

# Provincia di Brescia

## Settore EDILIZIA SCOLASTICA E DIREZIONALE

Ufficio Progettazione Edilizia Scolastica e Direzione dei Lavori

Edificio scolastico:

I.I.S. "L. Cerebotani"

Ubicazione:

Comune di Lonato del Garda, via G. Galilei, 1

Intervento:

LAVORI DI ADEGUAMENTO SISMICO  
PRIMO STRALCIO



Finanziato  
dall'Unione europea  
NextGenerationEU

Oggetto:

RELAZIONE TECNICA EX ART. 28  
LEGGE 09/01/1991 n. 10

Scala:

Numero:

Fase/Pratica Edilizia:

R13

Il Direttore del Settore Edilizia Scolastica e Direzionale:

Dott. Arch. Giovan Maria Mazzoli

R.U.P.:

Arch. Daniela Massarelli

Progettista:

Ing. Fabio Trevisani

Direttore Lavori:

Collaboratori:

Ing. Adriano Bazzoli  
Ing. Andrea Mondinelli  
P.I. Paolo Andreassi

Progettista Strutture:

Ing. Fabio Trevisani

Coordinatore Sicurezza:

CSP Ing. Fabio Trevisani  
CSE Ing. Giovanni Boldrini

Nome File:

Redatto da:

Verificato da:

Data:

Settembre 2022

Data e Numero Revisione:

AREA  
DEL  
TERRITORIO



PROGETTO ESECUTIVO

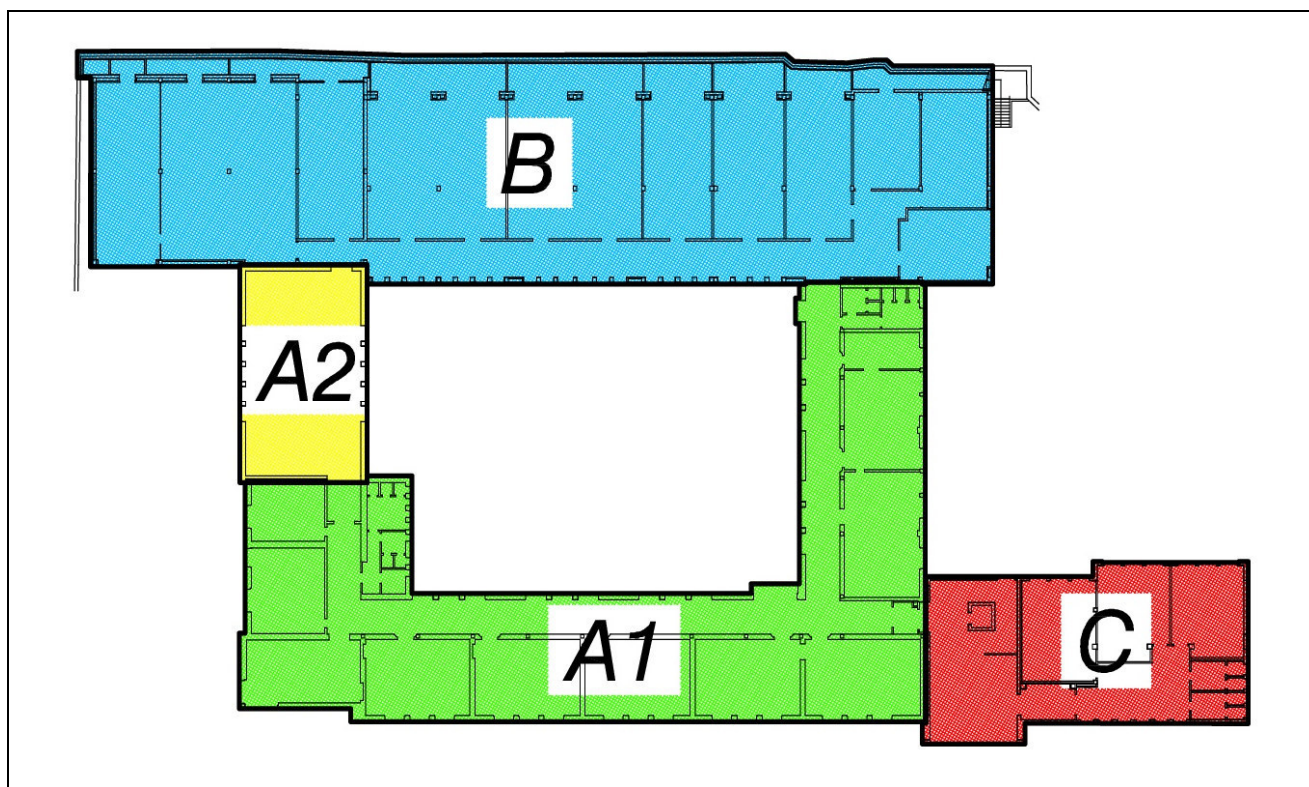


**RELAZIONE TECNICA DI CUI ALL'ART. 28 DELLA LEGGE 09.01.91 N. 10  
ATTESTANTE LA RISPONDENZA ALLE PRESCRIZIONI IN MATERIA DI  
CONTENIMENTO DEL CONSUMO ENERGETICO DEGLI EDIFICI  
DGR 17 luglio 2015 n. 3868 - DGR 30 luglio 2015 n. 6480  
D.d.u.o. 18 dicembre 2019 n. 18546**

**0. INTRODUZIONE**

Si tratta di un intervento strutturale da eseguire sull'I.I.S. *L. Cerebotani* sito in Lonato del Garda (BS). L'edificio è posto su n. 2 livelli fuori terra più un piano seminterrato.

Il plesso scolastico è costituito da n. 3 corpi di fabbrica principali, così come individuati nella illustrazione che segue.



Le opere di cui al presente progetto riguardano principalmente i corpi A2 e B, con quest'ultimo interessato solo nelle parti esterne; il corpo A1 ne sarà interessato solo marginalmente in quanto il suo adeguamento sismico è rimandato ad un secondo stralcio di intervento.

Con riferimento agli aspetti energetici, è prevista l'esecuzione delle seguenti opere:

Corpo A1 – entrambi i livelli (zona WC a ridosso del corpo B)

- demolizione delle murature perimetrali e loro ricostruzione, parte con isolamento termico a cappotto, parte mediante tamponamento leggero;
- per il pavimento del piano inferiore ed il soffitto livello superiore (strutture disperdenti orizzontali) è previsto il mero ripristino della situazione attuale, una volta eseguite le opere di carpenteria;
- per gli impianti è previsto il mero ripristino della situazione esistente.

Corpo A2 - livello inferiore

- demolizione di una porzione di muratura perimetrale e sua ricostruzione con tamponamento leggero.

