

Provincia di Brescia

Settore EDILIZIA SCOLASTICA E DIREZIONALE

Ufficio Progettazione Edilizia Scolastica e Direzione dei Lavori

Edificio scolastico:

I.I.S. "B.PASCAL - P. MAZZOLARI"

Ubicazione:

Comune di VEROLANUOVA, via Rovetta n. 29

Intervento:

**LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA
ED EFFICIENTAMENTO ENERGETICO**



**Finanziato
dall'Unione europea**
NextGenerationEU

Oggetto:

Relazione energetica

Scala:

-

Numero:

R-03

Fase/Pratica Edilizia:

Progetto Esecutivo

Il Direttore del Settore Edilizia Scolastica e Direzionale:

Dott. Arch. Giovan Maria Mazzoli

R.U.P.:

arch. Daniela Massarelli

Progettista:

ing. Michele Martinelli

Direttore Lavori:

Collaboratori:

**ing. Giovanni Betti
per.ind. Carlo Defant
ing. Loris Filippi
geom. Marco Papale**

Progettista Strutture:

Coordinatore Sicurezza:

ing. Michele Martinelli (CSP)

Nome File:

RE

Redatto da:

ing. Giovanni Betti

Verificato da:

ing. Michele Martinelli

Data:

30 giugno 2022

Data e Numero Revisione:

30 giugno 2022 - Rev. 00

AREA
DEL
TERRITORIO



PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE TECNICA DI CUI AL PUNTO 4.8 DELLE DISPOSIZIONI ALLEGATE AL DECRETO ATTUATIVO DELLA DGR 3868 DEL 17.7.2015

Riqualificazione energetica e ristrutturazioni importanti di secondo livello. Costruzioni esistenti con riqualificazione dell'involucro edilizio e di impianti termici.

Un edificio esistente è sottoposto a riqualificazione energetica quando i lavori, in qualunque modo denominati, a titolo indicativo e non esaustivo: manutenzione ordinaria o straordinaria, ristrutturazione e risanamento conservativo, ricadono nelle tipologie definite nell'Allegato A del decreto attuativo della DGR 3868 del 17.7.2015

La seguente relazione tecnica contiene le informazioni minime necessarie per accertare l'osservanza delle norme vigenti da parte degli organismi pubblici competenti. Lo schema di relazione tecnica si riferisce ad un'applicazione parziale del decreto attuativo della DGR 3868 del 17.7.2015.

1. INFORMAZIONI GENERALI

Comune di Verolanuova

Provincia di Brescia

Progetto per la realizzazione di (specificare il tipo di opere)
I.I.S. "B.PASCAL - P. MAZZOLARI"

LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA ED EFFICIENTAMENTO ENERGETICO

Edificio pubblico ☒ sì ☐ no

Edificio a uso pubblico ☒ sì ☐ no

Sito in (specificare l'ubicazione o, in alternativa indicare che è da edificare nel terreno di cui si riportano gli estremi del censimento al Nuovo Catasto Urbano)
Via Rovetta 29, 25028 Verolanuova (BS)

Richiesta Permesso di Costruire

n del 18/05/2022

Classificazione dell'edificio (o del complesso di edifici) in base alla categoria così come definita nell'Allegato A del decreto attuativo della DGR 3868 del 17.7.2015; per edifici costituiti da parti appartenenti a categorie differenti, specificare le diverse categorie)

Zona termica	Classificazione
Scuola	E.7-Edificio adibito ad attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili
Palestra	E.6 (2)-Edificio adibito a palestra ed assimilabile

Numero delle unità immobiliari: 1

Committente(i): Settore EDILIZIA SCOLASTICA E DIREZIONALE

Provincia di Brescia - Settore edilizia scolastica e direzionale - Ufficio Progettazione Edilizia Scolastica e Direzione dei Lavori

Progettista(i) degli impianti di climatizzazione (invernale ed estiva - specificare se differenti), dell'isolamento termico e del sistema di ricambio dell'aria dell'edificio:

ing. Giovanni Betti

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

Gli elementi tipologici da fornire, al solo scopo di supportare la presente relazione tecnica, sono i primi tre allegati obbligatori di cui al punto 8 della presente relazione.

3. PARAMETRI CLIMATICI DELLA LOCALITÀ

Gradi giorno (della zona d'insediamento, determinati in base al DPR 412/93)	2403 GG
Temperatura minima di progetto (dell'aria esterna secondo norma UNI 5364 e successivi aggiornamenti)	-5,1 °C
Temperatura massima estiva di progetto dell'aria esterna secondo norma	33,0 °C

4. DATI TECNICI E COSTRUTTIVI DELL'EDIFICIO (O DEL COMPLESSO DI EDIFICI) E DELLE RELATIVE STRUTTURE

Climatizzazione invernale

Volume delle parti di edificio abitabili al lordo delle strutture che li delimitano (V)	25 447,01 m ³
Superficie disperdente che delimita il volume riscaldato (S)	11 292,01 m ²
Rapporto S/V	0,44 m ⁻¹
Superficie utile climatizzata dell'edificio	6 157,93 m ²

