# 5. TECNOLOGICO

## 5.1 Il quadro legislativo

La riduzione dei consumi di energia e di emissioni sono gli obiettivi alla base della direttiva sulla certificazione energetica degli edifici.

La certificazione energetica degli edifici introdotta dalla Direttiva 2002/91/CE deve essere intesa soprattutto come uno strumento di trasformazione del mercato immobiliare: attraverso un sistema simile a quello adottato con successo per gli elettrodomestici, mira a sensibilizzare gli utenti sugli aspetti energetici all'atto della scelta dell'immobile. Il processo dovrebbe inoltre portare ad una migliore conoscenza dei consumi energetici nei settori residenziale e terziario, che continuano a trainare la domanda di energia nel nostro Paese, consentendo al legislatore di intervenire con maggiore efficacia.

Già la legge del 9 gennaio 1991, n. 10 contemplava aspetti di certificazione energetica edilizia, il cui recepimento attraverso apposito decreto attuativo è stato inutilmente atteso per anni.

Successivamente, il D. Lgs. del 31 marzo 1998, n. 112 , aveva trasferito le competenze amministrative sulla certificazione energetica degli edifici alle Regioni, alcune delle quali hanno adottato un proprio schema.

Il recepimento della Direttiva 2002/91/CE è avvenuto nel nostro Paese con il D. Lgs. n. 192 del 19 agosto 2005, che è stato corretto e integrato dal D. Lgs. n. 311 del 29 dicembre 2006. La Finanziaria 2008 ha "ribadito" che, come già espresso dal Dlgs 192/05, dal 2009 il permesso di costruzione deve essere subordinato alla certificazione edilizia e che, per le nuove costruzioni, il rilascio del certificato di agibilità al permesso di costruire è subordinato alla presentazione della medesima.

Si può quindi afferma che l'attenzione allo sviluppo di una cultura orientata ad una maggiore sensibilità ambientale, unita alla necessità di ridurre il consumo dei carburanti fossili a causa del continuo aumento di prezzo, ha spinto le autorità competenti a introdurre leggi sempre più severe, oltre a vantaggiosi sgravi fiscali, in modo da invogliare i costruttori all'utilizzo di queste nuove tecnologie.

Questi sgravi fiscali hanno trovato posto nelle ultime Leggi Finanziarie, dove viene concessa la detrazione del 55% dell'IRPEF alle misure che consentono di ridurre i consumi energetici per la climatizzazione invernale almeno del 20 % rispetto ai valori di legge per i nuovi edifici (fino ad un ammontare di 100.000 euro, da ripartire in tre quote annuali) o in alternativa per la realizzazione di interventi specifici su pareti e finestre che consentano di ridurre le dispersioni (entrata in vigore dal 1 gennaio 2008).

In sostanza questi interventi consentiranno di ridurre le dispersioni termiche del 30-40% rispetto all'esistente e di realizzare nuove costruzioni altamente performanti.

Per quanto riguarda il solare termico è previsto l'obbligo d'installazione, per tutti i nuovi edifici, per il riscaldamento dell'acqua calda sanitaria per una frazione almeno del 50% del fabbisogno.

Per l'anno 2011 è prevista, inoltre, l'introduzione dell'obbligo d'installazione, per le nuove costruzioni o per le ristrutturazioni, di pannelli fotovoltaici per coprire almeno 1 KWh di potenza per ogni nucleo familiare.

## 5.2 La scelta della tecnologia

Per l'edificio in esame si è deciso di optare per l'utilizzo di una tecnologia a secco s/r, cioè struttura e rivestimento.

Sebbene questa strada possa risultare scontata è stato fatto un approfondito studio a riguardo, dov'è stata analizzata la migliore tecnologia applicabile a ogni caratteristica che si è voluta dare all'edificio.

Si riportano quindi di seguito i punti fondamentali che contraddistinguono l'opera:

- La limitazione dei costi di costruzione a seguito della particolare localizzazione dell'edificio e del desiderio di riuscire a progettare una struttura accessibile alla maggior parte degli abitanti del quartiere: la tecnologia a secco permette l'ottimizzazione della scelta dei materiali, in modo da evitarne sprechi, che si tradurrebbero in onerosi dispendi di denaro;

- Il contenimento dei tempi di costruzione: trovandosi in un'area ad elevata densità abitativa ed essendo il lotto di dimensioni contenute e posto tra due strade alquanto sfruttate dagli abitanti del luogo si è compresa la necessità di sviluppare un cantiere con tempistiche limitate. La tecnologia s/r permette lo sviluppo di un cantiere rapido e ordinato, quindi anche più sicuro.

  Nel cantiere s/r, infatti si prevede:

  - Utilizzo di materiali leggeri come per esempio profili, lastre, materassini isolanti, al fine di costruire un manufatto finale stratificato;

  - Assemblaggio in opera di manufatti industriali, limitando notevolmente i tempi;

  - Utilizzo di personale specializzato, limitando i rischi di lesioni tra operatore;

  - Attesa dei tempi di maturazione dei getti circoscritti alle opere interrate o controventanti;

- Disposizione del materiale secondo veloce occupazione di superficie, per stratificazioni fissate a strutture intelaiate, mediante connessioni a secco;
- Realizzazione di montaggio in flusso continuo, con possibilità di operare su un cantiere "riparato" grazie all'immediata realizzazione della copertura, in modo da ridurre le possibilità di protrarre i tempi di cantierizzazione oltre i tempi prefissati;
- Impiego di attrezzature ausiliarie leggere, di macchinari per lavorazioni speciali e riduzione del numero di autocarri per l'approvvigionamento dei materiali.

Inoltre la realizzazione di un edificio massiccio richiede tre volte l'energia totale impiegata per un pari edificio realizzato in S/R e con un peso totale di 8/10 volte superiore, che quindi aumenterebbe notevolmente i tempi di costruzione e richiederebbe l'utilizzo di macchinari di dimensioni considerevolmente superiori rispetto a quelli presenti in un cantiere a secco.

- L'uso di chiusure verticali prefabbricate, che garantiscono gli standard qualitativi richiesti, in quanto sviluppate in fabbrica, assicurando inoltre la limitazione dei costi di messa in opera. La tecnologia stratificata a secco ben si affianca alla prefabbricazione di questi elementi, grazie anche alla facilità e velocità del loro stoccaggio e della loro messa in opera una volta giunti in cantiere;
- Il raggiungimento del miglior standard energetico tenendo in considerazione la necessità di limitare i costi di costruzione. Grazie alla tecnologia s/r si riescono a costituire pacchetti tecnologici compositi che garantiscono una stratificazione prestazionale permettendo la creazione di involucri iperisolati con ridotti spessori delle chiusure rispetto ad una tecnologia tradizionale.
- L'integrazione impiantistica, che, grazie ad un'accurata progettazione preventiva, permette la riduzione degli sfridi e dei tempi morti presenti nella tecnologia tradizionale. Nelle costruzioni umide, infatti, a seguito della necessità di creare le tracce per gli impianti nelle murature, si allungano notevolmente i tempi di cantiere, mentre nella tecnologia a secco lo studio meticoloso elimina la necessità di demolire parti di costruito per l'inserimento degli impianti.
- Il controllo dell'impatto ambientale dell'edificio, utilizzando materiali naturali come materassini in canapa o lana di roccia, o prodotti riciclabili. Anche in questo caso la tecnologia a secco si presta perfettamente alle nostre richieste, in quando, una volta caduto in disuso l'edificio, potrà essere facilmente smontato e i materiali potranno essere assegnati ad altre destinazioni d'uso.
- L'utilizzo di fonti d'energia alternative, come i collettori solari, in modo da ridurre i costi di utilizzazione per i futuri abitanti del complesso. Questo è possibile grazie all'impiego di un sistema di riscaldamento a pavimento affiancato alla tecnologia a

secco, che richiede temperature del fluido connettore più basse rispetto a quello che servirebbero per un sistema a pavimento con tecnologia umida o per un sistema a radiatori.

- Lo sviluppo di una serie di moduli per i locali presenti all'interno dell'edificio, che facilita l'utilizzo di elementi prefabbricati o industriali. Tramite la tecnologia s/r è possibile, prevedendo in anticipo le dimensioni dei materiali necessari, limitare gli sfridi degli stessi e richiedere ai produttori articoli in linea con le necessità del progetto, grazie anche ad una progettazione intelligente e accurata delle soluzioni adottabili.

Inoltre le esigenze di oggi del campo dell'edilizia sono molto diverse da quelle di pochi anni fa, e la tecnologia a secco è quella che meglio si accosta a queste richieste.

Per esempio l'edilizia moderna risente della difficoltà di reperimento della manodopera a seguito della poca disponibilità dei giovani di intraprendere un lavoro faticoso, e l'utilizzo di un sistema di costruzione a secco potrebbe invogliare le nuove generazioni a riavvicinarsi a tale disciplina.

Anche la necessità di costruire edifici flessibili, che possano sopportare continui cambiamenti di destinazioni d'uso o incrementi di nuove tecnologie al passo con il tempo, rende la tecnologia a secco la migliore scelta possibile, grazie alla facile smontabilità degli elementi di cui è costituita e alla loro possibile ricollocazione in ambiti diversi da quelli di origine.

Si è quindi scelto di optare per una tecnologia a secco per tutte le strutture di elevazione e per le stratigrafie per tutte le parti del complesso che trovano posto fuori terra, mentre di utilizzare una tecnologia massiva per le fondazioni, i muri contro terra dell'interrato e per i vani scala che fungono da controventi.

Si riportano di seguito gli scheme design per la stagione invernale e per la stagione estiva.

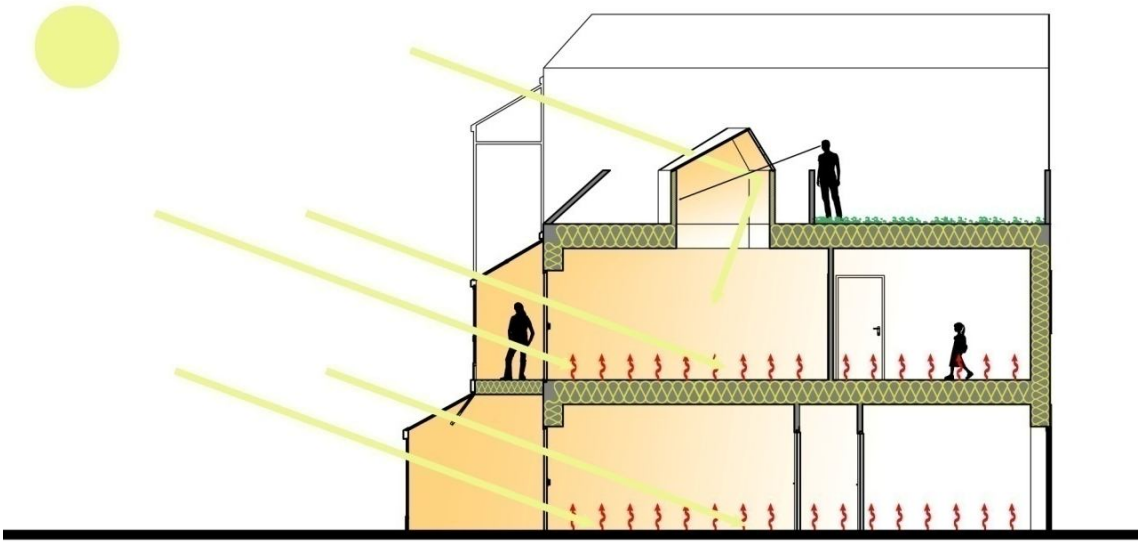


***Figura 0.1: Scheme design - Stagione invernale***

Nello scheme design per la stagione invernale si può notare che la presenza delle serre permette il surriscaldamento dei raggi solari che le attraversano, aumentando la temperatura all'interno dei locali, che viene portata a regime grazie a un sistema di riscaldamento a pavimento.

La presenza di un involucro iperisolato permette, inoltre, di mantenere il calore all'interno delle abitazioni, riuscendo a garantire un adeguato livello di comfort.

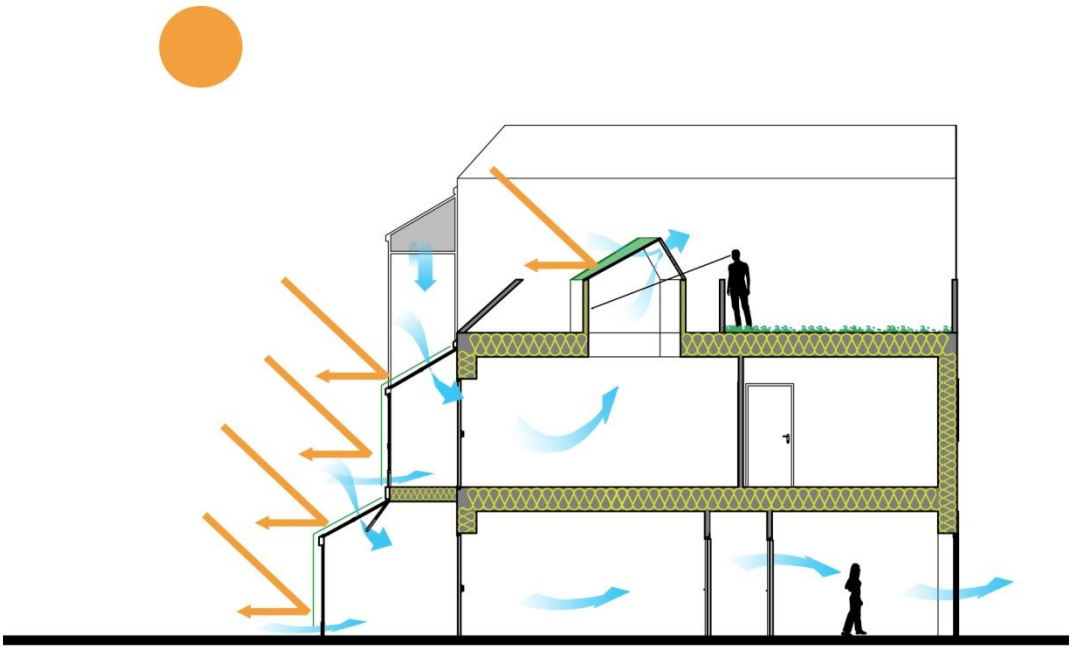


***Figura 0.2: Scheme design - Stagione estiva***

Nello scheme design per la stagione estiva si possono notare sulle serre e sui camini solari dei sistemi oscuranti a tende esterne, i quali limitano il passaggio dei raggi solari evitando così il surriscaldamento delle serre e quindi dei locali attigui. Questa schermatura non impedisce, però, il passaggio dell'aria, che in questo modo, crea un sistema di ventilazione naturale grazie al quale è possibile lavare gli ambienti.

La presenza dell'iperisolamento, permette anche nella stagione estiva di mantenere all'interno degli ambienti una temperatura costante inferiore a quella esterna, garantendo ulteriormente il comfort richiesto.

## 5.3 Le stratigrafie adottate

Le stratigrafie riportate di seguito sono state ottenute da un attento studio e da un'appropriata ricerca dei valori limite richiesti dalla normativa Italiana. Si è cercato di soddisfare questi requisiti, e, dove possibile, di creare elementi che riuscissero a garantire il soddisfacimento dei termini futuri.

Il Decreto Legislativo del 29 Dicembre 2006, n. 311, "Disposizioni correttive ed integrative al decreto legislativo 19 Agosto 2005, n. 192, recante attuazione della direttiva 2002/91/CE, relativa al rendimento energetico nell'edilizia", riporta la seguente tabella:

| Zona Climatica | Dall'1 gennaio 2006<br>U ($W/m^2K$) | Dall'1 gennaio 2008<br>U ($W/m^2K$) | Dall'1 gennaio 2009<br>U ($W/m^2K$) |
|---|---|---|---|
| A | 0,85 | 0,72 | 0,62 |
| B | 0,64 | 0,54 | 0,48 |
| C | 0,57 | 0,46 | 0,4 |
| D | 0,5 | 0,4 | 0,36 |
| E | 0,46 | 0,37 | 0,34 |
| F | 0,44 | 0,35 | 0,33 |

***Tabella 5.3.1: Valori limite di trasmittanza delle strutture verticali opache - D.Lgs.29 /12/06***

| Zona Climatica | Dall'1 gennaio 2006<br>U ($W/m^2K$) | Dall'1 gennaio 2008<br>U ($W/m^2K$) | Dall'1 gennaio 2009<br>U ($W/m^2K$) |
|---|---|---|---|
| A | 0,80 | 0,42 | 0,38 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| B | 0,60 | 0,42 | 0,38 |
| C | 0,55 | 0,42 | 0,38 |
| D | 0,46 | 0,35 | 0,32 |
| E | 0,43 | 0,32 | 0,30 |
| F | 0,41 | 0,31 | 0,29 |

***Tabella 5.3.2: Valori limite di trasmittanza delle coperture orizzontali opache - D.Lgs.29 /12/06***

| **Zona Climatica** | **Dall'1 gennaio 2006 U (W/m$^2$K)** | **Dall'1 gennaio 2008 U (W/m$^2$K)** | **Dall'1 gennaio 2009 U (W/m$^2$K)** |
|---|---|---|---|
| A | 0,80 | 0,74 | 0,65 |
| B | 0,60 | 0,55 | 0,49 |
| C | 0,55 | 0,49 | 0,42 |
| D | 0,46 | 0,41 | 0,36 |
| E | 0,43 | 0,38 | 0,33 |
| F | 0,41 | 0,36 | 0,32 |

***Tabella 5.3.3: Valori limite di trasmittanza dei pavimenti verso locali non riscaldati o verso l'esterno D.Lgs.29 /12/06***

## 5.3.1 Chiusure verticali

### 5.3.1.1 C.V.01

Chiusura verticale con rivestimento in cotto, posta sulla facciata Sud – Ovest delle residenze, dove non trovano posto le serre, e sulla facciata Nord – Est dello studentato.

La stratigrafia, escluso il rivestimento in cotto, viene assemblata in stabilimento e quindi portata prefabbricata in cantiere, in modo che debba solo essere messa in opera.

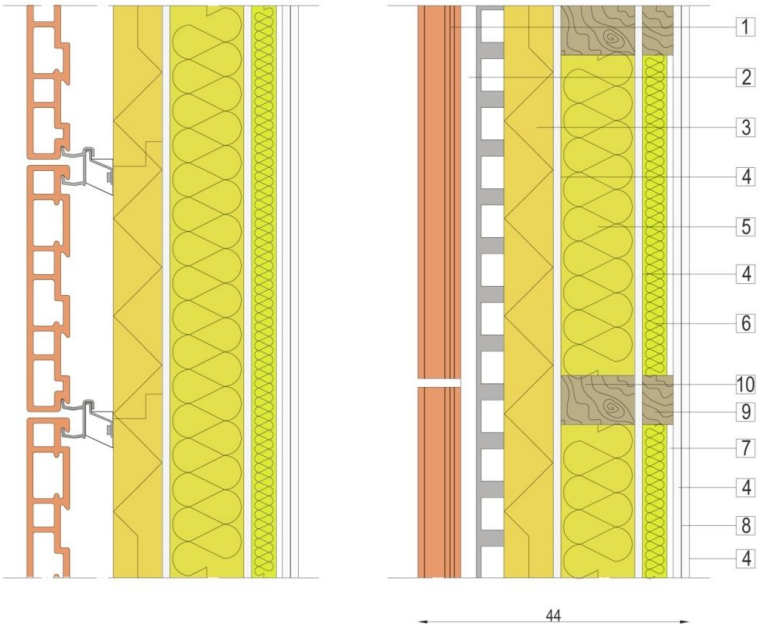



***Figura 5.3.1.1: C.V.01 - Chiusura verticale prefabbricata con rivestimento in cotto***

1. Rivestimento esterno in lastre di cotto, dim. 40 x 60,5 x 7 cm
2. Intercapedine d'aria, sp. 2,5 cm
3. Isolante termico in polistirene espanso estruso, tipo Isotec Parete, sp. 8 cm
4. Lastra in cartongesso, sp. 1,25 cm
5. Isolante termo-acustico in canapa, sp. 12 cm
6. Isolante termo-acustico in canapa, sp. 4 cm
7. Intercapedine d'aria, sp. 1 cm
8. Barriera al vapore in micro lamina in alluminio
9. Sottostruttura in montanti in legno, dim. 12 x 8 cm
10. Sottostruttura in montanti in legno, dim. 5 x 8 cm

Trasmittanza pacchetto: 0,1223 W/m$^2$K

Diagramma di glaser del mese più critico:

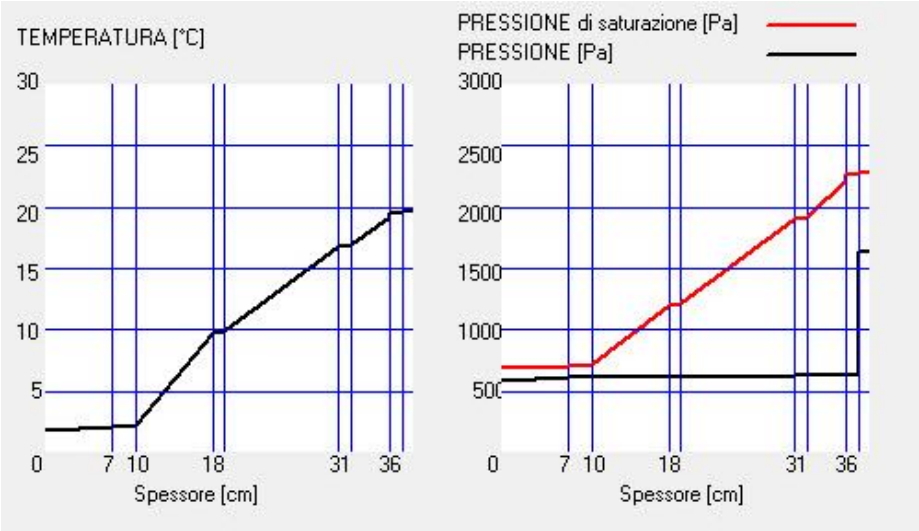



***Figura 5.3.1.2: Diagramma di glaser per il pacchetto C.V.01 - Mese di Gennaio***

Condensa non presente

Oltre al valore di trasmittanza, per garantire un adeguato livello di comfort all'interno delle abitazioni, è necessario verificare il livello d'isolamento acustico dei pacchetti presi in esame. Per la destinazione d'uso scelta, cioè per edifici adibiti a residenza, il valore limite di R'w è pari a 50 dB.

Isolamento acustico pacchetto: 77,97 dB

### *5.3.1.2 C.V.02*

Chiusura verticale dei box interrati.

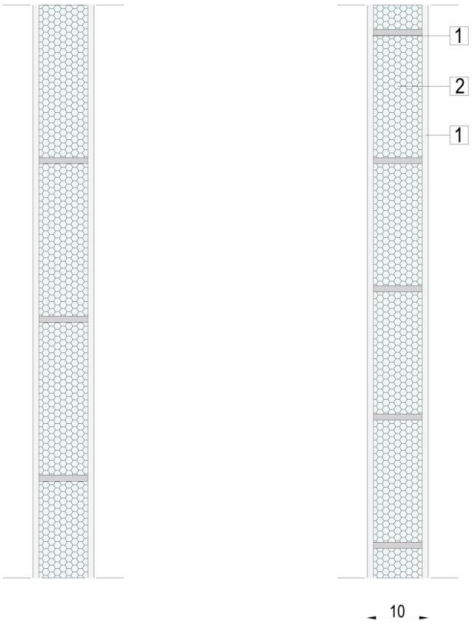



***Figura 5.3.1.3: C.V.02 – Chiusura tra box***

1. Intonaco al rustico, sp. 1 cm
2. Blocchi REI in calcestruzzo aerato autoclavato, dim. 25 x 20 x 8 cm

Per la stratigrafia in oggetto non sono state fatte né verifiche sul valore di trasmittanza, né sull'isolamento acustico, né tantomeno sulla possibilità di condensa, in quanto dividono ambienti che presentano le stesse condizioni.

### 5.3.1.3 C.V.03

Chiusura verticale con cappotto esterno e tinteggiatura, posta sulla facciata Nord – Est delle residenze, dietro le serre, e sulla facciata Sud – Ovest dello studentato.

La stratigrafia viene assemblata in stabilimento e quindi portata prefabbricata in cantiere, in modo che debba solo essere messa in opera.

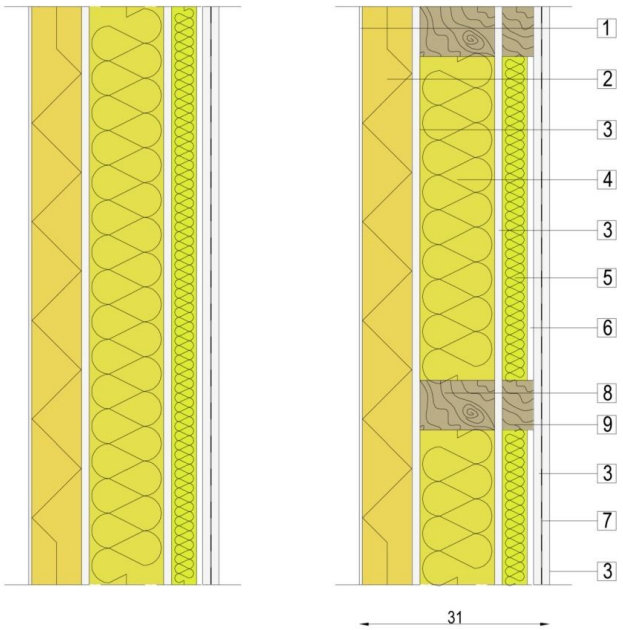



***Figura 5.3.1.4: C.V.03 - Chiusura verticale prefabbricata tinteggiata***

1. Finitura esterna: rasatura e tinteggiatura
2. Cappotto esterno in polistirene espanso estruso, sp. 8 cm
3. Lastra in cartongesso, sp. 1,25 cm
4. Isolante termo-acustico in canapa, sp. 12 cm
5. Isolante termo-acustico in canapa, sp. 4 cm
6. Intercapedine d'aria, sp. 1 cm
7. Barriera al vapore in micro lamina in alluminio
8. Sottostruttura in montanti in legno, dim. 12 x 8 cm

9. Sottostruttura in montanti in legno, dim. 5 x 8 cm

Trasmittanza pacchetto: 0,1448 W/m$^2$K

Diagramma di glaser del mese più critico:

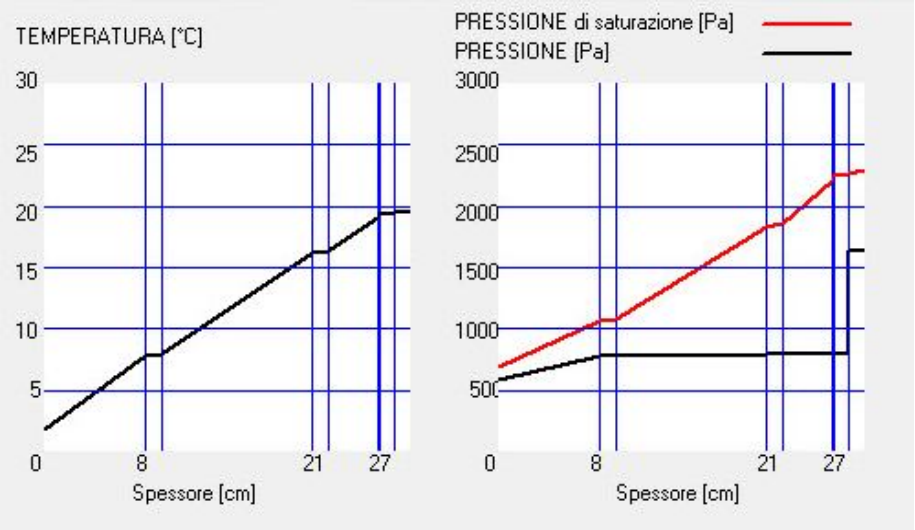



***Figura 5.3.1.5: Diagramma di glaser per il pacchetto C.V.03 - Mese di Gennaio***

Condensa non presente

Isolamento acustico pacchetto: 73,07 dB

### 5.3.1.4 C.V.04

Chiusura verticale con rivestimento in legno, posta sulla facciata dell'asilo.

La stratigrafia viene assemblata in stabilimento e quindi portata prefabbricata in cantiere, in modo che debba solo essere messa in opera.

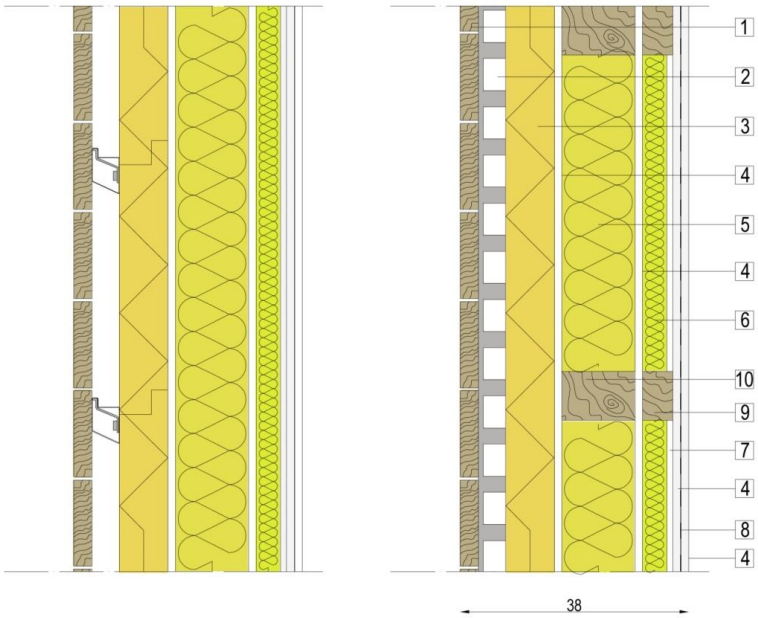



***Figura 5.3.1.6: C.V.04 – Chiusura verticale prefabbricata con rivestimento in legno***

1. Rivestimento esterno in doghe di legno, dim. 3 x 30 cm, inclinate di 45°
2. Intercapedine d'aria, sp. 4,5 cm
3. Isolante termico in polistirene espanso estruso, tipo Isotec Parete, sp. 8 cm
4. Lastra in cartongesso, sp. 1,25 cm
5. Isolante termo-acustico in canapa, sp. 12 cm
6. Isolante termo-acustico in canapa, sp. 4 cm
7. Intercapedine d'aria, sp. 1 cm
8. Barriera al vapore in micro lamina in alluminio
9. Sottostruttura in montanti in legno, dim. 12 x 8 cm
10. Sottostruttura in montanti in legno, dim. 5 x 8 cm

Trasmittanza pacchetto: 0,1178 W/m$^2$K

Diagramma di glaser del mese più critico:

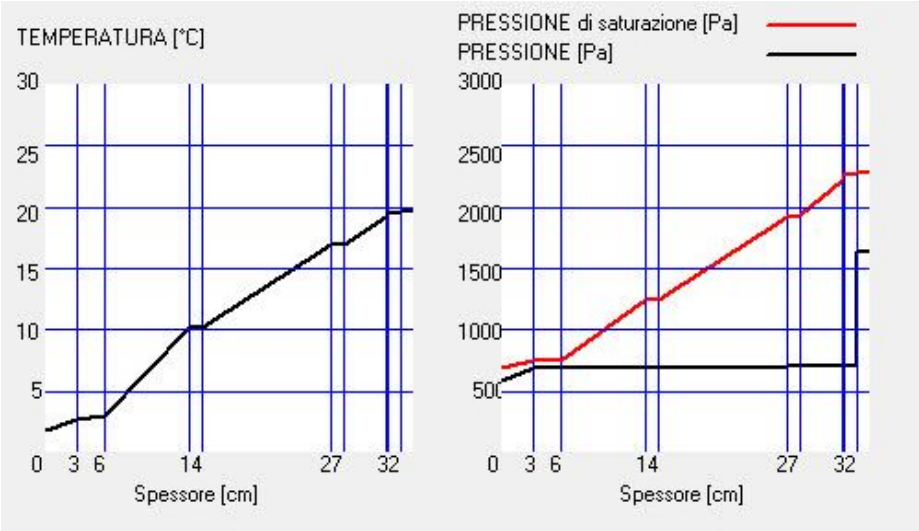



***Figura 5.3.1.7: Diagramma di glaser per il pacchetto C.V.04 - Mese di Gennaio***

Condensa non presente

Isolamento acustico pacchetto: 74,95 dB

### *5.3.1.5 C.V.05*

Chiusura verticale con elevata inerzia termica.