Corpo A2 - livello superiore

- rimozione e rifacimento copertura;
- demolizione di una porzione di muratura perimetrale e sua ricostruzione con tamponamento leggero;
- modifica del solaio di pavimento (non disperdente) con coibentazione termica ed innalzamento della quota della pavimentazione;
- rifacimento dei divisori interni (non disperdenti) con tipologia leggera in cartongesso;
- rifacimento serramenti sia del corridoio (affacciati sulla corte interna della scuola) sia delle aule con loro trasformazione in porte-finestre;
- rifacimento dei sistemi di distribuzione ed emissione esistente a radiatori con nuovi pannelli radianti a pavimento.

Corpo B - livello inferiore

- Nessuna opera di isolamento né sugli impianti.

Corpo B – livello superiore

- Nessuna opera di isolamento né sugli impianti.

L'edificio è già dotato di un impianto termico centralizzato con produzione del calore mediante scambiatori di calore allacciati alla rete del teleriscaldamento cittadina. A tale riguardo, l'intervento da eseguire sulla parte impiantistica prevede l'allaccio alla centrale termica esistente.

Con riferimento al D.d.u.o. 18 dicembre 2019 n. 18546, ai fini della classificazione dell'intervento e del suo inquadramento nell'ambito oggettivo, si precisa innanzitutto che le opere da eseguire interessano una superficie disperdente inferiore al 25% della superficie disperdente lorda complessiva dell'edificio. Né si tratta di ristrutturazione dell'impianto

termico in quanto i sistemi di produzione del calore verranno integralmente mantenuti e, peraltro, le modifiche ai sistemi di distribuzione ed emissione possono essere ritenute marginali in quanto riguardanti una superficie limitata del plesso scolastico. Per esclusione, pertanto, le opere in oggetto possono essere ricomprese nella fattispecie di cui all'art. 8 (*riqualificazione energetica*).

Pertanto, ai fini della applicazione della normativa, è necessario assicurare che le strutture disperdenti opache e/o le chiusure trasparenti oggetto di intervento siano realizzate nel rispetto dei limiti fissati dalla Tabelle nn. 12-13-14-15-16 di cui all'allegato B del Decreto medesimo. Il rispetto di tali vincoli è sufficiente a garantire il rispetto della normativa in quanto, come indicato dal Decreto Regionale, nel caso in oggetto il calcolo degli indici di prestazione energetica dell'edificio può essere omissivo.

Segue quindi la relazione tecnica da cui si evince quanto sopra esposto.

## 1. INFORMAZIONI GENERALI

Comune di **Lonato del Garda** Provincia **BS**

Progetto per la realizzazione di (specificare il tipo di opere):

**Adeguamento sismico edificio scolastico – I stralcio**

☒ L'edificio (o il complesso di edifici) rientra tra quelli di proprietà pubblica o adibiti ad uso pubblico ai fini dell'articolo 5, comma 15, del decreto del Presidente della Repubblica 26 agosto 1993, n. 412 (utilizzo delle fonti rinnovabili di energia) e dell'allegato I, comma 14 del decreto legislativo.

sito in:

**Via G. Galilei n. 1 – Lonato del Garda (BS)**

Classificazione dell'edificio (o del complesso di edifici) in base alla categoria di cui all'articolo 3 del decreto del Presidente della Repubblica 26 agosto 1993, n. 412; per edifici costituiti da parti appartenenti a categorie differenti, specificare le diverse categorie):

**E.7 Edifici adibiti ad attività scolastiche**

Numero delle unità  
abitative -

Committente (i) **Amministrazione Provinciale di Brescia**  
**Via G. Matteotti, 8 – Brescia (BS)**

Progettista dell'isolamento termico **Ing. Trevisani Fabio**  
Albo: **Ingegneri** Pr.: **Brescia** N.iscr.: **2340**

Progettista degli impianti termici **Ing. Trevisani Fabio**  
Albo: **Ingegneri** Pr.: **Brescia** N.iscr.: **2340**

D.LL. dell'isolamento termico **Da destinare**  
Albo: Pr.: N.iscr.:

Direttore lavori degli impianti termici **Da destinare**  
Albo: Pr.: N.iscr.:

## 2. FATTORI TIPOLOGICI DELL'EDIFICIO (O DEL COMPLESSO DI EDIFICI)

Gli elementi tipologici forniti, al solo scopo di supportare la presente relazione tecnica, sono i seguenti:

- ☒ Piante di ciascun piano degli edifici con orientamento e indicazione d'uso prevalente dei singoli locali: vedi progetto architettonico.
- ☒ Prospetti e sezioni degli edifici con evidenziazione dei sistemi di protezione solare: vedi progetto architettonico.

## 3. PARAMETRI CLIMATICI DELLA LOCALITÀ

Gradi giorno (della zona d'insediamento, determinati in base al DPR 412/93)	<b>2399</b> G _____ G
Temperatura esterna minima di progetto (secondo UNI 5364 e successivi aggiornamenti)	<b>-7,2</b> °C _____
Temperatura massima estiva di progetto dell'aria esterna secondo norma	<b>31,8</b> °C _____

## 4. DATI TECNICI E COSTRUTTIVI DELL'EDIFICIO (porzione intervento)

### c) Informazioni generali e prescrizioni

Adozione di valvole termostatiche o altro sistema di termoregolazione per singolo ambiente o singola unità immobiliare ☒

Descrizione delle principali caratteristiche:

***Termostati ambiente in ogni locale.***

Adozione sistemi di termoregolazione con compensazione climatica nella regolazione automatica della temperatura ambiente singoli locali o nelle zone termiche servite da impianti centralizzati di climatizzazione invernale ☐

Motivazioni che ha portato alla non utilizzazione:

***Intervento solo su una parte dell'edificio. Nessun intervento in centrale termica.***

## 5. DATI RELATIVI AGLI IMPIANTI

### 5.1 Impianti termici

#### a) *Descrizione impianto*

Tipologia

***Impianto centralizzato esistente per il riscaldamento e la produzione di acqua calda sanitaria, da mantenere. Si rifà l'impianto interno solo nella porzione di edificio oggetto di intervento, allacciandosi alla centrale termica esistente.***

---

Sistemi di generazione

***Scambiatore teleriscaldamento.***

---

Sistemi di termoregolazione

***In centrale termica: regolazione sullo scambiatore del teleriscaldamento.***

***Regolazione circuito miscelato con valvola a 3 vie.***

***In campo: regolazione con termostati ambiente in ogni locale (solo porzione oggetto di intervento).***

---

Sistemi di contabilizzazione dell'energia termica

***Assenti.***

---

Sistemi di distribuzione del vettore termico

***Distribuzione impianto centralizzato: esistente.***

***Distribuzione nuova porzione impianto: a collettori.***

---

Sistemi di ventilazione forzata: tipologie

***Assenti.***

---

Sistemi di accumulo termico: tipologie

***Assenti.***

---

Sistemi di produzione e di distribuzione dell'acqua calda sanitaria

***Nessuna modifica prevista all'impianto esistente.***

---



**c) Specifiche relative ai sistemi di regolazione dell'impianto termico (parti nuove)**

Tipo conduzione prevista    ☒ continua con attenuazione notturna    ☐ intermittente

