pannelli fotovoltaici Maxeon della SUNPOWER

Sono progettati per fare la differenza e sono i migliori su oltre cinque generazioni e 3,5 miliardi di celle, e 30 milioni di pannelli Maxeon, anche nelle condizioni atmosferiche più avverse. Le celle fotovoltaiche convenzionali perdono potenza nel tempo a causa di rotture e corrosione. L'esclusivo design delle celle fotovoltaiche SunPower Maxeon elimina l'86% dei motivi di guasto delle celle tradizionali. Ciò significa che i pannelli SunPower sono progettati per durare e per offrire risparmi, anno dopo anno.

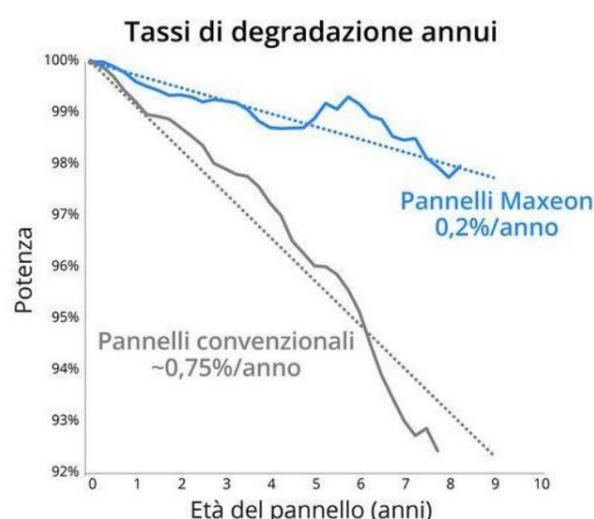
Tutti i pannelli residenziali e commerciali SunPower sono supportati dai 25 anni di copertura leader dell'industria della garanzia SunPower Fiducia Completa. Ogni pannello è progettato nella certezza assoluta di offrire più energia, affidabilità e risparmio nel tempo: lo testimoniano estensivi test indipendenti e dati sul campo e le performance degli oltre 35 milioni di pannelli SunPower installati in tutto il mondo, così da offrire la migliore garanzia possibile e la massima serenità.



## Affidabilità impareggiabile\*

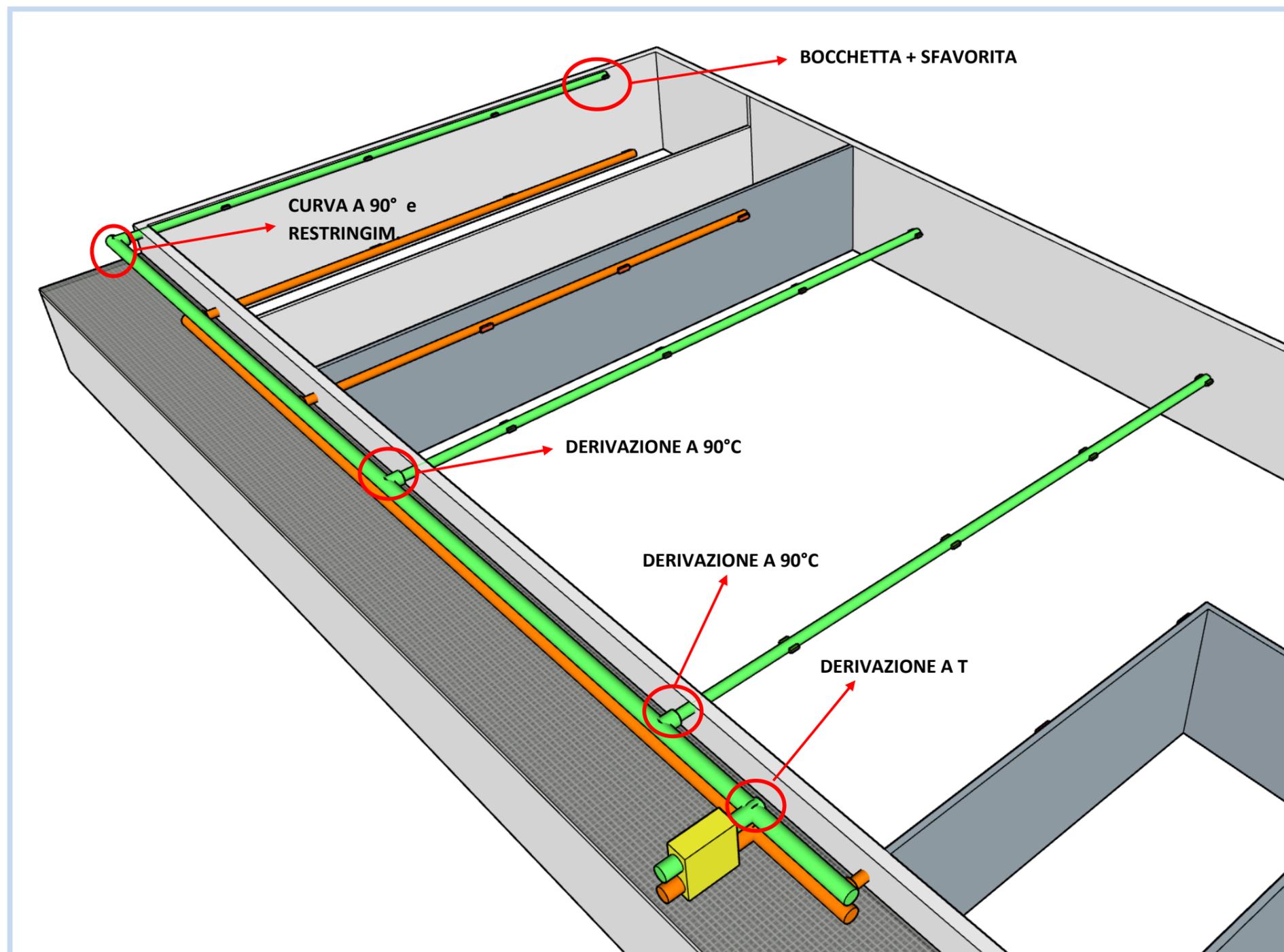
Investi in tutta tranquillità, sapendo che la qualità dei pannelli SunPower Maxeon è comprovata. Le effettive prove sul campo condotte per 8 anni su 800.000 pannelli in 264 siti hanno dimostrato che i pannelli fotovoltaici SunPower Maxeon sono caratterizzati dal tasso di degradazione più basso del settore<sup>1</sup> e un'affidabilità quasi quattro volte superiore rispetto ai pannelli convenzionali. Inoltre, ogni pannello è supportato dalla copertura su potenza e prodotto della garanzia SunPower Fiducia Completa.<sup>2</sup>

**E maggiore affidabilità significa maggiori risparmi.**



# IMPIANTO DI DISTRIBUZIONE ARIA della VMC

Per una valutazione di massima dei costi della VMC è stato dimensionato un impianto di distribuzione dell'aria a bocchette con tubi circolari in lamiera.