La necessità di limitare i costi non ha permesso l'utilizzo dei P.C.M (Phase Change Materials), si è quindi dovuto optare per la creazione di una stratigrafia massiva, che garantisse un adeguato livello d'inerzia termica, in modo d'accumulare il calore raccolto dalle serre e restituirlo ai locali durante le ore fredde.

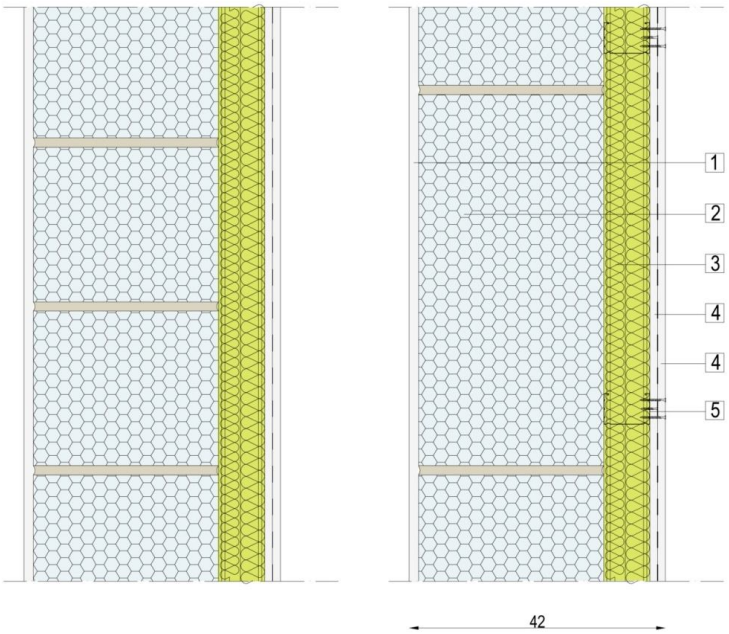



***Figura 5.3.1.8: C.V.05– Chiusura verticale ad elevata inerzia termica***

1. Intonaco al civile, sp. 1,5 cm
2. Muratura in blocchi alveolari tipo Gasbeton, dim. 62,5 x 25 x 30 cm
3. Isolante termo-acustico lana di roccia, sp. 3 + 4 cm
4. Lastra di cartongesso, sp. 1,25 cm
5. Sottostruttura con profili d'acciaio a "C", dim. 7,5 x 5 cm
6. Barriera al vapore in micro lamina in alluminio

Trasmittanza pacchetto: 0,1765 W/m$^2$K

Diagramma di glaser del mese più critico:

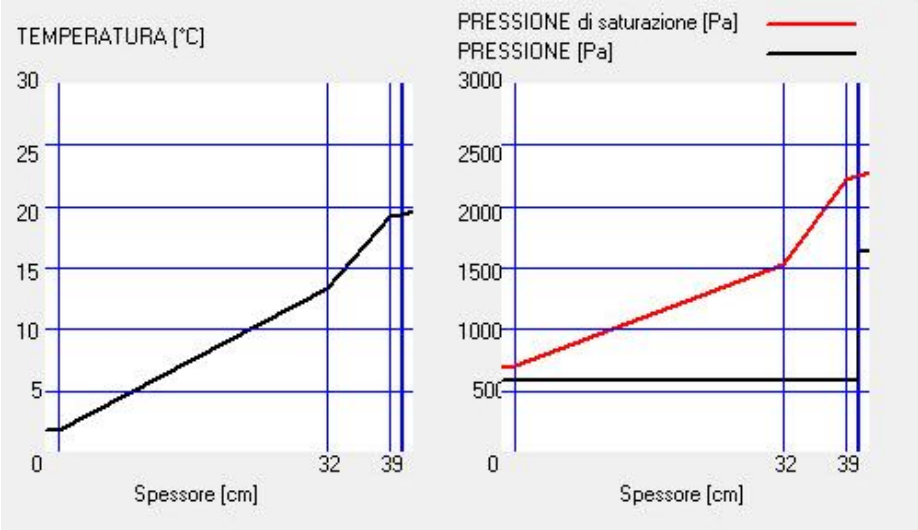



***Figura 5.3.1.9: Diagramma di glaser per il pacchetto C.V.05 - Mese di Gennaio***

Condensa non presente

Siccome la parete dovrà captare il calore e rilasciarlo nell'arco della notte ai locali adiacenti le serre si è reso necessario il calcolo del coefficiente di sfasamento.

Il coefficiente di sfasamento rappresenta il ritardo temporale dell'onda termica nel passaggio dall'esterno all'interno dell'ambiente attraverso la struttura in esame,

Per il calcolo del coefficiente di sfasamento è necessario tenere in considerazione:

- le caratteristiche del luogo in cui è inserito l'edificio: Milano, Zona E, Latitudine 45°27';
- l'esposizione della parete in esame: Sud – Ovest;
- il colore della superficie in questione: bianco, quindi colore chiaro.

Si riporta quindi di seguito la tabella con i risultati dell'irradiazione incidente sulla parete e delle temperature superficiali esterne ed interne della stessa e il diagramma che definisce l'indice di sfasamento:

| Ora | Temp.aria est.[°C] | Irr.incidente | Temp.superf est.[°C] | Temp.superf int.[°C] |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 22,06 | 0 | 22,06 | 28,91 |
| 1 | 21,46 | 0 | 21,46 | 29,02 |
| 2 | 20,86 | 0 | 20,86 | 29,16 |
| 3 | 20,38 | 0 | 20,38 | 29,32 |
| 4 | 20,02 | 0 | 20,02 | 29,63 |
| 5 | 19,90 | 11 | 20,14 | 30,04 |
| 6 | 20,14 | 50 | 21,25 | 30,36 |
| 7 | 20,74 | 79 | 22,50 | 30,56 |
| 8 | 21,82 | 102 | 24,09 | 30,63 |
| 9 | 23,38 | 120 | 26,05 | 30,53 |
| 10 | 25,18 | 140 | 28,29 | 30,28 |
| 11 | 27,22 | 250 | 32,78 | 29,88 |
| 12 | 29,14 | 427 | 38,63 | 29,37 |
| 13 | 30,58 | 567 | 43,18 | 29,17 |
| 14 | 31,54 | 655 | 46,10 | 29,08 |
| 15 | 31,90 | 679 | 46,99 | 29,00 |
| 16 | 31,54 | 631 | 45,56 | 28,93 |
| 17 | 30,70 | 509 | 42,01 | 28,88 |
| 18 | 29,38 | 312 | 36,31 | 28,84 |
| 19 | 27,82 | 56 | 29,06 | 28,80 |
| 20 | 26,26 | 0 | 26,26 | 28,76 |
| 21 | 24,94 | 0 | 24,94 | 28,74 |
| 22 | 23,74 | 0 | 23,74 | 28,75 |
| 23 | 22,78 | 0 | 22,78 | 28,82 |

***Tabella 5.3.4: Valori per il calcolo dello sfasamento – C.V.05***

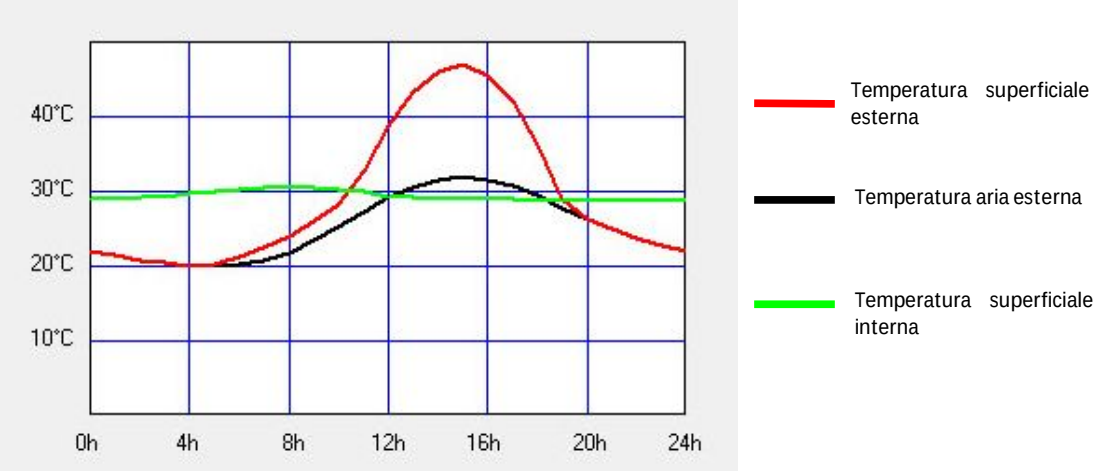



***Figura 5.3.1.10: grafico dello sfasamento dell'onda termica - C.V. 05***

Si può quindi definire il coefficiente di sfasamento pari a :

$\phi$ = 16h 44'

Isolamento acustico pacchetto: 51,32 dB

### 5.3.1.6 C.V.06

Chiusura verticale con rivestimento in cotto e struttura in cemento armato.

La stratigrafia presenta una quantità d'isolamento termico ridotta rispetto a quelle viste precedentemente, in quanto costituisce la chiusura del vano scale, le quali è stato previsto che non fossero riscaldate.

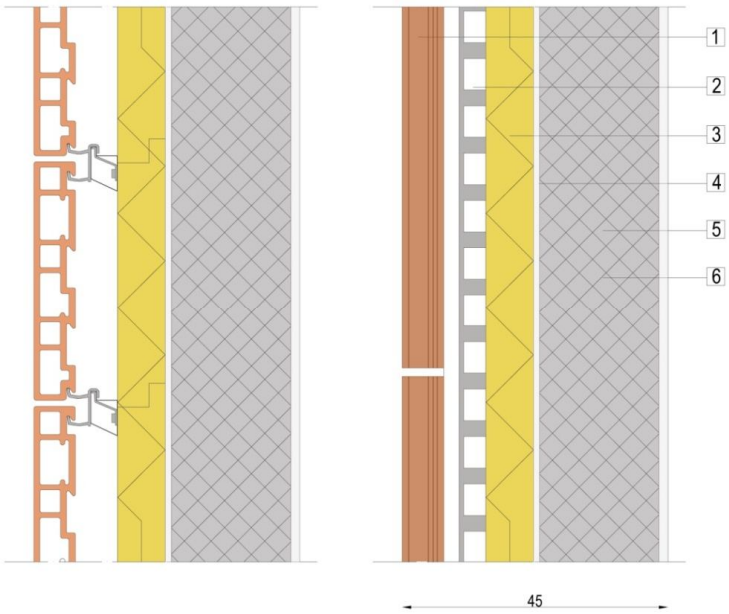



***Figura 5.3.1.11: C.V.06 - Chiusura verticale con rivestimento in cotto e struttura in c.a.***

1. Rivestimento esterno in lastre di cotto, dim. 40 x 60,5 x 7 cm
2. Intercapedine d'aria, sp. 2,5 cm
3. Isolante termico in polistirene espanso estruso, tipo Isotec Parete, sp. 8 cm
4. Intonaco al rustico, sp. 1 cm
5. Getto in cls , sp. 20 cm
6. Intonaco al civile, sp. 1,5 cm

Trasmittanza pacchetto: 0,2511 W/m$^2$K

Diagramma di glaser del mese più critico:

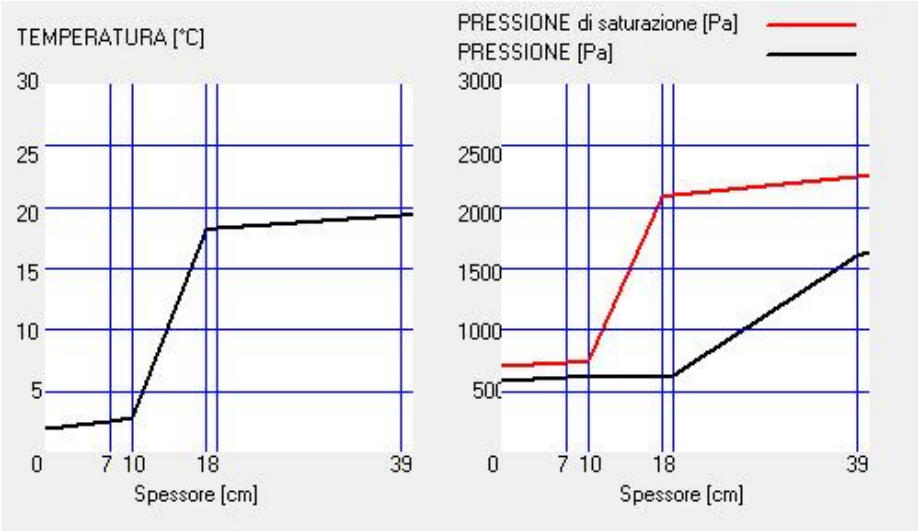



*Figura 5.3.1.12: Diagramma di glaser per il pacchetto C.V.06 - Mese di Gennaio*

Condensa non presente

Isolamento acustico pacchetto: 54,1 dB

### 5.3.1.7 C.V.07

Chiusura verticale con cappotto esterno, tinteggiatura e struttura in cemento armato.

La stratigrafia presenta una quantità d'isolamento termico ridotta rispetto a quelle viste precedentemente, in quanto costituisce la chiusura del vano scale, le quali è stato previsto che non fossero riscaldate.

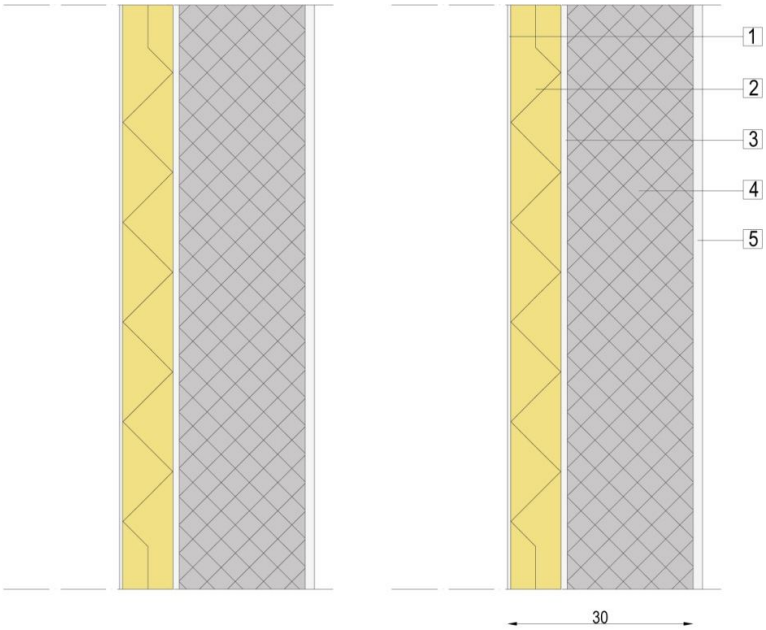



*Figura 5.3.1.13: C.V. 07 - Chiusura verticale con cappotto esterno, tinteggiatura e struttura in c.a.*

1. Finitura esterna: rasatura e tinteggiatura

2. Cappotto esterno in polistirene espanso estruso, sp. 8 cm
3. Intonaco al rustico, sp. 1 cm
4. Getto in cls, sp. 20 cm
5. Intonaco al civile, sp. 1,5 cm

Trasmittanza pacchetto: 0,3674 W/m$^2$K

Diagramma di glaser del mese più critico:

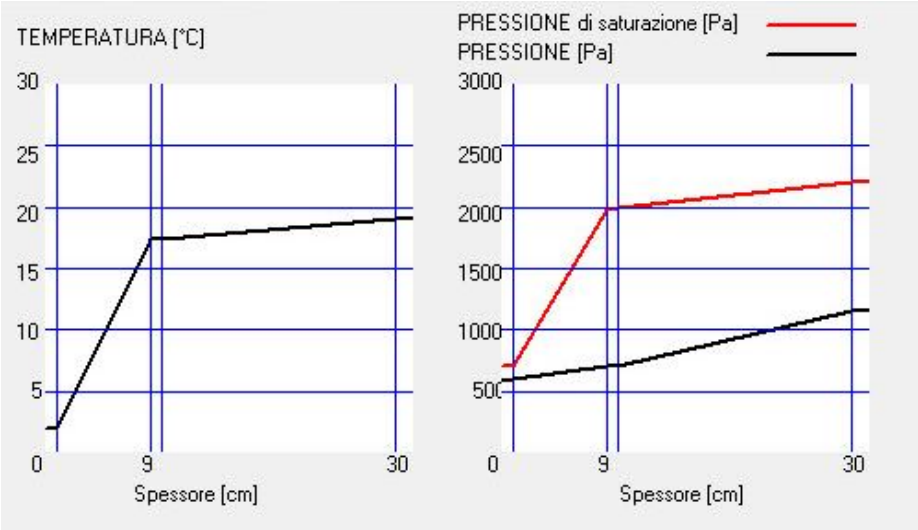



***Figura 5.3.1.14: Diagramma di glaser per il pacchetto C.V.07 - Mese di Gennaio***

Condensa non presente

Isolamento acustico pacchetto: 52,44 dB

### *5.3.1.8 C.V.08*

Chiusura verticale iperisolata con cappotto esterno, tinteggiatura e struttura in cemento armato.

La stratigrafia presenta una controparete interna per garantire l'adeguato livello d'isolamento richiesto anche in condizioni di parete con struttura in cemento armato. La struttura in c.a. di questa stratigrafia costituisce l'appoggio del "ponte" d'appartamenti.

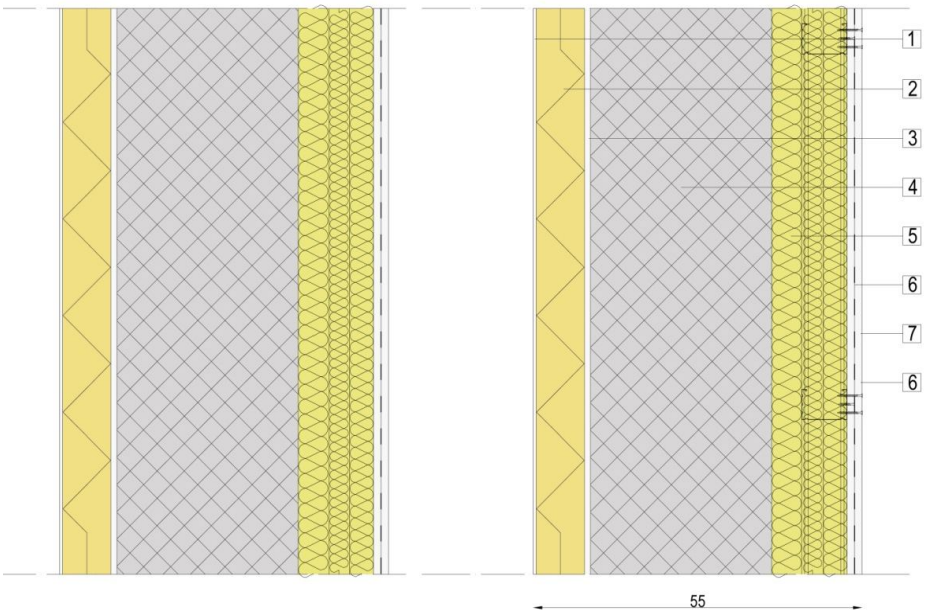



***Figura 5.3.1.15: C.V. 08 - Chiusura verticale iperisolata con cappotto esterno, tinteggiatura e struttura in c.a.***

1. Finitura esterna: rasatura e tinteggiatura
2. Cappotto esterno in polistirene espanso estruso, sp. 8 cm
3. Intonaco al rustico, sp. 1 cm
4. Getto in cls, sp. 40 cm
5. Isolante termo-acustico in lana di roccia, sp 5 + 3 + 4 cm
6. Lastra di cartongesso, sp. 1,25 cm
7. Barriera al vapore in micro lamina in alluminio

Trasmittanza pacchetto: 0,1761 W/m$^2$K

Diagramma di glaser del mese più critico:

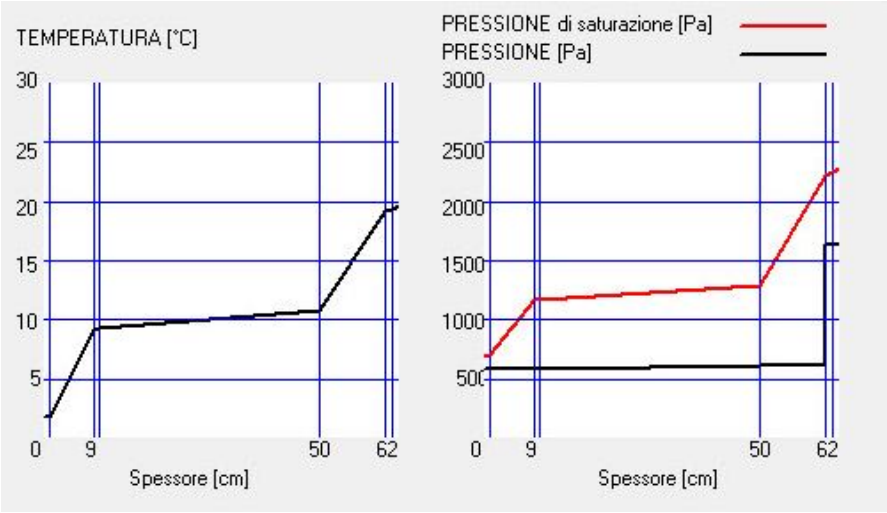



***Figura 5.3.1.16: Diagramma di glaser per il pacchetto C.V.08 - Mese di Gennaio***

Condensa non presente

Isolamento acustico pacchetto: 71,87 dB

### 5.3.1.9 C.V.09

Chiusura verticale con cappotto esterno e tinteggiatura, posta a chiusura delle scale.

La stratigrafia viene assemblata in stabilimento e quindi portata prefabbricata in cantiere, in modo che debba solo essere messa in opera, inoltre presenta una quantità d'isolamento termico ridotta rispetto a quelle viste precedentemente, in quanto è stato previsto che il vano scale non fosse riscaldato.

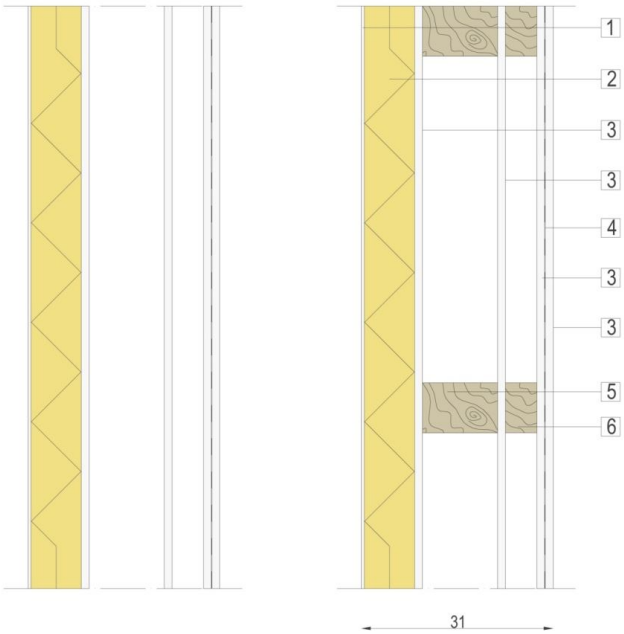



***Figura 5.3.1.17: C.V.09 - Chiusura verticale prefabbricata tinteggiata***

1. Finitura esterna: rasatura e tinteggiatura
2. Cappotto esterno in polistirene espanso estruso, sp. 8 cm
3. Lastra di cartongesso, sp. 1,25 cm
4. Barriera al vapore in micro lamina in alluminio
5. Sottostruttura in montanti in legno, dim. 12 x 8 cm
6. Sottostruttura in montanti in legno, dim. 5 x 8 cm

Trasmittanza pacchetto: 0,2982 W/m$^2$K

Diagramma di glaser del mese più critico:

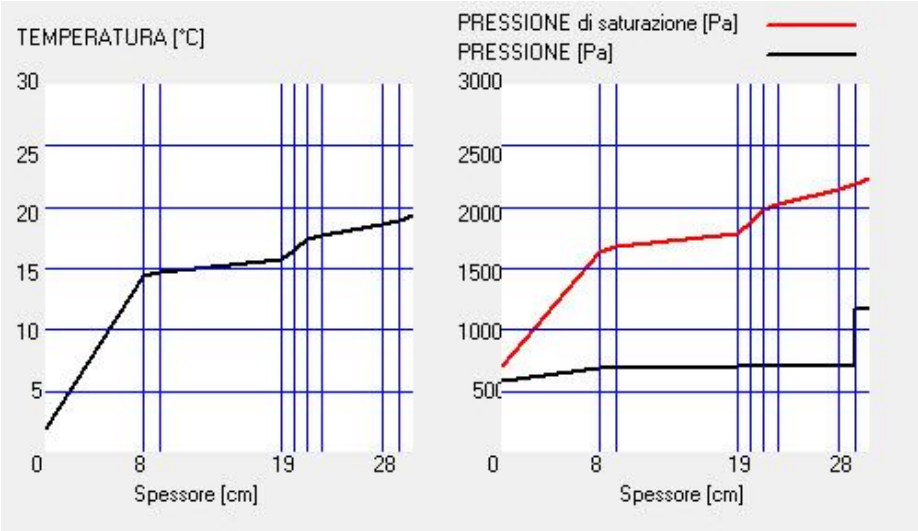



***Figura 5.3.1.18: Diagramma di glaser per il pacchetto C.V.09 - Mese di Gennaio***

Condensa non presente

### *5.3.1.10 C.V.10*

Chiusura verticale con cappotto esterno e tinteggiatura, posta sulla facciata Nord – Est delle residenze, dietro le serre, e sulla facciata Sud – Ovest dello studentato, dove all'interno delle abitazioni trovano posto i locali umidi.

La stratigrafia viene assemblata in stabilimento e quindi portata prefabbricata in cantiere, in modo che debba solo essere messa in opera e rifinita.

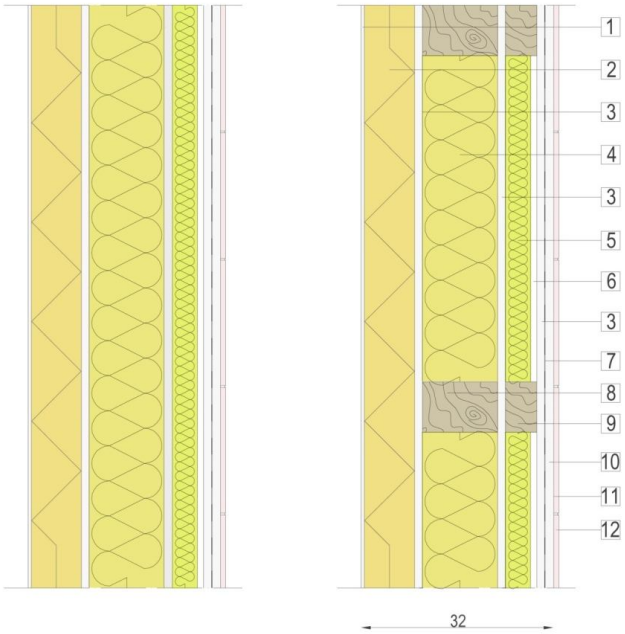



***Figura 5.3.1.19: C.V.10- Chiusura verticale prefabbricata tinteggiata con finitura interna in piastrelle***

1. Finitura esterna: rasatura e tinteggiatura

2. Cappotto esterno in polistirene espanso estruso, sp. 8 cm
3. Lastra in cartongesso, sp. 1,25 cm
4. Isolante termo-acustico in canapa, sp. 12 cm
5. Isolante termo-acustico in canapa, sp. 4 cm
6. Intercapedine d'aria, sp. 1 cm
7. Barriera al vapore in micro lamina in alluminio
8. Sottostruttura in montanti in legno, dim. 12 x 8 cm
9. Sottostruttura in montanti in legno, dim. 5 x 8 cm
10. Lastra tipo idrolastra, sp. 1,25 cm
11. Colla, sp. 1 mm
12. Piastrelle in maiolica smaltata, dim. 20 x 20 x 0,8 cm

Trasmittanza pacchetto: 0,1434 W/m$^2$K

Diagramma di glaser del mese più critico:

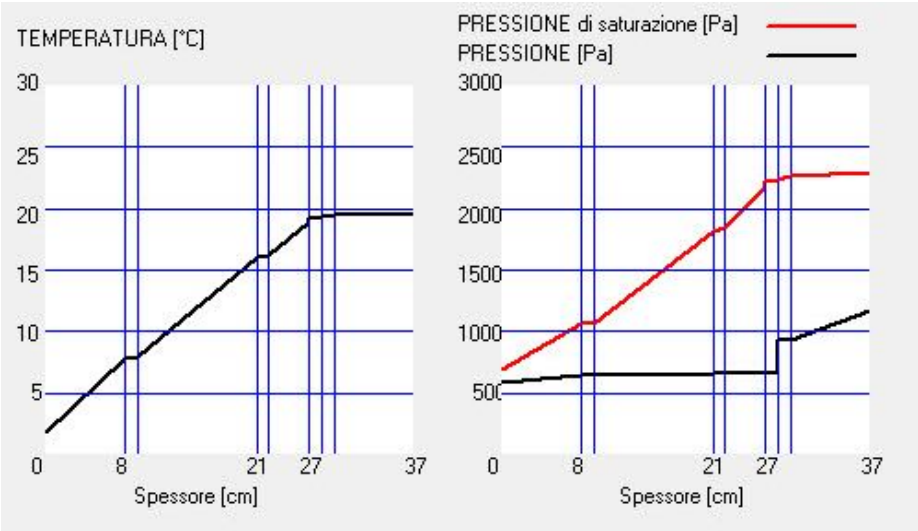



***Figura 5.3.1.20: Diagramma di glaser per il pacchetto C.V.10 - Mese di Gennaio***

Condensa non presente

Isolamento acustico pacchetto: 73,07 dB

### 5.3.1.11 C.V.11

Chiusura verticale controterra.

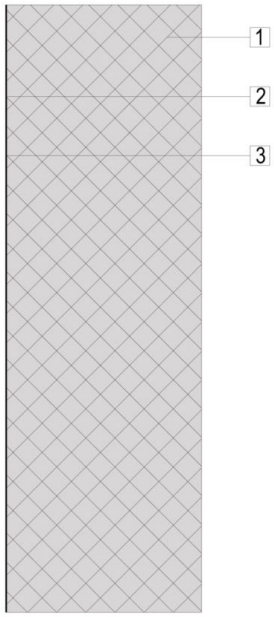



***Figura 5.3.1.21: C.V.11 – Chiusura controterra***

1. Getto in cls, sp. 30 cm
2. Strato di tenuta all'acqua, sp. 1 mm
3. Strato antischiacciamento in T.N.T, sp. 1 mm

Per la stratigrafia in oggetto non sono state fatte né verifiche sul valore di trasmittanza, né sull'isolamento acustico, né tantomeno sulla possibilità di condensa, in quanto dividono ambienti non riscaldati dal terreno.

### 5.3.1.12 C.V.12

Chiusura verticale iperisolata con cappotto esterno, tinteggiatura, struttura in cemento armato e finitura interna in piastrelle.

La stratigrafia presenta una controparete interna per garantire l'adeguato livello d'isolamento richiesto anche in condizioni di parete con struttura in cemento armato. La struttura in c.a. di questa stratigrafia costituisce l'appoggio del "ponte" d'appartamenti.

