

PARTE 3

APPROFONDIMENTI

CAPITOLO 7: IL PROGETTO STRUTTURALE

CAPITOLO 8: IL PROGETTO ENERGETICO/IMPIANTISTICO

.....
Si riportano i calcoli strutturali relativi all'adeguamento sismico dell'edificio, partendo dall'analisi dei carichi e procedendo al dimensionamento dei controventi e della piastra di appoggio del piano sopraelevato, per poi dimensionare i volumi additivi e le sue connessioni con i controventi.

Si approfondisce infine il progetto degli impianti termici relativi alle tre parti in cui è suddiviso l'edificio, appartamenti, uffici e sopraelevazione con particolare attenzione all'utilizzo di fonti rinnovabili e all'economicità delle soluzioni adottate, sia per il periodo invernale che per quello estivo.
.....

7. IL PROGETTO STRUTTURALE

7.1 PREMESSA

Analisi della struttura
esistente

In un progetto di recupero e riqualificazione di un edificio esistente è necessario effettuare analisi sugli elementi strutturali esistenti al fine di verificarne la stabilità e la conformità alle attuali normative a riguardo. Il processo può risultare complesso nel caso in cui non si disponga di disegni tecnici relativi alle strutture, alle dimensioni, alle armature.

Il caso in esame presenta proprio questa problematica: non sono presenti disegni tecnici riguardanti gli elementi strutturali, con dimensioni e posizione delle armature all'interno del calcestruzzo. Il sistema prefabbricato pesante, poi, rende ancora più complessa l'analisi, poiché è difficile stabilire "a tavolino" quanta parte dei carichi verticali possa essere sopportata dai pannelli in forati e calcestruzzo, e quanto invece questi siano dei semplici tamponamenti.

A favore di sicurezza si è scelto di definire una maglia strutturale "classica", ovvero una struttura di elevazione verticale a travi e pilastri in calcestruzzo. Si è dunque semplificata la struttura a pannelli prefabbricati e giunti di connessione in calcestruzzo, riconducendo i giunti a travi e pilastri e sgravando i pannelli da qualsiasi funzione portante. Per quanto riguarda l'armatura si è ipotizzato il minimo di 4 ferri per pilastro, senza considerare il contributo dei cavi d'acciaio pretesi. Questa ipotesi, come detto, è a favore di sicurezza, ovvero decisamente penalizzante per la struttura esistente. Tuttavia, se tale conformazione così penalizzata risultasse adatta a soddisfare le verifiche, si avrebbe la certezza che anche la struttura reale resisterebbe alle sollecitazioni a cui è sottoposta.

Le necessità strutturali

Definita in modo verosimile la struttura dell'edificio esistente ci si è concentrati sulle necessità strutturali che esso presentava. Il primo elemento considerato è stato l'assenza di controventi, quindi la non conformità alle normative vigenti riguardanti l'aspetto antisismico. Un secondo aspetto, dovuto agli interventi progettuali, è quello riferito alla struttura dei nuovi elementi di facciata e di copertura che si andranno ad aggiungere.

La logica additiva per
le strutture

La logica di intervento strutturale è simile a quella adottata per tutti gli interventi: una logica additiva perimetrale, ovvero un'aggiunta di elementi indipendenti da quelli esistenti, che possano però aiutare quelli esistenti nel loro compito di resistenza alle sollecitazioni e sgravarli, ove possibile, da parte dei carichi a cui sono soggetti. I nuovi elementi avranno funzione di controvento, di struttura di elevazione verticale per i volumi additivi e di struttura di elevazione orizzontale per la sopraelevazione. Rispetto alla situazione esistente, quindi, l'edificio non verrà ulteriormente caricato, e anzi sarà sgravato del peso dell'attuale copertura, che verrà sostituita dalla sopraelevazione che graverà sulla nuova struttura.

Il processo di analisi strutturale si è quindi sviluppato secondo questi passaggi:

- Analisi dei carichi esistenti e dei carichi di progetto
- Struttura esistente: definizione della struttura e verifica degli elementi strutturali
- Nuovi elementi strutturali: la logica additiva e la prefabbricazione

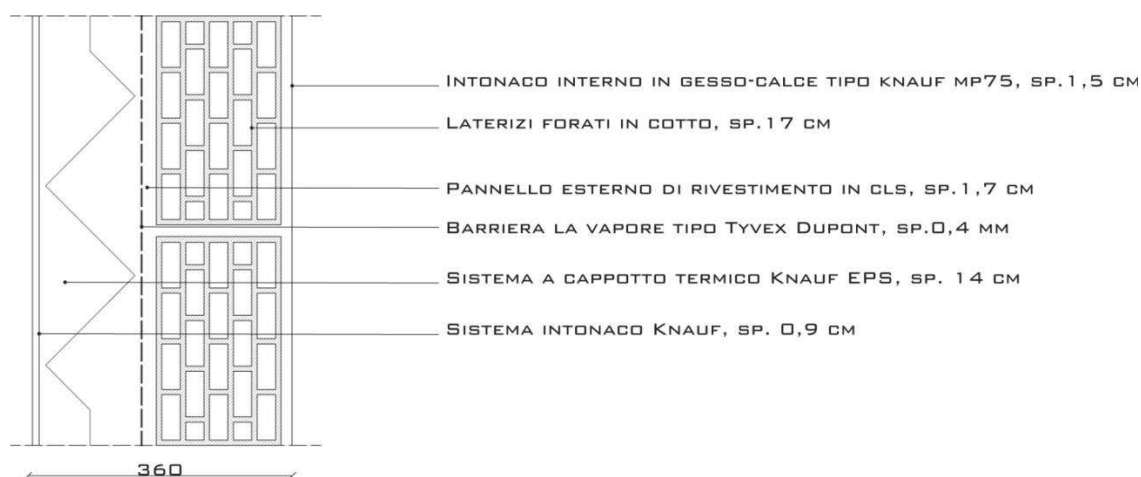
- Dimensionamento e verifica dei nuovi elementi strutturali: i nuclei di controvento, la struttura dei volumi additivi e la piastra di copertura

7.2 ANALISI DEI CARICHI

7.2.1 Carichi permanenti (G)

- Chiusura verticale opaca
CV.01: chiusura esistente con cappotto termico

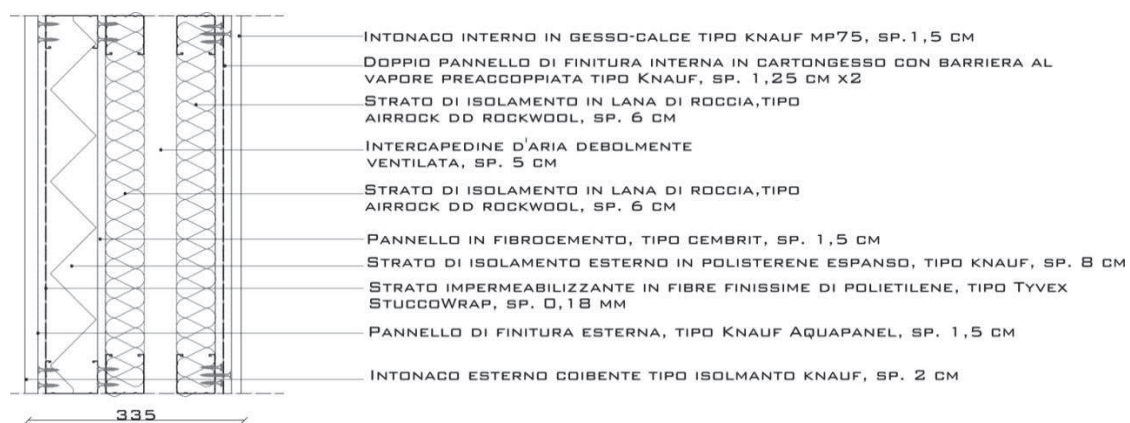
Strato	Spessore [cm]	Peso [kN/m ³]	Peso [kN/m ²]
Intonaco in calce di gesso	1,500		0,300
Strato di isolamento in polistirene espanso	14,000	0,196	0,027
Strato di cemento	1,700	17,640	0,300
Laterizi forati in cotto	17,000	11,760	1,999
Intonaco in calce di gesso	1,500		0,300
			2,927



$$G_{1,1} = 2,927 \text{ kN/m}^2$$

- *Chiusura verticale opaca*
CV.03: chiusura opaca a secco dei volumi additivi

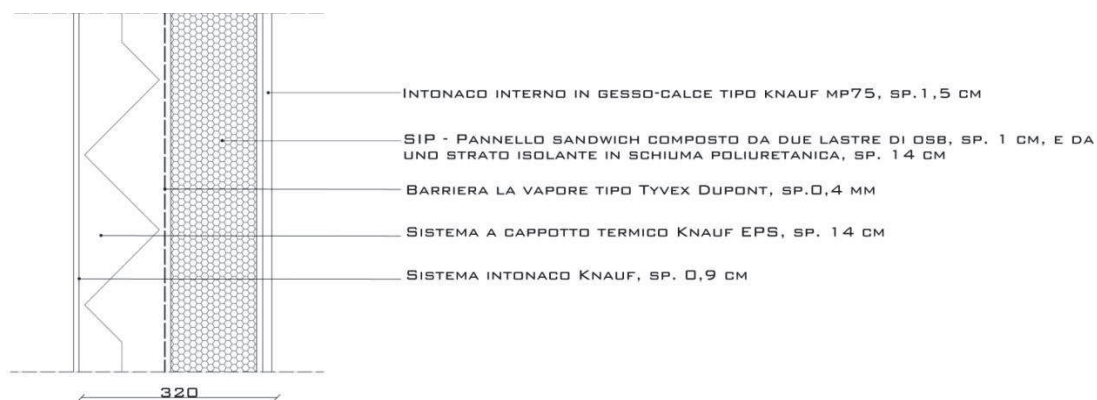
Strato	Spessore [cm]	Peso [kN/m ³]	Peso [kN/m ²]
Intonaco in calce di gesso	1,500		0,300
Knauf Aquapanel	1,500		0,170
Strato di isolamento in polistirene espanso	8,000	0,196	0,016
Pannello in fibrocemento	1,500		0,170
Lana di roccia	12,000	0,294	0,035
Pannello di finitura interna	1,500		0,170
Pannello di finitura interna	1,500		0,170
Intonaco in calce di gesso	1,500		0,300
			1,331



$$G_{1,2} = 1,331 \text{ kN/m}^2$$

- *Chiusura verticale opaca*
CV.04: chiusura a pannelli sandwich per la sopraelevazione

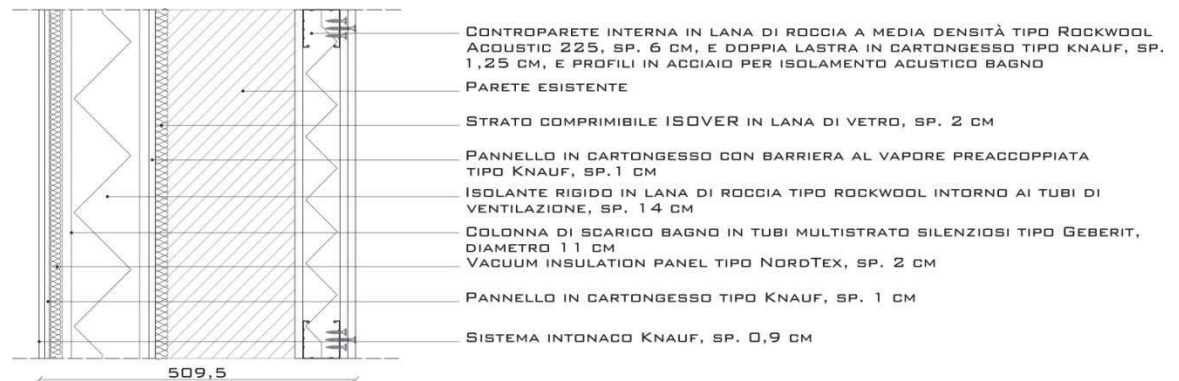
Strato	spessore [cm]	Peso [kN/m ³]	Peso [kN/m ²]
Intonaco in calce di gesso	1,500		0,300
OSB	1,000	6,370	0,064
Strato di isolamento in polistirene espanso	14,000	0,294	0,041
OSB	1,000	6,370	0,064
Strato di isolamento in polistirene espanso	10,000	0,294	0,029
Knauf Aquapanel	1,500		0,170
Intonaco in calce di gesso	1,500		0,300
			0,668



$$G_{1,3} = 0,668 \text{ kN/m}^2$$

- *Chiusura verticale opaca*
CV.05: chiusura opaca con intercapedine per il passaggio degli impianti

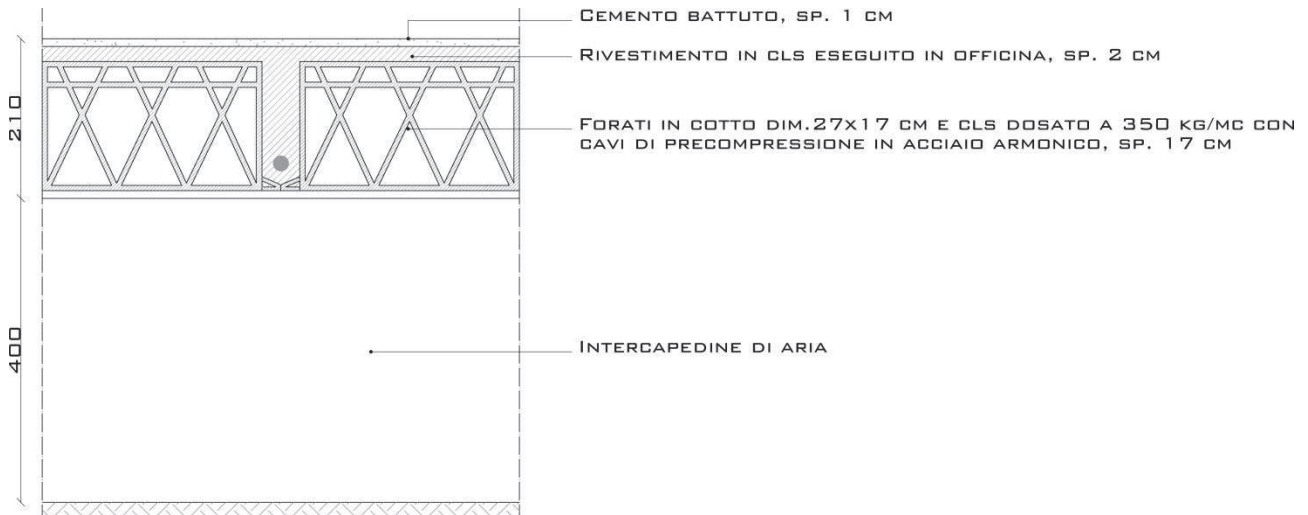
Strato	spessore [cm]	Peso [kN/m ³]	Peso [kN/m ²]
Intonaco in calce di gesso	1,500		0,300
Lastra in cartongesso	1,000		0,170
VIP - Vacuum Insulated Panel	2,000	0,000	0,000
Struttura in legno			0,140
Strato di isolamento in polistirene espanso	10,000	0,294	0,029
Pannello in cartongesso GKF	1,000		0,170
Strato di livellamento in lana di vetro	2,000	0,294	0,006
Strato di isolamento in polistirene espanso	14,000	0,196	0,027
Strato di cemento	1,700	17,640	0,300
Laterizi forati in cotto	17,000	11,760	1,999
Intonaco in calce di gesso	1,500		0,300
			3,442



$$G_{1,4} = 3,442 \text{ kN/m}^2$$

- *Chiusura orizzontale*
CO.01: *chiusura orizzontale controterra*

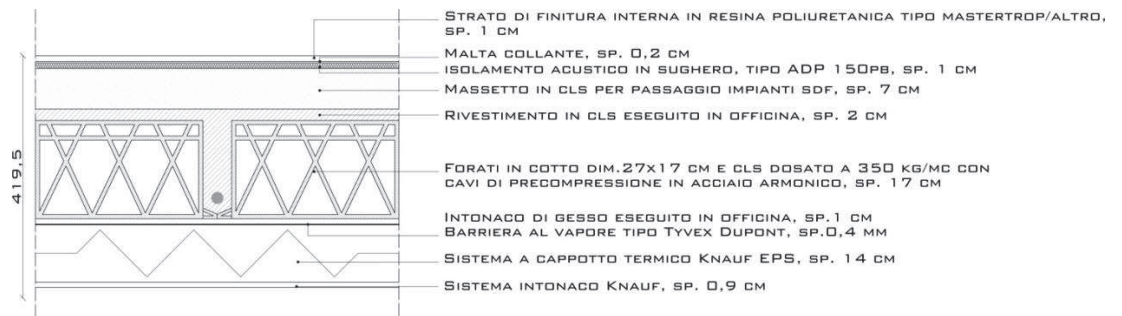
Strato	spessore [cm]	Peso [kN/m ³]	Peso [kN/m ²]
Laterizi forati in cotto	17,000	11,760	1,999
Strato di cls	2,000	17,640	0,353
Strato di cemento battuto	1,700	17,640	0,300
			2,652



$$G_{1,5} = 2,652 \text{ kN/m}^2$$

- *Chiusura orizzontale*
CO.02: *chiusura orizzontale su spazi non riscaldati*

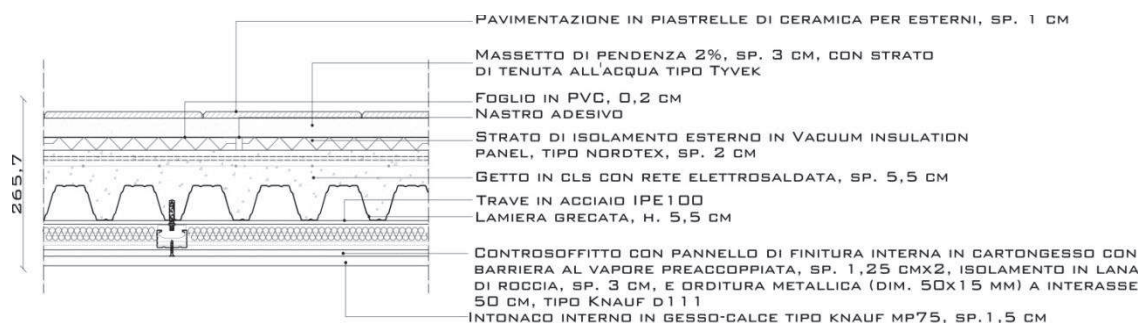
Strato	spessore [cm]	Peso [kN/m ³]	Peso [kN/m ²]
Laterizi forati in cotto	17,000	11,760	1,999
Strato di cls	2,000	17,640	0,353
Strato di isolamento in polistirene espanso	10,000	0,196	0,020
Pavilastre Knauf	3,000		0,510
Rivestimento in resina	1,000	14,700	0,147
			3,029



$$G_{1,6} = 3,029 \text{ kN/m}^2$$

- *Chiusura orizzontale*
CO.03: *copertura volumi additivi*

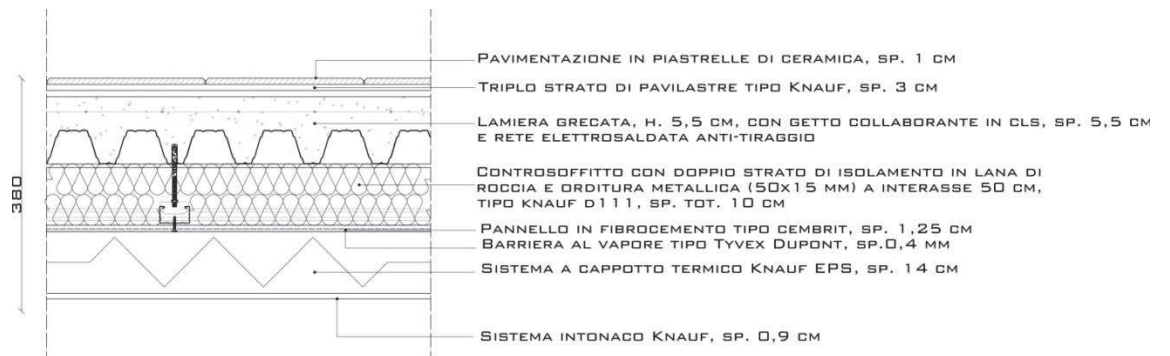
Strato	spessore [cm]	Peso [kN/m ³]	Peso [kN/m ²]
Intonaco di gesso puro	1,500		0,300
Lastra in cartongesso	1,500		0,170
Barriera al vapore in foglio di alluminio	0,010		0,000
Lastra in cartongesso	1,500		0,170
Lana di roccia	3,000	0,294	0,009
Lamiera grecata	0,100		0,077
Getto collaborante	3,000	17,640	0,529
VIP	4,000	0,196	0,008
Massetto in cemento	3,000	17,640	0,529
Rivestimento in legno	1,500	8,330	0,125
			1,917



$$G_{1,7} = 1,917 \text{ kN/m}^2$$

- Chiusura orizzontale
CO.04: solaio volumi additivi

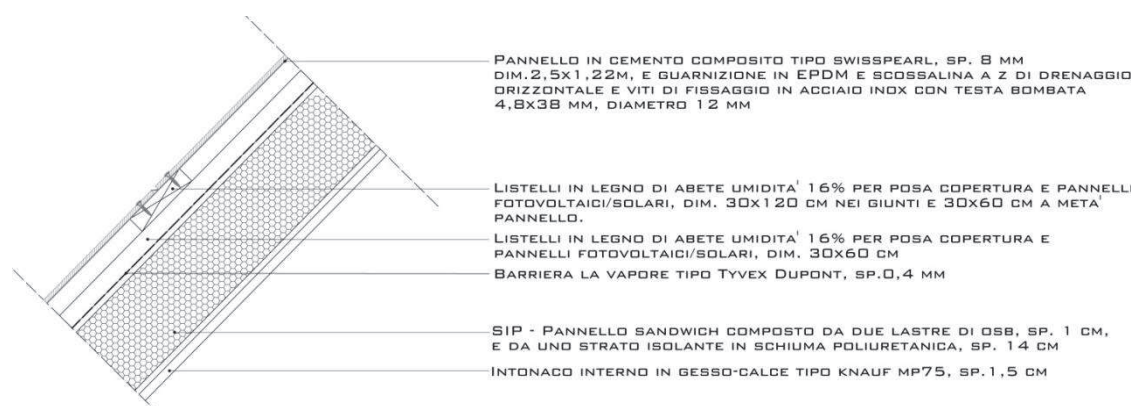
Strato	spessore [cm]	Peso [kN/m ³]	Peso [kN/m ²]
Rivestimento in legno	1,500	8,330	0,125
Massetto in cemento	3,000	17,640	0,529
Getto collaborante	3,000	17,640	0,529
Lamiera grecata	0,100		0,077
Lana di roccia	10,000	0,294	0,029
Pannello in fibrocemento	1,500		0,170
Strato di isolamento in polistirene espanso	10,000	0,196	0,020
Knauf Aquapanel	1,500		0,170
Intonaco in calce di gesso	1,500		0,300
			1,649



$$G_{1,8} = 1,649 \text{ kN/m}^2$$

- *Chiusura orizzontale*
CO.05: *copertura sopraelevazione*

Strato	spessore [cm]	Peso [kN/m ³]	Peso [kN/m ²]
Intonaco in calce di gesso	1,500		0,300
OSB	1,000	6,370	0,064
Strato di isolamento in polistirene espanso	14,000	0,294	0,041
OSB	1,000	6,370	0,064
Strato di isolamento in polistirene espanso	10,000	0,294	0,029
Knauf Aquapanel	1,500		0,170
Intonaco in calce di gesso	1,500		0,300
			0,668



$$G_{1,9} = 0,668 \text{ kN/m}^2$$

7.3 LA STRUTTURA ESISTENTE

Lo schema strutturale attuale

La struttura prefabbricata pesante a pannelli e giunti di calcestruzzo, ed in particolare il sistema "Fiorio" utilizzato per questo edificio, non garantiscono una completa conoscenza dello stato di fatto. I giunti in calcestruzzo sono gli elementi principali, mentre i pannelli in forati e calcestruzzo aiutano i giunti nel portare i carichi verticali. Non si hanno informazioni certe sull'armatura presente nei giunti verticali ed orizzontali, né sulle dimensioni effettive degli stessi giunti. Inoltre è di difficile studio il comportamento del calcestruzzo data la presenza di cavi in acciaio pretesi che corrono da un lato all'altro dell'edificio. La loro funzione è quella di precomprimere il calcestruzzo, in modo da limitare il più possibile che esso lavori in trazione, dato che la resistenza di tale materiale a trazione è molto limitata. Questo aiuta sicuramente la resistenza complessiva della struttura, ma è difficile, non conoscendo le dimensioni né il valore di pretensione dei cavi, stabilire quanto beneficio ne possa ricavare il calcestruzzo.

La semplificazione in favore di sicurezza

Date le poche informazioni reperite a riguardo, si è scelto di studiare la struttura esistente a favore di sicurezza, quindi semplificandone lo schema statico e trascurando alcuni elementi irrigidenti come i cavi. Ne consegue quindi che l'edificio può essere visto come un tradizionale fabbricato con travi e pilastri in calcestruzzo, armati "al minimo" (4 ferri $\phi 16$) e collegati tra loro mediante incastri. Il passo della maglia strutturale è quello dei giunti, poiché sono proprio i giunti che vengono considerati come tradizionali pilastri.

Secondo questo schema statico si sono effettuate le verifiche sulla struttura esistente. Come detto, tutto il processo deve tener conto del fatto che la struttura è stata semplificata a favore di sicurezza, quasi fosse stata indebolita, proprio per evitare di sovrastimare la capacità portante allo stato attuale. Inoltre, nell'ipotesi di inserire nuovi elementi di controventatura, le analisi sullo stato di fatto si limiteranno alle verifiche di compressione verticale, poiché la struttura esistente dovrà resistere solo a forze verticali e non a quelle orizzontali di vento e sisma.

I giunti (e quindi i pilastri nello schema statico definito) hanno dimensione 30x30 cm, con quattro ferri di armatura di diametro 16 mm.

Per il procedimento di verifica degli elementi si è fatto riferimento a quanto esposto nel documento *Norme Tecniche per le Costruzioni* del 2008.

7.3.1 Definizione delle forze verticali agenti

Si è scelto di verificare la resistenza di un pilastro tipo, dal momento che i passi della maglia strutturale sono piuttosto simili e dunque nessun pilastro risulta più sollecitato di altri in modo significativo.

Area di influenza del pilastro

Per prima cosa si è definita l'area di influenza del pilastro, ovvero la porzione di solaio che graverà su di esso. Tale area è quella compresa tra gli interassi con i pilastri circostanti:

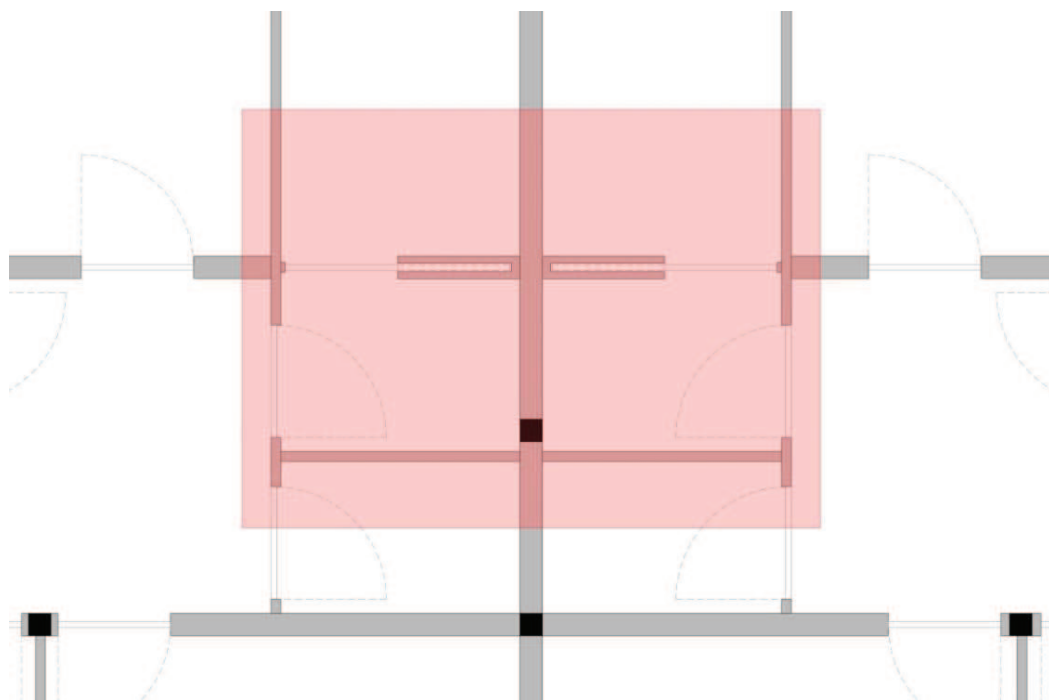


Figura 1: definizione dell'area di influenza del pilastro, autore tesi

L'area di influenza del pilastro è pari a $9,8 \text{ m}^2$. Questa deve poi essere moltiplicata per un coefficiente di iperstaticità pari a $1,4$, per cui l'area effettiva sarà:

$$A = 9,8 \text{ m}^2 \times 1,4 = 13,72 \text{ m}^2$$

Nota l'area di influenza, si possono definire le forze verticali agenti sul pilastro, date dai pesi delle stratigrafie che insistono sul pilastro (ovvero i solai), detti carichi permanenti Q_K , moltiplicati per l'area di influenza. Ad essi vanno poi sommati i carichi variabili G_K , il cui valore, ricavabile dalla normativa, dipende dalla destinazione d'uso del locale in questione. Nel caso di abitazioni, il valore dei carichi variabili è di 2 kN/m^2 .

Analisi dei carichi verticali agenti

Il pilastro in questione è interessato dal carico proveniente dai solai di ciascun piano, nell'area di influenza definita in precedenza, e dai carichi variabili; il valore del carico è quindi uguale per ogni piano. Noto il peso del solaio pari a $3,71 \text{ kN/m}^2$, si possono definire le forze verticali agenti, ricordando che i carichi variabili vanno moltiplicati per un coefficiente definito come:

$$\alpha_A = 0,5 + 10/A < 1, \text{ altrimenti } \alpha_A = 1$$

e nel caso in esame $\alpha_A = 1,23$, quindi verrà considerato $\alpha_A = 1$.

I carichi risultano quindi i seguenti:

$$Q_K = 3,71 \text{ kN/m}^2 \times 13,72 \text{ m}^2 = 50,90 \text{ kN}$$

$$G_K = 2 \text{ kN/m}^2 \times 13,72 \text{ m}^2 \times \alpha_A = 27,44 \text{ kN}$$

$$F_K = Q_K + G_K = 78,34 \text{ kN}$$

A ciascun piano il pilastro sarà soggetto al carico proveniente dal solaio del piano stesso, a cui vanno sommati i carichi dei solai dei piani superiori. I carichi vanno inoltre moltiplicati per un coefficiente di sicurezza γ_f :

$$\gamma_f = (\gamma_Q \times Q_k + \gamma_G \times G_k) / (Q_k + G_k) = 1,43$$

da cui:

	FK [kN]	N [kN]	Ned [kN]
PIANO 10	78,34	78,34	112,02
PIANO 9	78,34	156,68	224,05
PIANO 8	78,34	235,02	336,07
PIANO 7	78,34	313,36	448,10
PIANO 6	78,34	391,71	560,12
PIANO 5	78,34	470,05	672,14
PIANO 4	78,34	548,39	784,17
PIANO 3	78,34	626,73	896,19
PIANO 2	78,34	705,07	1008,21
PIANO 1	78,34	783,41	1120,24
PIANO TERRA	78,34	861,75	1232,26

Dove:

$$N = \sum F_k$$

$$N_{ed} = N \times \gamma_f$$

Si è evidenziato il valore del carico massimo, quello al piano terra, a partire dal quale si farà la verifica del pilastro.

7.3.2 Caratteristiche dei materiali

Le caratteristiche
meccaniche

I materiali in oggetto che determinano la resistenza del pilastro sono calcestruzzo (giunto) e acciaio (armatura). Per il calcestruzzo, non avendo informazioni certe, si è ancora optato per una scelta in favore di sicurezza adottando il calcestruzzo classe 20/25. Introducendo γ_c fattore di sicurezza pari a 1,5 si definiscono le caratteristiche meccaniche dei materiali:

Calcestruzzo:

$$E = 30000 \text{ MPa}$$

$$f_{ck} = 20 \text{ MPa}$$

$$f_{ctm} = 2,21 \text{ MPa}$$

$$f_{ctk} = 1,55 \text{ MPa}$$

Acciaio:

$$E = 200000 \text{ MPa}$$

$$f_y = 430 \text{ MPa}$$

I valori caratteristici di resistenza f_{ck} e f_y vanno ridotti dividendoli per il coefficiente γ_c . Inoltre per il calcestruzzo il valore di resistenza va moltiplicato per 0,85, quindi viene ancora ridotto, perché f_{ck} , definita resistenza cubica a compressione, è ricavata da prove di laboratorio su provini cubici, ed è maggiore della resistenza definita cilindrica, che invece rappresenta bene le caratteristiche di resistenza del pilastro che manca di forze di confinamento che invece sono presenti in un provino cubico aumentandone la resistenza a compressione.

Si definiscono dunque le resistenze di progetto:

$$f_{cd} = 0,85 \times f_{ck} / \gamma_c = 11,33 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_c = 286,67 \text{ MPa}$$

7.3.3 Verifica del pilastro allo stato di fatto

Per verificare la resistenza del pilastro ai carichi a cui è soggetto è necessario confrontare l'azione di compressione agente N_{ed} con la resistenza a compressione della sezione N_{Rd} : il rapporto tra le due deve essere minore di 1.

Azione assiale agente e azione assiale resistente

$$N_{Rd} = A_c \times f_{cd} + A_s \times f_{yd} = 1250,48 \text{ kN}$$

Con

$A_c = 900 \text{ cm}^2$ area della sezione di calcestruzzo

$A_s = 804 \text{ mm}^2$ area dell'armatura.

$$N_{ed}/N_{Rd} = 1232,26 \text{ kN} / 1250,48 \text{ kN} = 0,985$$

La sezione è dunque verificata. Il fatto che il rapporto tra azione agente e resistente sia così prossimo all'unità non desta preoccupazioni, poiché le ipotesi iniziali erano fortemente a favore di sicurezza, penalizzando la sezione resistente. Inoltre i pilastri esistenti saranno sgravati dal carico della copertura, oltre che dalle forze orizzontali, a cui oggi sono sottoposti, grazie all'introduzione di nuovi controventi. La verifica è stata effettuata per avere la certezza che non fossero necessari interventi di consolidamento strutturale sull'edificio esistente. Avendone la conferma, si può procedere al dimensionamento e alla verifica dei nuovi elementi strutturali indipendenti dalla struttura esistente.

7.4 I NUOVI ELEMENTI STRUTTURALI

7.4.1 La logica additiva e la prefabbricazione

Anche nel progetto strutturale si è voluta seguire la logica addizionale, con interventi in facciata e in copertura a "racchiudere" l'esistente, portando miglioramenti e benefici senza intaccare quanto c'è allo stato di fatto.

Strategia di intervento

In primo luogo si sono analizzate le necessità, derivanti in parte da mancanze attuali e in parte dalle scelte progettuali. Si dovranno quindi studiare dei controventi, assenti ad oggi, e la struttura dei volumi additivi e della sopraelevazione. Si deve

sempre tenere presente la natura dell'edificio su cui si interviene: essendo un edificio di residenze popolari, inserito in un quartiere omogeneo da questo punto di vista, è preferibile intervenire dall'esterno piuttosto che scegliere interventi invadenti che possano determinare disagi per gli inquilini. Inoltre un secondo aspetto da considerare è quello ergotecnico, dal momento che i percorsi carrabili sono di larghezza limitata e non è possibile mantenere un cantiere troppo a lungo per problemi logistici ed economici. Infine, dopo aver effettuato l'analisi sulla struttura esistente, si è scelto di non gravare ulteriormente su di essa, quindi la sopraelevazione dovrà avere una struttura indipendente.

Tutte questi aspetti sono state valutate insieme, cercando di avere una visione complessiva degli interventi necessari, e cercando quindi di ottimizzare le scelte in base alle necessità.

Le scelte di intervento sono quindi state le seguenti:

- Unire strutturalmente le funzioni di controventi e strutture portanti dei volumi additivi e della sopraelevazione per motivi economici e logistici (lo stesso pilastro funge da controvento e struttura di elevazione verticale che regge i volumi additivi e la sopraelevazione)
- Utilizzare elementi prefabbricati per i volumi additivi in modo da rendere più agevoli le fasi di cantiere
- "Staccare" il piano aggiuntivo in copertura, inserendo una piastra in calcestruzzo armato che poggia sui nuovi pilastri così da non gravare sull'esistente.

I nuovi elementi strutturali da dimensionare e verificare sono quindi i controventi, i pilastri e la struttura dei volumi additivi e la piastra di copertura.

7.4.2 I controventi

L'inserimento di nuove strutture di controvento si rende necessario dal momento che allo stato di fatto non vi sono elementi resistenti alle forze orizzontali. Bisogna quindi andare a valutare le azioni orizzontali determinate da vento e sisma, per poi dimensionare adeguatamente gli elementi resistenti.

Per valutare le forze orizzontali si è fatto riferimento alla NTC2008, cap. 3.

- Azione sismica

Per valutare l'effetto meccanico di un terremoto si utilizza il sistema dell'oscillatore semplice che al variare dei valori di *massa* e *rigidezza* restituirà un valore massimo di *accelerazione*, *velocità* e *spostamento* che, portati in un diagramma in funzione del *periodo proprio* (o frequenza propria), permetteranno di ottenere lo spettro di risposta dell'oscillatore-edificio in relazione alla zona considerata.

Si definisce il periodo proprio:

$$T = C_1 \times H^{3/4} = 0,66 \text{ secondi}$$

Con $C_1 = 0,05$ per edifici con struttura in calcestruzzo

$$H = \text{altezza edificio} = 31,3 \text{ m}$$

Nota il periodo proprio è possibile calcolare l'ordinata dello spettro di risposta elastico S_d , ovvero l'accelerazione dovuta alla forza applicata dal sisma. Lo spettro

Le scelte di intervento
strutturale

Calcolo dei coefficienti
dell'azione sismica

di progetto dipenderà dalle categorie del sottosuolo del sito in esame. Nel caso in esame si sono definiti i seguenti spettri di risposta:

- SLE

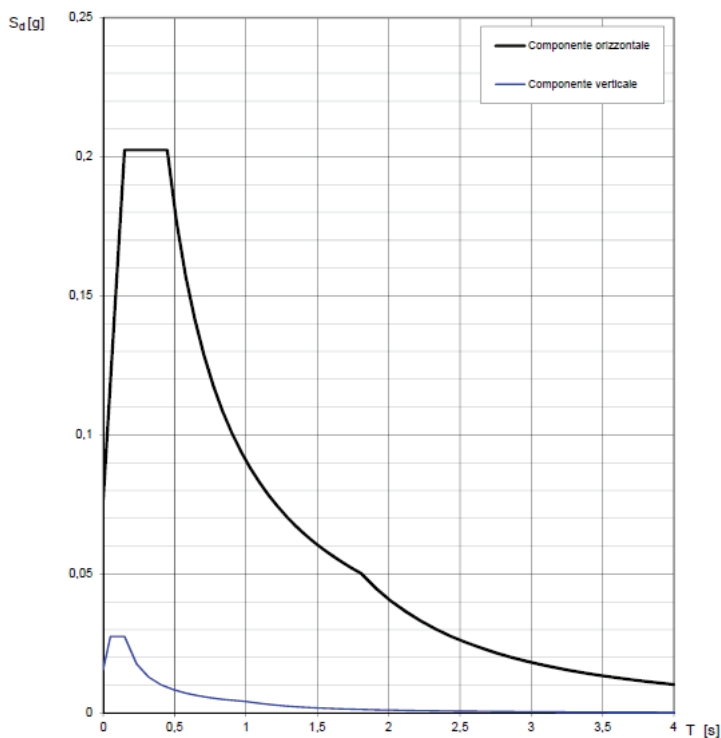


Figura 2: spettro di risposta allo Stato Limite di Esercizio

- SLU

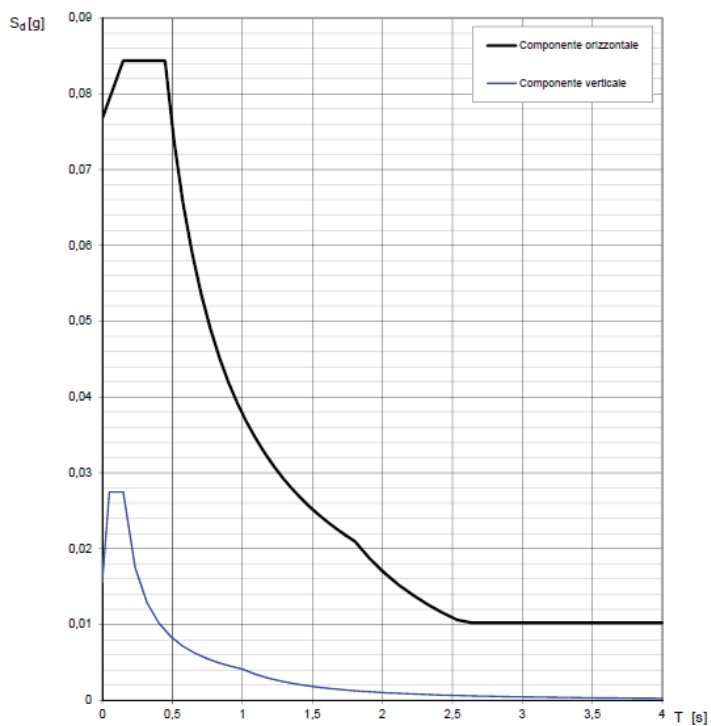


Figura 3: Spettro di risposta allo Stato Limite Ultimo

Da cui si ricava l'accelerazione al suolo:

$$S_d \text{ (SLE)} = 0,14 \text{ m/s}^2$$

$$S_d \text{ (SLU)} = 0,06 \text{ m/s}^2.$$

Si definiscono poi dei coefficienti per le combinazioni di carico, i cui valori sono stati recuperati nella NTC2008 e dipendono dalla categoria dell'edificio:

Categoria A – Ambienti ad uso residenziale	$\psi_{2i} = 0,3$
Vento	$\psi_{2i} = 0$
Neve	$\psi_{2i} = 0$
Categoria H, coperture	$\psi_{2i} = 0$

Calcolo del carico sismico

Per valutare il carico sismico si divide, in un primo momento, tra carico sismico dei solai e carico sismico dei tamponamenti. Il procedimento è il medesimo, e consiste nel moltiplicare il peso di ciascuna stratigrafia per la sua superficie, a ciascun piano, in modo da valutarne l'incidenza sulla spinta orizzontale.

Per quanto riguarda i solai, si hanno quattro tipologie: il solaio esistente $G_{1,1-9}$, il solaio al piano terra $G_{1,t}$, il solaio della sopraelevazione $G_{1,10}$, e infine la copertura $G_{1,cop}$, con le rispettive superfici:

$S_{s,t}$	453	m^2
$S_{s,1-9}$	453	m^2
$S_{s,10}$	453	m^2
$S_{s,cop}$	554	m^2

$G_{1,t}$	3,03	kN/m^2
$G_{1,1-9}$	3,71	kN/m^2
$G_{1,10}$	3,12	kN/m^2
$G_{1,cop}$	1,66	kN/m^2

Si valutano dunque il carico sismico unitario e il carico sismico complessivo dei solai:

- Carico sismico unitario: $w_{s,i} = G_{1i} + Q_K \times \psi_{2i}$
- Carico sismico complessivo: $W_{s,i} = w_{s,i} \times S_i$

Da cui:

$w_{s,t}$	3,63	kN/m^2
$w_{s,1-9}$	4,31	kN/m^2
$w_{s,10}$	3,72	kN/m^2
$w_{s,cop}$	1,66	kN/m^2

$W_{s,t}$	1644,39	kN
$W_{s,1-9}$	1952,43	kN
$W_{s,10}$	1685,16	kN
$W_{s,cop}$	919,64	kN

Lo stesso procedimento si applica per i tamponamenti, andando a valutare il peso di ciascuna chiusura in relazione alla sua superficie ai piani. Si definiscono quindi i valori G_i e S_i :

$S_{s,t} \text{ cappotto}$	73,64	m^2
$S_{s,t} \text{ vetro}$	156,00	m^2
$S_{s,1-9} \text{ cappotto}$	158,59	m^2
$S_{s,1-9} \text{ cubotto}$	19,60	m^2
$S_{s,1-9} \text{ impianti}$	8,29	m^2
$S_{s,10}$	288,80	m^2

$G_1 \text{ cappotto}$	2,93	kN/m^2
$G_4 \text{ vetro}$	0,196	kN/m^2
$G_2 \text{ cubotto}$	1,33	kN/m^2
$G_3 \text{ impianti}$	3,44	kN/m^2
$G_5 \text{ sopraizzo}$	1,66	kN/m^2

Moltiplicando i valori di G_i per le rispettive superfici si ottiene il valore del carico sismico complessivo dei tamponamenti:

$W_{s,t}$	246,34	kN
$W_{s,1-9}$	519,25	kN
$W_{s,10}$	479,41	kN

Sommando i contributi dei solai e dei tamponamenti ad ogni piano, otteniamo il carico sismico complessivo:

$$W = \sum W_{s,i} = 27220,09 \text{ kN}$$

Da questo si ricava la forza statica equivalente F_d , ovvero la forza orizzontale da applicare a ciascuna massa dell'edificio:

$$F_h = S_d \times W/g = 116,48 \text{ kN}$$

Con $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ accelerazione di gravità.

Infine, la forza statica equivalente a ciascun piano sarà:

$$F_i = F_h \times (z_i \times W_i / \sum z_j \times W_j)$$

Si definiscono quindi le forze orizzontali dovute al sisma agenti su ciascun piano:

Forze orizzontali dovute al sisma

F_t	0,95	kN
F_1	4,09	kN
F_2	6,94	kN
F_3	9,79	kN
F_4	12,65	kN
F_5	15,50	kN
F_6	18,35	kN
F_7	21,20	kN
F_8	24,05	kN
F_9	26,91	kN
F_{10}	26,06	kN

Tali forze orizzontali andranno confrontate con quelle dovute all'azione del vento, per valutare quale delle due avrà un'influenza maggiore.

- Azione del vento

Calcolo della velocità di riferimento

La velocità di riferimento v_b è il valore caratteristico della velocità del vento a 10 m dal suolo su un terreno di categoria di esposizione II mediata su 10 minuti e riferita ad un periodo di ritorno di 50 anni. Il valore della velocità di riferimento è dato da:

$$v_b = v_{b,0} \text{ per } a_s < a_0$$

$$v_b = v_{b,0} + k_a(a_s - a_0) \text{ per } a_0 < a_s < 1500\text{m}$$

con $v_{b,0}$, k_a e a_0 definiti in normativa da tabella:

Zona	Descrizione	$v_{b,0}$ [m/s]	a_0 [m]	k_a [1/s]
1	Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia , Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste)	25	1000	0,010
2	Emilia Romagna	25	750	0,015
3	Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria	27	500	0,020
4	Sicilia e provincia di Reggio Calabria	28	500	0,020
5	Sardegna (zona a oriente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola Maddalena)	28	750	0,015
6	Sardegna (zona a occidente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola Maddalena)	28	500	0,020
7	Liguria	28	1000	0,015
8	Provincia di Trieste	30	1500	0,010
9	Isole (con l'eccezione di Sicilia e Sardegna) e mare aperto	31	500	0,020

Quindi nel caso in esame i valori sono:

$$v_{b,0} = 25 \text{ m/s}$$

$$a_0 = 1000 \text{ m}$$

$$k_a = 0,01 \text{ s}^{-1}$$

con a_s altitudine sul livello del mare, che a Rozzano è di 103 m, si ha:

$$a_s < a_0$$

quindi, dalla formula precedente, si ottiene il valore di v_b :

$$v_b = v_{b,0} = 25 \text{ m/s}$$

Le azioni statiche del vento sono costituite da pressioni e depressioni agenti normalmente alle superfici, sia esterne che interne, degli elementi che compongono la costruzione.

L'azione d'insieme esercitata dal vento su una costruzione è data dalla risultante delle azioni sui singoli elementi, considerando come direzione del vento quella corrispondente ad uno degli assi principali dell'edificio.

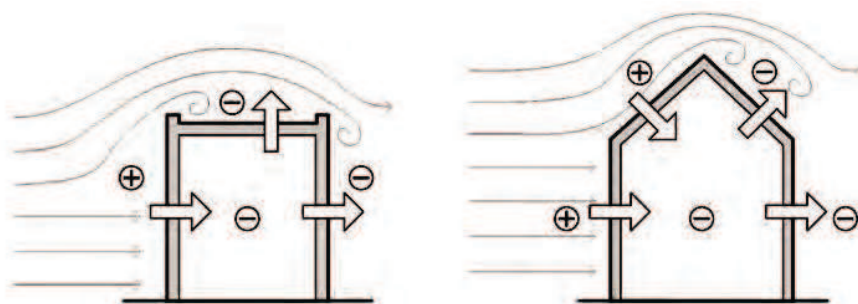


Figura 4: Andamento della pressione del vento agente sull'edificio, da NTC2008

La pressione del vento è data dall'espressione:

Calcolo della
pressione del vento

$$p = q_b \times c_e \times c_p \times c_d$$

dove:

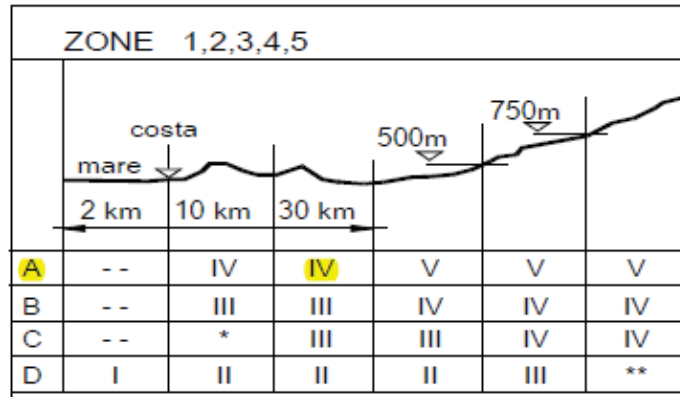
- q_b è la pressione cinetica di riferimento:
 $q_b = \frac{1}{2} \times \rho v_b^2 = 390,625 \text{ N/m}^2$
 con $\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$ densità dell'aria
- c_e è il coefficiente di esposizione:
 $c_e = k_r^2 \times c_t \ln(z/z_0) [7 + c_t \ln(z/z_0)]$
- c_p è il coefficiente di forma (o coefficiente aerodinamico), funzione della tipologia e della geometria della costruzione e del suo orientamento rispetto alla direzione del vento: per elementi sopravento, con inclinazione sull'orizzontale $0^\circ \leq \alpha \leq 20^\circ$ e per elementi sottovento: $c_p = 0,8$
- c_d è il coefficiente dinamico con cui si tiene conto degli effetti riduttivi associati alla non contemporaneità delle massime pressioni locali e degli effetti amplificativi dovuti alle vibrazioni strutturali. Si considera $c_d = 1$

Si procede quindi con il calcolo del coefficiente di esposizione c_e , a partire dai dati espressi nella normativa e qui riportati:

Categoria di esposizione del sito	k_t	z_0 [m]	z_{min} [m]
I	0,17	0,01	2
II	0,19	0,05	4
III	0,20	0,10	5
IV	0,22	0,30	8
V	0,23	0,70	12

Classe di rugosità del terreno	Descrizione
A	Aree urbane in cui almeno il 15% della superficie sia coperto da edifici la cui altezza media supera i 15 m
B	Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive

C	Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni,...), aree con rugosità non riconducibili alle classi A,B,D
D	Aree prive di ostacoli (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, mare, laghi,...)



Dalle tabelle riportate, in base alla collocazione geografica e alla natura del contesto dell'edificio, si ricavano i valori:

$$z_0 = 0,3 \text{ m}$$

$$k_r = 0,22 \text{ m}$$

e con $z = 33 \text{ m}$ altezza dell'edificio si può ricavare il valore del coefficiente di esposizione c_e come espresso in precedenza:

$$c_e = 2,66$$

Noti tutti i dati necessari, si ricava infine il valore della pressione del vento:

$$p = q_b \times c_e \times c_p \times c_d = 0,83 \text{ kN/m}^2$$

Pressione del vento ai piani

Questo valore deve essere moltiplicato per la superficie sulla quale agisce. Si avranno quindi due valori di forza orizzontale dovuta al vento, a seconda che essa agisca sui lati nord-est e sud-ovest, la cui lunghezza è 42,12 m, o sui lati nord-ovest e sud-est, la cui lunghezza è 10,75 m.

Lati NE e SO

pt	72,18	kN
p1	72,18	kN
p2	72,18	kN
p3	117,46	kN
p4	117,46	kN
p5	117,46	kN
p6	117,46	kN
p7	117,46	kN
p8	117,46	kN
p9	117,46	kN
p10	117,46	kN

Lati NO e SE

pt	18,42	kN
p1	18,42	kN
p2	18,42	kN
p3	29,98	kN
p4	29,98	kN
p5	29,98	kN
p6	29,98	kN
p7	29,98	kN
p8	29,98	kN
p9	29,98	kN
p10	29,98	kN

Confrontando le azioni del sisma e del vento, si nota come le più gravose siano queste ultime, sia considerando i due fronti maggiori che quelli meno esposti alla forza del vento. Il dimensionamento dei controventi andrà quindi effettuato a partire da questi valori di forze orizzontali.

7.4.2.1 *La distribuzione delle forze orizzontali*

Come esposto nella premessa, si è cercato di ottimizzare l'intervento strutturale secondo scelte che minimizzassero costi e tempi favorendo le logiche di cantiere. Per i controventi si è dunque deciso di utilizzare la struttura portante dei volumi additivi di facciata, che in questo modo svolge sia una funzione di resistenza ai carichi verticali provenienti dai nuovi elementi, che quella di resistenza alle forze orizzontali. I volumi additivi di facciata sono posizionati sui lati nord-est e sud-ovest: essi garantiscono quindi una resistenza per la forza del vento quando essa incide sulle superfici nord-ovest e sud-est, ovvero sui lati corti. Si necessita di controventi che resistano anche nell'altra direzione: essi sono posizionati sui lati corti.

Lo schema dei nuclei di controvento è quindi il seguente:

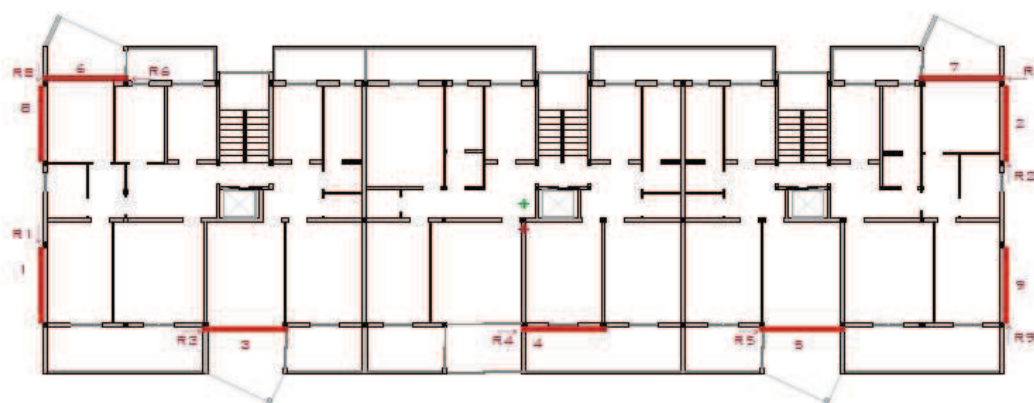


Figura 5: Distribuzione dei nuclei di controvento, autore tesi

Per il dimensionamento e la verifica dei controventi si deve tener conto della condizione più sfavorevole, ovvero delle forze orizzontali maggiori che interessano l'edificio.

Le forze del sisma vengono valutate agenti nel baricentro delle masse, mentre quelle del vento agiscono sul baricentro geometrico della facciata su cui incidono. Occorre in primo luogo definire la posizione del baricentro delle rigidezze, che tiene conto della posizione e dell'inerzia dei controventi. Per ciascun controvento si definisce l'inerzia lungo i due assi principali x e y, definita come:

$$I = b \times h^3 / 12$$

Con b e h che dipenderanno dall'asse di riferimento.

Scelta l'origine del sistema di riferimento nel vertice in basso a sinistra della pianta, si procede anche al calcolo della distanza del controvento da tale origine, sempre

La distribuzione dei controventi

Calcolo dei baricentri

nelle due direzioni. Si potranno quindi definire le coordinate del baricentro delle rigidità:

$$x_G = \frac{\sum(x_i \times I_i)}{\sum I_i}$$

$$y_G = \frac{\sum(y_i \times I_i)}{\sum I_i}$$

con le inerzie pari a $I_1 = 0,8653 \text{ m}^4$ e $I_2 = 0,00265 \text{ m}^4$ a seconda dell'orientamento dei controventi e in base alla direzione di riferimento, si ottiene:

$$x_G = 21,07 \text{ m}$$

$$y_G = 4,28 \text{ m}$$

Il fatto che l'ascissa del baricentro delle rigidità coincida col punto medio del lato maggiore dell'edificio è dovuto alla disposizione simmetrica, in questa direzione, e alle medesime dimensioni dei controventi.

Si possono a questo punto determinare le forze a cui ciascun controvento è sottoposto, andando a valutare l'incidenza delle forze orizzontali agenti. Ricordando che le forze del sisma hanno come punto di applicazione il baricentro delle masse e quelle del vento il baricentro geometrico della facciata, si generano dei momenti dovuti al non allineamento tra questi e il baricentro delle rigidità.

Le reazioni di ciascun controvento sono definite a partire dall'equazione:

$$R_i = F_y \times (I_i / \sum I_i) + F_y \times d \times [(x_i \times I_i) / (\sum I_i \times x_i^2)]$$

Va inoltre ricordato che le forze agenti di vento e sisma variano piano per piano, quindi l'analisi andrà discretizzata sui 10 piani dell'edificio.

Si divide il procedimento andando a valutare le forze agenti su ciascuna delle due direzioni. Per il dimensionamento dei controventi dei lati maggiori si valuta la forza in direzione parallela ad essi, e quindi la forza del vento viene moltiplicata per la superficie di facciata dei lati minori. Ragionamento analogo viene effettuato per gli altri controventi.

- Controventi lati maggiori (nord-est e sud-ovest)

Piano terra:

Controvento	Vento [kN]	Sisma [kN]
R1	0,0129	0,0007
R2	0,0191	0,0010
R3	3,6467	0,1872
R4	3,6467	0,1872
R5	3,6467	0,1872
R6	6,7667	0,3430
R7	6,7667	0,3430
R8	0,0191	0,0010
R9	0,0129	0,0007

Piano primo:

Controvento	Vento [kN]	Sisma [kN]
R1	0,0129	0,0029
R2	0,0191	0,0042
R3	3,6467	0,8095
R4	3,6467	0,8095
R5	3,6467	0,8095
R6	6,7667	1,4830
R7	6,7667	1,4830
R8	0,0191	0,0042
R9	0,0129	0,0029

Reazioni dei controventi

Piano secondo:

Controvento	Vento [kN]	Sisma [kN]
R1	0,0129	0,0048
R2	0,0191	0,0071
R3	3,6467	1,3743
R4	3,6467	1,3743
R5	3,6467	1,3743
R6	6,7667	2,5176
R7	6,7667	2,5176
R8	0,0191	0,0071
R9	0,0129	0,0048

Piano terzo:

Controvento	Vento [kN]	Sisma [kN]
R1	0,0210	0,0068
R2	0,0310	0,0100
R3	5,9349	1,9390
R4	5,9349	1,9390
R5	5,9349	1,9390
R6	11,0124	3,5522
R7	11,0124	3,5522
R8	0,0310	0,0100
R9	0,0210	0,0068

Piano quarto:

Controvento	Vento [kN]	Sisma [kN]
R1	0,0210	0,0088
R2	0,0310	0,0129
R3	5,9349	2,5038
R4	5,9349	2,5038
R5	5,9349	2,5038
R6	11,0124	4,5868
R7	11,0124	4,5868
R8	0,0310	0,0129
R9	0,0210	0,0088

Piano quinto:

Controvento	Vento [kN]	Sisma [kN]
R1	0,0210	0,0108
R2	0,0310	0,0159
R3	5,9349	3,0686
R4	5,9349	3,0686
R5	5,9349	3,0686
R6	11,0124	5,6214
R7	11,0124	5,6214
R8	0,0310	0,0159
R9	0,0210	0,0108

Piano sesto:

Controvento	Vento [kN]	Sisma [kN]
R1	0,0210	0,0128
R2	0,0310	0,0188
R3	5,9349	3,6334
R4	5,9349	3,6334
R5	5,9349	3,6334
R6	11,0124	6,6560
R7	11,0124	6,6560
R8	0,0310	0,0188
R9	0,0210	0,0128

Piano settimo:

Controvento	Vento [kN]	Sisma [kN]
R1	0,0210	0,0148
R2	0,0310	0,0217
R3	5,9349	4,1981
R4	5,9349	4,1981
R5	5,9349	4,1981
R6	11,0124	7,6907
R7	11,0124	7,6907
R8	0,0310	0,0217
R9	0,0210	0,0148

Piano ottavo:

Controvento	Vento [kN]	Sisma [kN]
R1	0,0210	0,0168
R2	0,0310	0,0246
R3	5,9349	4,7629
R4	5,9349	4,7629
R5	5,9349	4,7629
R6	11,0124	8,7253
R7	11,0124	8,7253
R8	0,0310	0,0246
R9	0,0210	0,0168

Piano nono:

Controvento	Vento [kN]	Sisma [kN]
R1	0,0210	0,0188
R2	0,0310	0,0275
R3	5,9349	5,3277
R4	5,9349	5,3277
R5	5,9349	5,3277
R6	11,0124	9,7599
R7	11,0124	9,7599
R8	0,0310	0,0275
R9	0,0210	0,0188

Piano decimo:

Controvento	Vento [kN]	Sisma [kN]
R1	0,0210	0,0182
R2	0,0310	0,0267
R3	5,9349	5,1603
R4	5,9349	5,1603
R5	5,9349	5,1603
R6	11,0124	9,4532
R7	11,0124	9,4532
R8	0,0310	0,0267
R9	0,0210	0,0182

Si nota come la forza dominante sia quella del vento: è questa che verrà tenuta presente nel dimensionamento dei controventi.

- Controventi lati minori (nord-ovest e sud-est)

Per quanto riguarda i controventi disposti sui lati minori, le forze agenti saranno parallele ad essi. La forza del vento in questo caso non genera momento, così come il sisma, poiché l'ascissa dei tre baricentri è la medesima. Si può quindi semplicemente suddividere la forza agente sui controventi, poiché essi hanno la stessa dimensione e dunque la stessa inerzia.

Piani	Vento [kN]	Sisma [kN]
Pt	18,0442	0,2364
P1	18,0442	1,0221
P2	18,0442	1,7351
P3	29,3661	2,4482
P4	29,3661	3,1613
P5	29,3661	3,8744
P6	29,3661	4,5874
P7	29,3661	5,3005
P8	29,3661	6,0136
P9	29,3661	6,7267
P10	29,3661	6,5153

Ancora una volta la forza prevalente è quella dovuta al vento.

Note le forze agenti sui controventi, si può procedere al dimensionamento degli elementi che li compongono.

7.4.2.2 Il progetto dei controventi

Controventi con tiranti e a portale

La prima ipotesi di intervento prevedeva dei controventi tirantati "classici", ovvero composti da una struttura a portale in acciaio con pilastri continui e travi

incernierate agli estremi, e con elementi tesi disposti a croce a ciascun piano. Proprio questi tiranti, in questo schema statico, hanno la funzione di garantire la resistenza alle forze orizzontali. Questa scelta, seppur valida dal punto di vista strutturale, non teneva conto delle problematiche architettoniche e tecnologiche: scelti come pilastri di controvento i medesimi che sorreggono i volumi additivi, dei tiranti a croce avrebbero impedito l'accesso ai nuovi elementi di facciata.

La struttura dei controventi tirantati sui lati maggiori non era quindi adatta. Si è optato per questi ad uno schema statico a portale, in cui le travi sono incastrate ai pilastri, in modo che si abbia continuità flessionale, e la reazione alle forze orizzontali è garantita da tutto il sistema.

- Controvento con tiranti

Per i controventi disposti sui lati minori si è dunque scelto uno schema statico in cui i pilastri sono soggetti ad azione assiale, mentre le forze orizzontali vengono assorbite dai tiranti.

Si sono scelti elementi con le seguenti caratteristiche:

- PILASTRO HEB180:

peso	0,5018	kN/m
I _x	3831	cm ⁴
W _x	425,7	cm ³
b	180	mm
h	180	mm
a	8,5	mm
e	14	mm
A	6525	mm ²
i _x	7,66	cm

- TRAVE IPE80:

peso	0,0588	kN/m
J _x	80,14	cm ⁴
W _x	20,03	cm ³
b	46	mm
h	80	mm
a	3,8	mm
e	5,2	mm
A	764	mm ²
i _x	3,24	cm

Dove:

I_x = inerzia lungo la direzione x

W_x = momento plastico lungo x

b = lunghezza di base della sezione
 h = altezza della sezione
 a = spessore anima
 e = spessore ali
 A = area della sezione
 i_x = raggio giratore di inerzia

Per il materiale acciaio si hanno i seguenti valori meccanici:

$$E = 210000 \text{ MPa}$$

$$f_{yk} = 360 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = 235 \text{ MPa}$$

Scelti gli elementi, si vanno a valutare le forze agenti, quelle orizzontali dovute al vento come calcolato in precedenza e quelle verticali dovute al peso degli elementi.