## VMC

- Portata nominale di 4.000 m<sup>3</sup>/h (MAX. 4.500)
- Potenza assorbita 3,2 Kw
- Diametro di mandata/ripresa 450 mm
- Efficienza 84%

## CANALE PRIMARIO

Diametro 450 mm

## CANALI SECONDARI

Diametro 300 mm

## BOCCHETTE MANDATA

Devono garantire la ¼ della portata con una velocità indicativa di 2-3 m/s

## GRIGLIE RIPRESA

Devono garantire 1/3 della portata con velocità indicativa di 4-5 m/s

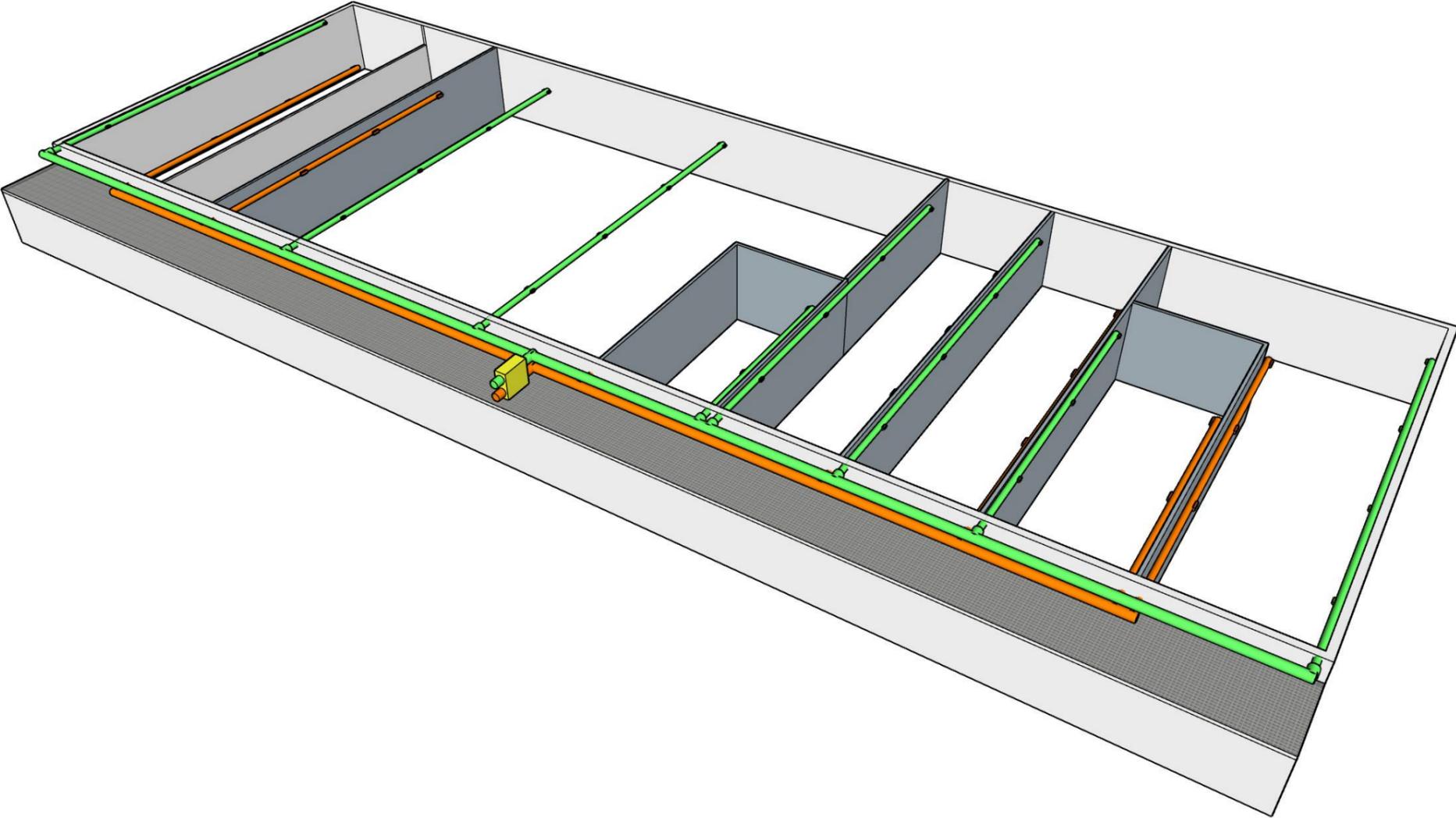
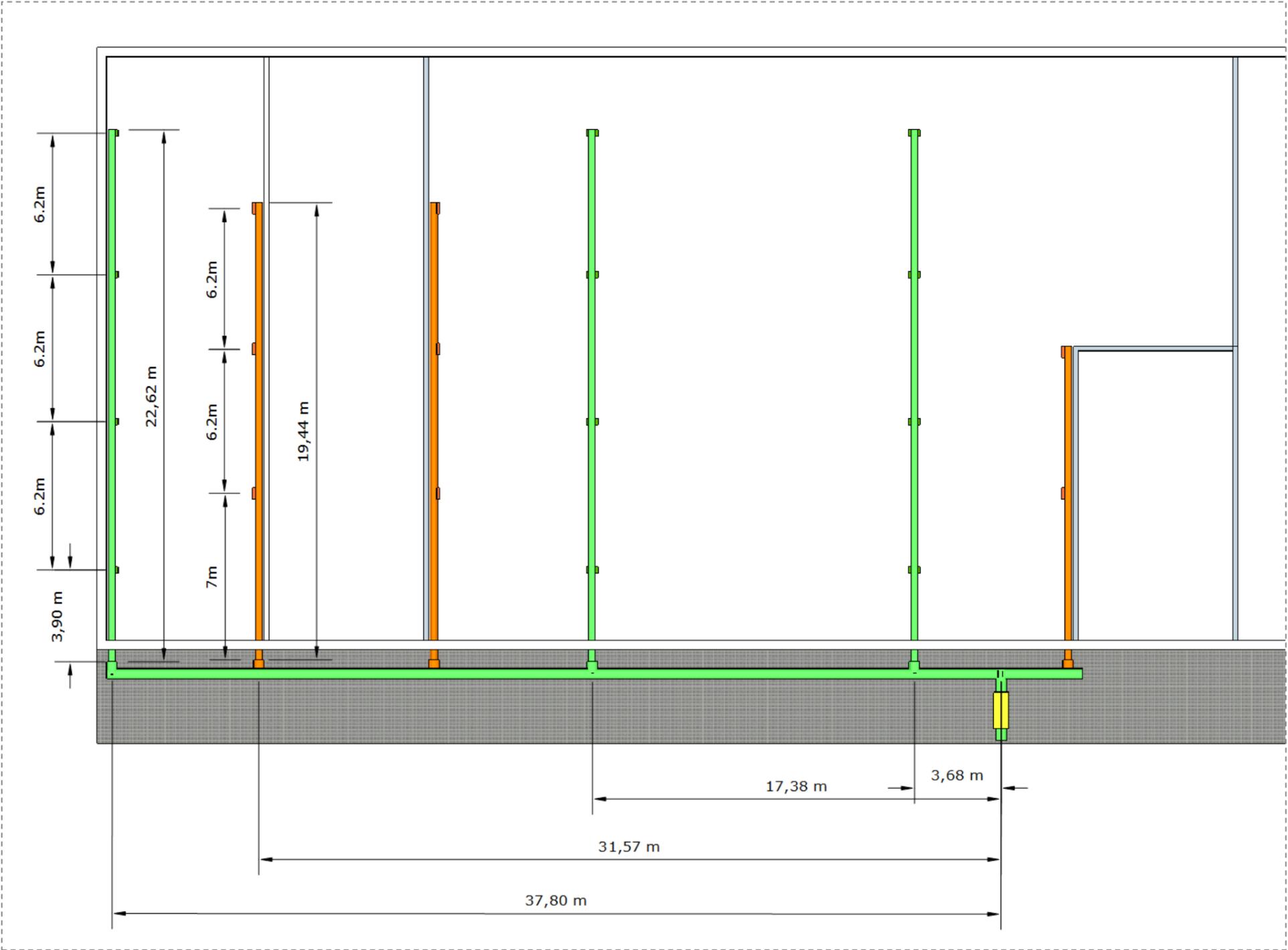
# 01 CANALI CIRCOLARI