Sistema di telegestione dell'impianto termico, se esistente:

**Assente.**

Dispositivi per la regolazione automatica della temperatura ambiente nei singoli locali o nelle singole zone, ciascuna avente caratteristiche di uso ed esposizioni uniformi (zona intervento):

Descrizione sintetica dei dispositivi	Numero di apparecchi
<i>Termostati ambiente</i>	3

**e) Terminali di erogazione dell'energia termica**

Tipo di terminali	Numero di apparecchi	Potenza termica nominale [W]
<i>Pannelli radianti a pavimento</i>	-	~16'000

**h) Specifiche dell'isolamento termico della rete di distribuzione**

Descrizione della rete	Tipologia di isolante	$\lambda_{is}$ [W/mK]	$Sp_{is}$ [mm]
<i>Riscaldamento+ACS</i>	<i>Materiali espansi organici a cella chiusa</i>	0,040	VAR.

$\lambda_{is}$     Conduttività termica del materiale isolante

$Sp_{is}$     Spessore del materiale isolante

**i) Specifiche della/e pompa/e di circolazione**

Q.tà	Circuito	Marca - modello - velocità	PUNTO DI LAVORO		
			G [kg/h]	$\Delta P$ [daPa]	$W_{aux}$ [W]
1	<i>Pannelli radianti</i>	<i>DAB</i>	2'700	6'000	110

G    Portata della pompa di circolazione

$\Delta P$     Prevalenza della pompa di circolazione

$W_{aux}$     Assorbimento elettrico della pompa di circolazione

j) ***Schemi funzionali degli impianti termici***

***Vedi progetto impianti termici.***

---

**5.2 Impianti fotovoltaici**

Descrizione e caratteristiche tecniche

***Non previsti***

---

**5.3 Impianti solari termici**

Descrizione e caratteristiche tecniche

***Assenti.***

---

## 6. PRINCIPALI RISULTATI DEI CALCOLI

### Zona 1: Zona climatizzata

#### a) Involucro edilizio e ricambi d'aria

##### Caratteristiche termiche dei componenti opachi dell'involucro edilizio

Cod.	Descrizione	Trasmittanza [W/m <sup>2</sup> K]	Valore limite [W/m <sup>2</sup> K]	Verifica
M1	Nuovo muro esterno corpo A (porzione)	0,269	0.280	Positiva
M4	Nuovo muro esterno isolato in D.U.	0,237	0.280	Positiva
M5	Chiusure zone giunto sismico	0.248	0.280	Positiva
S1	Solaio sopra aula magna	0,483	-	(*)
S5	Copertura corpo aula magna	0,187	0.240	Positiva
S6	Copertura zone giunto sismico	0.206	0.240	Positiva

(\*) Verifica non necessaria in quanto trattasi di struttura non disperdente.

##### Caratteristiche igrometriche dei componenti opachi dell'involucro edilizio

Cod.	Descrizione	Condensa superficiale	Condensa interstiziale
M1	Nuovo muro esterno corpo A (porzione)	Positiva	Positiva
M4	Nuovo muro esterno isolato in D.U.	Positiva	Positiva
M5	Chiusure zone giunto sismico	Positiva (**)	Positiva (**)
S1	Solaio sopra aula magna	Positiva	Positiva
S5	Copertura corpo aula magna	Positiva	Positiva
S6	Copertura zone giunto sismico	Positiva	Positiva

(\*) Verifica comunque non necessaria in quanto trattasi di struttura non delimitante ambiente riscaldato.

##### Caratteristiche di massa superficiale $M_s$ e trasmittanza periodica $YIE$ dei componenti opachi

Cod.	Descrizione	$M_s$ [kg/m <sup>2</sup> ]	$YIE$ [W/m <sup>2</sup> K]
M1	Nuovo muro esterno corpo A (porzione)	372	0,058
M4	Nuovo muro esterno isolato in D.U.	620	0,006
M5	Chiusure zone giunto sismico	13	0,216
S1	Solaio sopra aula magna	898	0,006
S5	Copertura corpo aula magna	588	0,004
S6	Copertura zone giunto sismico	476	0,020

**Trasmittanza termica dei componenti finestrati  $U_w$**

Cod.	Descrizione	Trasmittanza $U_w$ [W/m <sup>2</sup> K]	Valore limite [W/m <sup>2</sup> K]	Verifica
W1	Nuovo serramento alluminio 130x280	1,351	1,400	Positiva

**Fattore di trasmissione solare totale**

Cod.	Descrizione	$g_{gl+sh}$ struttura [W/m <sup>2</sup> K]	$g_{gl+sh}$ limite [W/m <sup>2</sup> K]	Verifica
W1	Nuovo serramento alluminio 130x280	0.658	-	(*)

(\*) Per ragioni di vincolo monumentale non è possibile installare sistemi schermanti esterni

**Numero di ricambi d'aria (media nelle 24 ore)**

N.	Descrizione	Valore di progetto [vol/h]	Valore medio 24 ore [vol/h]
1	Unica	0,50	0,30

**f) Valutazione della fattibilità tecnica, ambientale ed economica per l'inserimento di sistemi ad alta efficienza**

*Non eseguita in quanto non si tratta di una delle fattispecie (nuova costruzione o ristrutturazione importante) per cui tale valutazione è necessaria, ai sensi del § 4.17 del D.D.U.O. Regione Lombardia 18 dicembre 2019 n. 18546.*

*In ogni caso, l'edificio risulta già allacciato alla rete cittadina del teleriscaldamento.*

**7. ELEMENTI SPECIFICI CHE MOTIVANO EVENTUALI DEROGHE A NORME FISSATE DALLA NORMATIVA VIGENTE**

-

## 8. DOCUMENTAZIONE ALLEGATA

- [X] Piante di ciascun piano degli edifici con orientamento e indicazione d'uso prevalente dei singoli locali e definizione degli elementi costruttivi.  
N. - Rif.: ***Vedi progetto architettonico***
- [X] Prospetti e sezioni degli edifici con evidenziazione dei sistemi fissi di protezione solare e definizione degli elementi costruttivi.  
N. - Rif.: ***Vedi progetto architettonico***
- [X] Tabelle con indicazione delle caratteristiche termiche, termoigrometriche e della massa efficace dei componenti opachi dell'involucro edilizio 8. .  
N. 6 Rif.: ***Vedi schede componenti opachi***
- [X] Tabelle con indicazione delle caratteristiche termiche dei componenti finestrati dell'involucro edilizio e della loro permeabilità all'aria.  
N. 1 Rif.: ***Vedi schede componenti trasparenti***

## 9. DICHIARAZIONE DI RISPONDENZA

Il sottoscritto Ing. Fabio Trevisani  
TITOLO NOME COGNOME

iscritto a Ingegneri Brescia 2340  
ALBO – ORDINE O COLLEGIO DI APPARTENENZA PROV. N. ISCRIZIONE

essendo a conoscenza delle sanzioni previste dall'articolo 27 della legge regionale 11 Dicembre 2006 n. 24 e s.m.i.