Valore di progetto della temperatura interna invernale	
Scuola	20,0 °C
Palestra	18,0 °C
Valore di progetto dell'umidità relativa interna invernale	50,0 %
Presenza sistema di contabilizzazione del calore	<input type="checkbox"/> sì <input checked="" type="checkbox"/> no

Climatizzazione estiva

Volume delle parti di edificio abitabili al lordo delle strutture che li delimitano (V)	0,00 m ³
Superficie disperdente che delimita il volume condizionato (S)	0,00 m ²
Superficie utile climatizzata dell'edificio	0,00 m ²

Valore di progetto della temperatura interna estiva	
Scuola	26,0 °C
Palestra	24,0 °C
Valore di progetto dell'umidità relativa interna estiva	50 %
Presenza sistema di contabilizzazione del freddo	<input type="checkbox"/> sì <input checked="" type="checkbox"/> no

Informazioni generali e prescrizioni

Adozione di materiali ad elevata riflettanza solare per le coperture ☐ sì ☒ no

Se "no" riportare le ragioni tecnico-economiche che hanno portato al non utilizzo dei materiali riflettenti:

Le coperture oggetto di intervento saranno ventilate.

Adozione di tecnologie di climatizzazione passiva per le coperture ☒ sì ☐ no

Adozione di valvole termostatiche o altro sistema di termoregolazione per singolo ambiente o singola unità immobiliare ☒ sì ☐ no

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

☐ sì ☒ no

Se "no" documentare le ragioni tecniche che hanno portato alla non utilizzazione:

Non pertinente all'intervento in oggetto.

5. DATI RELATIVI AGLI IMPIANTI

5.1 Impianti termici

Impianto tecnologico destinato ai servizi di climatizzazione invernale e/o estiva e/o produzione di acqua calda sanitaria, indipendentemente dal vettore energetico utilizzato.

a) Descrizione impianto

Centrale termica

Non pertinente all'intervento in oggetto.

Trattamento di condizionamento chimico per l'acqua (norma UNI 8065) ☐ sì ☒ no

Filtro di sicurezza ☐ sì ☒ no

b) Specifiche dei generatori di energia

Installazione di un contatore del volume di acqua calda sanitaria ☐ sì ☒ no

Installazione di un contatore del volume di acqua di reintegro dell'impianto ☐ sì ☒ no

Viessmann Vitoplex 200

Caldiaia/Generatore di aria calda

Generatore di calore a biomassa ☐ sì ☒ no

Se "sì" verificare il rispetto del valore del rendimento termico utile nominale in relazione alle classi minime di cui alle pertinenti norme UNI-EN di prodotto

Combustibile utilizzato: *Metano*

Fluido termovettore: *Acqua*

Sistema di emissione (specificare bocchette/pannelli radianti/radiatori/strisce radianti/termoconvettori/travi fredde/ventilconvettori/altro):

Radiatori e bocchette

Valore nominale della potenza termica utile *440,00 kW*

Rendimento termico utile (o di combustione per generatori ad aria calda) al 100% Pn

Valore di progetto *91,4 %*

Rendimento termico utile al 30% Pn

Valore di progetto *91,4 %*

Ygnis LRP NT Plus 12

Caldiaia/Generatore di aria calda

Generatore di calore a biomassa ☐ sì ☒ no

Se "sì" verificare il rispetto del valore del rendimento termico utile nominale in relazione alle classi minime di cui alle pertinenti norme UNI-EN di prodotto

Combustibile utilizzato: *Metano*

Fluido termovettore: *Acqua*

Sistema di emissione (specificare bocchette/pannelli radianti/radiatori/strisce radianti/termoconvettori/travi fredde/ventilconvettori/altro):

Radiatori e bocchette

Valore nominale della potenza termica utile *432,00 kW*

Rendimento termico utile (o di combustione per generatori ad aria calda) al 100% Pn

Valore di progetto *91,4 %*

Rendimento termico utile al 30% Pn

Valore di progetto *91,4 %*

Ygnis Varmax 450**Caldaia/Generatore di aria calda**

Generatore di calore a biomassa

☐ sì☒ no

Se "sì" verificare il rispetto del valore del rendimento termico utile nominale in relazione alle classi minime di cui alle pertinenti norme UNI-EN di prodotto

Combustibile utilizzato: *Metano*Fluido termovettore: *Acqua*

Sistema di emissione (specificare bocchette/pannelli radianti/radiatori/strisce radianti/termoconvettori/travi fredde/ventilconvettori/altro):

*Radiatori e bocchette*Valore nominale della potenza termica utile *439,00 kW*

Rendimento termico utile (o di combustione per generatori ad aria calda) al 100% Pn

Valore di progetto *98,2 %*

Rendimento termico utile al 30% Pn

Valore di progetto *108,9 %***c) Specifiche relative ai sistemi di regolazione dell'impianto termico**Tipo di conduzione invernale prevista: *Continua 24 ore*Tipo di conduzione estiva prevista: *Assente*Sistema di gestione dell'impianto termico: *Non pertinente all'intervento in oggetto.*