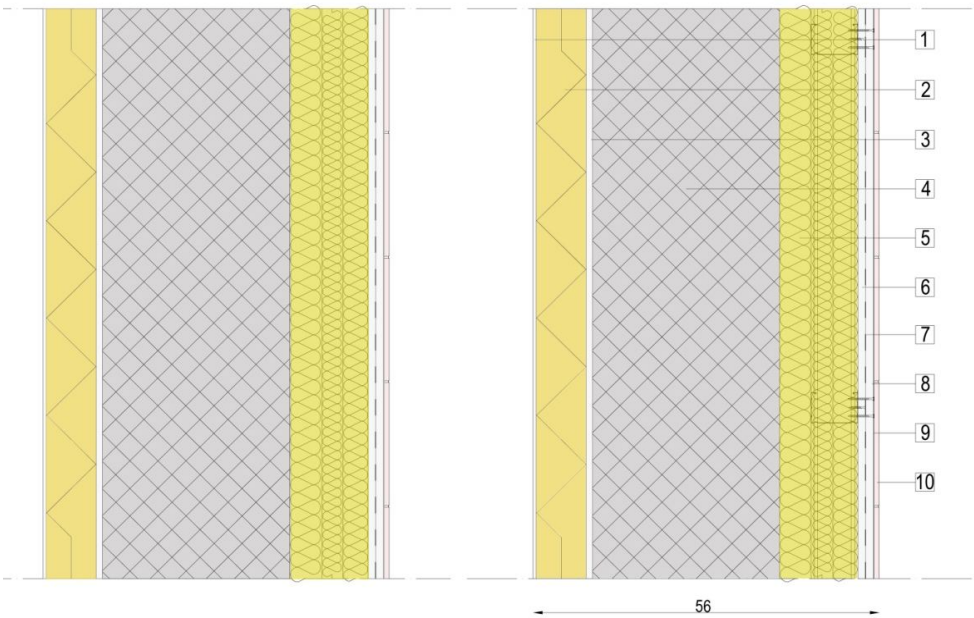



***Figura 5.3.1.22: C.V. 12 - Chiusura verticale iperisolata con cappotto esterno, tinteggiatura, struttura in c.a. e finitura interna in piastrelle***

1. Finitura esterna: rasatura e tinteggiatura
2. Cappotto esterno in polistirene espanso estruso, sp. 8 cm
3. Intonaco al rustico, sp. 1 cm
4. Getto in cls, sp. 40 cm
5. Isolante termo-acustico in lana di roccia, sp 5 + 3 + 4 cm
6. Lastra di cartongesso, sp. 1,25 cm
7. Barriera al vapore in micro lamina in alluminio
8. Lastra tipo idrolastra, sp. 1,25
9. Colla, sp. 1 mm
10. Piastrelle in maiolica smaltata, dim. 20 x 20 x 0,8 cm

Trasmittanza pacchetto: 0,1740 W/m$^2$K

Diagramma di glaser del mese più critico:

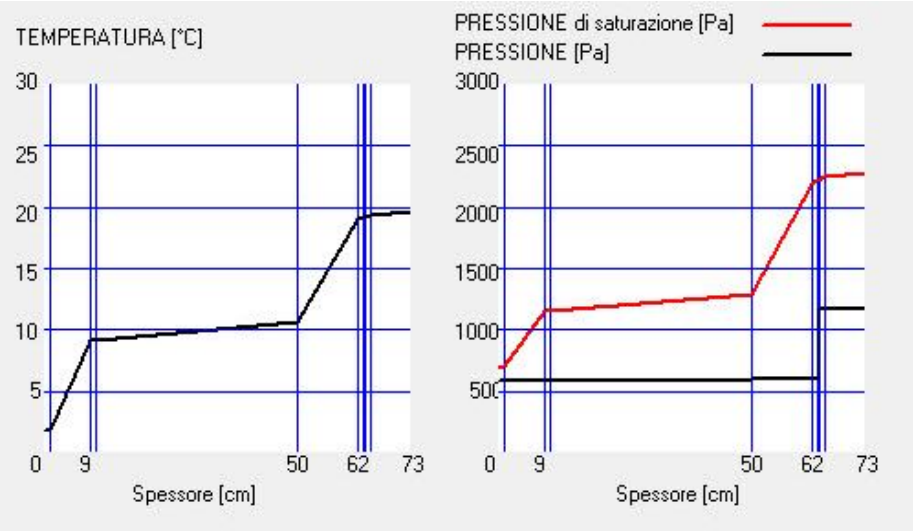



***Figura 5.3.1.23: Diagramma di glaser per il pacchetto C.V.12 - Mese di Gennaio***

Condensa non presente

Isolamento acustico pacchetto: 71,87 dB

### *5.3.1.13 C.V.13*

Chiusura verticale con rivestimento in cotto, posta sulla facciata Sud – Ovest delle residenze, dove non trovano posto le serre, e sulla facciata Nord – Est dello studentato, dove all'interno delle abitazioni trovano posto i locali umidi.

La stratigrafia, escluso il rivestimento in cotto, viene assemblata in stabilimento e quindi portata prefabbricata in cantiere, in modo che debba solo essere messa in opera e rifinita.

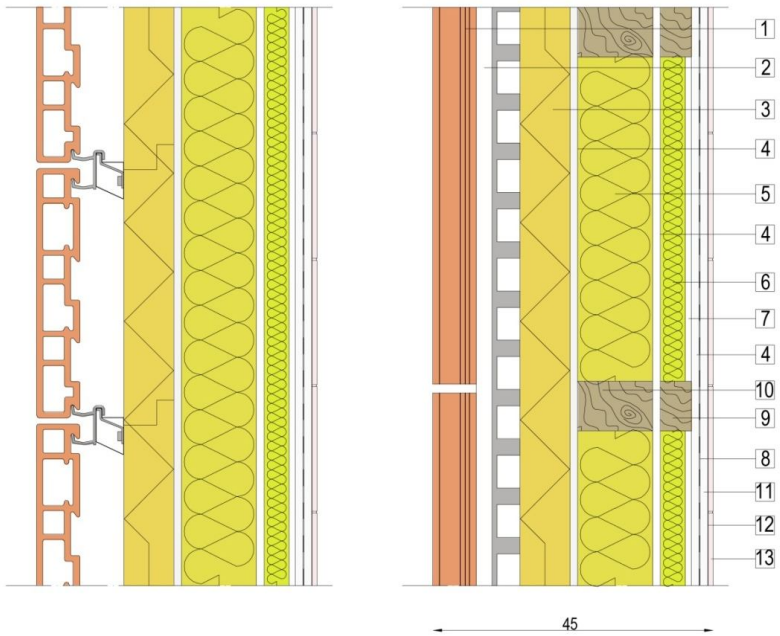



***Figura 5.3.1.24: C.V.13 - Chiusura verticale prefabbricata con rivestimento in cotto***

1. Rivestimento esterno in lastre di cotto, dim. 40 x 60,5 x 7 cm
2. Intercapedine d'aria, sp. 2,5 cm
3. Isolante termico in polistirene espanso estruso, tipo Isotec Parete, sp. 8 cm
4. Lastra in cartongesso, sp. 1,25 cm
5. Isolante termo-acustico in canapa, sp. 12 cm
6. Isolante termo-acustico in canapa, sp. 4 cm
7. Intercapedine d'aria, sp. 1 cm
8. Barriera al vapore in micro lamina in alluminio
9. Sottostruttura in montanti in legno, dim. 12 x 8 cm
10. Sottostruttura in montanti in legno, dim. 5 x 8 cm
11. Lastra tipo idrolastra, sp. 1,25 cm
12. Colla, sp. 1 mm
13. Piastrelle in maiolica smaltata, dim. So x 20 x 0,8 cm

Trasmittanza pacchetto: 0,1213 W/m$^2$K

Diagramma di glaser del mese più critico:

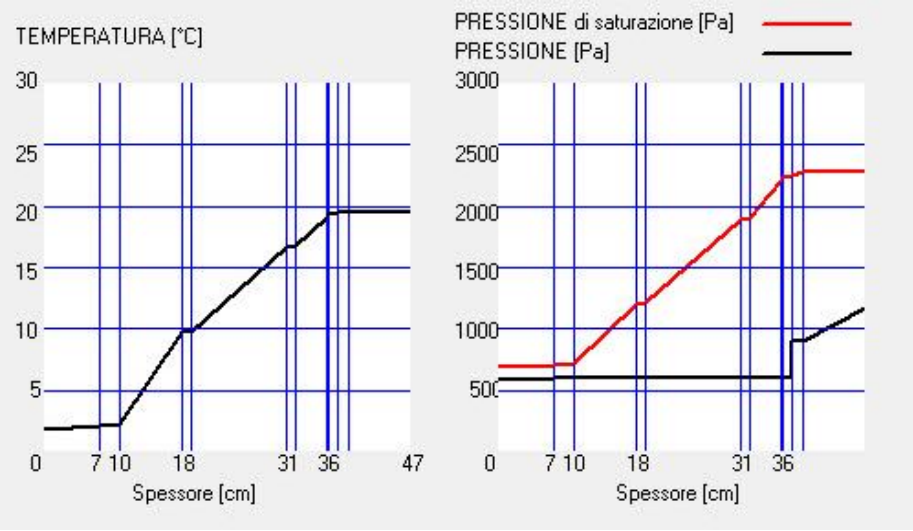



***Figura 5.3.1.25: Diagramma di glaser per il pacchetto C.V.13 - Mese di Gennaio***

Condensa non presente

Isolamento acustico pacchetto: 77,97 dB

### 5.3.1.14 C.V.14

Chiusura verticale con elevata inerzia termica e finitura interna in piastrelle.

La necessità di limitare i costi non ha permesso l'utilizzo dei P.C.M (Phase Change Materials), si è quindi dovuto optare per la creazione di una stratigrafia massiva, che garantisse un adeguato livello d'inerzia termica, in modo d'accumulare il calore raccolto dalle serre e restituirlo ai locali durante le ore fredde.

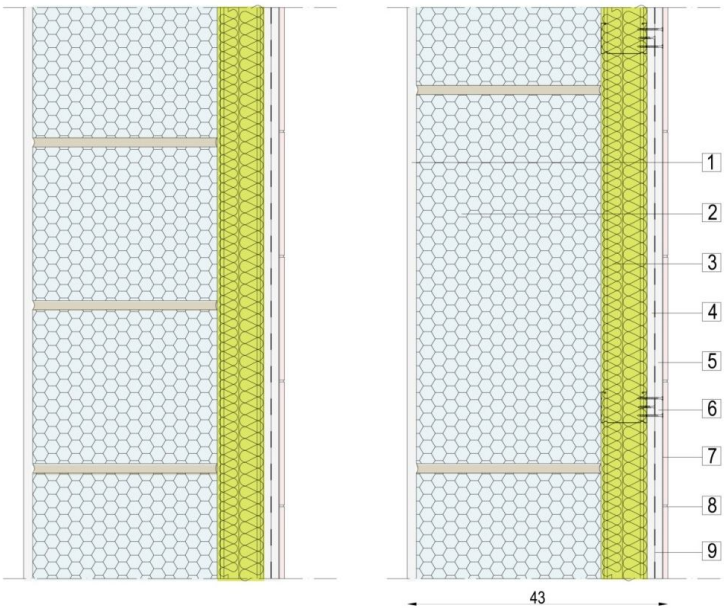



***Figura 5.3.1.26: C.V.14– Chiusura verticale ad elevata inerzia termica e finitura interna in piastrelle***

1. Intonaco al civile, sp. 1,5 cm
2. Muratura in blocchi alveolari tipo Gasbeton, dim. 62,5 x 25 x 30 cm
3. Isolante termo-acustico lana di roccia, sp. 3 + 4 cm
4. Lastra di cartongesso, sp. 1,25 cm
5. Lastra tipo idrolastra, sp. 1,25
6. Sottostruttura con profili d'acciaio a "C", dim. 7,5 x 5 cm
7. Colla, sp. 1 mm
8. Piastrelle in maiolica smaltata, dim. 20 x 20 x 0,8 cm
9. Barriera al vapore in micro lamina in alluminio

Trasmittanza pacchetto: 0,1740 W/m$^2$K

Diagramma di glaser del mese più critico:

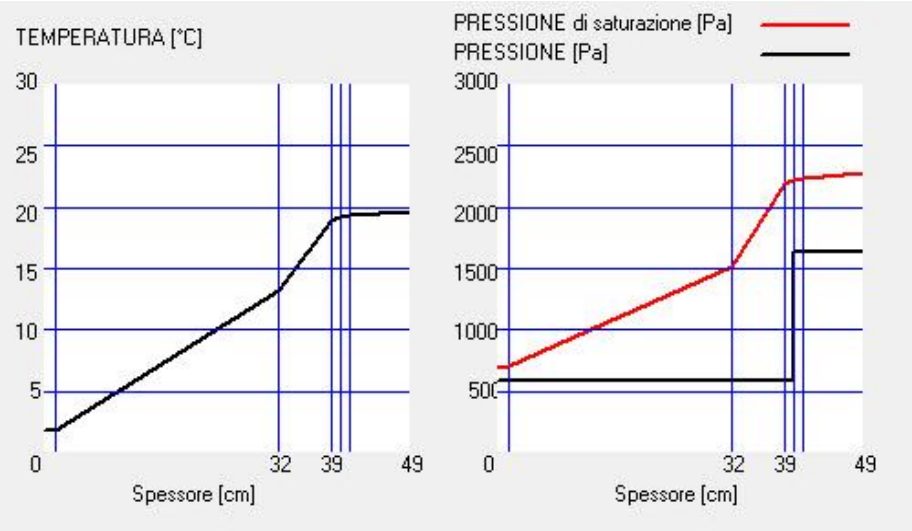



***Figura 5.3.1.27: Diagramma di glaser per il pacchetto C.V.14 - Mese di Gennaio***

Condensa non presente

Siccome la parete dovrà captare il calore e rilasciarlo nell'arco della notte ai locali adiacenti le serre si è reso necessario il calcolo del coefficiente di sfasamento., come quello visto per la chiusura C.V.05.

Si riporta quindi di seguito la tabella con i risultati dell'irradiazione incidente sulla parete e delle temperature superficiali esterne ed interne della stessa e il diagramma che definisce l'indice di sfasamento:

| Ora | Temp.aria est.[°C] | Irr.incidente | Temp.superf est.[°C] | Temp.superf int.[°C] |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 22,06 | 0 | 22,06 | 28,95 |
| 1 | 21,46 | 0 | 21,46 | 29,05 |
| 2 | 20,86 | 0 | 20,86 | 29,18 |
| 3 | 20,38 | 0 | 20,38 | 29,32 |
| 4 | 20,02 | 0 | 20,02 | 29,61 |
| 5 | 19,90 | 11 | 20,14 | 29,99 |
| 6 | 20,14 | 50 | 21,25 | 30,28 |
| 7 | 20,74 | 79 | 22,50 | 30,47 |
| 8 | 21,82 | 102 | 24,09 | 30,52 |
| 9 | 23,38 | 120 | 26,05 | 30,43 |
| 10 | 25,18 | 140 | 28,29 | 30,20 |
| 11 | 27,22 | 250 | 32,78 | 29,84 |
| 12 | 29,14 | 427 | 38,63 | 29,37 |
| 13 | 30,58 | 567 | 43,18 | 29,19 |
| 14 | 31,54 | 655 | 46,10 | 29,11 |
| 15 | 31,90 | 679 | 46,99 | 29,03 |
| 16 | 31,54 | 631 | 45,56 | 28,97 |
| 17 | 30,70 | 509 | 42,01 | 28,92 |
| 18 | 29,38 | 312 | 36,31 | 28,88 |
| 19 | 27,82 | 56 | 29,06 | 28,85 |
| 20 | 26,26 | 0 | 26,26 | 28,81 |
| 21 | 24,94 | 0 | 24,94 | 28,79 |
| 22 | 23,74 | 0 | 23,74 | 28,80 |
| 23 | 22,78 | 0 | 22,78 | 28,87 |

***Tabella 5.3.5: Valori per il calcolo dello sfasamento – C.V.14***

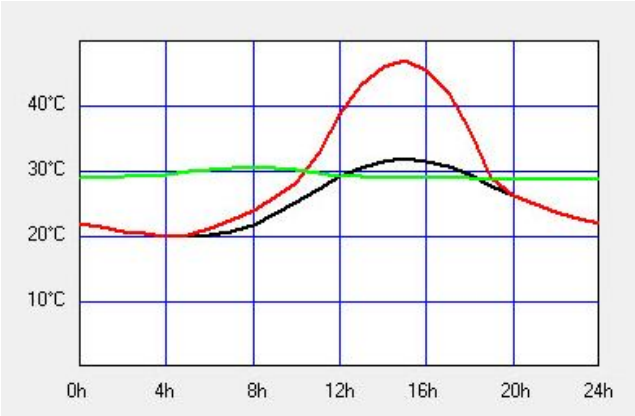



**Figura 5.3.1.28: Grafico dello sfasamento dell'onda termica - C.V. 14**

Si può quindi definire il coefficiente di sfasamento pari a :

$\phi$ = 17h 29'

Isolamento acustico pacchetto: 51,32 dB

### *5.3.1.15 C.V.15*

Chiusura verticale scala al piano interrato.

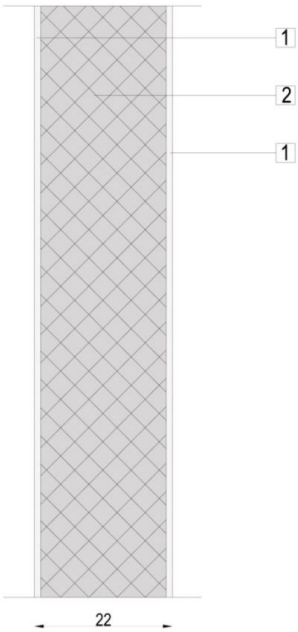



***Figura 5.3.1.29: C.V.15 - Chiusura verticale scala al piano interrato***

1. Intonaco al rustico, sp. 1 cm
2. Getto in cls, sp. 20 cm

Per la stratigrafia in oggetto non sono state fatte né verifiche sul valore di trasmittanza, né sull'isolamento acustico, né tantomeno sulla possibilità di condensa, in quanto dividono ambienti che presentano le stesse condizioni.

### 5.3.1.16 C.V.16

Chiusura verticale con rivestimento in fibrocemento, posta a rivestimento del ponte e di una parte della facciata Nord – Est dello studentato.

La stratigrafia, escluso il rivestimento in fibrocemento, viene assemblata in stabilimento e quindi portata prefabbricata in cantiere, in modo che debba solo essere messa in opera.

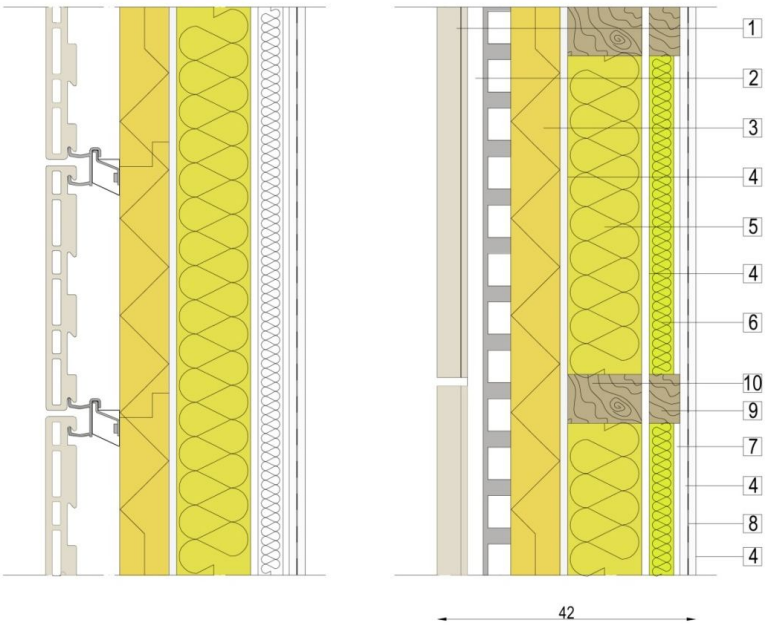



***Figura 5.3.1.30: C.V.16 - Chiusura verticale prefabbricata con rivestimento in fibrocemento***

1. Rivestimento esterno in lastre di fibrocemento, dim. 40 x 60,5 x 4 cm
2. Intercapedine d'aria, sp. 2,5 cm
3. Isolante termico in polistirene espanso estruso, tipo Isotec Parete, sp. 8 cm
4. Lastra in cartongesso, sp. 1,25 cm
5. Isolante termo-acustico in canapa, sp. 12 cm
6. Isolante termo-acustico in canapa, sp. 4 cm
7. Intercapedine d'aria, sp. 1 cm
8. Barriera al vapore in micro lamina in alluminio
9. Sottostruttura in montanti in legno, dim. 12 x 8 cm
10. Sottostruttura in montanti in legno, dim. 5 x 8 cm

Trasmittanza pacchetto: 0,1230 W/m$^2$K

Diagramma di glaser del mese più critico:

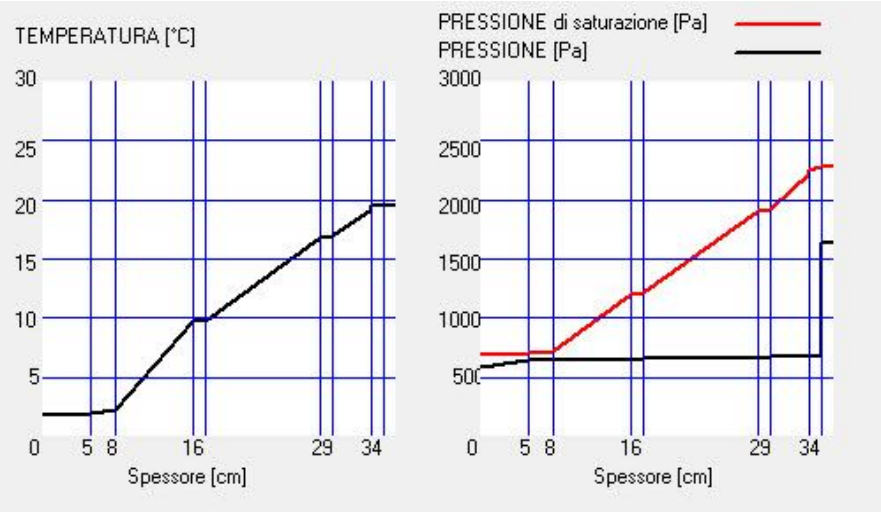



***Figura 5.3.1.31: Diagramma di glaser per il pacchetto C.V.16 - Mese di Gennaio***

Condensa non presente

Isolamento acustico pacchetto: 77,65 dB

### *5.3.1.17 C.V.17*

Chiusura verticale con rivestimento in fibrocemento, posta a rivestimento del ponte e di una parte della facciata Nord – Est dello studentato, dove all'interno delle abitazioni trovano posto i locali umidi.

La stratigrafia, escluso il rivestimento in fibrocemento, viene assemblata in stabilimento e quindi portata prefabbricata in cantiere, in modo che debba solo essere messa in opera e rifinita.

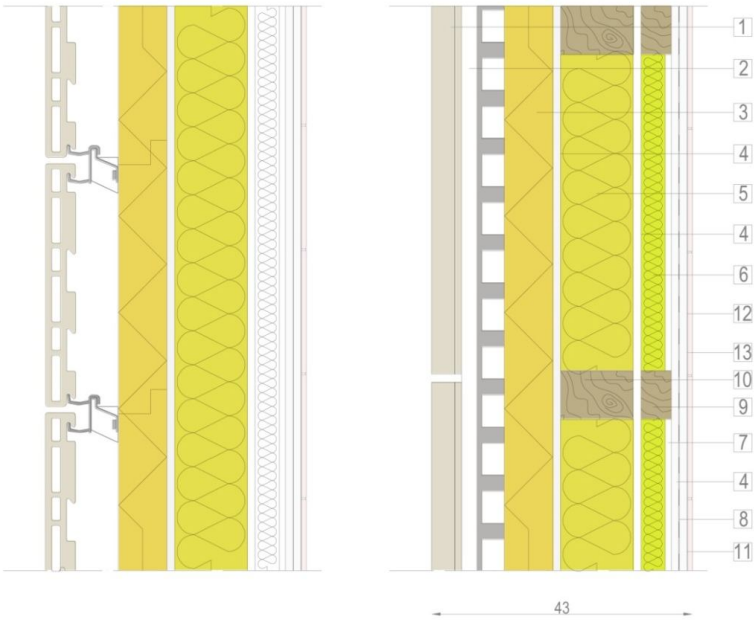



***Figura 5.3.1.32: C.V.17 - Chiusura verticale prefabbricata con rivestimento in fibrocemento***

1. Rivestimento esterno in lastre di fibrocemento, dim. 40 x 60,5 x 4 cm
2. Intercapedine d'aria, sp. 2,5 cm
3. Isolante termico in polistirene espanso estruso, tipo Isotec Parete, sp. 8 cm
4. Lastra in cartongesso, sp. 1,25 cm
5. Isolante termo-acustico in canapa, sp. 12 cm
6. Isolante termo-acustico in canapa, sp. 4 cm
7. Intercapedine d'aria, sp. 1 cm
8. Barriera al vapore in micro lamina in alluminio
9. Sottostruttura in montanti in legno, dim. 12 x 8 cm
10. Sottostruttura in montanti in legno, dim. 5 x 8 cm
11. Lastra tipo idrolastra, sp. 1,25 cm
12. Colla, sp. 1 mm
13. Piastrelle in maiolica smaltata, dim. 20 x 20 x 0,8 cm

Trasmittanza pacchetto: 0,1229 W/m$^2$K

Diagramma di glaser del mese più critico:

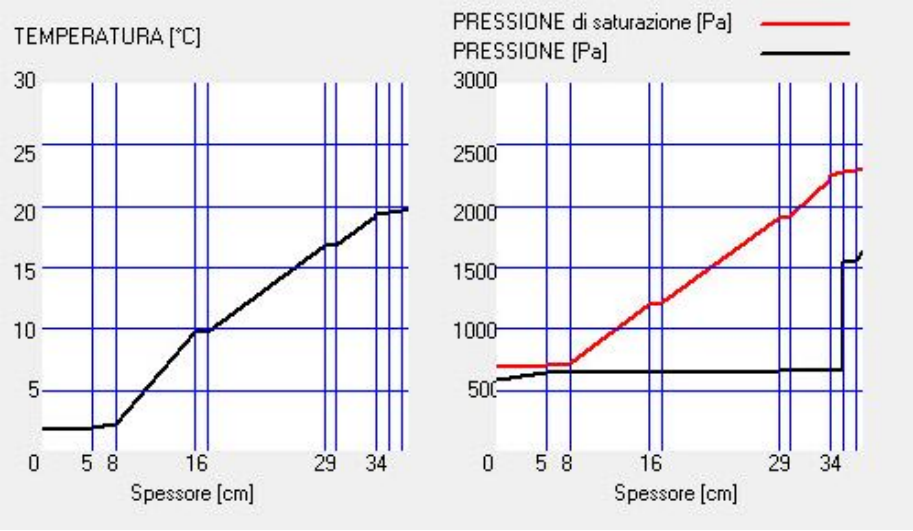



***Figura 5.3.1.33: Diagramma di glaser per il pacchetto C.V.17 - Mese di Gennaio***

Condensa non presente

Isolamento acustico pacchetto: 78,22 dB

## 5.3.2 Partizioni verticali

### 5.3.2.1 P.V.01

Partizione verticale con sottostruttura singola, doppio rivestimento in cartongesso ed isolamento acustico, posta tra locali appartenenti al medesimo appartamento.

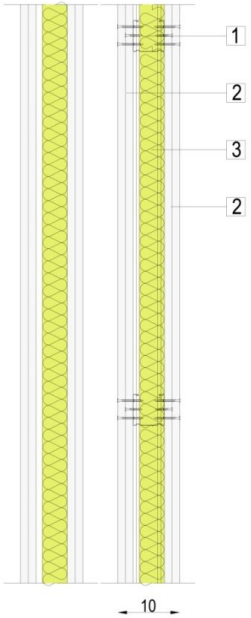



***Figura 5.3.2.1: P.V. 01 - Partizione verticale tra locali***

1. Sottostruttura in profili d'acciaio a "C", dim. 5 x 5 cm
2. Doppia lastra in cartongesso, sp. 2 x 1,25 cm
3. Isolante termo-acustico in lana di roccia, sp. 4 cm

Isolamento acustico pacchetto: 50,32 dB

### 5.3.2.2 P.V.02

Partizione verticale con sottostruttura doppia, doppio rivestimento in cartongesso ed elevato isolamento acustico, posta tra appartamenti.

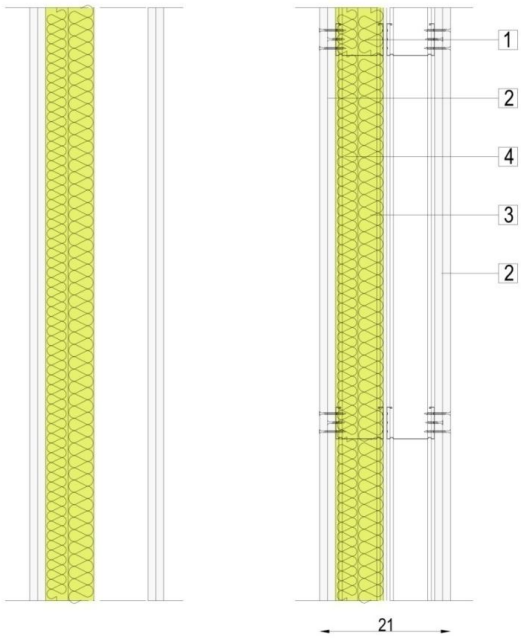



***Figura 5.3.2.2: P.V.01 - Partizione verticale tra appartamenti ad elevato isolamento acustico***

1. Sottostruttura in profili d'acciaio a "C", dim. 7,5 x 5 cm
2. Doppia lastra in cartongesso, sp. 2 x 1,25 cm
3. Isolante termo-acustico in lana di roccia, sp. 4 cm
4. Isolante termo-acustico in lana di roccia, sp. 3 cm

Isolamento acustico pacchetto: 62,29 dB

### 5.3.2.3 P.V.03

Partizione verticale con sottostruttura doppia, doppio rivestimento in cartongesso e cavedio impiantistico.

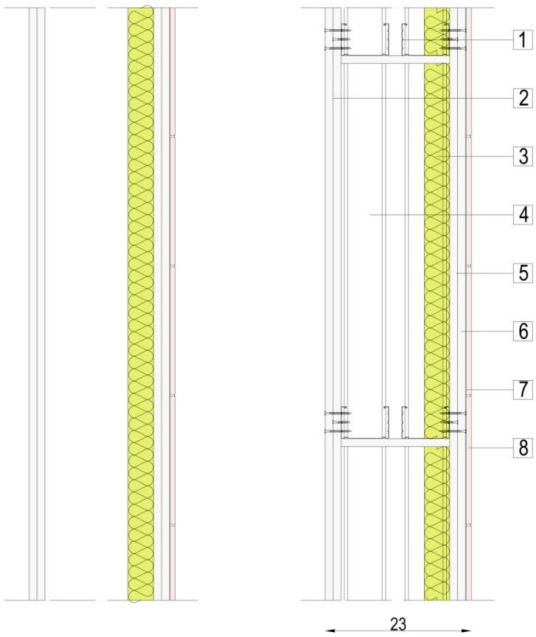



***Figura 5.3.2.3: P.V.03 - Partizione verticale con cavedio impiantistico***

1. Sottostruttura in profili d'acciaio a "C", dim. 7,5 x 5 cm
2. Doppia lastra in cartongesso, sp. 2 x 1,25 cm
3. Isolante termo-acustico in lana di roccia, sp. 4 cm
4. Intercapedine d'aria, sp. 13 cm
5. Lastra in cartongesso, sp. 1,25 cm
6. Lastra tipo idrolastra, sp. 1,25 cm
7. Colla, sp. 1 mm
8. Piastrelle in maiolica smaltata, dim. 20 x 20 x 0,8 cm

Isolamento acustico pacchetto: 59,52 dB

### 5.3.2.4 P.V.04

Partizione verticale con sottostruttura singola, doppio rivestimento in cartongesso, piastrelle su un lato ed isolamento acustico, posta tra locali appartenenti al medesimo appartamento.

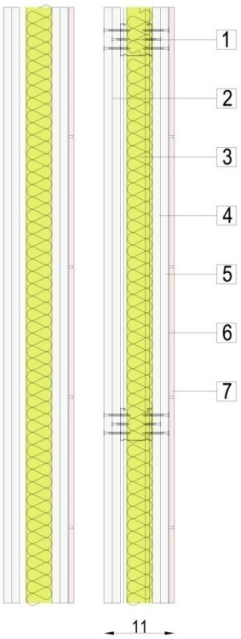



***Figura 5.3.2.4: P.V. 04 - Partizione verticale tra locali con rivestimento in piastrelle***

1. Sottostruttura in profili d'acciaio a "C", dim. 5 x 5 cm
2. Doppia lastra in cartongesso, sp. 2 x 1,25 cm
3. Isolante termo-acustico in lana di roccia, sp. 4 cm
4. Lastra di cartongesso, sp. 1,25 cm
5. Lastra tipo idrolastra, sp. 1,25 cm
6. Colla, sp. 1 mm
7. Piastrelle in maiolica smaltata, dim. 20 x 20 x 0,8 cm

Isolamento acustico pacchetto: 52,33 dB

### 5.3.2.5 P.V.05

Partizione verticale con struttura in cemento armato e controparete interna, posta tra appartamenti e vano scale.