Forze orizzontali dovute al vento:

Ft	27,0663	kN
F1	27,0663	kN
F2	27,0663	kN
F3	44,0491	kN
F4	44,0491	kN
F5	44,0491	kN
F6	44,0491	kN
F7	44,0491	kN
F8	44,0491	kN
F9	44,0491	kN
F10	44,0491	kN

Le forze orizzontali ricavate in precedenza sono state moltiplicate per un coefficiente di sicurezza:

$$\gamma = 1,5.$$

Forze verticali:

piano terra	0,7471	kN
piano primo	0,6791	kN
piano secondo	0,6112	kN
piano terzo	0,5433	kN
piano quarto	0,4754	kN
piano quinto	0,4075	kN
piano sesto	0,3396	kN
piano settimo	0,2717	kN
piano ottavo	0,2037	kN
piano nono	0,1358	kN
piano decimo	0,0679	kN

Definito lo schema statico e le forze agenti, con un programma di calcolo come FTool si risolve la struttura. Il risultato è che si ha un pilastro sottoposto ad azioni di compressione e uno sottoposto ad azioni di trazione, le travi soggette a compressione e i tiranti a trazione.

Azioni agenti sugli elementi

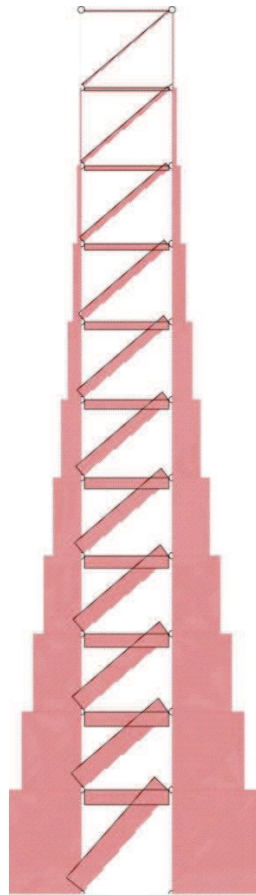


Figura 6: Distribuzione della azione assiale lungo gli elementi strutturali del controvento, autore tesi

PIANI	TIRANTE [kN]	TRAVE [kN]	PILASTRO TESO [kN]	PILASTRO COMPRESSO [kN]
Pt	410,5	-281,4	1355,6	-1664,5
P1	364,2	-273,1	118,5	-1355,6
P2	330,3	-251,3	903,6	-118,5
P3	308,3	-234,1	703	-903,6
P4	269,8	-204,9	527,4	-703
P5	231,3	-175,6	376,9	-527,4
P6	192,7	-146,3	251,4	-376,9
P7	154,2	-117,1	151,1	-251,4
P8	115,7	-87,7	75,8	-151,1
P9	76,9	-58,9	25,8	-75,8
P10	39,6	-29,7	0	-25,8

Le verifiche vengono effettuate sugli elementi critici, ovvero i tiranti, per i quali viene effettuata una verifica di resistenza a trazione, e il pilastro compresso, su cui viene effettuata una verifica di instabilità.

- Tiranti: verifica a trazione

Per la verifica a trazione dei tiranti, occorre valutare l'azione assiale agente in relazione a quella resistente:

$$N_{ed} / N_{p,Rd,i} < 1$$

Con:

N_{ed} = azione assiale agente sui tiranti, valutata piano per piano

$$N_{p,Rd,i} = A \times f_{yk} / \gamma_{M0}$$

A = area della sezione del tirante

γ_{M0} = 1,05 coefficiente di sicurezza

Il parametro da definire è quindi la sezione del tirante. Si sono definiti i diametri dei tiranti, a ciascun piano, che soddisfacessero la verifica di resistenza:

piani	$N_{p,Rd,i}$ [kN]	N_{ed} [kN]	$N_{ed}/N_{p,Rd,i} < 1$	ϕ tirante [mm]	VERIFICA
Pt	474,77	410,5	0,86	42	OK
P1	474,77	364,2	0,77	42	OK
P2	348,81	330,3	0,95	36	OK
P3	348,81	308,3	0,88	36	OK
P4	348,81	269,8	0,77	36	OK
P5	242,23	231,3	0,95	30	OK
P6	242,23	192,7	0,80	30	OK
P7	155,03	154,2	0,99	24	OK
P8	118,69	115,7	0,97	21	OK
P9	87,20	76,9	0,88	18	OK
P10	60,56	39,6	0,65	15	OK

- Pilastro: verifica a compressione

Anche per la verifica a compressione è necessario valutare l'azione assiale agente e confrontarla con quella resistente:

$$N_{ed} / N_{b,Rd} < 1$$

In questo caso l'azione resistente è definita come:

$$N_{b,Rd} = \chi \times A \times f_{yk} / \gamma_{M1}$$

Dove:

$$\chi = 1 / [\phi + (\phi^2 - \lambda^2)^{0,5}]$$

$$\phi = 0,5 \times [1 + \alpha \times (\lambda - 0,2) + \lambda^2]$$

$\alpha = 0,49$ fattore di imperfezione definito dalla NTC2008

$$\lambda = [A \times f_{yk} / N_{cr}]^{0,5}$$

$$N_{cr} = \pi^2 \times EA / \lambda^{*2}$$

$$\lambda^* = L/i_x$$

L'azione resistente è la medesima su tutto il pilastro, che quindi viene dimensionato per resistere alla forza agente maggiore:

piani	$N_{b,Rd}$ [kN]	N_{ed} [kN]	$N_{ed}/N_{b,Rd} < 1$	VERIFICA
Pt	1865,25	1664,5	0,892	OK
P1	1865,25	1355,6	0,727	OK
P2	1865,25	118,5	0,064	OK
P3	1865,25	903,6	0,484	OK
P4	1865,25	703	0,377	OK
P5	1865,25	527,4	0,283	OK
P6	1865,25	376,9	0,202	OK
P7	1865,25	251,4	0,135	OK
P8	1865,25	151,1	0,081	OK
P9	1865,25	75,8	0,041	OK
P10	1865,25	25,8	0,014	OK

- Controvento a portale

La struttura di controvento che si è studiata per i lati sud-ovest e nord-est è, come detto, anche la struttura portante dei volumi additivi. È quindi stato studiato uno schema statico differente da quello esposto in precedenza, poiché la struttura di controvento deve poter consentire il passaggio al volume additivo, quindi deve essere privo di elementi tesi a croce.

La soluzione individuata è dunque quella che prevede una struttura a portale per ciascuna colonna di volumi additivi (tre sul lato sud-ovest e due sul lato nord-est).

Lo schema a portale implica che, a causa dell'assenza dei tiranti, travi e pilastri siano maggiormente sollecitati. A favore di questa soluzione però sono il numero di controventi, poiché se ne prevedono cinque, e le limitate forze orizzontali agenti.

Gli elementi scelti per queste strutture sono i seguenti:

- PILASTRO HEB140:

peso	0,33	kN/m
I_x	1509	cm ⁴
W_x	215,6	cm ³
b	140	mm
h	140	mm
a	7	mm
e	12	mm

A	4296	mm ²
ix	5,93	cm

- TRAVE IPE80:

peso	0,0588	kN/m
Jx	80,14	cm ⁴
Wx	20,03	cm ³
b	46	mm
h	80	mm
a	3,8	mm
e	5,2	mm
A	764	mm ²
ix	3,24	cm

Dove:

I_x = inerzia lungo la direzione x

W_x = momento plastico lungo x

b = lunghezza di base della sezione

h = altezza della sezione

a = spessore anima

e = spessore ali

A = area della sezione

i_x = raggio giratore di inerzia

Per il materiale acciaio si hanno i seguenti valori meccanici:

$$E = 210000 \text{ MPa}$$

$$f_{yk} = 360 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = 235 \text{ MPa}$$

Scelti gli elementi, si vanno a valutare le forze agenti, quelle orizzontali dovute al vento come calcolato in precedenza e quelle verticali dovute al peso degli elementi.

Forze orizzontali dovute al vento:

Ft	6,766	kN
F1	6,766	kN
F2	6,766	kN
F3	11,0124	kN
F4	11,0124	kN
F5	11,0124	kN
F6	11,0124	kN
F7	11,0124	kN
F8	11,0124	kN
F9	11,0124	kN
F10	11,0124	kN

Le forze orizzontali ricavate in precedenza sono state moltiplicate per un coefficiente di sicurezza

$$\gamma = 1,5.$$

Forze verticali:

Pt	10,185	kN
P1	8,0025	kN
P2	10,185	kN
P3	8,0025	kN
P4	10,185	kN
P5	8,0025	kN
P6	10,185	kN
P7	8,0025	kN
P8	10,185	kN
P9	8,0025	kN
P10	10,185	kN

Definito lo schema statico e le forze agenti, con un programma di calcolo come FTool si risolve la struttura. Il risultato è che si ha un pilastro sottoposto ad azioni di compressione e uno sottoposto ad azioni di trazione, e le travi soggette a compressione, seppur di minima entità.

Azioni agenti sugli elementi

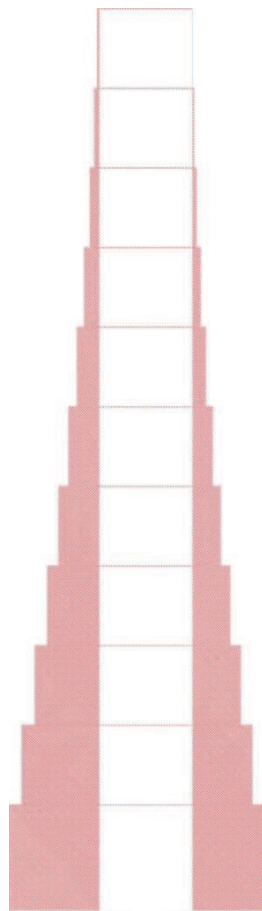


Figura 7: Distribuzione dell'azione assiale lungo gli elementi strutturali del controvento, autore tesi

PIANI	TRAVE [kN]	PILASTRO TESO [kN]	PILASTRO COMPRESSO [kN]
Pt	-5,1	641,8	-923,8
P1	-5,1	605,8	-787,8
P2	-5,1	487,8	-653,8
P3	-8,2	381,1	-526,7
P4	-8,2	283,7	-413,3
P5	-8,2	202,2	-311,4
P6	-8,2	132,6	-225,8
P7	-8,2	79,3	-152,1
P8	-8,2	37,9	-94,7
P9	-8,2	12,7	-49,1
P10	-8,2	0	-19,6

- Pilastro: verifica a compressione

Anche per la verifica a compressione è necessario valutare l'azione assiale agente e confrontarla con quella resistente:

$$N_{ed} / N_{b,Rd} < 1$$

In questo caso l'azione resistente è definita come:

$$N_{b,Rd} = \chi \times A \times f_{yk} / \gamma_{M1}$$

Dove:

$$\chi = 1 / [\phi + (\phi^2 - \lambda^2)^{0,5}]$$

$$\phi = 0,5 \times [1 + \alpha \times (\lambda - 0,2) + \lambda^2]$$

$\alpha = 0,49$ fattore di imperfezione definito dalla NTC2008

$$\lambda = [A \times f_{yk} / N_{cr}]^{0,5}$$

$$N_{cr} = \pi^2 \times EA / \lambda^{*2}$$

$$\lambda^* = L/i_x$$

L'azione resistente è la medesima su tutto il pilastro, che quindi viene dimensionato per resistere alla forza agente maggiore:

piani	$N_{b,Rd}$ [kN]	N_{ed} [kN]	$N_{ed} / N_{b,Rd} < 1$	VERIFICA
Pt	1097,25	923,8	0,84	OK
P1	1097,25	787,8	0,72	OK
P2	1097,25	653,8	0,60	OK
P3	1097,25	526,7	0,48	OK
P4	1097,25	413,3	0,38	OK
P5	1097,25	311,4	0,28	OK
P6	1097,25	225,8	0,21	OK
P7	1097,25	152,1	0,14	OK
P8	1097,25	94,7	0,09	OK
P9	1097,25	49,1	0,04	OK
P10	1097,25	19,6	0,02	OK

7.4.3 I volumi additivi

I volumi additivi rappresentano un importante elemento progettuale dal punto di vista del miglioramento delle prestazioni energetiche e della fruibilità degli alloggi, oltre ad essere fortemente rappresentativi della logica progettuale di interventi limitati all'involucro. La scelta degli elementi strutturali di questi volumi è quindi stata particolarmente studiata. In particolare si è data importanza alla fase di cantiere: in un quartiere di case popolari, con percorsi carrabili di larghezza limitata, e con tempi di cantiere che non possono prolungarsi eccessivamente, la necessità era quella di avere elementi di rapido montaggio. Una prima ipotesi è quindi stata quella di preassemblare gli elementi strutturali di questi nuovi volumi in officina, in modo che la posa in opera fosse il più rapida possibile. Il risultato sarebbe stato un "cubo" composto da travi e pilastri, che si sarebbe rapidamente agganciato ai pilastri della struttura di elevazione verticale e su cui si sarebbero montate in opera le chiusure a secco. Il limite che si presentava seguendo questa scelta era quello legato al trasporto: elementi cubici di altezza di circa 3 m, larghezza 3,5 m e profondità 2 m, a cui si sarebbe aggiunto un ulteriore prisma a base triangolare, non potevano essere trasportati in loco se non mediante trasporti eccezionali, a costi elevati e con disagi per gli abitanti del quartiere.

Si è quindi optato per una parziale prefabbricazione: gli elementi di solaio e di copertura vengono preassemblati in officina (in particolare, per motivi di limiti di altezza interpiano, alla copertura viene anche preassemblata la lamiera grecata inserita nello spessore delle travi), e vengono poi montati in opera e collegati mediante elementi di sostegno verticali. Questa scelta permette di ottimizzare la velocità di realizzazione senza creare eccessivi problemi di trasporto, poiché gli elementi in questione si riducono a bidimensionali, con larghezze inferiori alle dimensioni standard dei mezzi di trasporto.

La logica della prefabbricazione

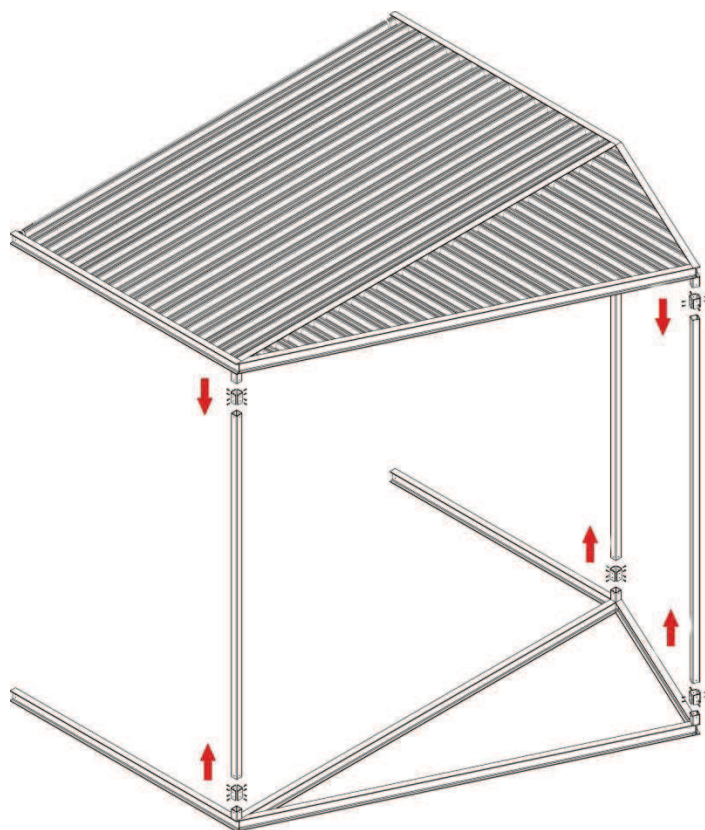


Figura 8: schema di assemblaggio degli elementi strutturali dei volumi additivi, autore tesi

Lo schema statico

Scelta la tipologia di elementi e la loro fabbricazione, occorre determinare lo schema statico per poi procedere al dimensionamento. Un elemento tridimensionale appeso come quello che si sta studiando può avere due differenti schemi statici resistenti.

Un primo schema prevede che le travi siano incernierate alla struttura portante alle loro spalle, con elementi diagonali tesi ad aiutare la ripartizione dei carichi. Questo schema ripropone però il problema affrontato per i controventi, ovvero quello di avere cavi d'acciaio diagonali in corrispondenza di aperture o logge.

Un secondo schema consente di eliminare gli elementi diagonali tesi, andando a modificare la natura dei vincoli: non si hanno più cerniere ma incastrati per tutti i giunti del nuovo volume, creando una struttura più rigida ma più resistente alle sollecitazioni.

Azioni agenti sugli elementi

Il dimensionamento e la verifica degli elementi strutturali ha quindi riguardato le travi di copertura, quelle del solaio inferiore e i montanti verticali.

Il primo passaggio è stato quello di definire i carichi agenti e le conseguenti sollecitazioni a cui la struttura è sottoposta. Andando a valutare tutte le forze agenti, si ottengono valori e diagrammi per deformazioni, azione assiale, taglio e momento flettente agenti:

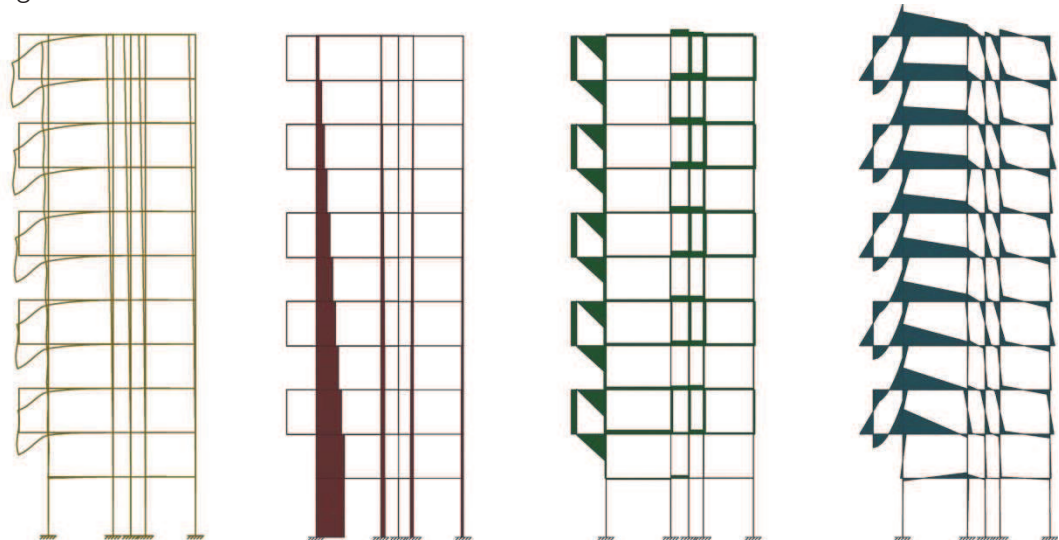


Figura 9: diagrammi azioni interne (deformazioni, azione assiale, taglio e momento flettente), autore tesi

Si può quindi procedere al dimensionamento e alla verifica degli elementi strutturali che compongono i volumi additivi.

7.4.3.1. Travi superiori

Per il dimensionamento della trave, è innanzitutto necessario conoscere le proprietà meccaniche del materiale che si vuole utilizzare. La scelta è quella di utilizzare l'acciaio, perché, visti i limitati spessori di cui si dispone e su cui si può intervenire, consente a parità di prestazioni di avere dimensioni minori rispetto a materiali come il legno.

Si riportano pertanto i valori caratteristici dell'acciaio scelto:

$$E = 210000 \text{ MPa}$$

$$f_{yk} = 360 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = 235 \text{ MPa}$$

Il carico agente è dato dal peso della copertura moltiplicato per l'area di influenza di ciascuna trave, che risulta essere una striscia larga 1,85 m e lunga quanto la trave, ovvero 2 m.

Il carico verticale sarà quindi:

$$q = 15,688 \text{ kN/m}$$

La trave viene dimensionata a partire dall'imposizione della freccia massima ammissibile. La freccia massima ammissibile è pari a $L/250$, e la formula per determinarla dipende dai vincoli agli estremi della trave, che in questo caso, come detto, sono incastri. Si ha quindi:

$$f_{\max} = q \times L^4 / 384EI$$

dove l'unica incognita è l'inerzia I , da cui:

$$I = q \times L^4 / 384E f_{\max}$$

Con $I = 38,91 \text{ cm}^4$

Si è scelta una trave IPE80 con le seguenti caratteristiche:

peso	0,0588	kN/m
Jx	80,14	cm ⁴
Wx	20,03	cm ³
b	46	mm
h	80	mm
a	3,8	mm
e	5,2	mm
A	764	mm ²
ix	3,24	cm

Occorre verificare la stabilità della trave eseguendo la verifica a flessione monoassiale e a taglio.

- Verifica a flessione monoassiale

La verifica a flessione prevede di valutare il momento massimo agente, sia esso agente sulle fibre superiori o inferiori, e verificare che il profilo scelto resista a tale sollecitazione flessionale.

Per il calcolo dei momenti agenti si è definito lo schema statico della trave, che, alla luce delle considerazioni fatte in precedenza, risulta essere doppiamente incastrata agli estremi.

Soggetta ad un carico distribuito pari a $q = 15,68 \text{ kN/m}$, si avrà la distribuzione dei momenti riportata in figura:

Predimensionamento della trave

Verifica della trave

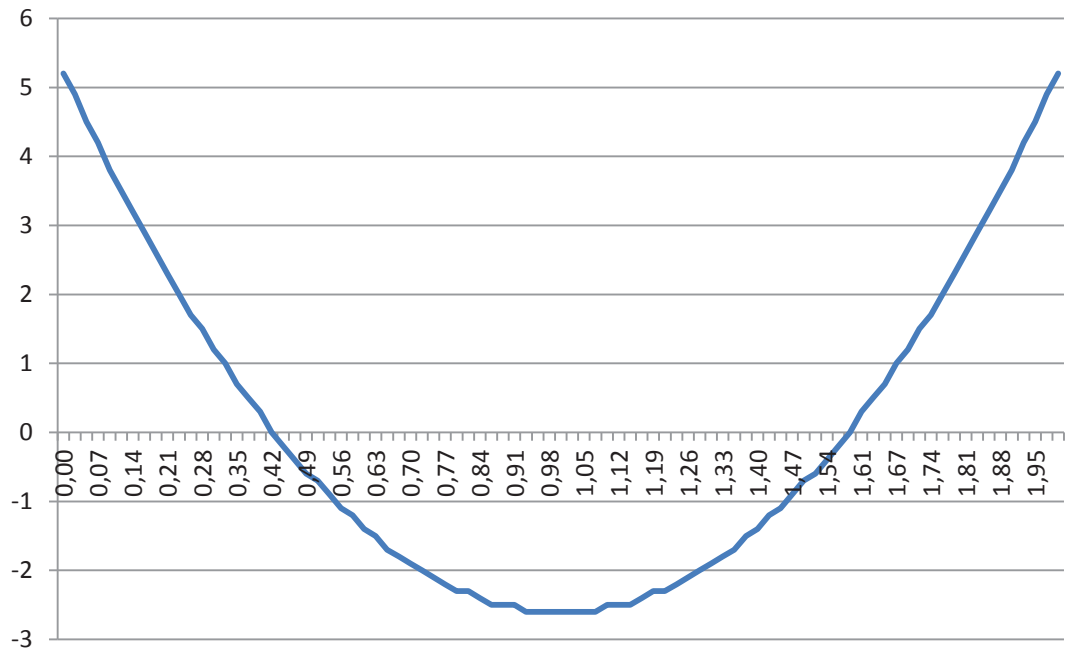


Figura 10: andamento dei momenti flettenti agenti sulla trave [kNm], autore tesi

Il valore del momento agente massimo è pari a 5,2 kNm, e tende le fibre superiori in corrispondenza degli estremi della trave.

Per la verifica occorre confrontare il momento agente e il momento resistente, in modo che, sotto opportune condizioni di sicurezza, il loro rapporto sia inferiore all'unità.

Come detto, il momento agente massimo è

$$M_{ed} = 5,2 \text{ kNm}$$

Il momento resistente è dato da:

$$M_{Rd} = W_{pl} \times f_{yk} / \gamma_{M0}$$

Dove:

$W_{pl} = 20,03 \text{ cm}^3$ è il momento plastico caratteristico della trave IPE80

$f_{yk} = 360 \text{ MPa}$ è il valore di resistenza dell'acciaio

$\gamma_{M0} = 1,05$ è un coefficiente di sicurezza

Si ottiene quindi $M_{Rd} = 6,87 \text{ kNm}$, da cui la verifica:

$$M_{ed} / M_{Rd} = 0,76 < 1$$

- Verifica a taglio

La verifica a taglio richiede di confrontare il valore massimo del taglio agente e il valore del taglio resistente e verificare che il loro rapporto sia inferiore all'unità.

Per il calcolo degli sforzi di taglio agenti si è definito lo schema statico della trave, che, come detto in precedenza, risulta essere doppiamente incastrata in corrispondenza degli estremi.

Soggetta ad un carico distribuito pari a $q = 15,68 \text{ kN/m}$, si avrà la distribuzione degli sforzi di taglio riportata in figura:

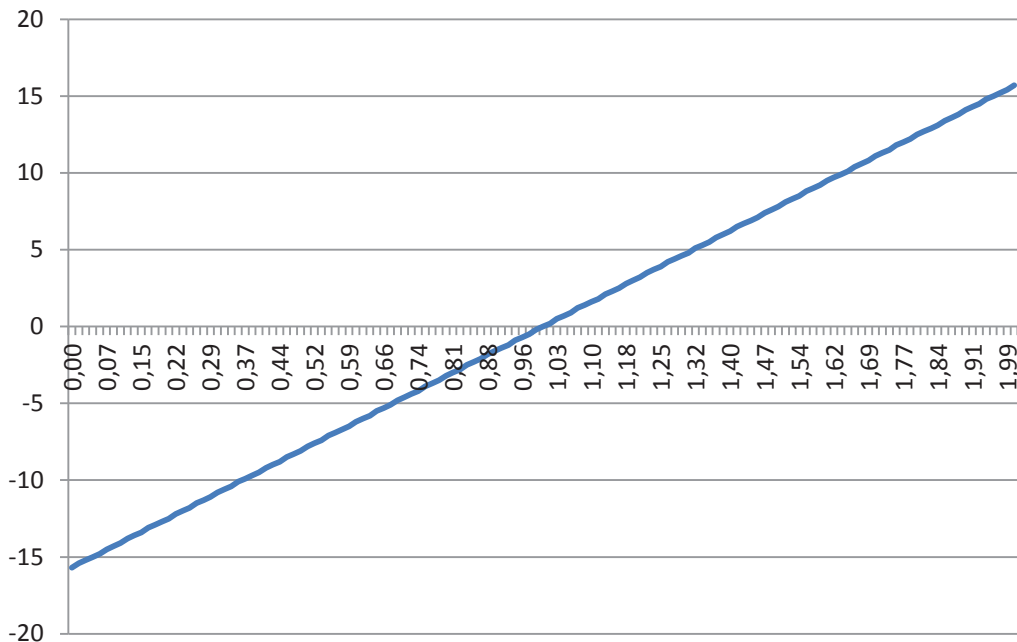


Figura 11: Andamento degli sforzi di taglio agenti sulla trave [kN], autore tesi

Il valore del massimo sforzo di taglio è $V_{ed} = 15,7$ kN in corrispondenza degli incastri.

Per la verifica occorre valutare anche il valore resistente:

$$V_{Rd} = A_v \times f_{yk} / \gamma_{M0} \times \sqrt{3}$$

Dove:

$f_{yk} = 360$ MPa è il valore di resistenza dell'acciaio

$\gamma_{M0} = 1,05$ è un coefficiente di sicurezza

A_v = area resistente al taglio definita come:

$$A_v = A - 2be + (a+2r)e$$

Con b , a , e ed r rispettivamente dimensione della base, spessore delle ali e dell'anima, raggio di curvatura caratteristici della trave IPE80.

Si ricava un valore $A_v = 3,57$ cm², da cui $V_{Rd} = 70,74$ kN. Si procede quindi alla verifica:

$$V_{ed} / V_{Rd} = 0,22 < 1$$

7.4.3.2 *Struttura di elevazione verticale*

Per la struttura di elevazione verticale si valuta inizialmente l'area di influenza propria del pilastro, e i carichi da essa derivanti. Ne consegue che su ciascun pilastro incide una forza, diretta verticalmente, di compressione pari a 15,7 kN, ovvero la reazione vincolare della trave di copertura precedentemente dimensionata.

La verifica che va condotta è quella di instabilità, poiché il pilastro in acciaio regge bene a trazione e compressione, ma quando soggetto a compressione c'è il rischio di svergolamento dovuto all'incidenza dei carichi verticali.

Per quanto riguarda il materiale, anche i montanti sono in acciaio, le cui caratteristiche sono le medesime di quanto riportato per la trave:

$$E = 210000 \text{ MPa}$$

$$f_{yk} = 360 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = 235 \text{ MPa}$$

Pilastro HEB100

In prima approssimazione si è scelto un pilastro HEB100, quindi di dimensioni piuttosto ridotte dovute ai carichi relativamente limitati.

Si riportano le caratteristiche geometriche del profilo:

Jx	449,5	cm ⁴
b	100	mm
h	100	mm
a	6	mm
e	10	mm
A	2604	mm ²
ix	4,16	mm

Per verificare la sicurezza all'instabilità si valuta l'azione assiale agente, confrontandola poi con quella resistente. L'azione agente, come detto, è quella derivante dalla trave superiore:

$$N_{ed} = 15,7 \text{ kN}$$

Per valutare l'azione resistente si procede in modo analogo a quanto espresso per la trave, quindi valutando l'area resistente e inserendo un coefficiente di sicurezza. Per tenere in conto l'effetto dell'instabilità, si inserisce un ulteriore coefficiente χ , per ricavare il quale si prendono in considerazione elementi quali la snellezza e la lunghezza di libera inflessione.

Il valore dell'azione resistente è dato da:

$$N_{b,Rd} = \chi \times A \times f_{yk} / \gamma_{M1}$$

Dove:

$\gamma_{M1} = 1,05$ è un coefficiente di sicurezza

$A = 26,04 \text{ cm}^2$ è l'area della sezione del pilastro

$f_{yk} = 360 \text{ MPa}$ è il valore di resistenza dell'acciaio

$\chi = 1 / [\varphi + (\varphi^2 - \lambda^2)^{0,5}]$ coefficiente di instabilità

con:

$$\varphi = 0,5 \times [1 + \alpha(\lambda - 0,2) + \lambda^2]$$

$$\alpha = 0,49$$

$$\lambda = [A \times f_{yk} / N_{cr}]^{0,5}$$

$N_{cr} = \pi^2 EA / \lambda^{*2}$ carico critico euleriano

$\lambda^* = L / i_x$ snellezza della colonna

Si ricava quindi un valore $\chi = 0,57$, da cui $N_{b,Rd} = 507,92$ kN.
Per la verifica si rapportano azione agente e resistente:

$$N_{ed} / N_{b,Rd} = 0,03 < 1$$

Il pilastro risulta verificato, ma evidentemente sovradimensionato rispetto ai carichi a cui è soggetto, come evidenzia il rapporto tra azione agente e resistente notevolmente inferiore all'unità.

Si è quindi scelto un nuovo elemento al posto del pilastro HEB100, andando a verificare anch'esso e poter poi fare la scelta migliore.
Il nuovo elemento è un tubolare a sezione quadrata, di dimensioni 50x50 mm, con le seguenti caratteristiche:

Tubolare 50x50

a	50	mm
s	2	mm
A	386	mm ²
i	1,96	mm

Per la verifica all'instabilità si procede in modo analogo a quanto fatto per il pilastro. L'azione agente è ancora $N_{ed} = 15,7$ kN, cambia in questo caso l'azione resistente. Seguendo il procedimento logico esposto in precedenza, si ottiene in questo caso un valore del coefficiente χ pari a 0,19, da cui si ricava un valore di azione assiale resistente $N_{b,Rd} = 25,56$ kN.
Confrontandola con l'azione agente si ottiene:

$$N_{ed} / N_{b,Rd} = 0,61 < 1$$

Il tubolare quadrato risulta quindi sufficiente per reggere i carichi verticali e per evitare una rottura per instabilità, e soprattutto risulta adeguatamente dimensionato. Per la connessione trave-tubolare si predispongono dei monconi presaldati alla trave, in modo che la fase di montaggio preveda la semplice bullonatura dei montanti a tali monconi.

7.4.3.3 Trave inferiore

Per il dimensionamento della trave si segue il procedimento adottato per le travi superiori, tenendo conto che cambiano i carichi agenti poiché, oltre al peso della porzione di solaio che insiste su ciascuna trave, in questo caso si ha anche la forza verticale derivante dal pilastro. Si ha dunque un carico distribuito pari a $q = 14,58$ kN/m, e un carico concentrato all'estremo pari a $F = 15,68$ kN.
Si riportano nuovamente i valori caratteristici dell'acciaio scelto:

$$E = 210000 \text{ MPa}$$

$$f_{yk} = 360 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = 235 \text{ MPa}$$

La trave viene dimensionata a partire dall'imposizione della freccia massima ammissibile. La freccia massima ammissibile è pari a $L/250$, e la formula per determinarla dipende dai vincoli agli estremi della trave, che in questo caso, come per le travi superiori, sono incastri.

Predimensionamento della trave

Si ha quindi:

$$f_{\max} = q \times L^4 / 384EI$$

dove l'unica incognita è l'inerzia I, da cui:

$$I = q \times L^4 / 384E f_{\max}$$

Con $I = 36,16 \text{ cm}^4$

Si è scelta una trave IPE80 con le seguenti caratteristiche:

peso	0,0588	kN/m
Jx	80,14	cm ⁴
Wx	20,03	cm ³
b	46	mm
h	80	mm
a	3,8	mm
e	5,2	mm
A	764	mm ²
ix	3,24	cm

Verifiche della trave

Occorre verificare la stabilità della trave eseguendo la verifica a flessione monoassiale e a taglio.

- Verifica a flessione monoassiale

La verifica a flessione prevede di valutare il momento massimo agente, sia esso agente sulle fibre superiori o inferiori, e verificare che il profilo scelto resista a tale sollecitazione flessionale.

Per il calcolo dei momenti agenti si è definito lo schema statico della trave, che, come per le travi superiori, risulta doppiamente incastrata.

Soggetta ad un carico distribuito pari a $q = 14,58 \text{ kN/m}$, si avrà la distribuzione dei momenti riportata in figura:

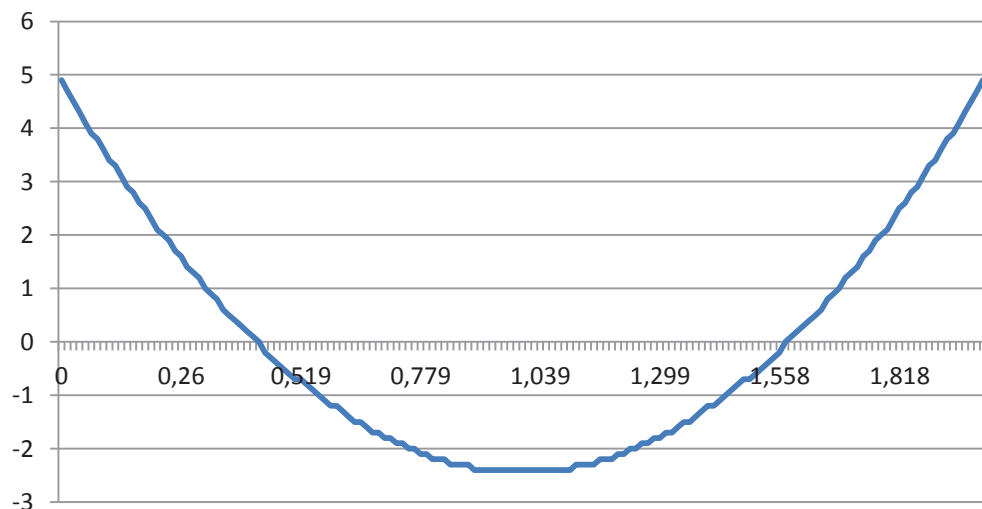


Figura 12: andamento dei momenti flettenti agenti sulla trave [kNm], autore tesi

Il valore del momento agente massimo è pari a 4,9 kNm, e tende le fibre superiori in corrispondenza degli estremi della trave.

Per la verifica occorre confrontare il momento agente e il momento resistente, in modo che, sotto opportune condizioni di sicurezza, il loro rapporto sia inferiore all'unità.

Come detto, il momento agente massimo è

$$M_{ed} = 4,9 \text{ kNm}$$

Il momento resistente è dato da:

$$M_{Rd} = W_{pl} \times f_{yk} / \gamma_{M0}$$

Dove:

$W_{pl} = 20,03 \text{ cm}^3$ è il momento plastico caratteristico della trave IPE80

$f_{yk} = 360 \text{ MPa}$ è il valore di resistenza dell'acciaio

$\gamma_{M0} = 1,05$ è un coefficiente di sicurezza

Si ottiene quindi $M_{Rd} = 6,87 \text{ kNm}$, da cui la verifica:

$$M_{ed} / M_{Rd} = 0,71 < 1$$

- Verifica a taglio

La verifica a taglio richiede di confrontare il valore massimo del taglio agente e il valore del taglio resistente e verificare che il loro rapporto sia inferiore all'unità.

Per il calcolo degli sforzi di taglio agenti si è definito lo schema statico della trave, che, come detto in precedenza, risulta essere doppiamente incastrata in corrispondenza degli estremi.

Soggetta ad un carico distribuito pari a $q = 14,58 \text{ kN/m}$, si avrà la distribuzione degli sforzi di taglio riportata in figura:

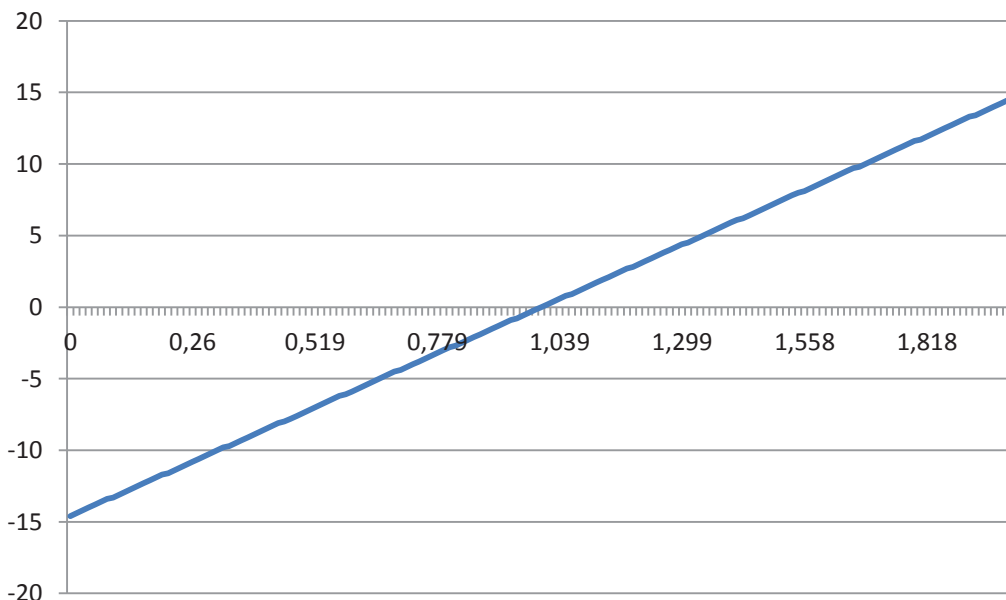


Figura 13: Andamento degli sforzi di taglio agenti sulla trave [kN], autore tesi

Il valore del massimo sforzo di taglio è $V_{ed} = 14,6 \text{ kN}$ in corrispondenza degli incastrati.

Per la verifica occorre valutare anche il valore resistente:

$$V_{Rd} = A_v \times f_{yk} / \gamma_{M0} \times \sqrt{3}$$

Dove:

$f_{yk} = 360$ MPa è il valore di resistenza dell'acciaio

$\gamma_{M0} = 1,05$ è un coefficiente di sicurezza

A_v = area resistente al taglio definita come:

$$A_v = A - 2be + (a+2r)e$$

Con b , a , e ed r rispettivamente dimensione della base, spessore delle ali e dell'anima, raggio di curvatura caratteristici della trave IPE80.

Si ricava un valore $A_v = 3,57 \text{ cm}^2$, da cui $V_{Rd} = 70,74 \text{ kN}$. Si procede quindi alla verifica:

$$V_{ed} / V_{Rd} = 0,21 < 1$$

7.4.4 La piastra

La scelta progettuale

La scelta progettuale di aumentare l'altezza dell'edificio aggiungendo un piano in copertura ha determinato approfondite analisi dal punto di vista strutturale per rispondere al meglio ai nuovi carichi.

Come esposto più volte, la strategia è quella di agire dall'esterno, intaccando il meno possibile l'edificio esistente. Questa linea di intervento vale a maggior ragione per le strutture, di cui non si hanno informazioni certe, e che sarebbe meglio sgravare dai carichi piuttosto che insistere ulteriormente su di esse.

Si è quindi optato per un elemento di struttura orizzontale in grado di assorbire i carichi provenienti dalla sopraelevazione e scaricarli sui nuovi pilastri in corrispondenza dei volumi additivi o dei controventi. Le due soluzioni possibili erano una piastra in calcestruzzo su più appoggi o un graticcio di travi in acciaio. La scelta è caduta sulla piastra, sia perché i pilastri disposti in modo irregolare rendevano complessa la formazione del reticolo di travi, sia perché un elemento rigido come la piastra aiuta a contenere le forze orizzontali, e infine perché con la piastra si sarebbero ridotti notevolmente gli spessori in gioco.

7.4.4.1 Lo schema statico

Vincoli e schema statico della piastra

In primo luogo si è proceduto col definire lo schema statico della piastra, andando a valutare gli appoggi e i vincoli al contorno. Gli appoggi rappresentati dai nuovi pilastri di bordo in acciaio non potevano essere sufficienti, poiché la luce tra essi era decisamente elevata per evitare eccessivi spessori della piastra e eccessivi sforzi flettenti e torsionali. Si è ovviato a questo problema sfruttando i vani ascensori: dovendo sostituire gli ascensori attuali, si possono sfruttare i vani, attualmente di dimensioni ampiamente sufficienti per accogliere i nuovi ascensori, inserendo nuovi pilastri in acciaio di piccole dimensioni (HEB100) che consentano alla piastra di avere più appoggi intermedi.

Si è quindi suddivisa la piastra in porzioni, a seconda di vincoli e dimensioni. I vincoli ai bordi della piastra sono schematizzati come semplici appoggi, mentre all'interno, essendoci continuità con il resto della piastra, il vincolo viene ridotto ad un incastro.

Ne consegue che lo schema della piastra è il seguente:

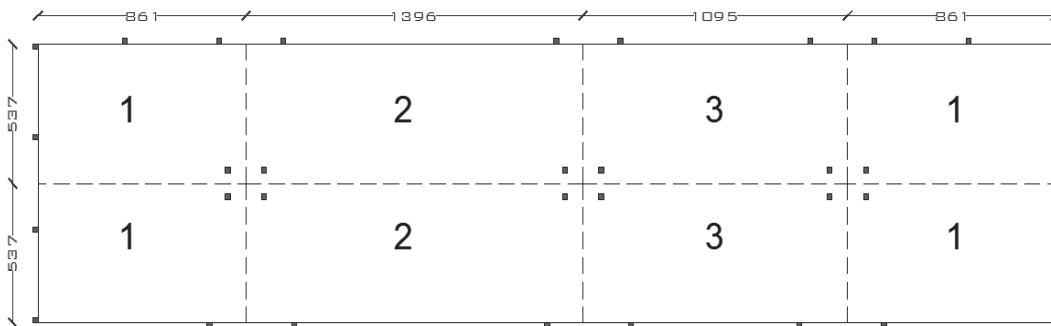


Figura 14: Schema della piastra di copertura, autore tesi

7.4.4.2 Dimensionamento: il metodo delle linee di rottura

Per il dimensionamento della piastra si sono innanzitutto definiti i carichi agenti, rappresentati dai pesi dei pacchetti della sopraelevazione moltiplicati per gli opportuni coefficienti ψ_{ii} secondo la combinazione dei carichi allo Stato Limite Ultimo, ottenendo un valore di carico distribuito pari a

$$q = 11,5 \text{ kN/m}^2$$

Il secondo passaggio consiste nel definire le proprietà meccaniche dei materiali. La piastra lavora in maniera simile ad una trave, con il calcestruzzo che resiste a compressione e l'acciaio a trazione, con la particolarità che questa resistenza deve essere garantita nelle due direzioni.

Si riportano quindi le caratteristiche meccaniche dei materiali scelti:

- Calcestruzzo classe C20/25:

$$\begin{aligned} f_{ck} &= 25 \text{ MPa} \\ \alpha &= 0,85 \\ \gamma_c &= 1,6 \\ f_{cd} &= \alpha \times (f_{ck} / \gamma_c) = 13,28 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- Acciaio FeB500:

$$\begin{aligned} f_{yk} &= 500 \text{ MPa} \\ \gamma_s &= 1,15 \\ f_{yd} &= (f_{yk} / \gamma_s) = 434,78 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Si può a questo punto procedere con il dimensionamento. Per farlo si è seguito l'approccio delle **linee di rottura**, un approccio cinematico che consiste nel valutare i meccanismi di rottura e individuare la rottura che minimizza il carico, ovvero il minimo carico che comporta la rottura della piastra.

Si è proceduto per porzioni di piastra, individuando come espresso in precedenza diverse porzioni a seconda di vincoli e dimensioni. In particolare si sono individuate tre sezioni ricorrenti, che dunque sono state l'oggetto del dimensionamento.

Il metodo delle linee di rottura

- Porzione 1

La porzione 1 è la porzione d'angolo, quindi i vincoli sono rappresentati da due appoggi sui bordi esterni e da due incastri per la continuità con la restante parte della piastra.

Il cinematismo di rottura è quello rappresentato in figura:

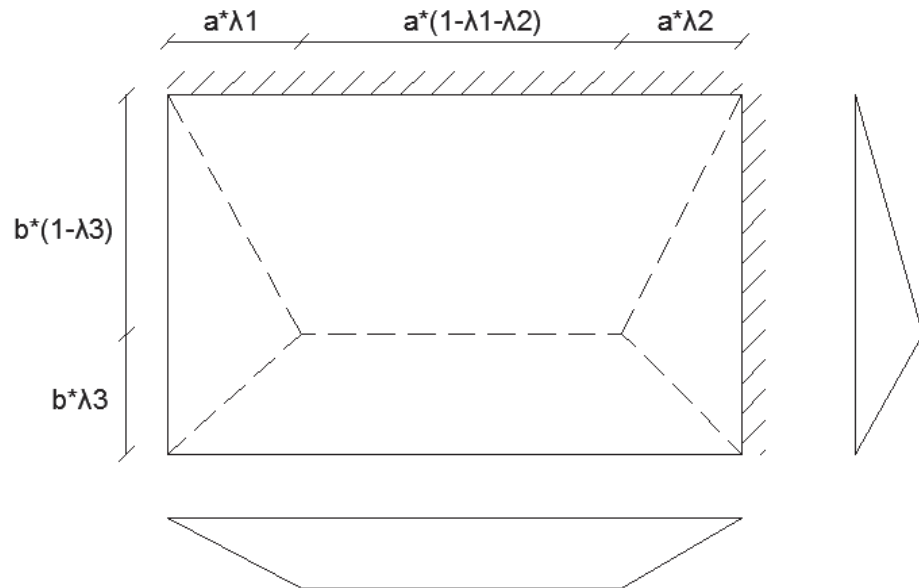


Figura 15: linee di rottura per una piastra con due appoggi e due incastri, autore tesi

Per il dimensionamento il primo parametro da stabilire è l'altezza h della piastra, che viene ipotizzata di 0,18 m. Per i calcoli si richiede anche il valore dell'altezza utile d , ovvero la distanza tra armatura superiore e armatura inferiore, il cui valore è 0,15 m.

Il metodo delle linee di rottura prevede di individuare i valori dei momenti agenti per poi valutare l'armatura necessaria per resistere ad essi. Per valutare i momenti si applica il principio dei lavori virtuali, andando ad imporre l'uguaglianza tra lavoro interno e lavoro esterno.

Definiamo quindi i seguenti valori:

$$a = 8,61 \text{ m}$$

$$b = 5,37 \text{ m}$$

$$\lambda_{1,2,3} = \text{coefficienti di lunghezza delle porzioni di rottura}$$

$$\vartheta_{1,2,3} = \text{rotazioni della deformata nelle due direzioni}$$

$$\delta = \text{spostamento verticale massimo in configurazione deformata}$$

$$k = a / b = 1,60$$

Principio dei lavori virtuali

Con buona approssimazione si possono ricondurre i valori λ_1 , λ_2 e λ_3 ad uno stesso valore λ .

Si procede alla definizione di lavoro interno e di lavoro esterno, andando poi ad imporre l'equilibrio uguagliando i due valori:

$$L_i = m_x^+ \times [b \times \lambda \times \vartheta_{x1} + b \times (1-\lambda) \times \vartheta_{x2}] + m_x^- \times [b \times \lambda \times \vartheta_{x1} + b \times (1-\lambda) \times \vartheta_{x2}] + m_y^+ \times [a \times (1-2\lambda) \times \vartheta_y + 2 \times a \times \lambda \times \vartheta_y] + m_y^- \times [a \times (1-2\lambda) \times \vartheta_y + 2 \times a \times \lambda \times \vartheta_y]$$

$$L_e = p \times [(a \times \lambda \times b \times \delta)/6] + [(a \times \lambda \times b \times \delta)/6] + [a \times (1-2\lambda) \times b \times \delta/2]$$

Date la condizioni al contorno, si determina un rapporto tra i momenti, positivi e negativi, agenti sulla piastra:

$$\begin{aligned} m_x^- &= 1/2 m_x^+ \\ m_y^- &= 1/2 m_x^- \\ m_y^+ &= m_x^+ \end{aligned}$$

e si definiscono i valori delle rotazioni ϑ :

$$\begin{aligned} \vartheta_{x1} &= \delta / [\lambda_3 \times b] \\ \vartheta_{x2} &= \delta / [(1-\lambda_3) \times b] \\ \vartheta_{y1} &= \delta / [\lambda_1 \times a] \\ \vartheta_{y2} &= \delta / [\lambda_2 \times a] \end{aligned}$$

Sostituendo questi valori nelle equazioni di lavoro interno ed esterno, e ricordando che $a = kb$, si ottiene:

$$\begin{aligned} L_i &= \delta \times [3m_x^+ + (3/2) \times (m_x^+ / \lambda)] \\ L_e &= \delta \times p \times [-(2/3) \times kb^2 \times \lambda + kb^2/2] \end{aligned}$$

E con $\lambda = [-1 + \sqrt{(1+6k^2)}]/4k^2 = 0,297$, si ricavano i valori dei momenti agenti:

Momenti agenti sulla piastra

$$\begin{aligned} m_x^+ &= 23,22 \text{ kNm} \\ m_x^- &= 11,61 \text{ kNm} \\ m_y^+ &= 23,22 \text{ kNm} \\ m_y^- &= 11,61 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Ricordando che $M = A_i \times f_{yd} \times d$, con unica incognita A_i , si possono ricavare le sezioni dell'armatura necessaria per resistere ai momenti agenti, andando dunque a stabilire quanti e quali ferri d'armatura siano necessari.

Procedendo con i calcoli, si ricava che per questa porzione sono necessari 4 ferri $\phi 12$ per metro per l'armatura superiore in entrambe le direzioni, e 3 ferri $\phi 10$ per metro per l'armatura inferiore in entrambe le direzioni, con un infittimento nei pressi degli incastri. I passi delle armature risultano quindi di 25 cm per quella superiore e di 33,33 cm per quella inferiore.

- Porzioni 2 e 3

Le porzioni 2 e 3 sono le porzioni interne, caratterizzate dall'aver un lato appoggiato e gli altri tre lati in continuità con il resto della piastra, quindi schematizzati in incastri.

Poiché lo schema statico di queste porzioni è il medesimo e l'unica variazione è rappresentata dalle diverse dimensioni, si riportano i ragionamenti e i procedimenti effettuati, andando poi a definire per i due casi, a seconda delle lunghezze a e b , i momenti agenti.

Il cinematico di rottura è quello rappresentato in figura:

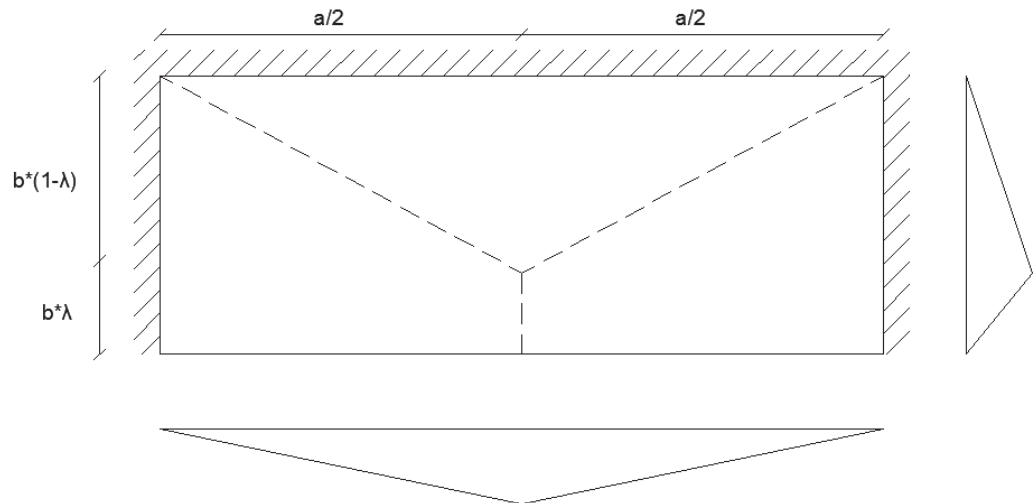


Figura 16: linee di rottura per una piastra con un appoggio e tre incastri, autore tesi

Per il dimensionamento il primo parametro da stabilire è l'altezza h della piastra, che, come detto in precedenza, è di 0,18 m. Analogamente a quanto esposto per la porzione 1, l'altezza utile d , ovvero la distanza tra armatura superiore e armatura inferiore, è 0,15 m.

Si applica nuovamente il criterio delle linee di rottura, adattandolo alla diversa configurazione di queste porzioni rispetto alla porzione 1.

Definiamo quindi i seguenti valori:

$$a_2 = 13,96 \text{ m}$$

$$b_2 = 5,37 \text{ m}$$

$$a_3 = 10,95 \text{ m}$$

$$b_3 = 5,37 \text{ m}$$

$\lambda_{1,2,3}$ = coefficienti di lunghezza delle porzioni di rottura

$\vartheta_{1,2,3}$ = rotazioni della deformata nelle due direzioni

δ = spostamento verticale massimo in configurazione deformata

$$k_2 = a_2 / b_2 = 2,60$$

$$k_3 = a_3 / b_3 = 2,04$$

Principio dei lavori virtuali

Con buona approssimazione si possono ricondurre i valori λ_1 , λ_2 e λ_3 ad uno stesso valore λ .

Si procede alla definizione di lavoro interno e di lavoro esterno, andando poi ad imporre l'equilibrio uguagliando i due valori:

$$L_i = m_x^+ \times [(2 \times b \times \lambda \times \vartheta_{x1}) + (2 \times b \times (1-\lambda) \times \vartheta_{x2})] + m_y^+ \times [a \times \vartheta_y]$$

$$L_e = p \times [(a \times b \times (1-\lambda) \times \delta/2) + (a \times b \times \lambda \times \delta/3)]$$

Date la condizioni al contorno, si determina un rapporto tra i momenti, positivi e negativi, agenti sulla piastra:

$$m_x^+ = \frac{1}{2} m_x^-$$

$$m_y^- = \frac{1}{2} m_x^-$$

$$m_x^+ = m_y^-$$

e si definiscono i valori delle rotazioni ϑ :

$$\begin{aligned}\vartheta_{x1} &= \delta / [\lambda_3 \times b] \\ \vartheta_{x2} &= \delta / [(1-\lambda_3) \times b] \\ \vartheta_y &= \delta / [1/2 \times a]\end{aligned}$$

Sostituendo questi valori nelle equazioni di lavoro interno ed esterno, e ricordando che $a = kb$, si ottiene:

$$\begin{aligned}Li &= \delta \times [3m_x^+ + (3/2) \times (m_x^+ / \lambda)] \\ Le &= \delta \times p \times [-(2/3) \times kb^2 \times \lambda + kb^2/2]\end{aligned}$$

E con $\lambda_2 = [-1 + \sqrt{(1+6k^2)}] / 4k^2 = 0,201$, e $\lambda_3 = [-1 + \sqrt{(1+6k^2)}] / 4k^2 = 0,246$, si ricavano i valori dei momenti agenti:

Porzione 2:

$$\begin{aligned}m_x^+ &= 33,51 \text{ kNm} \\ m_x^- &= 67,02 \text{ kNm} \\ m_y^+ &= 33,51 \text{ kNm} \\ m_y^- &= 33,51 \text{ kNm}\end{aligned}$$

Porzione 3:

$$\begin{aligned}m_x^+ &= 25,86 \text{ kNm} \\ m_x^- &= 51,72 \text{ kNm} \\ m_y^+ &= 25,86 \text{ kNm} \\ m_y^- &= 25,86 \text{ kNm}\end{aligned}$$

Momenti agenti sulla piastra

Ricordando che $M = A_i \times f_{yd} \times d$, con unica incognita A_i , si possono ricavare le sezioni dell'armatura necessaria per resistere ai momenti agenti, andando dunque a stabilire quanti e quali ferri d'armatura siano necessari.

Procedendo con i calcoli, si ricava che per la porzione 2 sono necessari 6 ferri $\phi 18$ per metro per l'armatura superiore in direzione x e 5 ferri $\phi 14$ per metro in direzione y, e 5 ferri $\phi 14$ per metro per l'armatura inferiore in entrambe le direzioni, con un infittimento nei pressi degli incastri. I passi delle armature risultano quindi di 16,67 cm per quella superiore in direzione x e di 20 cm per quella inferiore e quella superiore in direzione y.

Per la porzione 3 invece, soggetta a momenti di entità minore, sono necessari 4 ferri $\phi 18$ per metro per l'armatura superiore in direzione x e 5 ferri $\phi 12$ per metro in direzione y, e 5 ferri $\phi 12$ per metro per l'armatura inferiore in entrambe le direzioni, con un infittimento nei pressi degli incastri. I passi delle armature risultano quindi di 25 cm per quella superiore in direzione x e di 20 cm per quella inferiore e quella superiore in direzione y.

7.4.4.3 Il ponte termico

La soluzione strutturale adottata risponde in modo adeguato alle richieste strutturali, ma comporta alcune problematiche di carattere energetico. La piastra infatti, come detto, poggia sui nuovi pilastri di bordo, i quali sono inseriti nello spessore del nuovo isolamento a cappotto dell'edificio. Dunque la piastra in calcestruzzo non permette il passaggio del materiale isolante, dando origine ad un ponte termico piuttosto importante che corre lungo tutto il perimetro dell'edificio. Inoltre, alla piastra andrebbero poi connessi i balconi a sbalzo.

Il giunto termico

Queste due problematiche hanno sconsigliato una soluzione che prevedesse di fare in modo che il materiale isolante avvolgesse lo spigolo della piastra, perché sarebbe stato piuttosto invasivo dal punto di vista estetico e non avrebbe tenuto conto dell'aggancio del balcone. Anche la soluzione che prevede di isolare anche il balcone o parte di esso per limitare il ponte termico è stata scartata, poiché si tratta di inutile spreco di materiale, da evitare in ogni caso, ma soprattutto in un intervento su edifici di edilizia popolare in cui è necessario limitare i costi.

La soluzione migliore è quindi stata individuata in un giunto termico, che permette allo stesso tempo il collegamento piastra-balcone garantendo la continuità dell'isolamento a cappotto. I ferri d'armatura della piastra vengono ripresi nel getto del balcone dopo essere passati attraverso lo strato isolante, garantendo in questo modo la continuità tra piastra e balcone e la continuità dell'isolamento termico. I ferri passanti sono inclinati per resistere agli sforzi di taglio in corrispondenza dell'appoggio. Le forze di trazione vengono ancora assorbite dai ferri d'armatura, mentre la compressione, che nella piastra e nel balcone viene assorbita dal calcestruzzo, in corrispondenza del giunto termico viene assorbita da particolari elementi metallici con due piccole piastre alle estremità.