## DICHIARA

sotto la propria responsabilità che:

- a) il progetto relativo alle opere di cui sopra è rispondente alle prescrizioni contenute nel decreto attuativo della DGR 3868 del 17.7.2015 e ss.mm.ii.;
- b) i dati e le informazioni contenuti nella relazione tecnica sono conformi a quanto contenuto o desumibile dagli elaborati progettuali.

Il progettista \_\_\_\_\_  
TIMBRO FIRMA

Data, 20/09/2022

## ***Relazione tecnica***

## **DATI PROGETTO ED IMPOSTAZIONI DI CALCOLO**

### **Dati generali**

Destinazione d'uso prevalente (DPR 412/93) ***E.7 Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili.***

Edificio pubblico o ad uso pubblico

***No***

Edificio situato in un centro storico

***No***

Tipologia di calcolo

***Calcolo regolamentare (valutazione A1/A2)***

### **Opzioni lavoro**

Ponti termici

***Calcolo analitico***

Resistenze liminari

***Appendice A UNI EN ISO 6946***

Serre / locali non climatizzati

***Calcolo semplificato***

Capacità termica

***Calcolo semplificato***

Ombreggiamenti

***Calcolo automatico***

Radiazione solare

***Calcolo con angolo di Azimut***

### **Opzioni di calcolo**

Regime normativo

***UNI/TS 11300-4 e 5:2016***

Rendimento globale medio stagionale

***FAQ ministeriali (agosto 2016)***

Verifica di condensa interstiziale

***UNI EN ISO 13788***



## DATI CLIMATICI DELLA LOCALITÀ

### Caratteristiche geografiche

Località **Lonato del Garda**  
 Provincia **Brescia**  
 Altitudine s.l.m. **188** m  
 Latitudine nord **45° 27'** Longitudine est **10° 29'**  
 Gradi giorno DPR 412/93 **2399**  
 Zona climatica **E**

### Località di riferimento

per dati invernali **Brescia**  
 per dati estivi **Brescia**

### Stazioni di rilevazione

per la temperatura **Bagnano**  
 per l'irradiazione **Bagnano**  
 per il vento **Bagnano**

### Caratteristiche del vento

Regione di vento: **A**  
 Direzione prevalente **Est**  
 Distanza dal mare **> 40** km  
 Velocità media del vento **1,3** m/s  
 Velocità massima del vento **2,6** m/s

### Dati invernali

Temperatura esterna di progetto **-7,2 °C**  
 Stagione di riscaldamento convenzionale dal **15 ottobre** al **15 aprile**

### Dati estivi

Temperatura esterna bulbo asciutto **31,8 °C**  
 Temperatura esterna bulbo umido **23,0 °C**  
 Umidità relativa **48,0 %**  
 Escursione termica giornaliera **15 °C**

### Temperature esterne medie mensili

Descrizione	u.m.	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Temperatura	°C	2,5	3,0	8,1	11,6	17,3	20,6	21,7	21,5	17,9	12,5	7,2	3,0

### Irradiazione solare media mensile

Esposizione	u.m.	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Nord	MJ/m <sup>2</sup>	1,3	2,4	3,8	5,2	7,9	10,4	9,7	7,2	4,4	2,9	1,8	1,2
Nord-Est	MJ/m <sup>2</sup>	1,4	3,1	5,4	7,7	10,9	13,5	12,9	10,8	6,9	3,8	2,1	1,3
Est	MJ/m <sup>2</sup>	2,6	6,0	8,8	10,5	13,4	15,9	15,5	14,5	10,5	6,2	4,1	2,8
Sud-Est	MJ/m <sup>2</sup>	4,4	9,1	11,0	11,1	12,5	13,9	13,9	14,4	12,2	8,4	6,7	5,1
Sud	MJ/m <sup>2</sup>	5,5	10,9	11,6	10,1	10,3	10,9	11,1	12,2	11,9	9,5	8,4	6,5
Sud-Ovest	MJ/m <sup>2</sup>	4,4	9,1	11,0	11,1	12,5	13,9	13,9	14,4	12,2	8,4	6,7	5,1
Ovest	MJ/m <sup>2</sup>	2,6	6,0	8,8	10,5	13,4	15,9	15,5	14,5	10,5	6,2	4,1	2,8
Nord-Ovest	MJ/m <sup>2</sup>	1,4	3,1	5,4	7,7	10,9	13,5	12,9	10,8	6,9	3,8	2,1	1,3
Orizz. Diffusa	MJ/m <sup>2</sup>	2,0	3,3	5,1	6,5	8,2	9,2	9,1	7,7	5,7	4,2	2,6	1,8
Orizz. Diretta	MJ/m <sup>2</sup>	1,4	4,4	6,9	8,8	12,2	15,4	14,7	13,6	9,0	4,2	2,6	1,6

Irradianza sul piano orizzontale nel mese di massima insolazione: **285** W/m<sup>2</sup>

# ***Strutture disperdenti***

## ELENCO COMPONENTI

### Muri:

Cod	Tipo	Descrizione	Sp [mm]	Ms [kg/m <sup>2</sup> ]	Y <sub>IE</sub> [W/m <sup>2</sup> K]	Sfasamento [h]	C <sub>T</sub> [kJ/m <sup>2</sup> K]	ε [-]	α [-]	θ [°C]	Ue [W/m <sup>2</sup> K]
M1	T	Nuovo muro esterno corpo A (porzione)	290,0	372	0,058	-8,613	86,936	0,90	0,60	- 7,2	0,267
M4	T	Nuovo muro esterno isolato in D.U.	535,0	620	0,006	-18,246	63,259	0,90	0,60	- 7,2	0,235
M5	E	Chiusure zone giunto sismico	175,0	13	0,216	-3,617	16,824	0,90	0,60	- 7,2	0,246

### Soffitti:

Cod	Tipo	Descrizione	Sp [mm]	Ms [kg/m <sup>2</sup> ]	Y <sub>IE</sub> [W/m <sup>2</sup> K]	Sfasamento [h]	C <sub>T</sub> [kJ/m <sup>2</sup> K]	ε [-]	α [-]	θ [°C]	Ue [W/m <sup>2</sup> K]
S1	D	Solaio sopra aula magna	620,0	898	0,006	-21,312	37,768	0,90	0,60	-	0,483
S5	U	Copertura corpo aula magna	730,6	588	0,004	-17,492	36,425	0,90	0,60	1,0	0,187
S6	T	Copertura zone giunto sismico	504,6	476	0,020	-12,552	48,454	0,90	0,60	- 7,2	0,205