Sistema di regolazione climatica in centrale termica (solo per impianti centralizzati): *Non pertinente all'intervento in oggetto.*

Centralina climatica, numero dei livelli di programmazione della temperatura nelle 24 ore: *Non pertinente all'intervento in oggetto.*

Regolatori climatici e dispositivi per la regolazione automatica della temperatura ambiente nei singoli locali o nelle singole zone o unità immobiliari:

*Non pertinente all'intervento in oggetto.***d) Dispositivi per la contabilizzazione del calore/freddo nelle singole unità immobiliari (solo per impianti centralizzati)**

Numero di apparecchi, descrizione sintetica del dispositivo:

*Non pertinente all'intervento in oggetto.***e) Terminali di erogazione dell'energia termica**

Numero di apparecchi (quando applicabile), tipo, potenza termica nominale (quando applicabile)

*Non pertinente all'intervento in oggetto.***f) Condotti di evacuazione dei prodotti della combustione**

Descrizione e caratteristiche principali (indicare con quale norma è stato eseguito il dimensionamento)

*Non pertinente all'intervento in oggetto.***g) Sistemi di trattamento dell'acqua (tipo di trattamento)**

Descrizione e caratteristiche principali

*Non pertinente all'intervento in oggetto.***h) Specifiche dell'isolamento termico della rete di distribuzione***Non pertinente all'intervento in oggetto.*

i) Schemi funzionali degli impianti termici

In allegato inserire schema unifilare degli impianti termici con specificato:

- il posizionamento e la potenze dei terminali di erogazione;
- il posizionamento e tipo dei generatori;
- il posizionamento e tipo degli elementi di distribuzione,
- il posizionamento e tipo degli elementi di controllo;
- il posizionamento e tipo degli elementi di sicurezza.

5.2 Impianti fotovoltaici

Descrizione con caratteristiche tecniche e schemi funzionali in allegato

Non pertinente all'intervento in oggetto.

5.3 Impianti solari termici

Descrizione con caratteristiche tecniche e schemi funzionali in allegato

Non pertinente all'intervento in oggetto.

5.4 Impianti di illuminazione

Descrizione con caratteristiche tecniche e schemi funzionali in allegato

Non pertinente all'intervento in oggetto.

5.5 Altri impianti

Descrizione e caratteristiche tecniche di apparecchiature, sistemi e impianti di rilevante importanza funzionali e schemi funzionali in allegato

Non pertinente all'intervento in oggetto.

6. PRINCIPALI RISULTATI DEI CALCOLI

a) Involucro edilizio e ricambi d'aria

P1 - Parete perimetrale esterna

- Tipo involucro: *Struttura verticale esterna*
- Trasmissione ante operam: (W/m²K)
- Trasmissione post operam : 0,24 (W/m²K)
- Trasmissione periodica Y_{IE} (p.o.): 0,02 (W/m²K)

S01 - Copertura predalles verso E

- Tipo involucro: *Copertura*
- Trasmissione ante operam: (W/m²K)
- Trasmissione post operam : 0,20 (W/m²K)
- Trasmissione periodica Y_{IE} (p.o.): 0,02 (W/m²K)

S02 - Copertura in legno

- Tipo involucro: *Copertura*
- Trasmissione ante operam: (W/m²K)
- Trasmissione post operam : 0,21 (W/m²K)
- Trasmissione periodica Y_{IE} (p.o.): 0,17 (W/m²K)

Caratteristiche termiche, igrometriche e di massa superficiale dei componenti verticali opachi dell'involucro edilizio interessati all'intervento

Confronto con i valori limite riportati nella tabella 12 dell'Allegato B del decreto attuativo della DGR 3868 del 17.7.2015

Vedi allegati alla presente relazione

Caratteristiche termiche, igrometriche e di massa superficiale dei componenti orizzontali o inclinati opachi dell'involucro edilizio interessati all'intervento
Confronto con i valori limite riportati nelle tabelle 13 e 14 dell'Allegato B del decreto attuativo della DGR 3868 del 17.7.2015

Vedi allegati alla presente relazione

Caratteristiche termiche delle chiusure tecniche trasparenti, apribili ed assimilabili dell'involucro edilizio interessati all'intervento

Confronto con i valori limite riportati nella tabella 15 dell'Allegato B del decreto attuativo della DGR 3868 del 17.7.2015

Classe di permeabilità all'aria dei serramenti esterni

Vedi allegati alla presente relazione

Caratteristiche termiche delle chiusure tecniche opache, apribili ed assimilabili dell'involucro edilizio

Confronto con i valori limite riportati nella tabella 15 dell'Allegato B del decreto attuativo della DGR 3868 del 17.7.2015

Classe di permeabilità all'aria dei serramenti esterni

Vedi allegati alla presente relazione

Valore del fattore di trasmissione solare totale (g_{gl+sh}) della componente vetrata esposte nel settore Ovest-Sud-Est