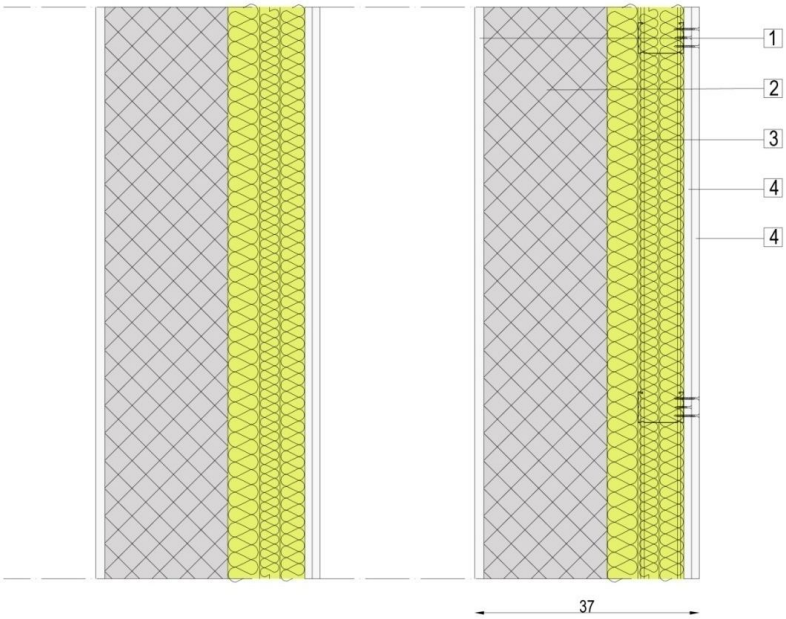



***Figura 5.3.2.5: P.V.05 - Partizione verticale con struttura in c.a. e controparete***

1. Intonaco al civile, sp. 1,5 cm
2. Getto in cls, sp. 20 cm
3. Isolante termo-acustico in lana di roccia, sp. 5 + 3 + 4 cm
4. Lastra di cartongesso, sp. 1,35 cm

Isolamento acustico pacchetto: 51,71 dB

### 5.3.2.6 P.V.06

Partizione verticale con sottostruttura doppia, doppio rivestimento in cartongesso ed isolamento termo-acustico, posta tra appartamenti e scala.

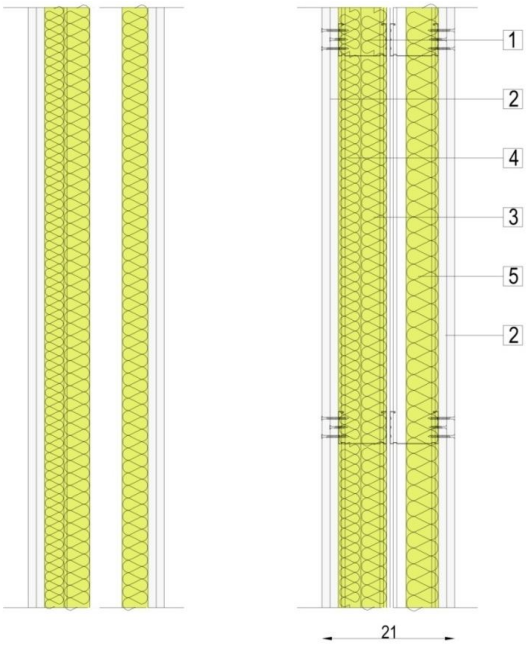



***Figura 5.3.2.6: P.V.06 - Partizione verticale tra scala e appartamenti***

1. Sottostruttura in profili d'acciaio a "C", dim. 7,5 x 5 cm
2. Doppia lastra in cartongesso, sp. 2 x 1,25 cm
3. Isolante termo-acustico in lana di roccia, sp. 4 cm
4. Isolante termo-acustico in lana di roccia, sp. 3 cm
5. Isolante termo-acustico in lana di roccia, sp. 4 cm

Isolamento acustico pacchetto: 66,54 dB

### 5.3.2.7 P.V.07

Partizione verticale con sottostruttura doppia, doppio rivestimento in cartongesso e piastrelle ed elevato isolamento acustico, posta tra appartamenti.

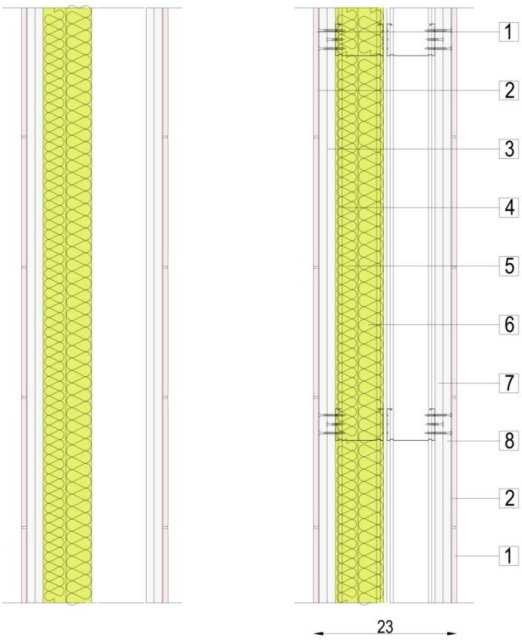



***Figura 5.3.2.7: P.V.07 - Partizione verticale tra appartamenti con doppio rivestimento in piastrelle ad elevato isolamento acustico***

1. Piastrelle in maiolica smaltata, dim. 20 x 20 x 0,8 cm
2. Colla, sp. 1 mm
3. Doppia lastra in cartongesso, sp. 2 x 1,25 cm
4. Sottostruttura in profili d'acciaio a "C", dim. 7,5 x 5 cm
5. Isolante termo-acustico in lana di roccia, sp. 3 cm
6. Isolante termo-acustico in lana di roccia, sp. 4 cm
7. Lastra di cartongesso, sp. 1,25 cm
8. Lastra tipo idrolastra, sp. 1,25 cm

Isolamento acustico pacchetto: 67,27 dB

### 5.3.2.8 P.V.08

Partizione verticale con sottostruttura doppia, doppio rivestimento in cartongesso, piastrelle su un lato ed elevato isolamento acustico, posta tra appartamenti.

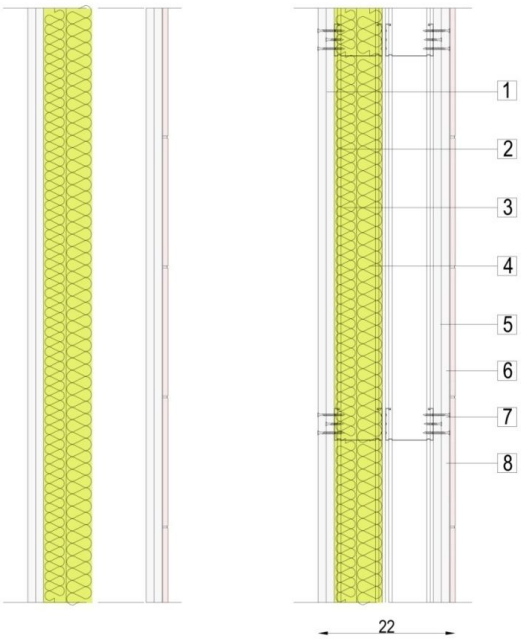



***Figura 5.3.2.8: P.V.08 - Partizione verticale tra appartamenti con rivestimento in piastrelle ad elevato isolamento acustico***

1. Doppia lastra in cartongesso, sp. 2 x 1,25 cm
2. Sottostruttura in profili d'acciaio a "C", dim. 7,5 x 5 cm
3. Isolante termo-acustico in lana di roccia, sp. 3 cm
4. Isolante termo-acustico in lana di roccia, sp. 4 cm
5. Lastra di cartongesso, sp. 1,25 cm
6. Lastra tipo idrolastra, sp. 1,25 cm
7. Colla, sp. 1 mm
8. Piastrelle in maiolica smaltata, dim. 20 x 20 x 0,8 cm

Isolamento acustico pacchetto: 65,13 dB

### 5.3.2.9 P.V.09

Partizione verticale con struttura in cemento armato e controparete interna con rivestimento in piastrelle, posta tra appartamenti e vano scale.

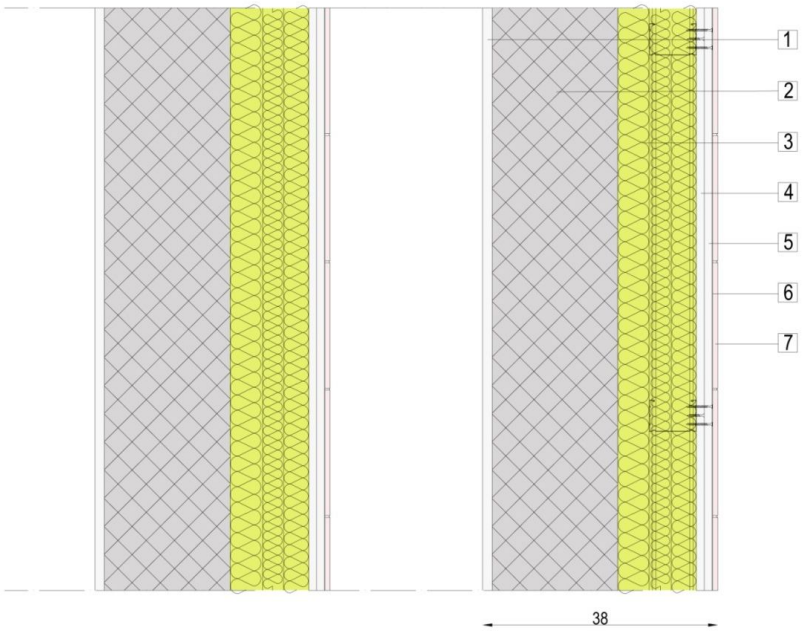



***Figura 5.3.2.9: P.V.09 – Partizione verticale con struttura in c.a. e controparete con rivestimento in piastrelle***

1. Intonaco al civile, sp. 1,5 cm
2. Getto in cls, sp. 20 cm
3. Isolante termo-acustico in lana di roccia, sp. 5 + 3 + 4 cm
4. Lastra di cartongesso, sp. 1,35 cm
5. Lastra tipo idrolastra, sp. 1,25 cm
6. Colla, sp. 1 mm
7. Piastrelle in maiolica smaltata, dim. 20 x 20 x 0,8 cm

Isolamento acustico pacchetto: 53,64 dB

### 5.3.2.10 P.V.10

Partizione verticale con sottostruttura doppia, doppio rivestimento in cartongesso con piastrelle e cavedio impiantistico.

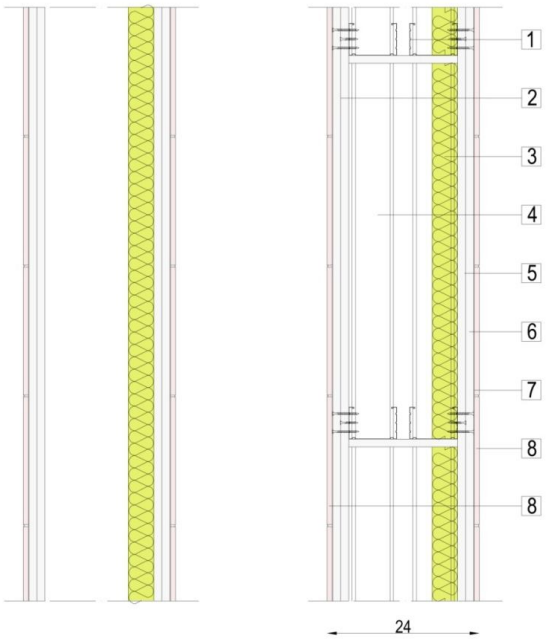



***Figura 5.3.2.10: P.V.10 - Partizione verticale con cavedio impiantistico e doppio rivestimento in piastrelle***

1. Sottostruttura in profili d'acciaio a "C", dim. 7,5 x 5 cm
2. Doppia lastra in cartongesso, sp. 2 x 1,25 cm
3. Isolante termo-acustico in lana di roccia, sp. 4 cm
4. Intercapedine d'aria, sp. 13 cm
5. Lastra in cartongesso, sp. 1,25 cm
6. Lastra tipo idrolastra, sp. 1,25 cm
7. Colla, sp. 1 mm
8. Piastrelle in maiolica smaltata, dim. 20 x 20 x 0,8 cm

Isolamento acustico pacchetto: 64,16 dB

### 5.3.2.11 P.V.11

Controparete con doppio rivestimento in cartongesso.

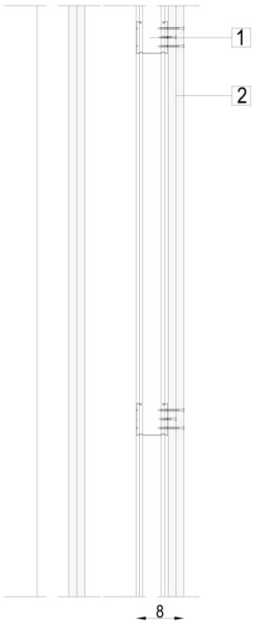



***Figura 5.3.2.11: P.V.11 - Controparete***

1. Sottostruttura in profili d'acciaio a "C", dim. 5 x 5 cm
2. Doppia lastra in cartongesso, sp. 2 x 1,25 cm

### 5.3.2.12 P.V.12

Partizione verticale con struttura in cemento armato e controparete interna, posta tra appartamenti e muro d'appoggio del "piano-ponte".

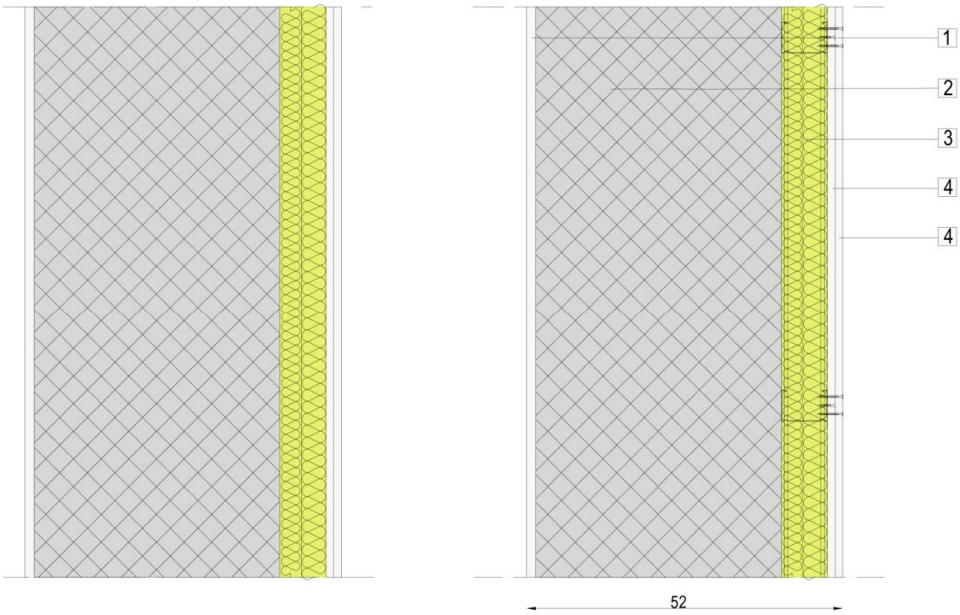


*Figura 5.3.2.12: P.V.12 - Partizione verticale con struttura in c.a. d'appoggio "piano-ponte" e controparete*

1. Intonaco al civile, sp. 1,5 cm
2. Getto in cls, sp. 40 cm
3. Isolante termo-acustico in lana di roccia, sp. 3 + 4 cm
4. Lastra di cartongesso, sp. 1,35 cm

Isolamento acustico pacchetto: 55,23 dB

## 5.3.3 Chiusure orizzontali inferiori

### 5.3.3.1 C.O.I.01

Chiusura orizzontale su spazi aperti e sull'interrato nelle residenze per famiglie e nello studentato.

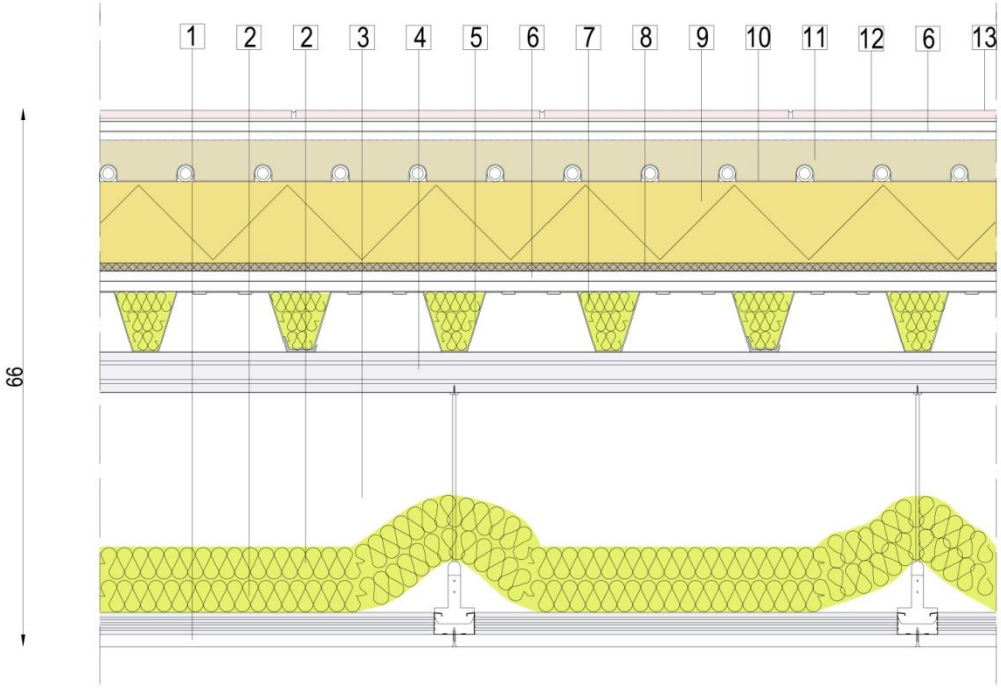



*Figura 5.3.3.1: C.O.I.01 - Chiusura orizzontale su spazi aperti e interrato*

1. Lastra per esterni tipo Aquapanel, sp. 1,5 cm
2. Isolante termo-acustico in lana di roccia, sp. 4 cm
3. Intercapedine d'aria, sp. 24 cm
4. Sottostruttura in profili a "C" e piedini per aggancio controsoffitto
5. Lamiera grecata in acciaio zincato, sp. 0,06 cm
6. Doppia pavilastra, sp. 2 x 1,25 cm
7. Isolamento termo-acustico in lana di roccia
8. Isolante acustico in sughero, sp. 1 cm

9. Isolamento termico in polistirene espanso estruso, sp. 10 cm
10. Riscaldamento a pavimento
11. Strato di diffusione del calore in sabbia, sp. 5 cm
12. Barriera al vapore in alluminio
13. Rivestimento in piastrelle in maiolica smaltata, dim. 20 x 20 x 0,8 cm

Trasmittanza pacchetto: 0,1531 W/m2K

Diagramma di glaser del mese più critico:

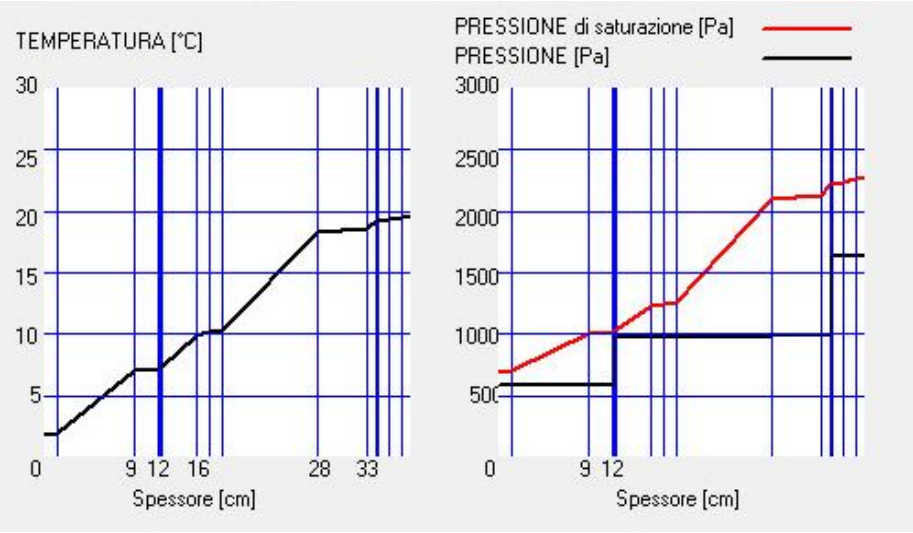



***Figura 5.3.3.2: Diagramma di Glaser per il pacchetto C.O.I.01 - Mese di Gennaio***

Condensa non presente

Come nelle partizioni e chiusure verticali, anche in quelle orizzontali è necessario stimare il valore d'isolamento acustico garantito dal pacchetto. Per gli elementi orizzontali, però, è richiesto il valore d'isolamento al calpestio, che, per la destinazione d'uso scelta, cioè per edifici adibiti a residenza, il valore limite è pari a $L'_{nw,eq}$ = 63 dB.

Isolamento acustico pacchetto: 88,16 dB

### 5.3.3.2 C.O.I.02

Chiusura orizzontale contro terra.

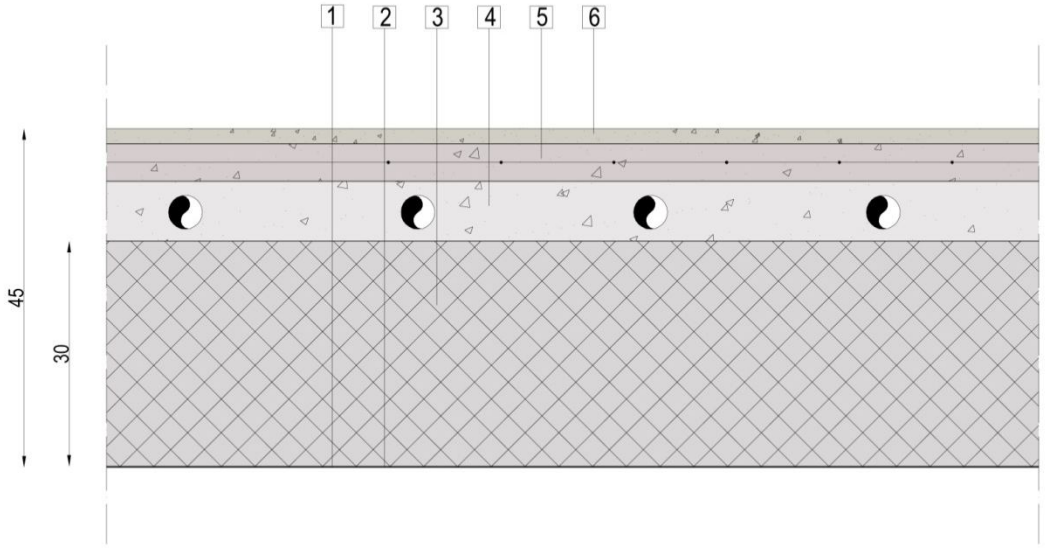



**Figura 5.3.3.3: C.O.I.02 - Chiusura orizzontale controterra**

1. Strato di protezione, sp. 0,1 cm
2. Strato d'impermeabilizzazione, sp. 0,1 cm
3. Getto in cls, sp. 30 cm
4. Strato di rasatura degli impianti, sp. 8 cm
5. Strato di ripartizione dei carichi, sp. 5 cm
6. Pavimento in battuto di cemento, sp. 2 cm

Per la stratigrafia in oggetto non sono state fatte né verifiche sul valore di trasmittanza, né sull'isolamento acustico, né tantomeno sulla possibilità di condensa, in quanto elemento contro terra di un ambiente non riscaldato.

### 5.3.3.3 C.O.I.03

Chiusura orizzontale su spazi aperti e sull'interrato dell'asilo.

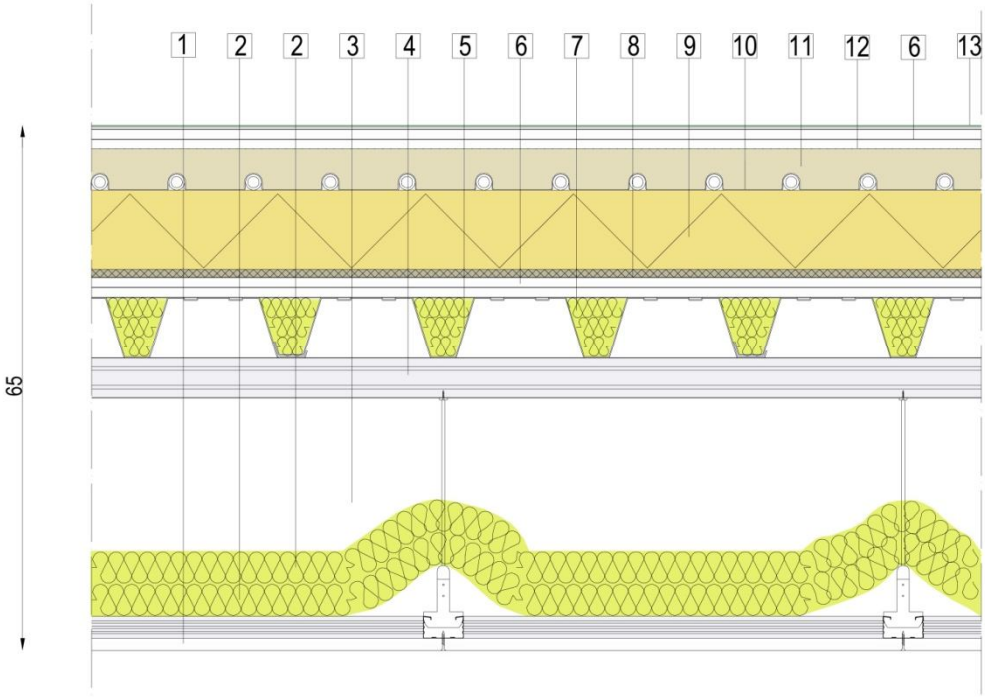



***Figura 5.3.3.4: C.O.I.01 - Chiusura orizzontale su spazi aperti e interrato dell'asilo***

1. Lastra per esterni tipo Aquapanel, sp. 1,5 cm
2. Isolante termo-acustico in lana di roccia, sp. 4 cm
3. Intercapedine d'aria, sp. 24 cm
4. Sottostruttura in profili a "C" e piedini per aggancio controsoffitto
5. Lamiera grecata in acciaio zincato, sp. 0,06 cm
6. Doppia pavilastra, sp. 2 x 1,25 cm
7. Isolamento termo-acustico in lana di roccia
8. Isolante acustico in sughero, sp. 1 cm
9. Isolamento termico in polistirene espanso estruso, sp. 10 cm
10. Riscaldamento a pavimento
11. Strato di diffusione del calore in sabbia, sp. 5 cm
12. Barriera al vapore in alluminio
13. Rivestimento in linoleum incollato, sp. 0,2 cm

Trasmittanza pacchetto: 0,1530 W/m$^2$K

Diagramma di glaser del mese più critico:

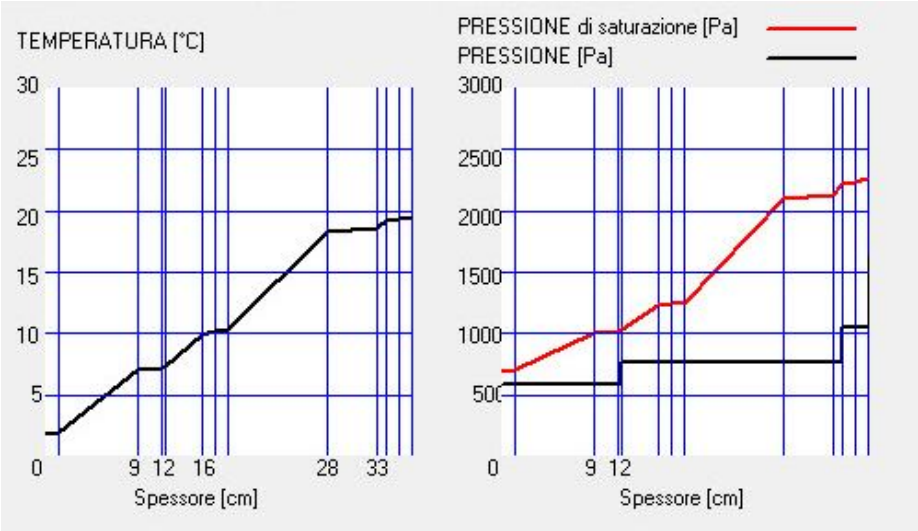



***Figura 5.3.3.5: Diagramma di Glaser per il pacchetto C.O.I.03 - Mese di Gennaio***

Condensa non presente

Isolamento acustico pacchetto: 90,16 dB

## 5.3.4 Chiusure orizzontali superiori

### 5.3.4.1 C.O.S.01

Chiusura orizzontale superiore verde.

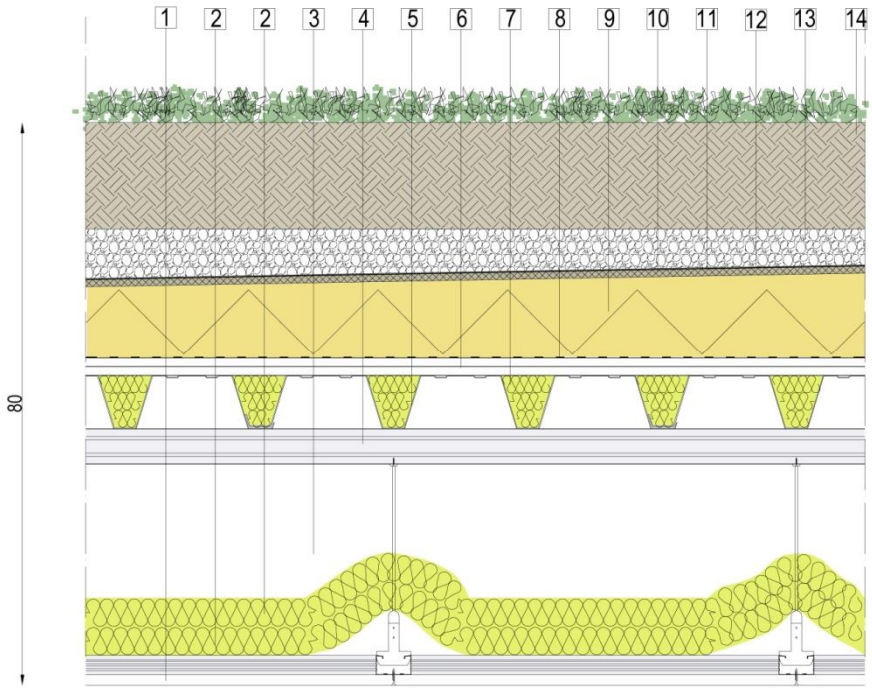



***Figura 5.3.4.1: C.O.S.01 - Chiusura orizzontale superiore verde***

1. Lastra in cartongesso, sp. 1,5 cm

2. Isolante termo-acustico in lana di roccia, sp. 4 cm
3. Intercapedine d'aria, sp.24 cm
4. Sottostruttura in profili a "C" e piedini per aggancio del controsoffitto
5. Lamiera grecata in acciaio zincato, sp. 0,06 cm
6. Doppia pavilastra, sp. 2 x 1,25 cm
7. Isolante termo-acustico in lana di roccia
8. Barriera al vapore in alluminio
9. Isolante termico sagomato in polistirene espanso estruso, sp. min. 10 cm
10. Isolante acustico in sughero, sp. 1 cm
11. Strato d'impermeabilizzazione, sp. 0,1 cm
12. Strato di protezione in T.N.T, sp. 0,1 cm
13. Strato di drenaggio in ghiaia, sp. min. 5 cm
14. Terreno, sp. min. 15 cm

Trasmittanza pacchetto: 0,1564 W/m2K

Diagramma di glaser del mese più critico:

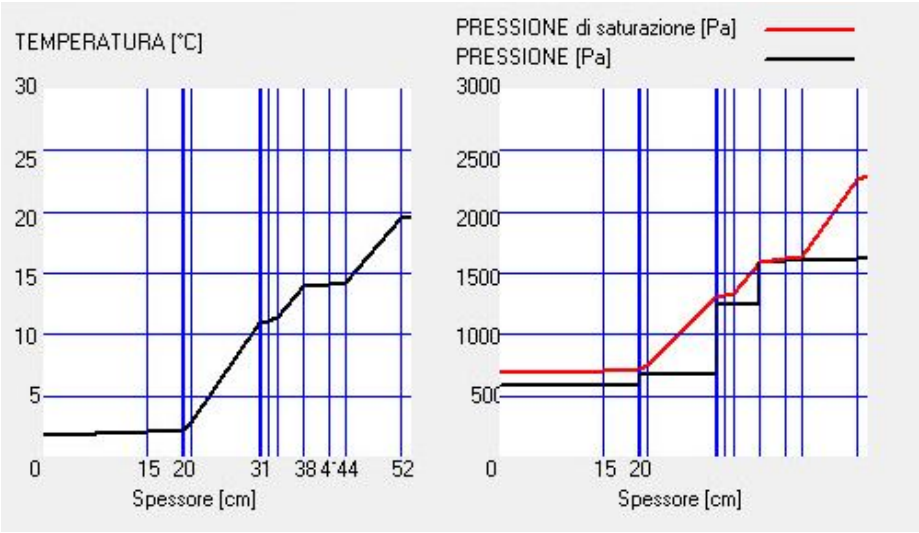
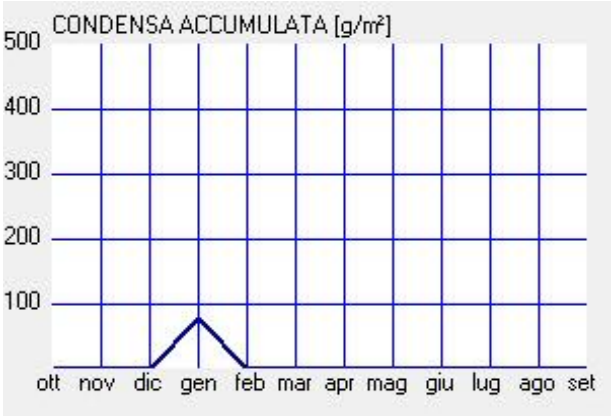



***Figura 5.3.4.2: Diagramma di Glaser per il pacchetto C.O.S.01 - Mese di Gennaio***




| | Interf.11 | | |
|---|---|---|---|
| | Flusso Vap. [Kg/mq] | Cond.Acc. [Kg/mq] | Giorni |
| Ottobre | 0,0000 | 0,0000 | |
| Novembre | 0,0000 | 0,0000 | |
| Dicembre | 0,0000 | 0,0000 | |
| Gennaio | 0,0777 | 0,0777 | |
| Febbraio | -0,0953 | 0,0000 | 5,5498 |
| Marzo | 0,0000 | 0,0000 | |
| Aprile | 0,0000 | 0,0000 | |
| Maggio | 0,0000 | 0,0000 | |
| Giugno | 0,0000 | 0,0000 | |
| Luglio | 0,0000 | 0,0000 | |
| Agosto | 0,0000 | 0,0000 | |
| Settembre | 0,0000 | 0,0000 | |

***Figura 5.3.4.3: : Diagramma e valori condensa presente nel pacchetto C.O.S.01***

Condensa presente, ma inferiore al limite.