### Legenda simboli

Sp	Spessore struttura
Ms	Massa superficiale della struttura senza intonaci
Y <sub>IE</sub>	Trasmittanza termica periodica della struttura
Sfasamento	Sfasamento dell'onda termica
C <sub>T</sub>	Capacità termica areica
ε	Emissività
α	Fattore di assorbimento
θ	Temperatura esterna o temperatura locale adiacente
Ue	Trasmittanza di energia della struttura

### **Componenti finestrati:**

Co d	Tip o	Descrizio e	vetro	$\epsilon$	ggl,n	fc inv	fc est	H [cm]	L [cm]	Ug [W/m <sup>2</sup> K ]	Uw [W/m <sup>2</sup> K ]	$\theta$ [°C ]	Agf [m <sup>2</sup> ]	Lgf [m]
W1	T	Nuovo serramento alluminio 130x280	Doppi o	0,83 7	0,67 0	1,0 0	1,0 0	280, 0	130, 0	1,000	1,351	-7,2	3,00 0	12,20 0

### **Legenda simboli**

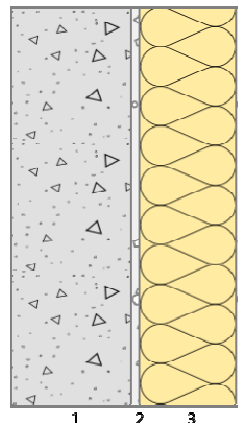
$\epsilon$	Emissività
ggl,n	Fattore di trasmittanza solare
fc inv	Fattore tendaggi (energia invernale)
fc est	Fattore tendaggi (energia estiva)
H	Altezza
L	Larghezza
Ug	Trasmittanza vetro
Uw	Trasmittanza serramento
$\theta$	Temperatura esterna o temperatura locale adiacente
Agf	Area del vetro
Lgf	Perimetro del vetro

**CARATTERISTICHE TERMICHE E IGROMETRICHE DEI COMPONENTI OPACHI**  
**secondo UNI EN 12831 - UNI EN ISO 6946 - UNI EN ISO 13370**

**Descrizione della struttura:** *Nuovo muro esterno corpo A (porzione)*

**Codice:** *M1*

Trasmittanza termica	<b>0,269</b>	W/m <sup>2</sup> K
Spessore	<b>290</b>	mm
Temperatura esterna (calcolo potenza invernale)	<b>-7,2</b>	°C
Permeanza	<b>13,298</b>	10 <sup>-12</sup> kg/sm <sup>2</sup> Pa
Massa superficiale (con intonaci)	<b>403</b>	kg/m <sup>2</sup>
Massa superficiale (senza intonaci)	<b>372</b>	kg/m <sup>2</sup>
Trasmittanza periodica	<b>0,058</b>	W/m <sup>2</sup> K
Fattore attenuazione	<b>0,218</b>	-
Sfasamento onda termica	<b>-8,6</b>	h



**Stratigrafia:**

N.	Descrizione strato	s	Cond.	R	M.V.	C.T.	R.V.
-	Resistenza superficiale interna	-	-	0,130	-	-	-
1	C.I.s. di sabbia e ghiaia (pareti esterne)	150,00	2,1500	0,070	2400	1,00	96
2	Malta di calce o di calce e cemento	10,00	0,9000	0,011	1800	1,00	22
3	Lana roccia Knauf SmartWall S C1 (CAM) (cappotti)	120,00	0,0350	3,429	100	1,03	1
4	Intonaco plastico per cappotto	10,00	0,3000	0,033	1300	0,84	30
-	Resistenza superficiale esterna	-	-	0,040	-	-	-

**Legenda simboli**

s	Spessore	mm
Cond.	Conduttività termica, comprensiva di eventuali coefficienti correttivi	W/mK
R	Resistenza termica	m <sup>2</sup> K/W
M.V.	Massa volumica	kg/m <sup>3</sup>
C.T.	Capacità termica specifica	kJ/kgK
R.V.	Fattore di resistenza alla diffusione del vapore in capo asciutto	-

## Caratteristiche igrometriche dei componenti opachi secondo UNI EN ISO 13788

**Descrizione della struttura:** *Nuovo muro esterno corpo A (porzione)*

**Codice:** *M1*

- [x] La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale.  
[x] La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale.  
[] La struttura è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale, ma la quantità è rievaporabile durante la stagione estiva.

### Condizioni al contorno

Temperature e umidità relativa esterne variabili, medie mensili

Temperatura interna nel periodo di riscaldamento **20,0 °C**

Criterio per l'aumento dell'umidità interna **Classe di concentrazione del vapore ( 0,006 kg/m<sup>3</sup>)**

### Verifica criticità di condensa superficiale

Verifica condensa superficiale ( $f_{RSI,max} \leq f_{RSI}$ )	<b>Positiva</b>
Mese critico	<b>dicembre</b>
Fattore di temperatura del mese critico $f_{RSI,max}$	<b>0,758</b>
Fattore di temperatura del componente $f_{RSI}$	<b>0,935</b>
Umidità relativa superficiale accettabile	<b>80 %</b>

### Verifica del rischio di condensa interstiziale (secondo UNI EN ISO 13788)

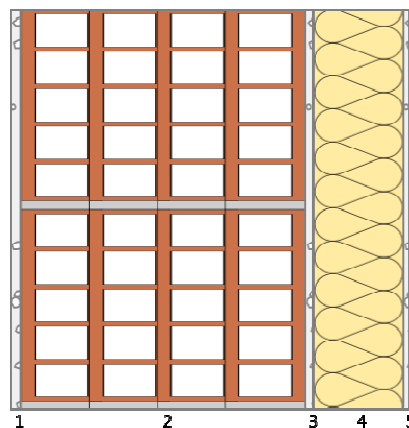
Non si verifica formazione di condensa interstiziale nella struttura durante tutto l'arco dell'anno.