Confronto con il valore limite del fattore di trasmissione solare totale della componente vetrata esposte nel settore Ovest-Sud-Est presente nella tabella 16 dell'Allegato B del decreto attuativo della DGR 3868 del 17.7.2015

Vedi allegati alla presente relazione

Verifica termoigrometrica

(vedi allegati alla presente relazione)

Scuola

Numeri di ricambi d'aria (media nelle 24 ore)	2,79	h^{-1}
Portata d'aria di ricambio (G)	18 553,26	m^3/h

Palestra

Numeri di ricambi d'aria (media nelle 24 ore)	1,29	h^{-1}
---	------	----------

b) Indici di prestazione energetica per la climatizzazione invernale ed estiva, per la produzione di acqua calda sanitaria, per la ventilazione e l'illuminazione

Determinazione dei seguenti indici di prestazione energetica, espressi in kWh/m^2 anno, così come definiti al punto 6 dell'Allegato del decreto attuativo della DGR 3868 del 17.7.2015, rendimenti e parametri che ne caratterizzano l'efficienza energetica:

- H'_T : coefficiente medio globale di scambio termico per trasmissione per unità di superficie disperdente (UNI EN ISO 13789): **0,30** W/m^2K ;

$H'_{T,L}$: coefficiente medio globale limite di scambio termico per trasmissione per unità di superficie disperdente (Tabella 10 Allegato B del decreto attuativo della DGR 3868 del 17.7.2015): **0,65** W/m^2K ;

Verifica $H'_T < H'_{T,L}$ **POSITIVA**

- η_H : efficienza media stagionale dell'impianto di riscaldamento: **1,0428**;
 $\eta_{H,limite}$ efficienza media stagionale dell'impianto di riscaldamento calcolato nell'edificio di riferimento: **2,7561**;
- η_C : efficienza media stagionale dell'impianto di raffrescamento (compreso l'eventuale controllo dell'umidità): ---;
 $\eta_{C,limite}$: efficienza media stagionale dell'impianto di raffrescamento calcolato nell'edificio di riferimento (compreso l'eventuale controllo dell'umidità): ---;
- η_W : efficienza media stagionale dell'impianto di produzione dell'acqua calda sanitaria: **0,4892**;
 $\eta_{W,limite}$: efficienza media stagionale dell'impianto di produzione dell'acqua calda sanitaria calcolato nell'edificio di riferimento: **0,5667**;

c) Consuntivo energia

- energia consegnata o fornita ($E_{p,del}$): 679 946 kWh
- energia rinnovabile ($E_{p,gl,ren}$): 27 654 kWh
- energia esportata ($E_{p,exp}$): 0 kWh
- energia rinnovabile in situ: 0 kWh
- fabbisogno annuale globale di energia primaria ($E_{p,gl,tot}$): 707 601 kWh

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

Nei casi in cui la normativa vigente consente di derogare ad obblighi generalmente validi, in questa sezione vanno adeguatamente illustrati i motivi che giustificano la deroga nel caso specifico.

Non pertinente all'intervento in oggetto.

8. DOCUMENTAZIONE ALLEGATA (obbligatoria)

- ☐ Piante di ciascun piano degli edifici con orientamento e indicazione d'uso prevalente dei singoli locali e definizione degli elementi costruttivi
- ☐ Schemi funzionali degli impianti contenenti gli elementi di cui all'analoga voce del paragrafo 'Dati relativi agli impianti punto 5.1 lettera i)' e dei punti 5.2, 5.3, 5.4, 5.5
- ☒ Tabelle con indicazione delle caratteristiche termiche, termo igrometriche e della massa efficace dei componenti opachi dell'involucro edilizio con verifica dell'assenza di rischio di formazione di muffe e di condensazioni interstiziali
- ☒ Tabelle con indicazione delle caratteristiche termiche dei componenti finestrati dell'involucro edilizio e della loro permeabilità all'aria

9. DICHIARAZIONE DI RISPONDENZA

Il sottoscritto *Giovanni Betti*, iscritto a *Albo Ordine Ingegneri* provincia di *Trento* n° iscrizione *1946* 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 personale 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;
- b) i dati e le informazioni contenuti nella relazione tecnica sono conformi a quanto contenuto o desumibile dagli elaborati progettuali.