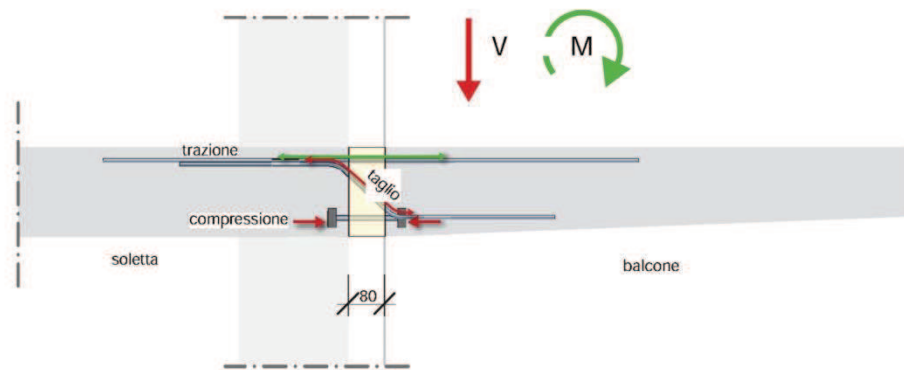


Figura 17: funzionamento del giunto termico tra piastra e balcone

PROBLEMI:

- NECESSITÀ DI UN ADEGUAMENTO ANTISISMICO
- NECESSITÀ DI UNA SISTEMA STRUTTURALE PER I VOLUMI ADDITIVI IN FACCIAIA E PER LA SOPRAELEVAZIONE
- NECESSITÀ DI LIMITARE IL PIÙ POSSIBILE GLI INTERVENTI ALL'INTERNO DEGLI APPARTAMENTI, CHE SARANNO ABITATI DURANTE I LAVORI
- NECESSITÀ DI NON GRAVARE SULLA STRUTTURA ESISTENTE, NON CONSCENDO NEL DETTAGLIO DIMENSIONI E ARMATURE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI
- NECESSITÀ DI OTTIMIZZARE VELOCITÀ E COSTI DI REALIZZAZIONE

SOLUZIONI:

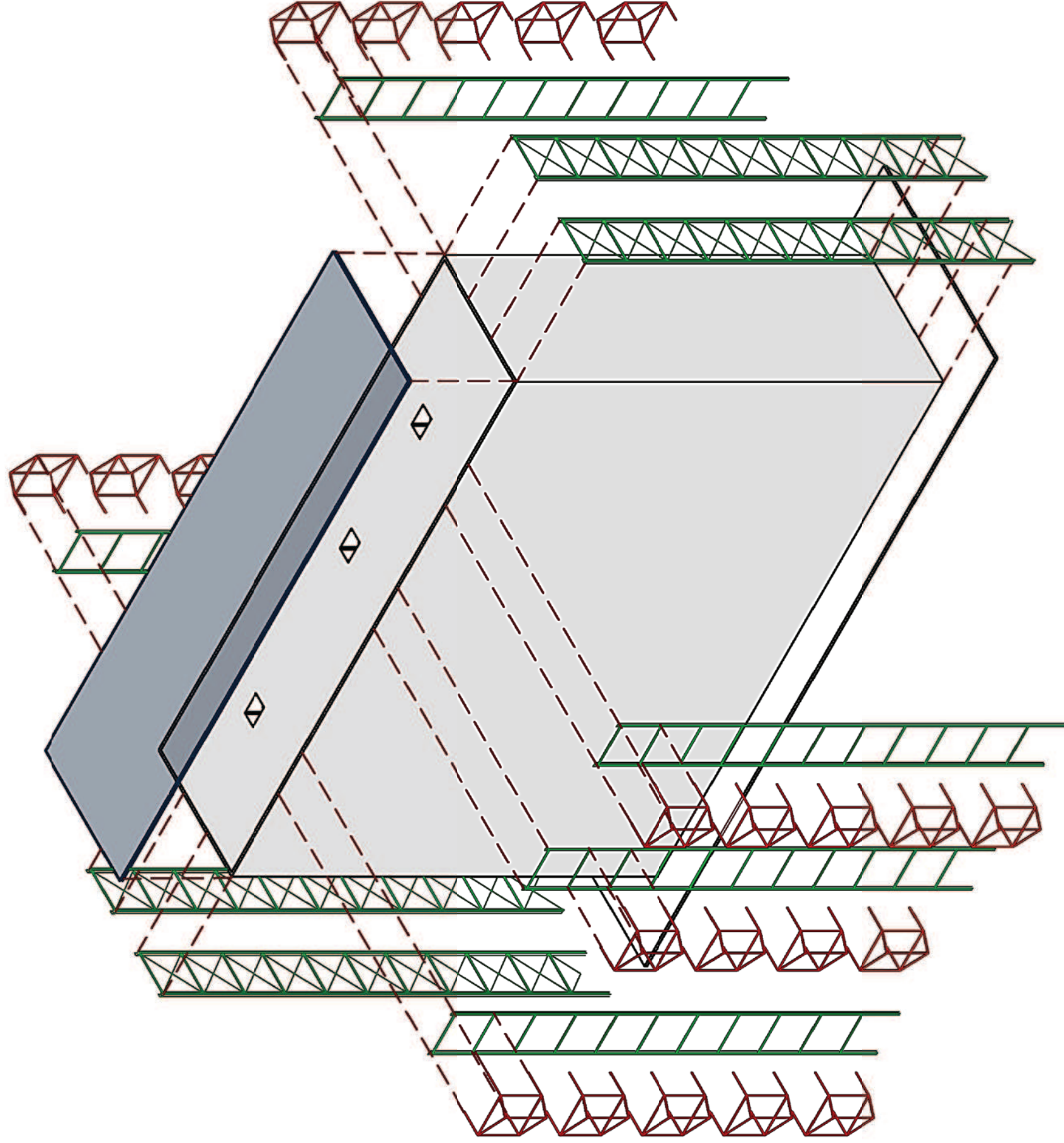
- **CONTROVENTI:**
PER L'ADEGUAMENTO ANTISISMICO SI UTILIZZA UN SISTEMA DI CONTROVENTI IN ACCIAIO ADDOSSATI ALLA STRUTTURA E COLLEGATI AD ESSA.
SI È SCELTO DI NON INTERVENIRE SUI VANI SCALA PERCHÈ LA DIMENSIONE DELLE RAMPE È AL LIMITE DI NORMATIVA, E INTERVENTI DI IRRIGIDIMENTO DEI PANNELLI PREFABBRICATI AVREBBERO RIDOTTO LA LARGHEZZA DELLA RAMPA.
I CONTROVENTI DEI LATI NORD-OVEST E SUD-EST SFRUTTANO UN SISTEMA DI TIRANTI A CROCE, MENTRE SUGLI ALTRI LATI LA RESISTENZA ALLE FORZE ORIZZONTALI SI OTTIENE CON UNA STRUTTURA A PORTALE PER ESIGENZE ARCHITETTONICHE

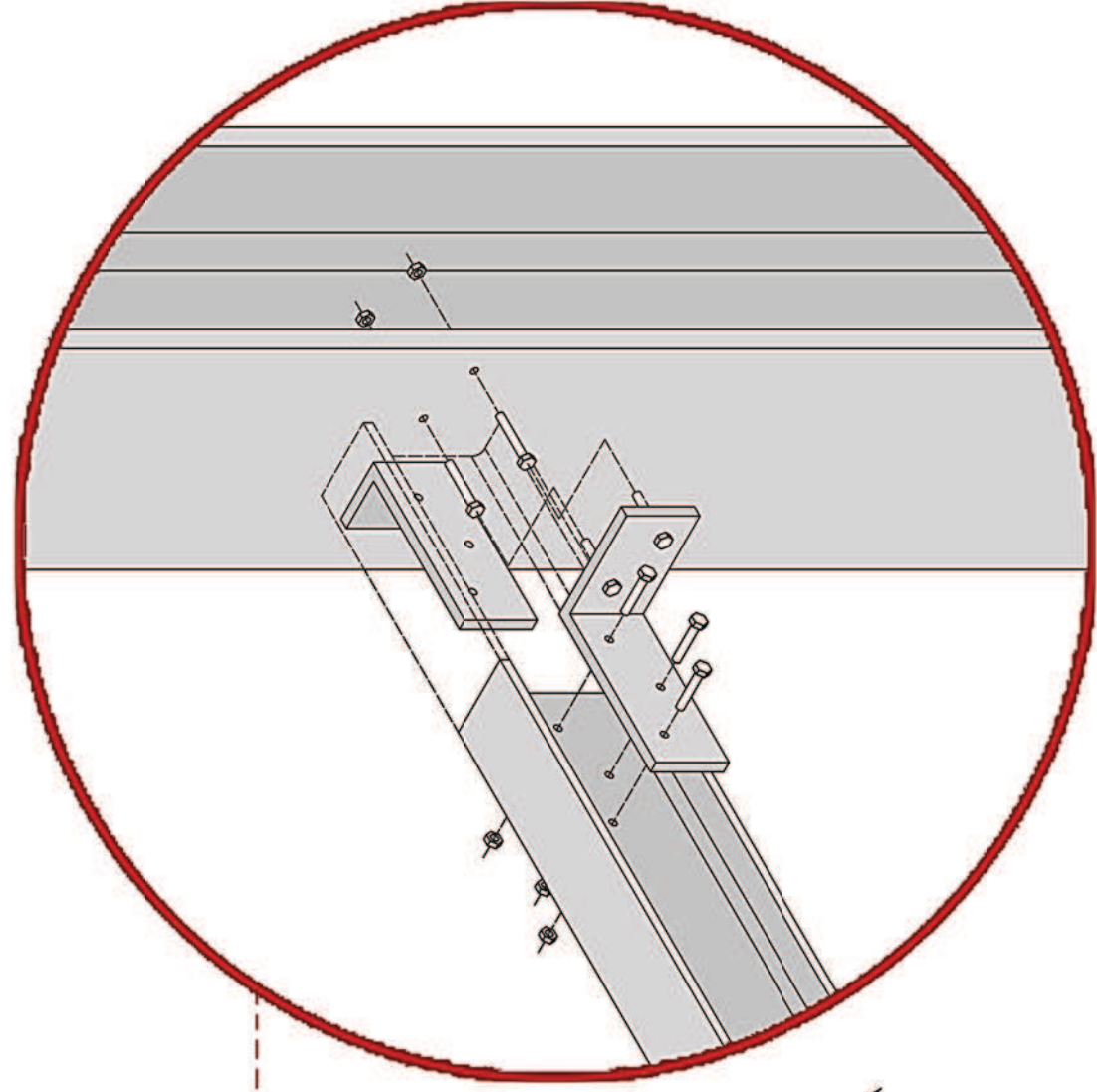
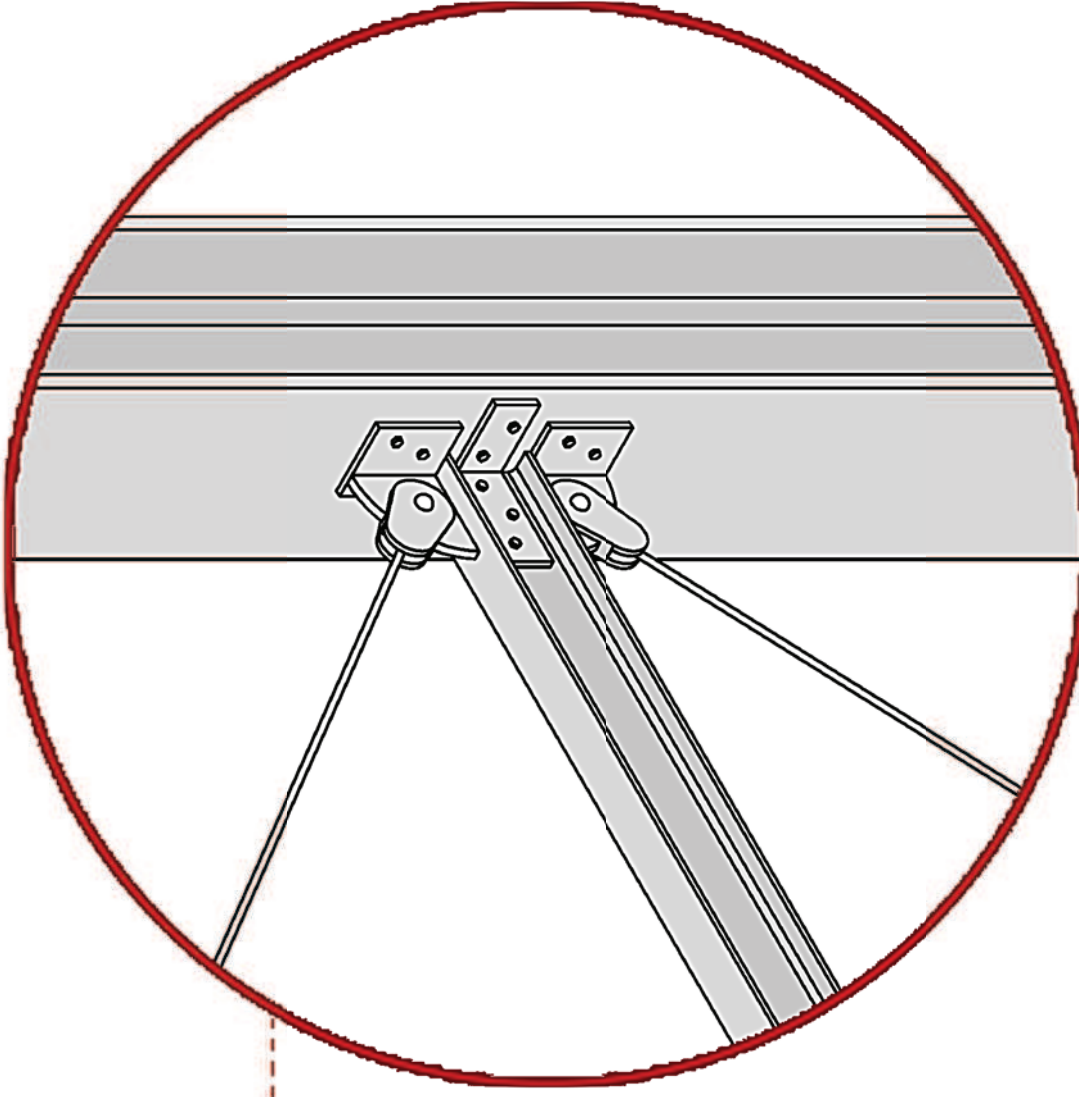
- **VOLUMI ADDITIVI:**

PER LA STRUTTURA DEI VOLUMI ADDITIVI SI È SCELTO DI SFRUTTARE I PILASTRI DEI CONTROVENTI COME ELEMENTI PORTANTI. I VOLUMI SARANNO COMPOSTI DA ELEMENTI PREFABBRICATI (SOLOID E COPERTURA) COMPOSTI DA TRAVI IPEB0, PROVVISI DI MONCONI PER LA BULLONATURA DEI MONTANTI (TUBOLARI) FATTA IN OPERA.
GLI ELEMENTI PREFABBRICATI PERMETTONO UNA MAGGIORE RAPIDITÀ DI INTERVENTO E UNA ACCURATEZZA MAGGIORE DOVUTA ALLE SALDATURE FATTE IN OFFICINA.

- **PIASTRA DI COPERTURA:**

LE POCHE INFORMAZIONI RIGUARDO LA STRUTTURA ESISTENTE HANNO DETERMINATO LA SCELTA DI RENDERE LA SOPRAELEVAZIONE STRUTTURALMENTE INDIPENDENTE DALL'EDIFICIO ESISTENTE.
SI È QUINDI STUDIATA UNA PIASTRA IN GLS ARMATO PER "STACCARE" SOPRAELEVAZIONE ED EDIFICIO ESISTENTE.
PER GLI APPOGGI DELLA PIASTRA SI SONO ANCORA UNA VOLTA SFRUTTATI I PILASTRI DEI CONTROVENTI (HEB180 E HEB140), A CUI SI AGGIUNGO NO DEI PILASTRI PIÙ PICCOLI (HEB100) INSERITI NEI VANI ASCENSORE E ADDOSSATI ALLA FACCIAIA NORD-EST IN PROSSIMITÀ DEI VANI SCALE.





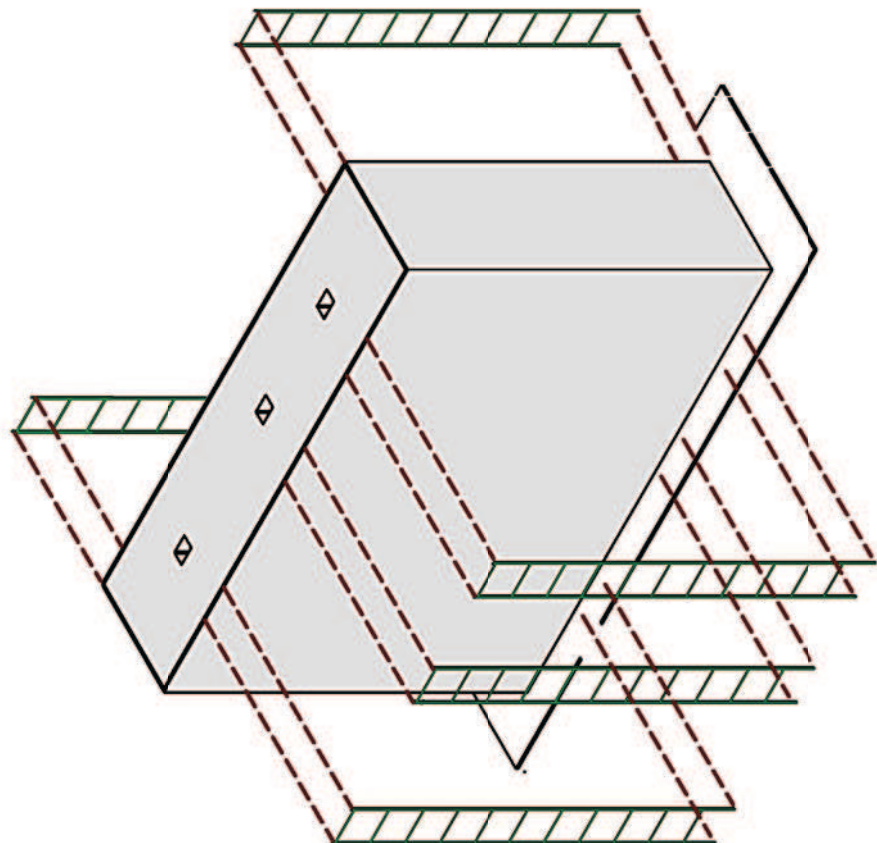
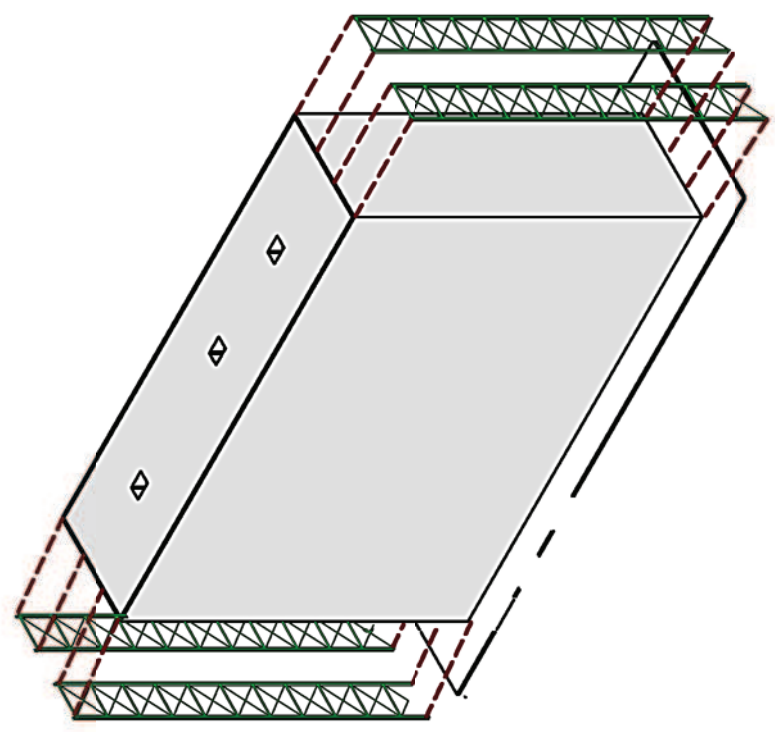
PILASTRO CONTINUO DEL
NUCLEO DI CONTROVENTO LATI
NORD-OVEST E SUD-EST:
HEB180

TIRANTI IN ACCIAIO,
DIAMETRO VARIABILE
TRA 15 E 42 MM

TRAVE DI CONNESSIONE
TRA I PILASTRI,
INCERNIERATA AGLI
ESTREMI:
IPE80

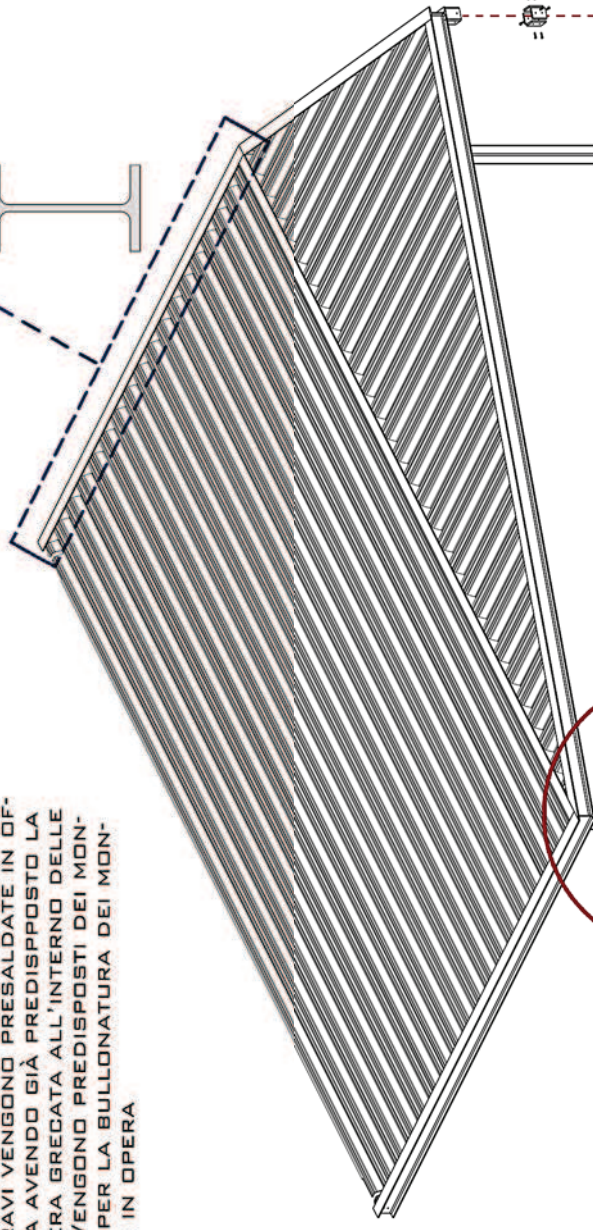
PILASTRO CONTINUO DEL
NUCLEO DI CONTROVENTO LATI
NORD-EST E SUD-OVEST:
HEB140

TRAVE DI CONNESSIONE TRA
I PILASTRI,
INCASTRATA AGLI ESTREMI:
IPE80



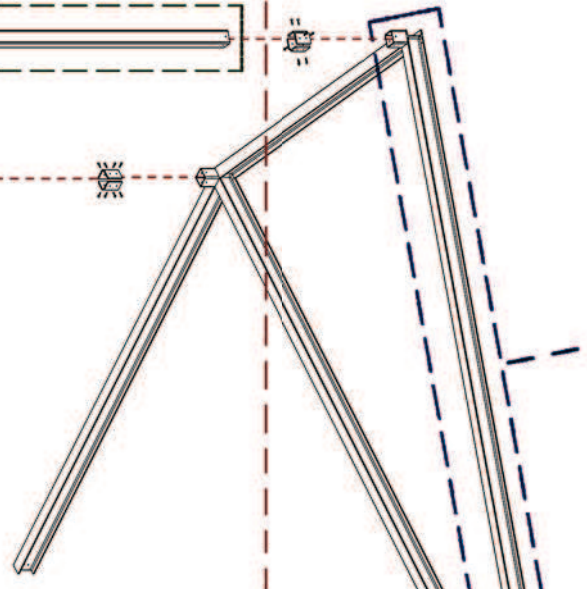
STRUTTURA DI COPERTURA:
LE TRAVI VENGONO PRESALDATE IN OFFICINA AVENDO GIÀ PREDISPOSTO LA LAMIERA GRECCATA ALL'INTERNO DELLE ALI. VENGONO PREDISPOSTI DEI MONCONI PER LA BULLONATURA DEI MONTANTI IN OPERA

TRAVE PER LA STRUTTURA DI COPERTURA DEL VOLUME ADDITIVO: IPE 80



1

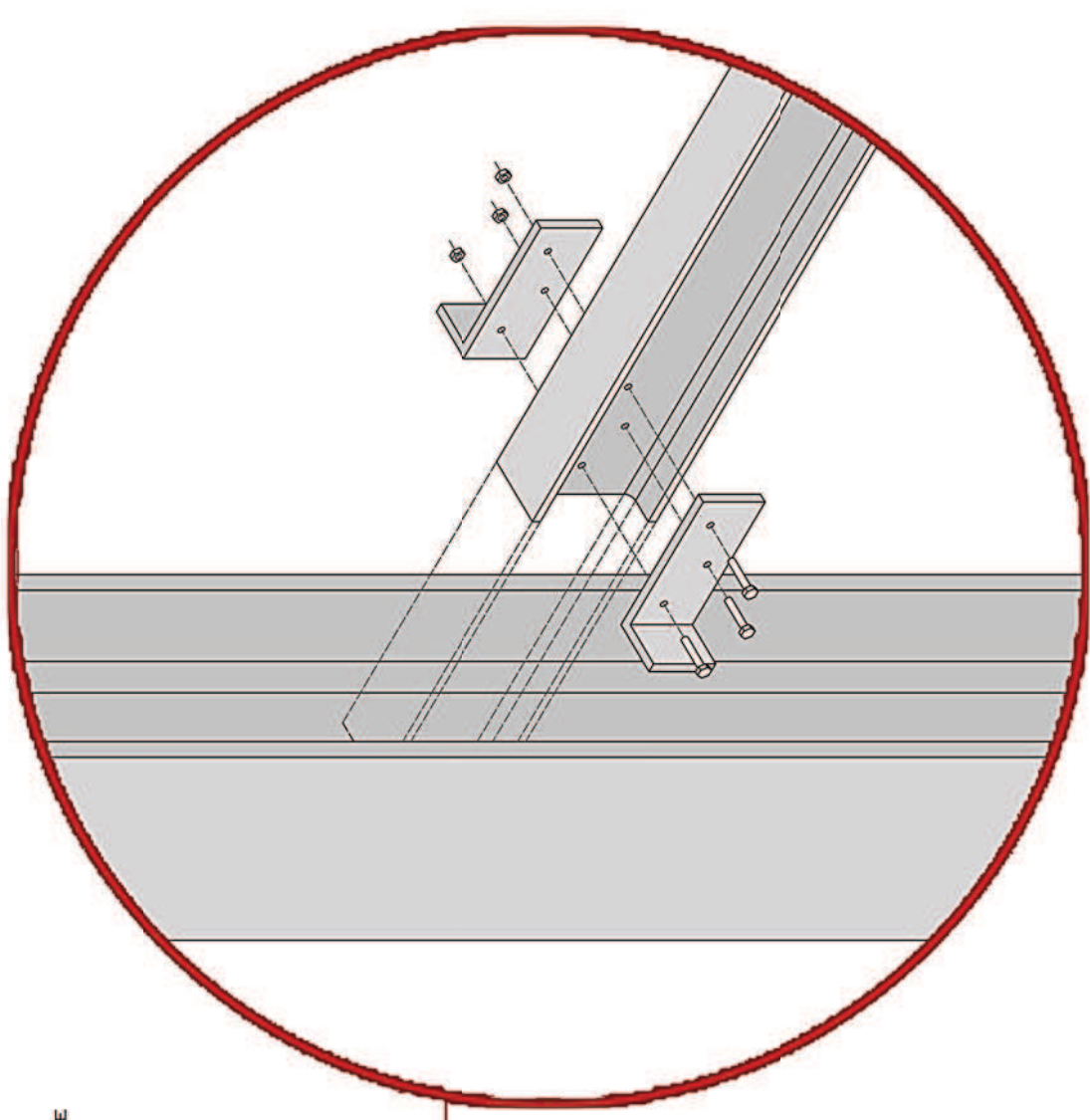
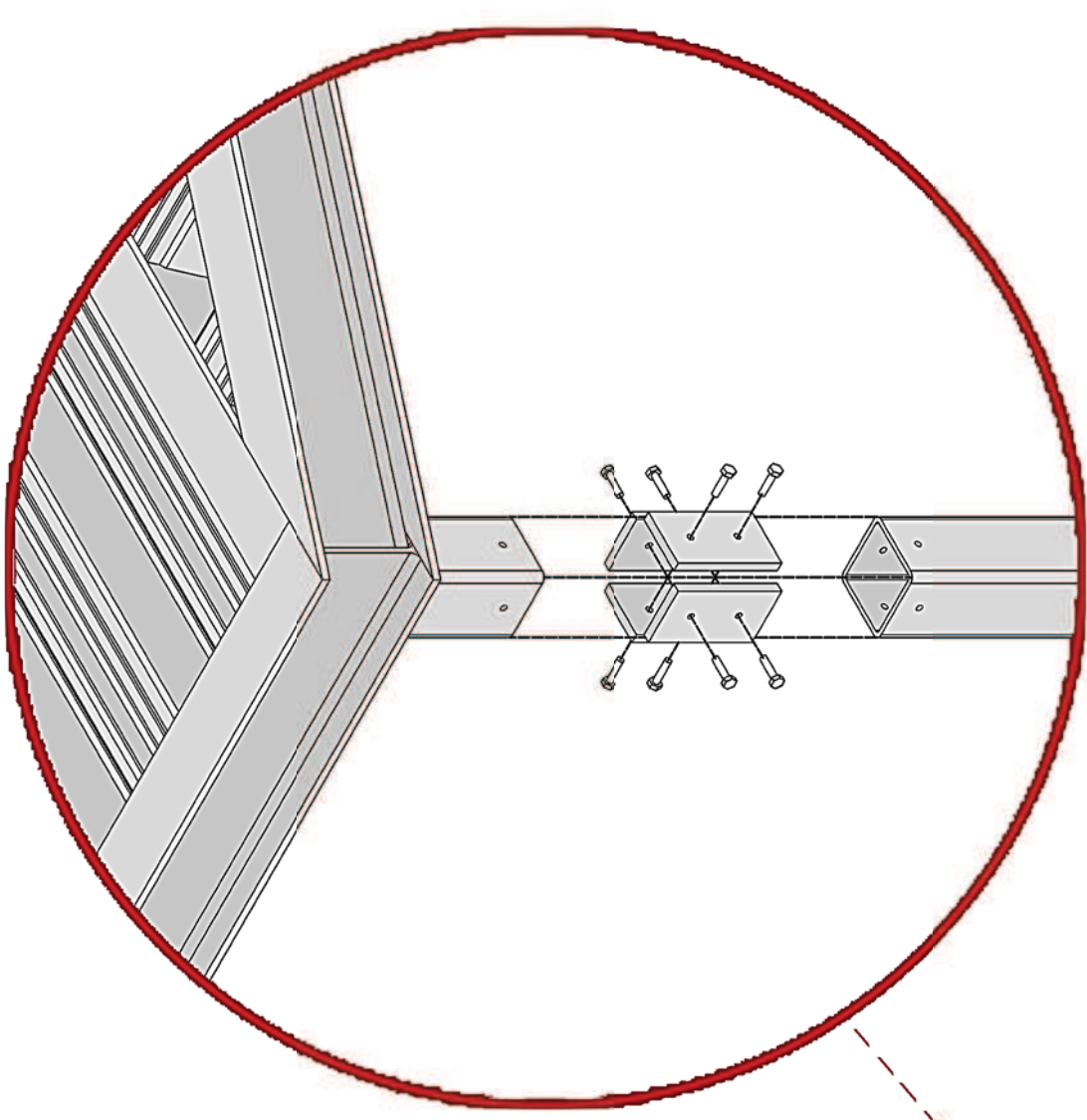
MONTANTE: TUBOLARE IN ACCIAIO, DIM. 50X50 MM



2

STRUTTURA DEL SOLAIO: TRAVI IPE80 SALDATE IN OFFICINA, CON MONCONI PREDISPOSTI PER LA BULLONATURA DEI TUBOLARI IN OPERA

TRAVE PER LA STRUTTURA DEL SOLAIO DEL VOLUME ADDITIVO: IPE80



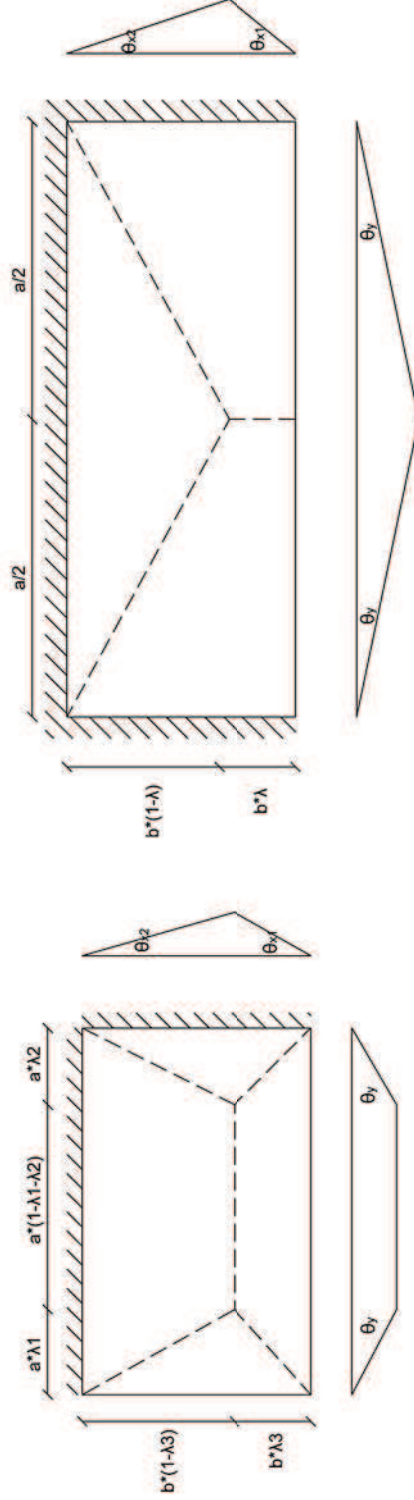
PIASTRA DI COPERTURA

PER LA STRUTTURA DI COPERTURA SI È SCELTO DI UTILIZZARE UNA PIASTRA IN CLS ARMATO, DOPO AVER VALUTATO L'OPZIONE DI AVERE UN GRATICCIO DI TRAVI IN ACCIAIO. QUESTA SCELTA È STATA DETTATA DAL NON PERFETTO ALLINEAMENTO DEI PILASTRI DEI CONTROVENTI, CHE AVREBBERO DOVUTO SOREGGERE L'INTERO GRATICCIO, DAL LIMITATO PESO DELLA SOPRAELEVAZIONE, E INFINE DAI COSTI INFERIORI.

CALCOLO DELLA PIASTRA: METODO DELLE LINEE DI ROTTURA

PER DIMENSIONARE LA PIASTRA (SPESSORE E ARMATURA SUPERIORE E INFERIORE) SI È ADOTTATO IL METODO DELLE LINEE DI ROTTURA. QUESTO METODO CONSISTE NELL'IPOTIZZARE UN MECCANISMO DI ROTTURA DELLA PIASTRA O DI PORZIONI DI ESSA (SCHEMA A FIANCO). A PARTIRE DA QUESTO MECCANISMO SI VALUTA IL MOMENTO RESISTENTE ANDANDO QUINDI A DIMENSIONARE L'ARMATURA E L'ALTEZZA DELLA PIASTRA.

IL PROCEDIMENTO CINEMATICO COSÌ DESCRITTO TENDE AD ANALIZZARE DIVERSI MECCANISMI DI ROTTURA PER VALUTARE QUELLO CHE SI ATTIVA PER UN CARICO MINORE.

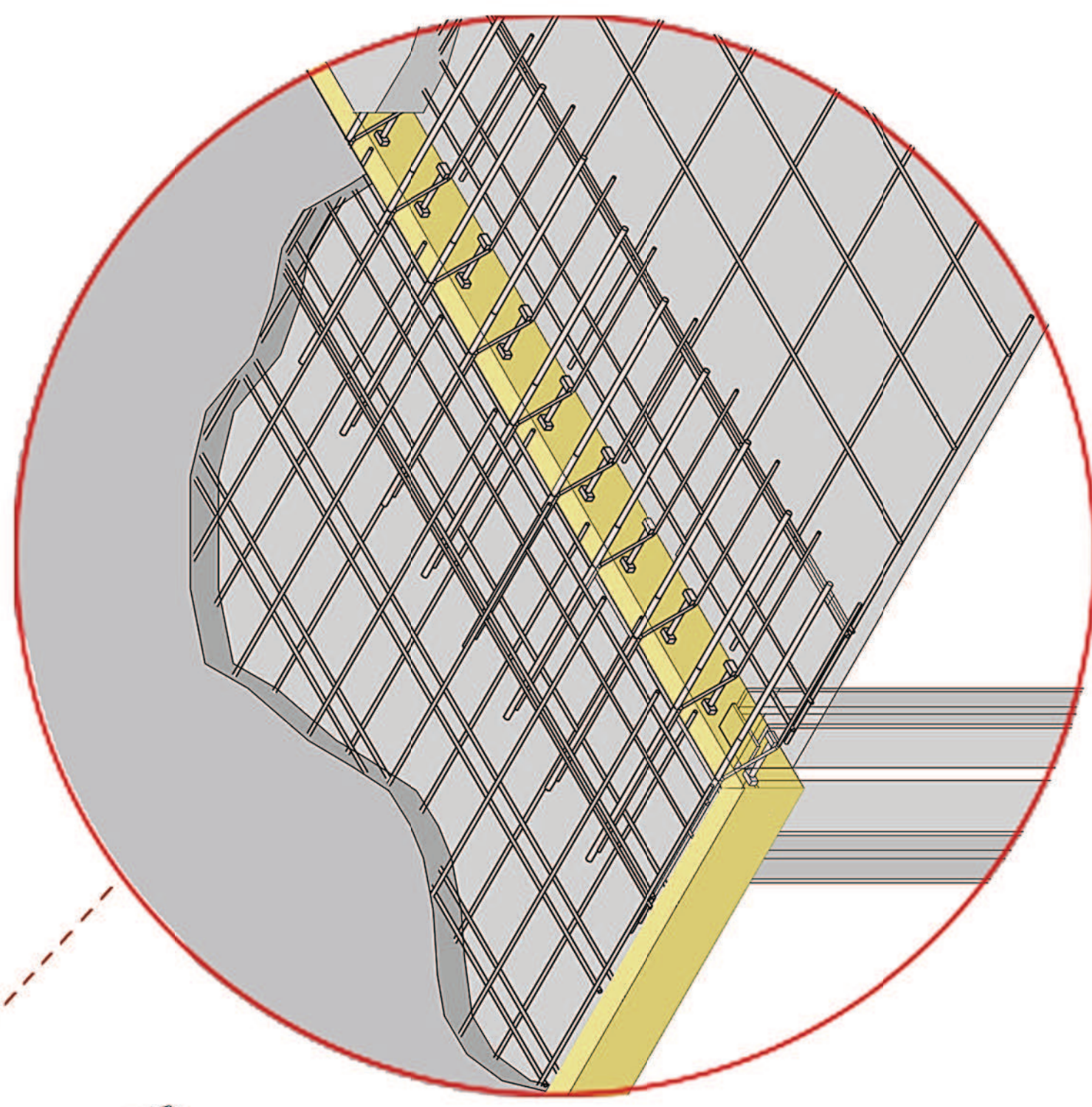
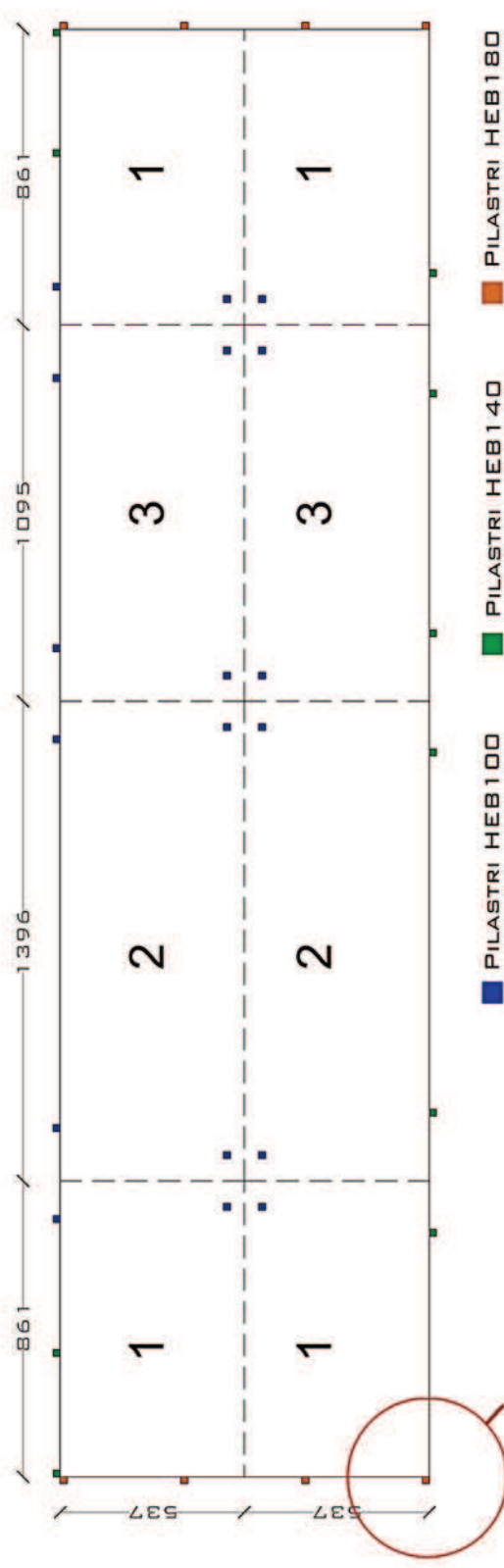
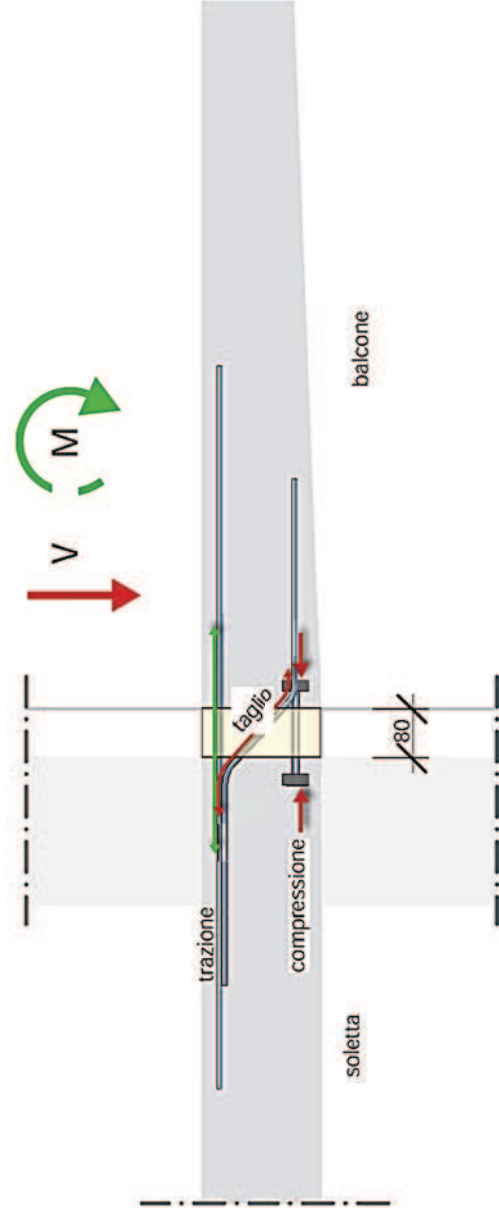


MECCANISMO DI ROTTURA PORZIONE 1

MECCANISMO DI ROTTURA PORZIONI 2 E 3

GIUNTO TERMICO:

LA PIASTRA DI COPERTURA, POGGIANDO SUI PILASTRI ESTERNI ALL'EDIFICIO ESISTENTE, NON PERMETTE DI PROSEGUIRE CON L'ISOLAMENTO A CAPPOTTO. PER OVVIARE AL PROBLEMA DEL PONTE TERMICO CHE SI SAREBBE GENERATO IN CORRISPONDENZA DELLA PIASTRA SI È SCELTO DI UTILIZZARE UN GIUNTO TERMICO STRUTTURALE, TIPO FRANK. VIENE INSERITO UN ELEMENTO ISOLANTE IN LANA DI ROCCIA (TIPO ROCKWOOL) CON GIUNTI CHE COLLEGANO L'ARMATURA DELLA PIASTRA A QUELLA DEL BALCONE, GARANTENDO LA CONTINUITÀ STRUTTURALE.



8. IL PROGETTO ENERGETICO IMPIANTISTICO

8.1 DATI CLIMATICI

Il Comune di Rozzano presenta un quadro climatico moderato (UNI 10349) che, messo in relazione con le temperature interne di progetto, consente di ottenere un gradiente di temperatura non eccessivo in inverno e di pochi gradi in estate.

PROVINCIA	ALTITUDINE [m slm]	T _{max} ESTIVA [°C]	T _{media minima} INVERNO [°C]	ESCURSIONE TERMICA GIORNALIERA [°C]	ESCURSIONE TERMICA ANNUA [°C]	T INTERNA DI PROGETTO IN ESTATE [°C]	T INTERNA DI PROGETTO IN INVERNO [°C]	LATITUDINE	ZONA CLIMATICA
Milano	103	31,9	-3,5	12	35,4	26	20	45°22'58" N	E

Figura 1 Dati climatici Comune di Rozzano, autore tesi

8.2 CALCOLO DEI CARICHI TERMICI ESTIVI

Condizioni interne

Durante il periodo estivo, al fine di mantenere all'interno degli ambienti una temperatura di circa 26 °C e un'umidità relativa che non supera mai il 60%, si dovrà asportare il calore che, per trasmissione ed irraggiamento, si trasmette all'interno dei locali ed il calore che si produce all'interno degli stessi.

Il calcolo delle entrate di calore estive, rispetto a quello delle dispersioni invernali, richiede una più difficile valutazione, data la molteplicità dei fattori da considerare per la stima dei carichi ambiente.

In particolare, mentre per il calcolo delle dispersioni invernali si fa riferimento a condizioni stazionarie (si assume cioè che la temperatura dell'aria esterna rimanga costante nel corso della giornata e pari al valore di progetto), nel caso delle temperature estive tale discorso viene a mancare a seguito dell'estrema variabilità dei flussi termici legati alla radiazione solare.

Contributi ai carichi ambiente

La stima dei carichi ambiente prevede un'attenta valutazione di tutte le componenti che contribuiscono alla definizione dei carichi sensibili e latenti. E' possibile, a tale proposito, diversificare i contributi classificandoli come di seguito riportato.

- Contributi di calore sensibile

- Radiazione solare attraverso vetri, muri, tetti;
- Trasmissione attraverso vetri, muri e tetti;
- Apporto interno all'ambiente dovuto a persone, luci, apparecchiature elettriche.

- Contributi di calore latente

- Apporto di vapore dovuto a persone presenti in ambiente;
- Vapore prodotto in ambiente da eventuali apparecchiature presenti.

I carichi termici totali sono dati, quindi, dalla sommatoria dei contributi elencati:

$$Q_T = Q_i + Q_t + Q_c$$

Q_i = carico termico per irraggiamento (sensibile)

Q_t = carico termico per trasmissione (sensibile)

Q_c = carico termico interno (sensibile + latente)

Sulla base di quanto appena detto, appare chiaro che una stima precisa dei carichi ambiente, vista la molteplicità dei fattori da considerare, prevede un'attenta valutazione dei differenti contributi alle varie ore della giornata. La scelta della potenzialità dell'impianto sarà quindi determinata dal valore del carico massimo concomitante ad una data ora.

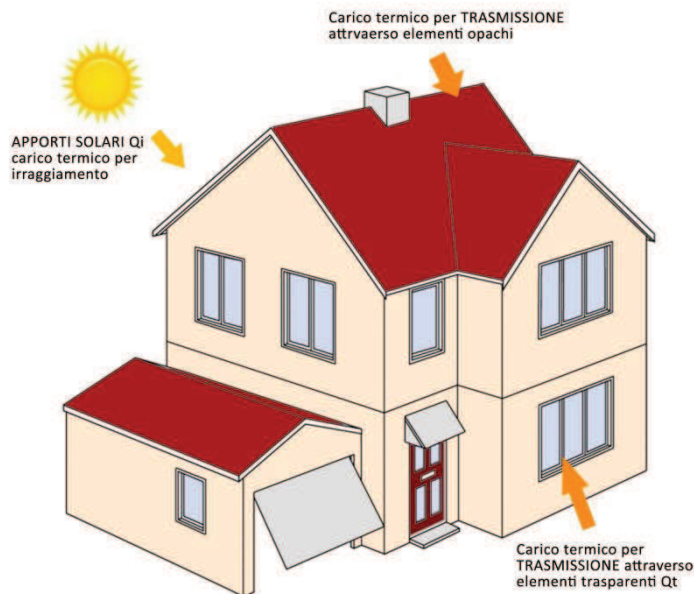


Figura 2 Schema carichi termici invernali, autore tesi

Tale valutazione deve essere fatta per ogni singolo locale considerando la condizione peggiore, in termini di irraggiamento e temperatura esterna dell'aria, a cui esso è esposto nell'arco del periodo estivo, l'orientamento delle superfici esposte alla radiazione e la quantità di superficie finestrata.

In caso di edificio con più piani tale valutazione deve riguardare il piano terra, un piano intermedio e l'ultimo piano.

Schematizziamo di seguito i passaggi logici da affrontare per arrivare a determinare il carico massimo estivo per ogni singolo locale.

8.2.1 Esposizione sfavorita del locale

Scelta in base a:

- Orientamento peggiore delle chiusure verticali esterne
- Quantità di superficie finestrata delle stesse

8.2.2 Mese e ora più critici

L'energia termica trasmessa direttamente dal sole varia con l'inclinazione della superficie rispetto ai raggi del sole, e di conseguenza anche con l'ora del giorno e la latitudine del luogo.

Per cui è necessario individuare, per ogni esposizione definita al punto precedente e in base all'entità della radiazione solare e della temperatura dell'aria esterna nei mesi caldi, il giorno e l'orario sfavorevoli.

Condizioni critiche

È necessario fare particolare attenzione a questo passaggio in quanto non sempre ad una radiazione solare maggiore corrisponde la situazione peggiore. Non bisogna tralasciare considerazioni riguardo la temperatura esterna a cui vanno sottratti °C in base al mese e all'ora scelta e in funzione delle escursioni termiche giornaliere e mensili, come dai prospetti seguenti.

ESCURSIONE TERMICA GIORNALIERA	TEMPERATURA ESTERNA	ORA SOLARE									
		8	10	12	14	15	16	18	20	22	24
12,5	bulbo asciutto	-8,5	-5,5	-3	-0,5	0	-0,5	-1,6	-4	-6,5	-9
	bulbo umido	-2	-1,5	-0,5	0	0	0	-0,5	-1	-2	-2,5

Figura 3 Tabella escursione termica, autore tesi

- **ESEMPIO:** Per il LOCALE 1 (allegato A) del PIANO TIPO 1 si sceglie l'esposizione SUD-OVEST in quanto è maggiormente finestrata e presenta una radiazione solare di molto maggiore rispetto a quella che si avrebbe a Nord-Ovest.

Per il sud-ovest la radiazione maggiore durante tutto l'arco dell'anno si ha il 24 Agosto alle 15:00 ed è di 411 Kcal/hmq.

Alla temperatura dell'aria esterna si dovrebbero poi sottrarre i gradi per l'ora e quelli per il mese, come da prospetti sopra, ma in questo caso la temperatura rimane di 34,2 °C.

Nel caso in cui la sottrazione menzionata comportasse un abbassamento della T°C esterna tale per cui questa risulti minore di quella interna, si avrebbero delle dispersioni, dovute al flusso termico uscente, piuttosto che dei guadagni.

È necessario, quindi, fare attenzione a scegliere la situazione realmente più critica per il locale considerato. Nel caso in esame:

- SUD-OVEST
 Giorno: 24 Agosto
 Ora: 15:00
 Testerna: 34,2 °C
 Radiazione solare SUD: 411 Kcal/hmq
 Radiazione solare NORD-EST: 38 Kcal/hmq

Conversione della radiazione in Watt:

$$403 \cdot 0,86 = \mathbf{353,46 \text{ W}}$$

$$35 \cdot 0,86 = 32,68 \text{ W}$$

Per le altre esposizioni le condizioni critiche scelte, dopo attenta valutazione di quanto sopra, sono quelle che seguono:

- NORD-OVEST
 Giorno: 21 Giugno
 Ora: 17:00
 Testerna: 29,9 °C
 Radiazione solare: 349 Kcal/hmq = **300,14 W**
- NORD EST-NORD

Giorno: 21 Giugno
 Ora: 11:00
 Testerna: 26,8 °C
 Radiazione solare: 38 Kcal/hmq = **32,68 W**

- SUD-EST
 Giorno: 21 Agosto
 Ora: 11:00
 Testerna: 28,7 °C
 Radiazione solare: 324 Kcal/hmq = **268,64 W**
- EST
 Giorno: 24 Agosto
 Ora: 11:00
 Testerna: 28,7 °C
 Radiazione solare: 122 Kcal/hmq = **104,92 W**

8.2.3 Radiazione solare attraverso i vetri

Nella valutazione dell'apporto di calore per irraggiamento è opportuno effettuare una netta distinzione tra superfici trasparenti e superfici opache. Le superfici trasparenti trasmettono all'interno dei locali la maggior parte dell'energia solare su di esse incidente.

E' ovvio che la trasmittività di una superficie vetrata dipende dalla sua composizione chimica, dallo spessore, dalla presenza di pellicole di rivestimento, dalla lunghezza d'onda della radiazione e dal suo angolo d'incidenza.

Con riferimento a quest'ultimo punto, occorre specificare che ciò che investe la superficie vetrata non è totalmente trasmesso nell'ambiente ma in parte è riflesso all'esterno, in parte trasmesso ed in parte assorbito. La quota trasmessa all'interno dipende dall'angolo di incidenza dei raggi solari sul vetro oltre che dalle caratteristiche del vetro in oggetto. Al crescere dell'angolo d'incidenza aumenta la quota riflessa rispetto a quella trasmessa e questo è strettamente correlato con l'ora e il mese considerato. La qualità e tipologia del vetro e la presenza o meno dell'oscuramento è espressa, nella formula che segue, dal *fattore di correzione C* i cui valori più comuni sono espressi nella tabella sottostante.

Trasmittività
superficie vetrata

$$Q_i = S \times I \times C \quad [W]$$

S = superficie finestrata

I = radiazione solare incidente (W)

C = fattore di correzione

Tipo di vetro	Senza schermi	Tenda esterna		Tenda interna		Veneziana esterna		Veneziana interna	
		chiara	scura	chiara	scura	chiara	scura	chiara	scura
Vetro ordinario	0,95	0,25	0,30	0,50	0,60	0,15	0,20	0,60	0,70
Vetro doppio ordinario	0,90	0,20	0,25	0,45	0,55	0,12	0,16	0,55	0,65
Vetro triplo ordinario	0,80	0,15	0,20	0,40	0,50	0,10	0,13	0,50	0,60
Vetro verniciato									

-colore chiaro	0,30								
-colore medio	0,40								
-colore scuro	0,50								

Figura 4 Spettro fattore di correzione, autore tesi

Le finestre dell'edificio presentano un doppio vetro e un sistema di oscuramento con tenda interna, quindi è stato scelto un valore medio di $C = 0,50$.

8.2.4 Ombre dovute alle logge

Dall'analisi dell'ombreggiamento effettuata al Capitolo 1, è evidente come non vi sono ombre portate dagli edifici circostanti. La presenza delle logge a sud-ovest genera, però, un'ombra consistente che è necessario tenere in considerazione. La parte in ombra, infatti, verrà colpita da una radiazione solare equivalente a quella che avrebbe la finestra se fosse esposta a nord nello stesso giorno e alla stessa ora in esame.

Ombre dall'alto

Dal prospetto, in cui sono tabulati tutti gli angoli di altezza solare e azimutale relativamente a latitudine, giorno, ora e mese, sono stati ricavati i valori relativi al caso e sono state calcolate le ombre dall'alto e laterali dovute alle logge come segue:

- SUD-OVEST per il giorno 24 Agosto alle ore 15:00

Angolo azimutale = 243° quindi l'ombra laterale è di 0,3 m al m
 Altezza solare = 39° quindi l'ombra dall'alto è di 0,72 m al m

Ombra effettiva dall'alto:

$$0,72 \times (x + 0,10) - y = 0,72 \times 2,10 = \mathbf{1,5 \text{ m}}$$

x = balcone superiore = 2 m
 0,13 = imbotte
 y = veletta

Ombra laterale effettiva:

$$0,3 \times (2 + 0,10) = \mathbf{0,6 \text{ m}}$$

2 = sporgenza muro laterale
 0,13 = imbotte

- NORD-EST per il giorno 21 Giugno ore 11:00

Angolo azimutale = 145° quindi la finestra è totalmente in ombra
 Altezza solare = 65° quindi la finestra è totalmente in ombra

Per ogni tipologia di finestra si sono quindi definite le porzioni di superficie in ombra e quelle investite dalla radiazione solare.

8.2.5 Trasmissioni di calore attraverso superfici opache

La trasmissione di calore è un fenomeno che avviene spontaneamente da un corpo caldo a un corpo freddo attraverso i fenomeni di conduzione, convezione e irraggiamento che intervengono, nel caso in esame, contemporaneamente.

La quantità di calore scambiata nell'unità di tempo, e quindi la potenza termica (W), è data dalla seguente formula:

$$Q_t = U \times S \times (T_e - T_i) \quad [W]$$

U = trasmittanza superficie (si sono utilizzati i valori progettuali)

S = area superficie

$T_e - T_i$ = differenza tra la temperatura esterna dell'aria e quella interna

8.2.6 Carico termico interno sensibile e latente

L'edificio ha una destinazione d'uso residenziale e ogni piano è composto da tre bilocali e tre trilocali che ospitano due/tre inquilini ciascuno.

Gli appartamenti sono dotati degli elettrodomestici strettamente necessari, localizzati prevalentemente in cucina, il cui utilizzo è limitato a poche ore della giornata e il cui apporto di calore non è sicuramente significativo ai fini del calcolo.

Nonostante i giorni e gli orari più critici presi in considerazione non giustificano l'utilizzo dell'impianto elettrico, per porci in condizione sfavorevole si è ipotizzata una distribuzione di massima dell'illuminazione in funzione della destinazione d'uso del locale. Per quanto riguarda la presenza degli inquilini, si è ipotizzata la presenza di una persona per camera, ottenendo, quindi, tre persone nei trilocali e due nei bilocali.

L'organismo umano, per svolgere le proprie funzioni vitali, è sede di complesse trasformazioni chimiche mediante le quali l'energia alimentare è trasformata ed utilizzata per le varie attività.

Calore dovuto alla presenza di utenti

L'organismo sviluppa così una quantità di calore che cede all'ambiente esterno al fine di mantenere la temperatura corporea a circa 37°C. Il calore ceduto all'ambiente è in parte scambiato per convezione e irraggiamento (sensibile) e in parte è dovuto alla cessione di vapore acqueo mediante respirazione o evaporazione superficiale (latente).

A seconda della tipologia di attività svolta, varia considerevolmente la quantità di calore che l'organismo cede all'ambiente. Consideriamo il grado di attività d'ufficio di una persona seduta o che passeggia:

calore sensibile = **55 W**

calore latente = **69 W**

L'**Allegato N** contiene i calcoli del fabbisogno estivo relativi a tutti i locali del piano tipo 1 e, riassunti nella tabella all'**allegato F** si ritrovano i valori di fabbisogno estivo di tutti i locali di un secondo piano tipo, del piano terra e del sopralzo.

8.3 CALCOLO CARICHI TERMICI INVERNALI

Per il calcolo del fabbisogno termico invernale, a differenza di quello estivo, si considerano condizioni di regime, cioè con temperature costanti, sia dell'ambiente da riscaldare che dell'aria esterna.

Questa ipotesi è giustificata dal fatto che l'escursione termica giornaliera è molto contenuta e il dimensionamento degli impianti viene fatto in corrispondenza del massimo fabbisogno prevedibile e, quindi, per condizioni di temperatura esterna minima.

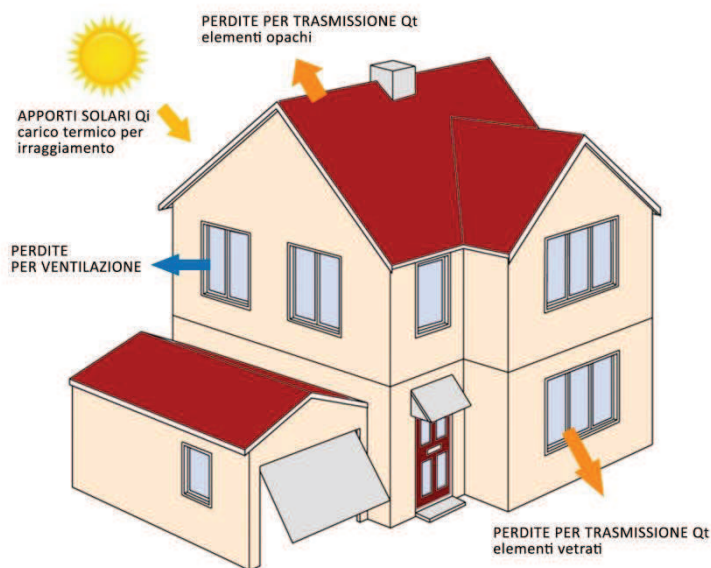


Figura 5 Schema carichi termici estivi, autore tesi

Dispersioni invernali

Sono presi in considerazione tutti gli elementi che contribuiscono alla dispersione del calore per trasmissione e ventilazione. Nel caso in esame, inoltre, le scelte architettoniche progettuali, non solo consentono di ombreggiare i serramenti d'estate a sud-ovest, mediante le logge, limitando gli apporti solari, ma, grazie a cubotti e giardini d'inverno, si massimizzano gli apporti di calore d'inverno.

Si è quindi svolto anche un calcolo mensile degli apporti solari, detraendoli poi alle dispersioni totali.

In questo modo otteniamo il reale fabbisogno termico estivo dell'intero edificio.

Al fine del calcolo dell'eventuale impianto di condizionamento ci siamo posti, però, in condizioni sfavorevoli tralasciando gli apporti solari nel calcolo del fabbisogno dei singoli alloggi.

8.3.1 Dispersioni di calore per trasmissione

Le dispersioni dell'ambiente interno verso l'esterno per trasmissione sono calcolate con la seguente formula:

$$Q = S \times U \times (T_i - T_e) \times C \quad [W]$$

S = superficie chiusura

U = trasmittanza termica del componente; i valori sono gli stessi considerati per il calcolo della trasmissione di calore in estate

$T_i - T_e = 20^\circ\text{C} - 5^\circ\text{C} = 15^\circ\text{C}$

C = fattore correttivo che dipende dall'orientamento

nord C=1,2

sud C=1

est C=1,15

ovest C=1,1

L' **Allegato O** contiene i calcoli delle dispersioni per trasmissione relativi a tutti i locali del piano terra, dei due piani tipo intermedi e dell'ultimo piano.

8.3.2 Dispersioni di calore per ventilazione

Le dispersioni dell'ambiente interno verso l'esterno per ventilazione sono calcolate con la seguente formula:

$$H_{ve} = \rho_a \times c_a \times n \times V / 3600 \quad [J/K]$$

$\rho_a = 1,2 \text{ kg/mc}$

densità dell'aria

$c_a = 1000 \text{ J/kgK}$

calore specifico dell'aria a pressione costante

$n = 0,3 \text{ vol/h}$

numero di ricambi di aria (UNI 11300)

$V = \text{mc}$

volume dell'ambiente

Il calore scambiato dal singolo ambiente con l'esterno, durante il periodo di riscaldamento (dal 15 ottobre al 15 aprile per la Regione Lombardia) è dato da:

$$Q_v = H_{ve} \times (T_i - T_e) \times \text{gg} \quad [W]$$

Ti-Te ottobre = $20^\circ - 14^\circ = 6^\circ\text{C}$

Ti-Te novembre = $20^\circ - 7,9^\circ = 12,1^\circ\text{C}$

Ti-Te dicembre = $20^\circ - 3,1^\circ = 16,9^\circ\text{C}$

Ti-Te gennaio = $20^\circ - 1,7^\circ = 18,3^\circ\text{C}$

Ti-Te febbraio = $20^\circ - 4,2^\circ = 15,8^\circ\text{C}$

Ti-Te marzo = $20^\circ - 9,2^\circ = 10,8^\circ\text{C}$

Ti-Te aprile = $20^\circ - 14^\circ = 6^\circ\text{C}$

L' **Allegato P** contiene i calcoli per appartamento, valutando, a seconda del mese considerato, il diverso gradiente di temperatura tra T°C esterna e T°C interna.

8.3.3 Guadagni solari

I guadagni solari sono valutati mediante la seguente formula:

$$Q_s = N \times H_s \times \sum (A_L \times F_T \times F_S \times g) \times 0,75 \quad [W]$$

N = numero dei giorni del mese

H_s = irradiazione globale giornaliera media mensile incidente sulla superficie trasparente [kWh/mq] riportata nello spettro seguente

A_L = Area effettiva della finestra non in ombra

F_T = Coefficiente di riduzione dovuto al telaio (se non escluso in precedenza)

F_S = Fattore di riduzione dovuto all'ombreggiatura (se non esclusa l'area in ombra in precedenza)

g = trasmittanza dell'energia solare totale della superficie trasparente del serramento

0,75 = fattore di correzione che tiene conto dell'inclinazione dei raggi solari rispetto alla superficie verticale interessata

IRRADIAZIONE MEDIA MENSILE ROZZANO [kWh/mq]

MESE	N	NE/NO	E/O	SE/SO	S
G	0,42	0,45	0,81	1,34	1,68
F	0,67	0,81	1,43	2,04	2,44
M	1,04	1,48	2,38	2,97	3,14
A	1,51	2,30	3,19	3,39	3,05
M	2,18	3,00	3,70	3,44	2,80
G	2,63	3,42	4,03	3,50	2,74
L	2,58	3,58	4,42	3,92	3,02
A	1,79	2,74	3,70	3,72	3,16
S	1,18	1,82	2,83	3,30	3,30
O	0,78	1,01	1,79	2,49	2,88
N	0,48	0,53	0,95	1,51	1,88
D	0,36	0,39	0,73	1,48	1,51

Figura 6 Irradiazione media mensile Rozzano, autore tesi

L' **Allegato Q** contiene i valori dei guadagni solari invernali relativi alle diverse esposizioni e valutati in base alla radiazione media mensile.

L' **Allegato R**, invece, presenta tutti i dati precedenti opportunamente riassunti per locale.

8.4 LOGICA DI INTERVENTO: STATO DI FATTO E INTEGRAZIONE IMPIANTISTICA

L'edificio, come dedotto dall'analisi dello stato di fatto, presenta dieci piani fuori terra, un piano seminterrato, dove sono distribuite sessanta cantine, e un sottotetto.

8.4.1 Stato di fatto – riscaldamento e ACS

Attualmente è presente un sistema di riscaldamento centralizzato che si ipotizza composto da una vecchia caldaia a gas e da tre colonne per la distribuzione dell'acqua riscaldata per l'alimentazione dei terminali, radiatori in ghisa.

Ogni appartamento è, poi, dotato di boiler elettrico/a gas per la produzione dell'acqua calda sanitaria. E', inoltre, assente un sistema di condizionamento.

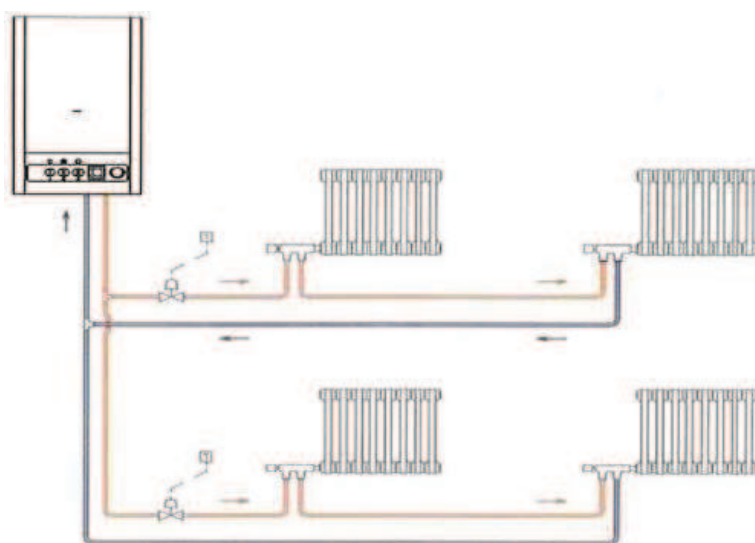


Figura 7 Schema impianto termico invernale centralizzato, da web

8.4.2 Vincoli e logica di intervento

Il progetto di intervento comporta la variazione della destinazione d'uso del piano terra da residenziale e uffici, con la conseguente variazione del fabbisogno e delle necessità impiantistiche, e l'aggiunta di un piano sopraelevato.

La logica di intervento, sia dal punto di vista architettonico che strutturale, e di conseguenza anche impiantistica, si basa sull'idea di intervenire il meno possibile all'interno degli alloggi per una serie di motivi, anticipati nei capitoli precedenti, che semplifichiamo di seguito sotto forma di elenco:

Logica di intervento

- gli alloggi non presentano particolari problemi distributivi e di spazio;
- permanenza degli inquilini degli alloggi durante i lavori (anzianità, natura "sociale" del manufatto e problematiche annesse all'eventuale spostamento);
- economicità dell'intervento;
- riqualificazione energetica dell'involucro come logica operativa;

Le scelte prese derivano, quindi, da una motivata metodologia d'intervento, i cui obiettivi sono individuabili per moduli (appartamenti, sopraelevazione e uffici) e mirano ad un miglioramento dell'impatto ambientale dell'edificio e ad un futuro risparmio energetico ed economico per gli inquilini di tutti gli alloggi.

8.5 IMPIANTO DI RISCALDAMENTO E ACS

8.5.1 Analisi delle alternative

Il sistema attuale di riscaldamento, con caldaia a gas e rete di distribuzione ai radiatori in ghisa, non presenta problemi di funzionamento ma comporta, a causa dell'anzianità della caldaia, un impatto ambientale consistente e alti consumi per gli inquilini.

La produzione di acqua calda sanitaria è, invece, demandata a boiler autonomi a gas/elettrici localizzati nei singoli appartamenti.

A fronte della situazione attuale si delineano diverse possibilità di intervento, ognuna con la propria lecita giustificazione:

Alternativa 1

- **Sistema attuale centralizzato solo riscaldamento e produzione ACS autonomo:** si potrebbe mantenere l'attuale sistema sostituendo esclusivamente la caldaia con una più moderna a condensazione.

PRO = minimo intervento e costi (DL 63/2013 intervento che rientra nella detrazione del 65% delle spese fino ad un tetto di 100000 euro);

CONTRO = non vi sarebbe alcun vantaggio energetico e di spesa per gli inquilini in futuro.

Alternativa 2

- **Sistema centralizzato di riscaldamento e ACS:** sostituzione dell'attuale caldaia con una più moderna a condensazione e aggiunta del serbatoio di accumulo per la produzione di acqua calda sia per il riscaldamento che per i sanitari, ed eliminazione dei boiler per l'acqua calda sanitaria degli appartamenti.

PRO = i vantaggi di un sistema interamente centralizzato derivano dalla sua parziale alimentazione con fonti rinnovabili, connettori solari, che comportano:

- un abbassamento dell'impatto ambientale del manufatto (produzione di CO₂);
- un guadagno a lungo termine per gli inquilini degli alloggi (risparmio sul gas di circa il 30%);
- l'intervento di sostituzione con caldaia a condensazione rientra nelle tipologie previste dal nuovo DL 63/2013 per la detrazione fiscale del 65% dei costi di intervento (tetto a 100000 euro).