**CARATTERISTICHE TERMICHE E IGROMETRICHE DEI COMPONENTI OPACHI**  
**secondo UNI EN 12831 - UNI EN ISO 6946 - UNI EN ISO 13370**

**Descrizione della struttura:** *Nuovo muro esterno isolato in D.U.*

**Codice:** *M4*

Trasmittanza termica	<b>0,237</b>	W/m <sup>2</sup> K
Spessore	<b>535</b>	mm
Temperatura esterna (calcolo potenza invernale)	<b>-7,2</b>	°C
Permeanza	<b>55,096</b>	10 <sup>-12</sup> kg/sm <sup>2</sup> Pa
Massa superficiale (con intonaci)	<b>678</b>	kg/m <sup>2</sup>
Massa superficiale (senza intonaci)	<b>620</b>	kg/m <sup>2</sup>
Trasmittanza periodica	<b>0,006</b>	W/m <sup>2</sup> K
Fattore attenuazione	<b>0,026</b>	-
Sfasamento onda termica	<b>-18,2</b>	h



**Stratigrafia:**

N.	Descrizione strato	s	Cond.	R	M.V.	C.T.	R.V.
-	Resistenza superficiale interna	-	-	0,130	-	-	-
1	Malta di calce o di calce e cemento	15,00	0,9000	0,017	1800	1,00	22
2	Muratura in laterizio pareti esterne (um. 1.5%)	380,00	0,6800	0,559	1600	1,00	7
3	Malta di calce o di calce e cemento	10,00	0,9000	0,011	1800	1,00	22
4	Lana roccia Knauf SmartWall S C1 (CAM) (cappotti)	120,00	0,0350	3,429	100	1,03	1
5	Intonaco plastico per cappotto	10,00	0,3000	0,033	1300	0,84	30
-	Resistenza superficiale esterna	-	-	0,040	-	-	-

**Legenda simboli**

s	Spessore	mm
Cond.	Conduttività termica, comprensiva di eventuali coefficienti correttivi	W/mK
R	Resistenza termica	m <sup>2</sup> K/W
M.V.	Massa volumica	kg/m <sup>3</sup>
C.T.	Capacità termica specifica	kJ/kgK
R.V.	Fattore di resistenza alla diffusione del vapore in capo asciutto	-

## Caratteristiche igrometriche dei componenti opachi secondo UNI EN ISO 13788

**Descrizione della struttura:** *Nuovo muro esterno isolato in D.U.*

**Codice:** *M4*

- [x] La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale.  
[] La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale.  
[x] La struttura è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale, ma la quantità è rievaporabile durante la stagione estiva.

### Condizioni al contorno

Temperature e umidità relativa esterne variabili, medie mensili

Temperatura interna nel periodo di riscaldamento **20,0 °C**

Criterio per l'aumento dell'umidità interna **Classe di concentrazione del vapore ( 0,006 kg/m<sup>3</sup>)**

### Verifica criticità di condensa superficiale

Verifica condensa superficiale ( $f_{RSI,max} \leq f_{RSI}$ )	<b>Positiva</b>
Mese critico	<b>dicembre</b>
Fattore di temperatura del mese critico $f_{RSI,max}$	<b>0,758</b>
Fattore di temperatura del componente $f_{RSI}$	<b>0,942</b>
Umidità relativa superficiale accettabile	<b>80 %</b>

### Verifica del rischio di condensa interstiziale (secondo UNI EN ISO 13788)

Verifica condensa interstiziale	<b>Positiva</b>
Quantità massima di condensa durante l'anno $M_a$	<b>48 g/m<sup>2</sup></b>
Quantità di condensa ammissibile $M_{lim}$	<b>100 g/m<sup>2</sup></b>
Verifica di condensa ammissibile ( $M_a \leq M_{lim}$ )	<b>Positiva</b>
Mese con massima condensa accumulata	<b>dicembre</b>
L'evaporazione a fine stagione è	<b>Completa</b>

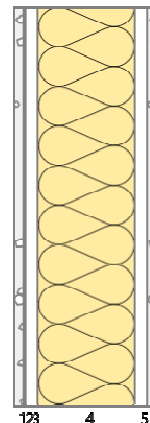


**CARATTERISTICHE TERMICHE E IGROMETRICHE DEI COMPONENTI OPACHI**  
**secondo UNI EN 12831 - UNI EN ISO 6946 - UNI EN ISO 13370**

**Descrizione della struttura: Chiusure zone giunto sismico**

**Codice: M5**

Trasmittanza termica	<b>0,248</b>	W/m <sup>2</sup> K
Spessore	<b>175</b>	mm
Temperatura esterna (calcolo potenza invernale)	<b>-7,2</b>	°C
Permeanza	<b>9,483</b>	10 <sup>-12</sup> kg/sm <sup>2</sup> Pa
Massa superficiale (con intonaci)	<b>39</b>	kg/m <sup>2</sup>
Massa superficiale (senza intonaci)	<b>13</b>	kg/m <sup>2</sup>
Trasmittanza periodica	<b>0,216</b>	W/m <sup>2</sup> K
Fattore attenuazione	<b>0,878</b>	-
Sfasamento onda termica	<b>-3,6</b>	h



**Stratigrafia:**

N.	Descrizione strato	s	Cond.	R	M.V.	C.T.	R.V.
-	Resistenza superficiale interna	-	-	0,130	-	-	-
1	Cartongesso in lastre	12,50	0,2500	0,050	900	1,00	10
2	Barriera vapore in fogli di polietilene	0,20	0,3300	0,001	920	2,20	100000
3	Intercapedine non ventilata Av<500 mm <sup>2</sup> /m	15,00	0,0882	0,170	-	-	-
4	Lana vetro Knauf NaturBoard Walls (CAM) (pareti e contropareti)	120,00	0,0350	3,429	110	1,03	1
5	Intercapedine non ventilata Av<500 mm <sup>2</sup> /m	15,00	0,0882	0,170	-	-	-
6	Cartongesso Knauf Aquapanel (per esterni)	12,50	0,3500	0,036	1150	1,00	66
-	Resistenza superficiale esterna	-	-	0,040	-	-	-

**Legenda simboli**

s	Spessore	mm
Cond.	Conduttività termica, comprensiva di eventuali coefficienti correttivi	W/mK
R	Resistenza termica	m <sup>2</sup> K/W
M.V.	Massa volumica	kg/m <sup>3</sup>
C.T.	Capacità termica specifica	kJ/kgK
R.V.	Fattore di resistenza alla diffusione del vapore in capo asciutto	-

## Caratteristiche igrometriche dei componenti opachi secondo UNI EN ISO 13788

**Descrizione della struttura:** *Chiusure zone giunto sismico*

**Codice:** *M5*

- [x] La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale.  
[x] La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale.  
[] La struttura è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale, ma la quantità è rievaporabile durante la stagione estiva.

### **Condizioni al contorno**

Temperature e umidità relativa esterne variabili, medie mensili

Temperatura interna nel periodo di riscaldamento **20,0 °C**

Criterio per l'aumento dell'umidità interna **Classe di concentrazione del vapore ( 0,006 kg/m<sup>3</sup>)**

### **Verifica criticità di condensa superficiale**

Verifica condensa superficiale ( $f_{RSI,max} \leq f_{RSI}$ )	<b>Positiva</b>
Mese critico	<b>dicembre</b>
Fattore di temperatura del mese critico $f_{RSI,max}$	<b>0,758</b>
Fattore di temperatura del componente $f_{RSI}$	<b>0,940</b>
Umidità relativa superficiale accettabile	<b>80 %</b>

### **Verifica del rischio di condensa interstiziale (secondo UNI EN ISO 13788)**

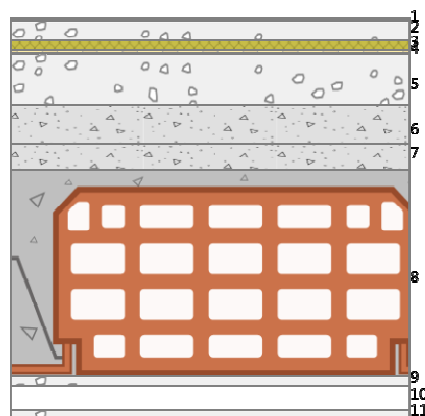
Non si verifica formazione di condensa interstiziale nella struttura durante tutto l'arco dell'anno.