La presente relazione tecnica è resa, dal sottoscritto, in forma di dichiarazione sostitutiva di atto notorio ai sensi dell'articolo 47 del D.P.R. 445/2000 e dell'articolo 15, comma 1 del D.Lgs 192/2005 così come modificato dall'articolo 12 del D.L 63/2013

Data 18/05/2022

Giovanni Betti



A. CARATTERISTICHE TERMOIGROMETRICHE

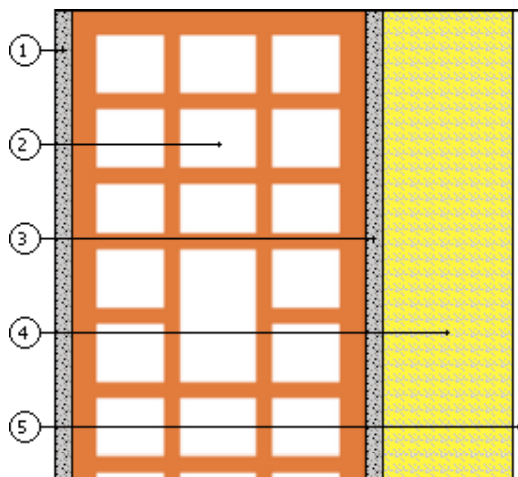
P1 - Parete perimetrale esterna

N	Descrizione dall'interno verso l'esterno	Spessore [cm]	λ [W/mK]	C [W/m²K]	δ [kg/m³]	$\delta_p \times 10^{12}$ [kg/msPa]	R [m²K/W]
1	Cemento e sabbia	1,5	1,000		1 800	19	0,015
2	Mattoni forati per pareti interne con umidità dello 0,5% (1800 kg/m³)	27,0	0,720		1 800	28	0,375
3	Cemento e sabbia	1,5	1,000		1 800	19	0,015
4	Polistirene EPS lambda 0,034	12,0	0,034		20	4	3,529
5	Intonaco plastico per cappotto esterno	1,0	0,300		1 300	6	0,033
Spessore totale		43,0					

		Resistenza superficiale interna	0,130
		Resistenza superficiale esterna	0,040
Trasmittanza termica [W/m²K]	0,242	Resistenza termica totale	4,138

Struttura verticale esterna		
Trasmittanza [W/m²K]		0,242
Trasmittanza (media tra struttura e ponti termici)[W/m²K]		0,030
Valore limite [W/m²K]		0,280
Trasmittanza termica periodica Y_{ie} [W/m²K]		0,015
Valore limite [W/m²K]		0,100
Sfasamento [h]		13,282
Smorzamento		0,062
Capacità termica [kJ/m²K]		155,000

Massa superficiale: 501,40 kg/m²



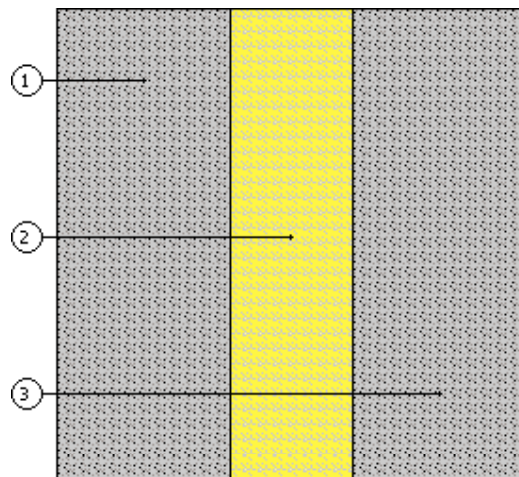
P2 - Parete prefabbricato verso E

N	Descrizione dall'interno verso l'esterno	Spessore [cm]	λ [W/mK]	C [W/m²K]	δ [kg/m³]	$\delta_p \times 10^{12}$ [kg/msPa]	R [m²K/W]
1	Calcestruzzo di sabbia e ghiaia pareti interne (2200 kg)	7,0	1,480		2 200	2	0,047
2	Polistirene EPS lambda 0,037	5,0	0,037		20	4	1,351
3	Calcestruzzo di sabbia e ghiaia pareti interne (2200 kg)	7,0	1,480		2 200	2	0,047
Spessore totale		19,0					

		Resistenza superficiale interna	0,130
		Resistenza superficiale esterna	0,040
Trasmittanza termica [W/m²K]	0,619	Resistenza termica totale	1,616

Struttura verticale esterna		
Trasmittanza [W/m²K]		0,619
Trasmittanza (media tra struttura e ponti termici)[W/m²K]		0,538
Valore limite [W/m²K]		---
Trasmittanza termica periodica Y_{tE} [W/m²K]		0,296
Valore limite [W/m²K]		0,100
Sfasamento [h]		6,516
Smorzamento		0,478
Capacità termica [kJ/m²K]		155,000

Massa superficiale: 309,00 kg/m²



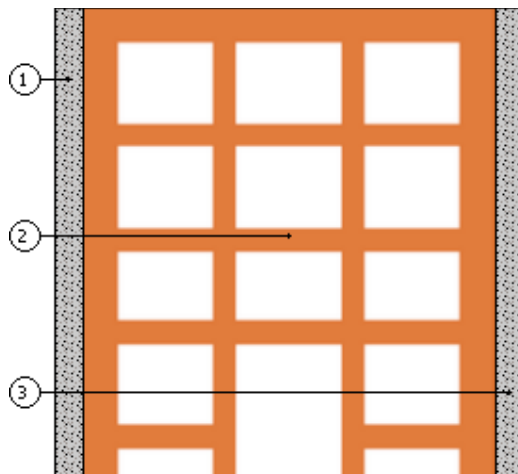
PI02 - Divisori interni

N	Descrizione dall'interno verso l'esterno	Spessore [cm]	λ [W/mK]	C [W/m²K]	δ [kg/m³]	$\delta_p \times 10^{12}$ [kg/msPa]	R [m²K/W]
1	Intonaco di calce e gesso	1,0	0,700		1 400	19	0,014
2	Mattoni forati per pareti interne con umidità dello 0,5% (1000 kg/m³)	15,0	0,360		1 000	28	0,417
3	Intonaco di calce e gesso	1,0	0,700		1 400	19	0,014
Spessore totale		17,0					