**TABELLA PESI Kg/m**

Φ mm	Spessore mm								
	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,25	1,50	2,00
80	1,19	1,35	1,58						
100	1,38	1,72	2,00						
125	1,73	2,15	2,51						
140	1,94	2,41	2,81	3,21					
150	2,07	2,58	3,01	3,44					
160	2,21	2,76	3,21	3,68					
180	2,49	3,10	3,52	4,13					
200	2,77	3,45	4,02	4,60					
224	3,10	3,86	4,51	5,14					
250	3,46	4,31	5,03	5,75		7,19			
280	3,88	4,83	5,64	6,44		8,05			
300	4,16	5,18	6,04	6,90		8,63			
315		5,44	6,34	7,24		9,06			
355		6,13	7,15	8,18		10,21			
400		6,91	8,06	9,21		11,51			
450		7,77	9,07	10,36		12,96			
500		8,62	10,08	11,51		14,40	18,34		
560		9,66	11,29	12,90		16,13	20,55		
600		10,36	12,10	13,82		17,28	22,02		
630		10,88	12,70	14,52		18,14	23,13		
710		12,25	14,31	16,36	18,41	20,45	25,06		
800		13,82	16,10	18,44	20,75	23,05	29,37		
900			18,12	20,72	23,33	25,93	33,04	39,65	52,91
1.000			20,16	23,02	25,92	28,81	36,72	44,07	58,76
1.120				25,80	29,03	32,25	41,12	49,35	65,80
1.200				27,64	31,10	34,56	44,06	52,58	70,11
1.250				28,80	32,40	36,00	45,90	55,08	73,44
1.300				30,20	34,23	38,25	47,75	57,30	76,40
1.400				32,50	36,55	40,60	51,44	61,73	82,31
1.500				34,80	39,15	43,50	55,11	66,14	88,19
1.600				37,12	41,76	46,40	58,80	70,56	94,08
1.800						52,20	66,13	79,36	97,81
2.000						58,00	73,50	88,20	117,60
2.200									129,36
2.500									161,70



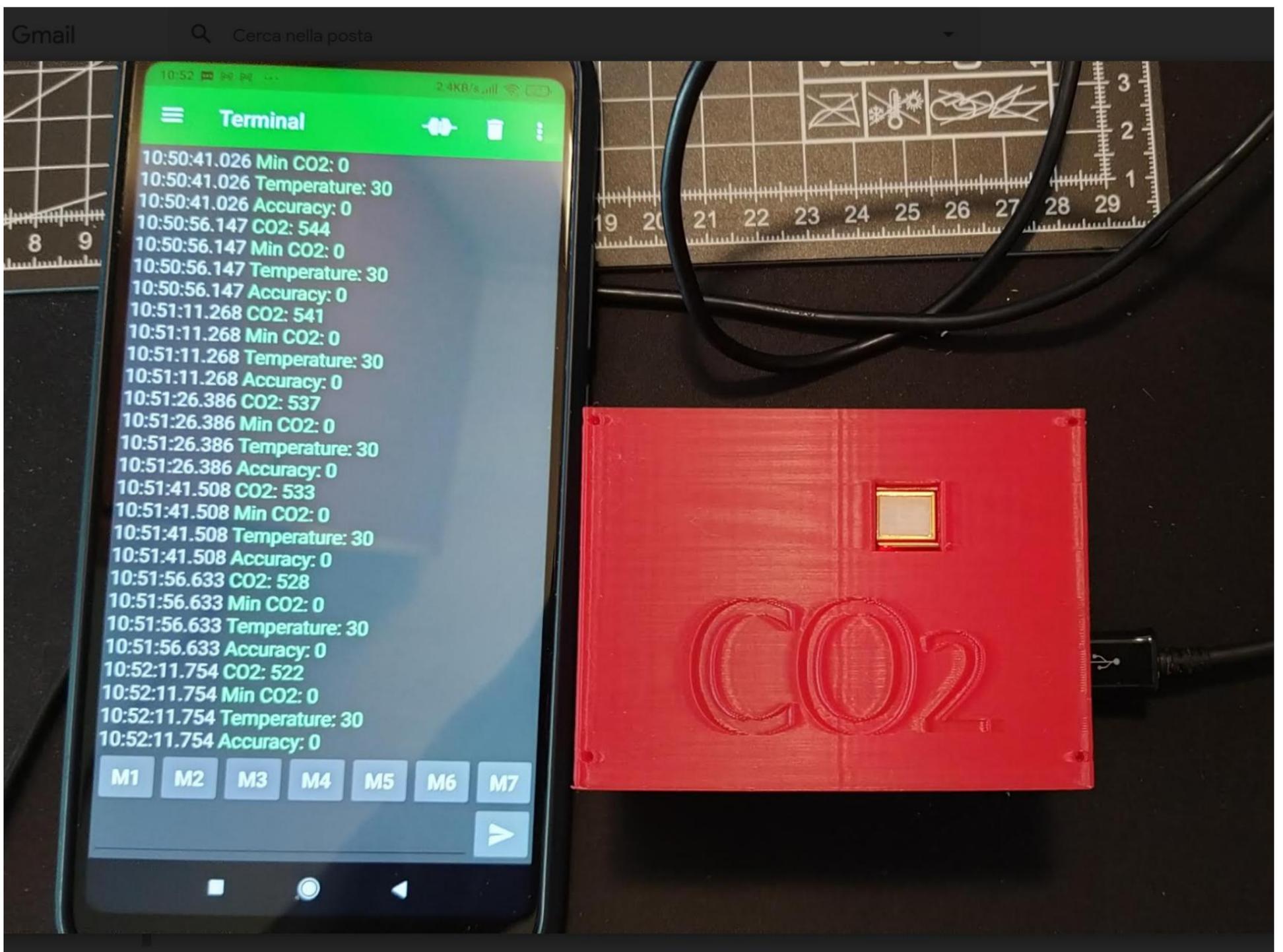
# LUNGHEZZE CANALI ARIA VMC (VENTILAZIONE MECCANICA)