CONTRO = nel caso in cui non si riesce ad alimentare il sistema con i pannelli solari, la centralizzazione della produzione di acqua calda sanitaria non presenta benefici.

Alternativa 3

- **Sistema centralizzato di riscaldamento, condizionamento e ACS:** sostituzione dell'attuale caldaia con una pompa di calore aria-acqua o acqua-acqua per la produzione di acqua calda per i sanitari (con serbatoio di accumulo) e per l'alimentazione dei radiatori, e di acqua fredda per l'alimentazione del sistema di raffrescamento canalizzato ad aria o a ventilconvettori. Integrazione con fonte rinnovabili, collettori solari.

PRO = i vantaggi di un sistema di questo tipo, rispetto ai costi, sono evidenti dal punto di vista di impatto ambientale e risparmio energetico esclusivamente se il sistema è connesso ad un'alimentazione a sonde geotermiche o ad acqua di falda. E' la scelta ottimale nel caso di edifici di nuova costruzione.

CONTRO = sono numerosi gli svantaggi nel caso in esame:

- la sostituzione della vecchia caldaia con una pompa di calore non rientra negli interventi che usufruiscono della detrazione fiscale del 65%;
- costo elevato dell'impianto;
- necessità di integrare l'edificio con un sistema di distribuzione dell'acqua refrigerata ai ventilconvettori posti negli ambienti oppure con un sistema di canalizzazioni per la distribuzione dell'aria negli alloggi.
- la mancanza di spazio (interpiano di 2,7 m) e il presupposto della logica di intervento poco invasiva non si sposano con questa soluzione;
- la pompa di calore alimentata ad aria esterna ha il vantaggio di essere facilmente installabile e ha costi minori rispetto alle altre pompe di calore ma non è vantaggiosa in climi come quello lombardo, dove, l'aria esterna d'inverno raggiunge temperature di - 5°C. Questo comporta la necessità di aggiungere un sistema di sbrinamento, che comporta un ulteriore consumo energetico, o l'affiancamento ad una caldaia tradizionale.

La pompa di calore alimentata ad acqua invece non presenta questi problemi ma ha un costo maggiore e non giustificato in un intervento di edilizia residenziale pubblica.

*Si richiama in maniera riassuntiva il contenuto del recentissimo **DL 63/2013** che ha stabilito che la percentuale di spesa fiscale detraibile per "interventi di efficienza energetica su edifici esistenti" passi dal 55% al **65%**, fino al 30 giugno 2014 per i condomini.*

DL 63/2013

Quando è possibile usufruire delle detrazioni 65% (ex 55%)?

- *L'edificio al quale ci si riferisce deve ricadere nella classificazione "edificio esistente";*

La "prova" dell'esistenza è l'iscrizione al catasto (o la domanda di iscrizione) dell'edificio o parte di edificio, per qualsiasi categoria o destinazione d'uso.

- *L'edificio deve già avere, prima degli interventi, un impianto di riscaldamento;*

Tutte le agevolazioni 65% (ex 55%) sono studiate per conseguire un risparmio energetico nella climatizzazione invernale. Ed è quindi ovvio che non possono essere incentivati i nuovi impianti. La distinzione tra "impianto di riscaldamento" e altre forme di riscaldamento è costituita dalla presenza di elementi fissi (termosifoni, termoconvettori, stufe che siano impiantati in modo permanente). Unica eccezione all'esistenza di un precedente impianto di riscaldamento: la posa di pannelli solari.

- *Tutte le detrazioni fiscali 65% – tranne una – si riferiscono sia ad edifici che a parti di edifici, cioè a singole unità immobiliari*

Le detrazioni 65% (ex 55%) sono ammesse per:

- *gli interventi sull'involucro di edifici esistenti e cioè: strutture opache verticali e orizzontali, nonché vetri e infissi (comma 345).*

- *gli interventi d'installazione di pannelli solari (comma 346).*

Per interventi di installazione di pannelli solari si intende l'installazione di pannelli solari per la produzione di acqua calda per usi domestici o industriali e per la copertura del fabbisogno di acqua calda in piscine, strutture sportive, case di ricovero e cura, istituti scolastici e università (definizione art.1 - Dm 19 febbraio 2007).

- *gli interventi di sostituzione di impianti di climatizzazione invernale (comma 347).*

Per interventi di sostituzione di impianti di climatizzazione invernale di cui all'articolo 1, comma 347, della legge Finanziaria 2007, si intendono gli interventi di sostituzione, integrale o parziale, di impianti di climatizzazione invernale con impianti dotati di caldaie a condensazione (definizione art.1- Dm 19 febbraio 2007 e successive modifiche).

Attenzione: il DI 4 giugno 2013, n. 63 ha escluso dall'agevolazione le spese per gli interventi di sostituzione di impianti di riscaldamento con pompe di calore ad alta efficienza ed impianti geotermici a bassa entalpia nonché delle spese per la sostituzione di scaldacqua tradizionali con scaldacqua a pompa di calore dedicati alla produzione di acqua calda sanitaria (comma 1, articolo 14).

- *gli interventi di riqualificazione energetica dell'edificio (comma 344).*

Per interventi di riqualificazione energetica di edifici esistenti si intende qualsiasi categoria di interventi, a condizione che a seguito dell'esecuzione degli stessi l'intero edificio consegua un indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale uguale o inferiore ai valori riportati dall'allegato A del Dm 11 marzo 2008 (Dm 19 febbraio 2007 e successive modifiche; DI 220/2010 e successive modifiche).

8.5.2 Scelta della soluzione ottimale

Analizzando attentamente i pro e i contro delle diverse soluzioni impiantistiche presentate e incrociando questa analisi con le reali necessità degli inquilini e degli alloggi, si è scelta la *seconda soluzione* che comporta la sostituzione dell'attuale caldaia a gas con una moderna caldaia a condensazione, la cui potenza è definita sulla base del fabbisogno energetico dell'edificio dopo l'intervento di riqualificazione dell'involucro.

A questa è affiancato un serbatoio di accumulo per l'ACS connesso ai collettori solari in copertura.

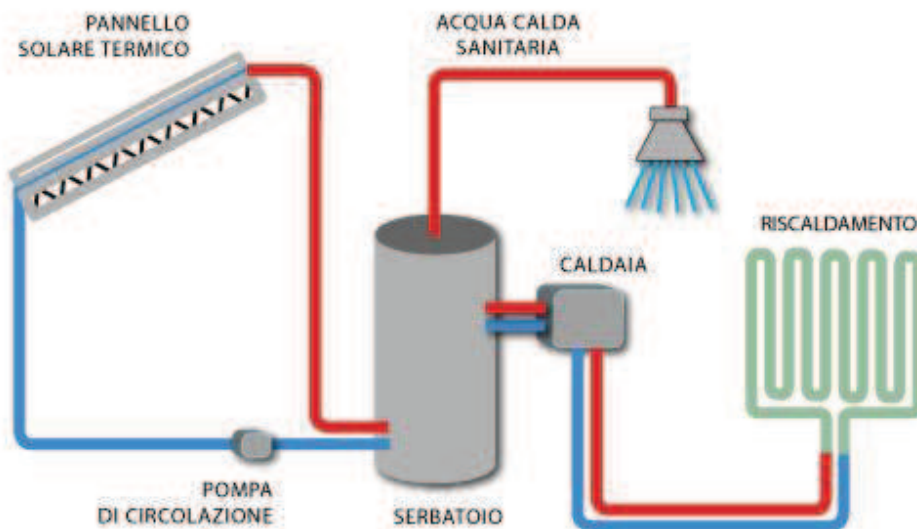


Figura 8 Schema impianto termico invernale e ACS centralizzato, da web

Si procede al dimensionamento e alla scelta delle componenti.

8.5.3 Fabbisogno di riscaldamento e scelta della caldaia

Il calcolo della **potenza termica per il riscaldamento** è dato dalla sommatoria dei carichi termici per trasmissione con quelli per ventilazione (il cui calcolo per locale è riportato negli allegati O e P):

$$P_d = P_t + P_v$$

Si riportano nell'**Allegato S** i risultati del calcolo della potenza termica invernale dell'edificio necessaria alla scelta di una caldaia a condensazione adeguata.

A questi carichi dovuti al riscaldamento dell'edificio è necessario aggiungere la **potenza** necessaria a riscaldare l'**acqua calda ad uso sanitario** dei 60 appartamenti dell'edificio.

In base a quanto prescritto nella norma *UNI TS 11300-2* si definiscono i seguenti fabbisogni di acqua calda sanitaria per alloggio:

- 260 litri/giorno per alloggio con un bagno:
 6 alloggi x 5 piani = 30 alloggi
 4 alloggi x 5 piani = 20 alloggi
 TOT 50 alloggi x 260l = 13000 litri
- 340 litri/giorno per alloggio con due bagni:
 2 alloggi x 5 piani = 10 alloggi
 TOT 10 alloggi x 340l = 3400 litri

Per definire il consumo totale di ACS nel periodo di punta è necessario moltiplicare la portata in litri per un *fattore di contemporaneità* che dipende dal numero di alloggi e che diminuisce il carico ipotizzando che al massimo il 70% degli alloggi richiede acqua calda contemporaneamente:

$$C = (13000l + 3400l) \times 0,7 = 12300l/giorno$$

TIPO UTENZA	Consumi nei periodi di punta	temperatura utilizzo	periodo punta	periodo prerisc.
Edifici Residenziali	260 l per ogni alloggio con 1 locale servizi (1) 340 l per ogni alloggio con 2 locali servizi (1)	40°C	1,5 h	2,0 h
Uffici e Simili	40 l per servizi (WC+lavabo)	40°C	1,5 h	2,0 h
Alberghi, Pensioni e Simili (4)	180 l per camere con servizi dotati di vasca 130 l per camere con servizi dotati di doccia	40°C	(2)	2,0 h
Ospedali (4)	120 l per ogni posto letto	40°C	2,0 h	2,0 h
Cliniche (4)	150 l per ogni posto letto	40°C	4,0 h	2,0 h
Caseme, Collegi e Simili (4)	80 l per ogni posto letto	40°C	2,0 h	2,0 h
Palestre e Centri Sportivi	150 l per ogni doccia 60 l per ogni rubinetto	40°C	0,3 h	1,5 h
Spogliatoi di Stabilimenti	150 l per ogni doccia 60 l per ogni rubinetto	40°C	0,3 h	(3)

(1) I consumi previsti vanno moltiplicati per il fattore di contemporaneità (F) che dipende dal numero di alloggi (n)

n	1+5	6+12	13+20	21+30	31+45	46+60	61+80	81+110	111+150	151+200	>200
F	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50

(2) **1,5 h** periodo di punta da considerarsi per alberghi e pensioni con consumo concentrato: ad esempio quelli posti in zone di sport invernali o frequentati da comitive turistiche;
2,5 h periodo di punta da considerarsi in alberghi e pensioni con consumo d'acqua normale: ad esempio alberghi commerciali di città.

(3) Il periodo di preriscaldamento può normalmente variare da 1 a 7 ore in relazione ai tempi che intercorrono fra i turni di lavoro.

(4) È esclusa l'acqua calda per lavastoviglie e lavatrici, da determinarsi in relazione alle specifiche caratteristiche (temperature e tempi di lavoro) delle macchine da utilizzarsi.

Figura 9 Tabella consumi nel periodo di punta, Caleffi

Si calcola l'energia termica necessaria per riscaldare l'acqua richiesta nel periodo di punta:

$$Q_w = C \times (T_u - T_f) \times C_s \times gg$$

Con C = consumo totale giornaliero
 T_u = temperatura dell'acqua in uscita dal serbatoio = 45°C
 T_f = temperatura dell'acqua da acquedotto (Milano) = 10°C
 C_s = calore specifico acqua = 4,186 kJ/l°C
 gg = giorni del periodo di interesse = anno 365 giorni

$$Q_w = 12300l \times (45^\circ - 10^\circ) \times 4,186 \text{ KJ/l}^\circ\text{C} \times 365 \text{ giorni} = 6577566450 \text{ kJ/anno} = 1827101,8 \text{ kWh/anno}$$

$$Q_w = 500,58 \text{ Kw}$$

Per cui è possibile definire la **potenza termica totale della caldaia**, necessaria ad alimentare il sistema di riscaldamento e di produzione di acqua calda sanitaria centralizzati:

$$P_c = 102,66 \text{ Kw} + 500,58 \text{ Kw} = 603,24 \text{ kW}$$

Si è scelta una caldaia a gas a condensazione con bruciatore modulare cilindrico tipo *VITOCROSSAL 200* della *Viessmann* con una potenzialità utile fino a **628 kW**.

Le caldaie tradizionali, anche quelle definite "ad alto rendimento", riescono a utilizzare solo una parte del calore sensibile dei fumi di combustione. Il vapore acqueo generato dal processo di combustione viene quindi disperso in atmosfera attraverso il camino: la quantità di calore in esso contenuta, definito calore latente, rappresenta ben l'11% dell'energia liberata dal processo di combustione. In altre parole, più del 10% del calore latente non riesce a essere recuperato da una caldaia tradizionale.

Caldaia tradizionale

Nella caldaia a condensazione invece, grazie anche ad uno speciale scambiatore di calore che funge anche da condensatore, i fumi in uscita possono essere raffreddati fino allo stato liquido saturo ad una temperatura di circa 50°/60°, temperatura ben più bassa dei 140°/160° degli impianti ad alto rendimento e dei 200°/250° degli impianti tradizionali. Questa procedura di raffreddamento permette così di recuperare gran parte del calore che altrimenti verrebbe disperso attraverso il camino, utilizzandolo per preriscaldare l'acqua di ritorno all'impianto che, così facendo, ottiene un rendimento superiore.

Caldaia a condensazione

La condensa che si accumula durante questo processo, contenente sostanze acide, viene convogliata in un'apposita vaschetta di raccolta e deve essere smaltita in base alla norma *UNI 11071*.

Il risparmio economico di una caldaia a condensazione è reale e tangibile nel corso del tempo, assicurando infatti minori consumi nell'ordine del 15-20% nell'utilizzo di acqua calda fino a 80°C, che salgono fino al 20-30% nell'utilizzo di acqua calda fino ai 60°. La combinazione di una caldaia a condensazione con un impianto a pannelli solari termici, che solitamente garantisce un risparmio medio tra il 25 e il 30%, si concretizza in un risparmio complessivo di circa il 60%.

Confronto

Inoltre, l'inquinamento prodotto dalle caldaie a condensazione viene ridimensionato proprio grazie alla raccolta ed allo smaltimento della condensa, che viene eliminata attraverso la rete fognaria, nel caso di ambientazioni domestiche. Mentre, per ambienti più ampi, vengono inseriti appositi impianti di smaltimento, generalmente due: uno per eliminare la condensa prodotta dalla caldaia, e l'altro per eliminare quella proveniente dallo scarico dei fumi.¹

8.5.4 Volume e scelta del serbatoio di accumulo

La predisposizione di un serbatoio di accumulo nella centrale termica dell'edificio consente di ottenere diversi **vantaggi**:

Vantaggi serbatoio

- in primo luogo non dovendo produrre istantaneamente acqua calda per riscaldamento e ACS la caldaia può lavorare a potenza minore, riducendo i consumi energetici annessi;
- la presenza del serbatoio di accumulo consente di integrare, al sistema di riscaldamento dell'acqua, un impianto a pannelli solari termici, che, preriscaldando un fluido vettore che passa nelle serpentine del serbatoio,

¹ www.caldaiacondensazione.net

consente di innalzare la temperatura dell'acqua, riducendo ancora una volta il lavoro per il generatore;

- evita scompensi nella fornitura di acqua calda dovuti al mal funzionamento della caldaia, ad un'alta contemporaneità ecc., per cui consente un funzionamento più continuo e regolare con conseguente maggiore resa termica.

Si procede quindi la **dimensionamento del serbatoio di accumulo** secondo la *E DIN 1989-1:2000-12*.

- A partire dalla definizione del consumo totale giornaliero di acqua calda sanitaria per l'edificio, definito al paragrafo 5.3.2, si calcola il **calore totale** Q_t necessario per riscaldare l'acqua richiesta nel periodo di punta:

$$Q_t = C \times (T_u - T_f) = 12300l \times (45^\circ - 10^\circ) = 430500 \text{ kcal}$$

Con T_u = temperatura utilizzo = 45°
 T_f = temperatura acqua fredda Milano = 10°

- Si calcola poi il **calore orario** Q_h che deve essere ceduto all'acqua in base al calore totale richiesto e al tempo in cui esso può essere ceduto: cioè in base al tempo dato dalla somma fra il periodo di preriscaldamento e il periodo di punta:

$$Q_h = Q_t / t_{pr} + t_{pu} = 430500 \text{ kcal} / (1,5h + 2h) = 123000 \text{ kcal/h}$$

Con t_{pr} = periodo preriscaldamento = 2h
 t_{pu} = periodo di punta = 1,5h

- A questo punto si determina il **calore da accumulare** Q_a nella fase di preriscaldamento:

$$Q_a = Q_h \times t_{pr} = 123000 \text{ kcal/h} \times 2h = 246000 \text{ kcal}$$

- Si calcola allora il **volume** del preparatore di acqua calda V:

$$V = Q_a / (T_a - T_f) = 246000 \text{ kcal} / (60^\circ - 10^\circ) = 4920l = \mathbf{5000l}$$

Con t_a = 60° temperatura acqua di accumulo

- Per calcolare la **superficie della serpentina riscaldante** S si può utilizzare la seguente formula:

$$S = Q_h / K \times (T_{ms} - T_m) = 123000 \text{ kcal/h} / 500 \times (75^\circ - 35^\circ) = \mathbf{6,15 \text{ mq}}$$

Con K = coefficiente di scambio termico tubi acciaio = 500
 T_{ms} = T media fluido scaldante
 T_m = T media fluido scaldato = $(T_a + T_f) / 2 = 70^\circ / 2 = 35^\circ\text{C}$

8.6 UFFICI: IMPIANTO DI RISCALDAMENTO E CONDIZIONAMENTO AD ARIA

Come evidente dalla pianta riportata di seguito, gli uffici sono ospitati in due locali *open space* al piano terra. La loro conformazione a spazio unico, e la possibilità di sfruttare la vicinanza di due piccoli locali impianti, ha reso preferibile la scelta di un sistema di riscaldamento e raffrescamento centralizzato.

Attualmente il piano terra ospita 6 alloggi del tutto uguali a quelli dei piani superiori, che presentano quindi un sistema di riscaldamento a radiatori in ghisa.

I consistenti lavori di demolizione che conducono alla conformazione progettuale finale sotto intendono lo smantellamento dei terminali dell'impianto, che necessita quindi di essere ricostituito *ex novo*.

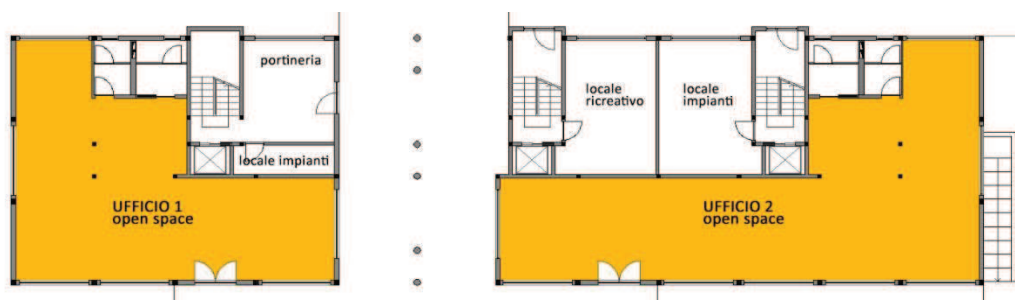


Figura 10 Pianta piano terra, autore tesi

8.6.1 Analisi delle alternative

Anche in questo caso si è fatta una scelta, a fronte dell'analisi dei vantaggi e degli svantaggi delle alternative più idonee al caso in esame.

La necessità di climatizzare un ambiente unico di rispettivamente 102,98 mq e 133,5 mq per un orario continuato di circa 10 ore al giorno (uso ufficio), rende preferibile adottare una soluzione a pannelli radianti o una soluzione ad aria mediante ventilconvettori o impianto canalizzato.

- **Impianto a pannelli radianti** = predisposizione di un impianto a pannelli radianti a pavimento, controsoffitto o parete con funzionamento sia estivo che invernale mediante l'aggiunta di un refrigeratore;

Alternativa 1

PRO = questi impianti garantiscono un ottimale benessere termico poiché, cedendo calore principalmente per irraggiamento, si evita il formarsi di correnti convettive di aria calda a soffitto e fredda a pavimento; si evita la formazione e circolazione di polvere; un altro vantaggio importante è il risparmio energetico, conseguente ad un funzionamento del sistema con acqua a basse temperature; l'impianto ha un buon rendimento quando ha funzionamento continuo;

CONTRO = un pavimento a pannelli radianti ha uno spessore minimo, tra pannello isolante, tubazione e massetto ad alta conducibilità, di circa 7-8 cm. Nel caso in esame vi è vincolo progettuale rappresentato da un'altezza interpiano limite di 2,7 m per cui questo sistema, applicato a soffitto o a pavimento, non è tra le scelte possibili. La sua applicazione a parete non porterebbe gli stessi vantaggi in termini di condizionamento poiché la metà della superficie è vetrata.

Un altro svantaggio, che prescinde dalle condizioni al contorno progettuali, è l'incapacità di deumidificare e la limitata resa frigorifera.

Alternativa 2

- **Impianto ad aria** = impianto di riscaldamento, raffrescamento e controllo umidità ad aria canalizzato o a ventilconvettori, macchina refrigerante e recuperatore di calore;

PRO = un impianto ad aria consente la climatizzazione, il ricambio aria e il controllo umidità dell'intero ambiente contemporaneamente e senza differenze sia nel periodo invernale che in quello estivo; mediante l'aggiunta di un recuperatore di calore si ottiene un importante risparmio energetico poiché si preriscalda l'aria in ingresso al ventilconvettore e il gradiente di temperatura tra l'aria in ingresso e quella in uscita si abbassa; non si hanno problemi di abbassamento dello spazio interpiano mediante utilizzo di ventilconvettori a terra o mediante canalizzazioni ben localizzate su parte del soffitto;

CONTRO = spostamento di grosse quantità di aria e differenze di temperatura a seconda della conformazione del locale.

8.6.2 Scelta della soluzione ottimale

I vantaggi maggiori, a fronte dei limiti imposti dal contesto in cui si opera, si ottengono mediante un impianto ad aria il cui ventilconvettore di mandata e ritorno è alimentato, nel periodo invernale, dalla caldaia a condensazione e, nel periodo estivo, da una macchina refrigerante posta all'esterno dell'edificio.

Per ragioni estetiche e di omogeneità nella distribuzione dell'aria in ambiente, si è scelto un sistema canalizzato. Il problema del limite di altezza interpiano è stato risolto localizzando i canali, e controsoffittando di circa 20 cm, le zone adibite al passaggio dell'utenza/zone di servizio (corridoio non delimitato da parete, bagno e zona ristoro).

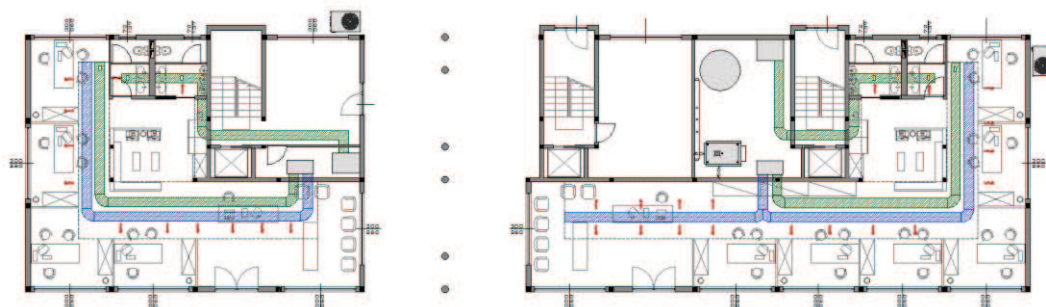


Figura 11 Distribuzione canali di ventilazione condizionamento piano terra, autore tesi

8.6.3 Parametri di progetto

Prima di definire le componenti che caratterizzano il sistema, è necessario calcolare i parametri di progetto quali:

- Portata d'aria da riscaldare/raffreddare;
- Temperature di progetto;
- Umidità dell'aria;

Dal punto di vista dei carichi termici, come evidente dall'allegato F, la situazione peggiore si presenta in estate (gli uffici sono totalmente vetrati a sud-ovest e chiusi

a nord) per cui si utilizzano i parametri e il fabbisogno termico estivo per il dimensionamento del sistema.

In estate si ha:

- Temperatura interna di progetto = 26°C
- Umidità di progetto =50%

8.6.4 Calcolo della portata d'aria

La norma *UNI 10339* stabilisce che la portata minima di ricambio aria, sia nelle residenze che negli uffici open space è di 0,011 mc/s a persona, come riportato nel prospetto seguente.

Questi equivalgono quindi a:

$$m = 0,011 \text{ mc/s} \times 3600 \text{ s} = 39,96 \text{ mc/h} \approx \mathbf{40 \text{ mc/h a persona}}$$

Per cui nel caso in esame si stima che nei due uffici ci siano contemporaneamente un massimo di 10 persone ovvero:

$$m = 400 \text{ mc/h}$$

Categorie di edifici	Indice di affollamento previsto per m ²	Portata di aria esterna Q _{op} (10 ⁻³ m ³ /s per persona)	Portata di aria esterna Q _{os} (10 ⁻³ m ³ /s m ²)	note
EDIFICI ADIBITI A RESIDENZE A ASSIMILABILI				
RESIDENZE A CARATTERE CONTINUATIVO				
Soggiorni, camere	0,04	11	-	-
cucine, bagni, serv.	//	Estrazioni		A
Collegi, luoghi di ricovero, case di pena, caserme, conventi:				
sale riunioni	0,60	9*	-	-
dormitori/camere	0,10	11	-	-
cucina	//	-	16,5	-
Collegi, luoghi di ricovero, case di pena, caserme, conventi:				
bagni servizi	//	Estrazioni		A
ALBERGHI, PENSIONI				
Ingresso, soggiorni	0,20	11	-	-
Sale conferenze	0,60	5,5*	-	-
Sale da pranzo	0,20	10	-	-
Camere da letto	0,05	11	-	-
Bagni, servizi	//	Estrazioni		A
EDIFICI PER UFFICI ED ASSIMILABILI:				
Uffici singoli	0,06	11	-	-
Uffici open space	0,12	11	-	-
Locali riunione	0,60	10*	-	-
Centri elabor. Dati	0,08	7	-	-
Servizi	//	estrazioni		A
OSPEDALI, CLINICHE, CASE DI CURA E ASSIMILABILI				
Degenze (2-3 letti)	0,08	11	-	-
Corsie	0,12	11	-	-
Camere sterili	0,08	11	-	-
Camere per infett.	//	-	-	D
Sale mediche/sogg	0,20	8,5	-	-
Terapie fisiche	0,20	11	-	-
Sale operatorie	//	-	-	D
Servizi	//	estrazioni		A
EDIFICI ADIBITI AD ATTIVITA' RICREATIVE ASSOCIATIVE DI CULTO E ASSIMILABILI				
CINEMA, TEATRI, SALE PER CONGRESSI				
Atri, sale attesa, bar		Estrazioni		-
Platee, loggioni, sale cinematografiche ..	1,5	5,5*	-	-
Palcoscenici, studi tv		12,5*	-	-
MOSTRE, MUSEI, BIBLIOTECHE, LUOGHI DI CULTO				
Sale mostre, musei	0,30	6*	-	-
Sala lettura bibliot.	0,30	5,5*	-	-

Figura 12 Prospetto norma UNI 10339

Come visto nel calcolo del fabbisogno estivo, il calore latente a persona è di 69 W per cui nel caso degli uffici avremo un calore latente di:

$$Q_L = 690 \text{ W}$$

Che equivalgono a:

$$Q_L = 593,4 \text{ kcal/h}$$

Per ottenere quindi le condizioni di progetto, descritte al punto 6.2, è necessario deumidificare l'ambiente di:

$$\Delta x = Q_L / (0,6xm) = 2,1 \text{ g/kg}$$

Per ottenere questo abbassamento di umidità specifica è necessario immettere aria ad una temperatura di 13°C.

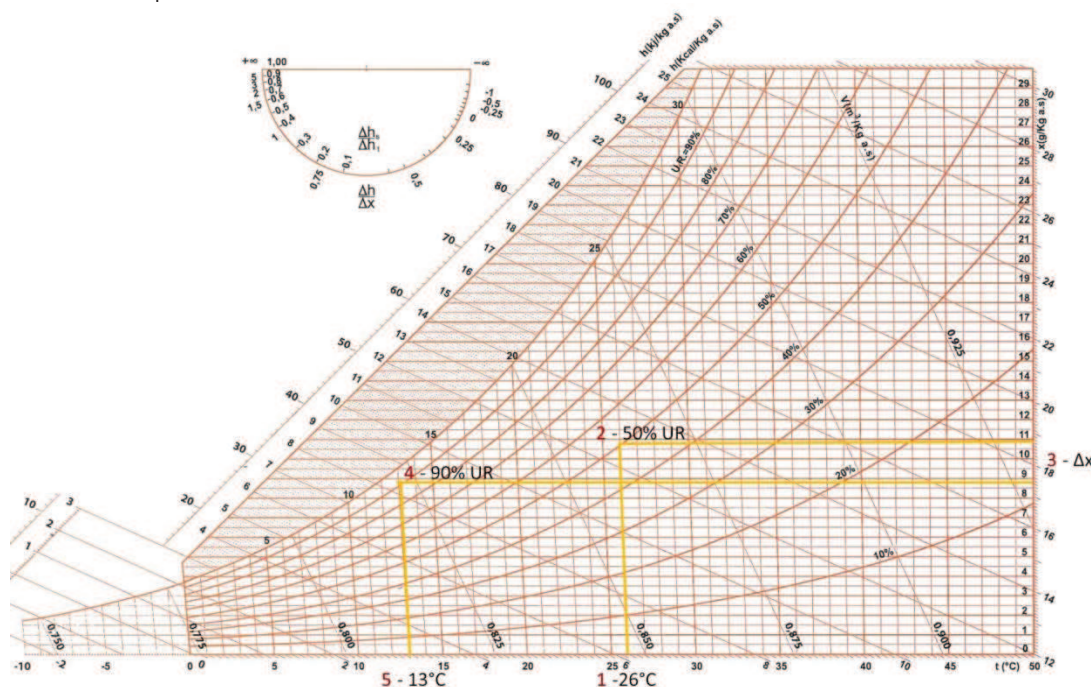


Figura 13 Diagramma psicrometrico deumidificazione, autore tesi

Questa temperatura di immissione può, però, creare discomfort termico agli utenti dell'alloggio.

La minima temperatura a cui posso immettere l'aria di ricircolo è di 15°-16°C.

Si trovi, con l'inverso della formula utilizzata sopra, l'umidità specifica dell'aria corrispondente alla temperatura di immissione:

$$\Delta x = 10,6 - 9,6 = 1 \text{ g/kg}$$

Per cui la portata di aria da introdurre in ambiente è di:

$$m = 593,4 \text{ Kcal/h} / 0,6 * 1 = 989 \text{ kg/h}$$

Overo:

$$m = 840,69 \text{ mc/h}$$

8.6.5 Funzionamento estivo

L'impianto di condizionamento in estate ha la funzione di controllo della temperatura ma anche dell'umidità relativa dell'aria e lo scopo di asportare calore in eccesso attraverso il ricambio di aria. L'ambiente deumidificato dovrà avere una temperatura dell'aria di 26 °C e un'umidità relativa del 50%, partendo da una condizione esterna di 32° con il 50% di umidità.

Ipotizziamo che il recuperatore di calore in estate abbia una efficienza di circa il 45%, per la cui la temperatura in entrata alla macchina ventilante è di circa 29°C e quella in uscita è di 15°C con una variazione di entalpia di $\Delta H = 5$ kJ/kg , come visibile dal diagramma psicrometrico seguente.

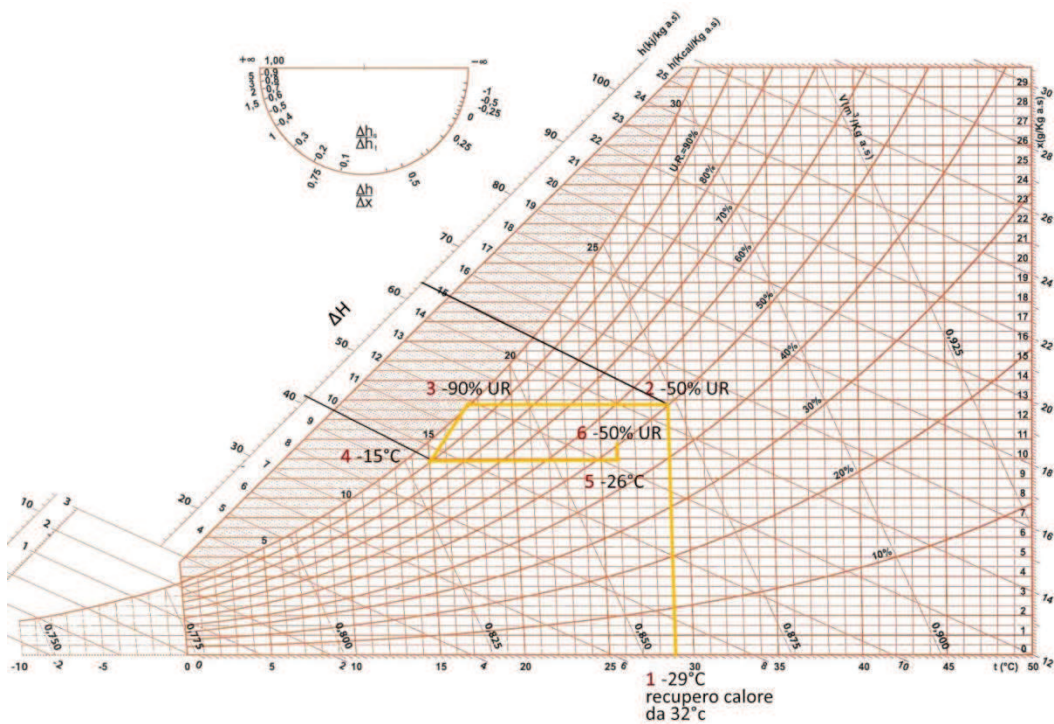


Figura 14 Diagramma psicrometrico funzionamento estivo, autore tesi

8.6.6 Funzionamento invernale

Durante l'inverno l'unità ventilante deve garantire un ricircolo d'aria minimo come da norma UNI, prelevando aria esterna a -5° col 50% di umidità relativa e immettendola in ambiente a 21° col 50% di umidità relativa. Grazie alla presenza del recuperatore, che ipotizziamo ad efficienza di circa il 55%, le batterie non devono lavorare su un ΔT di 25° ma bensì con una temperatura di ingresso di $8,8^{\circ}\text{C}$ e quindi con un ΔT di $12,2^{\circ}\text{C}$ con un risparmio energetico di circa 4,7 kW sull'energia di funzionamento.

A questo punto grazie al diagramma psicometrico si determina la quantità di vapore acqueo necessaria a umidificare l'aria appena riscaldata per raggiungere il 50% di UR, e risulta $\Delta x = 4,5 \text{ g/kg}$.

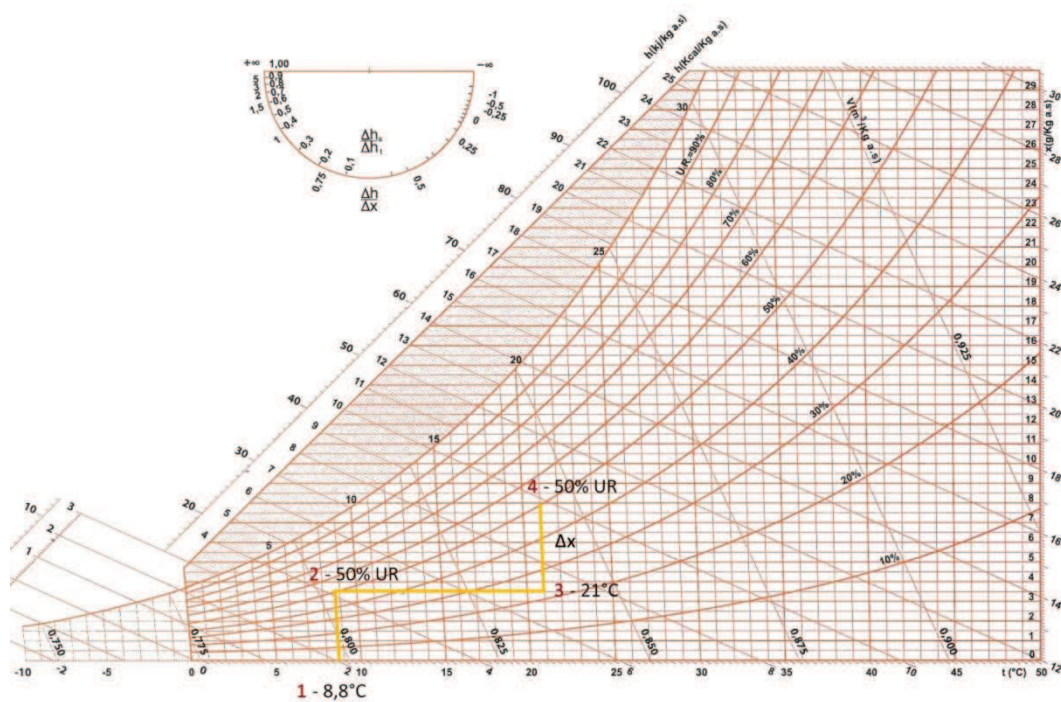


Figura 15 Diagramma psicometrico funzionamento invernale, autore tesi

8.6.7 Scelta delle componenti

- Sulla base della portata d'aria da immettere in ambiente si è dimensionata l'**unità ventilante** e i condotti di ventilazione per l'immissione.

Si è scelta una unità di tipo *AERMEC VED 330* che può gestire portate di 855 mc/h. Queste unità sono costituite da un carter all'interno del quale è presente una batteria, a 2 ranghi, di scambio termico acqua-aria. I due ranghi consentono di trattare esclusivamente acqua fredda o calda a seconda del periodo. Il modello in questione presenta tre ventilatori, nel caso in cui si vuole suddividere la mandata in tre condotti di ventilazione differenti a portate più piccole, un filtro e una vaschetta per la raccolta della condensa.

E' collegata alla caldaia e alla macchina refrigerante per la fornitura di acqua calda/fredda a seconda della stagione, all'impianto elettrico per l'alimentazione (assorbe 107 W) e alla rete idrica per la riserva di acqua.

Funziona con temperature dell'acqua di:

- Temperatura acqua ingresso inverno = 50°C
- Temperatura acqua ingresso estate = 7°C

Mentre l'aria in entrata/uscita nell'ambiente avrà temperature di:

- Temperatura aria in ingresso inverno = 20°C
- Temperatura aria in ingresso estate = 27°C
- Si dimensionano i **condotti di ventilazione** a partire da una velocità dell'aria immessa di 4,5 m/s, come espresso dalla *UNI 10339*, e un'altezza dei condotti di 15 cm, per non eccedere nell'abbassamento dovuto alla presenza del controsoffitto.

Per cui la larghezza dei condotti è data da:

$$b = m/(v \times h) = 0,35 \text{ m}$$

Le dimensioni dei condotti di mandata e ripresa saranno, quindi, di 15x35 cm. Per valutare le perdite per unità di lunghezza è necessario definire il diametro equivalente di una tubazione circolare mediante la formula seguente:

$$D_{eq} = \sqrt{4h \times b/\pi} = 260 \text{ mm}$$

Dalla tabella riportata di seguito si calcolano le perdite di carico per unità di lunghezza per una tubazione con il diametro definito e alla velocità dell'aria impostata.

$$\text{Perdite di carico unitarie} = 0,11 \text{ mm Ca/m}$$

La lunghezza dei canali degli uffici sono rispettivamente:

$$L_{\text{CANALI1}} = 15,7 \text{ m}$$

$$L_{\text{CANALI2}} = 22,65 \text{ m}$$

Per cui le perdite di carico sono:

$$\text{Perdite di carico}_1 = 15,7 \text{ m} \times 0,11 = 1,72 \text{ mmCA}$$

$$\text{Perdite di carico}_2 = 22,65 \text{ m} \times 0,11 = 2,49 \text{ mmCA}$$

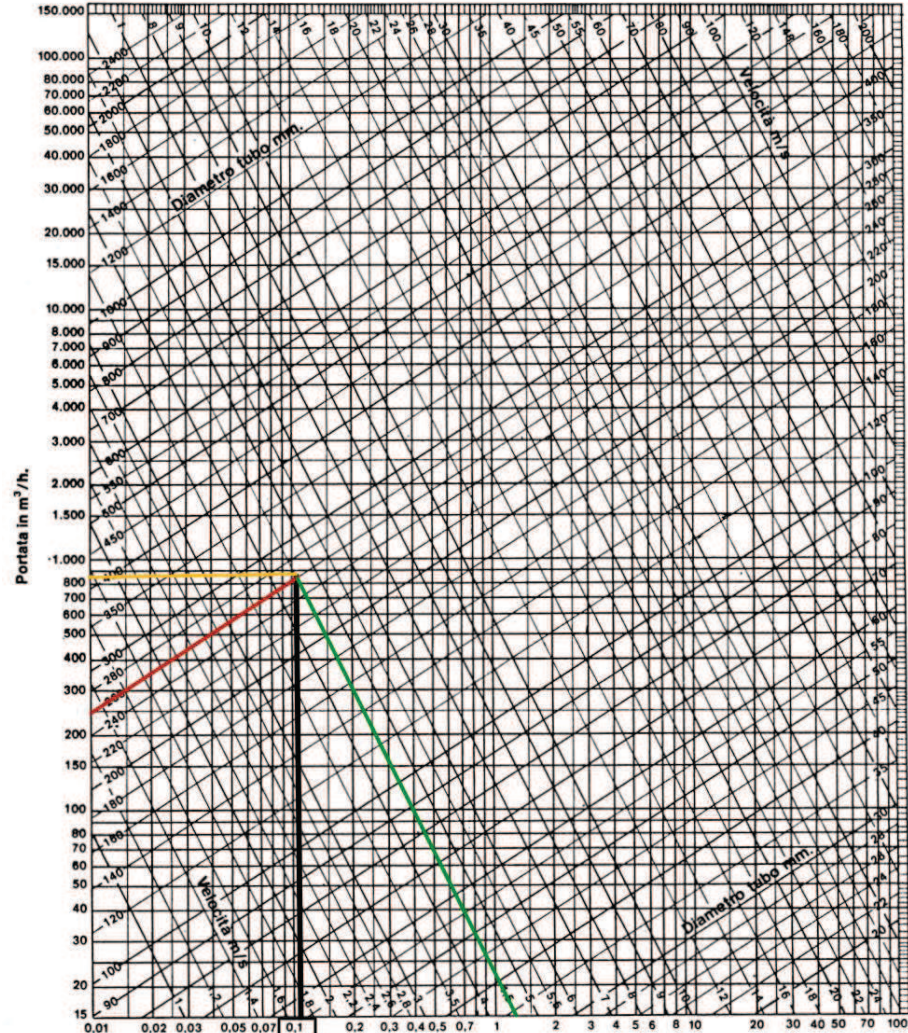


Figura 16 Tabella perdite di carico tubatura circolare

- La **macchina refrigerante** si dimensiona a partire dal carico termico estivo che per gli uffici è di massimo **11 W**, come dall'**allegato F**.

Alla luce di questo valore massimo si è scelta una macchina tipo **AERMEC ANL 050°** con una potenza frigorifera di 13,31 kW con una potenza assorbita di 4,12 W, che fornisce acqua alle temperature di:

- Temperatura acqua in uscita evaporatore = 7°C
- Temperatura acqua in ingresso evaporatore = 12°C
- Temperatura aria esterna = 32°C

- Il **recuperatore di calore** consente di estrarre una determinata quantità di aria dall'ambiente e sostituirla con aria di rinnovo. Un recuperatore a piastre di alluminio, tipo **AERMEC HRS090**, permette un efficace scambio termico tra il flusso di aria di espulsione e quello di rinnovo che viene così

preriscaldata o preraffreddata. Anche in questo caso la scelta del modello è subordinato alla portata d'aria di progetto e questo modello è dimensionato per portate d'aria di 920 mc/h.

Ha una efficienza invernale del 55% e estiva del 48,6%, in linea con le ipotesi fatte nei paragrafi precedenti.

8.7 APPARTAMENTI: VENTILAZIONE E RAFFRESCAMENTO

8.7.1 Ventilazione meccanica controllata

La riqualificazione dell'involucro si pone l'obiettivo principale di garantire un adeguato isolamento termico degli appartamenti mediante l'integrazione delle pannellature portanti esistenti con un sistema a cappotto, la sostituzione dei vecchi serramenti in legno e una particolare attenzione alla coibentazione dei giunti strutturali nuovi ed esistenti, per eliminare la presenza dei ponti termici.

La limitazione dei consumi energetici e la qualità dell'aria interna sono due principi fondamentali che è spesso difficile far convivere: se da una parte si garantisce un grado di isolamento dell'involucro capace di limitare le dispersioni di energia verso l'esterno, dall'altro, si aprono le questioni di mancanza di ventilazione e di ristagno conseguente di aria inquinata nei luoghi di vita, causando, a medio termine, lo sviluppo di muffe e microrganismi dannosi per la salute umana e per l'abitazione.

Questo comporta indubbi vantaggi dal punto di vista energetico, riducendo i costi per il riscaldamento grazie all'incremento dell'inerzia termica dell'involucro, ma contribuisce alla trasformazione di quest'ultimo in una sorta di contenitore stagno. Ne consegue una maggiore difficoltà nello smaltimento dell'umidità, nell'evitare la formazione di condensa e nel garantire il corretto ricambio aria.

Questo problema può essere risolto mediante l'installazione di unità ventilanti che garantiscono lo smaltimento dell'aria interna e forniscono aria pulita dall'esterno. L'utilizzo di un sistema di ventilazione meccanica controllata garantisce igiene e comfort per gli utenti, limita il degrado dell'involucro edilizio, consente un risparmio sui costi di climatizzazione e migliora le prestazioni energetiche dell'edificio.

Si è scelto un sistema a doppio flusso con recupero di calore che consente di prelevare aria dall'esterno e di immetterla in ambiente opportunamente filtrata e, contemporaneamente, di prelevare l'aria viziata dall'ambiente e di espellerla all'esterno dell'appartamento. Il flusso incrociato e una piastra in alluminio ad alta conducibilità consentono di far scambiare calore alle due portate d'aria, in entrata e in uscita.

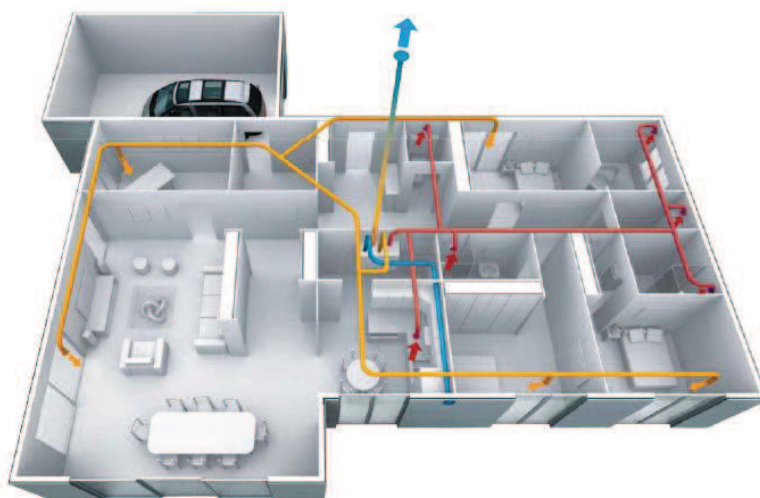


Figura 17 Esempio funzionamento doppio flusso, VMC

Si è scelta una unità del tipo *AERA VMC* in linea, installabile a controsoffitto. E' possibile superare il problema dell'altezza limite interpiano di 270 cm disponendo l'unità ventilante a controsoffitto nei disimpegni e passando, mediante opportuni raccordi, da tubazioni circolari di diametro standard di 125 mm a tubazioni rettangolari di dimensioni 12x5,4cm. In questo modo si potrà ottenere un ribassamento di soli 12 cm nel locale cucina dove, nella maggior parte dei casi, avviene il prelievo e l'espulsione dell'aria dall'esterno.

- **L'unità ventilante** è adatta per appartamenti fino a 120 mq ed è facilmente installabile garantendo esclusivamente l'attacco elettrico. E' composta da due elementi modulari: una parte passiva, contenente lo scambiatore di calore e i filtri, e una parte attiva contenente le motorizzazioni. La struttura è in PPE per un perfetto isolamento termo-acustico. Il recuperatore di calore ha una efficienza dell'88% per cui si può ottenere un importante risparmio energetico soprattutto nelle stagioni intermedie (ottobre-novembre, marzo-aprile), limitando la necessità del riscaldamento centralizzato e riducendone l'utilizzo.

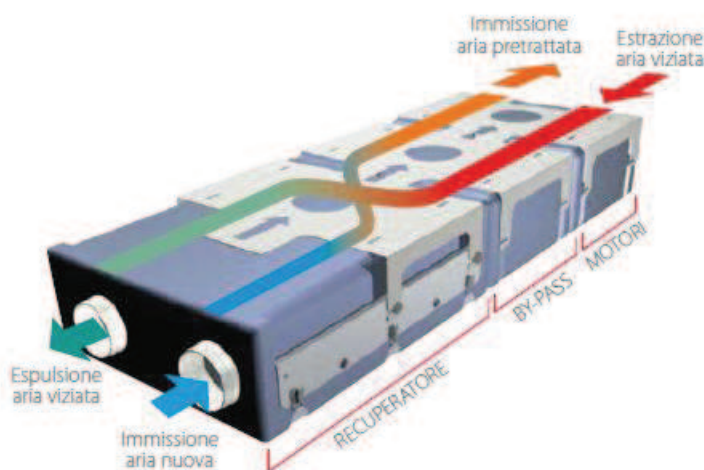


Figura 18 Unità ventilante a doppio flusso in linea serie AERA VMC

- I **componenti** del sistema sono le tubazioni rettangolari e i raccordi, per il passaggio dell'immissione circolare ai canali rettangolari e per i cambi di direzione, e le bocchette di immissione ed estrazione in poliestere bianco con capacità di 30 mc/h adatta alla ventilazione di un locale.

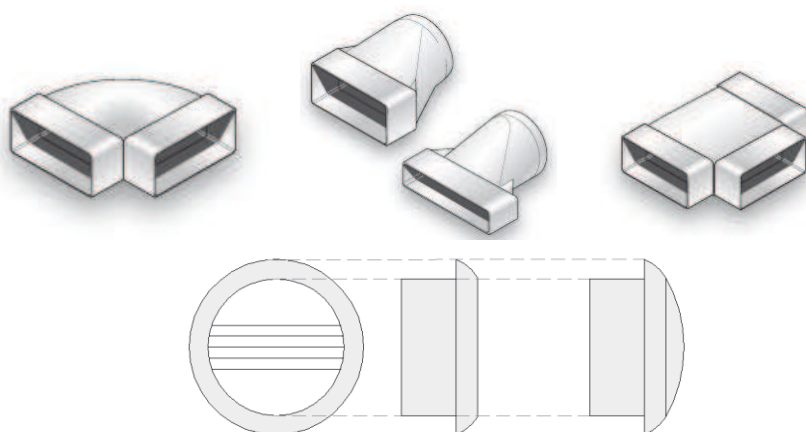


Figura 19 Raccordi e componenti del sistema, autore tesi

8.7.2 Raffrescamento estivo

Come descritto nei paragrafi precedenti, gli appartamenti sono riscaldati mediante un sistema centralizzato a radiatori in ghisa già esistente negli alloggi.

A Milano la temperatura esterna estiva raggiunge picchi di 35°C che stanno determinando negli ultimi anni un incremento esponenziale nella vendita e installazione di ventilconvettori e macchine refrigeranti.

Il Comune di Rozzano, e il quartiere in questione, si trovano in un'area esterna alla cerchia cittadina e, sicuramente, più ventilata. Inoltre, il doppio affaccio di tutti gli appartamenti, a sud-ovest e nord-est, e la predisposizione sul fronte sud-ovest di un sistema di logge e di oscuramenti regolabili, consente un buon ombreggiamento della facciata calda e un efficiente raffrescamento passivo. Gli accorgimenti progettuali e il sistema di ventilazione meccanica controllata dovrebbero ridurre il carico termico interno degli alloggi ma, a discrezione dell'utenza, è possibile integrare questo sistema con uno per il raffrescamento meccanico degli ambienti.

Raffrescamento
opzionale

Grazie alla presenza dell'unità ventilante, del recuperatore di calore e della tubazione a controsoffitto, per garantire un buon raffrescamento degli alloggi è necessario esclusivamente disporre di una macchina refrigerante esterna che fornisce all'unità ventilante acqua a 7°C in modo tale che quest'ultima può condizionare gli ambienti, e non solo occuparsi della loro ventilazione.

E' necessario dotare l'unità ventilante di un piccolo scarico della condensa che può essere convogliato nei pluviali di scarico.

Ogni alloggio è, infatti, dotato di un pluviale, interno alla cappottatura, e localizzato vicino ai volumi sporgenti.

Questo sistema consente un rapido montaggio e nessuna variazione nell'aspetto interno degli alloggi.

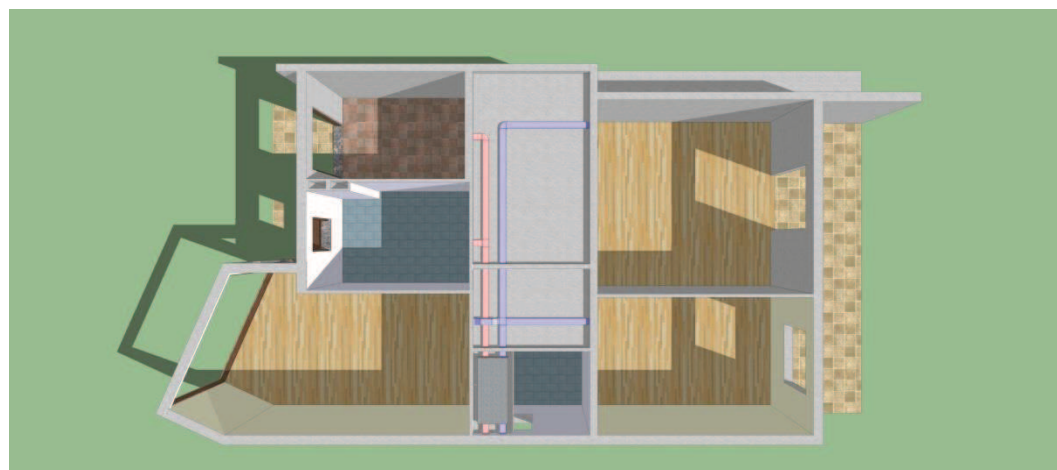


Figura 20 Schema distributivo canali di ventilazione/raffrescamento alloggio tipo, autore tesi

- La **macchina refrigerante** elettrica è di tipo AERMEC ANL 020° ha una potenza frigorifera di **5,7 kW** ed è dimensionata in base alla carico termico estivo degli appartamenti.

8.8 SOPRALZO: CONDIZIONAMENTO ARIA-ACQUA

Il piano sopraelevato si configura diviso in cinque appartamenti con struttura e metratura differente rispetto ai piani sottostanti. La qualità edilizia, la fruibilità dello spazio, la posizione, gli spazi esterni di pertinenza e il carattere di “nuova costruzione” conferiscono a questi alloggi un valore economico maggiore e la possibilità di applicare un regime di vendita a privati differente rispetto alla natura pubblica degli alloggi sottostanti.

Questo comporta, dal punto di vista dell’integrazione impiantistica, la possibilità di raggiungere standard qualitativi migliori, l’assenza di vincoli legati alle preesistenze e, ancor più importante, la possibilità di rendere gli appartamenti autonomi dal punto di vista termico e di produzione di acqua calda ad uso sanitario.

L’obiettivo preposto è quello di ottenere un impianto autosufficiente anche dal punto di vista energetico mediante l’utilizzo di fonti rinnovabili, sfruttando sicuramente la nuova copertura inclinata di 15° e di superficie di circa 450 mq.

8.8.1 Riscaldamento e raffrescamento: valutazione delle alternative

Gli alloggi del piano sopraelevato presentano una copertura inclinata che consente di disporre di una altezza interna che parte dai 2,7 m fino ad arrivare ai 4,5 m. Non vi sono quindi problemi legati alla disposizione dei passaggi impiantistici e alla localizzazione dei terminali.

Per il riscaldamento e il raffrescamento si può, quindi, scegliere un sistema a tutta aria o anche aria-acqua, senza particolari limitazioni di carattere economico o architettonico.

La scelta, come nei casi precedenti, si basa sulla valutazione oculata delle alternative.

- **Impianto a pannelli radianti** = predisposizione di un impianto a pannelli radianti a pavimento, controsoffitto o parete con funzionamento sia estivo che invernale mediante una pompa di calore;

Alternativa 1

PRO = questi impianti garantiscono un ottimale benessere termico poiché, cedendo calore principalmente per irraggiamento, si evita il formarsi di correnti convettive di aria calda a soffitto e fredda a pavimento; si evita la formazione e circolazione di polvere; un altro vantaggio importante è il risparmio energetico, conseguente ad un funzionamento del sistema con acqua a basse temperature; l’impianto ha un buon rendimento molto bene quando ha funzionamento continuo;

CONTRO = uno svantaggio, che prescinde dalle condizioni al contorno progettuali, è l’incapacità di deumidificare e la più bassa resa frigorifera rispetto ai sistemi ad aria.

- **Impianto ad aria** = impianto di riscaldamento, raffrescamento e controllo umidità ad aria canalizzato o a ventilconvettori, pompa di calore;

Alternativa 2

PRO = un impianto ad aria consente la climatizzazione, il ricambio aria e il controllo umidità dell’intero ambiente contemporaneamente e senza differenze sia nel periodo invernale che in quello estivo; mediante l’aggiunta di un recuperatore di calore si ottiene un importante risparmio energetico

poiché si preriscalda l'aria in ingresso al ventilconvettore e il gradiente di temperatura tra l'aria in ingresso e quella in uscita si abbassa;

CONTRO = spostamento di grosse quantità di aria e differenze di temperatura a seconda della conformazione del locale.

Scelta dell'alternativa migliore

Nel caso degli uffici la scelta è ricaduta su un sistema ad aria, principalmente per logiche di limitato spazio interpiano, ma anche perché il carico termico estivo supera di molto quello invernale e il comfort estivo diventa, quindi, più importante di quello invernale, non potendo applicare i principi della ventilazione naturale e avendo delle chiusure interamente vetrate.

Nel caso residenziale i ragionamenti devono essere differenti e si devono basare sul concetto di comfort termico. Inoltre i vincoli sono differenti se non opposti al caso precedente.

La presenza di una copertura con una notevole inclinazione rende, se non proibitiva, ma per lo meno più difficoltosa e meno automatica, l'istallazione a controsoffitto di un impianto canalizzato ad aria. Si potrebbe ovviare il problema mediante l'utilizzo di ventilconvettori a parete che, però, enfatizzano i problemi di circolazione d'aria propri di questo sistema.

Il condizionamento ad aria, infatti, è poco usuale nelle abitazioni poiché, essendo un sistema che scambia calore per convezione, causa un maggiore discomfort termico, dovuto alla movimentazione di masse di aria e all'istantaneità del condizionamento.

Infatti, non essendovi in gioco il riscaldamento di una massa dotata di inerzia termica, allo spegnimento del sistema, ovviamente in maniera limitata grazie all'ottima coibentazione degli alloggi, gli utenti possono avvertire nuovamente una sensazione di freddo/caldo al variare del periodo.

Il sistema ad aria è invece privilegiato quando è necessario mettere a regime più rapidamente l'impianto, come nelle camere d'albergo o nelle seconde case.

Al contrario si è scelto quindi di prediligere il sistema a pannelli radianti che, accoppiato alla pompa di calore e al solare termico, consente ottimi risparmi economici, dovuti soprattutto al fatto che lavora a temperature più basse in inverno, e allo stesso tempo un livello di benessere termoigrometrico irraggiungibile con gli altri sistemi, dovuto ad uno scambio di calore per irraggiamento e alla vasta superficie radiante.

Non meno importante il fattore estetico di invisibilità di questi sistemi e di maggiore libertà nella disposizione dell'arredo.

I due aspetti negativi riguardano il raffrescamento estivo e il controllo dell'umidità. Questi due aspetti si risolvono separatamente mediante lo studio di un sistema efficiente di ventilazione naturale, descritto nei capitoli precedenti, e accoppiando il sistema ad una unità di ventilazione meccanica controllata simile a quella adottata negli appartamenti dei piani inferiori.

8.8.2 Dimensionamento del sistema a pannelli radianti²

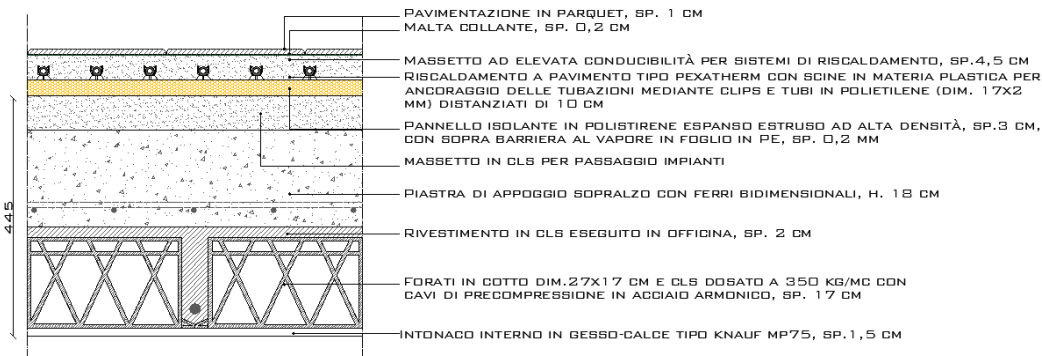
L'energia termica dell'impianto di riscaldamento deve essere tale da coprire il fabbisogno del locale considerato Q [W]. I carichi termici estivi dei locali sono maggiori di quelli invernali, come visibile dall'*allegato F*, per cui il sistema radiante a pavimento si è dimensionato sulla base del fabbisogno estivo.

Il flusso termico specifico q [W/mq] diretto verso l'alto è la quantità di calore necessaria al locale per unità di superficie:

² UNI EN 1264/1999

$$q = Q/A_F$$

Ma dipende anche da numerosi parametri, alcuni dei quali sono scelti a priori con il fornitore:



- S_U = spessore dello strato compreso tra la serpentina e il rivestimento del pavimento = 0,045 m
- I_E = conducibilità dello strato compreso tra la serpentina e il rivestimento del pavimento [W/mK];
- R_B = resistenza termica del rivestimento del pavimento [mK/W];
- De = diametro esterno della tubazione = 27 mm
- T = passo delle serpentine [cm];
- T_i = temperatura ambiente = 26°C
- T_v = temperatura di mandata dell'acqua del circuito = 15°C
- T_r = temperatura di ritorno dell'acqua del circuito = 18°C

La relazione esistente tra questi parametri e il flusso termico specifico è data dall'espressione seguente:

$$q = \alpha_1 \times \alpha_2 \times \alpha_3 \times \Delta\vartheta_H$$

- con:
- $\alpha_1 (De, S_U)$
 - $\alpha_2 (\lambda_{CLS}, R_B)$
 - $\alpha_3 (T, R_B)$
 - $\Delta\vartheta_H = (\vartheta_v - \vartheta_R) / \ln((\vartheta_v - \vartheta_i) / (\vartheta_R - \vartheta_i))$

Per cui è necessario calcolare in primo luogo la resistenza termica del pavimento, formato da piastrelle e malta collante:

$$R_B = \sum s_i / \lambda_i = 0,01/1 + 0,008/1,4 = 0,0157 \text{ W/mqK}$$

- con
- s_i = spessore strato
 - λ_i = conducibilità materiale

Per conoscere il flusso termico specifico è necessario determinare i quattro parametri incogniti α_1 , α_2 , α_3 , $\Delta\vartheta_H$. Di questi non è possibile ricavare α_3 poiché non si conosce a priori il passo della serpentina che, al contrario, è proprio il parametro di progetto che interessa calcolare.

Per cui si può ricavare il valore del flusso termico dal rapporto tra fabbisogno e superficie dei locali e poi trovare α_3 da cui ricavare il passo delle serpentine.