**CARATTERISTICHE TERMICHE E IGROMETRICHE DEI COMPONENTI OPACHI**  
**secondo UNI EN 12831 - UNI EN ISO 6946 - UNI EN ISO 13370**

**Descrizione della struttura: Solaio sopra aula magna**

**Codice: S1**

Trasmittanza termica	<b>0,483</b>	W/m <sup>2</sup> K
Spessore	<b>620</b>	mm
Permeanza	<b>1,511</b>	10 <sup>-12</sup> kg/sm <sup>2</sup> Pa
Massa superficiale (con intonaci)	<b>937</b>	kg/m <sup>2</sup>
Massa superficiale (senza intonaci)	<b>898</b>	kg/m <sup>2</sup>
Trasmittanza periodica	<b>0,006</b>	W/m <sup>2</sup> K
Fattore attenuazione	<b>0,012</b>	-
Sfasamento onda termica	<b>-21,3</b>	h



**Stratigrafia:**

N.	Descrizione strato	s	Cond.	R	M.V.	C.T.	R.V.
-	Resistenza superficiale esterna	-	-	0,100	-	-	-
1	Pavimento in gomma	5,00	0,1700	0,029	1200	1,40	10000
2	Laterlite livellina Paris Slim	30,00	1,6600	0,018	2200	1,00	120
3	EPS100 migliorato	15,00	0,0300	0,500	20	1,45	50
4	Materassino anticalpestio Laterlite Calpestop Super 5 TNT	5,00	0,0370	0,135	30	1,40	12918
5	Laterlite Sottofondo CentroStorico	80,00	0,1860	0,430	650	1,00	6
6	C.l.s. di argilla espansa pareti interne a struttura chiusa (um. 8%)	60,00	0,9100	0,066	1700	1,00	96
7	C.l.s. di sabbia e ghiaia (pareti esterne)	40,00	2,1500	0,019	2400	1,00	96
8	Soletta in laterizio	320,00	0,7200	0,444	1800	0,84	9
9	Malta di calce o di calce e cemento	15,00	0,9000	0,017	1800	1,00	22
10	Intercapedine non ventilata Av<500 mm <sup>2</sup> /m	37,50	0,2344	0,160	-	-	-
11	Cartongesso in lastre	12,50	0,2500	0,050	900	1,00	10
-	Resistenza superficiale interna	-	-	0,100	-	-	-

**Legenda simboli**

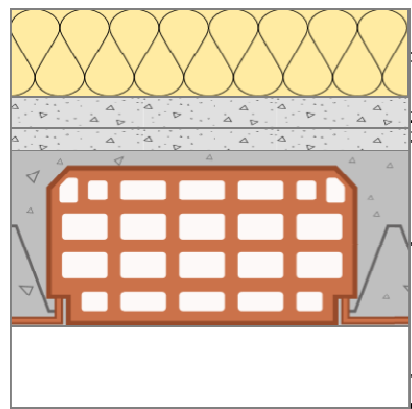
s	Spessore	mm
Cond.	Conduttività termica, comprensiva di eventuali coefficienti correttivi	W/mK
R	Resistenza termica	m <sup>2</sup> K/W
M.V.	Massa volumica	kg/m <sup>3</sup>
C.T.	Capacità termica specifica	kJ/kgK

**CARATTERISTICHE TERMICHE E IGROMETRICHE DEI COMPONENTI OPACHI**  
**secondo UNI EN 12831 - UNI EN ISO 6946 - UNI EN ISO 13370**

**Descrizione della struttura: Copertura corpo aula magna**

**Codice: S5**

Trasmittanza termica	<b>0,187</b>	W/m <sup>2</sup> K
Spessore	<b>731</b>	mm
Temperatura esterna (calcolo potenza invernale)	<b>1,0</b>	°C
Permeanza	<b>0,033</b>	10 <sup>-12</sup> kg/sm <sup>2</sup> Pa
Massa superficiale (con intonaci)	<b>588</b>	kg/m <sup>2</sup>
Massa superficiale (senza intonaci)	<b>588</b>	kg/m <sup>2</sup>
Trasmittanza periodica	<b>0,004</b>	W/m <sup>2</sup> K
Fattore attenuazione	<b>0,023</b>	-
Sfasamento onda termica	<b>-17,5</b>	h



**Stratigrafia:**

N.	Descrizione strato	s	Cond.	R	M.V.	C.T.	R.V.
-	Resistenza superficiale esterna	-	-	0,100	-	-	-
1	Lana roccia Knauf SmartRoof Thermal (CAM) (tetto)	160,00	0,0360	4,444	115	1,03	1
2	C.l.s. di sabbia e ghiaia (pareti esterne)	60,00	1,2600	0,048	2000	1,00	96
3	C.l.s. di sabbia e ghiaia (pareti esterne)	40,00	2,1500	0,019	2400	1,00	96
4	Soletta in laterizio spess. 18-20 - Inter. 50	320,00	0,6600	0,485	1100	0,84	7
5	Intercapedine non ventilata Av<500 mm <sup>2</sup> /m	150,00	0,9375	0,160	-	-	-
6	Alluminio	0,60	220,000 0	0,000	2700	0,88	9999999
-	Resistenza superficiale interna	-	-	0,100	-	-	-

**Legenda simboli**

s	Spessore	mm
Cond.	Conduttività termica, comprensiva di eventuali coefficienti correttivi	W/mK
R	Resistenza termica	m <sup>2</sup> K/W
M.V.	Massa volumica	kg/m <sup>3</sup>
C.T.	Capacità termica specifica	kJ/kgK
R.V.	Fattore di resistenza alla diffusione del vapore in capo asciutto	-

## Caratteristiche igrometriche dei componenti opachi secondo UNI EN ISO 13788

**Descrizione della struttura:** *Copertura corpo aula magna*

**Codice:** *S5*

- [x] La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale.  
[x] La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale.  
[] La struttura è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale, ma la quantità è rievaporabile durante la stagione estiva.