La presenza di condensa non può essere evitata, a causa dell'utilizzo della lamiera grecata come elemento del solaio. La condensa che si forma è comunque accettabile, in quanto la quantità è inferiore al valore limite, cioè a quel valore che si ritiene possa asciugarsi da solo con il passare del tempo.

Isolamento acustico pacchetto: 77,96 dB

### *5.3.4.2 C.O.S.02*

Chiusura orizzontale superiore non praticabile

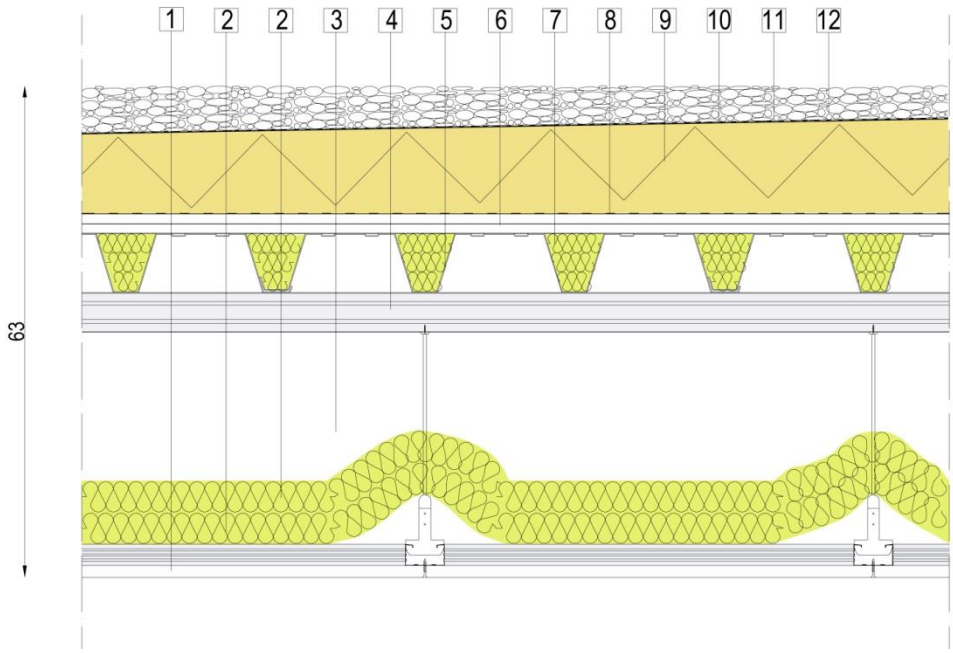



***Figura 5.3.4.4: C.O.S.02 - Chiusura orizzontale superiore non praticabile***

1. Lastra in cartongesso, sp. 1,5 cm
2. Isolante termo-acustico in lana di roccia, sp. 4 cm

3. Intercapedine d'aria, sp.24 cm
4. Sottostruttura in profili a "C" e piedini per aggancio del controsoffitto
5. Lamiera grecata in acciaio zincato, sp. 0,06 cm
6. Doppia pavilastra, sp. 2 x 1,25 cm
7. Isolante termo-acustico in lana di roccia
8. Barriera al vapore in alluminio
9. Isolante termico sagomato in polistirene espanso estruso, sp. min. 10 cm
10. Isolante acustico in sughero, sp. 1 cm
11. Strato d'impermeabilizzazione, sp. 0,1 cm
12. Strato di protezione in T.N.T, sp. 0,1 cm
13. Strato di ghiaia, sp. min. 5 cm

Trasmittanza pacchetto: 0,1640 W/m$^2$K

Diagramma di glaser del mese più critico:

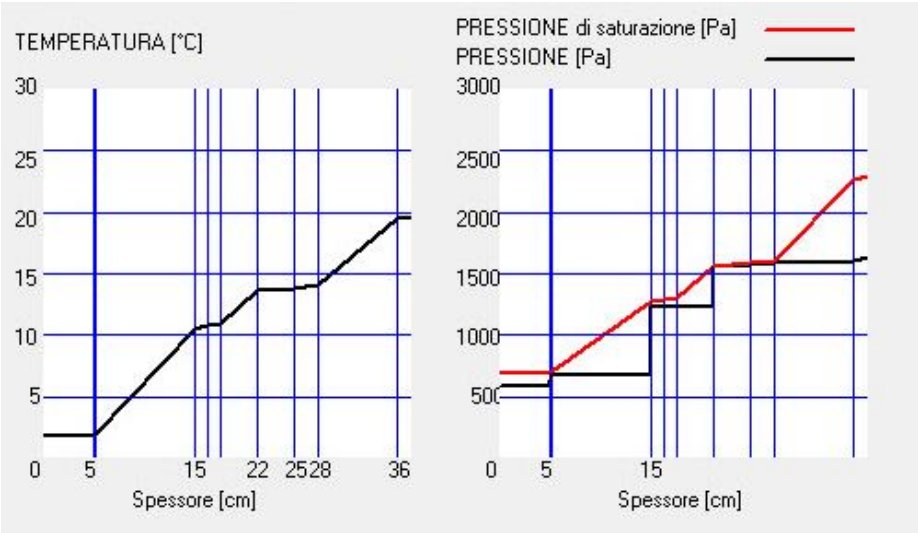
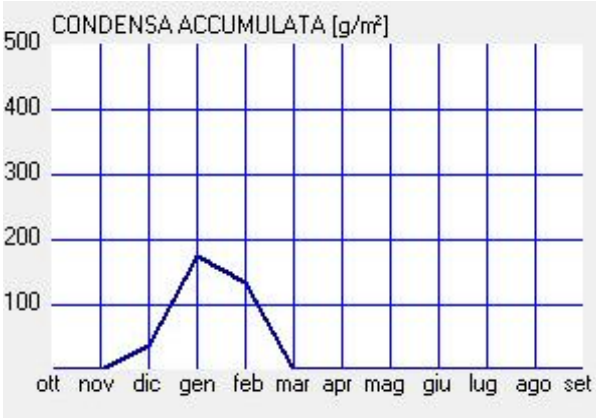



***Figura 5.3.4.5: Diagramma di Glaser per il pacchetto C.O.S.02 - Mese di Gennaio***




| | Interf.9 | | |
|---|---|---|---|
| | Flusso Vap. [Kg/mq] | Cond.Acc. [Kg/mq] | Giorni |
| Ottobre | 0,0000 | 0,0000 | |
| Novembre | 0,0000 | 0,0000 | |
| Dicembre | 0,0385 | 0,0385 | |
| Gennaio | 0,1375 | 0,1760 | |
| Febbraio | -0,0411 | 0,1349 | |
| Marzo | -0,4255 | 0,0000 | 20,4900 |
| Aprile | 0,0000 | 0,0000 | |
| Maggio | 0,0000 | 0,0000 | |
| Giugno | 0,0000 | 0,0000 | |
| Luglio | 0,0000 | 0,0000 | |
| Agosto | 0,0000 | 0,0000 | |
| Settembre | 0,0000 | 0,0000 | |

*Figura 5.3.4.6: Diagramma e valori condensa presente nel pacchetto C.O.S.02*

Condensa presente, ma inferiore al limite.

La presenza di condensa non può essere evitata, a causa dell'utilizzo della lamiera grecata come elemento del solaio. La condensa che si forma è comunque accettabile, in quanto la quantità è inferiore al valore limite, cioè a quel valore che si ritiene possa asciugarsi da solo con il passare del tempo.

### 5.3.4.3 C.O.S.03

Chiusura orizzontale superiore praticabile

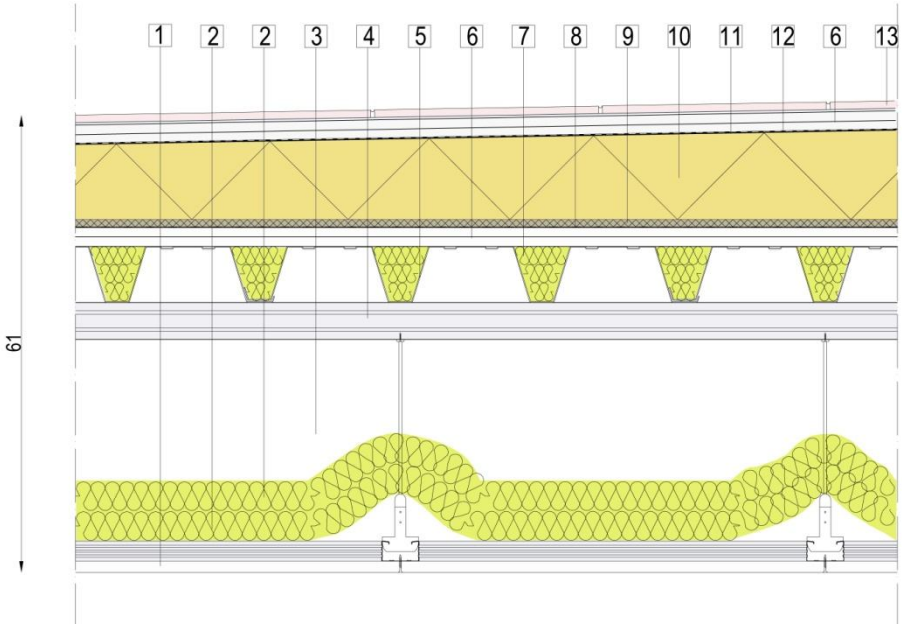



*Figura 5.3.4.7: C.O.S.03 - Chiusura orizzontale superiore praticabile*

1. Lastra in cartongesso, sp. 1,5 cm
2. Isolante termo-acustico in lana di roccia, sp. 4 cm
3. Intercapedine d'aria, sp.24 cm
4. Sottostruttura in profili a "C" e piedini per aggancio del controsoffitto
5. Lamiera grecata in acciaio zincato, sp. 0,06 cm
6. Doppia pavilastra, sp. 2 x 1,25 cm
7. Isolante termo-acustico in lana di roccia
8. Barriera al vapore in alluminio
9. Isolante acustico in sughero, sp. 1 cm
10. Isolante termico sagomato in polistirene espanso estruso, sp. min. 10 cm
11. Strato d'impermeabilizzazione, sp. 0,1 cm

12. Strato antischiacciamento in T.N.T, sp. 0,1 cm
13. Strato di finitura in piastrelle, dim. 30 x 30 x 0,8 cm

Trasmittanza pacchetto: 0,1599 W/m$^2$K

Diagramma di glaser del mese più critico:

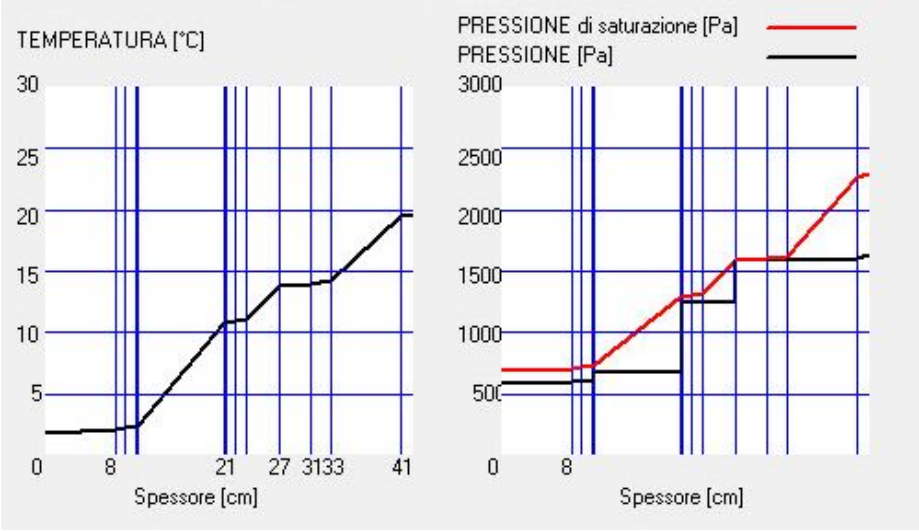
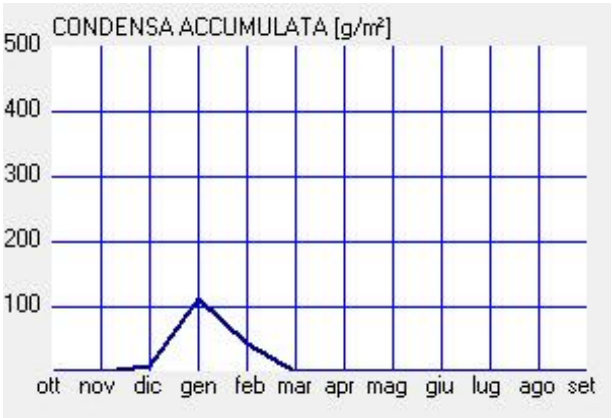



***Figura 5.3.4.8: Diagramma di Glaser per il pacchetto C.O.S.03 - Mese di Gennaio***




| | Interf.11 | | |
|---|---|---|---|
| | Flusso Vap. [Kg/mq] | Cond.Acc. [Kg/mq] | Giorni |
| Ottobre | 0,0000 | 0,0000 | |
| Novembre | 0,0000 | 0,0000 | |
| Dicembre | 0,0079 | 0,0079 | |
| Gennaio | 0,1052 | 0,1132 | |
| Febbraio | -0,0704 | 0,0428 | |
| Marzo | -0,4475 | 0,0000 | 27,1304 |
| Aprile | 0,0000 | 0,0000 | |
| Maggio | 0,0000 | 0,0000 | |
| Giugno | 0,0000 | 0,0000 | |
| Luglio | 0,0000 | 0,0000 | |
| Agosto | 0,0000 | 0,0000 | |
| Settembre | 0,0000 | 0,0000 | |

***Figura 5.3.4.9: Diagramma e valori condensa presente nel pacchetto C.O.S.03***

Condensa presente, ma inferiore al limite.

La presenza di condensa non può essere evitata, a causa dell'utilizzo della lamiera grecata come elemento del solaio. La condensa che si forma è comunque accettabile, in quanto la quantità è inferiore al valore limite, cioè a quel valore che si ritiene possa asciugarsi da solo con il passare del tempo.

Isolamento acustico pacchetto: 94,92 dB

## 5.3.5 Partizioni orizzontali

### 5.3.5.1 P.O.01

Partizione orizzontale tipo.

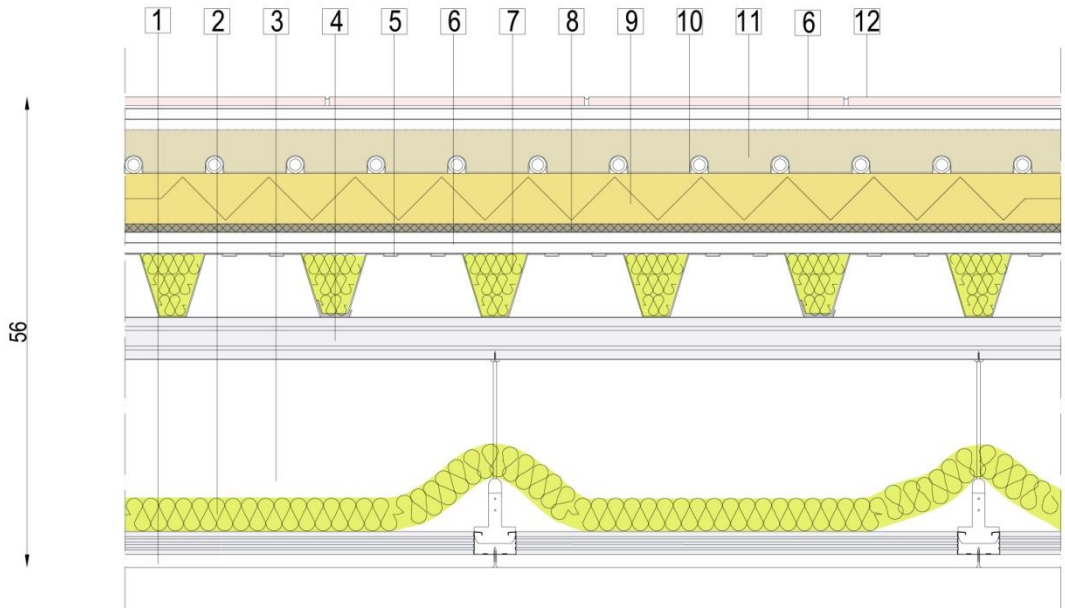



***Figura 5.3.5.1: P.O.01 - Partizione orizzontale tipo***

1. Lastra in cartongesso, sp. 1,5 cm
2. Isolante termo-acustico in lana di roccia, sp. 4 cm
3. Intercapedine d'aria, sp.24 cm
4. Sottostruttura in profili a "C" e piedini per aggancio del controsoffitto
5. Lamiera grecata in acciaio zincato, sp. 0,06 cm
6. Doppia pavilastra, sp. 2 x 1,25 cm
7. Isolante termo-acustico in lana di roccia
8. Isolante acustico in sughero, sp. 1 cm
9. Isolante termico sagomato in polistirene espanso estruso, sp. min. 10 cm
10. Riscaldamento a pavimento
11. Strato di diffusione del calore in sabbia, sp. 5 cm
12. Rivestimento in piastrelle in maiolica smaltata, dim. 20 x 20 x 0,8 cm

Isolamento acustico pacchetto: 86,45 dB

### 5.3.5.2 P.O.02

Partizione orizzontale con struttura in cemento armato.

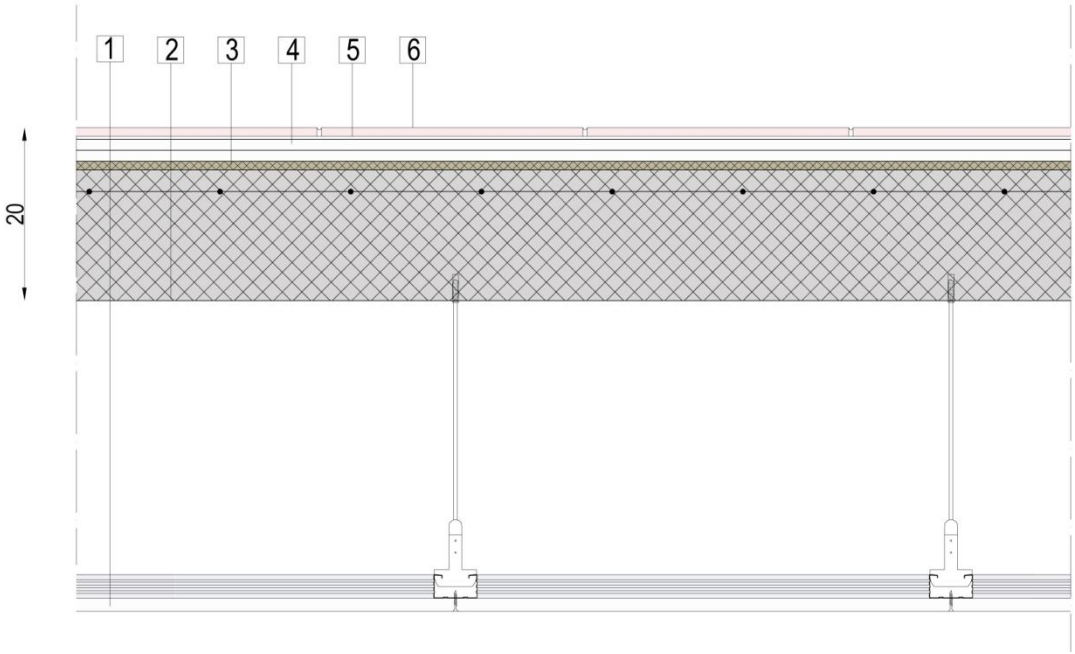



***Figura 5.3.5.2: P.O.02 - Partizione orizzontale con struttura in c.a.***

1. Lastra in cartongesso, sp. 1,5 cm
2. Soletta in calcestruzzo armato, sp. 15 cm
3. Isolante acustico in sughero, sp. 1 cm
4. Doppia pavilastra, sp. 2 x 1,25 cm
5. Colla, sp. 1 mm
6. Rivestimento in piastrelle in maiolica smaltata, dim. 20 x 20 x 0,8 cm

Isolamento acustico pacchetto: 80,02 dB

### 5.3.5.3 P.O.3

Partizione orizzontale tra serre.

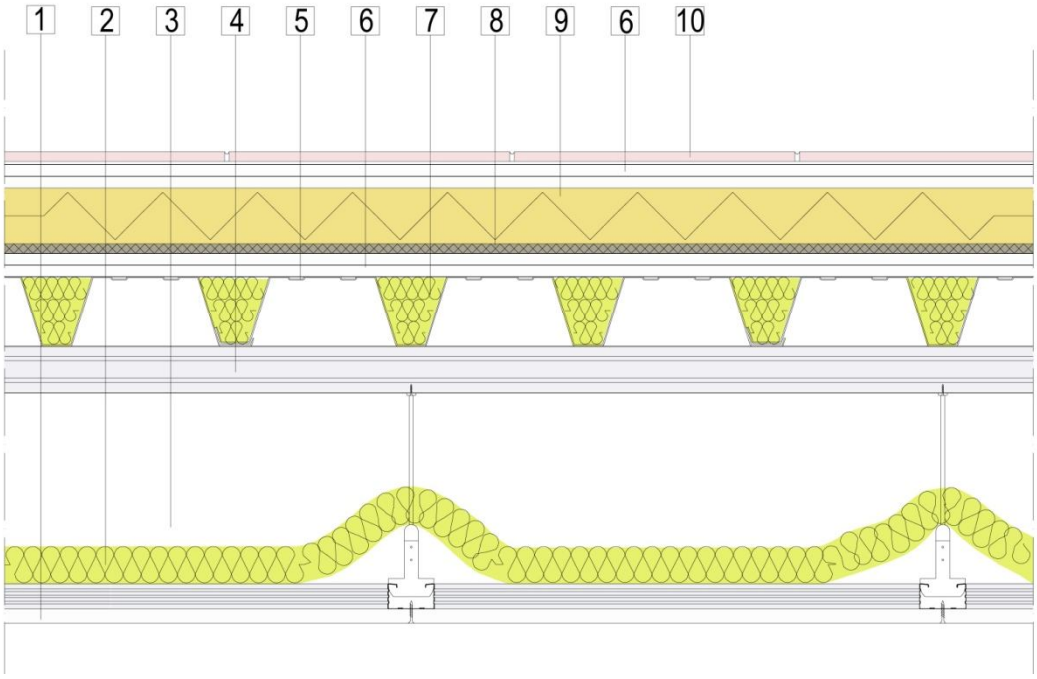



***Figura 5.3.5.3: P.O.01 - Partizione orizzontale tipo***

1. Lastra in cartongesso, sp. 1,5 cm
2. Isolante termo-acustico in lana di roccia, sp. 4 cm
3. Intercapedine d'aria, sp.24 cm
4. Sottostruttura in profili a "C" e piedini per aggancio del controsoffitto
5. Lamiera grecata in acciaio zincato, sp. 0,06 cm
6. Doppia pavilastra, sp. 2 x 1,25 cm
7. Isolante termo-acustico in lana di roccia
8. Isolante acustico in sughero, sp. 1 cm
9. Isolante termico sagomato in polistirene espanso estruso, sp. min. 10 cm
10. Rivestimento in piastrelle in maiolica smaltata, dim. 20 x 20 x 0,8 cm

Isolamento acustico pacchetto: 81,24 Db

# 5.4 Le serre

## 5.4.1 Premessa

La serra bioclimatica è una tecnologia passiva per il controllo dei flussi termo igrometrici attraverso l' edificio, finalizzata al miglioramento del comfort abitativo ed al contenimento dei consumi energetici. Fisicamente è costituita da uno spazio vetrato, posto in adiacenza all' edificio ed abitabile in alcuni periodi dell' anno, che contribuisce al riscaldamento ed al raffrescamento degli spazi occupati dall' uomo.

La serra è caratterizzata principalmente da tre aspetti:

- È uno strumento tecnologico per riscaldare e raffrescare
- E' uno spazio abitabile
- Ha una sua valenza linguistica ed architettonica

Infatti quando si parla di "serra bioclimatica" si intende una serra addossata o incorporata ad un edificio, che definisce uno spazio tampone che riduce gli scambi termici tra l' esterno e l' interno dell' edificio, diminuendo le dispersioni d' inverno ed i guadagni d' estate. Inoltre d' inverno, all' interno della serra, si sviluppano temperature superiori a quelle esterne, che possono essere utilizzate per riscaldare o pre-riscaldare gli ambienti interni. Affinchè il sistema funzioni, è necessario che dalla parte opposta della vetrata vi sia una massa termica di accumulo che garantisce uno smorzamento ed uno sfasamento dei picchi termici esterni.

Solitamente la serra crea uno spazio intermedio tra ambiente interno ed esterno che permette di creare, in particolari periodi dell' anno e durante alcune ore della giornata, particolari condizioni di comfort. Per esempio nelle giornate d' inverno coperte, caratterizzate da una temperature dell' aria esterna meno rigida ed elevato irraggiamento diffuso, le pareti vetrate della serra sono in grado di sfruttare tale radiazione per innalzare le temperature interne dell' aria verso i limiti di comfort. Quindi la serra diventa uno spazio abitabile, sfruttabile in diversi modi, a seconda della destinazione d' uso e delle caratteristiche tipologiche e distributive dell' edificio.

Inoltre la serra arricchisce architettonicamente l' edificio, disegnando forme differenti sulle pareti esterne, creando volumi uscenti vetrati che creano un gioco di pieni e vuoti interessante. Queste donano all' edificio una maggiore leggerezza, grazie alla trasparenza delle vetrate ed alla presenza dei sottili telai metallici che le sostengono. Ad aumentare la valenza architettonica delle serre è la frequente presenza di elementi oscuranti, quali tende colorate o piante rampicanti e non, poste come schermature all' ingresso della luce e del calore.

## 5.4.2 Dati generali

### 5.4.2.1 Tipologie di serra

I sistemi solari per il controllo ambientale si basano sull' utilizzo di energie rinnovabili e principalmente della radiazione solare per contribuire al controllo delle condizioni ambientali degli spazi abitati con le finalità di ridurre i consumi energetici e migliorare il comfort. Tali sistemi cono detti "sistemi solari passivi" per distinguerli dai "sistemi solari attivi", che necessitano di energie ausiliarie per funzionare, principalmente utilizzate per la circolazione del fluido termovettore. Invece i sistemi solari passivi non utilizzano nessuna fonte di energia ausiliaria per funzionare e svolgono principalmente la funzione di regolazione termo igrometrica degli ambienti. I sistemi passivi si differenziano a seconda della relazione esistente tra il punto di captazione e produzione del calore ed il luogo di effettivo utilizzo e si suddividono in:

- Sistemi a guadagno diretto, in cui il calore viene generato direttamente all' interno dell' ambiente abitato
- Sistemi a guadagno indiretto, in cui il calore viene generato in uno spazio adiacente all' ambiente abitato
- Sistemi a guadagno isolato, in cui il calore viene generato in un punto distante dall' ambiente abitato

La serra bioclimatica può funzionare sia a guadagno diretto che a guadagno indiretto, e per questo motivo viene anche classificata come "guadagno semidiretto".

Il così detto "effetto serra" è quel fenomeno per cui una parte dell' energia solare radiante viene intrappolata all' interno di uno spazio confinato parzialmente o totalmente da superfici trasparenti. Questo fenomeno è principalmente dovuto al fatto che in uno spazio confinato viene impedito lo scambio termico convettivo con l' aria esterna, che permette agli oggetti colpiti dalla radiazione solare di cedere calore all' atmosfera. La misura in cui si verifica l' effetto serra dipende principalmente dai fenomeni che avvengono quando la radiazione solare colpisce la superficie trasparente. Infatti una parte di questa viene riflessa, a seconda del materiale e dell' angolo di incidenza dei raggi; una parte viene assorbita e ri-emessa in parte verso l' esterno ed in parte verso l' interno, ed una parte viene trasmessa all' interno attraversando la superficie trasparente. Quindi la radiazione entrante nella serra produce un riscaldamento dell' intera massa d'aria e degli oggetti direttamente colpiti dalla radiazione stessa.

Per ottenere il massimo effetto serra sono necessari i seguenti requisiti:

- Massima trasparenza delle parti dell' involucro colpite dalla radiazione solare
- Massima ermeticità dell' intero involucro
- Minima conduttanza delle superfici dell' involucro

Si possono definire inoltre tre tipi di serra in funzione delle modalità di trasferimento e di distribuzione del calore:

- Serra a guadagno diretto, in cui la superficie di separazione tra serra ed interno è regolabile e può essere rimossa in gran parte o talvolta addirittura totalmente, per esempio attraverso ampi serramenti mobili, in modo tale da ottenere un' estensione del locale adiacente la serra.
- Serra a scambio convettivo, in cui lo scambio di calore avviene per convezione e viene sfruttata l' aria calda presente nella serra. Tale scambio può avvenire attraverso dei serramenti posti nella superficie di separazione, alla base ed alla sommità della stessa, in modo da creare una circolazione dell' aria dall' interno all' esterno dell' ambiente abitato e dall' esterno all' interno. Può essere utilizzata anche la ventilazione forzata per portare l' aria in locali non adiacenti alla serra, tramite condotti.
- Serra a scambio radiante, in cui la superficie di divisione è costituita da una parete ad accumulo non isolata, priva di aperture.