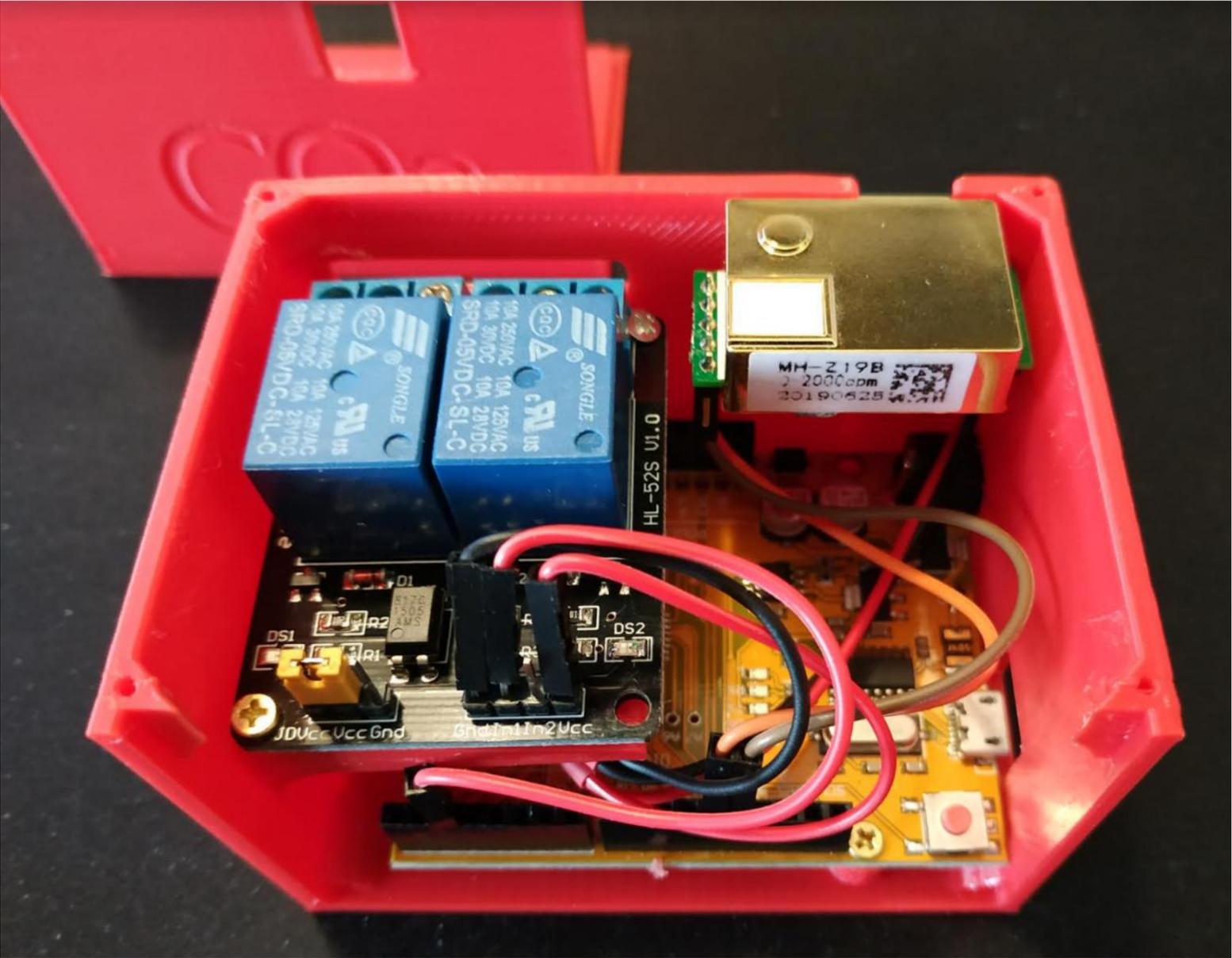
## PROTOTIPO SISTEMA MONITORAGGIO CO<sub>2</sub> V.1.0

Il sistema utilizza un sensore di CO<sub>2</sub> MHZ 19B caratterizzato da una buona precisione e stabilità nel tempo. Il sensore è gestito da una scheda Arduino UNO con modulo bluetooth per consentire la visualizzazione dei dati di temperatura e umidità tramite smartphone.

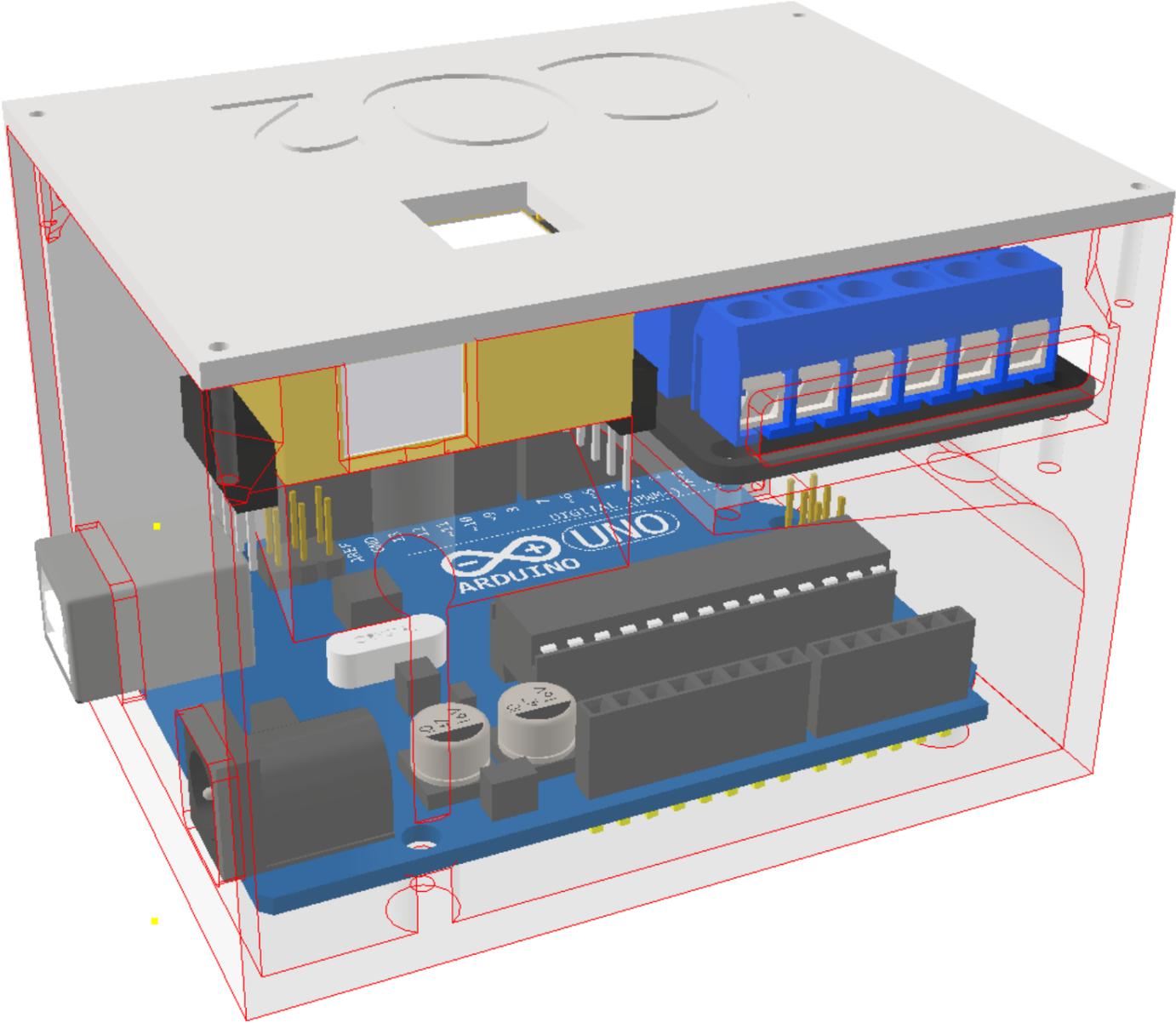
Sono presenti due uscite RELE 220V – 10° che possono essere usate per controllare un eventuale sistema di ventilazione VMC o per segnalare situazioni critiche.