		Resistenza superficiale interna	0,130
		Resistenza superficiale esterna	0,130
Trasmittanza termica [W/m²K]	1,418	Resistenza termica totale	0,705

Struttura verticale interna		
Trasmittanza [W/m²K]		1,418
Trasmittanza (media tra struttura e ponti termici)[W/m²K]		1,134
Valore limite [W/m²K]		---
Trasmittanza termica periodica Y_{IE} [W/m²K]		0,828
Valore limite [W/m²K]		---
Sfasamento [h]		5,890
Smorzamento		0,584
Capacità termica [kJ/m²K]		155,000

Massa superficiale: 150,00 kg/m²



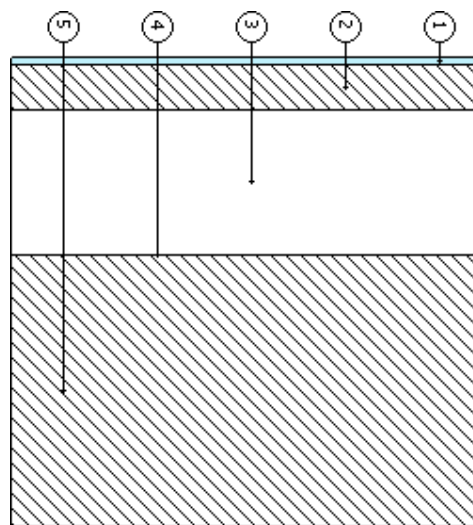
S01 - Copertura predalles verso E

N	Descrizione dall'alto verso il basso	Spessore [cm]	λ [W/mK]	C [W/m²K]	δ [kg/m³]	$\delta_p \times 10^{12}$ [kg/msPa]	R [m²K/W]
1	Guaina ardesiata	0,8	0,230		1 200	0	0,035
2	Massetto ripartitore in calcestruzzo con rete	5,0	1,490		1 200	3	0,034
3	Polistirene XPS lambda 0,036 W/mq K	16,0	0,036		30	2	4,444
4	Polietilene, bassa massa volumica	0,0	0,330		920	0	0,001
5	Solaio tipo lastrai	30,0	0,800		1 479	21	0,375
Spessore totale		51,8					

		Resistenza superficiale interna	0,100
		Resistenza superficiale esterna	0,040
Trasmittanza termica [W/m²K]	0,199	Resistenza termica totale	5,028

Copertura	
Trasmittanza [W/m²K]	0,199
Trasmittanza (media tra struttura e ponti termici)[W/m²K]	0,209
Valore limite [W/m²K]	0,240
Trasmittanza termica periodica Y_{IE} [W/m²K]	0,018
Valore limite [W/m²K]	0,180
Sfasamento [h]	13,761
Smorzamento	0,093
Capacità termica [kJ/m²K]	155,000

Massa superficiale: 518,28 kg/m²



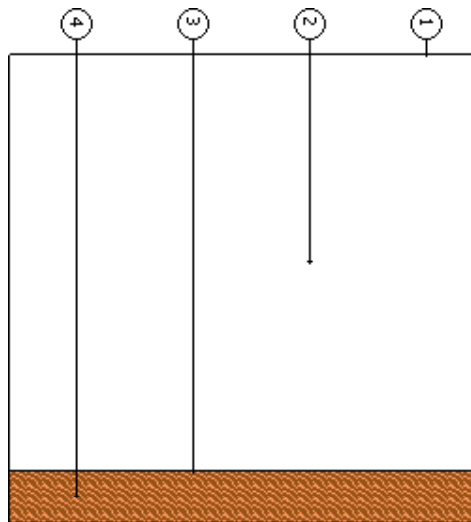
S02 - Copertura in legno

N	Descrizione dall'alto verso il basso	Spessore [cm]	λ [W/mK]	C [W/m²K]	δ [kg/m³]	$\delta_p \times 10^{12}$ [kg/msPa]	R [m²K/W]
1	Guaina traspirante RIWEGA USB Classic	0,0	0,220		210	9	0,001
2	Rockwool - Hardrock Energy	16,0	0,036		110	193	4,444
3	Freno vapore Riwega DTB 150	0,0	0,220		273	0	0,001
4	Abete (flusso perpendicolare alle fibre)	2,0	0,120		450	0	0,167
Spessore totale		18,0					