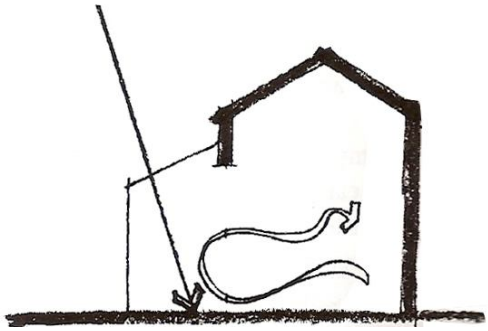


***Figura 5.4.2.1: Funzionamento della serra a guadagno diretto***

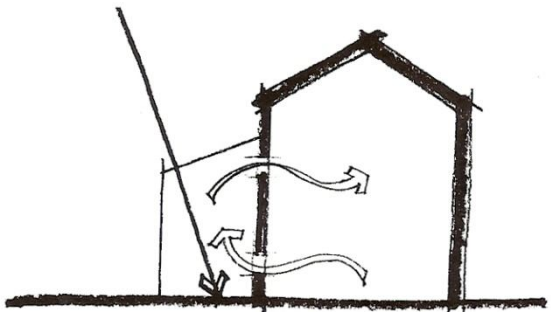


***Figura 5.4.2.2: Funzionamento della serra a scambio convettivo***

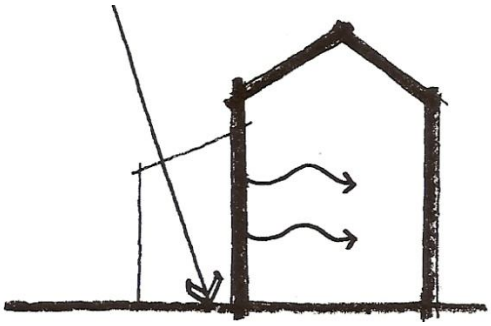


***Figura 5.4.2.1: Funzionamento della serra a scambio radiante***

E' inoltre fondamentale la progettazione della massa termica, poiché il suo scopo principale è quello di immagazzinare l' energia captata dalla serra e renderla disponibile per il suo utilizzo nelle ore di massimo bisogno.

Si possono inoltre avere tre diversi tipi di serra, in base alla tipologia di massa termica utilizzata:

- Serre con accumulo a parete: la radiazione solare invernale penetra all' interno della serra con un angolo compreso tra i 20° ed i 40°, andando a colpire principalmente la superficie verticale in fondo alla serra. Questo fenomeno è massimo ovviamente quando la parete è perfettamente orientata a sud. Inoltre tale superficie non ha solitamente contatti con l' esterno e consente lo scambio ideale dell' energia accumulata dalla parete all' ambiente interno retrostante.

- Serre con accumulo a pavimento:in questo caso le dispersioni di calore sono molto maggiori, poiché la superficie non è a contatto unicamente con l' ambiente interno. Proprio per questo tale soluzione viene utilizzata solitamente in ausilio dell' accumulo a parete.

- Serre con accumulo centrale: si tratta di masse termiche poste al centro della serra, utilizzate soprattutto per serre particolarmente profonde.

Le masse termiche è necessario che siano sempre opportuno che vengano coibentate sul lato freddo, in modo da impedire la dispersione di calore dall' ambiente interno all' esterno.

## 5.4.3 Funzionamento di una serra

### 5.4.3.1 Funzionamento invernale diurno

L' assetto diurno durante i mesi invernali è caratterizzato dal tentativo di massimizzare la captazione. La possibilità di captare energia è legata alla quantità di radiazione presente in un preciso momento. L' energia che raggiunge la superficie terrestre in un certo momento della giornata è condizionata dalla latitudine, dalle condizioni di copertura nuvolosa e dalla limpidezza dell' atmosfera. L' intensità ed il tipo di radiazione possono variare molto da un giorno all' altro o addirittura a distanza di pochi minuti, per esempio durante le giornate caratterizzate da nuvolosità sparsa. Anche se la serra produce i massimi benefici in presenza di radiazione diretta, se le temperature esterne non sono particolarmente basse e l' involucro trasparente è sufficientemente isolante, la serra potrà avere un bilancio energetico positivo anche durante una giornata coperta. L' assetto invernale captante è

dunque caratterizzato ovviamente dalla totale chiusura della parte dell' involucro trasparente.

Le serre a guadagno diretto potranno essere connesse allo spazio adiacente solo quando la temperatura all' interno della serra sarà uguale o superiore a 18-20 °C e si avrà un bilancio termico positivo. Anche se la temperatura non dovesse raggiungere i valori minimi, la serra, costituendo uno spazio tampone, avrà comunque la funzione di ridurre le dispersioni verso l' esterno.

Le serre a scambio convettivo invece attiveranno lo scambio d' aria con gli ambienti adiacenti quando la temperatura dell' aria è superiore a quella degli ambienti stessi. Questo può essere fatto attraverso l' apertura di serramenti che collegati alla serra, attraverso l' attivazione manuale o automatica di valvole o griglie di ventilazione oppure attraverso l' attivazione automatica di elettroventole comandate da un termostato posto nella serra, per il pompaggio dell' aria calda verso ambienti situati sul lato nord oppure ad un piano diverso da quello della serra.

Le serre a scambio radiativo presentano una possibilità di regolazione meno precisa. Il muro di divisione serra/locale adiacente è costituito da un muro che scambia con gli ambienti circostanti principalmente in maniera radiativa. Esso assorbe la radiazione proveniente dai corpi più caldi ed emette radiazione infrarossa verso i corpi più freddi. In questo caso il muro quindi racchiude in sé la funzione di accumulatore e di sistema di distribuzione del calore. Durante il giorno bisogna quindi massimizzare l' esposizione del muro alla radiazione. Il lato irraggiato dal sole assorbirà la radiazione scaldandosi. Il calore si propagherà verso l' interno della muratura ad una velocità che dipende dal tipo di materiale. Se la giornata è sufficientemente soleggiata e lunga da produrre il riscaldamento di tutto lo spessore murario fino a portare la superficie interna, verso il locale retrostante, ad una temperatura superiore a quella dell' aria e delle altre pareti del locale, il muro di accumulo comincia ad irraggiare verso questi corpi freddi.

#### *5.4.3.2 Funzionamento invernale notturno*

L' assetto notturno durante i mesi freddi è caratterizzato principalmente dal tentativo di minimizzare le dispersioni della serra verso l' esterno. Dispersioni eccessive causano il raffreddamento rapido dell' aria e delle masse termiche contenute nella serra impedendogli di sfruttare il calore accumulato durante le ore di sole. La quantità di energia dissipata dipende dalle caratteristiche dell' involucro, in particolare la parte trasparente sarà la fonte principale di dispersioni. A tal fine, oltre a disporre di serramenti che garantiscano una buona tenuta, è utile dotare la serra di dispositivi isolanti mobili: solitamente tende isolanti o pannelli rigidi rimovibili. La posizione di questi dispositivi è legata al tipo di serra.

Le serre a guadagno diretto dovranno possedere una buona capacità isolante che dovrà essere concentrata esclusivamente in corrispondenza dell' involucro. Le tende o i pannelli

isolanti dovranno essere applicati preferibilmente sul lato interno dell' involucro trasparente.

Le serre a scambio convettivo possiedono una superficie di separazione tra la serra ed i locali abitati. Quando la temperatura dell' aria all' interno della serra scende al di sotto di quella dei locali abitati, lo scambio convettivo deve essere interrotto. E' pertanto necessario che l' elemento di separazione tra serra ed abitazione abbia una buona capacità di isolamento termico, ed anche in questo caso possono essere utili dispositivi d'isolamento mobili applicati sull' intero involucro esterno.

Le serre a scambio radiante presentano invece maggiori problemi di controllo del flusso termico. Infatti l' elemento di accumulo costituito dalla parete di divisione tra serra e locale abitato, in mancanza di radiazione invertirà il flusso energetico emettendo energia verso la serra e raffreddandosi rapidamente. E' importante quindi disporre di un sistema mobile d' isolamento collocato sul lato esterno della parete divisoria, che deve essere attivato non appena viene a mancare la radiazione solare.

#### 5.4.3.3 Funzionamento estivo diurno

Nonostante nasca principalmente come dispositivo per il vantaggio termico invernale, la serra costituisce un' espansione dell' abitazione, sfruttabile anche in periodo estivo. In particolare questo è possibile se durante le ore più soleggiate nella calda stagione viene impedito alla radiazione solare di attraversare le superfici vetrate e di generare l' effetto serra. Questo può essere ottenuto utilizzando, per esempio, sistemi di ombreggiamento esterni mobili, regolabili manualmente o meccanicamente. Le schermature sono particolarmente importanti soprattutto per le serre dotate di copertura trasparente, poiché le superfici orizzontali o inclinate sono quelle che, in questa stagione, sono maggiormente esposte alla radiazione. E' tuttavia opportuno che siano dotate di schermatura anche le superfici trasparenti esposte alla sola radiazione diffusa che, durante il periodo estivo, costituisce il 35 % di quella globale. Inoltre, per evitare l' effetto serra, è necessario garantire la ventilazione della serra attraverso l' apertura dei serramenti in modo da garantire una temperatura dell' aria interna mai superiore a quella esterna. I serramenti possono essere posizionati, ad esempio, nella parte inferiore e superiore della vetrata, in modo da generare, durante le giornate calde, un moto d'aria ascendente che crea una depressione all' interno della serra e "lava" la superficie della parete interna.

#### 5.4.3.4 Funzionamento estivo notturno

Durante le ore notturne bisogna garantire la massima dispersione energetica sia sotto forma radiante che sotto forma di convezione dalle masse termiche della serra verso l' esterno. Affinchè questo sia possibile, è necessario ritirare le schermature solari che

potrebbero schermare le radiazioni emesse dalle masse termiche della serra verso il cielo. Per facilitare il flusso di aria fresca all' interno della casa, si possono studiare le aperture dell' abitazione in modo da sfruttare moti d'aria caratteristici del sito.

## 5.4.4 Progettazione delle serre

### 5.4.4.1 Caratteristiche delle serre

Le serre utilizzate nel progetto sono serre addossate all' edificio. Esse sono costituite da un volume vetrato addossato al perimetro dell' edificio e condividono con questo soltanto una delle quattro superfici verticali che la definiscono. Tali serre hanno quindi le superfici laterali e superiore trasparenti e confinanti con l' esterno. Si è scelto di avere la copertura della serra vetrata in modo da migliorare le capacità di captare la radiazione diffusa, proveniente dall' intera volta celeste, ed opportunamente schermata.

Inoltre sono serre a scambio convettivo con accumulo a parete. Quindi esse hanno una massa termica verticale, che confina da una parte con l' ambiente della serra e dall' altra con l' ambiente interno dell' abitazione.

### 5.4.4.2 L'orientamento

Il primo passo per la progettazione delle serre è stata la scelta dell' orientamento della serra stessa, la quale ovviamente deve essere orientata verso la principale direzione di provenienza della radiazione, e cioè verso il sud, trovandoci nell' emisfero boreale. D' altronde l' intero complesso residenziale è stato ruotato in modo tale che le stecche delle residenze e dello studentato godessero il più possibile dell' affaccio verso quella direzione, per ottimizzare lo sfruttamento delle serre e captare quindi la massima parte di radiazione possibile durante il periodo invernale, e al tempo stesso ricevere il minimo di radiazione nei mesi estivi, se si escludono le superfici orizzontali e quelle a nord che però anche nei mesi invernali hanno poco apporto di radiazioni. Quindi la parete verticale orientata verso sud è la più vantaggiosa in termini di bilancio tra l' energia captata nei mesi invernali ed in quelli estivi.

Infatti la quantità di energia incidente sulla superficie varia in funzione dell' angolo di incidenza definito come l' angolo tra un vettore normale alla superficie ed il vettore della radiazione solare.

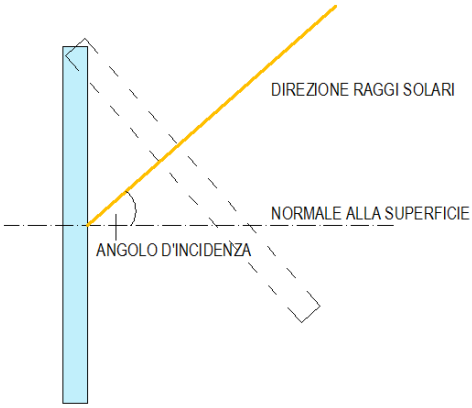



***Figura 5.4.4.1: Angolo d' incidenza***

Per massimizzare l' efficienza la parete deve essere il più possibile orientata a sud e, se verticale, deve avere per le latitudini italiane una rotazione rispetto al sud geografico contenuta entro i 25° verso est ed i 25° verso ovest, in modo che l' angolo d'incidenza risulti entro i 35°. Se si rimane al di sotto di tale angolazione si possono ottenere, come si vede nella tabella seguente, una buona percentuale di radiazione incidente.

| Angolo di incidenza (gradi) | Radiazione incidente (percentuale di quella incidente su un piano perpendicolare ai raggi solari) |
|---|---|
| 0 | 100.0 |
| 5 | 99.6 |
| 10 | 98.5 |
| 15 | 96.5 |
| 20 | 94.0 |
| 25 | 90.6 |
| 30 | 86.6 |
| 35 | 81.9 |
| 40 | 76.6 |
| 45 | 70.7 |
| 50 | 64.3 |
| 55 | 57.4 |
| 60 | 50.0 |
| 65 | 42.3 |
| 70 | 34.2 |
| 75 | 25.8 |
| 80 | 17.4 |
| 85 | 8.7 |
| 90 | 0.0 |

***Tabella 5.4.1: Valori della radiazione incidente rispetto all' angolo d' incidenza***

Seguendo queste indicazioni, le pareti delle serre della stecca residenziale, così come quelle della stecca dello studentato, sono state orientate il più possibile verso il sud, verificando che il loro orientamento fosse compreso entro i 35°, che abbiamo visto essere l' ampiezza ideale dell' angolo d' incidenza.

Come si può vedere dal disegno sottostante, l' angolo d'incidenza delle serre delle residenze è di 20°, mentre quello delle serre dello studentato è di 5°. Nel primo caso si ha quindi una radiazione incidente pari al 94% di quella massima, mentre nel secondo caso la radiazione incidente sarà pari al 99,6 % di quella massima, e quindi sono comunque elevate.

***Figura 5.4.4.2: Angolo d' inclinazione delle serra rispetto al sud***

L' angolo di incidenza della radiazione è importante anche per quanto riguarda l' involucro trasparente, poiché a seconda dell' orientamento varia la percentuale di riflessione verso l' esterno della radiazione stessa.

Per quanto riguarda le pareti trasparenti principali delle serre, il fatto che siano inclinate verso sud, o comunque con una variazione angolare inferiore a ± 30°, permette ulteriormente di massimizzare l' efficienza della serra e renderla in grado di captare dal 55 al 75 % della radiazione solare diretta complessiva per unità di superficie che raggiunge la superficie terrestre nelle ore centrali di una giornata invernale.

### 5.4.4.3 La parete d'accumulo

La parete d' accumulo è stata progettata in modo tale da avere sufficiente inerzia termica, in grado di assorbire l' energia termica quando questa è più intensa per cederla poi gradualmente per irraggiamento o convezione. Si può ottenere così un' attenuazione ed uno sfasamento dell' onda termica della serra, che permetta il rilascio del calore quando è necessario, cioè principalmente nelle ore serali, durante le quali, in un ambiente residenziale, vi è maggiore presenza dell' utenza. Scopo principale della massa termica è quindi quello di immagazzinare l' energia captata dalla serra e renderla disponibile in un secondo momento, con circa 6/10 ore di ritardo.

La parete d' accumulo è situata all' interno della serra, sul lato opposto a quello verticale trasparente della stessa, in modo da renderla direttamente esposta alla radiazione solare diretta. Infatti, nonostante contribuiscano anche le masse termiche secondarie ad elevare l' inerzia termica, in regime invernale tale fenomeno è per esse notevolmente ridotto.

Inoltre, per essere efficiente, la parete d' accumulo deve avere ovviamente dei materiali idonei a fornire sufficiente inerzia alla parete stessa, in modo da renderla in grado di accumulare il calore e di rilasciarlo poi gradualmente. Si è preferito quindi utilizzare una tecnologia tradizionale piuttosto che una a secco. Si è consapevoli del fatto che anche la seconda soluzione può fornire l' inerzia necessaria tramite l' utilizzo di materiali nuovi, quali quelli a cambiamento di fase, come i PCM, che riescono a sfasare l' onda termica in un sistema leggero; tuttavia la tipologia di appartamenti progettata ci ha portato ad evitare questa soluzione, che sarebbe risultata sicuramente più costosa di una semplice parete in mattoni. Trattandosi di un complesso di case a basso costo ci è sembrato opportuno considerare il fattore economico ed optare quindi per il sistema meno oneroso, cioè quello con tecnologia tradizionale.

La parete d' accumulo è composta dai seguenti strati:

1. Strato di finitura esterno in intonaco civile, spessore 1,5 cm
2. Strato portante in blocchi di gasbeton, spessore 30 cm
3. Strato di isolamento termo- acustico in lana di roccia, spessore 7,5 cm
4. Strato di finitura interno in doppio strato di cartongesso, spessore 2,5 cm con inserita micro lamina in alluminio

Si è scelto di utilizzare il gasbeton invece di un forato normale a causa dell' elevata capacità isolante di questo materiale, che ha una conduttività termica inferiore a 0,09 W/mK, e mantiene comunque notevoli prestazioni di resistenza meccanica, di isolamento acustico e di inerzia termica, caratteristiche di un sistema "muro". Il sistema prevede blocchi rettificati con giunti maschio-femmina perfettamente compenetranti da posare su letti di malta sottili (sp. 1.5 mm), minimizzando ponti termici e annullando errori di posa in opera.

Si riporta di seguito la scheda tecnica del blocco di gasbeton utilizzato.

| Caratteristiche tecniche | Unità di misura | ENERGY 300 |
|---|---|---|
| Massa volumica a secco lorda | $kN/m^3$ | 3.50 |
| Massa volumica di calcolo | $kN/m^3$ | 4.50 |
| Conduttività termica $\lambda_{10,dry}$ (UNI EN 1745) | W/mK | 0.084 |
| Conduttività termica utile $\lambda$ (UNI EN ISO 10456)[1] | W/mK | 0.101 |
| Fattore di resistenza al vapore d'acqua $\mu$ | - | 6 |
| Permeabilità al vapore $\delta$ | kg/msPa | $32 \cdot 10^{-12}$ |
| Capacità termica specifica (calore specifico) Cp | J/kgK | 1000 |

| Dimensioni [mm] | | | Densità | caratteristiche blocco | | | foro | pz/ | mh/ | mc/ | peso/ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| l | h | s | $kN/m^3$ | liscio | M/F | tasche | ø [mm] | bancale | bancale | bancale | bancale |
| 625 | 250 | 240 | 4,50 | x | | | 150 | 30 | 7,50 | 1,125 | 700 |
| 625 | 250 | 300 | 4,50 | x | | | 200 | 24 | 6,00 | 1,125 | 700 |
| 625 | 250 | 360 | 4,50 | x | | | 200 | 18 | 4,50 | 1,013 | 650 |
| 625 | 200 | 400 | 4,50 | x | | | 200 | 24 | 4,80 | 1,200 | 750 |
| 625 | 200 | 480 | 3,50 | x | | | 200 | 16 | 3,20 | 0,960 | 500 |
| Dimensioni [mm] | | | Densità | caratteristiche blocco | | | foro | pz/ | mh/ | mc/ | peso/ |
| l | h | s | $kN/m^3$ | liscio | M/F | tasche | ø [mm] | bancale | bancale | bancale | bancale |
| 600 | 250 | 240 | 5,00 | x | | | 150 | 30 | 7,50 | 1,080 | 740 |
| 600 | 250 | 300 | 5,00 | x | | | 200 | 24 | 6,00 | 1,080 | 740 |
| 600 | 250 | 400 | 5,00 | x | | | 200 | 18 | 4,50 | 1,080 | 740 |

***Tabella 5.4.2: Schede tecniche del gasbeton***

La presenza dello strato di coibentazione sul lato freddo della parete è necessaria per evitare, soprattutto durante il periodo invernale, che il calore penetrato all' interno del locale abitato si disperda verso l' esterno, e contribuisce quindi a mantenere uno stato di comfort nell' abitazione. Ovviamente la riduzione delle dispersioni di calore dal locale abitato verso la serra dovrà essere portata al minimo soprattutto durante le ore serali e notturne, nelle quali le residenze sono maggiormente vissute.

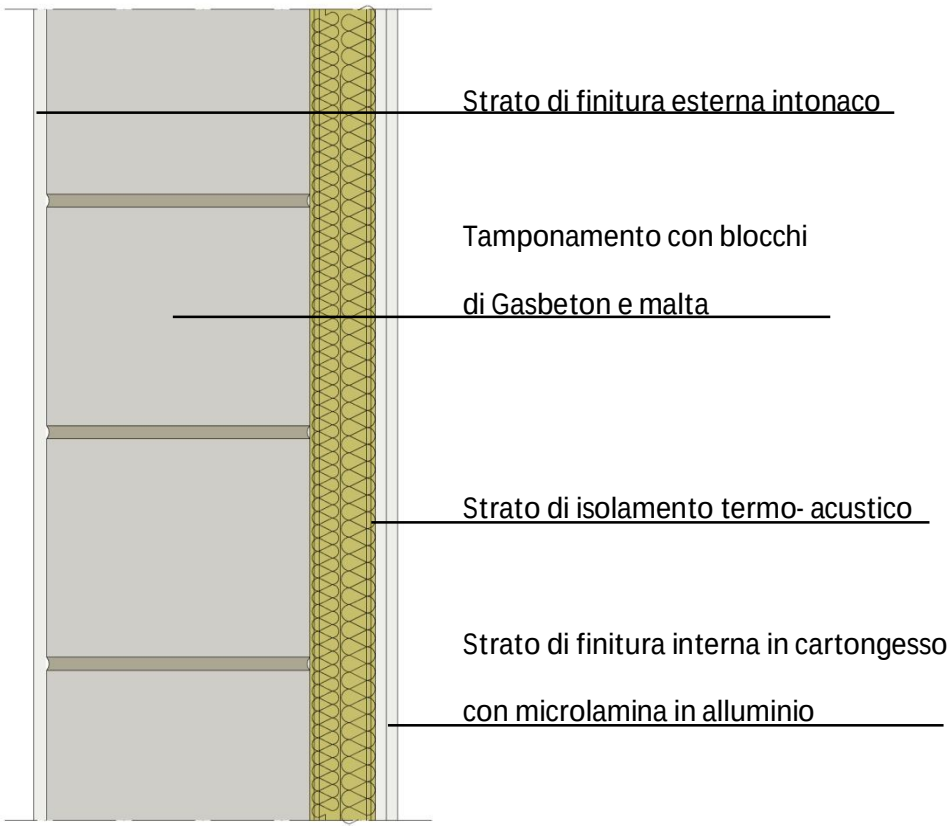



***Figura 5.4.4.3: Stratigrafia della parete d' accumulo***

Tale stratigrafia permette di ottenere una trasmittanza termica pari a 0, 157 W/m$^2$K. Si è inoltre verificata l' assenza di condensa superficiale ed interstiziale, come si può vedere dai seguenti diagrammi.

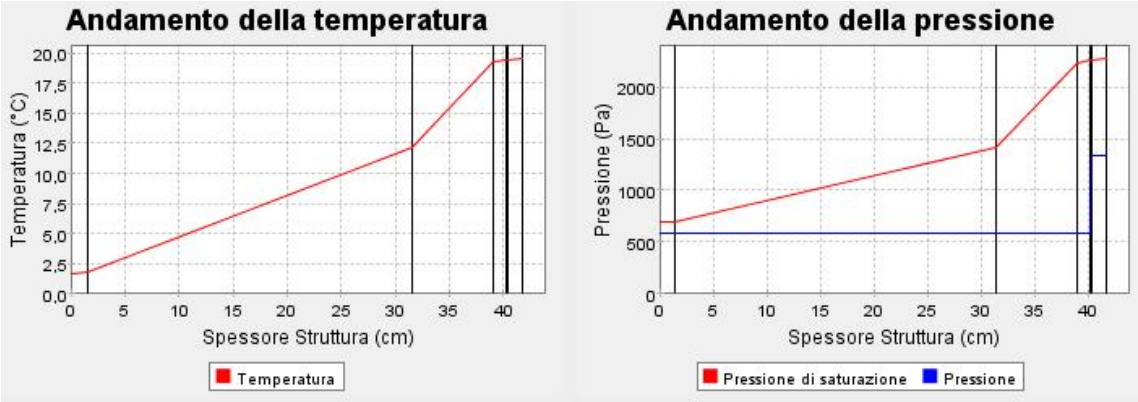



***Figura 5.4.4.4: Grafici dell' andamento della temperature e della pressione nella parete***

**Legenda**

- Press. Saturazione (Pa)
- Pressione (Pa)
- Condensazione
- Evaporazione
- Condensa residua

| Mese | Press. Est... | Interf. 1 | Interf. 2 | Interf. 3 | Interf. 4 | Interf. 5 | Press. Int... |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Ottobre** | 1601,64 | 1602,69 | 1987,68 | 2303,24 | 2311,26 | 2311,26 | 2319,30 |
| | 1412,00 | 1412,27 | 1412,45 | 1412,50 | 1412,51 | 1654,99 | 1655,00 |
| **Novembre** | 1070,45 | 1071,94 | 1680,32 | 2269,40 | 2285,39 | 2285,39 | 2301,47 |
| | 958,00 | 958,55 | 958,92 | 959,01 | 959,02 | 1448,03 | 1448,05 |
| **Dicembre** | 768,53 | 770,08 | 1468,60 | 2243,08 | 2265,21 | 2265,21 | 2287,53 |
| | 671,00 | 671,77 | 672,28 | 672,41 | 672,43 | 1355,43 | 1355,45 |
| **Gennaio** | 696,00 | 697,54 | 1411,44 | 2235,45 | 2259,35 | 2259,36 | 2283,48 |
| | 590,00 | 590,83 | 591,39 | 591,53 | 591,55 | 1331,13 | 1331,15 |
| **Febbraio** | 830,12 | 831,67 | 1514,93 | 2249,09 | 2269,82 | 2269,82 | 2290,72 |
| | 645,00 | 645,72 | 646,20 | 646,32 | 646,34 | 1284,88 | 1284,90 |
| **Marzo** | 1168,38 | 1169,81 | 1742,07 | 2276,57 | 2290,88 | 2290,88 | 2305,26 |
| | 943,00 | 943,49 | 943,82 | 943,90 | 943,91 | 1380,39 | 1380,40 |
| **Aprile** | 1601,64 | 1602,69 | 1987,68 | 2303,24 | 2311,26 | 2311,26 | 2319,30 |
| | 1163,00 | 1163,27 | 1163,45 | 1163,50 | 1163,51 | 1405,99 | 1406,00 |
| **Maggio** | 2049,98 | 2050,00 | 2057,24 | 2062,32 | 2062,44 | 2062,44 | 2062,57 |
| | 1326,00 | 1326,10 | 1326,16 | 1326,18 | 1326,18 | 1411,05 | 1411,05 |
| **Giugno** | 2740,60 | 2740,60 | 2740,60 | 2740,60 | 2740,60 | 2740,60 | 2740,60 |
| | 1840,00 | 1840,00 | 1840,00 | 1840,00 | 1840,00 | 1840,00 | 1840,00 |
| **Luglio** | 3184,83 | 3184,83 | 3184,83 | 3184,83 | 3184,83 | 3184,83 | 3184,83 |
| | 1736,00 | 1736,00 | 1736,00 | 1736,00 | 1736,00 | 1736,00 | 1736,00 |
| **Agosto** | 3000,12 | 3000,12 | 3000,12 | 3000,12 | 3000,12 | 3000,12 | 3000,12 |
| | 2012,00 | 2012,00 | 2012,00 | 2012,00 | 2012,00 | 2012,00 | 2012,00 |

***Tabella 5.4.3: Assenza di condensa***

E' importante inoltre valutare lo sfasamento termico della chiusura, in modo da verificare che esso sia sufficientemente elevato da permettere alla parete di rilasciare il calore accumulato durante il giorno nelle ore serali, quando ce n'è maggiore bisogno. E' risultato essere di 17h 27'.

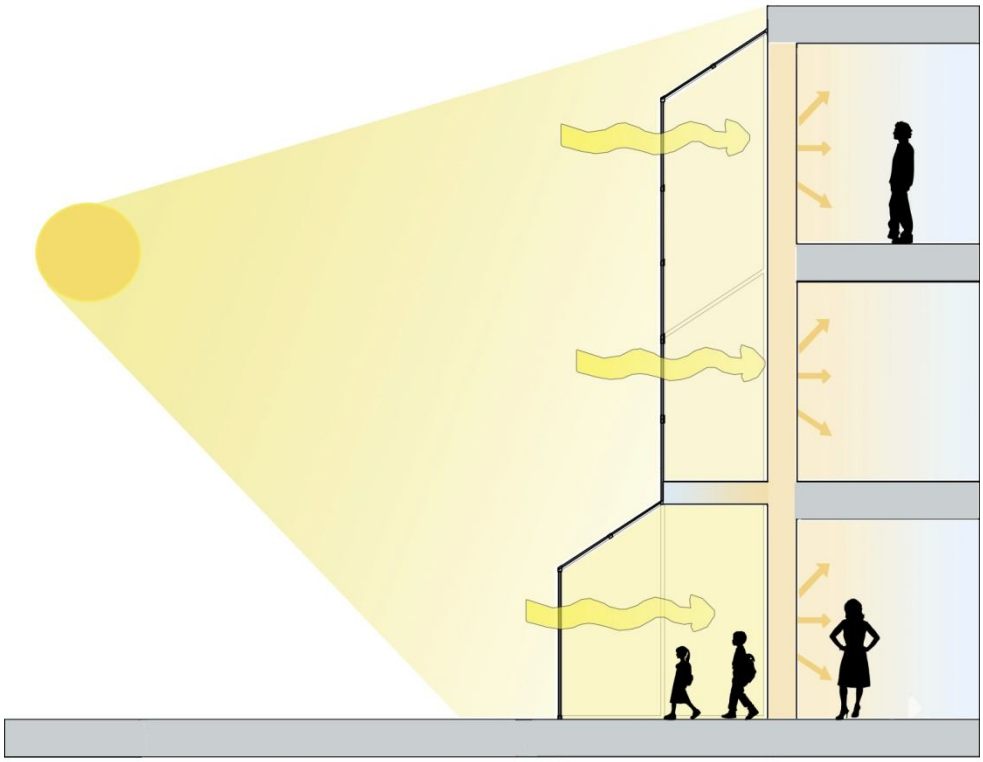


***Figura 5.4.4.5: Comportamento della parete d'accumulo nella stagione invernale***

La parete d' accumulo è caratterizzata dalla presenza di un serramento apribile a battente, diverso a seconda delle serre considerate:

- In quelle al piano terra ed al primo piano il serramento consiste in una porta-finestra, che consente di mettere in comunicazione i due ambienti e permette l' accesso dell' utenza alla serra direttamente dall' appartamento, più precisamente dalla zona giorno.
- In quelle al piano secondo il serramento è una finestra apribile, che consente il ricambio d'aria della stanza adiacente alla serra, ma non permette all' utenza di accedere nella serra, poichè, a questo livello, le aperture si affacciano al livello superiore delle serre che si sviluppano su due piani, il quale non è usufruibile.

Il funzionamento di tale serra fa in modo che, nel periodo invernale, la radiazione venga accumulata dalla parete durante il giorno e rilasciata all' interno della casa durante le ore serali, grazie alla capacità della chiusura di sfasare l' onda termica del tempo necessario; ovviamente in inverno la porta-finestra che permette l' accesso alla serra rimarrà chiusa, per permettere al calore penetrato nella casa di non fuoriuscire.

Onde evitare perdite termiche si è cercato di utilizzare un vetro ad alte prestazioni, con vetro doppio, in modo anche da limitare la differenza di trasmittanza tra parte opaca e parte vetrata. E' stato utilizzato un vetro basso – emissivo, che ha la caratteristica di ridurre le dispersioni termiche. Infatti l' energia solare entra nell' edificio principalmente come onde corte ma, una volta all'interno, è riflessa dagli oggetti verso il vetro come radiazione a onde lunghe. Il vetro basso emissivo è dotato di un coating che contrasta efficacemente la dispersione termica, consentendo l'ingresso del calore di origine solare e impedendo la fuoriuscita dell'energia emessa dai corpi radianti interni. In pratica il vetro basso emissivo riflette l' energia verso l' interno della stanza, con una dispersione di calore notevolmente ridotta rispetto ad un vetro normale. Si ottiene quindi un guadagno solare maggiore, che permette di ridurre le esigenze ed i costi di riscaldamento, soprattutto nei mesi più freddi.

La vetrata è composta sai seguenti strati:

1. Lastra esterna di spessore 4 mm, del tipo Pilkington Optifloat Clear
2. Vetrocamera di spessore 16 mm, con riempimento in Argon
3. Lastra interna di spessore 4 mm, del tipo Pilkington K Glass

La lastra interna è quella basso emissiva, poiché dotata di un coating pirolitico che le permette di avere prestazioni superiori in termini di risparmio energetico ed isolamento termico.