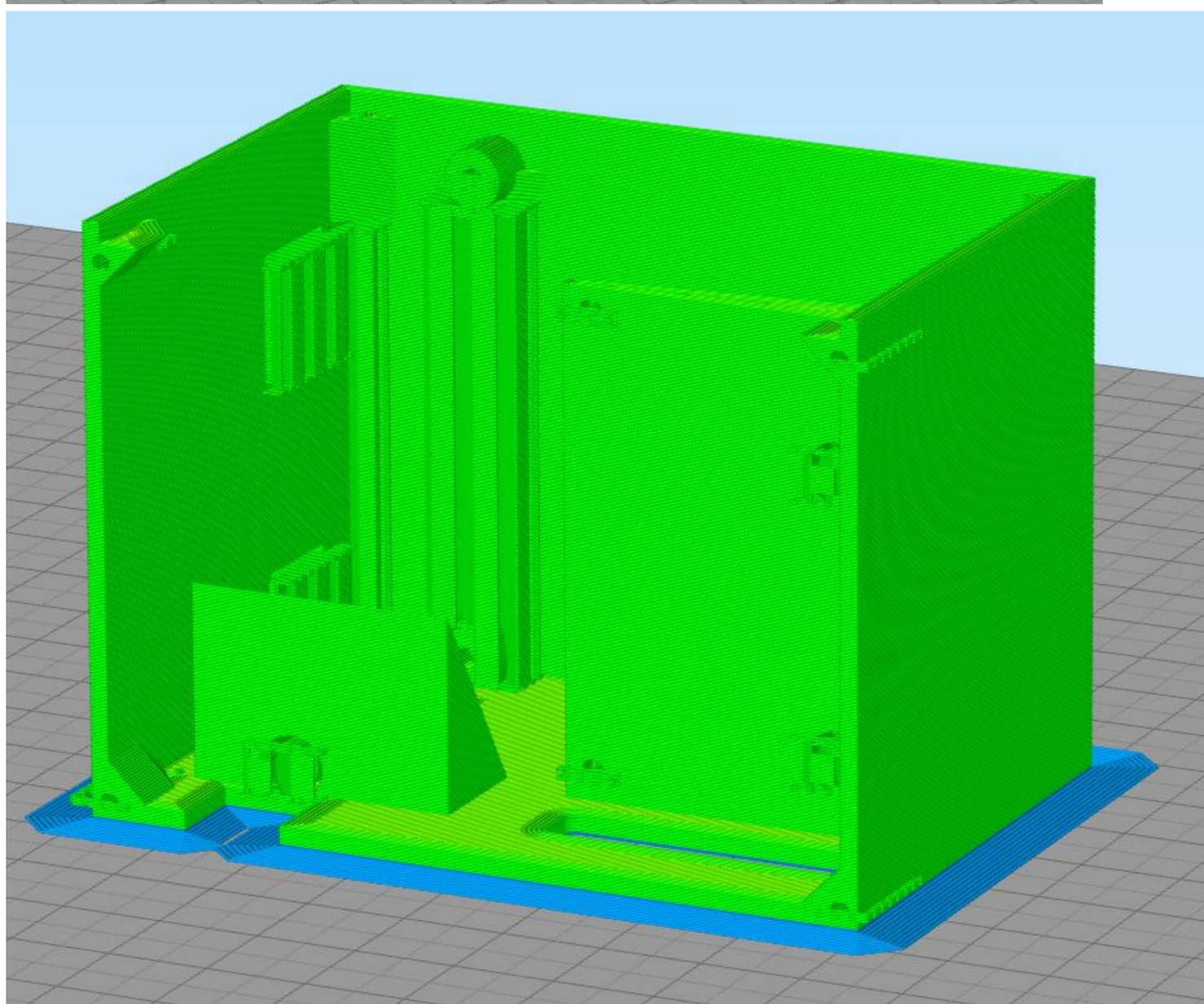
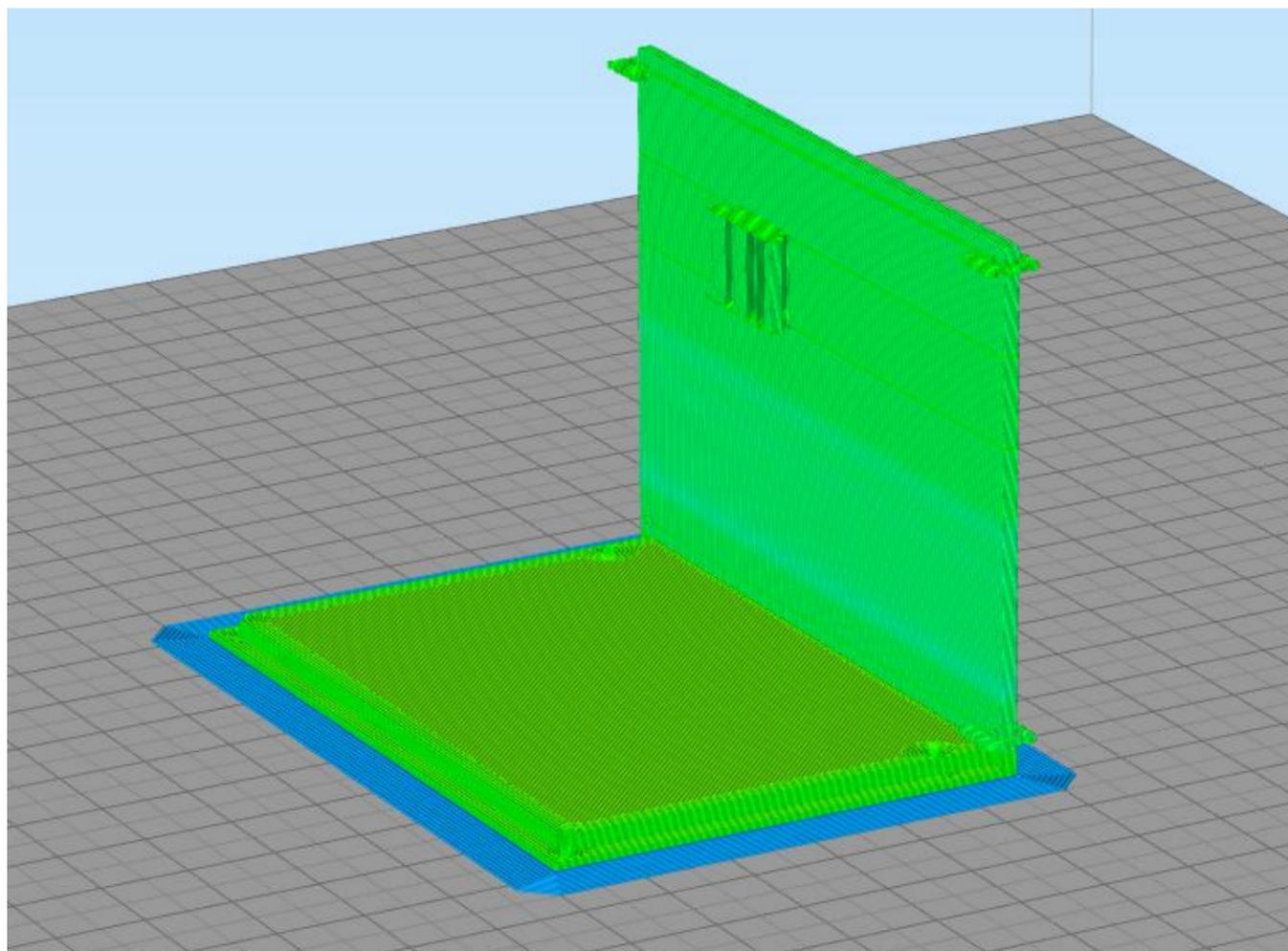
# INTERNO SISTEMA MONITORAGGIO CO<sub>2</sub> V.1.0