Se, per esempio, si prende in considerazione il soggiorno del primo trilocale si ottiene il seguente flusso termico:



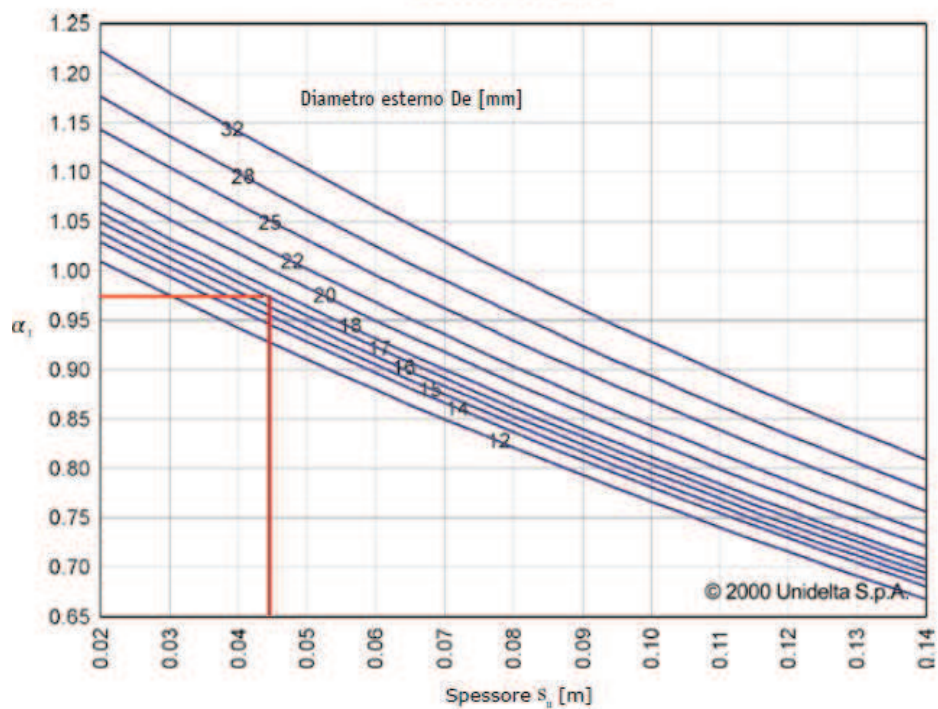
Figura 21 Pianta piano sopraelevato, autore tesi

$$q = 2098 \text{ W}/34 \text{ mq} = 61,71 \text{ W/mq}$$

Il valore di α_1 si definisce dal grafico seguente, in funzione di diametro esterno della tubatura e spessore dello strato compreso tra la serpentina e il pavimento:

$$\alpha_1 = 0,97$$

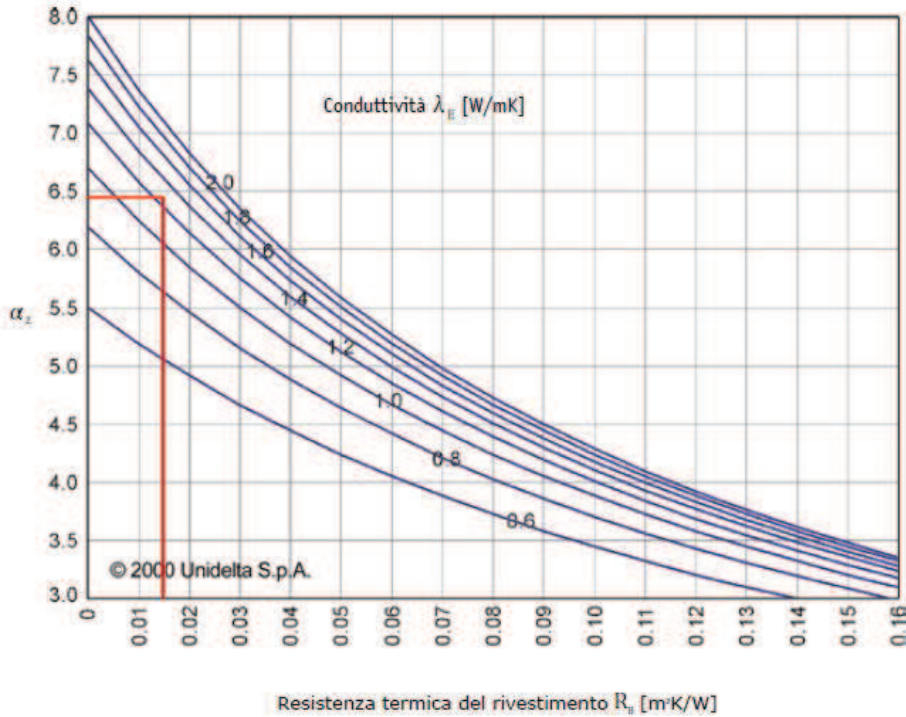
DIAGRAMMA 11.1



Il valore di α_2 si trova dal grafico seguente, in funzione di conducibilità del calcestruzzo $\lambda_{CLS} = 1,28 \text{ W/Mk}$ e della resistenza del rivestimento R_B :

$$\alpha_2 = 6,45$$

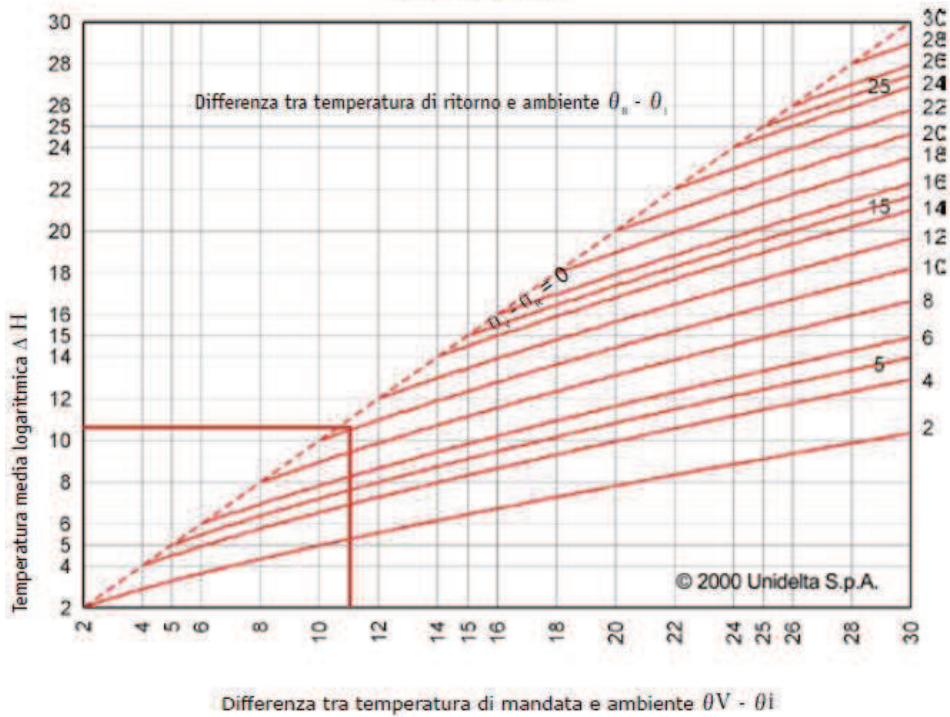
DIAGRAMMA 11.2



Per poter determinare il parametro α_3 , al variare del flusso termico specifico dei diversi locali, è necessario determinare dal diagramma seguente, e in base alla differenza della temperatura di mandata con quella ambiente e di quella di ritorno con quella dell'ambiente, il valore di $\Delta\theta_H$:

$$\Delta\theta_H = 10,3$$

DIAGRAMMA 11.4



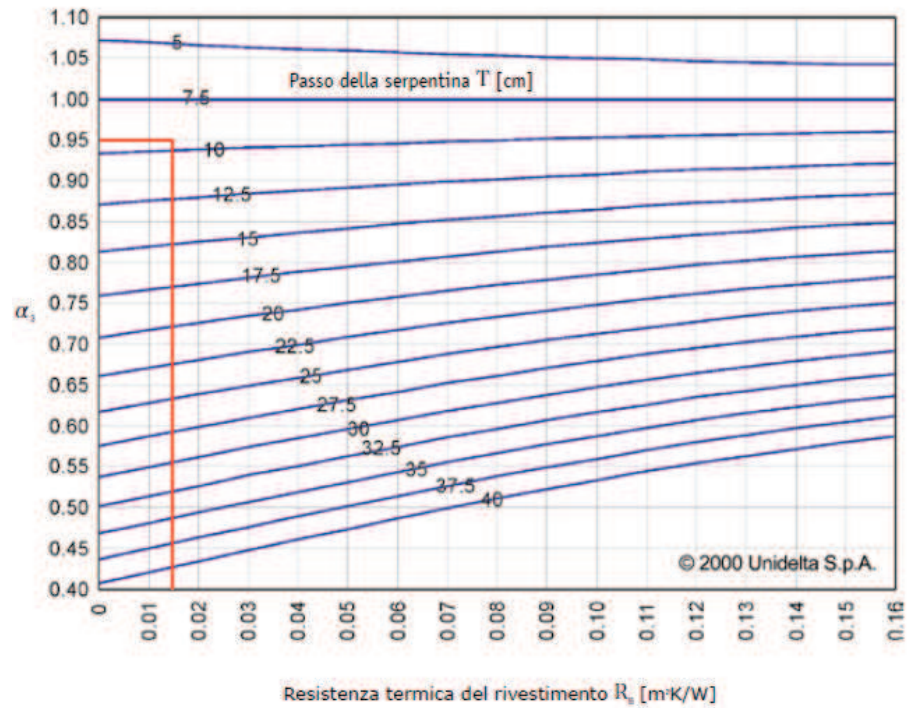
A questo punto è possibile calcolare il valore di α_3 come:

$$\alpha_3 = q/(\alpha_1 \times \alpha_2 \times \Delta\theta_H) = 0,96$$

A partire da questo valore, e considerando la resistenza termica della superficie della serpentina, si definisce il primo parametro di progetto, ovvero il passo della serpentina dal grafico seguente:

$$T = 10 \text{ cm}$$

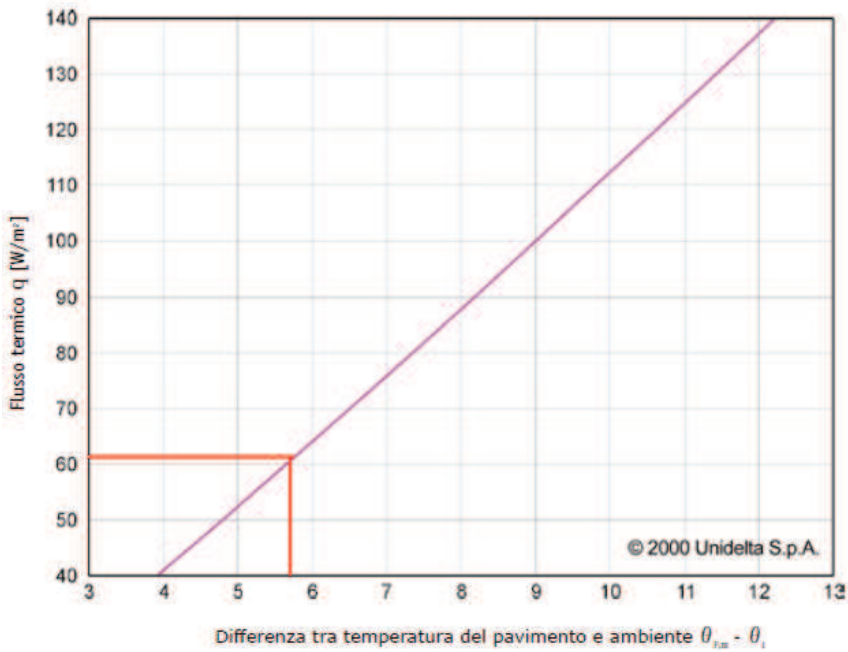
DIAGRAMMA 11.3



Si calcola ora la temperatura del pavimento in estate. Dal grafico seguente si ricava la differenza tra la temperatura del pavimento e quella ambiente, ma conoscendo quella ambiente si ottiene una temperatura del pavimento che garantisce il perfetto comfort dell'utenza:

$$T_{pav} = 20,2 \text{ }^\circ\text{C}$$

DIAGRAMMA 11.5a. FLUSSO TERMICO INFERIORE A 140 W/m²

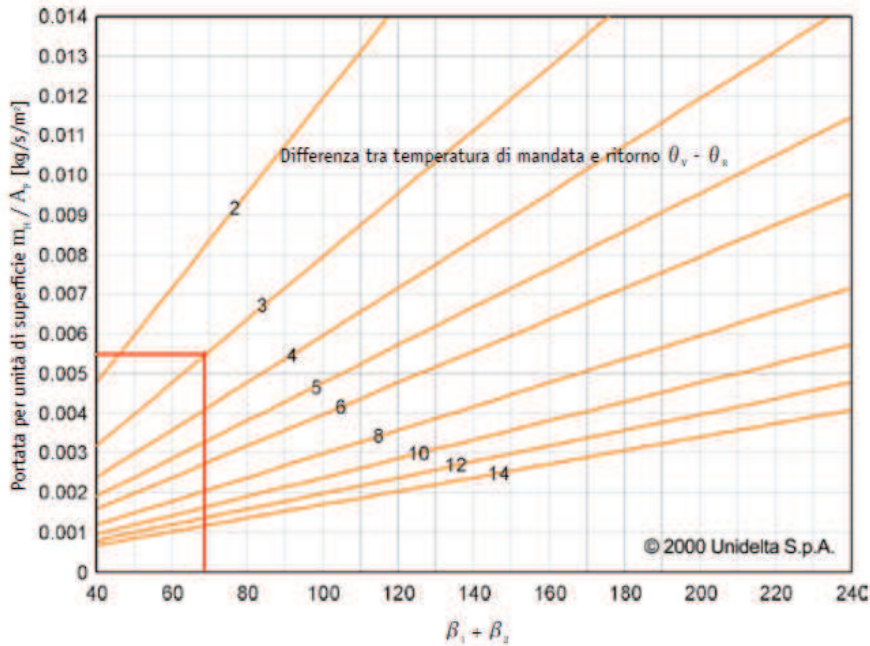


L'ultimo parametro di progetto è la definizione, a partire dal grafico seguente, della portata d'acqua in circolo nelle serpentine:

$$m/A = 0,005 \text{ kg/s/mq}$$

$$m = 0,17 \text{ kg/s}$$

DIAGRAMMA 11.6



La lunghezza delle serpentine è di:

$$L = 100 \times A/T = 340 \text{ m}$$

Si riportano di seguito in tabella i dati progettuali specifici per ogni locale della sopraelevazione:

	TIPOLOGIA LOCALI	SUP. [mq]	SUP. UTILE [mq]	Q INVERNO [W]	Q ESTIVO [W]	passo [m]	α_3	q INVERNO [W/mq]	q ESTATE [W/mq]	TOT INVERNO [W]	TOT ESTATE [W]
TRILOCALE 1	soggiorno	34	27,2	742,46	2098	10	0,96	112,92	61,86	3071,35089	1682,7082
	camera 1	12	9,6	126,73	561,04	20	0,73	85,86	47,04	824,296378	451,609186
	camera 2	14,4	11,52	447,06	353,12	40	0,26	30,58	16,75	352,302013	193,016529
	bagno	7	5,6	69,24	291,64	24	0,65	76,45	41,89	428,144808	234,568698
BILOCALE 1	soggiorno	31,2	24,96	469,46	1426,64	21	0,71	83,51	45,75	2084,45358	1142,01446
	bagno	7	5,6	69,24	291,64	23	0,65	76,04	41,66	425,851029	233,312
	camera	14	11,2	174,86	330,15	40	0,37	43,04	23,58	482,083107	264,12
TRILOCALE 2	camera	14	11,2	160,26	681,79	17,5	0,76	88,89	48,70	995,545786	545,432
	soggiorno	32,6	26,08	242,26	831,02	40	0,40	46,53	25,49	1213,45056	664,816
	camera	15	12	172,98	330,15	40	0,34	40,17	22,01	482,083107	264,12
	bagno	7	5,6	69,24	291,64	24	0,65	76,04	41,66	425,851029	233,312
TRILOCALE 3	camera	14	11,2	158,26	681	18	0,75	88,79	48,64	994,392233	544,8
	soggiorno	34,2	27,36	469,47	1426,74	23	0,65	76,14	41,72	2083,31744	1141,392
	camera	14,4	11,52	174,86	330,15	40	0,36	41,85	22,93	482,083107	264,12
TRILOCALE 4	bagno	7	5,6	69,24	291,64	23	0,65	76,04	41,66	425,851029	233,312
	soggiorno	34	27,2	742,45	2095,64	10	0,96	112,50	61,64	3060,04132	1676,512
	camera	12	9,6	126,73	536,78	21	0,69	81,65	44,73	783,803029	429,424
	camera	14,4	11,52	447,06	344,93	40	0,26	31,05	17,01	357,648	195,945447

Figura 22 Superfici e fabbisogno appartamenti sopraelevazione, autore tesi

8.8.3 Scelta delle componenti dell'impianto

Il sistema a pannelli radianti, per poter funzionare durante l'arco dell'anno, può essere alimentato da una caldaia accoppiata ad un refrigeratore o da una pompa di calore che consente, mediante la tecnologia inverter, di funzionare sia in inverno che in estate. La pompa di calore è una tecnologia che funziona bene se integrata ad alimentazione mediante fonte rinnovabile, che consente un notevole risparmio energetico. Si è scelto, per la sopraelevazione, quindi, di dotare ogni appartamento di una pompa di calore e di un serbatoio di accumulo che, integrati al sistema a pannelli radianti e ai pannelli solari, consentono di mantenere nei locali un buon comfort termico durante tutto l'arco dell'anno.

- **Funzionamento invernale:** la pompa di calore prende aria dall'esterno e la converte in acqua riscaldata a 45°C per l'alimentazione dei pannelli radianti. Il mantenimento di tale temperatura, e un risparmio sul funzionamento continuo della pompa, è garantito da un serbatoio di accumulo, per alloggio, le cui serpentine sono alimentate anche da un fluido riscaldato dai pannelli solari. Per cui la pompa di calore deve riscaldare l'acqua di mandata solo una volta e poi l'acqua di ritorno passerà per il serbatoio di accumulo fino a quando non perde troppo carico termico.

Il serbatoio e la pompa di calore riscaldano anche, parallelamente l'acqua per uso sanitario.

- **Funzionamento estivo:** la pompa di calore preleva aria dall'esterno e la converte in acqua refrigerata a 15°C per il raffrescamento a pavimento. Contemporaneamente l'acqua prelevata dall'acquedotto viene convogliata nel serbatoio di accumulo che provvede al suo riscaldamento per uso sanitario, calibrato sui consumi della famiglia e regolabile. Anche in questo caso i pannelli solari provvedono a riscaldare il fluido che passa nelle serpentine, evitando di far funzionare elettricamente il bollitore.
- **Serbatoio di accumulo:** per dimensionare il volume minimo dei serbatoio di accumulo dei singoli appartamenti si è usato il medesimo procedimento descritto nel paragrafo 9.5.4 e si riportano di seguito i risultati: è evidente come per soddisfare il fabbisogno di ACS sono necessari piccoli serbatoio di 100 litri.

	fabbisogno ACS procapite [l/giorno]	fabbisogno ACS alloggio [l/giorno]	T utilizzo [°C]	T acqua falda [°C]	Qacs [kW]	Eacs [kWh/anno]	Q totale [kcal]
TRILOCALE 1							
TRILOCALE 4	50	150	45	10	6,10	2228,17	5250,00
BILOCALE 1	50	100	45	10	4,07	1485,45	3500,00
TRILOCALE 2	50	200	45	10	8,14	2970,90	7000,00
TRILOCALE 3	50	200	45	10	8,14	2970,90	7000,00

Q orario [kcal/h]	Qaccumulo [kcal]	Taccumulo [°C]	V [l]	Sup serpentina [m]
1750,00	3500,00	60,00	70,00	0,09
1166,67	2333,33	60,00	46,67	0,06
2333,33	4666,67	60,00	93,33	0,12
2333,33	4666,67	60,00	93,33	0,12

Figura 23 Tabella calcoli volumi serbatoio, autore tesi

- **Pompa di calore:** sommando quindi i valori di fabbisogno di acqua calda sanitaria, Q_{ACS} , con il fabbisogno termico invernale ed estivo si ottiene la potenza che devono avere le pompe di calore dei singoli alloggi.

$$P_{TOT} = Q_{ACS} + Q_{INVERNO} + Q_{ESTATE} =$$

TRILOCALE 1 = 4 = 11,6 kW
 BILOCALE 1 = 7,47 kW
 TRILOCALE 2 = 11,67 kW
 TRILOCALE 3 = 12,52 kW

8.8.4 Impianto solare-termico: dimensionamento

Un impianto solare termico ha la finalità di trasferire calore all'acqua circolante nel circuito, catturando l'energia contenuta nei raggi solari attraverso dei dispositivi statici chiamati collettori, distinguendosi così dai pannelli fotovoltaici, che trasformano la luce del sole in corrente elettrica. Questo permette alla pompa di calore di funzionare esclusivamente come parte frigorifera in estate e, indubbiamente, consente un risparmio sull'energia necessaria a scaldare l'acqua. Per verificare quale sia l'effettivo utilizzo dei pannelli solari a scopo termico è interessante conoscere la somma della radiazione solare disponibile nell'arco di tutto l'anno.

L'Italia offre condizioni meteorologiche molto buone per lo sfruttamento dell'energia solare. Il valore di insolazione, compreso tra 1200 e 1750 kWh/m² all'anno, presenta una differenza tra nord e sud intorno al 40%, rimanendo in entrambi i casi maggiore del fabbisogno annuo pro capite di calore necessario per la preparazione di acqua calda nel residenziale.

La somma della radiazione su una superficie qualsiasi dipende essenzialmente dal suo orientamento (angolo sull'orizzontale e orientamento cardinale). La somma di radiazione massima si ottiene su una superficie orientata a sud con un angolo di inclinazione di circa 30°.

L'obiettivo progettuale è quello di soddisfare l'intero fabbisogno termico e di acqua calda sanitaria mediante un numero non troppo elevato di pannelli per alloggio, in modo da disporre di parte della superficie di copertura per integrare il sistema impiantistico di riscaldamento e di acqua calda sanitaria dei dieci piani di appartamenti esistenti, o solo uno dei due, con una fonte rinnovabile, come anticipato in sede di scelta della soluzione centralizzata.

Affinché possa essere installato un impianto solare bisogna verificare che:

- esista un impianto centrale per il riscaldamento dell'acqua sanitaria;
- la superficie del tetto a disposizione sia sufficiente;
- il tetto abbia un orientamento adeguato;
- il tetto non venga messo in ombra da parti di edificio, alberi o altro;
- lo stato del tetto renda possibile l'installazione dei collettori;
- il tetto lasci la possibilità di accesso ai collettori per una successiva manutenzione;

Tutte queste condizioni progettuali sono rispettate dal caso in esame.

Per calcolare la superficie di pannelli solari necessari a soddisfare il fabbisogno degli appartamenti, in prima luogo è necessario definire l'irraggiamento medio annuo del sito in esame, Rozzano.

Per il comune in questione si hanno i seguenti irraggiamenti mensili:

GENNAIO = 1,54 kWh/mq

FEBBRAIO = 2,38 kWh/mq

MARZO = 3,77 kWh/mq

APRILE = 4,91 kWh/mq

MAGGIO = 5,82 kWh/mq

GIUGNO = 6,4 kWh/mq

LUGLIO = 6,4 kWh/mq

AGOSTO = 5,46 kWh/mq

SETTEMBRE = 4,08 kWh/mq

OTTOBRE = 2,63 kWh/mq

NOVEMBRE = 1,68 kWh/mq
 DICEMBRE = 1,19 kWh/mq

Moltiplicando questi valori di irraggiamento giornaliero per il numero dei giorni mensili e sommando i valori per tutti i mesi si ottiene un irraggiamento annuale di:

1409,85 kWh/mq anno

A questo punto si definiscono le caratteristiche dei collettori solari da produttore:

- fattore di inclinazione (sull'orizzontale di 15°) = 0,93
- rendimento del pannello = 0,783
- fattore di orientamento (sud-ovest) = 0,98

Il rendimento del pannello è dato dal prodotto dei fattori ovvero:

$$\eta = 0,71$$

L'energia garantita da un pannello è:

$$E_{\text{PANNELLO}} = 1409,85 \text{ kWh/mq anno} \times 0,71 = 100611 \text{ kWh/mq anno}$$

A questo punto è necessario decidere se i pannelli solari, per appartamento, devono sopperire al fabbisogno esclusivamente di ACS o anche di parte del riscaldamento. Varierà di conseguenza il volume del serbatoio di accumulo per appartamento e la superficie della copertura restante per i pannelli solari da destinare al sistema di riscaldamento e ACS centralizzato dei dieci piani sottostanti. Si sceglie di soddisfare l'intera richiesta di acqua calda sanitaria, sia per i singoli appartamenti del sopralzo, autonomi, che per i dieci piani inferiori, che fanno afferenza ad un unico serbatoio già dimensionato per il fabbisogno richiesto.

In base ai valori di E_{ACS} valutati al 9.8.3 è possibile ricavare la superficie necessaria di pannelli solari dividendo questi valori per la E del pannello. Questi valori vanno poi confrontati con la superficie assorbente del pannello in modo da definire quanti pannelli sono necessari per alloggio.

Come evidente dalla tabella sottostante, per soddisfare il fabbisogno di acqua calda sanitaria è necessario un pannello solare per alloggio e un serbatoio da 200 litri e per soddisfare il 50% del fabbisogno di acqua calda sanitaria degli appartamenti esistenti sono necessari altri 42 pannelli solari.

SUPERFICIE PANNELLI SOLARI PER ACS						
	Eacs [kWh/anno]	Sup necessaria [mq]	Sup assorbente pannello	Sup effettiva [mq]	n° pannelli	Volume serbatoio [l]
TRILOCALE 1=4	2228,17	2,21	2,15	2,43	1	110,73
BILOCALE 1	1485,45	1,48	2,15	2,43	1	73,82
TRILOCALE 2	2970,90	2,95	2,15	2,43	1	147,64
TRILOCALE 3	2970,90	2,95	2,15	2,43	1	147,64
SUPERFICIE TOTALE		9,60			4	serbatoi da 200l
APPARTAMENTI	91355,09	90,80	2,15	2,43	42	50%
TOT PANNELLI					52	

Figura 24 Calcolo superfici pannelli solari, autore tesi

Incrociando i risultati con i vincoli architettonici della copertura, emerge che si riesce a dotare quest'ultima di 57 pannelli solari, per cui è possibile dotare ogni appartamento della sopraelevazione di 3 pannelli solari in modo tale da soddisfare anche il 40% del fabbisogno per il riscaldamento/raffrescamento (pompa di calore), come emerge dalla tabella sottostante:

SUPERFICIE PANNELLI SOLO RISCALDAMENTO							
	Eacs [kWh/anno]	Sup necessaria [mq]	Sup assorbente pannello [mq]	Sup effettiva [mq]	n° pannelli	Volume serbatoio [l]	η %
TRILOCALE 1=4	3854,40	3,83	2,15	2,43	2	191,55	20%
BILOCALE 1	4905,60	4,88	2,15	2,43	2	243,79	40%
TRILOCALE 2	4905,60	4,88	2,15	2,43	2	243,79	40%
TRILOCALE 3	4362,48	4,34	2,15	2,43	2	216,80	30%
SUPERFICIE TOTALE		17,92					

Per cui la conformazione finale della copertura sarà quella evidenziata in figura:

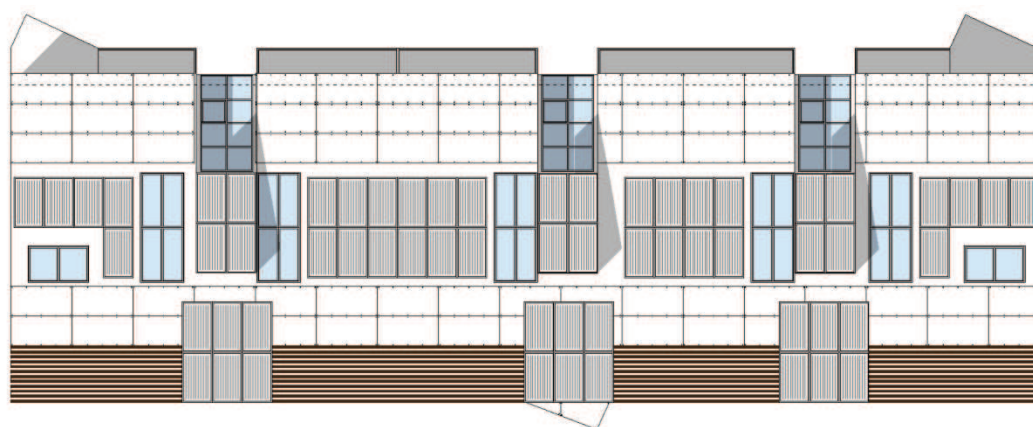


Figura 25 Pianta della copertura, autore tesi

8.8.5 Ventilazione meccanica controllata

I problemi che si riscontrano, a seguito dell'intervento di riqualificazione dell'involucro, negli appartamenti esistenti sono i medesimi che si presentano per gli alloggi del sopralzo che, essendo di nuova costruzione, presentano una coibentazione termica ottimale.

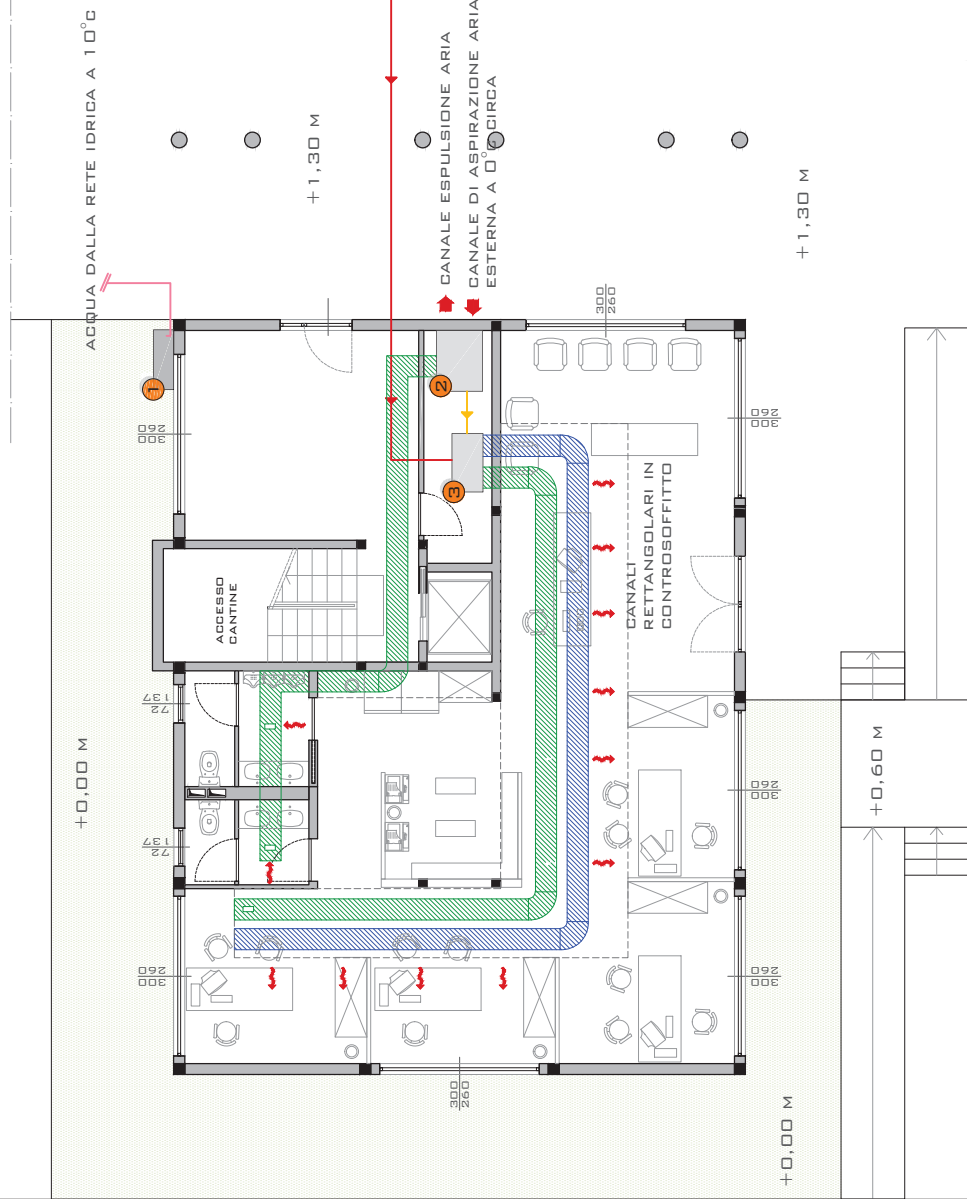
Gli alloggi del sopralzo, però, grazie alla tripla esposizione (copertura), possono fare affidamento su un sistema di raffrescamento passivo ben studiato che riduce in maniera consistente i carichi termici estivi. L'attivazione dei sistemi passivi di raffrescamento è, però, ovviamente limitata alla stagione estiva e demandata all'operato degli inquilini. La purificazione dell'aria e il controllo della ventilazione necessitano, quindi, di un ulteriore controllo meccanizzato. Inoltre questo sistema consente, grazie alla scelta di recuperare il calore, di ridurre ulteriormente il fabbisogno termico estivo e invernale risparmiando sul funzionamento della pompa di calore.

Si è infatti scelto un sistema di ventilazione e ricambio aria a doppia mandata e con recupero di calore del tipo *VORTICE HR200* installabile a parete in uno dei vani della cucina, come mostra l'immagine sottostante.



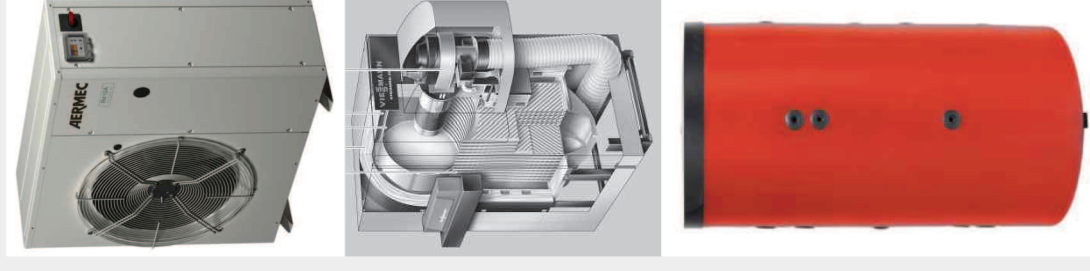
Figura 26 Localizzazione unità ventilante tipo VORTICE, www.vortice.com

L'unità ventilante è in lamiera di acciaio verniciato in poliestere di colore bianco con le parti interne in polipropilene espanso, per limitare le dispersioni di calore. Ha una portata massima di 210 kg/mc e il sistema di canalizzazioni e bocchette è lo stesso adottato nei piani inferiori., in modo da limitare al massimo gli ingombri.

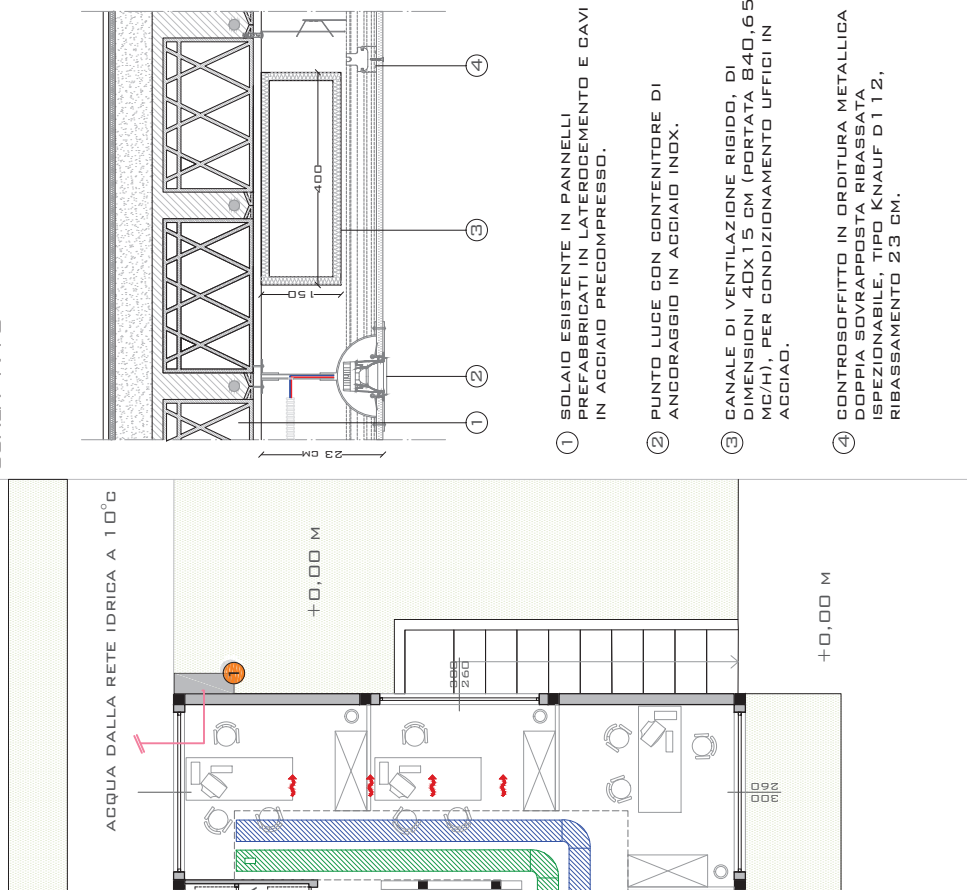
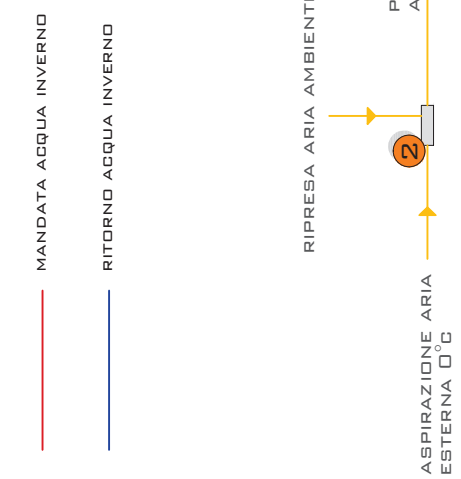


COSTITUENTI IMPIANTO

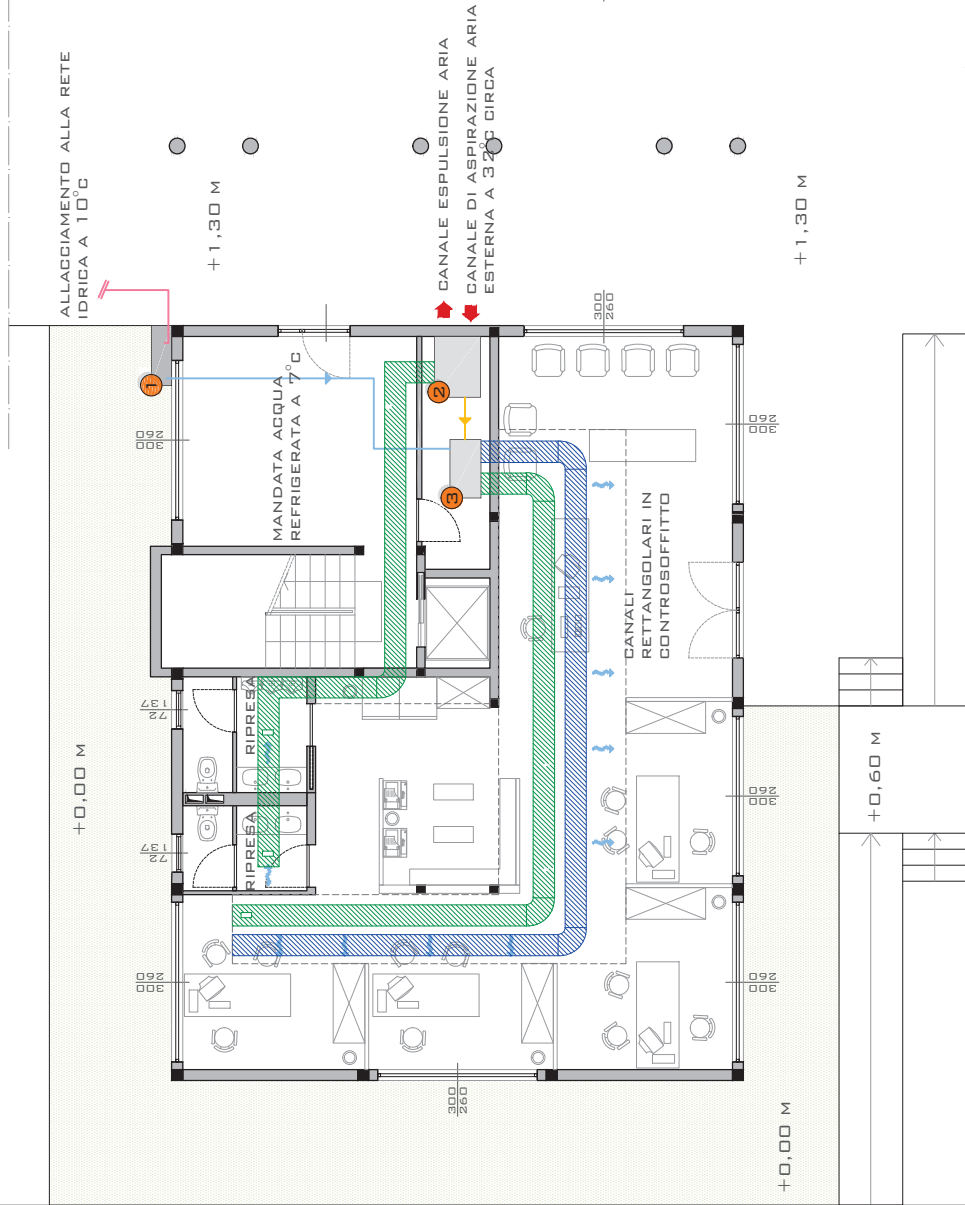
- 1 REFRIGERATORE AERMEC SERIE ANL 050° PER LA PRODUZIONE DI ACQUA FREDDA A 7°C PER L'ALIMENTAZIONE ESTIVA DELLA MACCHINA VENTILANTE. SULLA BASE DEL FABBISOGNO ESTIVO DEGLI UFFICI DI CIRCA 11 KW SI È SCELTA UNA SERIE A POTENZA FRIGORIFERA DI 13,31 KW.
 - 2 RECUPERATORE QUESTE UNITÀ PERMETTONO DI ESTRARRE UNA DETERMINATA QUANTITÀ DI ARIA DALL'AMBIENTE E SOSTITUIRLA CON ARIA DI RINNOVO. UN RECUPERATORE A PIASTRE DI ALLUMINIO HR5090 AERMEC PERMETTE UN EFFICACE SCAMBIO TERMICO FRA IL FLUSSO D'ARIA DI ESPULSIONE E QUELLO DI RINNOVO; L'ARIA DI RINNOVO VIENE COSÌ PRERISCALDATA O PRERAFREDDATA A SPESE DELL'ARIA ESPULSA. L'ARIA IMMESSA VIENE FILTRATA PRIMA DI PASSARE ATTRAVERSO IL RECUPERATORE. IL MODELLO È STATO SCELTO SULLA BASE DELLA PORTATA D'ARIA NECESSARIA A CONDIZIONARE L'AMBIENTE (840MC/H).
 - 3 VENTILCONVETTORE QUESTE UNITÀ SONO COSTITUITE DA UN CARTER ALL'INTERNO DEL QUALE È PRESENTE UNA BATTERIA (2 RANGHI) DI SCAMBIO TERMICO ACQUA/ARIA, UN VENTILATORE PER LA DIFFUSIONE DELL'ARIA RISCALDATA/RAFFREDDATA NEI CONDOTTI, UN FILTRO DELL'ARIA E UNA VASCHETTA PER LA RACCOLTA DELLA CONDENSA. È COLLEGATA AL REFRIGERATORE E ALLA CALDAIA, PER LA FORNITURA DI ACQUA CALDA/FREDDA A SECONDA DELLA STAGIONE, ALL'IMPIANTO ELETTRICO, PER L'ALIMENTAZIONE, E ALLA RETE IDRICA PER LA RISERVA D'ACQUA. È STATO SCELTO UN MODELLO VED 330 AERMEC IN BASE ALLA PORTATA DI ARIA DA CONDIZIONARE (840 MC/H).
 - 4 CALDAIA A CONDENSAZIONE A METANO SI PROPONE LA SOSTITUZIONE DELL'ATTUALE CALDAIA A GAS CON UNA PIÙ MODERNA CALDAIA A CONDENSAZIONE, SCELTA IN BASE AL CALCOLO DELLA POTENZA NECESSARIA AD ACS E RISCALDAMENTO AD ALTE TEMPERATURE CON RADIATORI, DEL TIPO VITOCROSSAL 200 VISSMAN.
 - 5 SERBATOIO DI ACCUMULO DI ACQUA CALDA SANITARIA, COMPLETO DI COIBENTAZIONE IN POLIURETANO FLESSIBILE SP. 50 MM, RIVESTIMENTO ESTERNO IN PVC COLORATO ED ANODO SACRIFICIALE PER IL CONTROLLO DELLE CORRENTI GALVANICHE. DIMENSIONATO A PARTIRE DAL CONSUMO DI ACQUA CALDA PER ALLOGGIO, PRESENTA UN VOLUME DI 5000 L CON 6,15 M DI SERPENTINE.
- LEGENDA PIANTA**
- MANDATA ACQUA INVERNO
 - MANDATA ARIA INVERNO
 - ACQUA DALLA RETE IDRICA
 - TUBI DI MANDATA ARIA RISCALDATA A 20°C IN CONTROSOFFITTO
DIMENSIONI: 15X40 CM
 - TUBI DI RIPRESA ARIA AMBIENTE IN CONTROSOFFITTO
DIMENSIONI: 15X40 CM



SCHEMA FUNZIONAMENTO INVERNO



- 1 SOLAIO ESISTENTE IN PANNELLI PREFABBRICATI IN LATEROCEMENTO E CAVI IN ACCIAIO PRECOMPRESSO.
- 2 PUNTO LUCE CON CONTENITORE DI ANCORAGGIO IN ACCIAIO INOX.
- 3 CANALE DI VENTILAZIONE RIGIDO, DI DIMENSIONI 40X15 CM (PORTATA 840,65 MC/H), PER CONDIZIONAMENTO UFFICI IN ACCIAIO.
- 4 CONTROSOFFITTO IN ORBITURA METALLICA DOPPIA SOVRAPPONIBILE RIBASSATA ISPEZIONABILE, TIPO KNAUF D112, RIBASSAMENTO 23 CM.

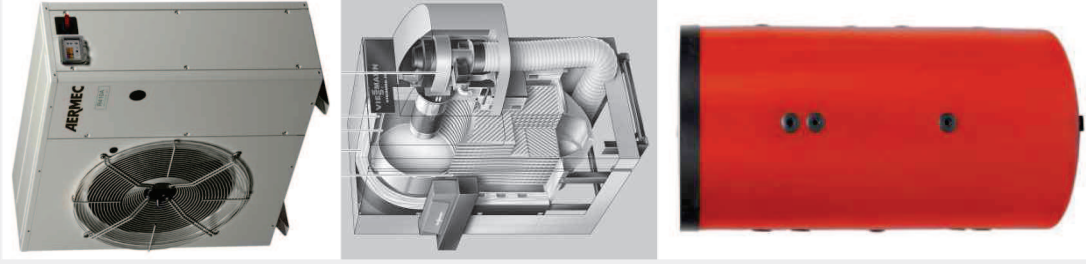


COSTITUENTI IMPIANTO

- 1 REFRIGERATORE AERMEC SERIE ANL 050° PER LA PRODUZIONE DI ACQUA FREDDA A 7°C PER L'ALIMENTAZIONE ESTIVA DELLA MACCHINA VENTILANTE. SULLA BASE DEL FABBISOGNO ESTIVO DEGLI UFFICI DI CIRCA 11 KW SI È SCELTA UNA SERIE A POTENZA FRIGORIFERA DI 13,31 KW.
- 2 RECUPERATORE QUESTE UNITÀ PERMETTONO DI ESTRARRE UNA DETERMINATA QUANTITÀ DI ARIA DALL'AMBIENTE E SOSTITUIRLA CON ARIA DI RINNOVO. UN RECUPERATORE A PIASTRE DI ALLUMINIO HR5090 AERMEC PERMETTE UN EFFICACE SCAMBIO TERMICO FRA IL FLUSSO D'ARIA DI ESPULSIONE E QUELLO DI RINNOVO; L'ARIA DI RINNOVO VIENE COSÌ PRERISCALDATA O PRERAFREDDATA A SPESE DELL'ARIA ESPULSA. L'ARIA IMMESA VIENE FILTRATA PRIMA DI PASSARE ATTRAVERSO IL RECUPERATORE. IL MODELLO È STATO SCELTO SULLA BASE DELLA PORTATA D'ARIA NECESSARIA A CONDIZIONARE L'AMBIENTE (840MC/H).
- 3 VENTILCONVETTORE QUESTE UNITÀ SONO COSTITUITE DA UN CARTER ALL'INTERNO DEL QUALE È PRESENTE UNA BATTERIA (2 RANGHI) DI SCAMBIO TERMICO ACQUA/ARIA, UN VENTILATORE PER LA DIFFUSIONE DELL'ARIA RISCALDATA/RAFFREDDATA NEI CONDOTTI, UN FILTRO DELL'ARIA E UNA VASCHETTA PER LA RACCOLTA DELLA CONDENSA. È COLLEGATA AL REFRIGERATORE E ALLA CALDAIA, PER LA FORNITURA DI ACQUA CALDA/FREDDA A SECONDA DELLA STAGIONE, ALL'IMPIANTO ELETTRICO, PER L'ALIMENTAZIONE, E ALLA RETE IDRICA PER LA RISERVA D'ACQUA. È STATO SCELTO UN MODELLO VED 330 AERMEC IN BASE ALLA PORTATA DI ARIA DA CONDIZIONARE (840 MC/H).
- 4 CALDAIA A CONDENSAZIONE A METANO SI PROPONE LA SOSTITUZIONE DELL'ATTUALE CALDAIA A GAS CON UNA PIÙ MODERNA CALDAIA A CONDENSAZIONE, SCELTA IN BASE AL CALCOLO DELLA POTENZA NECESSARIA AD ACS E RISCALDAMENTO AD ALTE TEMPERATURE CON RADIATORI, DEL TIPO VITOCROSSAL 200 VISSMAN.
- 5 SERBATOIO DI ACCUMULO DI ACQUA CALDA SANITARIA, COMPLETO DI COIBENTAZIONE IN POLIURETANO FLESSIBILE SP. 50 MM, RIVESTIMENTO ESTERNO IN PVC COLORATO ED ANODO SACRIFICIALE PER IL CONTROLLO DELLE CORRENTI GALVANICHE. DIMENSIONATO A PARTIRE DAL CONSUMO DI ACQUA CALDA PER ALLOGGIO, PRESENTA UN VOLUME DI 5000 L CON 6,15 M DI SERPENTINE.

LEGENDA PIANTA

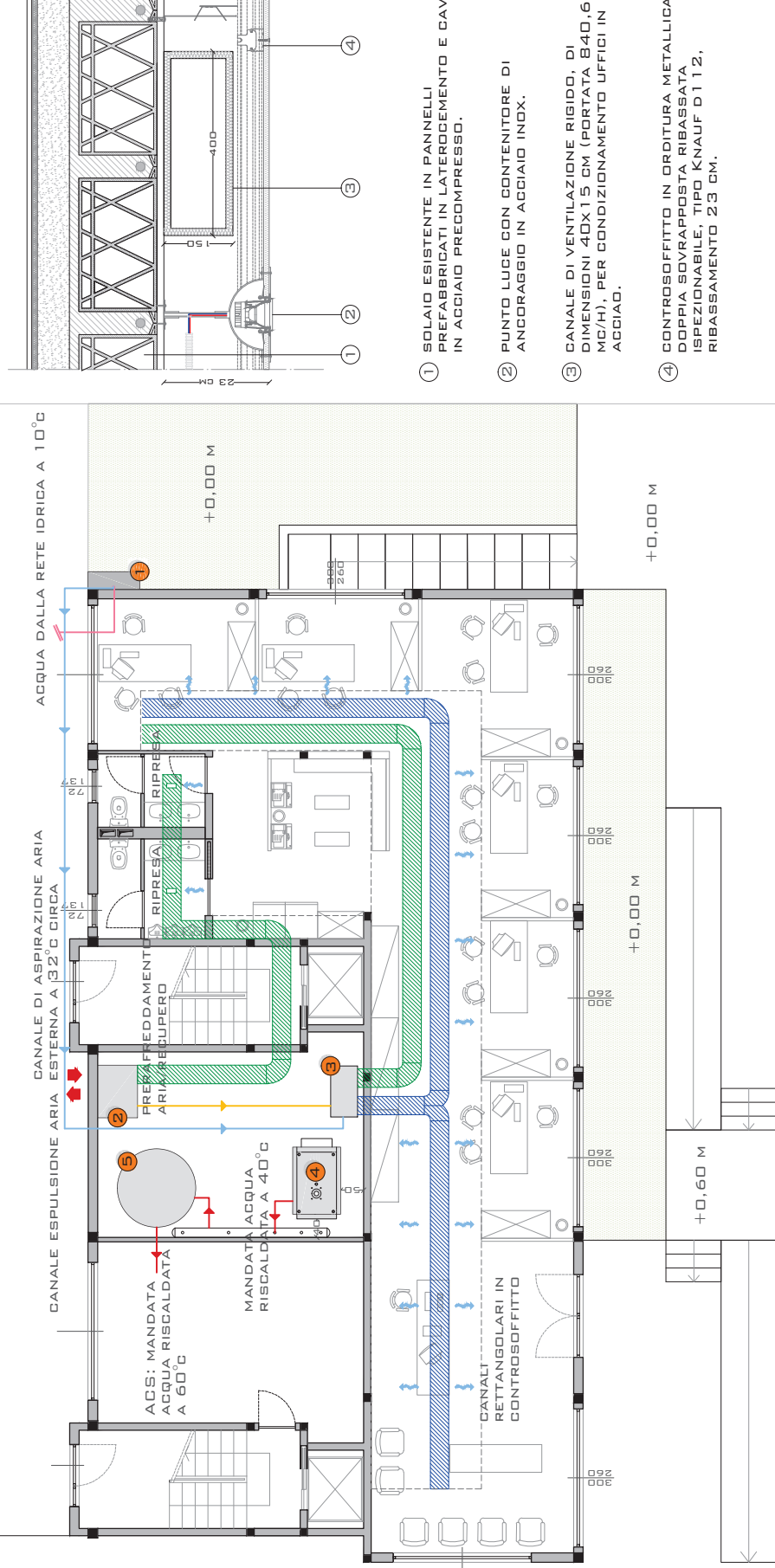
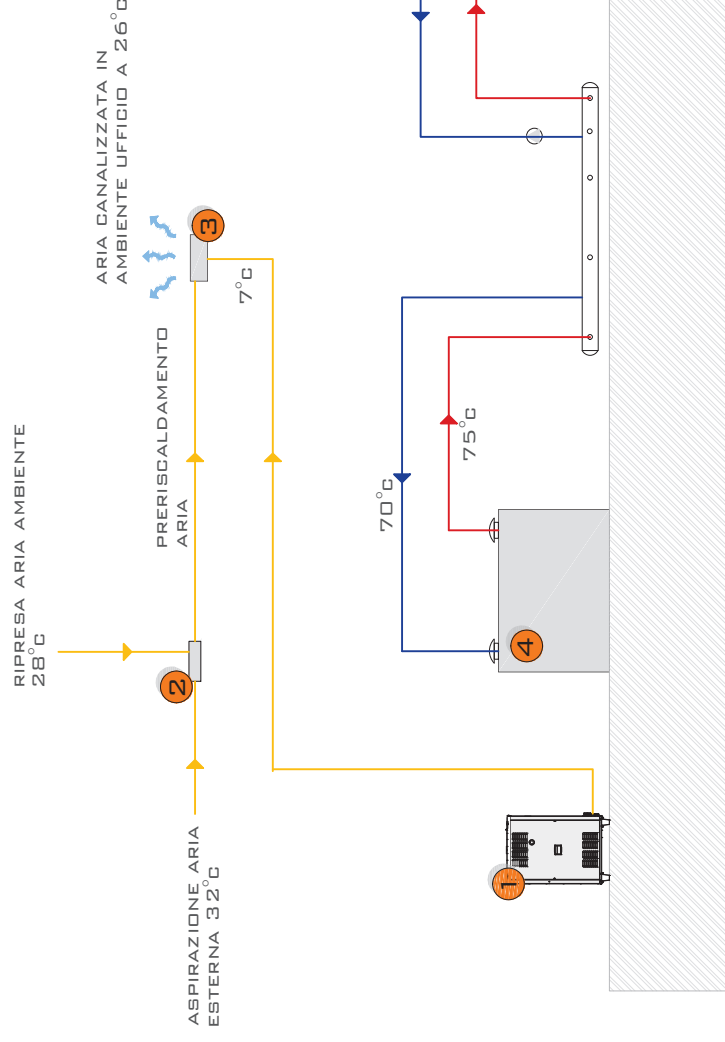
- MANDATA ACQUA ESTATE
- MANDATA ARIA ESTATE
- ACQUA DALLA RETE IDRICA
- TUBI DI MANDATA ARIA RAFFRESCATA A 26°C IN CONTROSOFFITTO
DIMENSIONI: 15X40 CM
- TUBI DI RIPRESA ARIA AMBIENTE IN CONTROSOFFITTO
DIMENSIONI: 15X40 CM



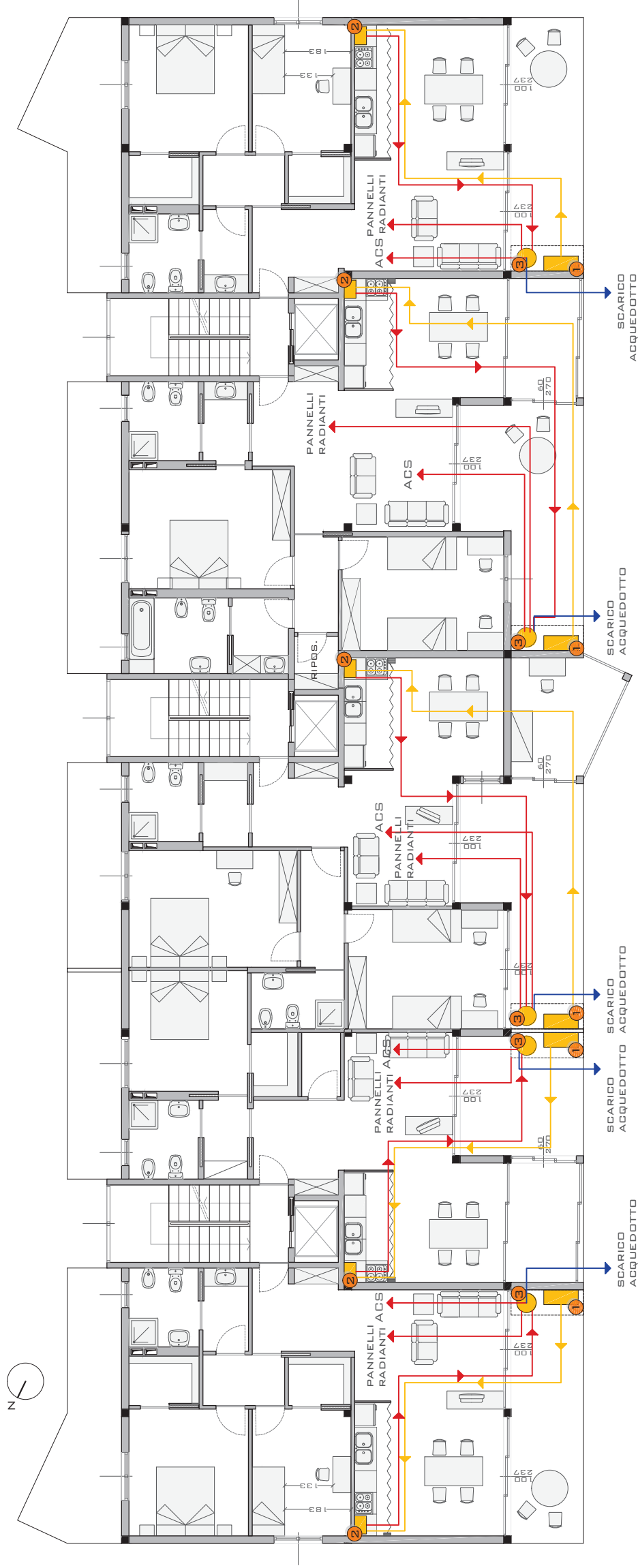
SCHEMA FUNZIONAMENTO INVERNALE

- MANDATA ACQUA ESTATE
- RITORNO ACQUA ESTATE
- MANDATA ARIA ESTATE

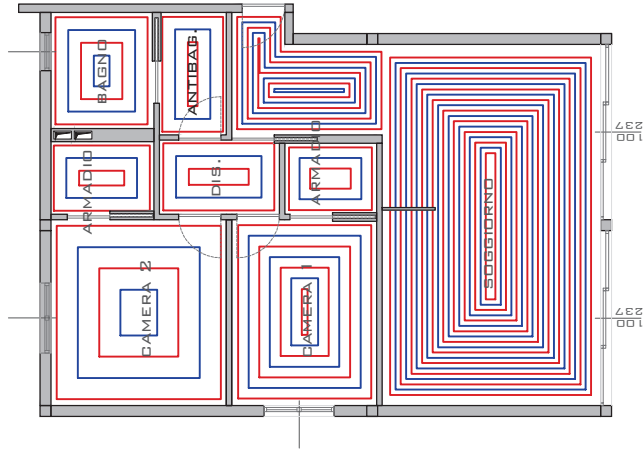
IL FUNZIONAMENTO ESTIVO DELL'IMPIANTO PREVEDE CHE IL RAFFRESCAMENTO DELL'AMBIENTE AD USO UFFICIO AVVENGA PER MEZZO DEL VENTILCONVETTORE CHE MANDA, MEDIANTE LE CANALIZZAZIONI E TUBI CIRCOLARI MICROFORATI, ARIA RAFFREDDATA IN AMBIENTE PER MEZZO DI UNA BATTERIA A 2 RANGHI ALL'INTERNO DEI QUALI SCORRE ACQUA CALDA A 7°C. METANO POSTA ESTERNAMENTE LA QUALE PRELEVA ARIA DALL'ESTERNO E LA CONDENSA. UN IMPORTANTE RECUPERO DI CALORE È DOVUTO ALLA RIPRESA DELL'ARIA VIZIATA DAGLI UFFICI E DAI SERVIZI AFFERENTI A QUEST'ULTIMI CHE CONSENTE, MEDIANTE SCAMBIO TERMICO, DI PRERAFREDDARE L'ARIA IN ARRIVO AL VENTILCONVETTORE PER MEZZO DI UN RECUPERATORE A PIASTRE DI ALLUMINIO.



- 1 SOLAIO ESISTENTE IN PANNELLI PREFABBRICATI IN LATEROCEMENTO E CAVI IN ACCIAIO PRECOMPRESSO.
- 2 PUNTO LUCE CON CONTENITORE DI ANCORAGGIO IN ACCIAIO INOX.
- 3 CANALE DI VENTILAZIONE RIGIDO, DI DIMENSIONI 40X15 CM (PORTATA 840,65 MC/H), PER CONDIZIONAMENTO UFFICI IN ACCIAIO.
- 4 CONTROSOFFITTO IN ORBITURA METALLICA DOPPIA SOVRAPPONIBILE, TIPO KNAUF D112, RIBASSAMENTO 23 CM.



SULLA BASE DEL FABBISOGNO ENERGETICO ESTIVO, PREPONDERANTE RISPETTO A QUELLO INVERNALE, SI È DIMENSIONATO L'IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/RAFFRESCAMENTO A PAVIMENTO. RIPORTIAMO IN MODO ESEMPLIFICATIVO IL CASO DEL PRIMO TRILOCALE.