Tale stratigrafia della vetrata permette di avere una trasmittanza totale $U_g$= 1,5 W/m$^2$K, che rispetta quella massima stabilita dal decreto legislativo 311/2006, in vigore dal 1 gennaio 2010, pari a 1,7 W/m$^2$K.

| Zona climatica | valori in vigore dall'01.07.2008 | valori validi dall'01.01.2011 |
|---|---|---|
| A | 4,5 | 3,7 |
| B | 3,4 | 2,7 |
| C | 2,3 | 2,1 |
| D | 2,1 | 1,9 |
| E | 1,9 | 1,7 |
| F | 1,7 | 1,3 |

***Tabella 5.4.4: limiti delle trasmittanze delle chiusure, imposti dal decreto legislativo 311/2006***

Si poteva scegliere un vetro con prestazioni ulteriormente elevate e quindi con una trasmittanza inferiore, ma si è tenuto conto del fatto che si stanno progettando case a basso costo, ed il vetro utilizzato permette di ottenere sia l' efficienza che l' economia del prodotto.

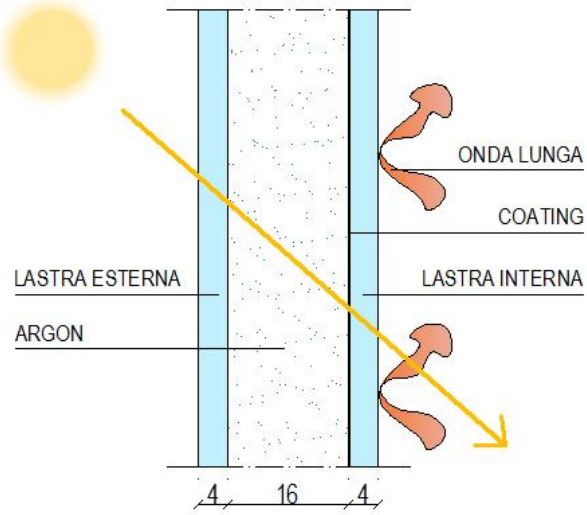



***Figura 5.4.4.6: Funzionamento del vetro basso emissivo***

Come telaio delle finestre si è scelto di utilizzare un telaio che garantisse prestazioni termiche notevoli, per evitare che un serramento poco efficiente comprometta l' intero funzionamento del sistema serra. Si è optato per un telaio in PVC rispetto ad un telaio in alluminio, in modo da ridurre i ponti termici. Infatti un telaio in alluminio, anche se con prestazioni notevoli, disperde comunque di più di un telaio in PVC, trattandosi ovviamente di un metallo, e quindi di un materiale molto conduttore.

Il telaio utilizzato è del tipo Oknoplast, modello Koncept.

***Figura 5.4.4.7: Immagine del telaio utilizzato***

Tale profilo è in PVC è dotato di un sistema a 5 camere e garantisce un elevato isolamento termico della finestra. Ha una trasmittanza termica pari a 1,4 W/m$^2$K.

Il telaio viene verniciato di verde, per semplici motivi estetici. Da un parte riprende il colore delle tende presenti sulle serre come sistema di oscuramento, dall'altra contribuisce a ravvivare la facciata, giocando sul contrasto del verde dei serramenti con il bianco dell' intonaco della parete d' accumulo.

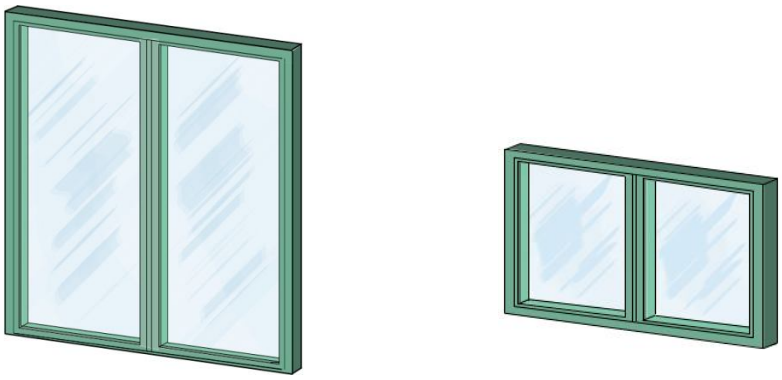


***Figura 5.4.4.8: Tipologie di finestre presenti nelle serre***

E' stato calcolato il valore di trasmittanza delle finestre delle pareti di accumulo, sia quindi delle porte finestre ai piani terra e primo, sia delle finestre al piano secondo. E' stato verificato che sia compreso nei valori massimi previsti dal D.Lgs. 311/2006. Si è utilizzata la seguente formula:

$$U_w = \frac{A_g U_g + A_f U_f + l_g \Psi_g}{A_g + A_f}$$

Dove: $A_g$ = area del vetro

$U_g$ = valore di trasmittanza termica riferito all'area centrale della vetrata, e non include l'effetto del distanziatore del vetro lungo il bordo della vetrata stessa

$A_f$ = area telaio

$U_f$ = valore di trasmittanza termica del telaio in assenza della vetrata

$l_g$ = lunghezza perimetro del vetro

$\Psi_g$ = trasmittanza termica lineare

I valori massimi sono i seguenti:

| Zona climatica | valori validi fino al 31.12.2009 | valori in vigore dall'01.01.2010 |
|---|---|---|
| A | ~~5,0~~ | 4,6 |
| B | ~~3,6~~ | 3,0 |
| C | ~~3,0~~ | 2,6 |
| D | ~~2,8~~ | 2,4 |
| E | ~~2,4~~ | 2,2 |
| F | ~~2,2~~ | 2,0 |

***Tabella 5.4.5:Limiti di trasmittanza delle finestre, imposti dal D.Lgs 311/2006***

Come si può osservare in tabella, il valore di trasmittanza della porta finestra della parete d' accumulo rispetta il valore massimo da normativa, pari a 2,2 W/m$^2$K.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Area del vetro | $A_g$ | 3,36 | [m$^2$] |
| Trasmittanza vetrata | $U_g$ | 1,5 | [W/Km$^2$] |
| Area telaio | $A_f$ | 0,88 | [m$^2$] |
| Trasmittanza telaio | $U_f$ | 1,4 | [W/Km$^2$] |
| Perimetro vetro | $l_g$ | 11,6 | [m] |
| Trasmittanza lineare | $\Psi_g$ | 0,08 | [m] |
| Trasmittanza finestra | $U_w$ | 1,7 | [W/Km$^2$] |
| Trasmittanza da D.Lgsl. | $U_{wmax}$ | 2,2 | [W/Km$^2$] |
| Verifica | $U_w < U_{wmax}$ | verificato | |

***Tabella 5.4.6: Trasmittanza della porta finestra della parete d' accumulo***

Allo stesso modo si è verificata la trasmittanza della finestra semplice.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Area del vetro | $A_g$ | 1,76 | [$m^2$] |
| Trasmittanza vetrata | $U_g$ | 1,5 | [$W/Km^2$] |
| Area telaio | $A_f$ | 0,67 | [$m^2$] |
| Trasmittanza telaio | $U_f$ | 1,4 | [$W/Km^2$] |
| Perimetro vetro | $l_g$ | 7,68 | [m] |
| Trasmittanza lineare | $\Psi_g$ | 0,08 | [m] |
| Trasmittanza finestra | $U_w$ | 1,7 | [$W/Km^2$] |
| Trasmittanza da D.Lgsl. | $U_{wmax}$ | 2,2 | [$W/Km^2$] |
| Verifica | $U_w < U_{wmax}$ | verificato | |

***Tabella 5.4.7: Trasmittanza della finestra della parete d' accumulo***

### *5.4.4.4 Le superfici vetrate*

Le serre delle residenze, essendo la maggior parte addossate alle abitazioni, hanno tre pareti su quattro vetrate. Anche la copertura inclinata è vetrata. Questa scelta è dovuta al fatto che le pareti della serra devono rispondere a tre requisiti principali:

- Massimizzare la quantità di radiazione captata in inverno sfruttando anche la radiazione diffusa
- Proteggere la serra dalla radiazione nei periodi caldi
- Ridurre le dispersioni verso l' esterno

Riguardo al primo punto, si deve tenere presente che durante le giornate molto nuvolose infatti la componente radiativa solare diretta è nulla e l'unica componente di energia solare disponibile è quella diffusa. In questi casi la componente diffusa è di bassa intensità, pari a circa 1/10 o 1/20 di quella diretta nella stessa stagione ed appare uniformemente distribuita su tutta la volta celeste. Durante giornate con nuvolosità sottile o con foschia ad alta quota invece la volta celeste appare molto luminosa e l' intensità della radiazione può arrivare fino a quasi ½ di quella diretta. In questi casi la radiazione sembra provenire con discreta intensità da tutti i punti della volta celeste ma in direzione del sole si percepisce una luminosità più intensa. Invece, durante le giornate parzialmente nuvolose, con alternanza di nuvole e sole, si verifica una forte variabilità sia nella direzione che nell' intensità della radiazione. La capacità di captare la radiazione diffusa è direttamente correlata alla quantità di cielo "visto" dalla superficie collettore della serra. E' quindi evidente che una copertura totalmente trasparente permetta alla parete verticale d'accumulo di captare maggiore irradiazione rispetto ad una copertura opaca o parzialmente opaca.

Un ulteriore vantaggio derivante dalla scelta di una copertura trasparente è quello di dare maggiore luminosità all' ambiente interno della serra e di conseguenza a quello adiacente ad essa, dotato, come abbiamo visto, di aperture.

Ovviamente tale scelta ha anche i sui lati negativi, che riguardano gli altri due punti elencati. Infatti la copertura trasparente, essendo meno isolata della copertura opaca, non solo causa una maggiore dispersione energetica nelle ore notturne, ma offre un ostacolo minore alla radiazione nelle giornate estive. A tal proposito si è risolto tale problema tramite l' utilizzo di sistemi d' oscuramento, di cui tratteremo più avanti, e tramite l' inserimento di aperture, che permettano il raffrescamento dell' aria interna alla serra. Un aiuto ulteriore è dato dalla scelta del vetro utilizzato per la copertura e per le pareti trasparenti della serra.

Infatti è stato utilizzato anche in questo caso un vetro basso – emissivo, che ha la caratteristica intrinseca di ridurre le dispersioni, ed incrementa quindi le prestazioni della serra stessa. Esso presenta le medesime caratteristiche del vetro utilizzato per le aperture della parete d' accumulo.

Ha quindi la seguente stratigrafia:

1. Lastra esterna di spessore 4 mm, del tipo Pilkington Optifloat Clear
2. Vetrocamera di spessore 16 mm, con riempimento in Argon
3. Lastra interna di spessore 4 mm, del tipo Pilkington K Glass

Tale vetrata ha trasmittanza $U_g$ pari a 1,5 $W/m^2K$ .

Cambia invece il tipo di serramento utilizzato. Si è scelto un profilo in alluminio, che garantisca elevate prestazioni in termini di tenuta all' aria ed all' acqua, e che permetta l' inserimento di aperture all' interno dei montanti e traversi delle vetrate della serra. Il tealio utilizzato è del tipo Poliedra sky 50, della Metra. Esso è dotato di interruzione del ponte termico, ed è caratterizzato da una trasmittanza termica minima $U_f$ pari a 2,2 $W/m^2K$.

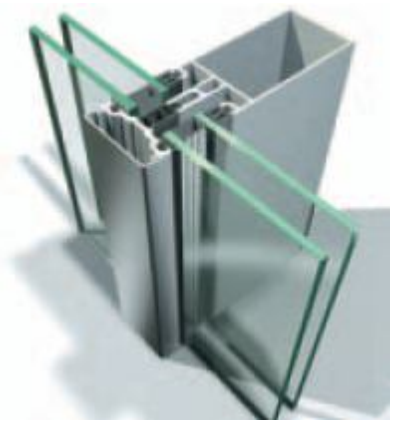


***Figura 5.4.4.9: Telaio della serra***

Le serre sono autoportanti, quindi non gravano sulla struttura delle residenze e dello studentato, ma si sostengono autonomamente. Questo è possibile grazie all' utilizzo di tali profili,che sono strutturali, e quindi non hanno bisogno di alcuna sottostruttura che li sostenga, né necessitano alcun tipo di ancoraggio ai pilastri.

E'stata calcolata la trasmittanza delle vetrate della serra, utilizzando la seguente formula, che differisce da quella usata per la finestra del muro.

$$U_{cw} = \frac{\Sigma A_g U_g + \Sigma A_p U_p + \Sigma A_{TJ} U_{TJ}}{\Sigma A_g + \Sigma A_p + \Sigma A_{TJ}}$$

I dati utili sono i seguenti:

$A_g$ = area del vetro

$U_g$ = valore di trasmittanza termica riferito all'area centrale della vetrata, e non include l'effetto del distanziatore del vetro lungo il bordo della vetrata stessa

$A_{Tj}$ = area telaio

$U_{Tj}$ = valore di trasmittanza termica del telaio in assenza della vetrata

$A_p$ = area pannelli opachi

$U_p$ = trasmittanza termica dei pannelli opachi, posti tra le serre adiacenti

| | | | |
|---|---|---|---|
| Area del vetro | $A_g$ | 23,4 | [$m^2$] |
| Trasmittanza vetrata | $U_g$ | 1,5 | [$W/Km^2$] |
| Area telaio | $A_f$ | 2,4 | [$m^2$] |
| Trasmittanza telaio | $U_f$ | 2,2 | [$W/Km^2$] |
| Area pannello opaco | $A_P$ | 7,43 | [m] |
| Trasmittanza pannello opaco | $U_p$ | 1,73 | [$W/Km^2$] |
| Trasmittanza finestra | $U_{cw}$ | 1,6 | [$W/Km^2$] |
| Verifica | $U_w < U_{wmax}$ | verificato | |

***Tabella 5.4.8. Trasmittanza della vetrata della serra***

Sono state inoltre previste delle aperture sulle vetrate della serra, per migliorarne il funzionamento.

- Una porta-finestra per le serre al piano terra, la quale si apre sul cortile esterno privato su cui si affacciano gli appartamenti; essa ha principalmente la funzione di permettere l' accesso dalla serra, e quindi dall' appartamento, al cortile. Inoltre, in caso di eccessivo surriscaldamento della serra, è possibile aprire il serramento in questione e permettere all' aria calda di uscire, nel caso la temperatura esterna sia inferiore a quella interna della serra. Ovviamente tale fenomeno è possibile solo nella stagione estiva, durante la quale le ore diurne sono caratterizzate da

temperature elevate, che possono portare notevole discomfort all' interno della serra, soprattutto se priva di sistemi d' ombreggiamento.

- Aperture nella parte inferiore della vetrata verticale e nella parte superiore della vetrata inclinata. Queste sono presenti in tutte le serre, in modo da creare un flusso d'aria all' interno della serra, che ne raffreschi l' ambiente interno durante il periodo estivo. Durante la stagione invernale tali aperture rimarranno chiuse, per permettere all'aria nella serra di scaldarsi e alla parete adiacente la casa di accumulare calore. Il posizionamento di tali aperture è stato scelto il più distante possibile le une dalle altre in modo da massimizzare il flusso d' aria passante nella serra. Esse si aprono a bilico, così da rendere più controllabile la ventilazione e da non ostacolare ed ingombrare eccessivamente l' ambiente interno alla serra, impedendo al tempo stesso la penetrazione dell' acqua attraverso il giunto tra telaio fisso e mobile. Le vasistas collocate nella parte inferiore della vetrata sono dotate di griglia. Al piano terra essa ha la funzione di impedire l' accesso all' interno della serra di animali di piccole dimensioni, mentre al piano superiore la griglia è presente per ovvie ragioni di sicurezza.

- Inoltre sono state posizionate della aperture a vasistas sulla parte superiore delle vetrate scure, laterali alla serra. Queste sono state progettate per il funzionamento estivo diurno della serra. Nella stagione calda infatti, durante il giorno i sistemi di oscuramento saranno attivati, e quindi, se si aprono le finestre sulla vetrata inclinata, la fuoriuscita dell' aria calda dall' interno all' esterno della serra sarà un po' ostacolata dalla presenza delle schermature. Le aperture laterali contribuiranno ad incrementare il raffrescamento della serra, non essendo coperte da ostruzioni esterne.

***Figura 5.4.4.10: Serra al piano terra delle residenze***

- Nelle serre ai piani sopraelevati, sono state inserite finestre con apertura a bilico in modo da permettere sia la fuoriuscita dell' aria calda dall' ambiente serra quando è eccessivamente riscaldato, sia la fuoriuscita di aria satura dalla serra e l'ingresso si aria fresca dovuta alla presenza di brezze, soprattutto durante la sera nei periodi caldi.

***Figura 5.4.4.12: Serra al piano primo delle residenze***

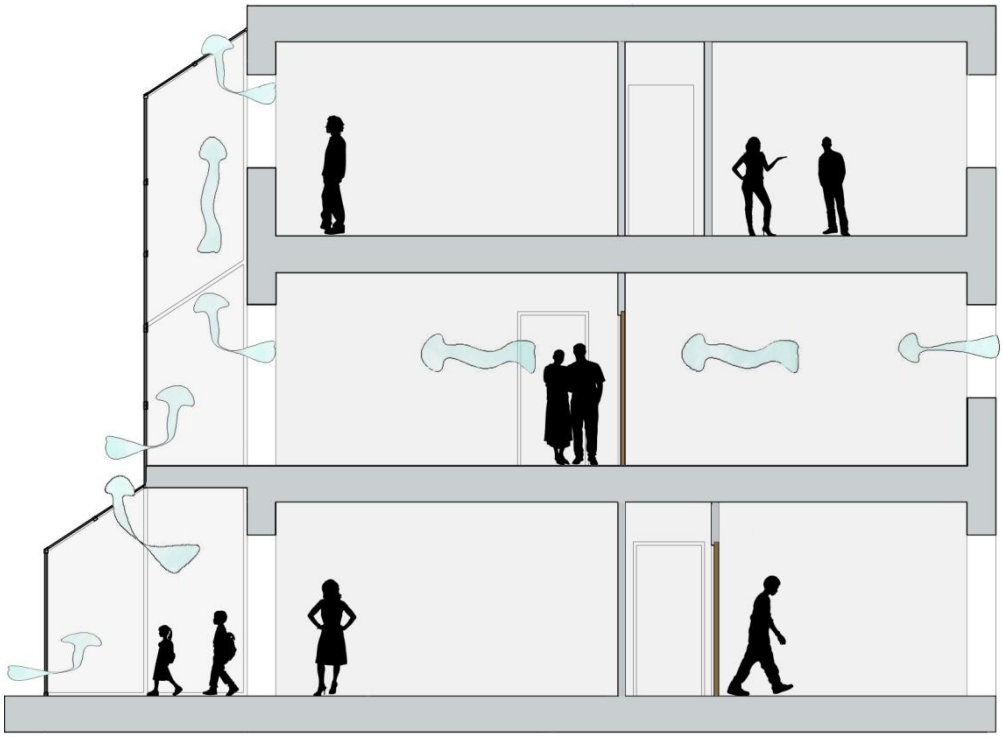


***Figura 5.4.4.11: Funzionamento delle serre per il raffrescamento dell' aria***

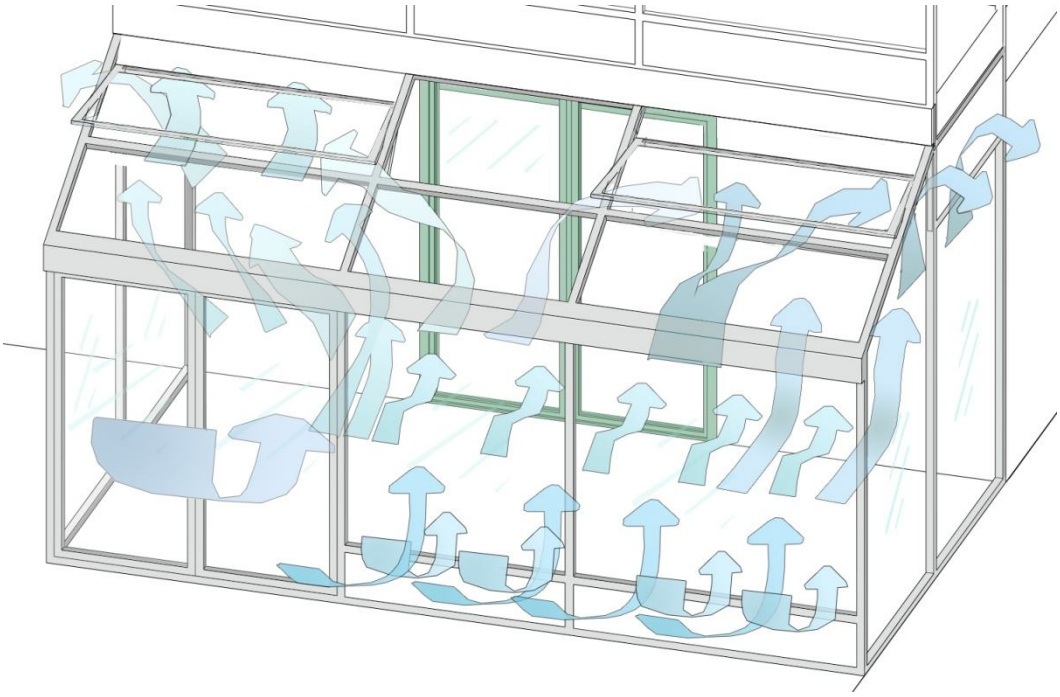


***Figura 5.4.4.12: Rappresentazione del passaggio dell' aria fresca nelle serre al piano terra delle residenze e dello studentato***

Nello studentato oltre alla tipologia di serre descritta, è presente un tipo di serra con caratteristiche differente, ai piani secondo e terzo. Infatti a quest' altezza non vi sono più serre addossate agli appartamenti, ma serre semi incorporate.

Esse hanno una sola parete vetrata, quella diretta verso sud, mentre le pareti laterali sono opache, in modo da impedire la visuale da una serra all' altra, essendo tutte adiacenti. Le serre hanno le medesime caratteristiche tecnologiche di quelle residenziali, ma cambia il sistema d' apertura del vetro. Esso ha una fila di finestre a vasistas nella parte inferiore, ed una nella parte superiore, in modo da creare una ventilazione interna alla serra che permetta di abbassarne la temperatura creando un flusso d' aria ascendente, fondamentale nella stagione estiva.

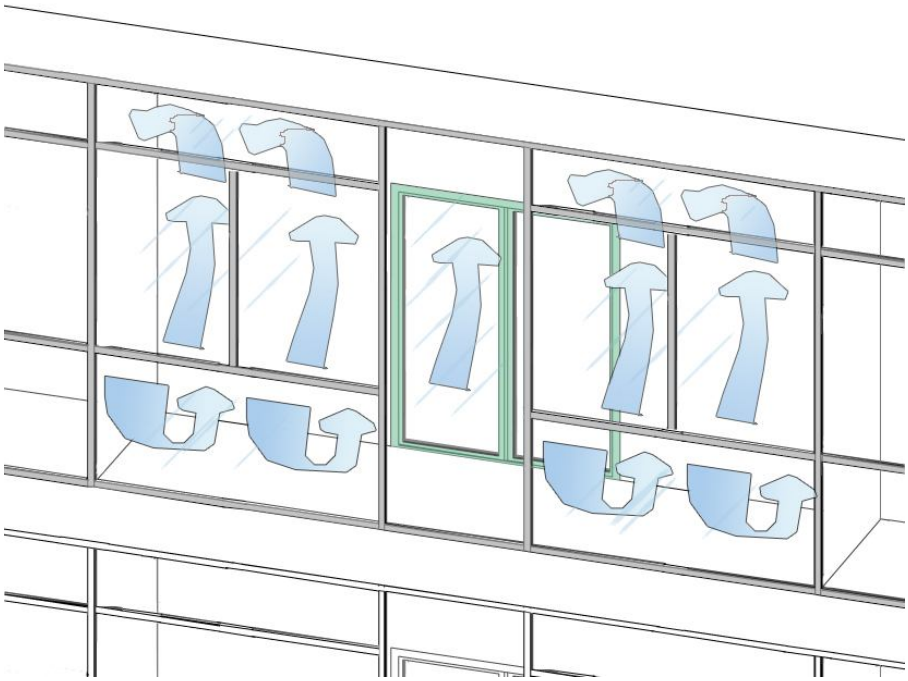


***Figura 5.4.4.13: Rappresentazione del passaggio dell' aria fresca nelle serre ai piani secondo e terzo dello studentato***

Anche per questo tipo di serre è stata calcolata la trasmittanza dell' intera vetrata.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Area del vetro | $A_g$ | 13,5 | [$m^2$] |
| Trasmittanza vetrata | $U_g$ | 1,5 | [$W/Km^2$] |
| Area telaio | $A_f$ | 2,7 | [$m^2$] |
| Trasmittanza telaio | $U_f$ | 2,2 | [$W/Km^2$] |
| Area pannello opaco | $A_P$ | 8,1 | [m] |
| Trasmittanza pannello opaco | $U_p$ | 1,73 | [$W/Km^2$] |
| Trasmittanza finestra | $U_{cw}$ | 1,7 | [$W/Km^2$] |
| Verifica | $U_w < U_{wmax}$ | verificato | |

***Tabella 5.4.4.1: Trasmittanza vetrata serra***

### 5.4.4.5 Le schermature

Le superficie vetrate rivolte a sud o parzialmente a sud, causeranno un guadagno solare estivo non desiderabile. Sebbene d' estate la radiazione solare diretta che colpisce una superficie verticale rivolta a sud abbia un angolo d' incidenza molto più radente rispetto alla superficie vetrata, con una conseguente perdita di potenza per unità di superficie e riduzione della trasmissione solare all' interno per effetto della riflessione, essa è comunque sufficiente a creare gravi problemi di surriscaldamento. L'efficacia di qualsiasi schermatura dipende perciò da quanto bene essa schermi la superficie vetrata d' estate senza schermarla d' inverno. Per fare ciò si può ricorrere a due classi di dispositivi:

- Schermature fisse
- Schermature mobili

Poiché la prima tipologia di schermatura non ha grande adattabilità con le differenze condizioni climatiche e di temperatura delle diverse stagioni, si è optato per utilizzare nel progetto soprattutto schermature mobili.

Bisogna innanzitutto specificare che, per essere efficace, la schermatura deve intercettare la radiazione prima che attraversi la copertura trasparente. Quindi la soluzione migliore è uno schermo regolabile posto all' esterno della vetrata. E' meglio porlo all' esterno piuttosto che all' interno poiché se così fosse, essa non impedirebbe il verificarsi dell' effetto serra e potrebbe fornire l' unica utilità di proteggere dalla radiazione diretta le masse termiche.

Il sistema di ombreggiamento deve permettere di schermare le vetrate principali, cioè quella superiore inclinata e quella verticale parallela alla parete di accumulo dell' abitazione, e le vetrate laterali. In questo modo si offre un' ulteriore protezione estiva all' irradiazione della serra ed al surriscaldamento dell' aria interna durante le ore diurne. Tale schermatura consiste in due sistemi:

- L' utilizzo di tende scorrevoli, apribili manualmente, sulla superficie vetrata frontale e superiore della serra. Esse, oltre ad avere un ruolo importante per il corretto funzionamento della serra, hanno anche un ruolo estetico notevole. Esse infatti contribuiscono a disegnare il prospetto, poiché, essendo regolate in maniera differente a seconda dell' utenza, creano un' alternanza tra le parti oscurate, quindi "opache", e quelle non oscurate, quindi "trasparenti", che si traduce visivamente in un gioco di pieni e vuoti che dona movimento e varietà sulla facciata.

  Inoltre si è deciso di utilizzare il verde come colore delle tende, in modo da evidenziare maggiormente la differenza tra pieni e vuoti che si crea con l' apertura o la chiusura di tali schermature, ed in modo da donare ancora più vivacità alla facciata per distinguerla ulteriormente dai complessi residenziali confinanti, dai colori scuri ed anonimi.

- Per le vetrate laterali delle serre al piano terra, che non confinano con altre serre, si è pensato invece a schermature fisse, che consistono in un oscuramento parziale della vetrata, creato tramite un vetro verde. Esso impedisce parzialmente l' irradiazione eccessiva della serra durante il periodo estivo. Si è scelto questo tipo di oscuramento e non schermature mobili quali tende, a causa della geometria delle superfici, che rendeva difficoltoso l' inserimento di sistemi mobili e l' usufruibilità degli stessi.

- Nelle serre confinanti con altre serre è fondamentale il problema della privacy, poiché l' adiacenza con uno spazio di un' altra abitazione rende impossibile mettere un vetro come superficie di separazione, poiché permetterebbe la visuale da una zona all' altra. Si è optato quindi per una schermatura totale, tramite l' inserimento di un pannello di cartongesso come parete divisoria. La quale, se da un lato impedisce totalmente la visuale, dall' altro crea un ostacolo totale all' irradiaizone laterale all' interno delle serre in questione.

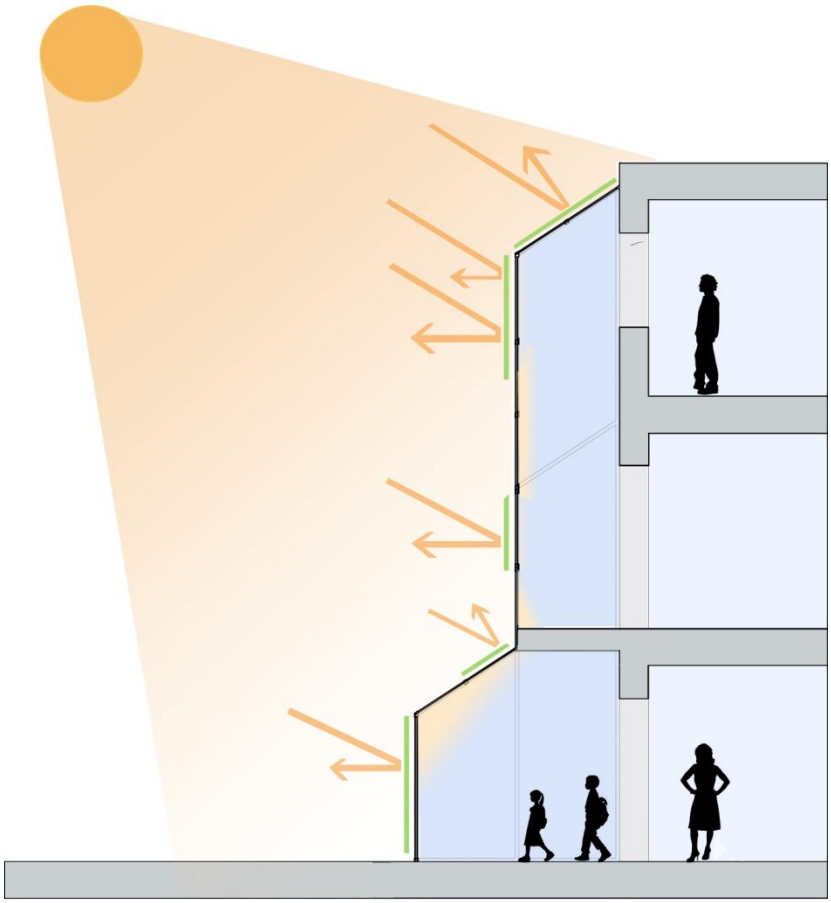


***Figura 5.4.4.14: Funzionamento estivo delle tende oscuranti***

***Figura 5.4.4.15 Immagine delle serre con le tende oscuranti***

## 5.4.5 Calcolo delle dispersioni e dei guadagni delle serre

Si sono calcolati i guadagni e le dispersioni della serra tipo delle residenze per famiglie, utilizzando la norma UNI EN 832:2001, tramite l' utilizzo del software "SERRA 832". Tale norma definisce i guadagni solari come somma di guadagni diretti entranti attraverso la parete divisoria e guadagni indiretti. Si sono valutati i seguenti valori:

- /l **Qsd-t**, cioè i guadagni diretti da superfici trasparenti. Si considerano i serramenti posti tra serra e ambiente riscaldato.
- Il **Qsd-o,** cioè i guadagni diretti da superfici opache, poste tra serra ed ambienti riscaldati.
- L' **IQ**, cioè l' energia assorbita dalla serra, relativa alla radiaizone solare che colpisce la superficie opaca interna alla serra.
- L' **Hiu** e l' **Hue**, cioè le dispersioni della serra tra esterno, serra e spazi riscaldati.
- I fattori di riduzione **b** della capacità della serra di trattenere l' energia ed il coefficiente **H** di dispersione di calore.
- I **Qsi**, cioè i guadagni indiretti.
- Le temperature di progetto **Ti**, cioè quelle interne di termostato, e quelle esterne medie mensili **Te.**
- Il fattore **L**, cioè le dispersioni complessive attraverso la serra.