### **Condizioni al contorno**

Temperature e umidità relativa esterne variabili, medie mensili

Temperatura interna nel periodo di riscaldamento **20,0 °C**

Criterio per l'aumento dell'umidità interna **Classe di concentrazione del vapore ( 0,006 kg/m<sup>3</sup> )**

### **Verifica criticità di condensa superficiale**

Verifica condensa superficiale ( $f_{RSI,max} \leq f_{RSI}$ )	<b>Positiva</b>
Mese critico	<b>dicembre</b>
Fattore di temperatura del mese critico $f_{RSI,max}$	<b>0,655</b>
Fattore di temperatura del componente $f_{RSI}$	<b>0,956</b>
Umidità relativa superficiale accettabile	<b>80 %</b>

### **Verifica del rischio di condensa interstiziale (secondo UNI EN ISO 13788)**

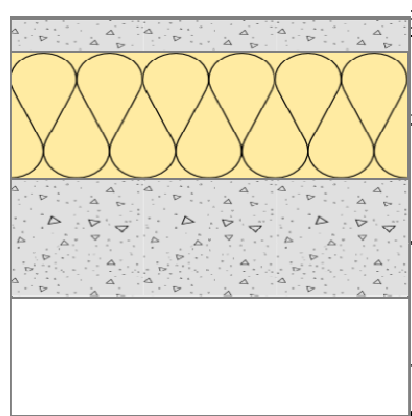
Non si verifica formazione di condensa interstiziale nella struttura durante tutto l'arco dell'anno.

**CARATTERISTICHE TERMICHE E IGROMETRICHE DEI COMPONENTI OPACHI**  
**secondo UNI EN 12831 - UNI EN ISO 6946 - UNI EN ISO 13370**

**Descrizione della struttura: Copertura zone giunto sismico**

**Codice: S6**

Trasmittanza termica	<b>0,206</b>	W/m <sup>2</sup> K
Spessore	<b>505</b>	mm
Temperatura esterna (calcolo potenza invernale)	<b>-7,2</b>	°C
Permeanza	<b>0,032</b>	10 <sup>-12</sup> kg/sm <sup>2</sup> Pa
Massa superficiale (con intonaci)	<b>476</b>	kg/m <sup>2</sup>
Massa superficiale (senza intonaci)	<b>476</b>	kg/m <sup>2</sup>
Trasmittanza periodica	<b>0,020</b>	W/m <sup>2</sup> K
Fattore attenuazione	<b>0,095</b>	-
Sfasamento onda termica	<b>-12,6</b>	h



**Stratigrafia:**

N.	Descrizione strato	s	Cond.	R	M.V.	C.T.	R.V.
-	Resistenza superficiale esterna	-	-	0,040	-	-	-
1	Resine poliestere con fibre di vetro	4,00	0,5000	0,008	2000	1,20	50000
2	C.I.s. di sabbia e ghiaia (pareti esterne)	40,00	1,6100	0,025	2200	1,00	96
3	Lana roccia Knauf SmartRoof Thermal (CAM) (tetto)	160,00	0,0360	4,444	115	1,03	1
4	C.I.s. di sabbia e ghiaia (pareti esterne)	150,00	2,1500	0,070	2400	1,00	96
5	Intercapedine non ventilata Av<500 mm <sup>2</sup> /m	150,00	0,9375	0,160	-	-	-
6	Alluminio	0,60	220,000 0	0,000	2700	0,88	9999999
-	Resistenza superficiale interna	-	-	0,100	-	-	-

**Legenda simboli**

s	Spessore	mm
Cond.	Conduttività termica, comprensiva di eventuali coefficienti correttivi	W/mK
R	Resistenza termica	m <sup>2</sup> K/W
M.V.	Massa volumica	kg/m <sup>3</sup>
C.T.	Capacità termica specifica	kJ/kgK
R.V.	Fattore di resistenza alla diffusione del vapore in capo asciutto	-

## Caratteristiche igrometriche dei componenti opachi secondo UNI EN ISO 13788

**Descrizione della struttura:** *Copertura zone giunto sismico*

**Codice:** S6

- [x] La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale.  
[x] La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale.  
[] La struttura è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale, ma la quantità è rievaporabile durante la stagione estiva.

### **Condizioni al contorno**

Temperature e umidità relativa esterne variabili, medie mensili

Temperatura interna nel periodo di riscaldamento **20,0 °C**

Criterio per l'aumento dell'umidità interna **Classe di concentrazione del vapore ( 0,006 kg/m<sup>3</sup>)**

### **Verifica criticità di condensa superficiale**

Verifica condensa superficiale ( $f_{RSI,max} \leq f_{RSI}$ )	<b>Positiva</b>
Mese critico	<b>dicembre</b>
Fattore di temperatura del mese critico $f_{RSI,max}$	<b>0,758</b>
Fattore di temperatura del componente $f_{RSI}$	<b>0,950</b>
Umidità relativa superficiale accettabile	<b>80 %</b>

### **Verifica del rischio di condensa interstiziale (secondo UNI EN ISO 13788)**

Non si verifica formazione di condensa interstiziale nella struttura durante tutto l'arco dell'anno.

## CARATTERISTICHE TERMICHE DEI COMPONENTI FINISTRATI secondo UNI EN 12831 - UNI EN ISO 6946 - UNI EN ISO 10077

**Descrizione della finestra: Nuovo serramento alluminio 130x280**

**Codice: W1**

### Caratteristiche del serramento

Tipologia di serramento	-		
Classe di permeabilità	-		
Trasmittanza termica	$U_w$	<b>1,351</b>	W/m <sup>2</sup> K
Trasmittanza solo vetro	$U_g$	<b>1,000</b>	W/m <sup>2</sup> K

### Dati per il calcolo degli apporti solari

Emissività	$\epsilon$	<b>0,837</b>	-
Fattore tendaggi (invernale)	$f_{c\ inv}$	<b>1,00</b>	-
Fattore tendaggi (estivo)	$f_{c\ est}$	<b>1,00</b>	-
Fattore di trasmittanza solare	$g_{gl,n}$	<b>0,670</b>	-
Fattore trasmissione solare totale	$g_{gl+sh}$	<b>0,658</b>	-

### Caratteristiche delle chiusure oscuranti

Resistenza termica chiusure	-		m <sup>2</sup> K/W
f shut		<b>0,6</b>	-

### Dimensioni del serramento

Larghezza		<b>130,0</b>	cm
Altezza		<b>280,0</b>	cm

### Caratteristiche del telaio

Trasmittanza termica del telaio	$U_f$	<b>0,90</b>	W/m <sup>2</sup> K
K distanziale	$K_d$	<b>0,11</b>	W/mK
Area totale	$A_w$	<b>3,640</b>	m <sup>2</sup>
Area vetro	$A_g$	<b>3,000</b>	m <sup>2</sup>
Area telaio	$A_f$	<b>0,640</b>	m <sup>2</sup>
Fattore di forma	$F_f$	<b>0,82</b>	-
Perimetro vetro	$L_g$	<b>12,200</b>	m
Perimetro telaio	$L_f$	<b>8,200</b>	m

### Caratteristiche del modulo

Trasmittanza termica del modulo	$U$	<b>1,351</b>	W/m <sup>2</sup> K
---------------------------------	-----	--------------	--------------------