# MODELLO 3D DEL CONTENITORE



## ANTEPRIMA STAMPA MODELLO 3D



MATERIALE PLA

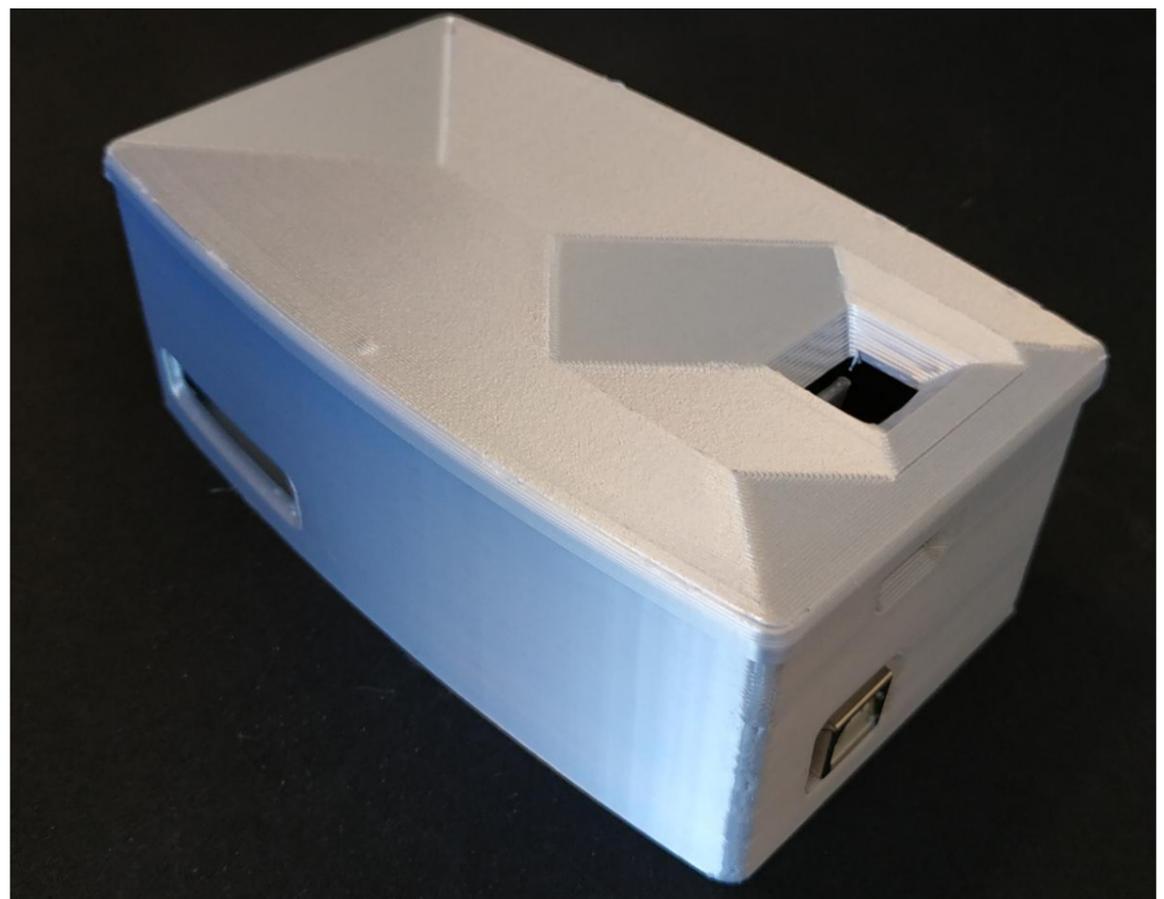
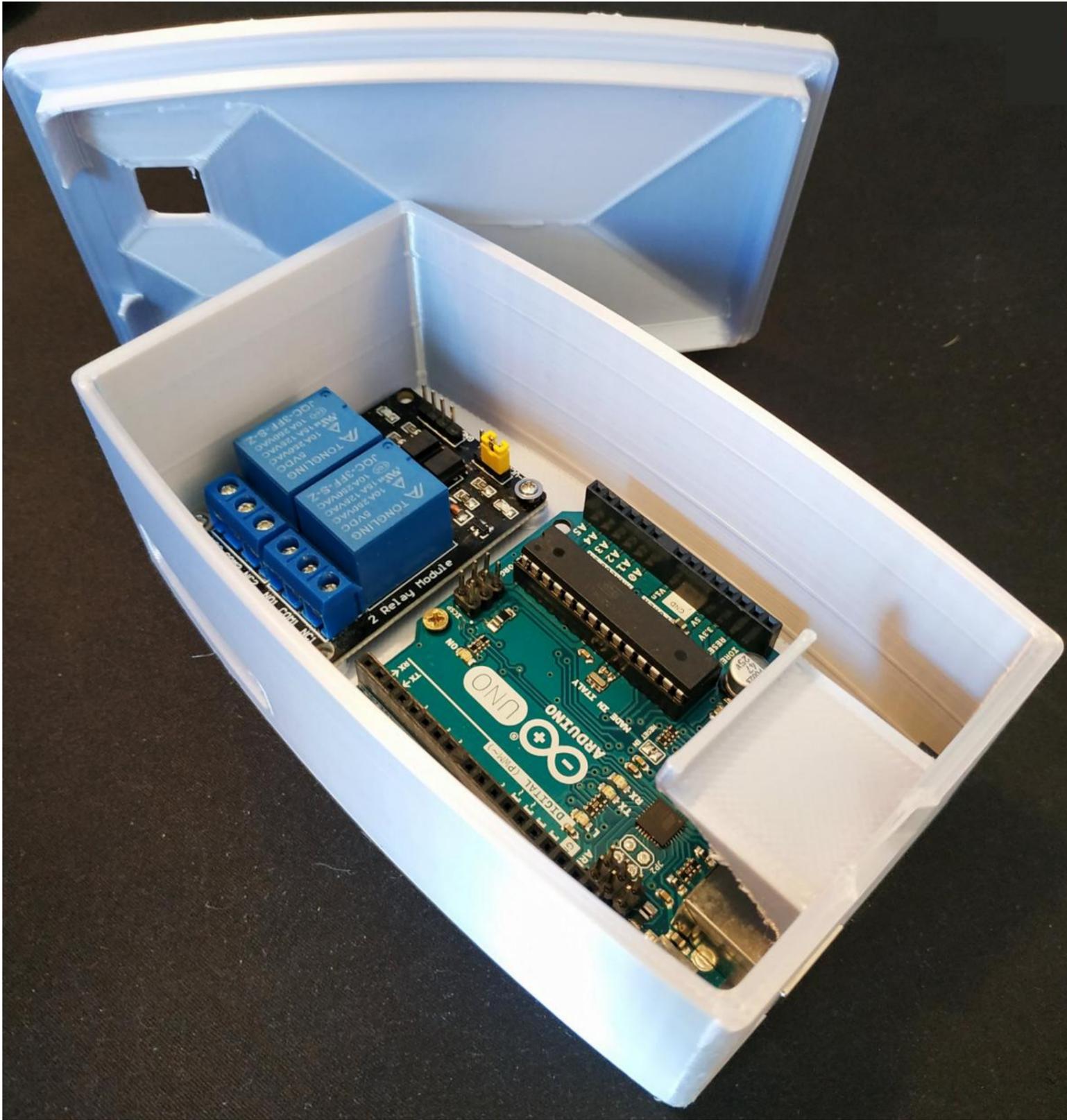
LAYER 0,2 mm