DIMENSIONE TUBATURA: 17MM
 T MANDATA ESTATE: 15°C
 T RITORNO ESTATE: 18°C
 T MANDATA INVERNO: 45°C
 T RITORNO INVERNO: 35°C
 PASSO TUBATURA: SOGGIORNO 10CM, CAMERA 1 20CM, CAMERA 2 24CM, BAGNO 24CM

COSTITUENTI IMPIANTO

POMPA DI CALORE ARIA-ACQUA ELETTRICA:

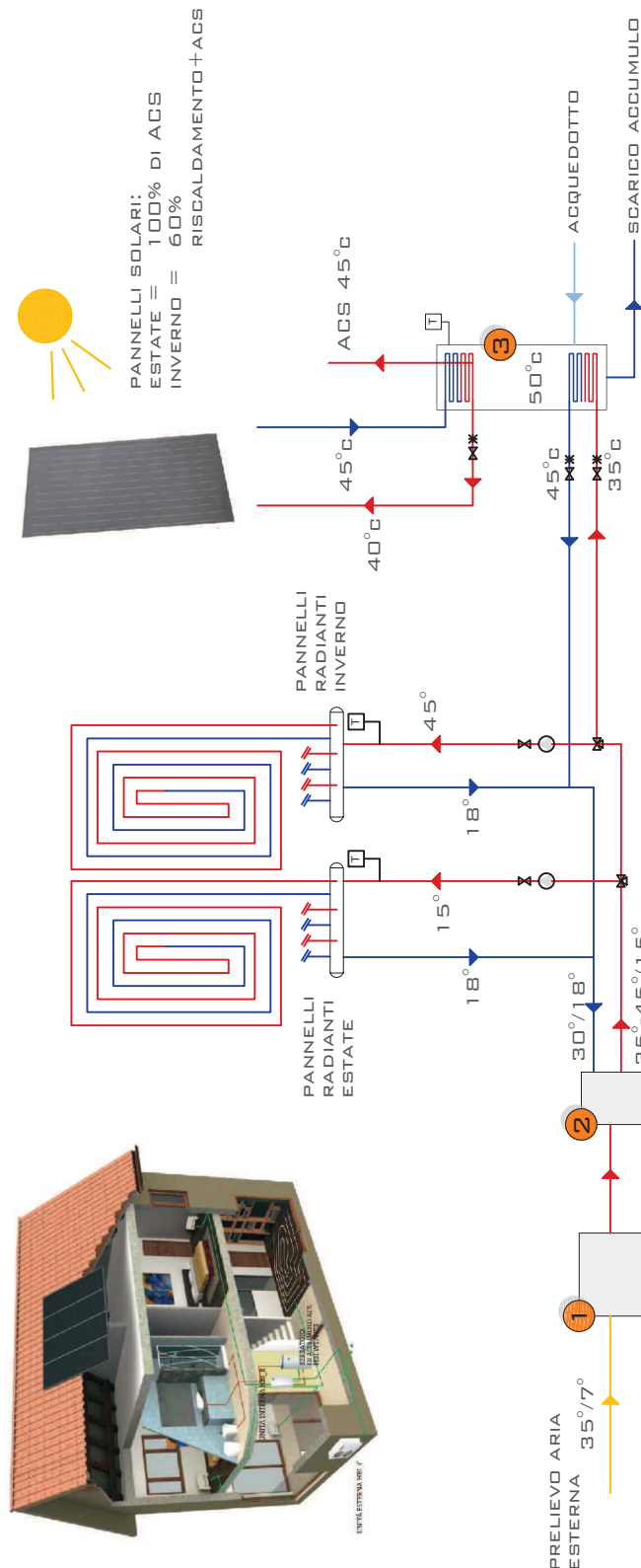
- 1 UNITÀ ESTERNA GLI ELEMENTI PRINCIPALI DELLA SEZIONE ESTERNA SONO IL COMPRESSORE E LO SCAMBIDORE DI CALORE, CHE FUNGE SIA DA EVAPORATORE (IN FASE DI RISCALDAMENTO) CHE DA CONDENSATORE (IN FASE DI RAFFRESCAMENTO). INOLTRE L'UNITÀ È DOTATA DI VENTILATORE PER ESPULSIONE DELL'ARIA E DI VALVOLA PER INVERTIRE IL FLUSSO INVERNO/ESTATE.
- 2 UNITÀ INTERNA LA SEZIONE INTERNA SVOLGE LA FUNZIONE DI CALDAIA E DI CONDIZIONATORE, UTILIZZANDO L'ACQUA COME FLUIDO DI LAVORO ALL'INTERNO DEGLI AMBIENTI. QUESTO SISTEMA FUNZIONA BENE PER TEMPERATURE ESTERNE NON TROPPO RIGIDE E CONSENTE LA CONTEMPORANEA PRODUZIONE DELL'ACQUA PER IL COMFORT TERMICO INTERNO E DELL' ACS.
- 3 RISPECTO AI TRADIZIONALI IMPIANTI ON-OFF (CALDAIA E REFRIGERATORE) QUESTO SISTEMA CONSENTE UN RISPARMIO DEL 20% SUL CONSUMO DI ENERGIA ELETTRICA E UNA RIDUZIONE DEL 20% DELLE EMISSIONI DI CO2 GRAZIE AL FLUIDO REFRIGERANTE AD ALTA EFFICIENZA TERMODINAMICA.
- 4 SERBATOIO DI ACCUMULO IN ACCIAIO INOX DA 300 L CON SERPENTINA IN ACCIAIO, CAMICIA ESTERNA IN LAMIERA VERNICIATA E MATERIALE TERMOISOLANTE, SPESORE 50 MM. IL SERBATOIO CONSENTE DI INNALZARE LA TEMPERATURA DELL'ACQUA, MEDIANTE LA PRIMA SERPENTINA E DI INTEGRARE, MEDIANTE UNA SECONDA SERPENTINA, IL SISTEMA DI RISCALDAMENTO DELL'ACQUA RINNOVABILE DOVUTO AI PANNELLI SOLARI
- 4 PANNELLI SOLARI IL COLLETTORE SOLARE PIANO BERETTA SCF-25N È COSTITUITO DA UN STRUTTURA IN ALLUMINIO SULLA QUALE È FISSATA UNA PIASTRA CAPTANTE IN ALLUMINIO CON FINITURA ALTAMENTE SELETTIVA EFFETTUATA TRAMITE UN TRATTAMENTO SOTTOVUOTO, TITEX. LA PIASTRA PRESENTA INOLTRE 12 TUBI DI RAME PER LA CONDUZIONE DEL LIQUIDO TERMOVETTORE. L'ISOLAMENTO IN LANA DI ROCCIA DI SP. 4 CM È COLLOCATO SUL FONDO. 2 PANNELLI PER APPARTAMENTO SOPPRISCOONO ALL'INTERO FABBISOGNO DI ACS IN ESTATE E AL 60% DEL FABBISOGNO DI ACS E RISCALDAMENTO IN INVERNO.
- 5 PANNELLI RADIANTI COSTITUITI DA UN PANNELLO ISOLANTE IN POLISTIRENE ESPANSO ESTRUSO AD ALTA DENSITÀ, POSTO SOPRA IL MASSETTO PER IL PASSAGGIO DEGLI IMPIANTI IDRAULICE E TUBI IN POLIETILENE DI DIAMETRO 17 MM POSTI SU SCINE IN MATERIALE PLASTICO. IL DIMENSIONAMENTO DEI PANNELLI È STATO FATTO CON RIFERIMENTO AL REGIME ESTIVO POICHÈ IL FABBISOGNO DI CONDIZIONAMENTO SUPERA QUELLO DI RISCALDAMENTO.

LEGENDA PIANTA



SCHEMA FUNZIONAMENTO INVERNO/ESTATE

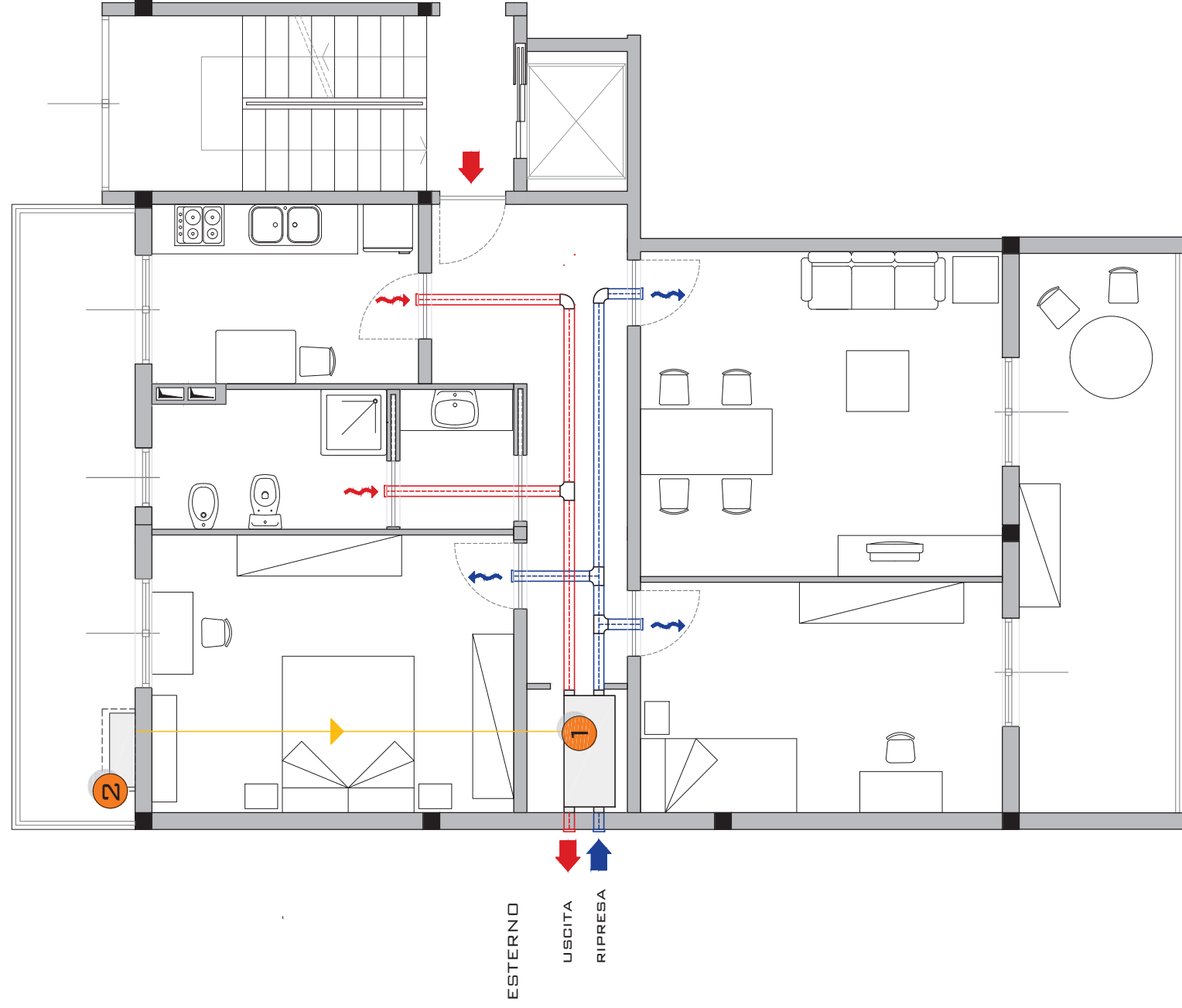
FUNZIONAMENTO INVERNO: LA POMPA DI CALORE PRENDE ARIA DALL'ESTERNO E LA CONVERTE IN ACQUA RISCALDATA PER IL RISCALDAMENTO A PAVIMENTO. IL MANTENIMENTO DELLA TEMPERATURA NECESSARIA DI 45° È GARANTITO DAL CICLO NEL SERBATOIO DI ACCUMULO DA DOVE VIENE MANDATA ANCHE L'ACQUA PER I SERVIZI SANITARI. IL 60% DEL FABBISOGNO DI ACS E RISCALDAMENTO È COPERTO DA CIRCA 2 MQ DI PANNELLI SOLARI PER APPARTAMENTO.



PANNELLI SOLARI:
 ESTATE = 100% DI ACS
 INVERNO = 60% RISCALDAMENTO+ACS

LEGENDA PIANTA

FUNZIONAMENTO ESTATE: LA POMPA DI CALORE PRENDE ARIA DALL'ESTERNO E LA CONVERTE IN ACQUA REFRIGERATA PER IL RAFFRESCAMENTO A PAVIMENTO. CONTEMPORANEAMENTE L'ACQUA PRODOTTA DALL'UNITÀ ESTERNA O PRELEVATA DALL'ACQUEDOTTO VIENE MANDATA AL SERBATOIO DI ACCUMULO CHE PROVEDE AL RISCALDAMENTO DELL' ACS MEDIANTE L'AUTO DI CIRCA 2 MQ DI PANNELLI SOLARI PER ALLOGGIO CHE RIESCONO A COPRIRE IL RISCALDAMENTO DEL 100% DELL'ACQUA CALDA SANITARIA DELL'APPARTAMENTO.

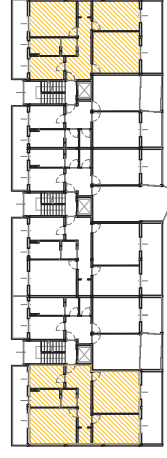


LEGENDA

MANDATA ACQUA FREDDA A 7°C DAL REFRIGERATORE AL VENTILCONVETTORE

CANALI DI RITORNO ED ESPULSIONE ARIA, DIM. 12,45x5,4 CM

CANALI DI MANDATA E PRESA ARIA ESTERNA, DIM. 12,45x5,4 CM



L'INTERVENTO DI RIQUALIFICAZIONE HA POSTO PARTICOLARE ATTENZIONE AL PERFETTO ISOLAMENTO DELL'INVOLUCRO, ELIMINANDO EVENTUALI PONTI TERMICI. GRAZIE ALLA SOSTITUZIONE DEI SERRAMENTI, ALL'AGGIUNTA DI UN CAPPOTTO ESTERNO E ALLA PARTICOLARE CURA DELLA COIBENTAZIONE DEI GIUNTI STRUTTURALI.

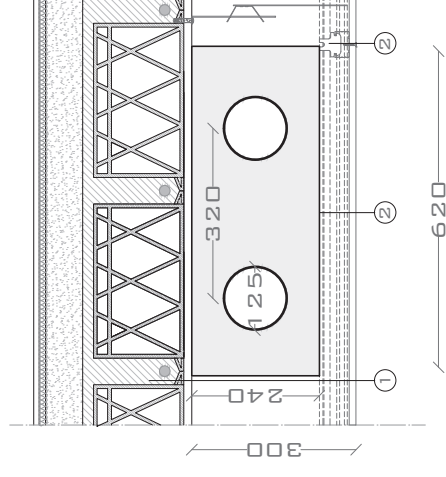
QUESTO COMPORTE INDUBBI VANTAGGI DAL PUNTO DI VISTA TERMICO MA RENDE L'INVOLUCRO COME UN CONTENITORE STAGNO PER CUI È PIÙ DIFFICILE, RISPETTO AD UN EDIFICIO NON COIBENTATO, SMALTIRE L'UMIDITÀ, NON CONSENTIRE LA FORMAZIONE DI CONDENSA E GARANTIRE IL CORRETTO RICAMBIO ARIA.

QUESTO PROBLEMA PUÒ ESSERE RISOLTO MEDIANTE L'APPLICAZIONE DI PICCOLE UNITÀ VENTILANTI POSTE IN CONTROSOFFITTO CHE GARANTISCONO LO SMALTIMENTO DELL'ARIA INTERNA E FORNISCONO ARIA PULITA DALL'ESTERNO IN DUE CANALIZZAZIONI SEPARATE.

IL PICCOLO SPESSORE DELL'UNITÀ VENTILANTE E DELLE CANALIZZAZIONI CONSENTE L'INSTALLAZIONE A CONTROSOFFITTO NEI DISIMPEGNI DEGLI ALLOGGI DOVE POSSIAMO RIBASSARE, RISPETTO AL LIMITE DI 2,7M DI TUTTI GLI APPARTAMENTI, DI 20 CM.

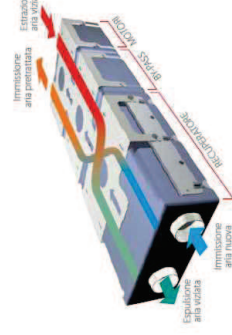
SEZIONE VERTICALE CONTROSOFFITTO

SCALA 1:10



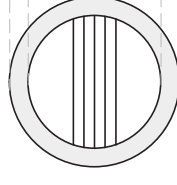
- ① SOLAIO ESISTENTE IN PANNELLI PREFABBRICATI IN LATEROCEMENTO E CAVI IN ACCIAIO PRECOMPRESSO.
- ② MACCHINA VENTILANTE A DOPPIO FLUSSO CON RECUPERO DI CALORE DI TIPO AERA VMC CON CANALI DI DIAMETRO 125 CM E ADATTATORE PER PASSAGGIO A TUBAZIONE RETTANGOLARE IN PVC, DI DIMENSIONI 12,45x5,4 CM, IN MODO DA RIBASSARE NEI DISIMPEGNI DI SOLI 12 CM, IN CASO DI SOVRAPPOSIZIONE DEI CONDOTTI.
- ③ CONTROSOFFITTO A ORDITURA METALLICA DOPPIA SOVRAPPONIBILE RIBASSATA ISPEZIONABILE, TIPO KNAUF D 112, RIBASSAMENTO 30 CM.

COMPONENTI

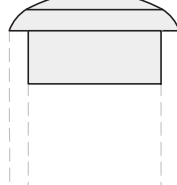


MACCHINA VENTILANTE A DOPPIO FLUSSO CON RECUPERO DI CALORE CON STRUTTURA IN PPE ED EFFICIENZA ENERGETICA DELL' 88%.

BOCCHETTA DI IMMISSIONE

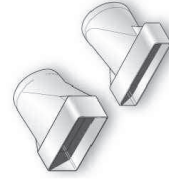


BOCCHETTA DI ESTRAZIONE



BOCCHETTA DI ESTRAZIONE AUTOREGOLABILE CON INVOLUCRO IN POLISTIRENE BIANCO, MODULO INTERNO AUTOREGOLABILE ATTIVATO DA PRESSIONI COMPRESSE TRA 50 E 160 PA, CON CAPACITÀ 30 MC/H.

RACCORDO PER CANALI PIATTI



CANALE PIATTO 12,45x5,4 CM



CURVA A GOMITO



RACCORDO A "I"



DETTAGLI DEL SISTEMA DI CONDIZIONAMENTO

QUALORA GLI INQUILINI DEGLI ALLOGGI VOLESSERO PROVVEDERE AL CONDIZIONAMENTO DEGLI AMBIENTI, GRAZIE ALLA CONNESSIONE DELLA MACCHINA VENTILANTE CON IL REFRIGERATORE È POSSIBILE CONDIZIONARE GLI AMBIENTI IN ESTATE E RECUPERARE ANCHE IL CALORE:

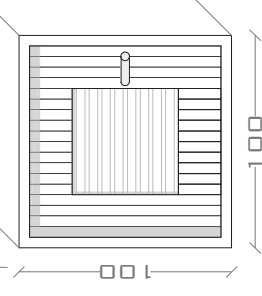
1

VENTILCONVETTORE GRAZIE AL MOTORE E ALL'UNITÀ BYPASS LA MACCHINA VENTILANTE VMC PUÒ MANDARE ARIA CONDIZIONATA SE ALIMENTATA DALL'UNITÀ REFRIGERANTE ESTERNA. HA UNA CAPACITÀ FINO AD APPARTAMENTI DI 120 MQ.

2

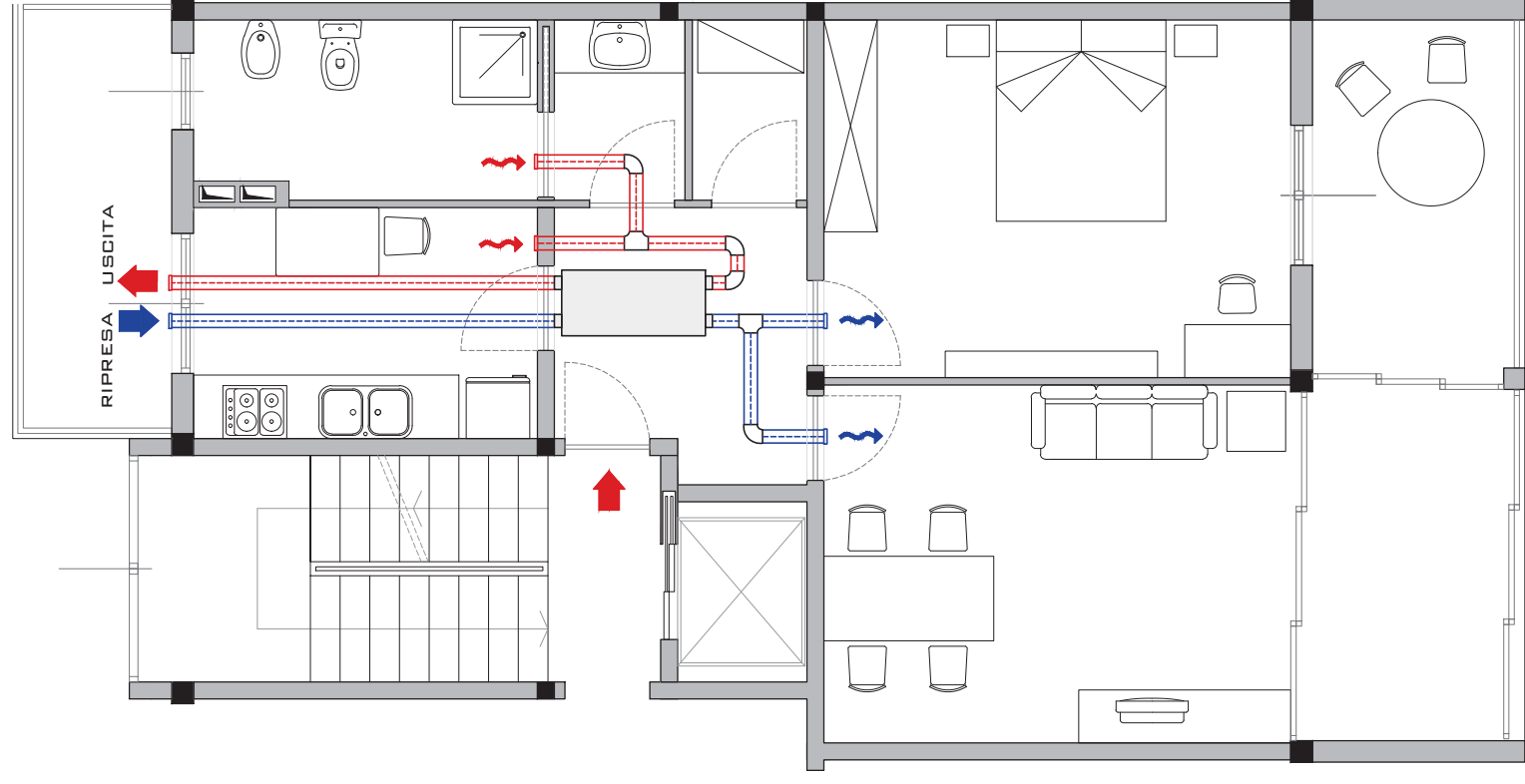
REFRIGERATORE ESTERNO ELETTRICO TIPO AERMEC ANL 020° CHE PRELEVA ARIA DALL'AMBIENTE ESTERNO AD UNA T° ESTIVA DI 32°C CIRCA E PRODUCE ACQUA A 7°C DA MANDARE AL VENTILCONVETTORE CENTRALE PER UNA DISTRIBUZIONE CANALIZZATA DELL'ARIA FREDDA.

CANALI CANALIZZAZIONI DI MANDATA SINGOLE RETTANGOLARI IN ACCIAIO INOX DIMENSIONI 12,45x5,4 CM DIMENSIONATE PER UNA PORTATA DI 40 MC/H PER LOCALE. PER GARANTIRE IL PASSAGGIO DI ENTRAMBI GLI IMPIANTI È NECESSARIO UNO SPESSORE DI CONTROSOFFITTO DI 15 CM NEI DISIMPEGNI E DI 30 CM NEL LOCALE PER IL POSIZIONAMENTO DELLA MACCHINA DI DISTRIBUZIONE DELL'ARIA.



ESEMPIO MOBILE ESTERNO PER REFRIGERATORE:

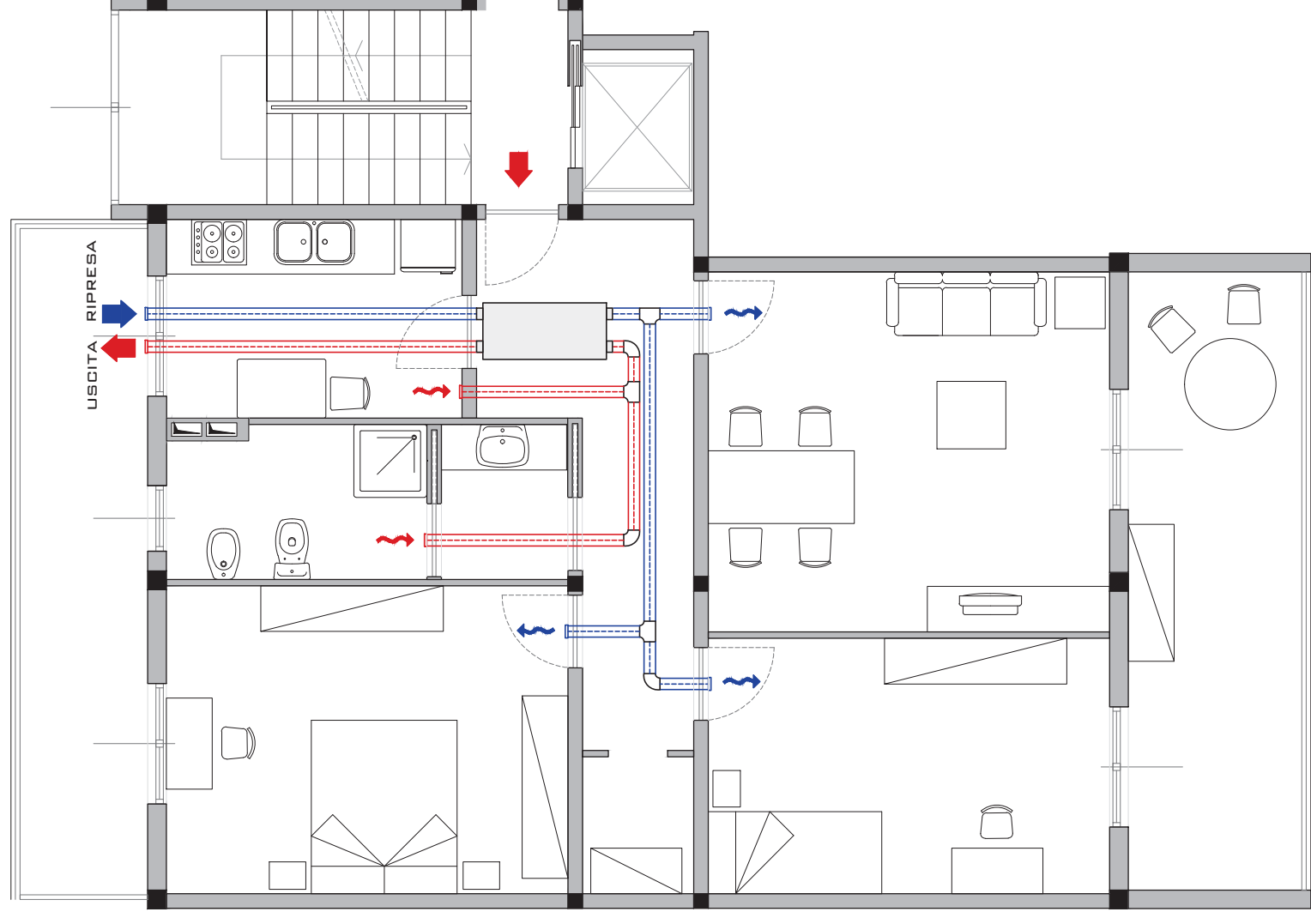
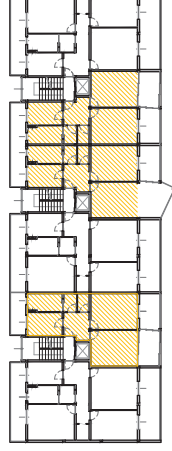




APPARTAMENTO DI FIANCO

LEGENDA

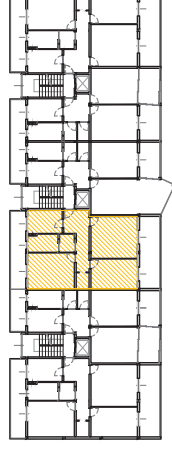
- MANDATA ACQUA FREDDA A 7°C DAL REFRIGERATORE AL VENTILCONVETTORE
- CANALI DI RITORNO ED ESPULSIONE ARIA, DIM. 12,45x5,4 CM
- CANALI DI MANDATA E PRESA ARIA ESTERNA, DIM. 12,45x5,4 CM

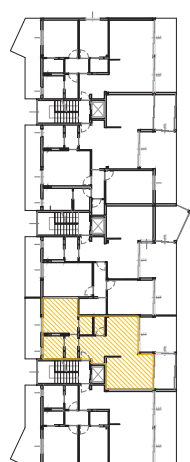
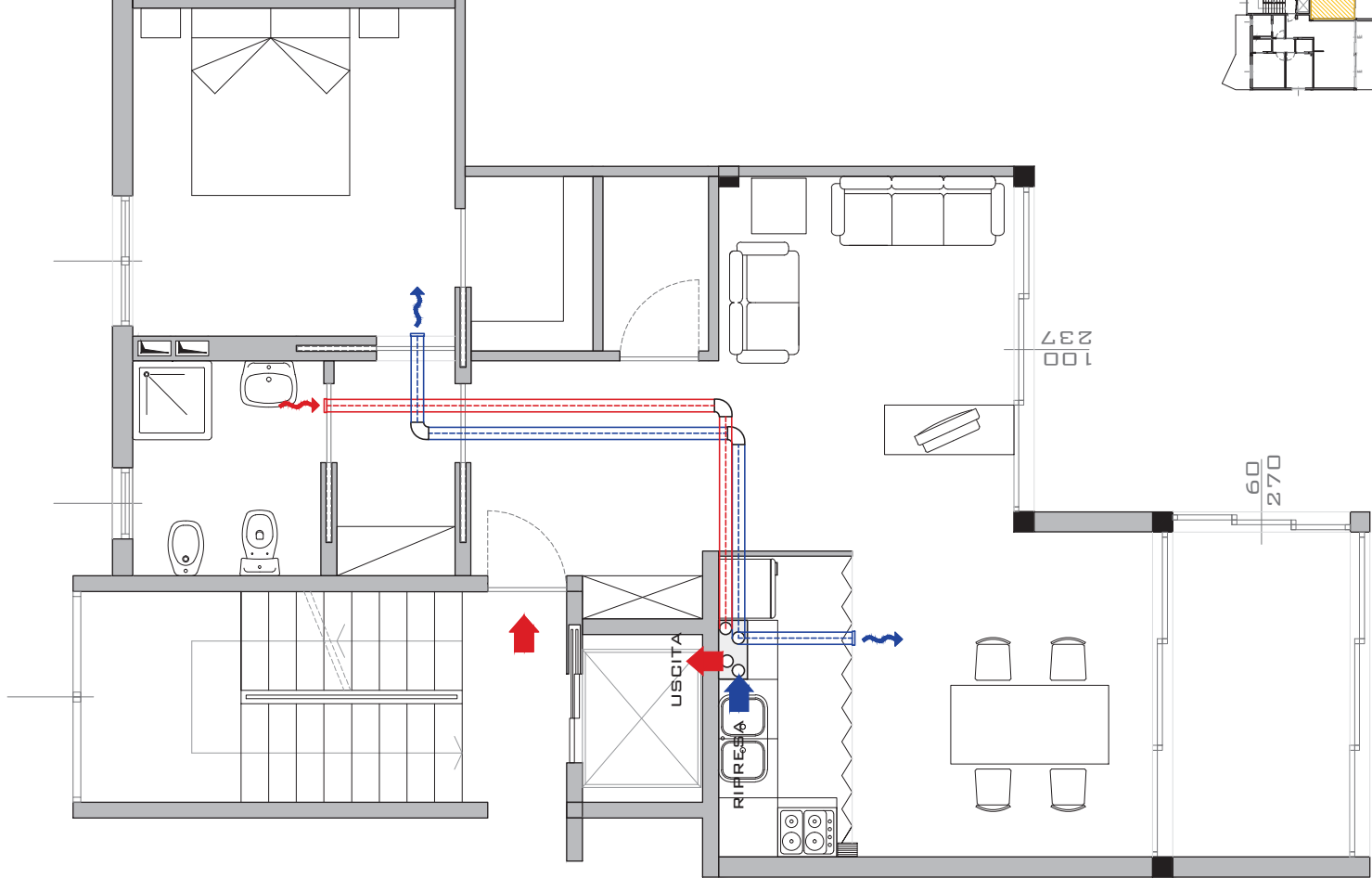
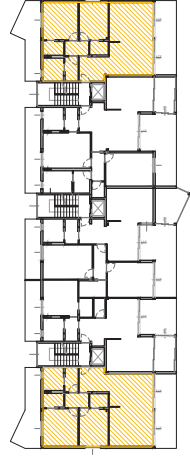
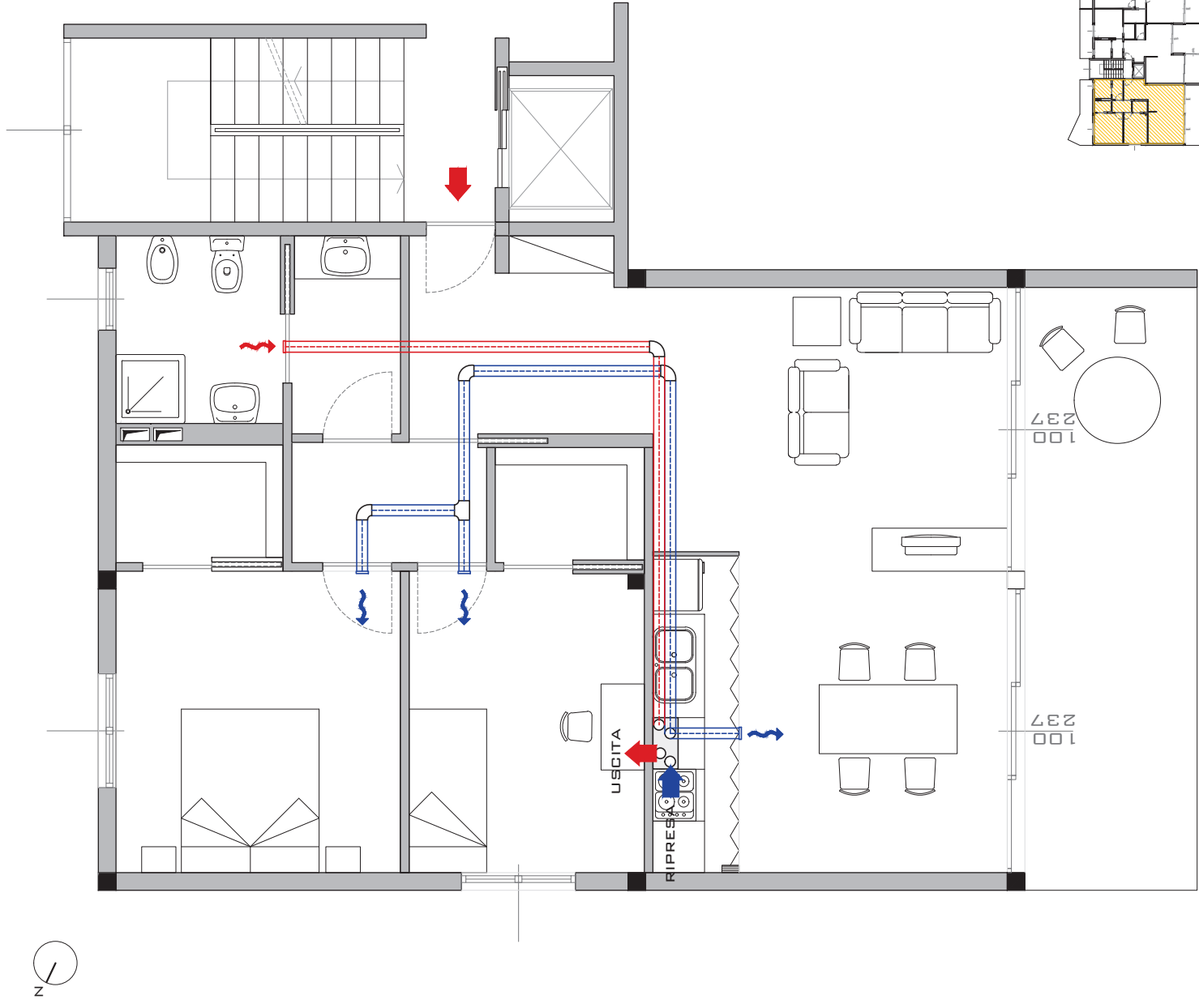


APPARTAMENTO DI FIANCO

LEGENDA

- MANDATA ACQUA FREDDA A 7°C DAL REFRIGERATORE AL VENTILCONVETTORE
- CANALI DI RITORNO ED ESPULSIONE ARIA, DIM. 12,45x5,4 CM
- CANALI DI MANDATA E PRESA ARIA ESTERNA, DIM. 12,45x5,4 CM

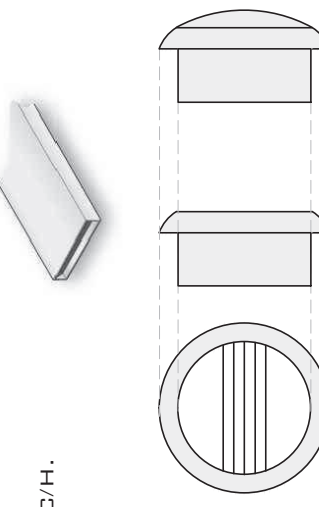
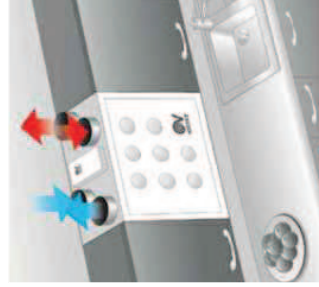




DETTAGLI DEL SISTEMA DI VENTILAZIONE

PER GLI APPARTAMENTI DEL PIANO SOPRAELEVATO SI E' SCELTO UN SISTEMA DI VENTILAZIONE E RICAMBIO ARIA CON RECUPERO DI CALORE. IN QUESTO MODO SI RIESCE A MANTENERE LA TEMPERATURA DEI LOCALI INTERNI SU VALORI PIU' ELEVATI IN INVERNO E PIU' BASSI IN ESTATE CONSENTENDO ALL'IMPIANTO AUTONOMO DI RISCALDAMENTO/RAFFREDDAMENTO DI DOVER GESTIRE UN SALTO TERMICO MINORE CON CONSEGUENTE GUADAGNO ENERGETICO.

IL SISTEMA DEL TIPO VORTICE SERIE HR 200 E' FACILMENTE POSIZIONABILE VERTICALMENTE NEI SOPRA I PIANI DI COTTURA DELLA CUCINA GARANTENDO, IN QUESTO MODO, IL MINIMO INGOMBRO:



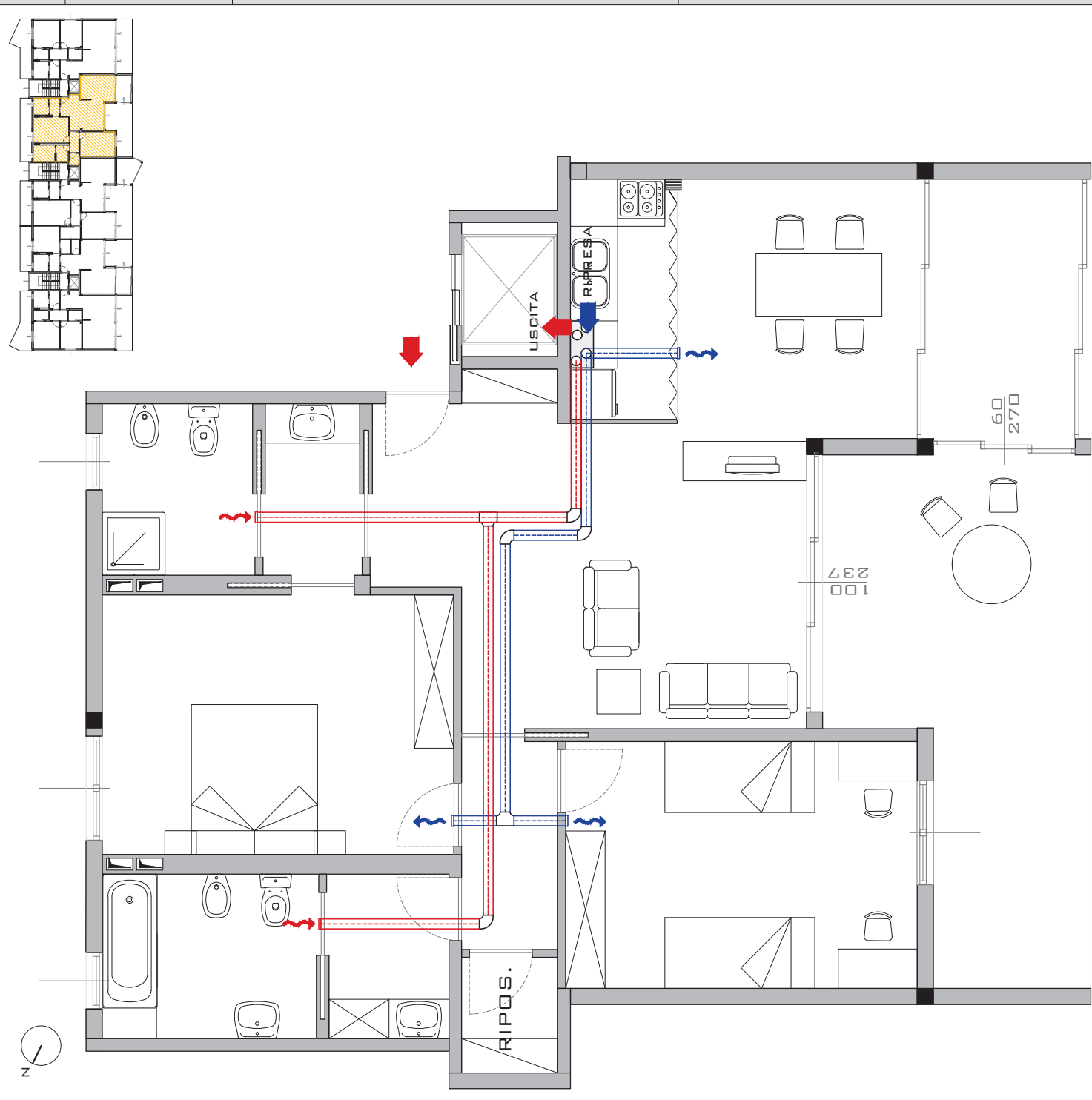
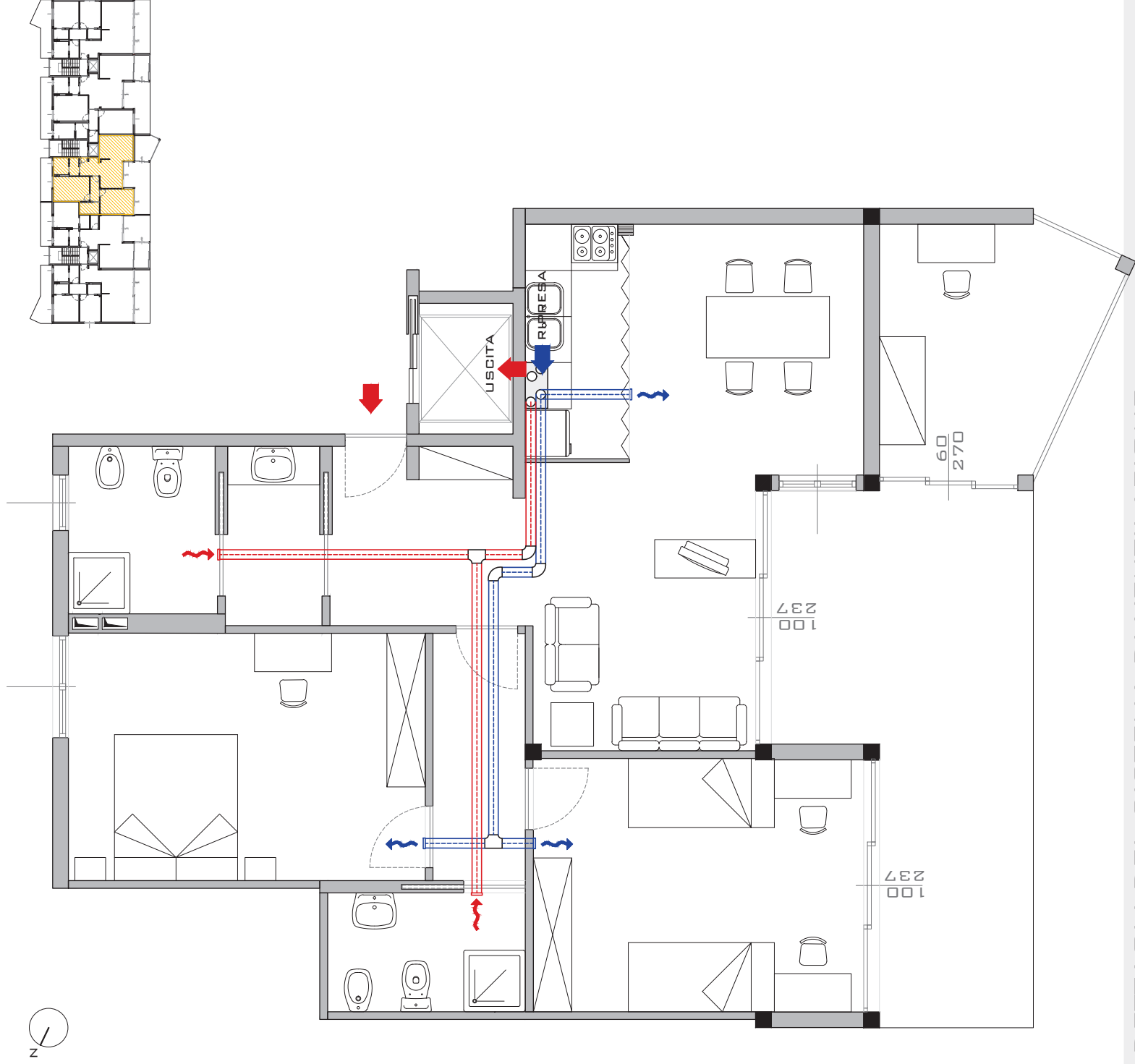
UNITA' VENTILANTE CON RECUPERATORE IN LAMIERA D'ACCIAIO VERNICIATO IN POLIESTERE DI COLORE BIANCO CON PARTI INTERNE IN POLIPROPILENE ESPANSO. PORTATA MASSIMA DI 210 MC/H. IL SISTEMA DI CANALIZZAZIONI E' ANALOGO A QUELLO SCELTO PER GLI APPARTAMENTI DEI PIANI SOTTOSTANTI, GARANTENDO COSI' I MINIMI INGOMBRI (DIM. CONDOTTI 12,45X5,4 CM).

LEGENDA

CANALI DI RITORNO ED ESPULSIONE ARIA, DIM. 12,45X5,4 CM

CANALI DI MANDATA E PRESA ARIA ESTERNA, DIM. 12,45X5,4 CM

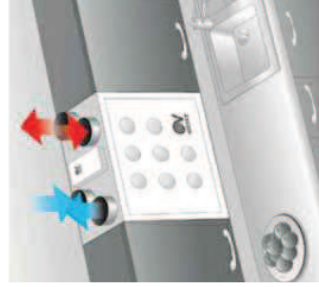
BOCCHETTA DI ESTRAZIONE AUTOREGOLABILE CON INVOLUCRO IN POLIESTIRENE BIANCO, MODULO INTERNO AUTOREGOLABILE ATTIVATO DA PRESSIONI COMPRESSE TRA 50 E 160 PA, CON CAPACITA' 30 MC/H.



DETTAGLI DEL SISTEMA DI VENTILAZIONE

PER GLI APPARTAMENTI DEL PIANO SOPRAELEVATO SI E' SCELTO UN SISTEMA DI VENTILAZIONE E RICAMBIO ARIA CON RECUPERO DI CALORE. IN QUESTO MODO SI RIESCE A MANTENERE LA TEMPERATURA DEI LOCALI INTERNI SU VALORI PIU' ELEVATI IN INVERNO E PIU' BASSI IN ESTATE CONSENTENDO ALL'IMPIANTO AUTONOMO DI RISCALDAMENTO/RAFFREDDAMENTO DI DOVER GESTIRE UN SALTO TERMICO MINORE CON CONSEGUENTE GUADAGNO ENERGETICO.

IL SISTEMA DEL TIPO VORTICE SERIE HR 200 E' FACILMENTE POSIZIONABILE VERTICALMENTE NEI SOPRA I PIANI DI COTTURA DELLA CUCINA GARANTENDO, IN QUESTO MODO, IL MINIMO INGOMBRO:

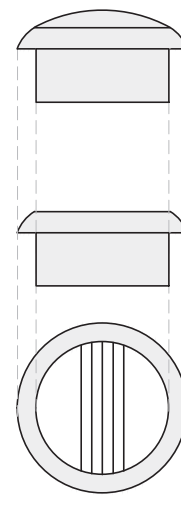


UNITA' VENTILANTE CON RECUPERATORE IN LAMIERA D'ACCIAIO VERNICIATO IN POLIESTERE DI COLORE BIANCO CON PARTI INTERNE IN POLIPROPILENE ESPANSO. PORTATA MASSIMA DI 210 MC/H. IL SISTEMA DI CANALIZZAZIONI E' ANALOGO A QUELLO SCELTO PER GLI APPARTAMENTI DEI PIANI SOTTOSTANTI, GARANTENDO COSI' I MINIMI INGOMBRI (DIM. CONDOTTI 12,45X5,4 CM).

LEGGENDA

 CANALI DI RITORNO ED ESPULSIONE ARIA, DIM. 12,45X5,4 CM

 CANALI DI MANDATA E PRESA ARIA ESTERNA, DIM. 12,45X5,4 CM



BOCCHETTA DI ESTRAZIONE AUTOREGOLABILE CON INVOLUCRO IN POLIESTIRENE BIANCO, MODULO INTERNO AUTOREGOLABILE ATTIVATO DA PRESSIONI COMPRESSE TRA 50 E 160 PA, CON CAPACITA' 30 MC/H.



A B C D E F G H I L M N O

P

Q

R

S

T

U

1

7

6

SERRAMENTI DI COPERTURA
VANO SCALA, DIM. 100X100

PANNELLO IN CEMENTO COMPOSITO
TIPO SWISSPEARL FISSATO SU
LISTELLATURA IN LEGNO, DIM.
250X92 CM, SP. 8 MM
PENDENZA COPERTURA 15%

PANNELLI SOLARI PER ACS
E PER IL 40% DEL FABBISOGNO DI
RISCALDAMENTO INVERNALE DEGLI
APPARTAMENTI DEL SOPRALZO

LISTELLI FRANGISOLE TIPO
GREENWOOD IN LEGNO COMPOSITO

VELUX PER ILLUMINAZIONE
DISIMPEGNO, DIM. 225X90 CM

VELUX PER ILLUMINAZIONE CAMERA
DA LETTO, DIM. 125X75 CM

ALLEGATO N

PARTE 3

ALLEGATO A:**BILANZIO ESTIVO PIANO TIPO**

DATI DI RIFERIMENTO	
Piano Tipo	1
N° locale	1
Usò dei locali	camera da letto
Superficie	12 mq
Volume	32,4 mc

RADIAZIONE SOLARE		
nord	38 kcal/hmq	32,68 W/mq
sud-ovest	411 kcal/hmq	353,46 W/mq

DATI DI CALCOLO			
Mese	24-ago		
Ore	ore 15	temperatura media minima	-3,5
Temperatura esterna	34,2	temperatura massima media	31,9
Temperatura interna	26	escursione giornaliera estiva	12
Differenza	8,2	escursione annua	35,4

RADIAZIONI SOLARI - Vetri	superficie (mq)	radiazione (W/mq)	coeff.	TOT (W)
Finestra S-O in ombra	1,2276	32,68	0,5	20,058984
Finestra S-O sole	0,5808	353,46	0,5	102,644784

RADIAZIONI E TRASMISSIONI - Chiusure opache	superficie (mq)	Te-Ti (°C)	U (W/mqK)	TOT (W)
Parete S-O	5,9	8,2	0,223	10,78874
Parete N-O	12,37	8,2	0,223	22,619782

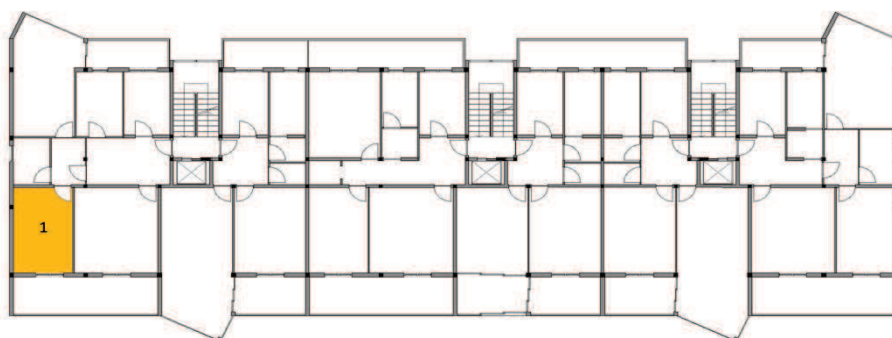
TRASMISSIONI - Attraverso vetro	superficie (mq)	Te-Ti (°C)	U (W/mqK)	TOT (W)
Sup. tot. Vetri	1,8084	8,2	1,7	25,209096

CALORE INTERNO	numero o mq	watt	TOT (W)
Persone	1	55	55
Forza motrice-computer	1	150	150
Illuminazione	12	0	0

CALORE SENSIBILE **386,321386**

CALORE LATENTE AMBIENTE 1 69 69

CALORE TOTALE AMBIENTE **455,321386**



DATI DI RIFERIMENTO

Piano	1
N° locale	2 = 24
Uso dei locali	soggiorno
Superficie	17,38 mq
Volume	46,926 mc

RADIAZIONE SOLARE

nord	38 kcal/hmq	32,68 W/mq
sud-ovest	411 kcal/hmq	353,46 W/mq

DATI DI CALCOLO

Mese	24-ago		
Ore	ore 15	temperatura media minima	-3,5
Temperatura esterna	34,2	temperatura massima media	31,9
Temperatura interna	26	escursione giornaliera estiva	12
Differenza	8,2	escursione annua	35,4

RADIAZIONI SOLARI - Vetri	superficie (mq)	radiazione (W/mq)	coeff.	TOT (W)
Finestra S-O in ombra	1,2276	32,68	0,5	20,058984
Finestra S-O sole	1,9008	353,46	0,5	335,928384

RADIAZIONI E TRASMISSIONI - Chiusure opache	superficie (mq)	radiazione (W/mq)	coeff.	TOT (W)
Parete S-O	7,6176	8,2	0,223	13,92954336

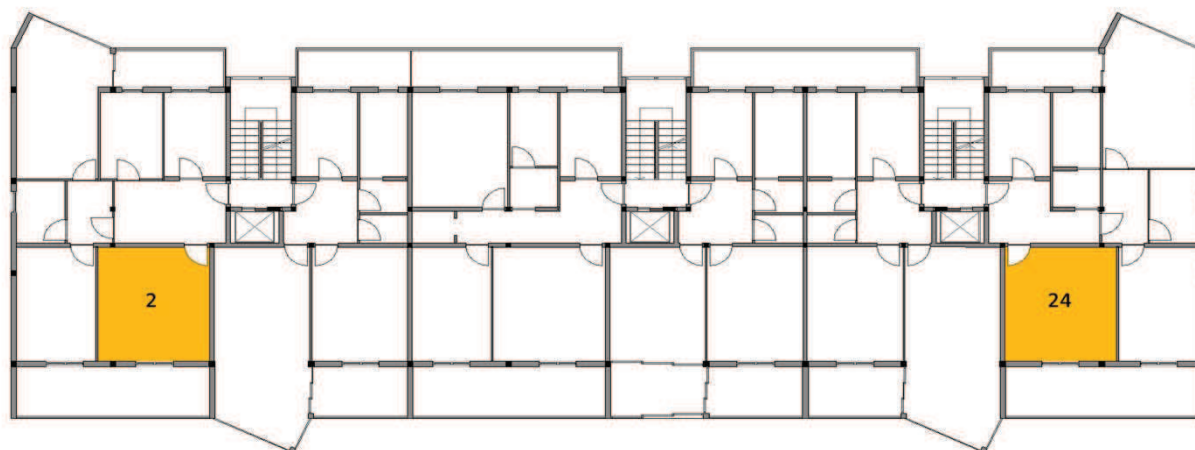
TRASMISSIONI - Attraverso vetro	superficie (mq)	Te-Ti (°C)	U (W/mqK)	TOT (W)
Sup. tot. Vetri	3,1284	8,2	1,7	43,609896

CALORE INTERNO	numero o mq	watt	TOT (W)
Persone	1	55	55
Forza motrice-computer	0	150	0
Illuminazione	17,38	0	0

CALORE SENSIBILE 468,5268074

CALORE LATENTE AMBIENTE 1 69 69

CALORE TOTALE AMBIENTE **537,5268074**



DATI DI RIFERIMENTO

Piano	1
N° locale	3 = 26
Usi dei locali	bagno
Superficie	2,81 mq
Volume	7,587 mc

RADIAZIONE SOLARE

nord-ovest	349 kcal/hmq	300,14 W/mq
------------	---------------------	--------------------

DATI DI CALCOLO

Mese	21-giu		
Ore	ore 17:00	temperatura media minima	-3,5
Temperatura esterna	29,9	temperatura massima media	31,9
Temperatura interna	26	escursione giornaliera estiva	12
Differenza	3,9	escursione annua	35,4

RADIAZIONI SOLARI - Vetri	superficie (mq)	radiazione (W/mq)	coeff.	TOT (W)
Finestra N-O sole	0,959	300,14	0,5	143,91713

RADIAZIONI E TRASMISSIONI - Chiusure opache	superficie (mq)	radiazione (W/mq)	coeff.	TOT (W)
Parete S-O	9,787	3,9	0,223	8,5117539

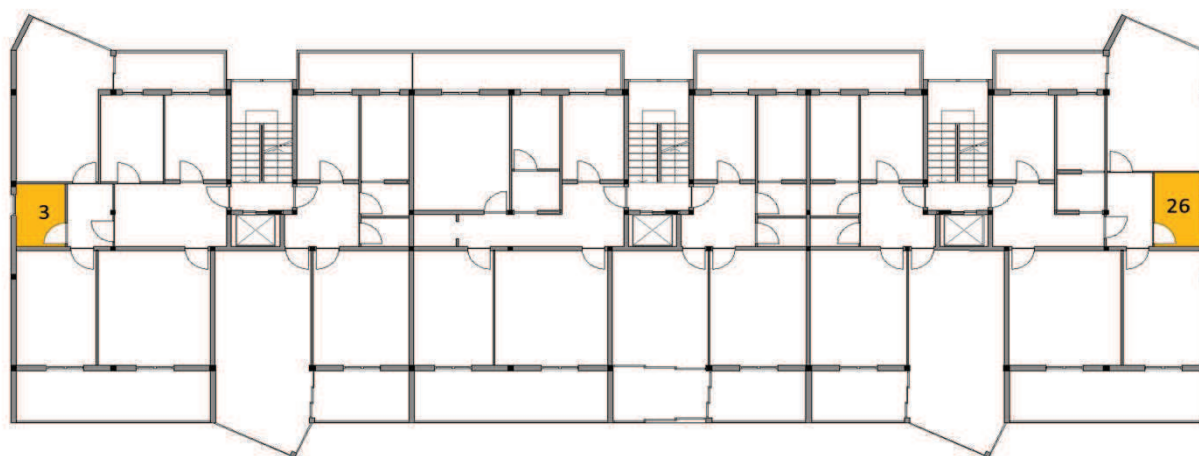
TRASMISSIONI - Attraverso vetro	superficie (mq)	Te-Ti (°C)	U (W/mqK)	TOT (W)
Sup. tot. Vetri	0,959	3,9	1,7	6,35817

CALORE INTERNO	numero o mq	watt	TOT (W)
Persone	1	55	55
Forza motrice-computer	0	150	0
Illuminazione	17,38	0	0

CALORE SENSIBILE 213,7870539

CALORE LATENTE AMBIENTE 1 69 69

CALORE TOTALE AMBIENTE **282,7870539**



DATI DI RIFERIMENTO

Piano	1
N° locale	4
Usò dei locali	camera
Superficie	15,8 mq
Volume	42,66 mc

RADIAZIONE SOLARE

nord-ovest	349 kcal/hmq	300,14 W/mq
nord-est	38 kcal/hmq	32,68 W/mq
nord	38 kcal/hmq	32,68 W/mq

DATI DI CALCOLO

Mese	21-giu		
Ore	ore 17:00	temperatura media minima	-3,5
Temperatura esterna	29,9	temperatura massima media	31,9
Temperatura interna	26	escursione giornaliera estiva	12
Differenza	3,9	escursione annua	35,4

RADIAZIONI SOLARI - Vetri	superficie (mq)	radiazione (W/mq)	coeff.	TOT (W)
Finestra E ombra	8,1	32,68	0,5	132,354
Finestra N-E ombra	1,62	32,68	0,5	26,4708
Finestra N-E sole	1,62	32,68	0,5	26,4708

RADIAZIONI E TRASMISSIONI - Chiusure opache	superficie (mq)	radiazione (W/mq)	coeff.	TOT (W)
Parete N-O	13,5	3,9	0,223	11,74095
Parete N	3,9609	3,9	0,187	2,88868437

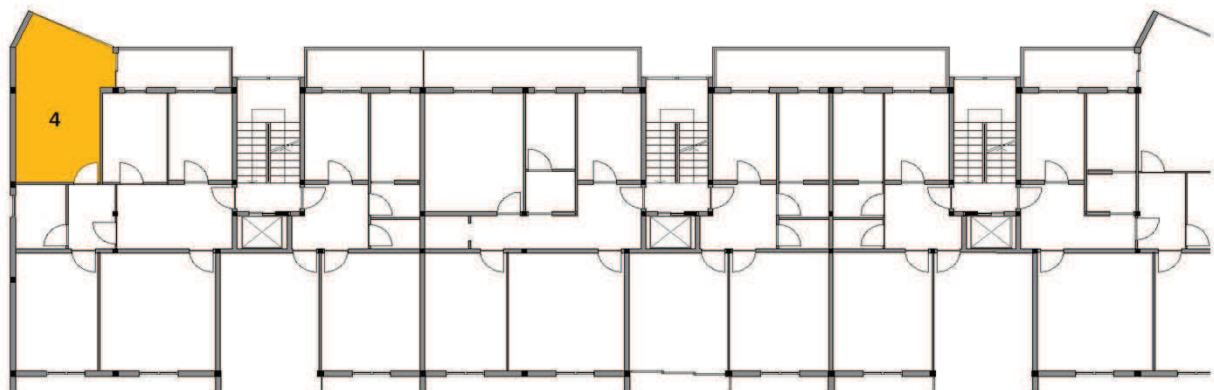
TRASMISSIONI - Attraverso vetro	superficie (mq)	Te-Ti (°C)	U (W/mqK)	TOT (W)
Sup. tot. Vetri	11,34	3,9	1,7	75,1842

CALORE INTERNO	numero o mq	watt	TOT (W)
Persone	1	55	55
Forza motrice-computer	0	150	0
Illuminazione	15,8	0	0

CALORE SENSIBILE 327,22075

CALORE LATENTE AMBIENTE 1 69 69

CALORE TOTALE AMBIENTE **396,22075**







」

DATI DI RIFERIMENTO

Piano	1
N° locale	5
Usi dei locali	bagno
Superficie	4,9 mq
Volume	13,23 mc

RADIAZIONE SOLARE

nord-est	38 kcal/hmq	32,68 W/mq
nord	38 kcal/hmq	32,68 W/mq

DATI DI CALCOLO

Mese	21-giu		
Ore	ore 11:00	temperatura media minima	-3,5
Temperatura esterna		26,8 temperatura massima media	31,9
Temperatura interna		26 escursione giornaliera estiva	12
Differenza		0,8 escursione annua	35,4

RADIAZIONI SOLARI - Vetri	superficie (mq)	radiazione (W/mq)	coeff.	TOT (W)
Finestra N-E ombra	0,959	32,68	0,5	15,67006

RADIAZIONI E TRASMISSIONI - Chiusure opache	superficie (mq)	radiazione (W/mq)	coeff.	TOT (W)
Parete N-E	3,847	0,8	0,223	0,6863048

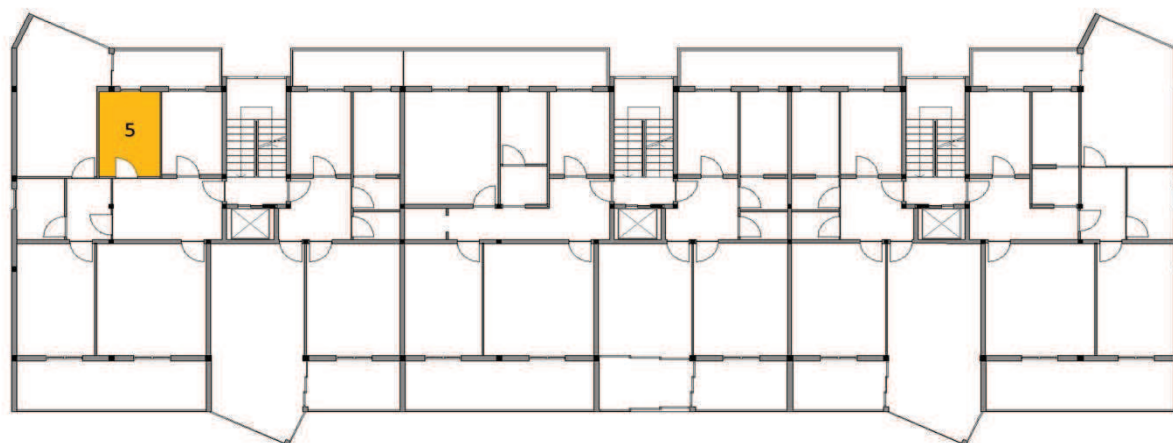
TRASMISSIONI - Attraverso vetro	superficie (mq)	Te-Ti (°C)	U (W/mqK)	TOT (W)
Sup. tot. Vetri	0,959	0,8	1,7	1,30424

CALORE INTERNO	numero o mq	watt	TOT (W)
Persone	1	55	55
Forza motrice-computer	0	150	0
Illuminazione	4,9	0	0

CALORE SENSIBILE 72,6606048

CALORE LATENTE AMBIENTE 1 69 69

CALORE TOTALE AMBIENTE 141,660605



DATI DI RIFERIMENTO

Piano	1
N° locale	6=9=15=18=23=27
Usi dei locali	cucina
Superficie	7 mq
Volume	18,9 mc

RADIAZIONE SOLARE

nord-est	38 kcal/hmq	32,68 W/mq
nord	38 kcal/hmq	32,68 W/mq

DATI DI CALCOLO

Mese	21-giu		
Ore	ore 11:00	temperatura media minima	-3,5
Temperatura esterna		26,8 temperatura massima media	31,9
Temperatura interna		26 escursione giornaliera estiva	12
Differenza		0,8 escursione annua	35,4

RADIAZIONI SOLARI - Vetri	superficie (mq)	radiazione (W/mq)	coeff.	TOT (W)
Finestra N-E ombra	3,12	32,68	0,5	50,9808

RADIAZIONI E TRASMISSIONI - Chiusure opache	superficie (mq)	radiazione (W/mq)	coeff.	TOT (W)
Parete N-E	2,8605	0,8	0,223	0,510313

TRASMISSIONI - Attraverso vetro	superficie (mq)	Te-Ti (°C)	U (W/mqK)	TOT (W)
Sup. tot. Vetri	3,12	0,8	1,7	4,2432

CALORE INTERNO	numero o mq	watt	TOT (W)
Persone	1	55	55
Forza motrice-computer	0	150	0
Illuminazione	7	0	0

CALORE SENSIBILE 110,734

CALORE LATENTE AMBIENTE 1 69 69

CALORE TOTALE AMBIENTE **179,734**



DATI DI RIFERIMENTO

Piano	1
N° locale	7
Usi dei locali	soggiorno
Superficie	21,45 mq
Volume	57,915 mc

RADIAZIONE SOLARE

nord	38 kcal/hmq	32,68 W/mq
sud-ovest	411 kcal/hmq	353,46 W/mq

DATI DI CALCOLO

Mese	24-ago		
Ore	ore 15	temperatura media minima	-3,5
Temperatura esterna		34,2 temperatura massima media	31,9
Temperatura interna		26 escursione giornaliera estiva	12
Differenza		8,2 escursione annua	35,4

RADIAZIONI SOLARI - Vetri	superficie (mq)	radiazione (W/mq)	coeff.	TOT (W)
Finestra O in ombra	8,1	32,68	0,5	132,354
Finestra S ombra	3,402	32,68	0,5	55,58868
Finestra S-O ombra	2,43	32,68	0,5	39,7062
Finestra S-O sole	2,43	353,46	0,5	429,4539

RADIAZIONI E TRASMISSIONI - Chiusure opache	superficie (mq)	radiazione (W/mq)	coeff.	TOT (W)
Parete N-O	5,67	8,2	0,187	8,694378