		Resistenza superficiale interna	0,100
		Resistenza superficiale esterna	0,040
Trasmittanza termica [W/m²K]	0,210	Resistenza termica totale	4,753

Copertura	
Trasmittanza [W/m²K]	0,210
Trasmittanza (media tra struttura e ponti termici)[W/m²K]	0,209
Valore limite [W/m²K]	0,240
Trasmittanza termica periodica Y_{IE} [W/m²K]	0,167
Valore limite [W/m²K]	0,180
Sfasamento [h]	4,583
Smorzamento	0,794
Capacità termica [kJ/m²K]	155,000

Massa superficiale: 26,70 kg/m²



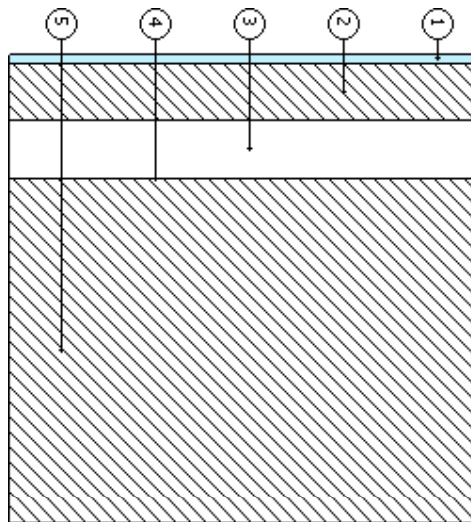
S03 - Copertura palestra

N	Descrizione dall'alto verso il basso	Spessore [cm]	λ [W/mK]	C [W/m²K]	δ [kg/m³]	$\delta_p \times 10^{12}$ [kg/msPa]	R [m²K/W]
1	Guaina ardesiata	0,8	0,230		1 200	0	0,035
2	Massetto ripartitore in calcestruzzo con rete	5,0	1,490		1 200	3	0,034
3	Polistirene XPS lambda 0,036 W/mq K	5,0	0,036		30	2	1,389
4	Polietilene, bassa massa volumica	0,0	0,330		920	0	0,001
5	Solaio tipo lastrai	30,0	0,800		1 479	21	0,375
Spessore totale		40,8					

		Resistenza superficiale interna	0,100
		Resistenza superficiale esterna	0,040
Trasmittanza termica [W/m²K]	0,507	Resistenza termica totale	1,973

Copertura	
Trasmittanza [W/m²K]	0,507
Valore limite [W/m²K]	---
Trasmittanza termica periodica Y_{IE} [W/m²K]	0,057
Valore limite [W/m²K]	0,180
Sfasamento [h]	12,204
Smorzamento	0,112
Capacità termica [kJ/m²K]	155,000

Massa superficiale: 514,98 kg/m²



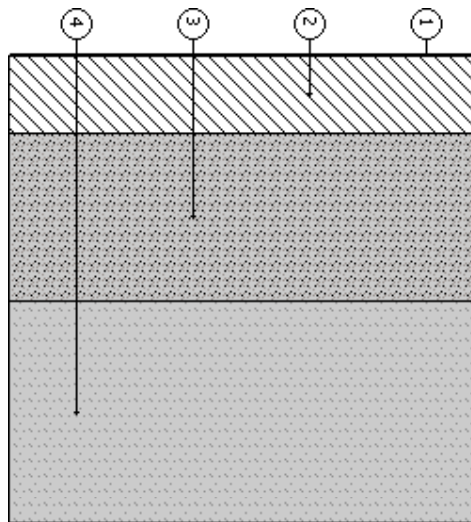
P01 - Pavimento contro terra

N	Descrizione dall'alto verso il basso	Spessore [cm]	λ [W/mK]	C [W/m²K]	δ [kg/m³]	$\delta_p \times 10^{12}$ [kg/msPa]	R [m²K/W]
1	Linoleum	0,1	0,170		1 200	0	0,006
2	Massetto ripartitore in calcestruzzo con rete	7,0	1,490		1 200	3	0,047
3	Calcestruzzo di sabbia e ghiaia pareti esterne (2400 kg)	15,0	2,150		2 400	2	0,070
4	Ciottoli e pietre frantumate con del umidità 2%	20,0	0,700		1 500	39	0,286
Spessore totale		42,1					

		Resistenza superficiale interna	0,170
		Resistenza superficiale esterna	0,040
Trasmittanza termica [W/m²K]	1,617	Resistenza termica totale	0,618

Basamento	
Trasmittanza [W/m²K]	1,617
Trasmittanza (media tra struttura e ponti termici)[W/m²K]	1,267
Valore limite [W/m²K]	---
Trasmittanza termica periodica Y_{IE} [W/m²K]	0,235
Valore limite [W/m²K]	0,180
Sfasamento [h]	11,009
Smorzamento	0,145
Capacità termica [kJ/m²K]	155,000