VELOCITA' STAMPA 60mm/min

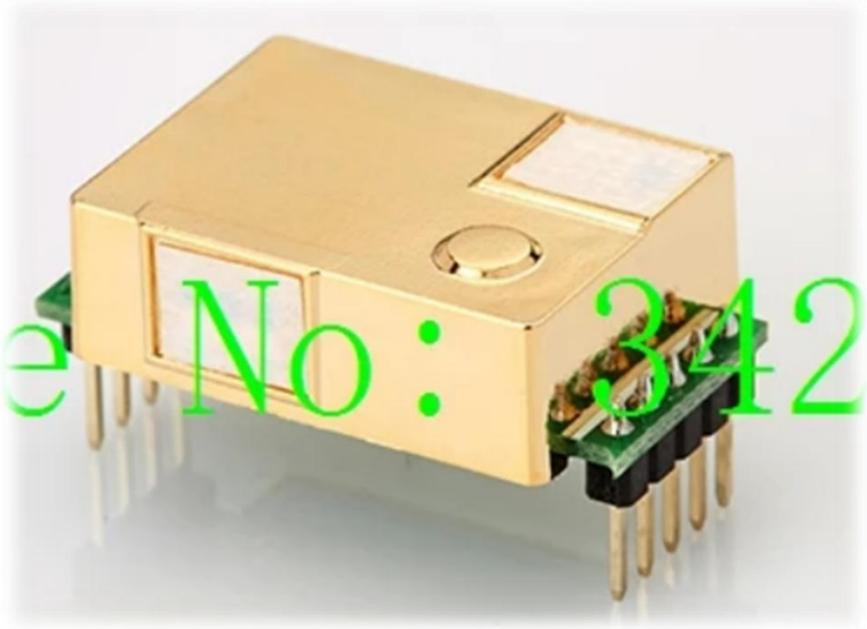
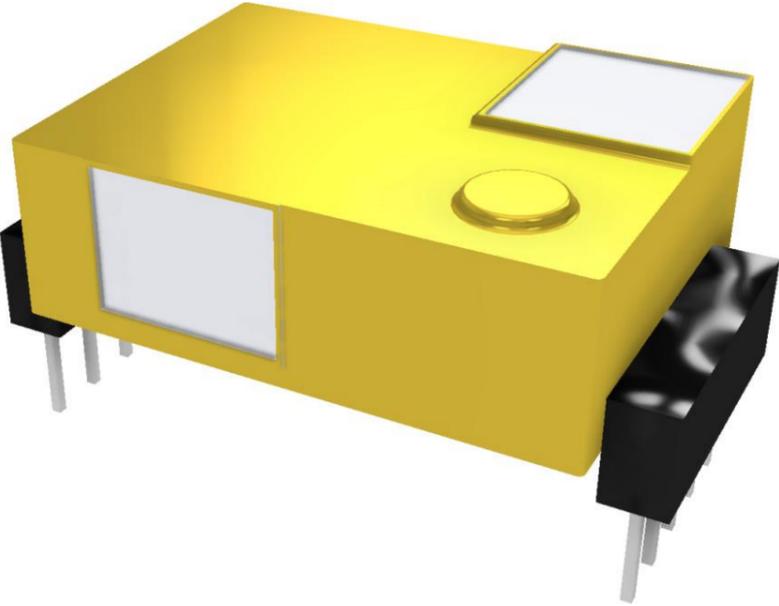
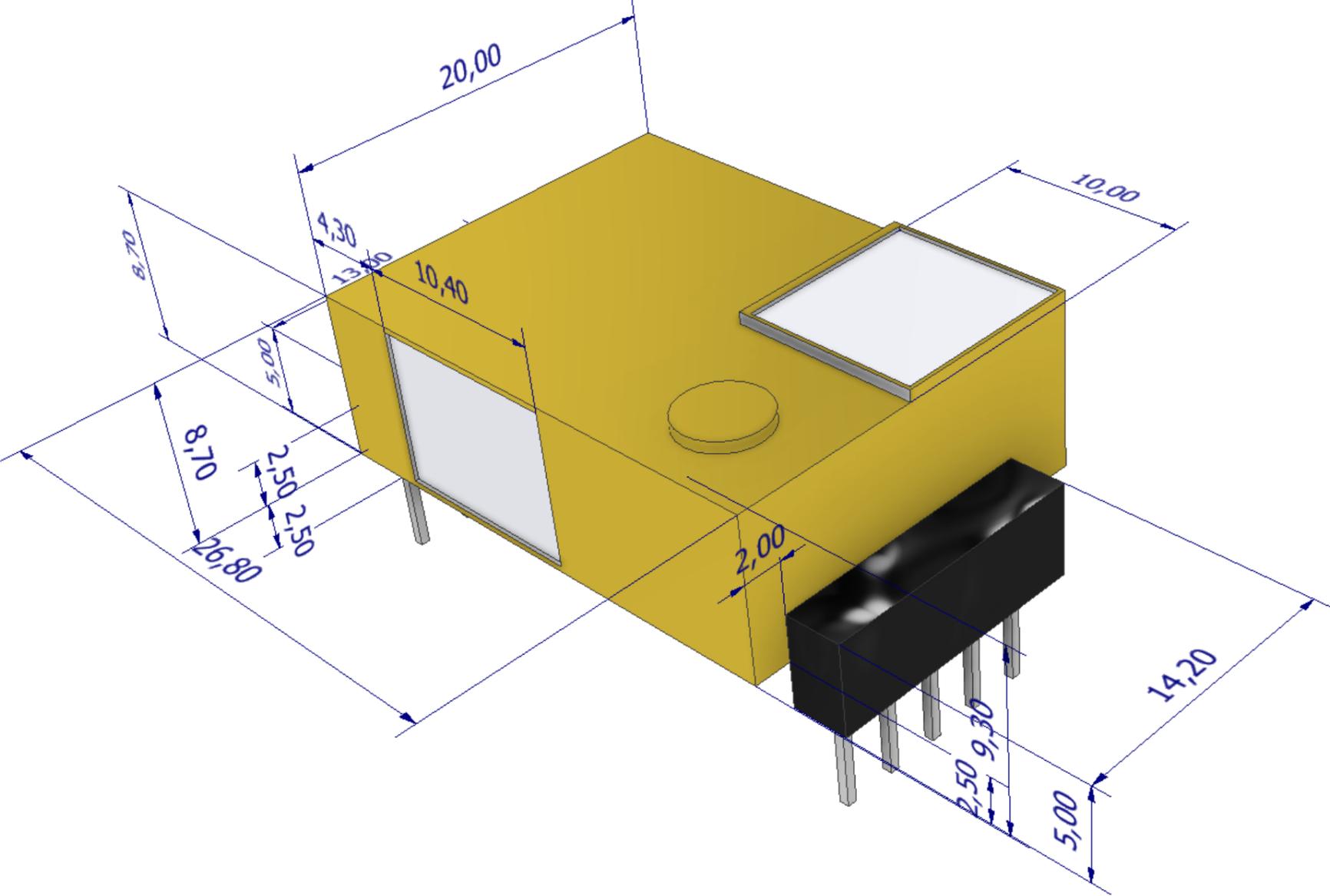
SUPPORTI ABILITATI (presenti in misura ridotta e facilmente rimovibili)