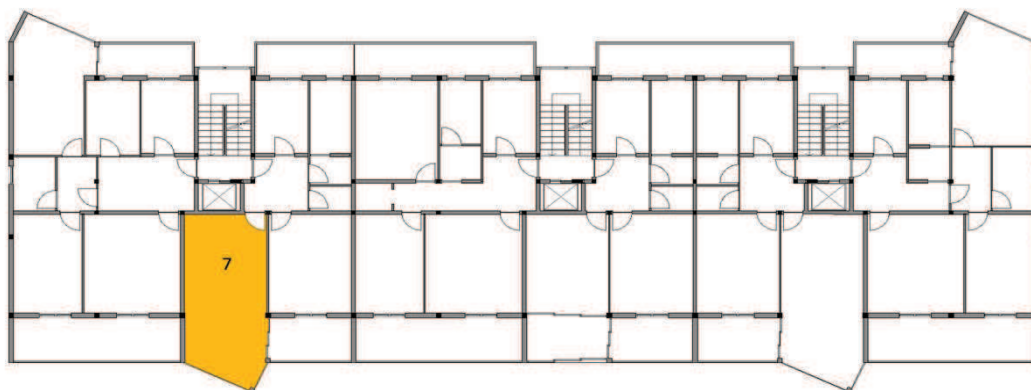
TRASMISSIONI - Attraverso vetro	superficie (mq)	Te-Ti (°C)	U (W/mqK)	TOT (W)
Sup. tot. Vetri	16,362	8,2	1,7	228,08628

CALORE INTERNO	numero o mq	watt	TOT (W)
Persone	1	55	55
Forza motrice-computer	1	150	150
Illuminazione	21,45	0	0

CALORE SENSIBILE 1098,8834

CALORE LATENTE AMBIENTE 1 69 69

CALORE TOTALE AMBIENTE **1167,88**



DATI DI RIFERIMENTO

Piano	1
N° locale	8
Usi dei locali	camera
Superficie	14,85 mq
Volume	40,095 mc

RADIAZIONE SOLARE

nord	38 kcal/hmq	32,68 W/mq
sud-ovest	411 kcal/hmq	353,46 W/mq

DATI DI CALCOLO

Mese	24-ago		
Ore	ore 15	temperatura media minima	-3,5
Temperatura esterna	34,2	temperatura massima media	31,9
Temperatura interna	26	escursione giornaliera estiva	12
Differenza	8,2	escursione annua	35,4

RADIAZIONI SOLARI - Vetri	superficie (mq)	radiazione (W/mq)	coeff.	TOT (W)
Finestra S-O ombra	1,2276	32,68	0,5	20,058984
Finestra S-O sole	0,5808	353,46	0,5	102,644784

RADIAZIONI E TRASMISSIONI - Chiusure opache	superficie (mq)	radiazione (W/mq)	coeff.	TOT (W)
Parete S-O	7,5876	8,2	0,187	11,6348258

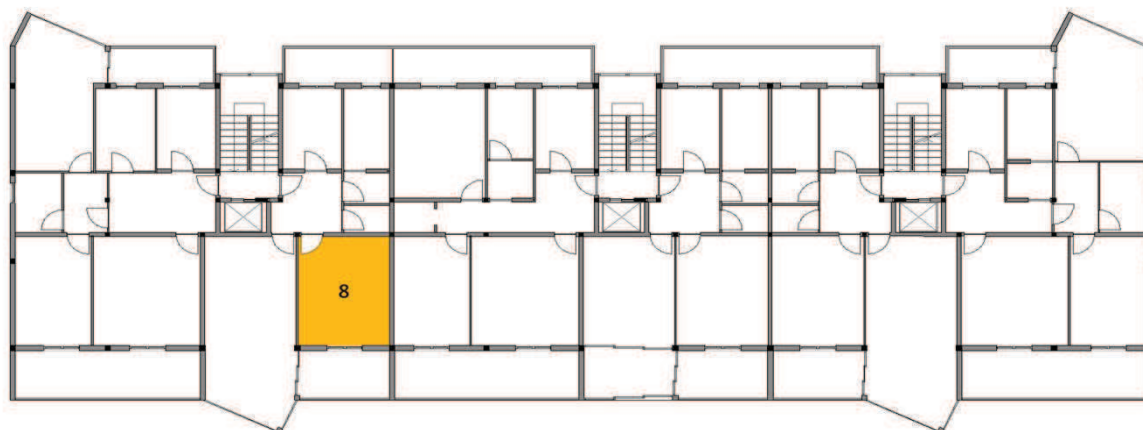
TRASMISSIONI - Attraverso vetro	superficie (mq)	Te-Ti (°C)	U (W/mqK)	TOT (W)
Sup. tot. Vetri	1,8084	8,2	1,7	25,209096

CALORE INTERNO	numero o mq	watt	TOT (W)
Persone	1	55	55
Forza motrice-computer	1	150	150
Illuminazione	14,85	0	0

CALORE SENSIBILE **364,54769**

CALORE LATENTE AMBIENTE 1 69 **69**

CALORE TOTALE AMBIENTE **433,54769**



DATI DI RIFERIMENTO

Piano	1
N° locale	0=14=19=22=28
Usi dei locali	bagno
Superficie	5,5 mq
Volume	14,85 mc

RADIAZIONE SOLARE

nord-est	38 kcal/hmq	32,68 W/mq
nord	38 kcal/hmq	32,68 W/mq

DATI DI CALCOLO

Mese	21-giu		
Ore	ore 11:00	temperatura media minima	-3,5
Temperatura esterna	26,8	temperatura massima media	31,9
Temperatura interna	26	escursione giornaliera estiva	12
Differenza	0,8	escursione annua	35,4

RADIAZIONI SOLARI - Vetri	superficie (mq)	radiazione (W/mq)	coeff.	TOT (W)
Finestra N-E ombra	0,959	32,68	0,5	15,67006

RADIAZIONI E TRASMISSIONI - Chiusure opache	superficie (mq)	radiazione (W/mq)	coeff.	TOT (W)
Parete N-E	3,712	0,8	0,223	0,6622208

TRASMISSIONI - Attraverso vetro	superficie (mq)	Te-Ti (°C)	U (W/mqK)	TOT (W)
Sup. tot. Vetri	0,959	0,8	1,7	1,30424

CALORE INTERNO	numero o mq	watt	TOT (W)
Persone	1	55	55
Forza motrice-computer	0	150	0
Illuminazione	5,5	0	0

CALORE SENSIBILE 72,6365208

CALORE LATENTE AMBIENTE 1 69 69

CALORE TOTALE AMBIENTE 141,64



DATI DI RIFERIMENTO

Piano	1
N° locale	11
Usò dei locali	camera
Superficie	12,32 mq
Volume	33,264 mc

RADIAZIONE SOLARE

nord	38 kcal/hmq	32,68 W/mq
sud-ovest	411 kcal/hmq	353,46 W/mq

DATI DI CALCOLO

Mese	24-ago		
Ore	ore 15	temperatura media minima	-3,5
Temperatura esterna		34,2 temperatura massima media	31,9
Temperatura interna		26 escursione giornaliera estiva	12
Differenza		8,2 escursione annua	35,4

RADIAZIONI SOLARI - Vetri	superficie (mq)	radiazione (W/mq)	coeff.	TOT (W)
Finestra S-O ombra	1,2276	32,68	0,5	20,058984
Finestra S-O sole	0,5808	353,46	0,5	102,644784

RADIAZIONI E TRASMISSIONI - Chiusure opache	superficie (mq)	radiazione (W/mq)	coeff.	TOT (W)
Parete S-O	5,8326	8,2	0,187	8,94370884

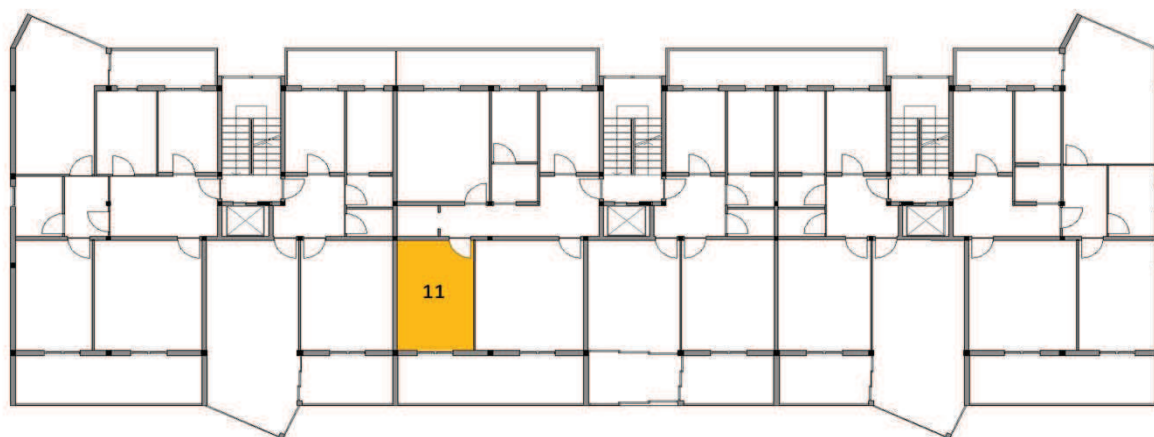
TRASMISSIONI - Attraverso vetro	superficie (mq)	Te-Ti (°C)	U (W/mqK)	TOT (W)
Sup. tot. Vetri	1,8084	8,2	1,7	25,209096

CALORE INTERNO	numero o mq	watt	TOT (W)
Persone	1	55	55
Forza motrice-computer	1	150	150
Illuminazione	12,32	0	0

CALORE SENSIBILE **361,86**

CALORE LATENTE AMBIENTE **1** **69** **69**

CALORE TOTALE AMBIENTE **430,86**



DATI DI RIFERIMENTO

Piano	1
N° locale	12
Usi dei locali	soggiorno
Superficie	17,38 mq
Volume	46,926 mc

RADIAZIONE SOLARE

nord	38 kcal/hmq	32,68 W/mq
sud-ovest	411 kcal/hmq	353,46 W/mq

DATI DI CALCOLO

Mese	24-ago		
Ore	ore 15	temperatura media minima	-3,5
Temperatura esterna	34,2	temperatura massima media	31,9
Temperatura interna	26	escursione giornaliera estiva	12
Differenza	8,2	escursione annua	35,4

RADIAZIONI SOLARI - Vetri	superficie (mq)	radiazione (W/mq)	coeff.	TOT (W)
Finestra S-O ombra	2,79	32,68	0,5	45,5886
Finestra S-O sole	4,32	353,46	0,5	763,4736

RADIAZIONI E TRASMISSIONI - Chiusure opache	superficie (mq)	radiazione (W/mq)	coeff.	TOT (W)
Parete S-O	1,755	8,2	0,187	2,691117

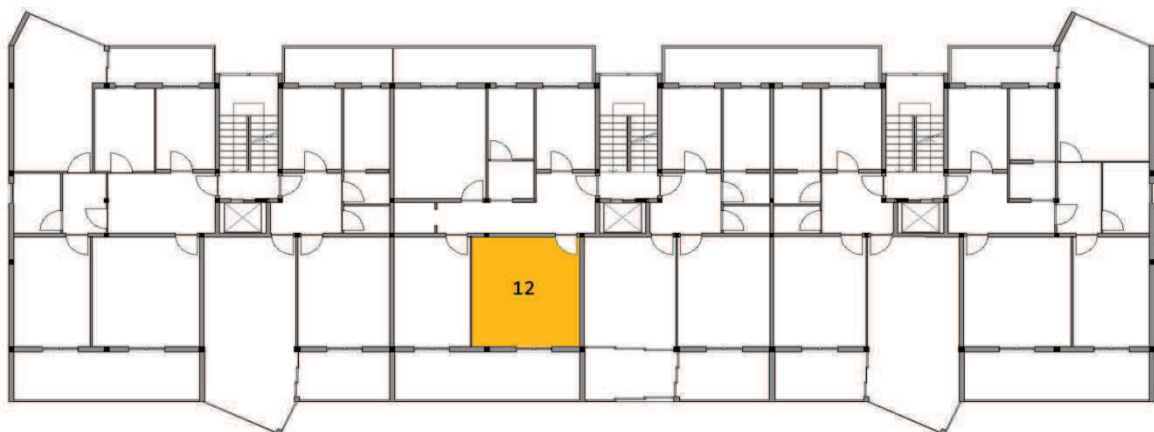
TRASMISSIONI - Attraverso vetro	superficie (mq)	Te-Ti (°C)	U (W/mqK)	TOT (W)
Sup. tot. Vetri	7,11	8,2	1,7	99,1134

CALORE INTERNO	numero o mq	watt	TOT (W)
Persone	1	55	55
Forza motrice-computer	1	150	150
Illuminazione	17,38	0	0

CALORE SENSIBILE 1115,86672

CALORE LATENTE AMBIENTE 1 69 69

CALORE TOTALE AMBIENTE 1184,86672



DATI DI RIFERIMENTO

Piano	1
N° locale	13
Uso dei locali	camera
Superficie	14,85 mq
Volume	40,095 mc

RADIAZIONE SOLARE

nord-est	38 kcal/hmq	32,68 W/mq
nord	38 kcal/hmq	32,68 W/mq

DATI DI CALCOLO

Mese	21-giu		
Ore	ore 11:00	temperatura media minima	-3,5
Temperatura esterna	26,8	temperatura massima media	31,9
Temperatura interna	26	escursione giornaliera estiva	12
Differenza	0,8	escursione annua	35,4

RADIAZIONI SOLARI - Vetri	superficie (mq)	radiazione (W/mq)	coeff.	TOT (W)
Finestra N-E ombra	1,8	32,68	0,5	29,412

RADIAZIONI E TRASMISSIONI - Chiusure opache	superficie (mq)	radiazione (W/mq)	coeff.	TOT (W)
Parete N-E	7,299	0,8	0,223	1,3021416

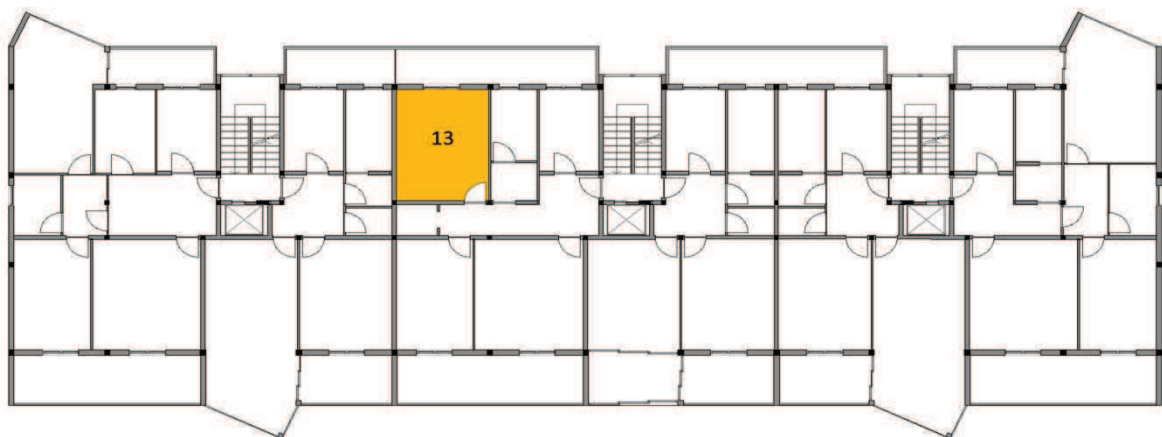
TRASMISSIONI - Attraverso vetro	superficie (mq)	Te-Ti (°C)	U (W/mqK)	TOT (W)
Sup. tot. Vetri	1,8	0,8	1,7	2,448

CALORE INTERNO	numero o mq	watt	TOT (W)
Persone	1	55	55
Forza motrice-computer	0	150	0
Illuminazione	14,85	0	0

CALORE SENSIBILE 88,162142

CALORE LATENTE AMBIENTE 1 69 69

CALORE TOTALE AMBIENTE **157,16214**



DATI DI RIFERIMENTO

Piano	1
N° locale	16
Uso dei locali	soggiorno
Superficie	14,85 mq
Volume	40,095 mc

RADIAZIONE SOLARE

nord	38 kcal/hmq	32,68 W/mq
sud-ovest	411 kcal/hmq	353,46 W/mq

DATI DI CALCOLO

Mese	24-ago		
Ore	ore 15	temperatura media minima	-3,5
Temperatura esterna	34,2	temperatura massima media	31,9
Temperatura interna	26	escursione giornaliera estiva	12
Differenza	8,2	escursione annua	35,4

RADIAZIONI SOLARI - Vetri	superficie (mq)	radiazione (W/mq)	coeff.	TOT (W)
Finestra S-O ombra	1,2276	32,68	0,5	20,058984
Finestra S-O sole	1,9008	353,46	0,5	335,928384

RADIAZIONI E TRASMISSIONI - Chiusure opache	superficie (mq)	radiazione (W/mq)	coeff.	TOT (W)
Parete S-O	5,9706	8,2	0,187	9,15531804

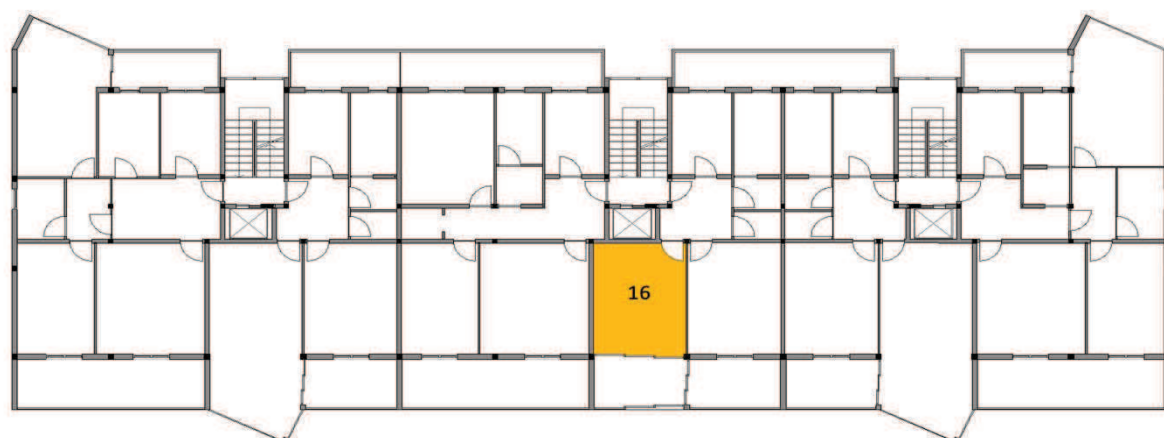
TRASMISSIONI - Attraverso vetro	superficie (mq)	Te-Ti (°C)	U (W/mqK)	TOT (W)
Sup. tot. Vetri	3,1284	8,2	1,7	43,609896

CALORE INTERNO	numero o mq	watt	TOT (W)
Persone	1	55	55
Forza motrice-computer	1	150	150
Illuminazione	14,85	0	0

CALORE SENSIBILE **613,752582**

CALORE LATENTE AMBIENTE 1 69 **69**

CALORE TOTALE AMBIENTE **682,752582**



DATI DI RIFERIMENTO

Piano	1
N° locale	17=20
Usi dei locali	camera
Superficie	14,85 mq
Volume	40,095 mc

RADIAZIONE SOLARE

nord	38 kcal/hmq	32,68 W/mq
sud-ovest	411 kcal/hmq	353,46 W/mq

DATI DI CALCOLO

Mese	24-ago		
Ore	ore 15	temperatura media minima	-3,5
Temperatura esterna	34,2	temperatura massima media	31,9
Temperatura interna	26	escursione giornaliera estiva	12
Differenza	8,2	escursione annua	35,4

RADIAZIONI SOLARI - Vetri	superficie (mq)	radiazione (W/mq)	coeff.	TOT (W)
Finestra S-O ombra	1,2276	32,68	0,5	20,058984
Finestra S-O sole	0,5808	353,46	0,5	102,644784

RADIAZIONI E TRASMISSIONI - Chiusure opache	superficie (mq)	radiazione (W/mq)	coeff.	TOT (W)
Parete S-O	7,2906	8,2	0,187	11,17940604

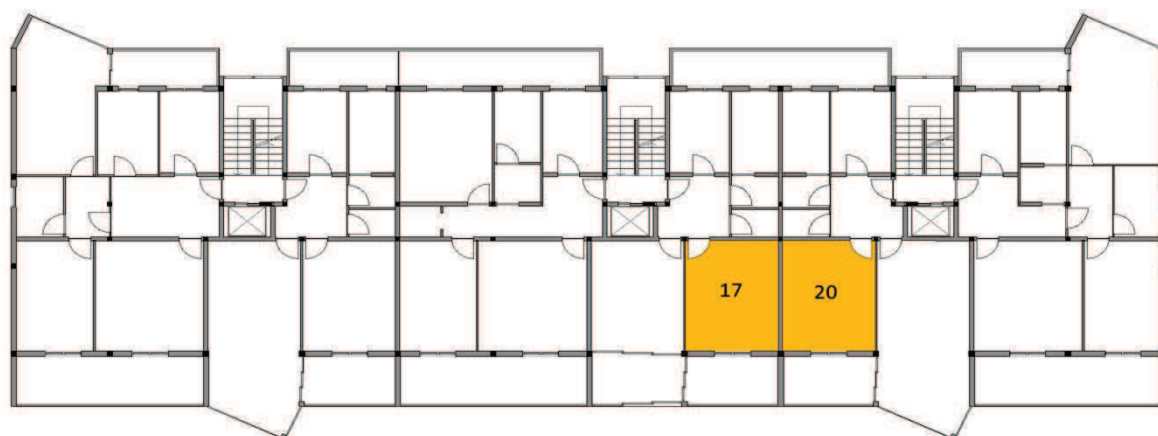
TRASMISSIONI - Attraverso vetro	superficie (mq)	Te-Ti (°C)	U (W/mqK)	TOT (W)
Sup. tot. Vetri	1,8084	8,2	1,7	25,209096

CALORE INTERNO	numero o mq	watt	TOT (W)
Persone	1	55	55
Forza motrice-computer	1	150	150
Illuminazione	14,85	0	0

CALORE SENSIBILE 364,09227

CALORE LATENTE AMBIENTE 1 69 69

CALORE TOTALE AMBIENTE 433,09227



DATI DI RIFERIMENTO

Piano	1
N° locale	21
Usò dei locali	soggiorno
Superficie	21,45 mq
Volume	57,915 mc

RADIAZIONE SOLARE

nord = nord-ovest	38 kcal/hmq	32,68 W/mq
sud-ovest	411 kcal/hmq	353,46 W/mq

DATI DI CALCOLO

Mese	24-ago		
Ore	ore 15	temperatura media minima	-3,5
Temperatura esterna	34,2	temperatura massima media	31,9
Temperatura interna	26	escursione giornaliera estiva	12
Differenza	8,2	escursione annua	35,4

RADIAZIONI SOLARI - Vetri	superficie (mq)	radiazione (W/mq)	coeff.	TOT (W)
Finestra O in ombra	8,1	32,68	0,5	132,354
Finestra S ombra	3,402	32,68	0,5	55,58868
Finestra N-O ombra	2,43	32,68	0,5	39,7062
Finestra N-O sole	2,43	32,68	0,5	39,7062

RADIAZIONI E TRASMISSIONI - Chiusure opache	superficie (mq)	radiazione (W/mq)	coeff.	TOT (W)
Parete S-O	5,67	8,2	0,187	8,694378

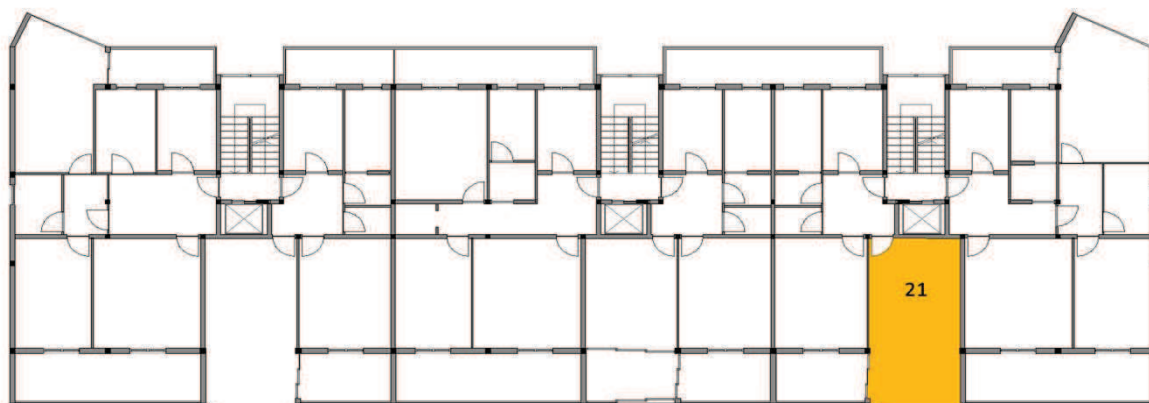
TRASMISSIONI - Attraverso vetro	superficie (mq)	Te-Ti (°C)	U (W/mqK)	TOT (W)
Sup. tot. Vetri	16,362	8,2	1,7	228,08628

CALORE INTERNO	numero o mq	watt	TOT (W)
Persone	1	55	55
Forza motrice-computer	1	150	150
Illuminazione	21,45	0	0

CALORE SENSIBILE 709,135738

CALORE LATENTE AMBIENTE 1 69 69

CALORE TOTALE AMBIENTE **778,135738**





DATI DI RIFERIMENTO

Piano	1
N° locale	25
Usi dei locali	camera da letto
Superficie	12 mq
Volume	32,4 mc

RADIAZIONE SOLARE

nord	38 kcal/hmq	32,68 W/mq
sud-ovest	411 kcal/hmq	353,46 W/mq
sud-est	324 kcal/hmq	278,64 W/mq

DATI DI CALCOLO

Mese	24-ago		
Ore	ore 15	temperatura media minima	-3,5
Temperatura esterna	34,2	temperatura massima media	31,9
Temperatura interna	26	escursione giornaliera estiva	12
Differenza	8,2	escursione annua	35,4

RADIAZIONI SOLARI - Vetri	superficie (mq)	radiazione (W/mq)	coeff.	TOT (W)
Finestra S-O in ombra	1,2276	32,68	0,5	20,058984
Finestra S-O sole	0,5808	353,46	0,5	102,644784

RADIAZIONI E TRASMISSIONI - Chiusure opache	superficie (mq)	radiazione (W/mq)	coeff.	TOT (W)
Parete S-O	5,9	8,2	0,223	10,78874
Parete S-E	12,37	8,2	0,223	22,619782

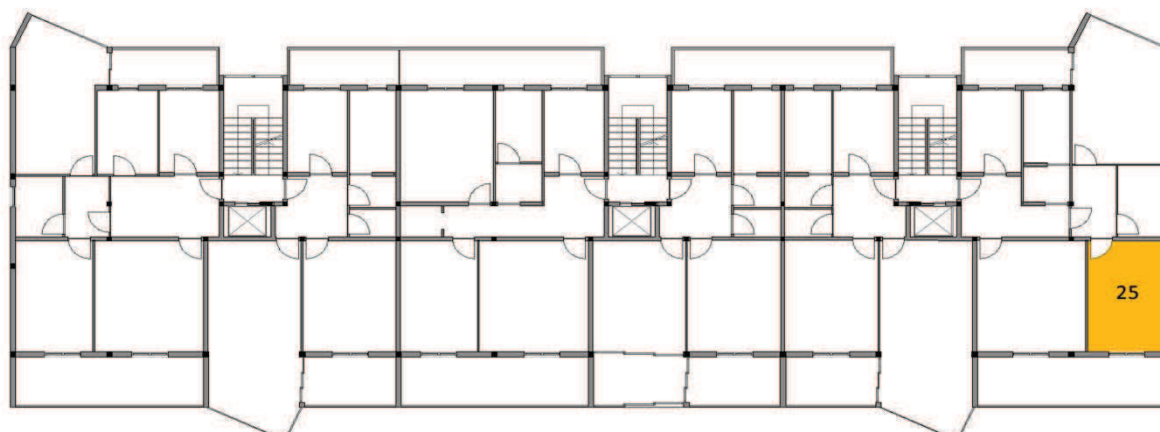
TRASMISSIONI - Attraverso vetro	superficie (mq)	Te-Ti (°C)	U (W/mqK)	TOT (W)
Sup. tot. Vetri	1,8084	8,2	1,7	25,209096

CALORE INTERNO	numero o mq	watt	TOT (W)
Persone	1	55	55
Forza motrice-computer	1	150	150
Illuminazione	12	0	0

CALORE SENSIBILE 386,321386

CALORE LATENTE AMBIENTE 1 69 69

CALORE TOTALE AMBIENTE 455,321386



7

7

DATI DI RIFERIMENTO

Piano	1
N° locale	29
Uso dei locali	camera
Superficie	15,8 mq
Volume	42,66 mc

RADIAZIONE SOLARE

sud-est	324 kcal/hmq	278,64 W/mq
est	122 kcal/hmq	104,92 W/mq
nord	38 kcal/hmq	32,68 W/mq
nord-ovest	38 kcal/hmq	32,68 W/mq

DATI DI CALCOLO

Mese	21-ago		
Ore	ore 11	temperatura media minima	-3,5
Temperatura esterna	28,7	temperatura massima media	31,9
Temperatura interna	26	escursione giornaliera estiva	12
Differenza	2,7	escursione annua	35,4

RADIAZIONI SOLARI - Vetri	superficie (mq)	radiazione (W/mq)	coeff.	TOT (W)
Finestra E ombra	8,1	32,68	0,5	132,354
Finestra N-O ombra	1,62	32,68	0,5	26,4708
Finestra N-O sole	1,62	32,68	0,5	26,4708

RADIAZIONI E TRASMISSIONI - Chiusure opache	superficie (mq)	radiazione (W/mq)	coeff.	TOT (W)
Parete S-E	12,42	2,7	0,223	7,478082
Parete N	3,9609	2,7	0,187	1,99985841

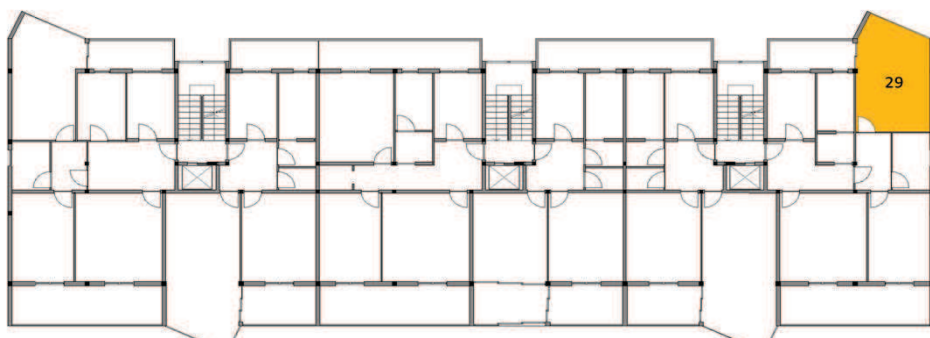
TRASMISSIONI - Attraverso vetro	superficie (mq)	Te-Ti (°C)	U (W/mqK)	TOT (W)	
Sup. tot. Vetri	11,34		2,7	1,7	52,0506

CALORE INTERNO	numero o mq	watt	TOT (W)
Persone	1	55	55
Forza motrice-computer	0	150	0
Illuminazione	15,8	0	0

CALORE SENSIBILE **299,824282**

CALORE LATENTE AMBIENTE 1 69 69

CALORE TOTALE AMBIENTE **368,824282**



ALLEGATO O

PARTE 3

ALLEGATO O: PERDITE PER TRASMISSIONE**PIANO TIPO 1****APPARTAMENTO 1**

LOCALE 1 OPACHI		LOCALE 1 TRASPARENTI	
S parete S-O	6,111	F1 (132X137)	1,8
Q =	34,068825	Q =	76,5
S parete N-O	12,366		
Q =	75,834495		
		186,4033	
LOCALE 2 OPACHI		LOCALE 2 TRASPARENTI	
S parete S-O	7,822	PF (132x237)	3,14
Q =	47,968415	Q =	146,795
		194,7634	
LOCALE 3 OPACHI		LOCALE 3 TRASPARENTI	
S parete N-O	5,662	F2 (72x137)	0,98
Q =	15,103385	Q =	45,815
		60,91839	
LOCALE 4 OPACHI		LOCALE 4 TRASPARENTI	
S parete N-O	9,45	F8-F9 (300x270)	8,1
Q =	57,952125	Q =	378,675
S parete N-O	4,32	PF3 (120x270)	3,24
Q =	22,2156	Q =	151,47
S parete N	3,78		
Q =	19,43865		
		629,7514	
LOCALE 5 OPACHI		LOCALE 5 TRASPARENTI	
S parete N-E	5,041	F2 (72x137)	0,98
Q =	30,9139325	Q =	45,815
		76,72893	
LOCALE 6 OPACHI		LOCALE 6 TRASPARENTI	
S parete N-E	2,881	PF (132x237)	3,14
Q =	17,6677325	Q =	146,795
		164,4627	
TOTALE	1313,02816		

APPARTAMENTO 2

LOCALE 7 OPACHI		LOCALE 7 TRASPARENTI	
S parete N-O	5,4	F8-F9 (300x270)	8,1
Q =	27,7695	Q =	344,25
		F7 (126X270)	3,402
		Q =	144,585
		PF2 (180x270)	4,86
		Q =	206,55
		723,1545	

LOCALE 8 OPACHI		LOCALE 8 TRASPARENTI	
S parete S-O	7,65	F1 (132X137)	1,8
Q =	46,913625	Q =	76,5
		123,4136	
LOCALE 9 OPACHI		LOCALE 9 TRASPARENTI	
S parete N-E	2,881	PF (132x237)	3,14
Q=	18,4708113	Q =	146,795
		165,2658	
LOCALE 10 OPACHI		LOCALE 10 TRASPARENTI	
S parete N-E	3,61	F2 (72x137)	0,98
Q=	23,1446125	Q =	45,815
TOTALE	1080,79355		68,95961

APPARTAMENTO 3

LOCALE 11 OPACHI		LOCALE 11 TRASPARENTI	
S parete S-O	1,755	F1 (132X137)	1,8
Q =	6,457523	Q =	76,5
		82,9575225	
LOCALE 12 OPACHI		LOCALE 12 TRASPARENTI	
S parete S-O	7,795	PF (132x237)	3,14
Q =	47,80284	Q =	133,45
		181,2528375	
LOCALE 13 OPACHI		LOCALE 13 TRASPARENTI	
S parete N-E	7,461	F1 (132X137)	1,8
Q =	45,75458	Q =	76,5
		122,2545825	
LOCALE 14 OPACHI		LOCALE 14 TRASPARENTI	
S parete N-E	3,61	F2 (72x137)	0,98
Q=	23,14461	Q =	45,815
		68,9596125	
LOCALE 15 OPACHI		LOCALE 15 TRASPARENTI	
S parete N-E	2,881	PF (132x237)	3,14
Q=	18,47081	Q =	146,795
TOTALE	620,6904		165,2658113

APPARTAMENTO 4

LOCALE 16 OPACHI		LOCALE 16 TRASPARENTI	
S parete S-O	0	F8-F9 (300x270)	8,1
Q =	0	Q =	378,675
		378,675	
LOCALE 17 OPACHI		LOCALE 17 TRASPARENTI	
S parete S-O	7,65	F1 (132X137)	1,8
Q =	46,913625	Q =	84,15
		131,0636	
LOCALE 18 OPACHI		LOCALE 18 TRASPARENTI	
S parete N-E	2,881	PF (132x237)	3,14
Q=	18,47081125	Q =	146,795

165,2658

LOCALE 19 OPACHI		LOCALE 19 TRASPARENTI	
S parete N-E	3,61	F2 (72x137)	0,98
Q =	23,1446125	Q =	45,815
TOTALE	743,9640488		68,95961

APPARTAMENTO 5

LOCALE 20 OPACHI		LOCALE 20 TRASPARENTI	
S parete S-O	7,65	F1 (132X137)	1,8
Q =	46,913625	Q =	84,15
			131,0636

LOCALE 21 OPACHI		LOCALE 21 TRASPARENTI	
S parete S-E	5,4	F8-F9 (300x270)	8,1
Q =	29,03175	Q =	344,25
		F7 (126X270)	3,402
		Q =	144,585
		PF2 (180x270)	4,86
		Q =	206,55
			724,4168

LOCALE 22 OPACHI		LOCALE 23 TRASPARENTI	
S parete N-E	3,61	F2 (72x137)	0,98
Q =	23,1446125	Q =	45,815
			68,95961

LOCALE 23 OPACHI		LOCALE 23 TRASPARENTI	
S parete N-E	2,881	PF (132x237)	3,14
Q =	18,4708113	Q =	146,795
TOTALE	1089,7058		165,2658

APPARTAMENTO 6

LOCALE 24 OPACHI		LOCALE 24 TRASPARENTI	
S parete S-O	7,822	PF (132x237)	3,14
Q =	47,96842	Q =	146,795
			194,763415

LOCALE 25 OPACHI		LOCALE 25 TRASPARENTI	
S parete S-O	6,03	F1 (132X137)	1,8
Q =	22,18739	Q =	76,5
			98,687385

LOCALE 26 OPACHI		LOCALE 26 TRASPARENTI	
S parete s-e	6,85	F2 (72x137)	0,98
Q =	18,27238	Q =	45,815
			64,087375

LOCALE 29 OPACHI		LOCALE 29 TRASPARENTI	
S parete S-E	8,1	F8-F9 (300x270)	8,1

Q=	49,67325	Q =	378,675
S parete S-E	4,32	PF3 (120x270)	3,24
Q=	22,2156	Q =	151,47
S parete N	3,78		
Q=	19,43865		
			621,4725
LOCALE 27 OPACHI		LOCALE 27 TRASPARENTI	
S parete N-E	3,07	PF (132x237)	3,14
Q=	18,82678	Q =	146,795
			165,621775
LOCALE 28 OPACHI		LOCALE 28 TRASPARENTI	
S parete N-E	3,691	F2 (72x137)	0,98
Q=	22,63506	Q =	45,815
TOTALE			68,4500575
		834,4075	

PIANO TIPO 2

APPARTAMENTO 1

LOCALE 55 OPACHI		LOCALE 55 TRASPARENTI	
S parete S-O	6,111	F1 (132X137)	1,8
Q =	34,06883	Q =	76,5
S parete N-O	12,366		
Q =	75,8345		
			186,4033
LOCALE 56 OPACHI		LOCALE 56 TRASPARENTI	
S parete S-O	7,822	PF (132x237)	3,14
Q =	47,96842	Q =	146,795
			194,7634
LOCALE 57 OPACHI		LOCALE 57 TRASPARENTI	
S parete N-O	11,88	PF (132x237)	1,8
Q=	72,8541	Q =	84,15
S parete N-O	3,375		
Q=	9,002813		
			166,0069
LOCALE 58 OPACHI		LOCALE 58 TRASPARENTI	
S parete N-E	5,041	F2 (72x137)	0,98
Q=	30,91393	Q =	45,815
			76,72893
LOCALE 59 OPACHI		LOCALE 59 TRASPARENTI	
S parete N-E	2,881	PF (132x237)	3,14
Q=	17,66773	Q =	146,795
			164,4627
TOTALE		788,3653	

APPARTAMENTO 2

LOCALE 60 OPACHI		LOCALE 60 TRASPARENTI	
S parete S-O	0	F8-F9 (300x270)	8,1
Q =	0	Q =	227,205
		227,205	
LOCALE 61 OPACHI		LOCALE 61 TRASPARENTI	
S parete S-O	7,65	F1 (132X137)	1,8
Q =	46,913625	Q =	76,5
		123,4136	
LOCALE 62 OPACHI		LOCALE 62 TRASPARENTI	
S parete N-E	2,881	PF (132x237)	3,14
Q =	17,6677325	Q =	146,795
		164,4627	
LOCALE 63 OPACHI		LOCALE 63 TRASPARENTI	
S parete N-E	5,041	F2 (72x137)	0,98
Q =	30,9139325	Q =	45,815
		76,72893	
TOTALE	591,81029		

APPARTAMENTO 3

LOCALE 64 OPACHI		LOCALE 64 TRASPARENTI	
S parete S-O	1,755	F1 (132X137)	1,8
Q =	6,457523	Q =	76,5
		82,9575225	
LOCALE 65 OPACHI		LOCALE 65 TRASPARENTI	
S parete S-O	7,795	PF (132x237)	3,14
Q =	47,80284	Q =	133,45
		181,2528375	
LOCALE 66 OPACHI		LOCALE 66 TRASPARENTI	
S parete N-E	7,461	F1 (132X137)	1,8
Q =	45,75458	Q =	76,5
		122,2545825	
LOCALE 67 OPACHI		LOCALE 67 TRASPARENTI	
S parete N-E	3,61	F2 (72x137)	0,98
Q =	23,14461	Q =	45,815
		68,9596125	
LOCALE 68 OPACHI		LOCALE 68 TRASPARENTI	
S parete N-E	2,881	F2 (72x137)	3,14
Q =	18,47081	Q =	146,795
		165,2658113	
TOTALE	620,6904		

APPARTAMENTO 4

LOCALE 69 OPACHI		LOCALE 69 TRASPARENTI	
S parete N-O	5,4	F8-F9 (300x270)	8,1
Q =	27,7695	Q =	344,25
		F7 (126X270)	3,402
		Q =	144,585
		PF2 (180x270)	4,86
		Q =	206,55
		723,1545	
LOCALE 70 OPACHI		LOCALE 70 TRASPARENTI	
S parete S-O	7,65	F1 (132X137)	1,8
Q =	46,91363	Q =	76,5
		123,4136	
LOCALE 71 OPACHI		LOCALE 71 TRASPARENTI	
S parete N-E	2,881	PF (132x237)	3,14
Q=	18,47081	Q =	146,795
		165,2658	
LOCALE 72 OPACHI		LOCALE 72 TRASPARENTI	
S parete N-E	3,61	F2 (72x137)	0,98
Q=	23,14461	Q =	45,815
		68,95961	
TOTALE	1080,794		

APPARTAMENTO 5

LOCALE 73 OPACHI		LOCALE 73 TRASPARENTI	
S parete S-O	7,65	F1 (132X137)	1,8
Q =	46,913625	Q =	76,5
		123,4136	
LOCALE 74 OPACHI		LOCALE 74 TRASPARENTI	
S parete S-O	0	F8-F9 (300x270)	8,1
Q =	0	Q =	227,205
		227,205	
LOCALE 75 OPACHI		LOCALE 75 TRASPARENTI	
S parete N-E	5,041	F2 (72x137)	0,98
Q=	30,9139325	Q =	45,815
		76,72893	
LOCALE 76 OPACHI		LOCALE 76 TRASPARENTI	
S parete N-E	2,881	PF (132x237)	3,14
Q=	17,6677325	Q =	146,795
		164,4627	
TOTALE	591,81029		

APPARTAMENTO 6

LOCALE 77 OPACHI	LOCALE 77 TRASPARENTI
-------------------------	------------------------------

S parete S-O	7,822	PF (132x237)	3,14
Q =	47,96842	Q =	146,795
			194,763415

LOCALE 78 OPACHI		LOCALE 78 TRASPARENTI	
S parete S-O	7,911	F1 (132X137)	1,8
Q =	44,10383	Q =	76,5
S parete N-O	12,366		
Q =	75,8345		
			196,43832

LOCALE 79 OPACHI		LOCALE 79 TRASPARENTI	
S parete N-E	2,881	PF (132x237)	3,14
Q =	18,47081	Q =	146,795
			165,2658113

LOCALE 80 OPACHI		LOCALE 80 TRASPARENTI	
S parete N-E	3,61	F2 (72x137)	0,98
Q =	23,14461	Q =	45,815
			68,9596125

LOCALE 57 OPACHI		LOCALE 57 TRASPARENTI	
S parete N-O	11,88	PF (132x237)	1,8
Q =	72,8541	Q =	84,15
S parete N-O	3,375		
Q =	9,002813		
			166,0069125

TOTALE 791,4341

SOPRALZO

APPARTAMENTO 1

LOCALE 30 OPACHI		LOCALE 30 TRASPARENTI	
S parete S-O	0	F8-F9 (300x270)	8,1
Q =	0	Q =	344,25
S parete N-O	11,61	F8-F9 (300x270)	8,1
Q =	53,95748	Q =	344,25
			742,4575

LOCALE 31 OPACHI		LOCALE 31 TRASPARENTI	
S parete N-O	9,162	F1 (132X137)	1,8
Q =	42,5804	Q =	84,15
			126,7304

LOCALE 32 OPACHI		LOCALE 32 TRASPARENTI	
S parete N-O	9,315	PF (132x237)	8,1
Q =	43,29146	Q =	378,675
S parete N-E	5,4		
Q =	25,0965		
			447,063

LOCALE 33 OPACHI		LOCALE 33 TRASPARENTI	
-------------------------	--	------------------------------	--

S parete N-E	5,041	F2 (72x137)	0,98
Q =	23,42805	Q =	45,815
			69,24305

TOTALE 1385,494

APPARTAMENTO 2

LOCALE 34 OPACHI		LOCALE 34 TRASPARENTI	
S parete S-O	0	F8-F9 (300x270) x2	16,2
Q =	0	Q =	454,41
S parete S-E	3,24		
Q =	15,0579		
			469,4679

LOCALE 35 OPACHI		LOCALE 35 TRASPARENTI	
S parete N-E	5,041	F2 (72x137)	0,98
Q =	23,4280475	Q =	45,815
			69,24305

LOCALE 36 OPACHI		LOCALE 36 TRASPARENTI	
S parete N-E	6,04	PF (132x237)	3,14
Q =	28,0709	Q =	146,795
			174,8659

TOTALE 713,576848

APPARTAMENTO 3

LOCALE 37 OPACHI		LOCALE 37 TRASPARENTI	
S parete S-O	5,77	PF (132x237)	3,14
Q =	26,81608	Q =	133,45
			160,266075

LOCALE 38 OPACHI		LOCALE 38 TRASPARENTI	
S parete S-O	0	F8-F9 (300x270)	8,1
Q =	0	Q =	227,205
S parete N-O	3,24		
Q =	15,0579		
			242,2629

LOCALE 39 OPACHI		LOCALE 39 TRASPARENTI	
S parete N-E	5,635	PF (132x237)	3,14
Q =	26,18866	Q =	146,795
			172,9836625

LOCALE 40 OPACHI		LOCALE 40 TRASPARENTI	
S parete N-E	5,041	F2 (72x137)	0,98
Q =	23,42805	Q =	45,815
			69,2430475

TOTALE 644,7557

APPARTAMENTO 4

LOCALE 41 OPACHI		LOCALE 41 TRASPARENTI	
S parete S-O	5,338	PF (132x237)	3,14
Q =	24,80836	Q =	133,45

158,2584

LOCALE 42 OPACHI		LOCALE 42 TRASPARENTI	
S parete S-O	0	F8-F9 (300x270) x2	16,2
Q =	0	Q =	454,41
S parete N-O	3,24		
Q =	15,0579		

469,4679

LOCALE 43 OPACHI		LOCALE 43 TRASPARENTI	
S parete N-E	6,04	PF (132x237)	3,14
Q =	28,0709	Q =	146,795

174,8659

LOCALE 44 OPACHI		LOCALE 44 TRASPARENTI	
S parete N-E	5,041	F2 (72x137)	0,98
Q =	23,42805	Q =	45,815

69,24305

TOTALE 871,8352

APPARTAMENTO 5

LOCALE 45 OPACHI		LOCALE 45 TRASPARENTI	
S parete S-O	0	F8-F9 (300x270)	8,1
Q =	0	Q =	344,25
S parete S-E	11,61	F8-F9 (300x270)	8,1
Q =	53,957475	Q =	344,25

742,4575

LOCALE 46 OPACHI		LOCALE 46 TRASPARENTI	
S parete S-E	9,162	F1 (132X137)	1,8
Q =	42,580395	Q =	84,15

126,7304

LOCALE 47 OPACHI		LOCALE 47 TRASPARENTI	
S parete N-E	5,041	F2 (72x137)	0,98
Q =	23,4280475	Q =	45,815

69,24305

LOCALE 48 OPACHI		LOCALE 48 TRASPARENTI	
S parete S-E	9,315	PF (132x237)	8,1
Q =	43,2914625	Q =	378,675
S parete N-E	5,4		
Q =	25,0965		

447,063

TOTALE 1385,49388

PIANO TERRA

PARTE SINISTRA

LOCALE 49 OPACHI		LOCALE 49 TRASPARENTI	
S parete S-O	7,02	F8-F9 (300x270) x8	64,8
Q =	39,1365	Q =	2754
S parete S-E	4,968		
Q =	30,46626		
S parete N-E	17,728		
Q =	68,19518		
S parete S-E	9,695		
Q =	37,29424		
		Q=	2929,092

LOCALE 50 OPACHI		LOCALE 50 TRASPARENTI	
S parete N-E	3,745	F2 (72x137)	0,98
Q=	17,40489	Q =	45,815
		Q=	63,21989

LOCALE 51 OPACHI		LOCALE 51 TRASPARENTI	
S parete N-E	5,23	F2 (72x137)	0,98
Q=	24,30643	Q =	45,815
S parete S-E	6,925		
Q =	26,63874		
		Q=	96,76017

TOTALE 3089,072

PARTE DESTRA

LOCALE 52 OPACHI		LOCALE 52 TRASPARENTI	
S parete S-O	7,02	F8-F9 (300x270) x10	81
Q =	39,1365	Q =	3442,5
S parete N-E	4,968		
Q =	30,46626		
S parete N-O	37,118		
Q =	142,7836665		
S parete N-E	9,695		
Q =	37,29424125		
		Q=	3692,180668

LOCALE 53 OPACHI		LOCALE 53 TRASPARENTI	
S parete N-E	5,23	F2 (72x137)	0,98
Q=	24,306425	Q =	45,815
S parete S-E	6,925		
Q =	26,63874375		

Q= 96,7601687
5

LOCALE 54 OPACHI		LOCALE 54 TRASPARENTI	
S parete N-E	3,745	F2 (72x137)	0,98
Q=	17,4048875	Q =	45,815
		Q=	63,2198875

TOTALE 3852,160724

ALLEGATO P

PARTE 3

ALLEGATO P: PERDITE PER VENTILAZIONE

PIANO TIPO 1

APPARTAMENTO 1									
LOCALE 1									
Volume netto	V [mc]	33,264							
Tasso di ricambio d'aria	n [vol/h]	0,5							
Densità aria	ρ [kg/mc]	1,2							
Calore specifico	c [J/kgK]	1000							
Dispersione termica	H _{ve} [J/K]	5,54							
Scambio termico mensile	Q [W]		5,82	23,48	33,89	36,69	28,61	21,65	5,82
Scambio termico per ventilazione	Q_{hve} [W]	155,97							
LOCALE 2									
Volume netto	V [mc]	46,926							
Tasso di ricambio d'aria	n [vol/h]	0,5							
Densità aria	ρ [kg/mc]	1,2							
Calore specifico	c [J/kgK]	1000							
Dispersione termica	H _{ve} [J/K]	7,82							
Scambio termico mensile	Q [W]		8,21	33,12	47,80	51,76	40,37	30,55	8,21
Scambio termico per ventilazione	Q_{hve} [W]	220,03							
LOCALE 3									
Volume netto	V [mc]	12,69							
Tasso di ricambio d'aria	n [vol/h]	0,5							
Densità aria	ρ [kg/mc]	1,2							
Calore specifico	c [J/kgK]	1000							
Dispersione termica	H _{ve} [J/K]	2,12							
Scambio termico mensile	Q [W]		2,22	8,96	12,93	14,00	10,92	8,26	2,22
Scambio termico per ventilazione	Q_{hve} [W]	59,50							
LOCALE 4									
Volume netto	V [mc]	42,66							
Tasso di ricambio d'aria	n [vol/h]	0,5							
Densità aria	ρ [kg/mc]	1,2							
Calore specifico	c [J/kgK]	1000							
Dispersione termica	H _{ve} [J/K]	7,11							
Scambio termico mensile	Q [W]		7,47	30,11	43,46	47,06	36,70	27,77	7,47
Scambio termico per ventilazione	Q_{hve} [W]	200,03							
LOCALE 5									
Volume netto	V [mc]	13,23							
Tasso di ricambio d'aria	n [vol/h]	0,5							
Densità aria	ρ [kg/mc]	1,2							
Calore specifico	c [J/kgK]	1000							
Dispersione termica	H _{ve} [J/K]	2,21							
Scambio termico mensile	Q [W]		2,32	9,34	13,48	14,59	11,38	8,61	2,32
Scambio termico per ventilazione	Q_{hve} [W]	62,03							
LOCALE 6									
Volume netto	V [mc]	18,9							
Tasso di ricambio d'aria	n [vol/h]	0,5							

Densità aria	ρ [kg/mc]	1,2							
Calore specifico	c [J/kgK]	1000							
Dispersione termica	Hve [J/K]	3,15							
Scambio termico mensile	Q [W]		3,31	13,34	19,25	20,85	16,26	12,30	3,31
Scambio termico per ventilazione	Qhve [W]	88,62							

APPARTAMENTO 2

LOCALE 7

Volume netto	V [mc]	57,915							
Tasso di ricambio d'aria	n [vol/h]	0,5							
Densità aria	ρ [kg/mc]	1,2							
Calore specifico	c [J/kgK]	1000							
Dispersione termica	Hve [J/K]	9,65							
Scambio termico mensile	Q [W]		10,14	40,88	59,00	63,89	49,82	37,70	10,14
Scambio termico per ventilazione	Qhve [W]	278,57							

LOCALE 8

Volume netto	V [mc]	40,095							
Tasso di ricambio d'aria	n [vol/h]	0,5							
Densità aria	ρ [kg/mc]	1,2							
Calore specifico	c [J/kgK]	1000							
Dispersione termica	Hve [J/K]	6,68							
Scambio termico mensile	Q [W]		7,02	28,30	40,84	44,23	34,49	26,10	7,02
Scambio termico per ventilazione	Qhve [W]	198,13							

LOCALE 9

Volume netto	V [mc]	18,9							
Tasso di ricambio d'aria	n [vol/h]	0,5							
Densità aria	ρ [kg/mc]	1,2							
Calore specifico	c [J/kgK]	1000							
Dispersione termica	Hve [J/K]	3,15							
Scambio termico mensile	Q [W]		3,31	13,34	19,25	20,85	16,26	12,30	3,31
Scambio termico per ventilazione	Qhve [W]	91,22							

LOCALE 10

Volume netto	V [mc]	14,85							
Tasso di ricambio d'aria	n [vol/h]	0,5							
Densità aria	ρ [kg/mc]	1,2							
Calore specifico	c [J/kgK]	1000							
Dispersione termica	Hve [J/K]	2,48							
Scambio termico mensile	Q [W]		2,60	10,48	15,13	16,38	12,77	9,67	2,60
Scambio termico per ventilazione	Qhve [W]	72,94							

APPARTAMENTO 3

LOCALE 11

Volume netto	V [mc]	33,264							
Tasso di ricambio d'aria	n [vol/h]	0,5							
Densità aria	ρ [kg/mc]	1,2							
Calore specifico	c [J/kgK]	1000							
Dispersione termica	Hve [J/K]	5,54							

Scambio termico mensile	Q [W]		5,82	23,48	33,89	36,69	28,61	21,65	5,82
Scambio termico per ventilazione	Qhve [W]	164,18							
LOCALE 12									
Volume netto	V [mc]	46,926							
Tasso di ricambio d'aria	n [vol/h]	0,5							
Densità aria	ρ [kg/mc]	1,2							
Calore specifico	c [J/kgK]	1000							
Dispersione termica	Hve [J/K]	7,82							
Scambio termico mensile	Q [W]		8,21	33,12	47,80	51,76	40,37	30,55	8,21
Scambio termico per ventilazione	Qhve [W]	225,85							
LOCALE 13									
Volume netto	V [mc]	40,095							
Tasso di ricambio d'aria	n [vol/h]	0,5							
Densità aria	ρ [kg/mc]	1,2							
Calore specifico	c [J/kgK]	1000							
Dispersione termica	Hve [J/K]	6,68							
Scambio termico mensile	Q [W]		7,02	28,30	40,84	44,23	34,49	26,10	7,02
Scambio termico per ventilazione	Qhve [W]	189,89							
LOCALE 14									
Volume netto	V [mc]	13,23							
Tasso di ricambio d'aria	n [vol/h]	0,5							
Densità aria	ρ [kg/mc]	1,2							
Calore specifico	c [J/kgK]	1000							
Dispersione termica	Hve [J/K]	2,21							
Scambio termico mensile	Q [W]		2,32	9,34	13,48	14,59	11,38	8,61	2,32
Scambio termico per ventilazione	Qhve [W]	65,34							
LOCALE 15									
Volume netto	V [mc]	18,9							
Tasso di ricambio d'aria	n [vol/h]	0,5							
Densità aria	ρ [kg/mc]	1,2							
Calore specifico	c [J/kgK]	1000							
Dispersione termica	Hve [J/K]	3,15							
Scambio termico mensile	Q [W]		3,31	13,34	19,25	20,85	16,26	12,30	3,31
Scambio termico per ventilazione	Qhve [W]	92,07							

APPARTAMENTO 4									
LOCALE 16									
Volume netto	V [mc]	40,095							
Tasso di ricambio d'aria	n [vol/h]	0,5							
Densità aria	ρ [kg/mc]	1,2							
Calore specifico	c [J/kgK]	1000							
Dispersione termica	Hve [J/K]	6,68							
Scambio termico mensile	Q [W]		7,02	28,30	40,84	44,23	34,49	26,10	7,02
Scambio termico per ventilazione	Qhve [W]	188,00							
LOCALE 17									
Volume netto	V [mc]	40,095							
Tasso di ricambio d'aria	n [vol/h]	0,5							

Densità aria	ρ [kg/mc]	1,2							
Calore specifico	c [J/kgK]	1000							
Dispersione termica	Hve [J/K]	6,68							
Scambio termico mensile	Q [W]		7,02	28,30	40,84	44,23	34,49	26,10	7,02
Scambio termico per ventilazione	Qhve [W]	188,00							

LOCALE 18

Volume netto	V [mc]	18,9							
Tasso di ricambio d'aria	n [vol/h]	0,5							
Densità aria	ρ [kg/mc]	1,2							
Calore specifico	c [J/kgK]	1000							
Dispersione termica	Hve [J/K]	3,15							
Scambio termico mensile	Q [W]		3,31	13,34	19,25	20,85	16,26	12,30	3,31
Scambio termico per ventilazione	Qhve [W]	88,62							

LOCALE 19

Volume netto	V [mc]	14,85							
Tasso di ricambio d'aria	n [vol/h]	0,5							
Densità aria	ρ [kg/mc]	1,2							
Calore specifico	c [J/kgK]	1000							
Dispersione termica	Hve [J/K]	2,48							
Scambio termico mensile	Q [W]		2,60	10,48	15,13	16,38	12,77	9,67	2,60
Scambio termico per ventilazione	Qhve [W]	69,63							

APPARTAMENTO 5

LOCALE 20

Volume netto	V [mc]	40,095							
Tasso di ricambio d'aria	n [vol/h]	0,5							
Densità aria	ρ [kg/mc]	1,2							
Calore specifico	c [J/kgK]	1000							
Dispersione termica	Hve [J/K]	6,68							
Scambio termico mensile	Q [W]		7,02	28,30	40,84	44,23	34,49	26,10	7,02
Scambio termico per ventilazione	Qhve [W]	188,00							

LOCALE 21

Volume netto	V [mc]	57,915							
Tasso di ricambio d'aria	n [vol/h]	0,5							
Densità aria	ρ [kg/mc]	1,2							
Calore specifico	c [J/kgK]	1000							
Dispersione termica	Hve [J/K]	9,65							
Scambio termico mensile	Q [W]		10,14	40,88	59,00	63,89	49,82	37,70	10,14
Scambio termico per ventilazione	Qhve [W]	271,55							

LOCALE 22

Volume netto	V [mc]	14,85							
Tasso di ricambio d'aria	n [vol/h]	0,5							
Densità aria	ρ [kg/mc]	1,2							
Calore specifico	c [J/kgK]	1000							
Dispersione termica	Hve [J/K]	2,48							
Scambio termico mensile	Q [W]		2,60	10,48	15,13	16,38	12,77	9,67	2,60
Scambio termico per ventilazione	Qhve [W]	69,63							

LOCALE 23									
Volume netto	V [mc]	18,9							
Tasso di ricambio d'aria	n [vol/h]	0,5							
Densità aria	ρ [kg/mc]	1,2							
Calore specifico	c [J/kgK]	1000							
Dispersione termica	Hve [J/K]	3,15							
Scambio termico mensile	Q [W]		3,31	13,34	19,25	20,85	16,26	12,30	3,31
Scambio termico per ventilazione	Qhve [W]	88,62							

APPARTAMENTO 6									
LOCALE 24									
Volume netto	V [mc]	46,926							
Tasso di ricambio d'aria	n [vol/h]	0,5							
Densità aria	ρ [kg/mc]	1,2							
Calore specifico	c [J/kgK]	1000							
Dispersione termica	Hve [J/K]	7,82							
Scambio termico mensile	Q [W]		8,21	33,12	47,80	51,76	40,37	30,55	8,21
Scambio termico per ventilazione	Qhve [W]	220,03							

LOCALE 25									
Volume netto	V [mc]	33,264							
Tasso di ricambio d'aria	n [vol/h]	0,5							
Densità aria	ρ [kg/mc]	1,2							
Calore specifico	c [J/kgK]	1000							
Dispersione termica	Hve [J/K]	5,54							
Scambio termico mensile	Q [W]		5,82	23,48	33,89	36,69	28,61	21,65	5,82
Scambio termico per ventilazione	Qhve [W]	155,97							

LOCALE 26									
Volume netto	V [mc]	10,8							
Tasso di ricambio d'aria	n [vol/h]	0,5							
Densità aria	ρ [kg/mc]	1,2							
Calore specifico	c [J/kgK]	1000							
Dispersione termica	Hve [J/K]	1,80							
Scambio termico mensile	Q [W]		1,89	7,62	11,00	11,91	9,29	7,03	1,89
Scambio termico per ventilazione	Qhve [W]	50,64							

LOCALE 27									
Volume netto	V [mc]	18,9							
Tasso di ricambio d'aria	n [vol/h]	0,5							
Densità aria	ρ [kg/mc]	1,2							
Calore specifico	c [J/kgK]	1000							
Dispersione termica	Hve [J/K]	3,15							
Scambio termico mensile	Q [W]		3,31	13,34	19,25	20,85	16,26	12,30	3,31
Scambio termico per ventilazione	Qhve [W]	88,62							

LOCALE 28								
Volume netto	V [mc]	19,71						
Tasso di ricambio d'aria	n [vol/h]	0,5						
Densità aria	ρ [kg/mc]	1,2						
Calore specifico	c [J/kgK]	1000						

Dispersione termica	H _{ve} [J/K]	3,29							
Scambio termico mensile	Q [W]		3,45	13,91	20,08	21,74	16,95	12,83	3,45
Scambio termico per ventilazione	Q_{hve} [W]	92,42							
LOCALE 29									
Volume netto	V [mc]	40,5							
Tasso di ricambio d'aria	n [vol/h]	0,5							
Densità aria	ρ [kg/mc]	1,2							
Calore specifico	c [J/kgK]	1000							
Dispersione termica	H _{ve} [J/K]	6,75							
Scambio termico mensile	Q [W]		7,09	28,59	41,26	44,67	34,84	26,37	7,09
Scambio termico per ventilazione	Q_{hve} [W]	189,90							

PIANO TIPO 2

APPARTAMENTO 1									
LOCALE 55									
Volume netto	V [mc]	33,264							
Tasso di ricambio d'aria	n [vol/h]	0,5							
Densità aria	ρ [kg/mc]	1,2							
Calore specifico	c [J/kgK]	1000							
Dispersione termica	H _{ve} [J/K]	5,54							
Scambio termico mensile	Q [W]		5,82	23,48	33,89	36,69	28,61	21,65	5,82
Scambio termico per ventilazione	Q_{hve} [W]	155,97							
LOCALE 56									
Volume netto	V [mc]	46,926							
Tasso di ricambio d'aria	n [vol/h]	0,5							
Densità aria	ρ [kg/mc]	1,2							
Calore specifico	c [J/kgK]	1000							
Dispersione termica	H _{ve} [J/K]	7,82							
Scambio termico mensile	Q [W]		8,21	33,12	47,80	51,76	40,37	30,55	8,21
Scambio termico per ventilazione	Q_{hve} [W]	220,03							
LOCALE 57									
Volume netto	V [mc]	40,095							
Tasso di ricambio d'aria	n [vol/h]	0,5							
Densità aria	ρ [kg/mc]	1,2							
Calore specifico	c [J/kgK]	1000							
Dispersione termica	H _{ve} [J/K]	6,68							
Scambio termico mensile	Q [W]		7,02	28,30	40,84	44,23	34,49	26,10	7,02
Scambio termico per ventilazione	Q_{hve} [W]	188,00							
LOCALE 58									
Volume netto	V [mc]	13,23							
Tasso di ricambio d'aria	n [vol/h]	0,5							
Densità aria	ρ [kg/mc]	1,2							
Calore specifico	c [J/kgK]	1000							
Dispersione termica	H _{ve} [J/K]	2,21							
Scambio termico mensile	Q [W]		2,32	9,34	13,48	14,59	11,38	8,61	2,32
Scambio termico per ventilazione	Q_{hve} [W]	62,03							

LOCALE 59									
Volume netto	V [mc]	18,9							
Tasso di ricambio d'aria	n [vol/h]	0,5							
Densità aria	ρ [kg/mc]	1,2							
Calore specifico	c [J/kgK]	1000							
Dispersione termica	H _{ve} [J/K]	3,15							
Scambio termico mensile	Q [W]		3,31	13,34	19,25	20,85	16,26	12,30	3,31
Scambio termico per ventilazione	Q_{hve} [W]	88,62							