Riportiamo di seguito le tabelle con i valori indicati ed il risultato ottenuto.

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nome elemento | | **PORTA-FINESTRA** | | | | | |
| Orientamento | | SUD-OVEST | | | | | |
| Area apertura | | 4,24 | mq | | | | |
| m | | 0,79 | | | | | |
| gw | | 0,83 | | | | | |
| ms | | 0,75 | | | | | |
| ge | | 0,72 | | | | | |
| | OTT | NOV | DIC | GEN | FEB | MAR | |
| Ip (kWh/mq giorno) | 2,47 | 1,50 | 1,20 | 1,33 | 2,02 | 2,95 | |
| F | 0,90 | 0,90 | 0,90 | 0,90 | 0,90 | 0,90 | |
| **Qsdt1 (kWh/giorno)** | **3,34** | **2,03** | **1,62** | **1,80** | **2,73** | **3,99** | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Nome elemento | **PAVIMENTO** | | | | | |
| Orientamento | SUD-OVEST | | | | | |
| Area | 14 | mq | | | | |
| α | 0,6 | | | | | |
| ms | 0,75 | | | | | |
| ge | 0,72 | | | | | |
| | OTT | NOV | DIC | GEN | FEB | MAR |
| Ip (kWh/mq giorno) | 2,47 | 1,50 | 1,20 | 1,33 | 2,02 | 2,95 |
| F | 0,90 | 0,90 | 0,90 | 0,90 | 0,90 | 0,90 |
| **IQ1 (kWh/giorno)** | **10,10** | **6,12** | **4,90** | **5,43** | **8,25** | **12,04** |

| | | |
|---|---|---|
| Nome elemento | PARETE TRA SERRA E APPARTAMENTO | |
| Orientamento | SUD-OVEST | |
| Area | 15 | mq |
| Up | 0,157 | W/mq K |
| α | 0,6 | |
| ms | 0,75 | |
| ge | 0,72 | |

| | OTT | NOV | DIC | GEN | FEB | MAR |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ip (kWh/mq giorno) | 2,47 | 1,50 | 1,20 | 1,33 | 2,02 | 2,95 |
| F | 0,90 | 0,90 | 0,90 | 0,90 | 0,90 | 0,90 |
| **Qsdo1 (kWh/giorno)** | **0,22** | **0,13** | **0,11** | **0,12** | **0,18** | **0,26** |

**DISPERSIONE DALLA SERRA VERSO ESTERNO - Hue**

ELEMENTI OPACHI — TOTALE 3,11 W/K

| | | |
|---|---|---|
| Nome elemento | SOLAIO CONTRO TERRA | |
| Area | 14 | mq |
| U | 0,15 | W/mq K |
| Dispersione | 2,1 | W/K |
| Nome elemento | COPERTURA | |
| Area | 6,75 | mq |
| U | 0,15 | W/mq K |
| Dispersione | 1,0125 | W/K |

ELEMENTI TRASPARENTI — TOTALE DIURNO 37,45 W/K; TOTALE NOTTURNO 37,45 W/K

| | | |
|---|---|---|
| Nome elemento | VETRO SERRA TRASPARENTE | |
| Area | 23,404 | mq |
| U diurna | 1,6 | W/mq K |
| U notturna | 1,6 | W/mq K |
| Disp. Diurna | 37,4464 | W/K |
| Disp. Notturna | 37,4464 | W/K |
| Nome elemento | VETRO SERRA COLORATO | |
| Area | | mq |
| U diurna | | W/mq K |
| U notturna | | W/mq K |
| Disp. Diurna | 0 | W/K |
| Disp. Notturna | 0 | W/K |

PONTI TERMICI — TOTALE 192,34 W/K

| | | |
|---|---|---|
| Nome ponte termico | PORTA FINESTRA SERRA | |
| lunghezza | 5,6 | m |
| k | 8,4 | W/m K |
| Dispersione | 47,04 | W/K |
| Nome ponte termico | APERTURE INFERIORI SERRA | |
| lunghezza | 5,79 | m |
| k | 8,68 | W/m K |
| Dispersione | 50,2572 | W/K |
| Nome ponte termico | APERTURE SUPERIORI SERRA | |
| lunghezza | 7,96 | m |
| k | 11,94 | W/m K |
| Dispersione | 95,0424 | W/K |

PORTATA D'ARIA DA AMBIENTE ESTERNO A SERRA — CALCOLA

22 mc/h

DISPERSIONE DIURNA

Hued 240,38 W/K

DISPERSIONE NOTTURNA

Huen 240,38 W/K

**Hue 240,38 W/K**

***Tabella 5.4.9: Dispersione diurnal e notturna dalla serra delle residenze verso l' esterno***

DISPERSIONE DA SPAZIO RISCALDATO A SERRA - Hiu

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| ELEMENTI OPACHI | | | TOTALE | 1,68 W/K |
| Nome elemento | | CHIUSURA TRA SERRA E APPARTAMENTO | | |
| Area | 10,7 | mq | | |
| U | 0,157 | W/mq K | | |
| Dispersione | | 1,6799 W/K | | |
| Nome elemento | | | | |
| Area | | mq | | |
| U | | W/mq K | | |
| Dispersione | | 0 W/K | | |
| ELEMENTI TRASPARENTI | | | TOTALE DIURNO | 7,28 W/K |
| | | | TOTALE NOTTURNO | 7,28 W/K |
| Nome elemento | | PORTA FINESTRA della CHIUSURA | | |
| Area | 4,28 | mq | | |
| U diurna | 1,7 | W/mq K | | |
| U notturna | 1,7 | W/mq K | | |
| Disp. Diurna | | 7,276 W/K | | |
| Disp. Notturna | | 7,276 W/K | | |
| Nome elemento | | | | |
| Area | | mq | | |
| U diurna | | W/mq K | | |
| U notturna | | W/mq K | | |
| Disp. Diurna | | 0 W/K | | |
| Disp. Notturna | | 0 W/K | | |
| DISPERSIONE DIURNA | | | | |
| Hiud | 8,96 W/K | | | |
| DISPERSIONE NOTTURNA | | | | |
| Hiun | 8,96 W/K | | | |
| **Hiu** | **8,96** | **W/K** | | |

*Tabella 5.4.10: Dispersionediurna e notturna dallo spazio riscaldato alla serra*

**TEMPERATURA MEDIA MENSILE NELLA SERRA SENZA GUADAGNI SOLARI-tsng**

| | | OTT | NOV | DIC | GEN | FEB | MAR |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Qe (temperatura esterna media mensile) | °C | 14 | 7,9 | 3,1 | 1,7 | 4,2 | 9,2 |
| Qi (temperatura di termostato dell'ambiente) | °C | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |

**GUADAGNO SOLARE INDIRETTO**

| | OTT | NOV | DIC | GEN | FEB | MAR |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Qsi (MJ/giorno) | 0,33 | 5,99 | 4,79 | 5,31 | 8,07 | 11,78 |

**TOTALE DISPERSIONI**

| | OTT | NOV | DIC | GEN | FEB | MAR | TOTALE ANNO | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| kWh/giorno | 1,2 | 2,5 | 3,5 | 3,8 | 3,3 | 2,2 | 502,26 | kWh/anno |

*Tabella 5.4.11: Totale dispersioni*

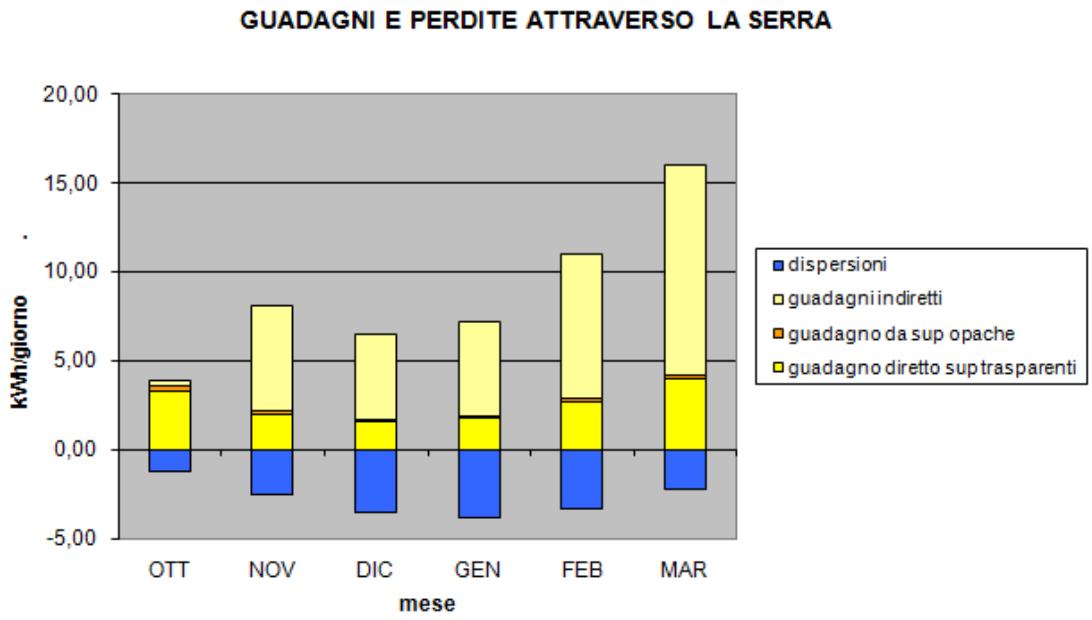



***Figura 5.4.5.1: Grafico dei guadagni e delle perdite attraverso la serra***

Come si può osservare dal grafico, le dispersioni delle serre sono di gran lunga inferiori rispetto ai guadagni, quindi il corretto funzionamento della serra risulta verificato. Si sono inoltre valutati i guadagni e le perdite in assenza della serra, per vedere quanto fosse necessaria ed efficace la sua presenza. Per effettuare questa verifica si è utilizzata, nella chiusura tra ambiente riscaldato e serra, la stessa stratigrafia delle chiusure su ambiente esterno, presenti nel resto dell' edificio, quindi con tecnologia a secco e rivestimento in cotto.

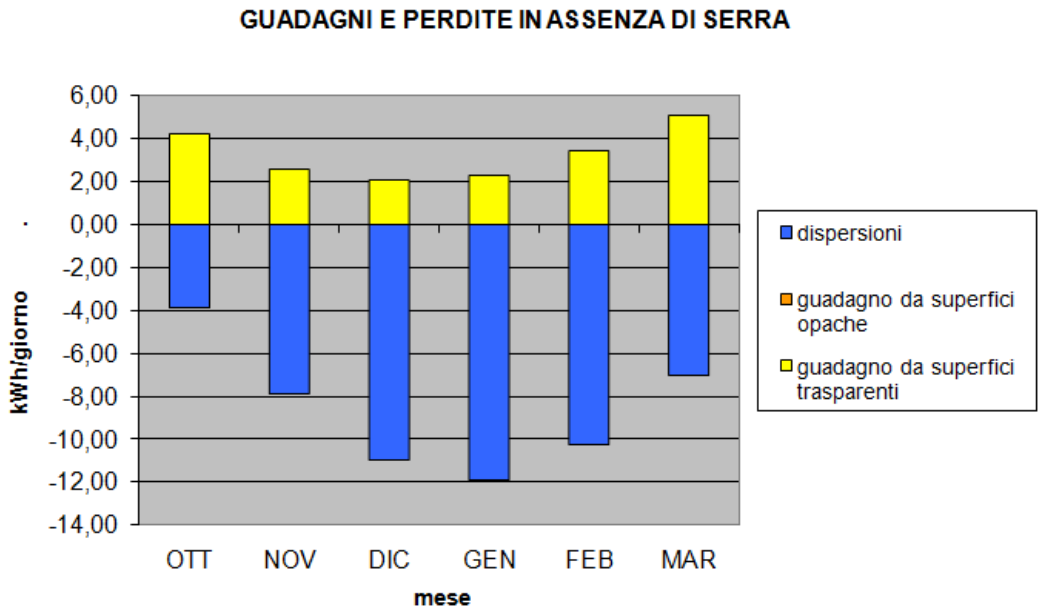



***Figura 5.4.5.2: Grafico dei guadagni e delle perdite in assenza di serra***

Come si può osservare, le dispersioni in assenza di serra sono molto maggiori rispetto a quelle dello stato attuale del progetto. I guadagni diretti dalle superfici trasparenti sono praticamente gli stessi, ma non vi sono guadagni indiretti né da superfici opache, quindi i guadagni totali sono comunque di gran lunga inferiori rispetto a quelli ottenuti con la presenza delle serre. Questo fatto lo si può notare anche nel diagramma sottostante, che rappresenta il bilancio energetico di confronto tra le prestazioni con e senza serra, e quindi il vantaggio che ne deriva.

| GUADAGNI AL NETTO DELLE PERDITE - CON SERRA | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | OTT | NOV | DIC | GEN | FEB | MAR | totale kWh/anno |
| (kWh/giorno) | 2,6 | 5,6 | 3,0 | 3,4 | 7,7 | 13,8 | 1093,1 |
| | | | | | | | |
| GUADAGNI AL NETTO DELLE PERDITE - SENZA SERRA | | | | | | | |
| | OTT | NOV | DIC | GEN | FEB | MAR | totale kWh/anno |
| (kWh/giorno) | 0,37 | -5,26 | -8,89 | -9,58 | -6,77 | -1,92 | -968,2 |
| | | | | | | | |
| BILANCIO GLOBALE VANTAGGIO SERRA | | | | | | | |
| | OTT | NOV | DIC | GEN | FEB | MAR | totale kWh/anno |
| (kWh/giorno) | 2,28 | 10,90 | 11,90 | 13,00 | 14,46 | 15,71 | 2061,4 |

***Tabella 5.4.12: Guadagno finale globale ottenuto con la serra***

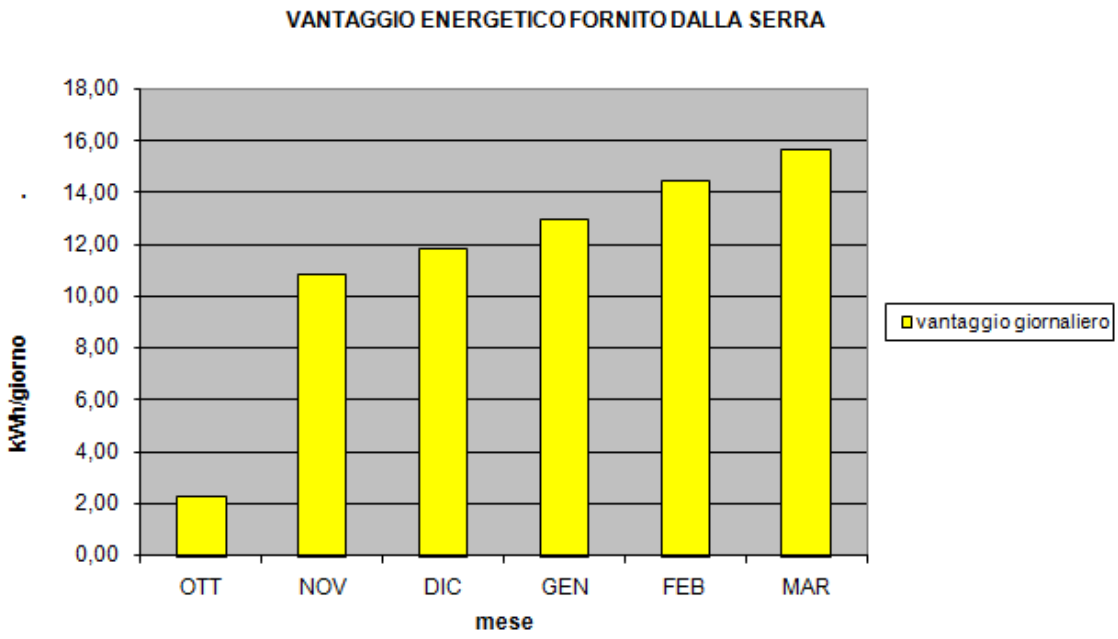



***Figura 5.4.5.3: Grafico del guadagno totale giornaliero ottenuto con la serra***

## 5.4.6 Esempi di edifici con serre

### 5.4.6.1 BedZED (Beddington Zero Energy Emission), Londra, Regno Unito

BedZED nasce con l' obiettivo di ridurre le emission di anidride carbonica e, parallelamente, di sviluppare una quantità di energia tale da soddisfare il bisogno del complesso abitativo, ovvero di essere energeticamente autosufficiente. La progettazione ha seguito regole bioclimatiche e ha impiegato sistemi tecnologici avanzati. La maggior parte degli alloggi è dotata di un' area a giardino pensile e di una serra.

***Figura 5.4.6.1: BEDZed_Vista dall' alto***

***Figura 5.4.6.2: BEDZed_Vista delle serre***

### 5.4.6.2 Little Tesseract, Rhinebeck, Stati Uniti

E' un cubo di legno avvolto da un volume ad "L" di acciaio e vetro che forma l' ampliamento di una piccola casa in pietra a pochi chilometri da New York. Il corpo intermedio è definito da un involucro vetrato in gran parte apribile , che, essendo esposto a sud, funziona da serra e crea una zona temperata in inverno ed in estate, grazie alle aperture presenti, permette al vento di circolare liberamente e di abbassare in pochi minuti la temperatura interna, senza bisogno di usare l' aria condizionata.

***Figura 5.4.6.3:Little Tesseract_Vista della serra***

### 5.4.6.3 Villa Nackros, Kalmar, Svezia

Questa abitazione unifamiliare galleggiante è costituita dalla ripetizione degli spazi, in modo da semplificare la costruzione e ridurne i costi. All' interno vi è una grande sensazione di ampiezza, che viene enfatizzata da grandi vetrate che, estendendosi dal pavimento al soffitto, offrono luminosità a tutta l' abitazione. L' illuminazione notturna costituisce un aspetto importante nel progetto all' interno dell' abitazione. La distribuzione strategica delle luci in diversi punti, che fa risaltare esternamente la silhouette della casa, serve, all' interno, ad illuminare totalmente gli spazi principali.

***Figura 5.4.6.4: Villa Nackros_ Vista della serra***

***Figura 5.4.6.5: Villa Nackros***

## 5.5 La certificazione energetica

Il valore di trasmittanza delle stratigrafie appena calcolato serve a definire le caratteristiche d'isolamento del singolo pacchetto, ma non dice niente riguardo l'intero ambente delimitato dalle chiusure e partizioni prese in esame.

Per far questo ci si è avvalsi dell'utilizzo del programma CasaClima.

CasaClima è un metodo di certificazione energetica degli edifici presentato nel 2002. È stato ideato da Norbert Lantschner, ex direttore dell'ufficio "Aria e Rumore", del Dipartimento all'Urbanistica, Ambiente ed Energia della provincia di Bolzano, ed è entrato in vigore nel 2005.

La normativa proposta dalla provincia di Bolzano, impone la classe C come standard minimo a cui riferire la progettazione e la realizzazione degli edifici.

Per classe C si intende un valore di consumo energetico inferiore a 70 kWh/m²a, paragonabile al potere calorifico di 7 litri di gasolio per riscaldare efficientemente per un anno la superficie di 1 m².

Soluzioni migliorative certificabili comprendono la classe B ≤50 kWh/m²a, pari a 5 litri/m², detta anche casa da 5 litri, la classe A ≤30 kWh/m²a, pari a 3 litri/m², detta anche casa da 3 litri e la classe oro ≤10 kWh/m²a pari a 1 litro/m², detta anche casa da 1 litro.

CasaClima non solo permette la certificazione degli edifici in base alla quantità d'energia necessaria per il loro riscaldamento invernale, ma da anche la possibilità di valutare l'efficienza complessiva dell'edificio in questione, infatti permette di valutare anche la presenza o meno di un impianto solare, fotovoltaico, di raffrescamento, il tipo di impianto di riscaldamento (cogeneratore, pompa di calore, pompa di assorbimento, caldaia, teleriscaldamento) e il fabbisogno d'energia elettrica.

Per l'edificio in questione, però, ci si è limitati a verificare il l'efficienza dell'involucro, in quanto i sistemi di recupero del calore, di raffrescamento, fotovoltaico ecc. non sono stati presi in considerazione a causa della necessità di limitare i costi.

Si è però voluta realizzare una connessione tra efficienza dell'involucro e aspetto dello stesso. Si è voluta, cioè, analizzare l'influenza che l'aumento o la riduzione delle serre in facciata provoca su questi due aspetti, portandoci a scegliere la soluzione migliore esteticamente e funzionalmente.

Si sono analizzati due casi distinti, uno con le pareti a diretto contatto con l'esterno rivestite in cotto e quelle poste dietro le serre semplicemente intonacate e tinteggiate( soluzione A), in modo da creare uno "stacco" di colore tra le differenti chiusure, e l'altro con entrambi i tipi di chiusure rivestite in cotto (soluzione B).

Si riportano di seguito i casi presi in considerazione per la soluzione A con i relativi risultati:

| COMBINAZIONE 1 | PIANO | % SERRE | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 100% | ~ 75% | ~50% | ~25% | 23% | 0% |
| | TERRA | x | | | | | |
| | PRIMO | x | | | | | |
| | SECONDO | | | | | x | |
| | KW/m$^2$a TOTALI | 36 - CLASSE B CASACLIMA | | | | | |

*Tabella 5.5.1: Percentuali di serre e dispersioni – Soluzione A combinazione 1*

| COMBINAZIONE 2 | PIANO | % SERRE | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 100% | 75% | 50% | 25% | 23% | 0% |
| | TERRA | | x | | | | |
| | PRIMO | | x | | | | |
| | SECONDO | | | | | x | |
| | KW/m$^2$a TOTALI | 37- CLASSE B CASACLIMA | | | | | |

*Tabella 5.5.2:Percentuali di serre e dispersioni – Soluzione A combinazione 2*

| COMBINAZIONE 3 | PIANO | % SERRE | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 100% | 75% | 50% | 25% | 23% | 0% |
| | TERRA | | | x | | | |
| | PRIMO | | | x | | | |
| | SECONDO | | | | | x | |
| | KW/m$^2$a TOTALI | 38- CLASSE B CASACLIMA | | | | | |

*Tabella 5.5.3:Percentuali di serre e dispersioni – Soluzione A combinazione 3*

| COMBINAZIONE 4 | PIANO | % SERRE | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 100% | 75% | 50% | 25% | 23% | 0% |
| | TERRA | | | | x | | |
| | PRIMO | | | | x | | |
| | SECONDO | | | | | x | |
| | KW/m$^2$a TOTALI | 39- CLASSE B CASACLIMA | | | | | |

*Tabella 5.5.4:Percentuali di serre e dispersioni – Soluzione A combinazione 4*

| COMBINAZIONE 5 | PIANO | % SERRE | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 100% | 75% | 50% | 25% | 23% | 0% |
| | TERRA | | x | | | | |
| | PRIMO | x | | | | | |
| | SECONDO | | | | | x | |
| | KW/m$^2$a TOTALI | 37- CLASSE B CASACLIMA | | | | | |

*Tabella 5.5.5:Percentuali di serre e dispersioni – Soluzione A combinazione 5*

| COMBINAZIONE 6 | PIANO | % SERRE | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 100% | 75% | 50% | 25% | 23% | 0% |
| | TERRA | | | x | | | |
| | PRIMO | x | | | | | |
| | SECONDO | | | | | x | |
| | KW/m$^2$a TOTALI | 37- CLASSE B CASACLIMA | | | | | |

*Tabella 5.5.6:Percentuali di serre e dispersioni – Soluzione A combinazione 6*

| COMBINAZIONE 7 | PIANO | % SERRE | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 100% | 75% | 50% | 25% | 23% | 0% |
| | TERRA | | | | x | | |
| | PRIMO | x | | | | | |
| | SECONDO | | | | | x | |
| | KW/m$^2$a TOTALI | 38- CLASSE B CASACLIMA | | | | | |

*Tabella 5.5.7:Percentuali di serre e dispersioni – Soluzione A combinazione 7*

| COMBINAZIONE 8 | PIANO | % SERRE | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 100% | 75% | 50% | 25% | 23% | 0% |
| | TERRA | | | | | | x |
| | PRIMO | x | | | | | |
| | SECONDO | | | | | x | |
| | KW/m$^2$a TOTALI | 38- CLASSE B CASACLIMA | | | | | |

*Tabella 5.5.8:Percentuali di serre e dispersioni – Soluzione A combinazione 8*

| COMBINAZIONE 9 | PIANO | % SERRE | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 100% | ~ 75% | ~50% | ~25% | 23% | 0% |
| | TERRA | | | | | | x |
| | PRIMO | | | | | | x |
| | SECONDO | | | | | | x |
| | KW/m$^2$a TOTALI | 41 - CLASSE B CASACLIMA | | | | | |

*Tabella 5.5.9:Percentuali di serre e dispersioni – Soluzione A combinazione 9*

Si riportano ora le varie combinazioni per la soluzione B con annessi risultati:

| COMBINAZIONE 1 | PIANO | % SERRE | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 100% | ~ 75% | ~50% | ~25% | 23% | 0% |
| | TERRA | x | | | | | |
| | PRIMO | x | | | | | |
| | SECONDO | | | | | x | |
| | KW/m$^2$a TOTALI | 36 - CLASSE B CASACLIMA | | | | | |

*Tabella 5.5.10: Percentuale di serre e dispersioni - Soluzione B combinazione 1*

| COMBINAZIONE 2 | PIANO | % SERRE | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 100% | ~ 75% | 50% | 25% | 23% | 0% |
| | TERRA | | x | | | | |
| | PRIMO | | x | | | | |
| | SECONDO | | | | | x | |
| | KW/m$^2$a TOTALI | 37 - CLASSE B CASACLIMA | | | | | |

*Tabella 5.5.11: Percentuale di serre e dispersioni - Soluzione B combinazione 1*

| COMBINAZIONE 3 | PIANO | % SERRE | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 100% | 75% | 50% | 25% | 23% | 0% |
| | TERRA | | | x | | | |
| | PRIMO | | | x | | | |
| | SECONDO | | | | | x | |
| | KW/m$^2$a TOTALI | 38- CLASSE B CASACLIMA | | | | | |

*Tabella 5.5.12: Percentuale di serre e dispersioni - Soluzione B combinazione 1*

| COMBINAZIONE 4 | PIANO | % SERRE | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 100% | 75% | 50% | 25% | 23% | 0% |
| | TERRA | | | | x | | |
| | PRIMO | | | | x | | |
| | SECONDO | | | | | x | |
| | KW/m$^2$a TOTALI | 39- CLASSE B CASACLIMA | | | | | |

*Tabella 5.5.13: Percentuale di serre e dispersioni - Soluzione B combinazione 1*

| COMBINAZIONE 5 | PIANO | % SERRE | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 100% | 75% | 50% | 25% | 23% | 0% |
| | TERRA | | x | | | | |
| | PRIMO | x | | | | | |
| | SECONDO | | | | | x | |
| | KW/m$^2$a TOTALI | 36- CLASSE B CASACLIMA | | | | | |

*Tabella 5.5.14: Percentuale di serre e dispersioni - Soluzione B combinazione 1*

| COMBINAZIONE 6 | PIANO | % SERRE | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 100% | 75% | 50% | 25% | 23% | 0% |
| | TERRA | | | x | | | |
| | PRIMO | x | | | | | |
| | SECONDO | | | | | x | |
| | KW/m$^2$a TOTALI | 37- CLASSE B CASACLIMA | | | | | |

*Tabella 5.5.15: Percentuale di serre e dispersioni - Soluzione B combinazione 1*

| COMBINAZIONE 7 | PIANO | % SERRE | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 100% | 75% | 50% | 25% | 23% | 0% |
| | TERRA | | | | x | | |
| | PRIMO | x | | | | | |
| | SECONDO | | | | | x | |
| | KW/m$^2$a TOTALI | 38- CLASSE B CASACLIMA | | | | | |

*Tabella 5.5.16: Percentuale di serre e dispersioni - Soluzione B combinazione 1*

| COMBINAZIONE 8 | PIANO | % SERRE | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 100% | 75% | 50% | 25% | 23% | 0% |
| | TERRA | | | | | | x |
| | PRIMO | x | | | | | |
| | SECONDO | | | | | x | |
| | KW/m$^2$a TOTALI | 38- CLASSE B CASACLIMA | | | | | |

*Tabella 5.5.17: Percentuale di serre e dispersioni - Soluzione B combinazione 1*

| COMBINAZIONE 9 | PIANO | % SERRE | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 100% | ~ 75% | ~50% | ~25% | 23% | 0% |
| | TERRA | | | | | | x |
| | PRIMO | | | | | | x |
| | SECONDO | | | | | | x |
| | KW/m$^2$a TOTALI | 40 - CLASSE B CASACLIMA | | | | | |

*Tabella 5.5.18: Percentuale di serre e dispersioni - Soluzione B combinazione 1*

Si è deciso di optare per la combinazione 2 della soluzione B, cioè quel binomio che ci permette di avere un involucro altamente efficiente e contemporaneamente una facciata caratterizzata da un particolare gioco di colori e serre, che varia con il variare dei piani, permettendoci di ottenere i seguenti valori:

| Oggetto | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Utilizzo dell'edificio | edificio plurifamiliare | | | |
| Tipo di costruzione | costruzione leggera | | | |
| Dati climatici del comune | MILANO | | | |
| Differenza di altitudine rispetto al municipio | | | m | 0 |
| Superficie lorda riscaldata nei piani | | $m^2$ | $BGF_B$ | 1.700,00 |
| Superficie netta riscaldata nei piani | | $m^2$ | $NGF_B$ | 1.445,00 |
| Volume lordo riscaldato dell'edificio | | $m^3$ | $V_B$ | 5.100,00 |
| Volume netto riscaldato dell'edificio | | $m^3$ | $V_N$ | 4.080,00 |
| Peso specifico dell'aria | | $kg/m^3$ | $p_a$ | 1,184 |
| Capacità termica specifica dell'aria | | J/kgK | $c_a$ | 1006 |
| Numero giorni riscaldamento (periodo riscaldamento) | | d/a | HT | 183 |
| Temperatura media interna | | °C | $\theta_i$ | 20,0 |
| Temperatura esterna di progetto | | °C | $\theta_{ne}$ | -5,0 |
| Temperatura media esterna (periodo riscaldamento) | | °C | $\theta_e$ | 6,80 |
| Gradigiorno (periodo riscaldamento) | | Kd/a | HGT | 2.404 |
| Potenza termica degli apporti di calore interni | | $W/m^2$ | $q_i$ | 3,50 |
| Grado di utilizzo degli apporti di calore | | | $\eta$ | 0,90 |
| Numero minimo di persone | | | | 38 |
| Capacità termica specifica dell'acqua | | kJ/kgK | $c_{p,w}$ | 4,186 |
| Consumo di acqua calda in litri per persona e giorno | | | $F_{ww}$ | 50 |

## Efficienza dell'involucro edilizio

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Involucro edilizio** | | | | |
| Superficie di dispersione termica dell'involucro | $A_B$ | | 2.593,28 | $m^2$ |
| Rapporto superficie dell'involucro riscaldato / volume lordo riscaldato | A/V | | 0,51 | 1/m |
| **Coefficiente medio di trasferimento** | | | | |
| Coefficiente medio di trasmissione dell'involucro dell'edificio | Um | | 0,23 | $W/(m^2K)$ |
| **Guadagni e perdite** (riferite al comune di ubicazione) | | | | |
| Perdita di calore per trasmissione (periodo riscaldamento) | QT | | 34.532 | KWh/a |
| Perdita di calore per ventilazione (periodo riscaldamento) | QV | | 38.942 | KWh/a |
| Guadagni per carichi interni (periodo riscaldamento) | Qi | | 22.213 | KWh/a |
| Guadagni termici solari (periodo riscaldamento) | Qs | | 0 | KWh/a |
| Rapporto fra guadagni termici e perdite di calore | Y | | 30 | % |
| **Fabbisogno energetico e potenza termica** | | | | |
| | | **MILANO** | **Casaclima standard** | |
| Grado di utilizzo degli apporti di calore | η | 0,90 | 0,90 | |
| Fabbisogno di calore per riscaldamenti | Qh | 53.483 | 53.483 | KWh/a |
| Potenza di riscaldamento dell'edificio | Ptot | 31,84 | 31,84 | KW |
| Potenza specifica di riscaldamento riferita alla superficie netta | **P1** | **22,03** | **22,03** | **$W/m^2$** |
| Fabbisogno di calore per riscaldamento specifico alla superifcie netta | **$HWB_{NGF,vorh}$** | **37,01** | **37,01** | **$KWh/(m^2a)$** |
| **Efficenza dell'involucro edilizio** | | | | |

*Tabella 5.5.19: Certificazione CasaClima soluzione adottata*