TEMPO COMPLESSIVO DI STAMPA 5 ore

## ALTRO PROTOTIPO STAMPATO



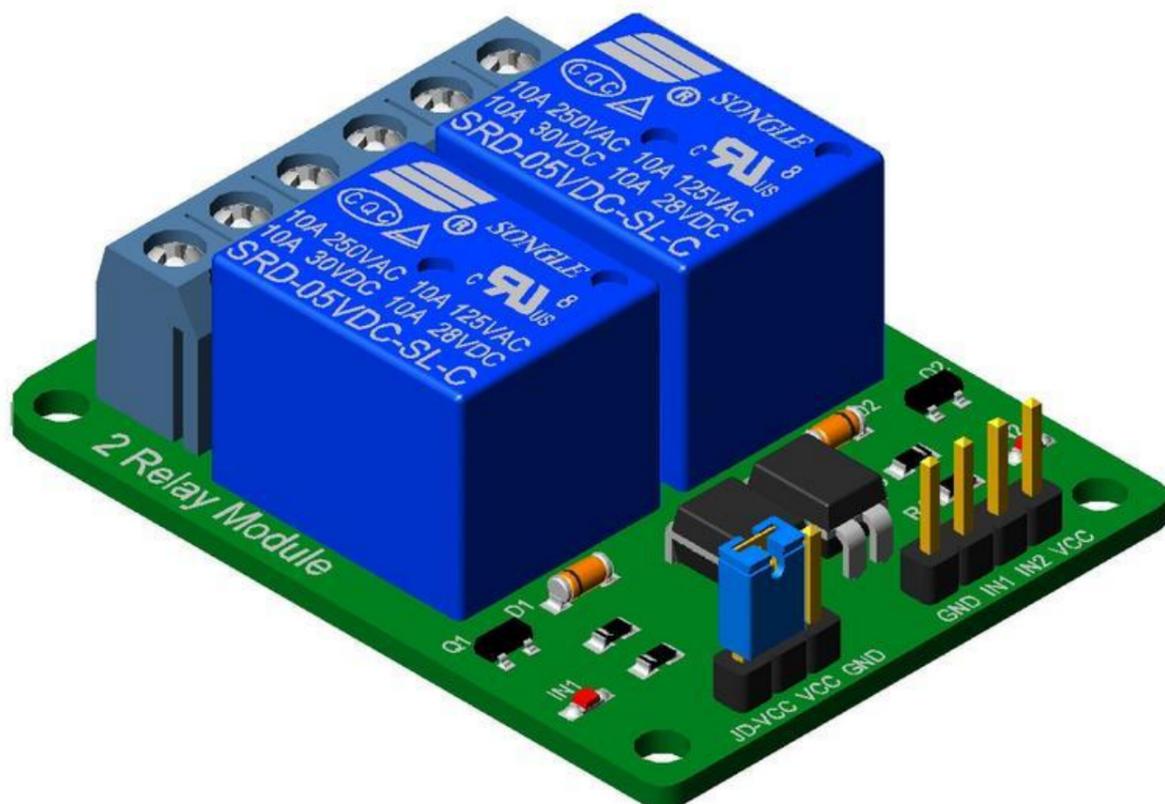
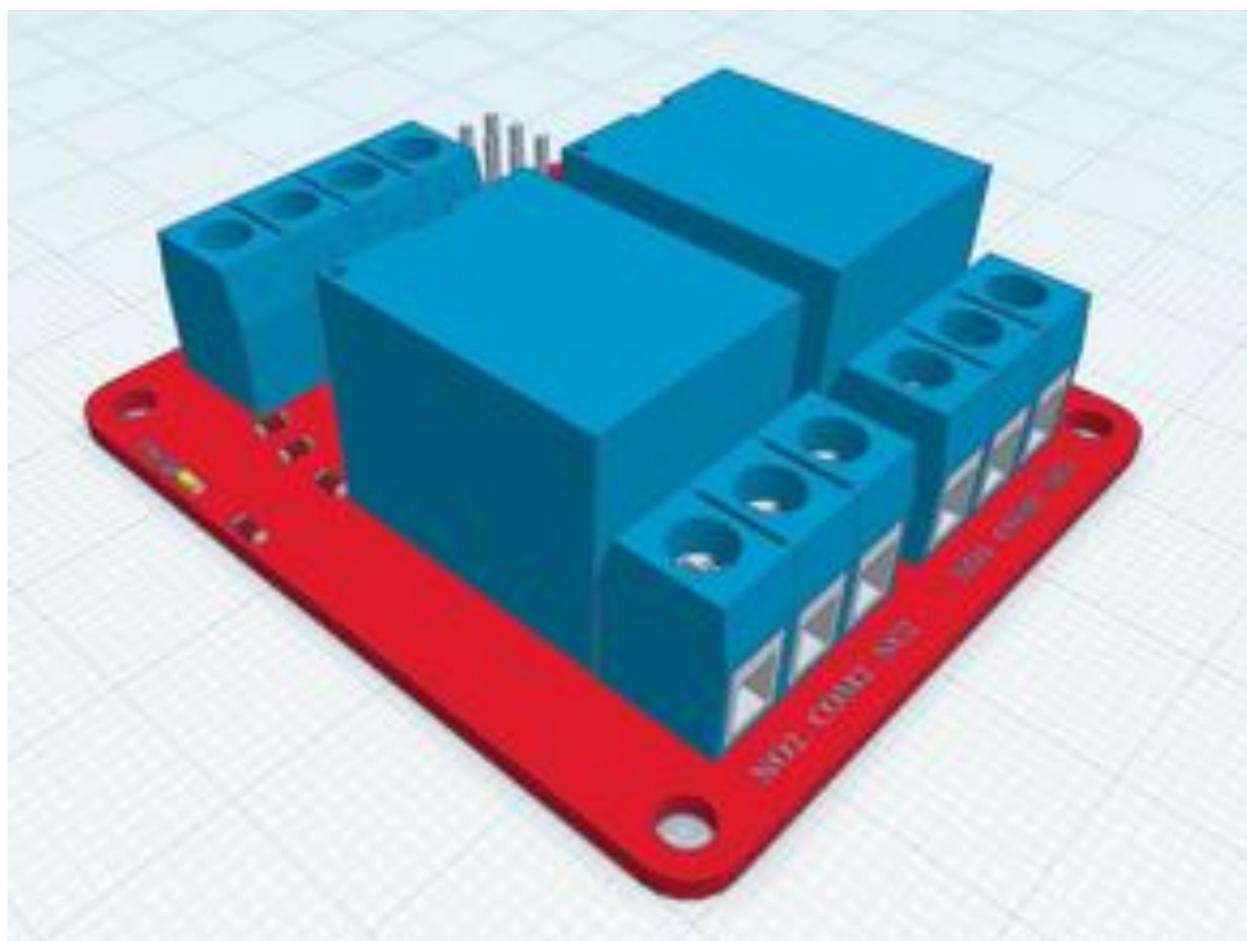
# MODELLO 3D DEL SENSORE CO<sub>2</sub> MH Z19B



## MODELLO 3D SHIELD RELE' 2 CANALI

Tramite i due relè si potrà comandare

- l'accensione e lo spegnimento di una VMC
- una luce di sicurezza esterna che indica il superamento del limite di CO2 presente in ambiente



## PROTOTIPO SISTEMA MONITORAGGIO CO<sub>2</sub> V.2.0

Questa versione mini (35x25x40 mm) utilizza come sistema di controllo un processore ESP32 dotato di connettività wiifi e bluetooth nativa.

Non è prevista la presenza di relè per attivare macchine esterne ma di un LED o un piccolo buzzer per avvisare il superamento dei limiti di CO<sub>2</sub> previsti.

L'impiego più adatto è quello nelle aule o nei laboratori scolastici in modo da procedere ad un ricambio di aria "aprendo le finestre" solo quando è necessario senza sprecare calore.