APPARTAMENTO 2									
LOCALE 60									
Volume netto	V [mc]	40,095							
Tasso di ricambio d'aria	n [vol/h]	0,5							
Densità aria	ρ [kg/mc]	1,2							
Calore specifico	c [J/kgK]	1000							
Dispersione termica	H _{ve} [J/K]	6,68							
Scambio termico mensile	Q [W]		7,02	28,30	40,84	44,23	34,49	26,10	7,02
Scambio termico per ventilazione	Q_{hve} [W]	195,02							
LOCALE 61									
Volume netto	V [mc]	40,095							
Tasso di ricambio d'aria	n [vol/h]	0,5							
Densità aria	ρ [kg/mc]	1,2							
Calore specifico	c [J/kgK]	1000							
Dispersione termica	H _{ve} [J/K]	6,68							
Scambio termico mensile	Q [W]		7,02	28,30	40,84	44,23	34,49	26,10	7,02
Scambio termico per ventilazione	Q_{hve} [W]	195,02							
LOCALE 62									
Volume netto	V [mc]	18,9							
Tasso di ricambio d'aria	n [vol/h]	0,5							
Densità aria	ρ [kg/mc]	1,2							
Calore specifico	c [J/kgK]	1000							
Dispersione termica	H _{ve} [J/K]	3,15							
Scambio termico mensile	Q [W]		3,31	13,34	19,25	20,85	16,26	12,30	3,31
Scambio termico per ventilazione	Q_{hve} [W]	91,22							
LOCALE 63									
Volume netto	V [mc]	14,85							
Tasso di ricambio d'aria	n [vol/h]	0,5							
Densità aria	ρ [kg/mc]	1,2							
Calore specifico	c [J/kgK]	1000							
Dispersione termica	H _{ve} [J/K]	2,48							
Scambio termico mensile	Q [W]		2,60	10,48	15,13	16,38	12,77	9,67	2,60
Scambio termico per ventilazione	Q_{hve} [W]	72,94							

APPARTAMENTO 3		
LOCALE 64		
Volume netto	V [mc]	33,264
Tasso di ricambio d'aria	n [vol/h]	0,5

Densità aria	ρ [kg/mc]	1,2							
Calore specifico	c [J/kgK]	1000							
Dispersione termica	Hve [J/K]	5,54							
Scambio termico mensile	Q [W]		5,82	23,48	33,89	36,69	28,61	21,65	5,82
Scambio termico per ventilazione	Qhve [W]	164,18							

LOCALE 65

Volume netto	V [mc]	46,926							
Tasso di ricambio d'aria	n [vol/h]	0,5							
Densità aria	ρ [kg/mc]	1,2							
Calore specifico	c [J/kgK]	1000							
Dispersione termica	Hve [J/K]	7,82							
Scambio termico mensile	Q [W]		8,21	33,12	47,80	51,76	40,37	30,55	8,21
Scambio termico per ventilazione	Qhve [W]	225,85							

LOCALE 66

Volume netto	V [mc]	40,095							
Tasso di ricambio d'aria	n [vol/h]	0,5							
Densità aria	ρ [kg/mc]	1,2							
Calore specifico	c [J/kgK]	1000							
Dispersione termica	Hve [J/K]	6,68							
Scambio termico mensile	Q [W]		7,02	28,30	40,84	44,23	34,49	26,10	7,02
Scambio termico per ventilazione	Qhve [W]	188,00							

LOCALE 67

Volume netto	V [mc]	13,23							
Tasso di ricambio d'aria	n [vol/h]	0,5							
Densità aria	ρ [kg/mc]	1,2							
Calore specifico	c [J/kgK]	1000							
Dispersione termica	Hve [J/K]	2,21							
Scambio termico mensile	Q [W]		2,32	9,34	13,48	14,59	11,38	8,61	2,32
Scambio termico per ventilazione	Qhve [W]	65,34							

LOCALE 68

Volume netto	V [mc]	18,9							
Tasso di ricambio d'aria	n [vol/h]	0,5							
Densità aria	ρ [kg/mc]	1,2							
Calore specifico	c [J/kgK]	1000							
Dispersione termica	Hve [J/K]	3,15							
Scambio termico mensile	Q [W]		3,31	13,34	19,25	20,85	16,26	12,30	3,31
Scambio termico per ventilazione	Qhve [W]	92,07							

APPARTAMENTO 4

LOCALE 69

Volume netto	V [mc]	57,915							
Tasso di ricambio d'aria	n [vol/h]	0,5							
Densità aria	ρ [kg/mc]	1,2							
Calore specifico	c [J/kgK]	1000							
Dispersione termica	Hve [J/K]	9,65							
Scambio termico mensile	Q [W]		10,14	40,88	59,00	63,89	49,82	37,70	10,14
Scambio termico per ventilazione	Qhve [W]	271,55							

LOCALE 70									
Volume netto	V [mc]	40,095							
Tasso di ricambio d'aria	n [vol/h]	0,5							
Densità aria	ρ [kg/mc]	1,2							
Calore specifico	c [J/kgK]	1000							
Dispersione termica	Hve [J/K]	6,68							
Scambio termico mensile	Q [W]		7,02	28,30	40,84	44,23	34,49	26,10	7,02
Scambio termico per ventilazione	Qhve [W]	188,00							

LOCALE 71									
Volume netto	V [mc]	18,9							
Tasso di ricambio d'aria	n [vol/h]	0,5							
Densità aria	ρ [kg/mc]	1,2							
Calore specifico	c [J/kgK]	1000							
Dispersione termica	Hve [J/K]	3,15							
Scambio termico mensile	Q [W]		3,31	13,34	19,25	20,85	16,26	12,30	3,31
Scambio termico per ventilazione	Qhve [W]	88,62							

LOCALE 72									
Volume netto	V [mc]	14,85							
Tasso di ricambio d'aria	n [vol/h]	0,5							
Densità aria	ρ [kg/mc]	1,2							
Calore specifico	c [J/kgK]	1000							
Dispersione termica	Hve [J/K]	2,48							
Scambio termico mensile	Q [W]		2,60	10,48	15,13	16,38	12,77	9,67	2,60
Scambio termico per ventilazione	Qhve [W]	69,63							

APPARTAMENTO 5

LOCALE 73									
Volume netto	V [mc]	40,095							
Tasso di ricambio d'aria	n [vol/h]	0,5							
Densità aria	ρ [kg/mc]	1,2							
Calore specifico	c [J/kgK]	1000							
Dispersione termica	Hve [J/K]	6,68							
Scambio termico mensile	Q [W]		7,02	28,30	40,84	44,23	34,49	26,10	7,02
Scambio termico per ventilazione	Qhve [W]	188,00							

LOCALE 74									
Volume netto	V [mc]	40,095							
Tasso di ricambio d'aria	n [vol/h]	0,5							
Densità aria	ρ [kg/mc]	1,2							
Calore specifico	c [J/kgK]	1000							
Dispersione termica	Hve [J/K]	6,68							
Scambio termico mensile	Q [W]		7,02	28,30	40,84	44,23	34,49	26,10	7,02
Scambio termico per ventilazione	Qhve [W]	188,00							

LOCALE 75									
Volume netto	V [mc]	14,85							
Tasso di ricambio d'aria	n [vol/h]	0,5							
Densità aria	ρ [kg/mc]	1,2							
Calore specifico	c [J/kgK]	1000							

Dispersione termica	H _{ve} [J/K]	2,48							
Scambio termico mensile	Q [W]		2,60	10,48	15,13	16,38	12,77	9,67	2,60
Scambio termico per ventilazione	Q_{hve} [W]	69,63							
LOCALE 76									
Volume netto	V [mc]	18,9							
Tasso di ricambio d'aria	n [vol/h]	0,5							
Densità aria	ρ [kg/mc]	1,2							
Calore specifico	c [J/kgK]	1000							
Dispersione termica	H _{ve} [J/K]	3,15							
Scambio termico mensile	Q [W]		3,31	13,34	19,25	20,85	16,26	12,30	3,31
Scambio termico per ventilazione	Q_{hve} [W]	88,62							

APPARTAMENTO 6									
LOCALE 77									
Volume netto	V [mc]	46,926							
Tasso di ricambio d'aria	n [vol/h]	0,5							
Densità aria	ρ [kg/mc]	1,2							
Calore specifico	c [J/kgK]	1000							
Dispersione termica	H _{ve} [J/K]	7,82							
Scambio termico mensile	Q [W]		8,21	33,12	47,80	51,76	40,37	30,55	8,21
Scambio termico per ventilazione	Q_{hve} [W]	220,03							
LOCALE 78									
Volume netto	V [mc]	33,264							
Tasso di ricambio d'aria	n [vol/h]	0,5							
Densità aria	ρ [kg/mc]	1,2							
Calore specifico	c [J/kgK]	1000							
Dispersione termica	H _{ve} [J/K]	5,54							
Scambio termico mensile	Q [W]		5,82	23,48	33,89	36,69	28,61	21,65	5,82
Scambio termico per ventilazione	Q_{hve} [W]	155,97							
LOCALE 79									
Volume netto	V [mc]	18,9							
Tasso di ricambio d'aria	n [vol/h]	0,5							
Densità aria	ρ [kg/mc]	1,2							
Calore specifico	c [J/kgK]	1000							
Dispersione termica	H _{ve} [J/K]	3,15							
Scambio termico mensile	Q [W]		3,31	13,34	19,25	20,85	16,26	12,30	3,31
Scambio termico per ventilazione	Q_{hve} [W]	88,62							
LOCALE 80									
Volume netto	V [mc]	19,71							
Tasso di ricambio d'aria	n [vol/h]	0,5							
Densità aria	ρ [kg/mc]	1,2							
Calore specifico	c [J/kgK]	1000							
Dispersione termica	H _{ve} [J/K]	3,29							
Scambio termico mensile	Q [W]		3,45	13,91	20,08	21,74	16,95	12,83	3,45
Scambio termico per ventilazione	Q_{hve} [W]	92,42							
LOCALE 81									

Volume netto	V [mc]	40,5							
Tasso di ricambio d'aria	n [vol/h]	0,5							
Densità aria	ρ [kg/mc]	1,2							
Calore specifico	c [J/kgK]	1000							
Dispersione termica	H _{ve} [J/K]	6,75							
Scambio termico mensile	Q [W]		7,09	28,59	41,26	44,67	34,84	26,37	7,09
Scambio termico per ventilazione	Q_{hve} [W]	189,90							

SOPRALZO

APPARTAMENTO 1

LOCALE 30

Volume netto	V [mc]	99,279							
Tasso di ricambio d'aria	n [vol/h]	0,5							
Densità aria	ρ [kg/mc]	1,2							
Calore specifico	c [J/kgK]	1000							
Dispersione termica	H _{ve} [J/K]	16,55							
Scambio termico mensile	Q [W]		17,37	70,07	101,13	109,51	85,40	64,63	17,37
Scambio termico per ventilazione	Q_{hve} [W]	465,50							

LOCALE 31

Volume netto	V [mc]	25,65							
Tasso di ricambio d'aria	n [vol/h]	0,5							
Densità aria	ρ [kg/mc]	1,2							
Calore specifico	c [J/kgK]	1000							
Dispersione termica	H _{ve} [J/K]	4,28							
Scambio termico mensile	Q [W]		4,49	18,10	26,13	28,29	22,06	16,70	4,49
Scambio termico per ventilazione	Q_{hve} [W]	120,27							

LOCALE 32

Volume netto	V [mc]	38,88							
Tasso di ricambio d'aria	n [vol/h]	0,5							
Densità aria	ρ [kg/mc]	1,2							
Calore specifico	c [J/kgK]	1000							
Dispersione termica	H _{ve} [J/K]	6,48							
Scambio termico mensile	Q [W]		6,80	27,44	39,61	42,89	33,45	25,31	6,80
Scambio termico per ventilazione	Q_{hve} [W]	182,30							

LOCALE 33

Volume netto	V [mc]	11,34							
Tasso di ricambio d'aria	n [vol/h]	0,5							
Densità aria	ρ [kg/mc]	1,2							
Calore specifico	c [J/kgK]	1000							
Dispersione termica	H _{ve} [J/K]	1,89							
Scambio termico mensile	Q [W]		1,98	8,00	11,55	12,51	9,75	7,38	1,98
Scambio termico per ventilazione	Q_{hve} [W]	53,17							

APPARTAMENTO 2

LOCALE 34

Volume netto	V [mc]	91,26	
Tasso di ricambio d'aria	n [vol/h]	0,5	

Densità aria	ρ [kg/mc]	1,2							
Calore specifico	c [J/kgK]	1000							
Dispersione termica	H _{ve} [J/K]	15,21							
Scambio termico mensile	Q [W]		15,97	64,41	92,97	100,67	78,50	59,41	15,97
Scambio termico per ventilazione	Q_{hve} [W]	445,28							

LOCALE 35

Volume netto	V [mc]	11,34							
Tasso di ricambio d'aria	n [vol/h]	0,5							
Densità aria	ρ [kg/mc]	1,2							
Calore specifico	c [J/kgK]	1000							
Dispersione termica	H _{ve} [J/K]	1,89							
Scambio termico mensile	Q [W]		1,98	8,00	11,55	12,51	9,75	7,38	1,98
Scambio termico per ventilazione	Q_{hve} [W]	57,66							

LOCALE 36

Volume netto	V [mc]	40,5							
Tasso di ricambio d'aria	n [vol/h]	0,5							
Densità aria	ρ [kg/mc]	1,2							
Calore specifico	c [J/kgK]	1000							
Dispersione termica	H _{ve} [J/K]	6,75							
Scambio termico mensile	Q [W]		7,09	28,59	41,26	44,67	34,84	26,37	7,09
Scambio termico per ventilazione	Q_{hve} [W]	191,88							

APPARTAMENTO 3

LOCALE 37

Volume netto	V [mc]	37,8							
Tasso di ricambio d'aria	n [vol/h]	0,5							
Densità aria	ρ [kg/mc]	1,2							
Calore specifico	c [J/kgK]	1000							
Dispersione termica	H _{ve} [J/K]	6,30							
Scambio termico mensile	Q [W]		6,62	26,68	38,51	41,70	32,52	24,61	6,62
Scambio termico per ventilazione	Q_{hve} [W]	177,24							

LOCALE 38

Volume netto	V [mc]	88,02							
Tasso di ricambio d'aria	n [vol/h]	0,5							
Densità aria	ρ [kg/mc]	1,2							
Calore specifico	c [J/kgK]	1000							
Dispersione termica	H _{ve} [J/K]	14,67							
Scambio termico mensile	Q [W]		15,40	62,13	89,67	97,09	75,72	57,30	15,40
Scambio termico per ventilazione	Q_{hve} [W]	412,71							

LOCALE 39

Volume netto	V [mc]	24,84							
Tasso di ricambio d'aria	n [vol/h]	0,5							
Densità aria	ρ [kg/mc]	1,2							
Calore specifico	c [J/kgK]	1000							
Dispersione termica	H _{ve} [J/K]	4,14							
Scambio termico mensile	Q [W]		4,35	17,53	25,30	27,40	21,37	16,17	4,35
Scambio termico per ventilazione	Q_{hve} [W]	116,47							

LOCALE 40

Volume netto	V [mc]	11,34							
Tasso di ricambio d'aria	n [vol/h]	0,5							
Densità aria	ρ [kg/mc]	1,2							
Calore specifico	c [J/kgK]	1000							
Dispersione termica	H _{ve} [J/K]	1,89							
Scambio termico mensile	Q [W]		1,98	8,00	11,55	12,51	9,75	7,38	1,98
Scambio termico per ventilazione	Q_{hve} [W]	53,17							

APPARTAMENTO 4

LOCALE 41

Volume netto	V [mc]	25,785							
Tasso di ricambio d'aria	n [vol/h]	0,5							
Densità aria	ρ [kg/mc]	1,2							
Calore specifico	c [J/kgK]	1000							
Dispersione termica	H _{ve} [J/K]	4,30							
Scambio termico mensile	Q [W]		4,51	18,20	26,27	28,44	22,18	16,79	4,51
Scambio termico per ventilazione	Q_{hve} [W]	120,90							

LOCALE 42

Volume netto	V [mc]	92,34							
Tasso di ricambio d'aria	n [vol/h]	0,5							
Densità aria	ρ [kg/mc]	1,2							
Calore specifico	c [J/kgK]	1000							
Dispersione termica	H _{ve} [J/K]	15,39							
Scambio termico mensile	Q [W]		16,16	65,18	94,07	101,86	79,43	60,11	16,16
Scambio termico per ventilazione	Q_{hve} [W]	432,97							

LOCALE 43

Volume netto	V [mc]	38,88							
Tasso di ricambio d'aria	n [vol/h]	0,5							
Densità aria	ρ [kg/mc]	1,2							
Calore specifico	c [J/kgK]	1000							
Dispersione termica	H _{ve} [J/K]	6,48							
Scambio termico mensile	Q [W]		6,80	27,44	39,61	42,89	33,45	25,31	6,80
Scambio termico per ventilazione	Q_{hve} [W]	182,30							

LOCALE 44

Volume netto	V [mc]	11,34							
Tasso di ricambio d'aria	n [vol/h]	0,5							
Densità aria	ρ [kg/mc]	1,2							
Calore specifico	c [J/kgK]	1000							
Dispersione termica	H _{ve} [J/K]	1,89							
Scambio termico mensile	Q [W]		1,98	8,00	11,55	12,51	9,75	7,38	1,98
Scambio termico per ventilazione	Q_{hve} [W]	53,17							

APPARTAMENTO 5

LOCALE 45

Volume netto	V [mc]	99,279
Tasso di ricambio d'aria	n [vol/h]	0,5
Densità aria	ρ [kg/mc]	1,2
Calore specifico	c [J/kgK]	1000

Dispersione termica	H _{ve} [J/K]	16,55							
Scambio termico mensile	Q [W]		17,37	70,07	101,13	109,51	85,40	64,63	17,37
Scambio termico per ventilazione	Q_{hve} [W]	465,50							
LOCALE 46									
Volume netto	V [mc]	25,65							
Tasso di ricambio d'aria	n [vol/h]	0,5							
Densità aria	ρ [kg/mc]	1,2							
Calore specifico	c [J/kgK]	1000							
Dispersione termica	H _{ve} [J/K]	4,28							
Scambio termico mensile	Q [W]		4,49	18,10	26,13	28,29	22,06	16,70	4,49
Scambio termico per ventilazione	Q_{hve} [W]	120,27							
LOCALE 47									
Volume netto	V [mc]	11,34							
Tasso di ricambio d'aria	n [vol/h]	0,5							
Densità aria	ρ [kg/mc]	1,2							
Calore specifico	c [J/kgK]	1000							
Dispersione termica	H _{ve} [J/K]	1,89							
Scambio termico mensile	Q [W]		1,98	8,00	11,55	12,51	9,75	7,38	1,98
Scambio termico per ventilazione	Q_{hve} [W]	53,17							
LOCALE 48									
Volume netto	V [mc]	38,88							
Tasso di ricambio d'aria	n [vol/h]	0,5							
Densità aria	ρ [kg/mc]	1,2							
Calore specifico	c [J/kgK]	1000							
Dispersione termica	H _{ve} [J/K]	6,48							
Scambio termico mensile	Q [W]		6,80	27,44	39,61	42,89	33,45	25,31	6,80
Scambio termico per ventilazione	Q_{hve} [W]	182,30							

PIANO TERRA

UFFICIO 1									
LOCALE 49									
Volume netto	V [mc]	254,853							
Tasso di ricambio d'aria	n [vol/h]	0,5							
Densità aria	ρ [kg/mc]	1,2							
Calore specifico	c [J/kgK]	1000							
Dispersione termica	H _{ve} [J/K]	42,48							
Scambio termico mensile	Q [W]		44,60	179,88	259,62	281,12	219,23	165,91	44,60
Scambio termico per ventilazione	Q_{hve} [W]	1194,96							
LOCALE 50									
Volume netto	V [mc]	10,26							
Tasso di ricambio d'aria	n [vol/h]	0,5							
Densità aria	ρ [kg/mc]	1,2							
Calore specifico	c [J/kgK]	1000							
Dispersione termica	H _{ve} [J/K]	1,71							
Scambio termico mensile	Q [W]		1,80	7,24	10,45	11,32	8,83	6,68	1,80
Scambio termico per ventilazione	Q_{hve} [W]	48,11							

ALLEGATO Q

PARTE 3

ALLEGATO Q: GUADAGNI SOLARI

OTTOBRE

SUD-OVEST

PF SDF	132x237																								
Angolo incidenza solare [°]	38,00	Radiani [rad]	0,66	Aggetto [m]	2,00	Ombra	1,56	h da soffitto [m]	0,30	h fin [m]	2,37	l fin [m]	1,32	A ombra	1,67	A sole	1,46	A finestra	3,13	Fatt. Riduzione	0,75	N giorni	17,00	Num finestre	29,00
Q=			82,99	kW																					

FIN SDF	132x137																								
ANGOLO SOLARE [°]	38,00	ANGOLO [rad]	0,66	AGGETTO [m]	2,00	OMBRA	1,56	h da soffitto [m]	0,30	h fin [m]	1,37	l fin [m]	1,32	A ombra	1,67	A sole	0,14	A finestra	1,81	FATT. RIDUZ.	0,75	N giorni	17,00	Num finestre	54,00
Q=			60,17	W																					

GIARDINO D'INVERNO	300x270																								
ANGOLO SOLARE [°]	38,00	ANGOLO [rad]	0,66	AGGETTO [m]	2,00	OMBRA	1,56	h da soffitto [m]	0,10	h fin [m]	2,70	l fin [m]	3,00	A ombra	4,38	A sole	3,72	A finestra	8,10	FATT. RIDUZ.	0,75	N giorni	17,00	Num finestre	22,00
Q=			161,78	W																					

SUD

CUBOTTO	130x270																								
Angolo incidenza solare [°]	38,00	Radiani [rad]	0,66	Aggetto [m]	0,00	Ombra	0,00	h da soffitto [m]	0,10	h fin [m]	2,70	l fin [m]	1,30	A ombra	0,00	A sole	3,51	A finestra	3,51	Fatt. Riduzione	0,75	N giorni	17,00	Num finestre	15,00
Q=			80,67	W																					

OVEST

CUBOTTO	300x270																								
Angolo incidenza solare [°]	26,00	Radiani [rad]	0,45	Aggetto [m]	0,00	Ombra	0,00	h da soffitto [m]	0,10	h fin [m]	2,70	l fin [m]	3,00	A ombra	0,00	A sole	8,10	A finestra	8,10	Fatt. Riduzione	0,75	N giorni	17,00	Num finestre	15,00
Q=			115,67	W																					

NORD-EST

PF SDF	132x237																								
Angolo incidenza solare [°]	26,00	Radiani [rad]	0,45	Aggetto [m]	1,50	Ombra	0,73	h da soffitto [m]	0,30	h fin [m]	2,37	l fin [m]	1,32	A ombra	0,57	A sole	2,56	A finestra	3,13	Fatt. Riduzione	0,75	N giorni	17,00	Num finestre	59,00
Q=			99,51	W																					

FIN SDF

	132x137																								
Angolo incidenza		Radiani		Aggetto		Ombra		h da soffitto		h fin		l fin		A ombra		A sole		A finestra		Fatt. Riduzione		N giorni		Num	

NORD-OVEST

FIN SDF	132x137												
ANGOLO SOLARE [°]	ANGOLO [rad]	AGGETTO [m]	OMBRA	h da soffitto [m]	h fin [m]	l fin [m]	A ombra	A sole	A finestra	FATT. RIDUZ.	N giorni	Num finestre	
38,00	0,66	2,00	1,56	0,30	1,37	1,32	1,67	0,14	1,81	0,75	17,00	6,00	
Q=		6,01	W										

TOTALE OTTOBRE 734,86 W

NOVEMBRE

SUD-OVEST

PF SDF	132x237												
Angolo incidenza solare [°]	Radiani [rad]	Aggetto [m]	Ombra	h da soffitto [m]	h fin [m]	l fin [m]	A ombra	A sole	A finestra	Fatt. Riduzione	N giorni	Num finestre	
32,00	0,56	2,00	1,25	0,30	2,37	1,32	1,25	1,88	3,13	0,75	30,00	29,00	
Q=		98,72	W										

FIN SDF	132x137												
ANGOLO SOLARE [°]	ANGOLO [rad]	AGGETTO [m]	OMBRA	h da soffitto [m]	h fin [m]	l fin [m]	A ombra	A sole	A finestra	FATT. RIDUZ.	N giorni	Num finestre	
32,00	0,56	2,00	1,25	0,30	1,37	1,32	1,25	0,56	1,81	0,75	30,00	54,00	

Q= 82,79 W

GIARDINO
D'INVERNO

300x270

ANGOLO
SOLARE

[°]
32,00

ANGOLO
[rad]
0,56

AGGETTO
[m]
2,00

OMBRA
[m]
1,25

h da soffitto
[m]
0,10

h fin
[m]
2,70

l fin
[m]
3,00

A ombra
4,65

A sole
8,10

A finestra
0,75

FATT.
RIDUZ.

giorni

30,00

Num finestre

22,00

Q= 190,23 W

SUD

CUBOTTO

130x270

Angolo incidenza
solare

[°]
32,00

Radiani
[rad]
0,56

Aggetto
[m]
0,00

Ombra
[m]
0,00

h da soffitto
[m]
0,10

h fin
[m]
2,70

l fin
[m]
1,30

A ombra
0,00

A sole
3,51

A finestra
3,51

Fatt.
Riduzione

giorni

30,00

Num finestre

15,00

Q= 92,60 W

OVEST

CUBOTTO

300x270

Angolo incidenza
solare

[°]
32,00

Radiani
[rad]
0,56

Aggetto
[m]
0,00

Ombra
[m]
0,00

h da soffitto
[m]
0,10

h fin
[m]
2,70

l fin
[m]
3,00

A ombra
0,00

A sole
8,10

A finestra
8,10

Fatt.
Riduzione

giorni

30,00

Num finestre

15,00

Q= 108,44 W

26,00	0,45	0,00	0,00	0,10	2,70	3,00	0,00	8,10	8,10	0,75	30,00	10,00
Q=	72,29	W										

SUD-EST

FIN SDF	132x137											
ANGOLO SOLARE [°]	ANGOLO [rad]	AGGETTO [m]	OMBRA	h da soffitto [m]	h fin [m]	l fin [m]	A ombra	A sole	A finestra	FATT. RIDUZ.	N giorni	Num finestre
38,00	0,66	2,00	1,56	0,30	1,37	1,32	1,67	0,14	1,81	0,75	30,00	6,00
Q=	7,16	W										

NORD-OVEST

FIN SDF	132x137											
ANGOLO SOLARE [°]	ANGOLO [rad]	AGGETTO [m]	OMBRA	h da soffitto [m]	h fin [m]	l fin [m]	A ombra	A sole	A finestra	FATT. RIDUZ.	N giorni	Num finestre
38,00	0,66	2,00	1,56	0,30	1,37	1,32	1,67	0,14	1,81	0,75	30,00	6,00
Q=	6,37	W										

TOTALE NOVEMBRE	799,84	W
------------------------	---------------	----------

DICEMBRE

SUD-OVEST

PF SDF	132x237																								
Angolo incidenza solare [°]	27,00	Radiani [rad]	0,47	Aggetto [m]	2,00	Ombra	1,02	h da soffitto [m]	0,30	h fin [m]	2,37	l fin [m]	1,32	A ombra	0,95	A sole	2,18	A finestra	3,13	Fatt. Riduzione	0,75	N giorni	31,00	Num finestre	29,00
Q=	103,82	W																							

FIN SDF	132x137																								
ANGOLO SOLARE [°]	27,00	ANGOLO [rad]	0,47	AGGETTO [m]	2,00	OMBRA	1,02	h da soffitto [m]	0,30	h fin [m]	1,37	l fin [m]	1,32	A ombra	0,95	A sole	0,86	A finestra	1,81	FATT. RIDUZ.	0,75	N giorni	31,00	Num finestre	54,00
Q=	90,84	W																							

GIARDINO D'INVERNO	300x270																								
ANGOLO SOLARE [°]	27,00	ANGOLO [rad]	0,47	AGGETTO [m]	2,00	OMBRA	1,02	h da soffitto [m]	0,10	h fin [m]	2,70	l fin [m]	3,00	A ombra	2,76	A sole	5,34	A finestra	8,10	FATT. RIDUZ.	0,75	N giorni	31,00	Num finestre	22,00
Q=	197,54	W																							

SUD

CUBOTTO	130x270																								
Angolo incidenza solare [°]	27,00	Radiani [rad]	0,47	Aggetto [m]	0,00	Ombra	0,00	h da soffitto [m]	0,10	h fin [m]	2,70	I fin [m]	1,30	A ombra	0,00	A sole	3,51	A finestra	3,51	Fatt. Riduzione	0,75	N giorni	31,00	Num finestre	15,00
Q=	77,12	W																							

OVEST

CUBOTTO	300x270																								
Angolo incidenza solare [°]	20,00	Radiani [rad]	0,35	Aggetto [m]	0,00	Ombra	0,00	h da soffitto [m]	0,10	h fin [m]	2,70	I fin [m]	3,00	A ombra	0,00	A sole	8,10	A finestra	8,10	Fatt. Riduzione	0,75	N giorni	31,00	Num finestre	15,00
Q=	85,69	W																							

NORD-EST

PF SDF	132x237																								
Angolo incidenza solare [°]	20,00	Radiani [rad]	0,35	Aggetto [m]	1,50	Ombra	0,55	h da soffitto [m]	0,30	h fin [m]	2,37	I fin [m]	1,32	A ombra	0,32	A sole	2,80	A finestra	3,13	Fatt. Riduzione	0,75	N giorni	31,00	Num finestre	59,00
Q=	71,82	W																							

FIN SDF	132x137																								
Angolo incidenza solare [°]	20,00	Radiani [rad]	0,35	Aggetto [m]	1,50	Ombra	0,55	h da soffitto [m]	0,30	h fin [m]	1,37	l fin [m]	1,32	A ombra	0,32	A sole	1,48	A finestra	1,81	Fatt. Riduzione	0,75	N giorni	31,00	Num finestre	13,00
Q=	9,31	W																							

FIN BAGNI	72x137																								
Angolo incidenza solare [°]	20,00	Radiani [rad]	0,35	Aggetto [m]	1,50	Ombra	0,55	h da soffitto [m]	0,30	h fin [m]	1,37	l fin [m]	0,72	A ombra	0,18	A sole	0,81	A finestra	0,99	Fatt. Riduzione	0,75	N giorni	31,00	Num finestre	59,00
Q=	23,04	W																							

EST

CUBOTTO	300x270																								
Angolo incidenza solare [°]	20,00	Radiani [rad]	0,35	Aggetto [m]	0,00	Ombra	0,00	h da soffitto [m]	0,10	h fin [m]	2,70	l fin [m]	3,00	A ombra	0,00	A sole	8,10	A finestra	8,10	Fatt. Riduzione	0,75	N giorni	31,00	Num finestre	10,00
Q=	57,13	W																							

SUD-EST

FIN SDF	132x137																							
---------	---------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

ANGOLO SOLARE [°]	ANGOLO [rad]	AGGETTO [m]	OMBRA	h da soffitto [m]	h fin [m]	l fin [m]	A ombra	A sole	A finestra	FATT. RIDUZ.	N giorni	Num finestre
27,00	0,47	2,00	1,02	0,30	1,37	1,32	0,95	0,86	1,81	0,75	31,00	6,00
Q=		10,09	W									

NORD-OVEST

FIN SDF		132x137										
ANGOLO SOLARE [°]	ANGOLO [rad]	AGGETTO [m]	OMBRA	h da soffitto [m]	h fin [m]	l fin [m]	A ombra	A sole	A finestra	FATT. RIDUZ.	N giorni	Num finestre
27,00	0,47	2,00	1,02	0,30	1,37	1,32	0,95	0,86	1,81	0,75	31,00	6,00
Q=		4,63	W									

TOTALE DICEMBRE	731,04	W
-----------------	--------	---

GENNAIO

SUD-OVEST

PF SDF		132x237										
Angolo incidenza solare [°]	Radiani [rad]	Aggetto [m]	Ombra	h da soffitto [m]	h fin [m]	l fin [m]	A ombra	A sole	A finestra	Fatt. Riduzione	N giorni	Num finestre
27,00	0,47	2,00	1,02	0,30	2,37	1,32	0,95	2,18	3,13	0,75	31,00	29,00

Q= 97,23 W

FIN SDF 132x137

ANGOLO SOLARE [°]	ANGOLO [rad]	AGGETTO [m]	OMBRA	h da soffitto [m]	h fin [m]	l fin [m]	A ombra	A sole	A finestra	FATT. RIDUZ.	N giorni	Num finestre
27,00	0,47	2,00	1,02	0,30	1,37	1,32	0,95	0,86	1,81	0,75	31,00	54,00

Q= 88,25 W

GIARDINO D'INVERNO 300x270

ANGOLO SOLARE [°]	ANGOLO [rad]	AGGETTO [m]	OMBRA	h da soffitto [m]	h fin [m]	l fin [m]	A ombra	A sole	A finestra	FATT. RIDUZ.	N giorni	Num finestre
27,00	0,47	2,00	1,02	0,10	2,70	3,00	2,76	5,34	8,10	0,75	31,00	22,00

Q= 185,98 W

SUD

CUBOTTO 130x270

Angolo incidenza solare [°]	Radianti [rad]	Aggetto [m]	Ombra	h da soffitto [m]	h fin [m]	l fin [m]	A ombra	A sole	A finestra	Fatt. Riduzione	N giorni	Num finestre
27,00	0,47	0,00	0,00	0,10	2,70	1,30	0,00	3,51	3,51	0,75	31,00	15,00

Q= 85,69 W

OVEST

CUBOTTO	300x270																								
Angolo incidenza solare [°]	20,00	Radianti [rad]	0,35	Aggetto [m]	0,00	Ombra	0,00	h da soffitto [m]	0,10	h fin [m]	2,70	I fin [m]	3,00	A ombra	0,00	A sole	8,10	A finestra	8,10	Fatt. Riduzione	0,75	N giorni	31,00	Num finestre	15,00
Q=	95,57	W																							

NORD-EST

PF SDF	132x237																								
Angolo incidenza solare [°]	20,00	Radianti [rad]	0,35	Aggetto [m]	1,50	Ombra	0,55	h da soffitto [m]	0,30	h fin [m]	2,37	I fin [m]	1,32	A ombra	0,32	A sole	2,80	A finestra	3,13	Fatt. Riduzione	0,75	N giorni	31,00	Num finestre	59,00
Q=	82,18	W																							

FIN SDF	132x137																								
Angolo incidenza solare [°]	20,00	Radianti [rad]	0,35	Aggetto [m]	1,50	Ombra	0,55	h da soffitto [m]	0,30	h fin [m]	1,37	I fin [m]	1,32	A ombra	0,32	A sole	1,48	A finestra	1,81	Fatt. Riduzione	0,75	N giorni	31,00	Num finestre	13,00
Q=	10,66	W																							

FIN BAGNI	72x137										
-----------	--------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

ANGOLO SOLARE [°]	ANGOLO [rad]	ANGOLLO [m]	AGGETTO [m]	OMBRA	h da soffitto [m]	h fin [m]	I fin [m]	A ombra	A sole	A finestra	FATT. RIDUZ.	N giorni	Num finestre
20,00	0,35	2,00	0,73	0,30	1,37	1,32	0,56	1,24	1,81	0,75	31,00	6,00	
Q=		5,08	W										

TOTALE GENNAIO	750,56	W
-----------------------	---------------	----------

FEBBRAIO

SUD-OVEST

PF SDF	Angolo incidenza solare [°]	Radiani [rad]	Aggetto [m]	Ombra	h da soffitto [m]	h fin [m]	I fin [m]	A ombra	A sole	A finestra	Fatt. Riduzione	N giorni	Num finestre
132x237	34,00	0,59	2,00	1,35	0,30	2,37	1,32	1,38	1,74	3,13	0,75	28,00	29,00
Q=		121,96	W										

FIN SDF	Angolo SOLARE [°]	ANGOLO [rad]	ANGOLLO [m]	AGGETTO [m]	OMBRA	h da soffitto [m]	h fin [m]	I fin [m]	A ombra	A sole	A finestra	FATT. RIDUZ.	N giorni	Num finestre
132x137	34,00	0,59	2,00	1,35	0,30	1,37	1,32	1,38	0,42	1,81	0,75	28,00	54,00	
Q=		99,61	W											

GIARDINO D'INVERNO	300x270																								
ANGOLO SOLARE [°]	34,00	ANGOLO [rad]	0,59	AGGETTO [m]	2,00	OMBRA	1,35	h da soffitto [m]	0,10	h fin [m]	2,70	I fin [m]	3,00	A ombra	3,74	A sole	4,36	A finestra	8,10	FATT. RIDUZ.	0,75	N giorni	28,00	Num finestre	22,00
Q=	235,96	W																							

SUD

CUBOTTO	130x270																								
Angolo incidenza solare [°]	34,00	Radianti [rad]	0,59	Aggetto [m]	0,00	Ombra	0,00	h da soffitto [m]	0,10	h fin [m]	2,70	I fin [m]	1,30	A ombra	0,00	A sole	3,51	A finestra	3,51	Fatt. Riduzione	0,75	N giorni	28,00	Num finestre	15,00
Q=	112,22	W																							

OVEST

CUBOTTO	300x270																								
Angolo incidenza solare [°]	22,00	Radianti [rad]	0,38	Aggetto [m]	0,00	Ombra	0,00	h da soffitto [m]	0,10	h fin [m]	2,70	I fin [m]	3,00	A ombra	0,00	A sole	8,10	A finestra	8,10	Fatt. Riduzione	0,75	N giorni	28,00	Num finestre	15,00
Q=	151,81	W																							

NORD-EST

PF SDF	132x237																								
Angolo incidenza solare [°]	22,00	Radianti [rad]	0,38	Aggetto [m]	1,50	Ombra	0,61	h da soffitto [m]	0,30	h fin [m]	2,37	l fin [m]	1,32	A ombra	0,40	A sole	2,72	A finestra	3,13	Fatt. Riduzione	0,75	N giorni	28,00	Num finestre	59,00
Q=	132,89													W											

FIN SDF	132x137																								
Angolo incidenza solare [°]	22,00	Radianti [rad]	0,38	Aggetto [m]	1,50	Ombra	0,61	h da soffitto [m]	0,30	h fin [m]	1,37	l fin [m]	1,32	A ombra	0,40	A sole	1,40	A finestra	1,81	Fatt. Riduzione	0,75	N giorni	28,00	Num finestre	13,00
Q=	17,09													W											

FIN BAGNI	72x137																								
Angolo incidenza solare [°]	22,00	Radianti [rad]	0,38	Aggetto [m]	1,50	Ombra	0,61	h da soffitto [m]	0,30	h fin [m]	1,37	l fin [m]	0,72	A ombra	0,22	A sole	0,77	A finestra	0,99	Fatt. Riduzione	0,75	N giorni	28,00	Num finestre	59,00
Q=	42,30													W											

EST

CUBOTTO	300x270												
---------	---------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Angolo incidenza solare [°]	Radianzi [rad]	Aggetto [m]	Ombra	h da soffitto [m]	h fin [m]	l fin [m]	A ombra	A sole	A finestra	Fatt. Riduzione	N giorni	Num finestre
22,00	0,38	0,00	0,00	0,10	2,70	3,00	0,00	8,10	8,10	0,75	28,00	10,00
Q=		101,21	W									

SUD-EST

FIN SDF	132x137											
ANGOLO SOLARE [°]	ANGOLO [rad]	AGGETTO [m]	OMBRA	h da soffitto [m]	h fin [m]	l fin [m]	A ombra	A sole	A finestra	FATT. RIDUZ.	N giorni	Num finestre
24,00	0,42	2,00	0,89	0,30	1,37	1,32	0,78	1,03	1,81	0,75	28,00	6,00
Q=		14,71	W									

NORD-OVEST

FIN SDF	132x137											
ANGOLO SOLARE [°]	ANGOLO [rad]	AGGETTO [m]	OMBRA	h da soffitto [m]	h fin [m]	l fin [m]	A ombra	A sole	A finestra	FATT. RIDUZ.	N giorni	Num finestre
22,00	0,38	2,00	0,81	0,30	1,37	1,32	0,67	1,14	1,81	0,75	28,00	6,00
Q=		8,00	W									

TOTALE FEBBRAIO	1037,77	W
--------------------	---------	---

SUD

CUBOTTO 130x270

Angolo incidenza solare [°]	Radiani [rad]	Aggetto [m]	Ombra	h da soffitto [m]	h fin [m]	l fin [m]	A ombra	A sole	A finestra	Fatt. Riduzione	N giorni	Num finestre
46,00	0,80	0,00	0,00	0,10	2,70	1,30	0,00	3,51	3,51	0,75	31,00	15,00
Q=		159,95	W									

OVEST

CUBOTTO 300x270

Angolo incidenza solare [°]	Radiani [rad]	Aggetto [m]	Ombra	h da soffitto [m]	h fin [m]	l fin [m]	A ombra	A sole	A finestra	Fatt. Riduzione	N giorni	Num finestre
34,00	0,59	0,00	0,00	0,10	2,70	3,00	0,00	8,10	8,10	0,75	31,00	15,00
Q=		280,13	W									

NORD-EST

PF SDF 132x237

Angolo incidenza solare [°]	Radiani [rad]	Aggetto [m]	Ombra	h da soffitto [m]	h fin [m]	l fin [m]	A ombra	A sole	A finestra	Fatt. Riduzione	N giorni	Num finestre
34,00	0,59	1,50	1,01	0,30	2,37	1,32	0,94	2,19	3,13	0,75	31,00	59,00
Q=		259,84	W									

FIN SDF													132x137														
Angolo incidenza solare [°]	34,00	Radiani [rad]	0,59	Aggetto [m]	1,50	Ombra	1,01	h da soffitto [m]	0,30	h fin [m]	1,37	l fin [m]	1,32	A ombra	0,94	A sole	0,87	A finestra	1,81	Fatt. Riduzione	0,75	N giorni	31,00	Num finestre	13,00		
Q=	32,58		W																								

FIN BAGNI													72x137														
Angolo incidenza solare [°]	34,00	Radiani [rad]	0,59	Aggetto [m]	1,50	Ombra	1,01	h da soffitto [m]	0,30	h fin [m]	1,37	l fin [m]	0,72	A ombra	0,51	A sole	0,47	A finestra	0,99	Fatt. Riduzione	0,75	N giorni	31,00	Num finestre	59,00		
Q=	80,66		W																								

EST

CUBOTTO													300x270														
Angolo incidenza solare [°]	34,00	Radiani [rad]	0,59	Aggetto [m]	0,00	Ombra	0,00	h da soffitto [m]	0,10	h fin [m]	2,70	l fin [m]	3,00	A ombra	0,00	A sole	8,10	A finestra	8,10	Fatt. Riduzione	0,75	N giorni	31,00	Num finestre	10,00		
Q=	186,76		W																								

SUD-EST

FIN SDF													132x137		
---------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---------	--	--

ANGOLO SOLARE [°]	ANGOLO [rad]	AGGETTO [m]	OMBRA	h da soffitto [m]	h fin [m]	l fin [m]	A ombra	A sole	A finestra	FATT. RIDUZ.	N giorni	Num finestre
46,00	0,80	2,00	2,07	0,30	1,37	1,32	2,34	-0,53	1,81	0,75	31,00	6,00
Q=		9,66	W									

NORD-OVEST

FIN SDF		132x137										
ANGOLO SOLARE [°]	ANGOLO [rad]	AGGETTO [m]	OMBRA	h da soffitto [m]	h fin [m]	l fin [m]	A ombra	A sole	A finestra	FATT. RIDUZ.	N giorni	Num finestre
34,00	0,59	2,00	1,35	0,30	1,37	1,32	1,38	0,42	1,81	0,75	31,00	6,00
Q=		14,77	W									

TOTALE MARZO	1560,02	W										
--------------	---------	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

APRILE

SUD-OVEST

PF SDF		132x237										
Angolo incidenza solare [°]	Radiani [rad]	Aggetto [m]	Ombra	h da soffitto [m]	h fin [m]	l fin [m]	A ombra	A sole	A finestra	Fatt. Riduzione	N giorni	Num finestre
55,00	0,96	2,00	2,85	0,30	2,37	1,32	3,37	-0,24	3,13	0,75	15,00	29,00

Q= 81,22 W

FIN SDF 132x137

ANGOLO SOLARE [°]	ANGOLO [rad]	AGGETTO [m]	OMBRA	h da soffitto [m]	h fin [m]	I fin [m]	A ombra	A sole	A finestra	FATT. RIDUZ.	N giorni	Num finestre
55,00	0,96	2,00	2,85	0,30	1,37	1,32	3,37	-1,56	1,81	0,75	15,00	54,00

Q= 38,04 W

GIARDINO D'INVERNO 300x270

ANGOLO SOLARE [°]	ANGOLO [rad]	AGGETTO [m]	OMBRA	h da soffitto [m]	h fin [m]	I fin [m]	A ombra	A sole	A finestra	FATT. RIDUZ.	N giorni	Num finestre
55,00	0,96	2,00	2,85	0,10	2,70	3,00	8,26	-0,16	8,10	0,75	15,00	22,00

Q= 166,13 W

SUD

CUBOTTO 130x270

Angolo incidenza solare [°]	Radiani [rad]	Aggetto [m]	Ombra	h da soffitto [m]	h fin [m]	I fin [m]	A ombra	A sole	A finestra	Fatt. Riduzione	N giorni	Num finestre
55,00	0,96	0,00	0,00	0,10	2,70	1,30	0,00	3,51	3,51	0,75	15,00	15,00

Q= 75,32 W

OVEST

CUBOTTO		300x270									
Angolo incidenza solare [°]	Radiani [rad]	Aggetto [m]	Ombra	h da soffitto [m]	h fin [m]	I fin [m]	A ombra	A sole	A finestra	Fatt. Riduzione	Num finestre
39,00	0,68	0,00	0,00	0,10	2,70	3,00	0,00	8,10	8,10	0,75	15,00
Q=		181,79	W								

NORD-EST

PF SDF		132x237									
Angolo incidenza solare [°]	Radiani [rad]	Aggetto [m]	Ombra	h da soffitto [m]	h fin [m]	I fin [m]	A ombra	A sole	A finestra	Fatt. Riduzione	Num finestre
39,00	0,68	1,50	1,21	0,30	2,37	1,32	1,21	1,92	3,13	0,75	59,00
Q=		189,31	W								

FIN SDF		132x137									
Angolo incidenza solare [°]	Radiani [rad]	Aggetto [m]	Ombra	h da soffitto [m]	h fin [m]	I fin [m]	A ombra	A sole	A finestra	Fatt. Riduzione	Num finestre
39,00	0,68	1,50	1,21	0,30	1,37	1,32	1,21	0,60	1,81	0,75	13,00
Q=		23,24	W								

FIN BAGNI		72x137									
-----------	--	--------	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Angolo incidenza solare [°]	Radiani [rad]	Aggetto [m]	Ombra	h da soffitto [m]	h fin [m]	I fin [m]	A ombra	A sole	A finestra	Fatt. Riduzione	N giorni	Num finestre
39,00	0,68	1,50	1,21	0,30	1,37	0,72	0,66	0,33	0,99	0,75	15,00	59,00
Q= 57,54 W												

EST

CUBOTTO 300x270												
Angolo incidenza solare [°]	Radiani [rad]	Aggetto [m]	Ombra	h da soffitto [m]	h fin [m]	I fin [m]	A ombra	A sole	A finestra	Fatt. Riduzione	N giorni	Num finestre
39,00	0,68	0,00	0,00	0,10	2,70	3,00	0,00	8,10	8,10	0,75	15,00	10,00
Q= 121,20 W												

SUD-EST

FIN SDF 132x137												
ANGOLO SOLARE [°]	ANGOLO [rad]	AGGETTO [m]	OMBRA	h da soffitto [m]	h fin [m]	I fin [m]	A ombra	A sole	A finestra	FATT. RIDUZ.	N giorni	Num finestre
55,00	0,96	2,00	2,85	0,30	1,37	1,32	3,37	-1,56	1,81	0,75	15,00	6,00
Q= 4,23 W												

NORD-OVEST

FIN SDF 132x137												

ANGOLO SOLARE [°]	ANGOLO [rad]	AGGETTO [m]	OMBRA	h da soffitto [m]	h fin [m]	l fin [m]	A ombra	A sole	A finestra	FATT. RIDUZ.	N giorni	Num finestre
39,00	0,68	2,00	1,62	0,30	1,37	1,32	1,74	0,07	1,81	0,75	15,00	6,00
Q=		10,31	W									

TOTALE MARZO	948,33	W
---------------------	---------------	----------

ALLEGATO R

PARTE 3

ALLEGATO R:

FABBISOGNO INVERNALE

PIANO	APPARTAMENTO	LOCALE	Pt TRASMISSIONE [W]	Pv VENTILAZIONE [W]	P TOTALE [W]
PIANO TIPO 1	TRILOCALE 1	1	186,40	155,97	342,37
		2	194,76	220,03	414,79
		3	60,92	59,50	120,42
		4	629,75	200,03	829,78
		5	76,73	62,03	138,76
		6	164,46	88,62	253,08
		TOT	1313,03	786,18	2099,20
	BILOCALE 2	7	723,15	278,57	1001,72
		8	123,41	198,13	321,55
		9	165,27	91,22	256,48
		10	68,96	72,94	141,90
		TOT	1080,79	640,86	1721,65
	TRILOCALE 3	11	82,96	164,18	247,14
		12	181,25	225,85	407,10
		13	122,25	189,89	312,14
		14	68,96	65,34	134,30
		15	165,27	92,07	257,33
		TOT	620,69	737,33	1358,02
	BILOCALE 4	16	378,68	188,00	566,67
		17	131,06	188,00	319,06
		18	165,27	88,62	253,88
		19	68,96	69,63	138,59
		TOT	743,96	534,25	1278,21
	BILOCALE 5	20	131,06	188,00	319,06
		21	724,42	271,55	995,97
		22	68,96	69,63	138,59
		23	165,27	88,62	253,88
		TOT	1089,71	617,80	1707,51
TRILOCALE 6	24	194,76	220,03	414,79	
	25	98,69	155,97	254,66	
	26	64,09	50,64	114,73	
	27	621,47	88,62	710,09	
	28	165,62	92,42	258,04	
	29	68,45	189,90	258,35	
	TOT	1213,08	797,57	2010,65	

PIANO	APPARTAMENTO	LOCALE	Pt TRASMISSIONE [W]	Pv VENTILAZIONE [W]	P TOTALE [W]
PIANO TIPO 2	TRILOCALE 1	55	186,40	155,97	342,37
		56	194,76	220,03	414,79
		57	166,01	188,00	354,01
		58	76,73	62,03	138,76
		59	164,46	88,62	253,08
		TOT	788,37	714,65	1503,01
	BILOCALE 2	60	227,21	195,02	422,22
		61	123,41	195,02	318,43
		62	164,46	91,22	255,68
		63	76,73	72,94	149,67
		TOT	591,81	554,19	1146,00
	TRILOCALE 3	64	82,96	164,18	247,14
		65	181,25	225,85	407,10
		66	122,25	188,00	310,25
		67	68,96	65,34	134,30
		68	165,27	92,07	257,33
		TOT	620,69	735,44	1356,13
	BILOCALE 4	69	723,15	271,55	994,71
		70	123,41	188,00	311,41
		71	165,27	88,62	253,88
		72	68,96	69,63	138,59
		TOT	1080,79	617,80	1698,59
	BILOCALE 5	73	123,41	188,00	311,41
		74	227,21	188,00	415,20
75		76,73	69,63	146,36	
76		164,46	88,62	253,08	
TOT		591,81	534,25	1126,06	
TRILOCALE 6	77	194,76	220,03	414,79	
	78	196,44	155,97	352,41	
	79	165,27	88,62	253,88	
	80	68,96	92,42	161,38	
	81	166,01	189,90	355,90	
	TOT	791,43	746,93	1538,37	

PIANO	UFFICIO	LOCALE	Pt TRASMISSIONE [W]	Pv VENTILAZIONE [W]	TOTALE [W]
PIANO TTERRA	UFFICIO 1	49	2929,09	1194,96	4124,06
		50	63,22	48,11	111,33
		51	96,76	64,57	161,33
		TOT	3089,07	1307,64	4396,71
	UFFICIO 2	52	3692,18	1581,22	5273,40
		53	96,76	64,57	161,33
		54	63,22	48,11	111,33
		TOT	3852,16	1693,89	5546,05

TOTALE POTENZA TERMICA UFFICI+APPARTAMENTI

102,66

kW

ALLEGATO S

PARTE 3

ALLEGATO S: TABELLA FABBISOGNO ENERGETICO

PIANO TERRA											
ALLOGGI	NUMERO LOCALI	TIPOLOGIA LOCALI	SUPERFICIE [mq]	VOLUME [mc]	Q INVERNO [W]	Q ESTIVO SENSIBILE [W]	Q ESTIVO LATENTE [W]	Q ESTIVO TOTALE [W]	Q aria minima [mc/h]	Qs asportato [W]	Q residuo [W]
UFFICIO 1	49,00	ufficio	94,28	254,56	4124,06	7789,43	690,00	8479,43	400,00	3033,94	4900,90
	50,00	bagno 1	3,70	9,99	111,33	72,57	69,00	141,57			
	51,00	bagno 2	5,00	13,50	161,33	72,84	69,00	141,84			
UFFICIO 2	52,00	ufficio	124,80	336,96	5273,40	10047,52	690,00	10737,52	400,00	3033,94	7158,99
	53,00	bagno 1	3,70	9,99	161,33	72,57	69,00	141,57			
	54,00	bagno 2	5,00	13,50	111,33	72,84	69,00	141,84			
PIANO TIPO 1											
TRILOCALE 1	1,00	camera	12,00	32,40	342,37	386,32	69,00	455,32	120,00	910,18	669,05
	2,00	soggiorno	17,38	46,93	414,79	468,52	69,00	537,52			
	3,00	bagno 1	2,81	7,59	120,42	213,78	69,00	282,78			
	4,00	camera 2	15,80	42,66	829,78	327,22	69,00	396,22			
	5,00	bagno 2	4,90	13,23	138,76	72,66	69,00	141,66			
BILOCALE 1	6,00	cucina	7,00	18,90	253,08	110,73	69,00	179,73	80,00	606,79	1039,99
	7,00	soggiorno	21,45	57,92	1001,72	1098,88	69,00	1167,88			
	8,00	camera	14,85	40,10	321,55	364,54	69,00	433,54			
	9,00	cucina	7,00	18,90	256,48	110,73	69,00	179,73			
TRILOCALE 2	10,00	bagno	5,50	14,85	141,90	72,63	69,00	141,63	120,00	910,18	839,05
	11,00	camera 1	12,32	33,26	247,14	361,85	69,00	430,85			
	12,00	soggiorno	17,38	46,93	407,10	1115,86	69,00	1184,86			
	13,00	camera 2	14,85	40,10	312,14	88,16	69,00	157,16			
	14,00	bagno	5,50	14,85	134,30	72,63	69,00	141,63			
BILOCALE 2	15,00	cucina	7,00	18,90	257,33	110,73	69,00	179,73	80,00	606,79	554,41
	16,00	soggiorno	14,85	40,10	566,67	613,75	69,00	682,75			
	17,00	camera	14,85	40,10	319,06	364,09	69,00	433,09			
	18,00	cucina	7,00	18,90	253,88	110,73	69,00	179,73			
BILOCALE 3	19,00	bagno	5,50	14,85	138,59	72,63	69,00	141,63	80,00	606,79	649,79
	20,00	camera	14,85	40,10	319,06	364,09	69,00	433,09			
	21,00	soggiorno	21,45	57,92	995,97	709,13	69,00	778,13			
TRILOCALE 3	22,00	bagno	5,50	14,85	138,59	72,63	69,00	141,63	120,00	910,18	641,62
	23,00	cucina	7,00	18,90	253,88	110,73	69,00	179,73			
	24,00	soggiorno	17,38	46,93	414,79	468,52	69,00	537,52			
	25,00	camera 1	12,00	32,40	254,66	386,32	69,00	455,32			
	26,00	bagno 1	2,81	7,59	114,73	213,78	69,00	282,78			
	27,00	cucina	7,00	18,90	710,09	110,73	69,00	179,73			
TRILOCALE 1	28,00	bagno	5,50	14,85	258,04	72,63	69,00	141,63	120,00	910,18	318,14
	29,00	camera 2	15,80	42,66	258,35	299,82	69,00	368,82			
	55,00	camera	12,32	33,26	342,37	385,71	69,00	454,71			
	56,00	soggiorno	17,38	46,93	414,79	468,52	69,00	537,52			
	57,00	camera 2	14,85	40,10	354,01	190,73	69,00	259,73			
BILOCALE 1	58,00	bagno	5,50	14,85	138,76	72,63	69,00	141,63	80,00	606,79	1054,28
	59,00	cucina	7,00	18,90	253,08	110,73	69,00	179,73			
	60,00	soggiorno	14,85	40,10	422,22	1113,17	69,00	1182,17			
	61,00	camera	14,85	40,10	318,43	364,54	69,00	433,54			
TRILOCALE 2	62,00	cucina	7,00	18,90	255,68	110,73	69,00	179,73	120,00	910,18	193,28
	63,00	bagno	5,50	14,85	149,67	72,63	69,00	141,63			
	64,00	camera 1	12,32	33,26	247,14	363,42	69,00	432,42			
	65,00	soggiorno	17,38	46,93	407,10	468,52	69,00	537,52			
BILOCALE 2	66,00	camera 2	14,85	40,10	310,25	88,16	69,00	157,16	80,00	606,79	1039,54
	67,00	bagno	5,50	14,85	134,30	72,63	69,00	141,63			
	68,00	cucina	7,00	18,90	257,33	110,73	69,00	179,73			

	72,00	bagno	5,50	14,85	138,59	72,63	69,00	141,63			
BILOCALE 3	73,00	camera	14,85	40,10	311,41	364,09	69,00	433,09			
	74,00	soggiorno	14,85	40,10	415,20	709,13	69,00	778,13	80,00	606,79	1690,33
	75,00	bagno	5,50	14,85	146,36	1113,17	69,00	1182,17			
	76,00	cucina	7,00	18,90	253,08	110,73	69,00	179,73			
TRILOCALE 3	77,00	soggiorno	17,38	46,93	414,79	468,52	69,00	537,52			
	78,00	camera 1	12,00	32,40	352,41	386,32	69,00	455,32			
	79,00	cucina	7,00	18,90	253,88	110,73	69,00	179,73	120,00	910,18	303,64
	80,00	bagno	5,50	14,85	161,38	72,63	69,00	141,63			
	81,00	camera 2	15,80	42,66	355,90	175,62	69,00	244,62			

SOPRAELEVAZIONE

TRILOCALE 1	30,00	soggiorno	36,70	99,09	1207,96	2029,00	69,00	2098,00			
	31,00	camera 1	9,50	25,65	247,00	492,04	69,00	561,04	120,00	910,18	2117,62
	32,00	camera 2	14,40	38,88	629,36	284,12	69,00	353,12			
	33,00	bagno	4,20	11,34	122,41	222,64	69,00	291,64			
BILOCALE 1	34,00	soggiorno	33,80	91,26	914,74	1357,64	69,00	1426,64			
	35,00	bagno	4,20	11,34	126,90	222,64	69,00	291,64	80,00	606,79	1234,64
	36,00	camera	15,00	40,50	366,75	261,15	69,00	330,15			
TRILOCALE 2	37,00	camera	14,00	37,80	337,50	612,79	69,00	681,79			
	38,00	soggiorno	32,60	88,02	654,97	762,02	69,00	831,02	120,00	910,18	948,42
	39,00	camera	9,20	24,84	289,45	261,15	69,00	330,15			
	40,00	bagno	4,20	11,34	122,41	222,64	69,00	291,64			
TRILOCALE 3	41,00	camera	9,50	25,65	279,16	612,00	69,00	681,00			
	42,00	soggiorno	34,20	92,34	902,43	1357,74	69,00	1426,74	120,00	910,18	1543,35
	43,00	camera	14,40	38,88	357,17	261,15	69,00	330,15			
	44,00	bagno	4,20	11,34	122,41	222,64	69,00	291,64			
TRILOCALE 4	45,00	soggiorno	36,70	99,09	1207,96	2026,64	69,00	2095,64			
	46,00	camera	9,50	25,65	247,00	467,78	69,00	536,78	120,00	910,18	2082,81
	47,00	bagno	4,20	11,34	122,41	222,64	69,00	291,64			
	48,00	camera	14,40	38,88	629,36	275,93	69,00	344,93			

Bibliografia

- Aler Milano (a cura di), *"100 anni di edilizia residenziale pubblica a Milano"*, Catalogo della mostra tenutasi alla Triennale di Milano nel 2008, Aler, Milano, 2008
- Associazione Italiana Tecnico-economica de Cemento, *"Prefabbricazione edilizia"*, AITEC, Roma 1965
- Belardi P., Menchetelli V. (a cura di), *"Da case popolari a case sperimentali"*, Fabrizio Fabbri Editore, Perugia, 2012
- Boriani M., *"La costruzione della Milano moderna : casa e servizi in un secolo di storia cittadina"*, Clup, Milano, 1982
- Capomolla R., Vittorini R. (a cura di), *"L'architettura INA Casa. 1949-1963. Aspetti e problemi di conservazione e di recupero"*, Gangemi, Roma, 2002
- Capruso C., Parigi A., Ronconi R., *"Cartografia storica del territorio di Rozzano. Le immagini del mutamento dal '700 ad oggi"*, Logos editore, Modena
- Centro italiano di ricerche e d'informazione sull'economia delle imprese pubbliche e di pubblico interesse-CIRIEC (a cura di), *"Processo edilizio industrializzato e committenza pubblica"*, Vol 2., CIRIEC, Milano, 1973
- Dal Co F. (a cura di), *"Storia dell'architettura italiana. Il secondo Novecento"*, Electa, Milano, 1997
- De Caro M. (a cura di), *"I quartieri dell'altra città: un secolo di architettura milanese nei progetti IACP-ALER"*, Electa, Milano, 2000
- De Fatima Sabaini Gama M., *"L'architettura dell'edilizia residenziale pubblica"*, Gangemi Editore, Roma, 2012
- Delera A. (a cura di), *"Ri-pensare l'abitare: politiche, progetti e tecnologie verso l'housing sociale"*, Hoepli, Milano, 2009
- Erba A., *"Edilizia popolare nel mondo e in Italia"*, Masson, Milano, 1981
- Gasparelli L., *"Edilizia popolare ed economica : la casa per tutti : raccolta di dati, diagrammi, progetti e leggi ad uso dei progettisti e costruttori di case di abitazione"*, Hoepli, Milano, 1953
- Grecchi M., *"Industrializzazione e prefabbricazione edilizia. La Storia"*, Epitesto, Milano, 2001
- Grecchi M., *"Il recupero delle periferie urbane: da emergenza a risorsa strategica per la rivitalizzazione della metropoli"*, Maggioli editore, Rimini, 2008
- Grecchi M., Malighetti L., *"Ripensare il costruito, Il progetto di recupero e di rifunzionalizzazione degli edifici"*, Maggioli editore, Rimini, 2008
- Grecchi M., Turchini G., *"Nuovi modelli per l'abitare. L'evoluzione dell'edilizia residenziale di fronte alle nuove esigenze"*, Il Sole24 Ore, Milano, 2006
- Guido G. (a cura di), *"Le politiche per la casa in Lombardia : analisi e proposte"*, IReR, Istituto regionale di ricerca della Lombardia, Guerini, Milano, 2006

- Guerrieri V., *"L'edilizia residenziale pubblica in provincia di Lecco : residenza, città e territorio in due secoli di storia"*, Aler, Milano, 2000
- Koncz T., Tealdi E., Mazzocchi M., *"Prefabbricare: architettura e industria delle costruzioni"*, Hoepli, Milano, 1979
- Lugez J., *"La prefabbricazione a pannelli nell'edilizia residenziale"*, CELI, Bologna, 1978
- Malighetti L.E., *"Recupero edilizio e sostenibilità, il contributo delle tecnologie bioclimatiche alla riqualificazione funzionale degli edifici residenziali collettivi"*, Il Sole24 ORE, Milano, 2004
- Malighetti L.E., *"Recupero edilizio. Strategie per il riuso"*, Il Sole24 Ore, Milano, 2011
- Malighetti L.E., *"Recupero edilizio e sostenibilità, il contributo delle tecnologie bioclimatiche alla riqualificazione funzionale degli edifici residenziali collettivi"*, Il Sole24 Ore, Milano, 2004
- Malighetti L.E., *"Progettare la flessibilità. Tipologie tecnologie per la residenza"*, Clup, Milano, 2000
- Melis P., *"La valutazione della qualità globale degli edifici residenziali nella programmazione degli interventi di riqualificazione alla scala del patrimonio edilizio"*, tesi di dottorato in Ingegneria Edile, relatore Argiolas C., Università degli studi di Cagliari, 2009-10
- Nuti F., *"Tecnologie industrializzate e tipi edilizi per la residenza"*, CLUEB, Bologna, 1984
- Plebani F., *"Housing sociale, politiche abitative e fattore tempo : spunti dal e per il territorio lombardo"*, Guerini, Milano, 2010
- Pizzi E., De Angelis E., Grecchi M., Paolino L., *"La facciata. Diagnosi del degrado e interventi di ripristino"*, Maggioli, Rimini, 2000
- Pugliesi R. (a cura di), *"La casa popolare in Lombardia : 1903-2003"*, Unicopli, Milano, 2005
- Talanti A. M., *"Storia dell'industrializzazione edilizia in Italia dal 1945 al 1974"*, AIP
- Tosi A. (a cura di), *"Verso l'edilizia sociale : le politiche abitative in Lombardia tra nuovi bisogni e ridefinizione dell'azione pubblica"*, Guerini, Milano, 2003
- Venditti M., *"Social Housing. Logica sociale e approccio economico-aziendale"*, Franco Angeli, Milano, 2009

Riferimenti normativi

D.M. 14 Gennaio 2008, *“Norme tecniche per le costruzioni”*

Norma UNI 10339, *“Impianti aeraulici a fini di benessere”*

Norma UNI 11300, *“Certificazione energetica degli edifici”*

DM 236 14.06.89, *“Prescrizioni tecniche necessarie a garantire l'accessibilità, l'adattabilità e la visitabilità degli edifici privati e di edilizia residenziale pubblica sovvenzionata e agevolata, ai fini del superamento e dell'eliminazione delle barriere architettoniche”*

DLgs 63/13, *“Recepimento della direttiva europea 2010/31/UE e altre disposizioni”*

“Regolamento Edilizio del Comune di Rozzano”, approvato CC 06.04.09 n°12

DLgs 192/05, *“Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia”*

Legge 64/74, *“Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”*

Legge 560/93, *“Norme in materia di alienazione degli alloggi di edilizia residenziale pubblica”*