Massa superficiale: 745,20 kg/m²



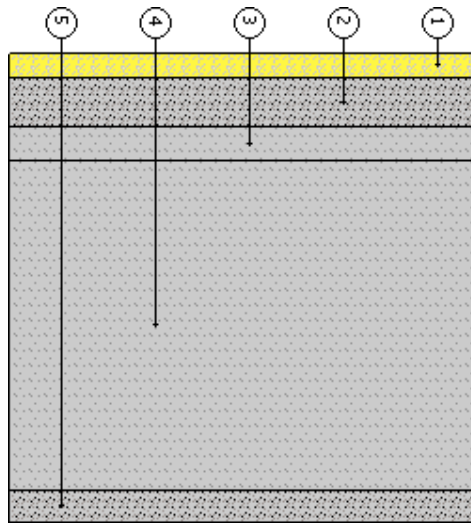
P02 - Solaio intermedio (discendente)

N	Descrizione dall'alto verso il basso	Spessore [cm]	λ [W/mK]	C [W/m²K]	δ [kg/m³]	$\delta_p \times 10^{12}$ [kg/msPa]	R [m²K/W]
1	Pavimentazione interna - gres	1,5	1,470		1 700	28	0,010
2	Malta di cemento	3,0	1,400		2 000	9	0,021
3	Massetto in calcestruzzo alleggerito (900 kg/m³)	2,0	0,580		900	2	0,034
4	Calcestruzzo armato (getto)	20,0	1,910		2 400	1	0,105
5	Malta di calce o di calce e cemento	2,0	0,900		1 800	9	0,022
Spessore totale		28,5					

		Resistenza superficiale interna	0,170
		Resistenza superficiale esterna	0,170
Trasmittanza termica [W/m²K]	1,876	Resistenza termica totale	0,533

Struttura orizzontale interna	
Trasmittanza [W/m²K]	1,876
Trasmittanza (media tra struttura e ponti termici)[W/m²K]	1,501
Valore limite [W/m²K]	---
Trasmittanza termica periodica Y_{IE} [W/m²K]	0,334
Valore limite [W/m²K]	---
Sfasamento [h]	8,924
Smorzamento	0,178
Capacità termica [kJ/m²K]	155,000

Massa superficiale: 523,50 kg/m²



B. CHIUSURE TECNICHE

B.1. Caratteristiche termiche delle chiusure tecniche trasparenti

Descrizione	A_g m ²	A_f m ²	l_g m	U_g W/m ² K	U_f W/m ² K	Ψ W/mK	U_w W/m ² K	$U_{w,corr}$ W/m ² K	U_{lim} W/m ² K	Classe perm.
F01 - 330x130	3,40	0,89	10,52	1,00	---	---	1,40	1,29	1,40	4
F02 - 240x130	2,55	0,57	6,76	1,00	---	---	1,40	1,40	1,40	4
F02 - 240x130	2,55	0,57	6,76	1,00	---	---	1,40	1,40	---	4
F03 - 100x130	0,96	0,34	3,96	1,00	---	---	1,40	1,40	1,40	4
F03 - 100x130	0,96	0,34	3,96	1,00	---	---	1,40	1,40	---	4
F04 - 120x230	2,23	0,53	6,36	1,00	---	---	1,40	1,40	1,40	4
F05 - 240x230	4,45	1,07	12,72	1,00	---	---	1,40	1,40	1,40	4
F06 - 460x160	6,16	1,20	14,32	1,00	---	---	1,40	1,40	1,40	4
F07 - 95x95	0,62	0,28	3,16	1,00	---	---	1,40	1,40	1,40	4
F08 - 490x190 palestra	7,07	2,24	30,32	2,80	---	---	2,50	2,50	---	2
F09 - 400x230 palestra	7,25	1,95	26,44	2,80	---	---	2,50	2,50	---	3

B.2. Fattore di trasmissione solare totale

Descrizione	Orientamento	g_{gl+sh} [-]	$g_{gl+sh,lim}$ [-]
F01 - 330x130	Verticale	0,20	0,35
F02 - 240x130	Verticale	0,20	0,35
F03 - 100x130	Verticale	0,20	0,35
F04 - 120x230	Verticale	0,19	0,35
F05 - 240x230	Verticale	0,20	0,35
F06 - 460x160	Verticale	0,20	0,35
F07 - 95x95	Verticale	0,20	0,35
F08 - 490x190 palestra	Verticale	0,74	0,35
F09 - 400x230 palestra	Verticale	0,74	0,35

Legenda

A_g	Area del vetro
A_f	Area del telaio
l_g	Perimetro della superficie vetrata
U_g	Trasmittanza termica dell'elemento vetrato
U_f	Trasmittanza termica del telaio
Ψ	Trasmittanza lineica (nulla in caso di vetro singolo)
U_w	Trasmittanza termica totale del serramento
$U_{w,corr}$	Trasmittanza termica ridotta del serramento comprensiva delle chiusure opache
U_{lim}	Trasmittanza limite
g_{gl+sh}	Fattore di trasmissione solare totale
$g_{gl+sh,lim}$	Fattore di trasmissione solare totale limite

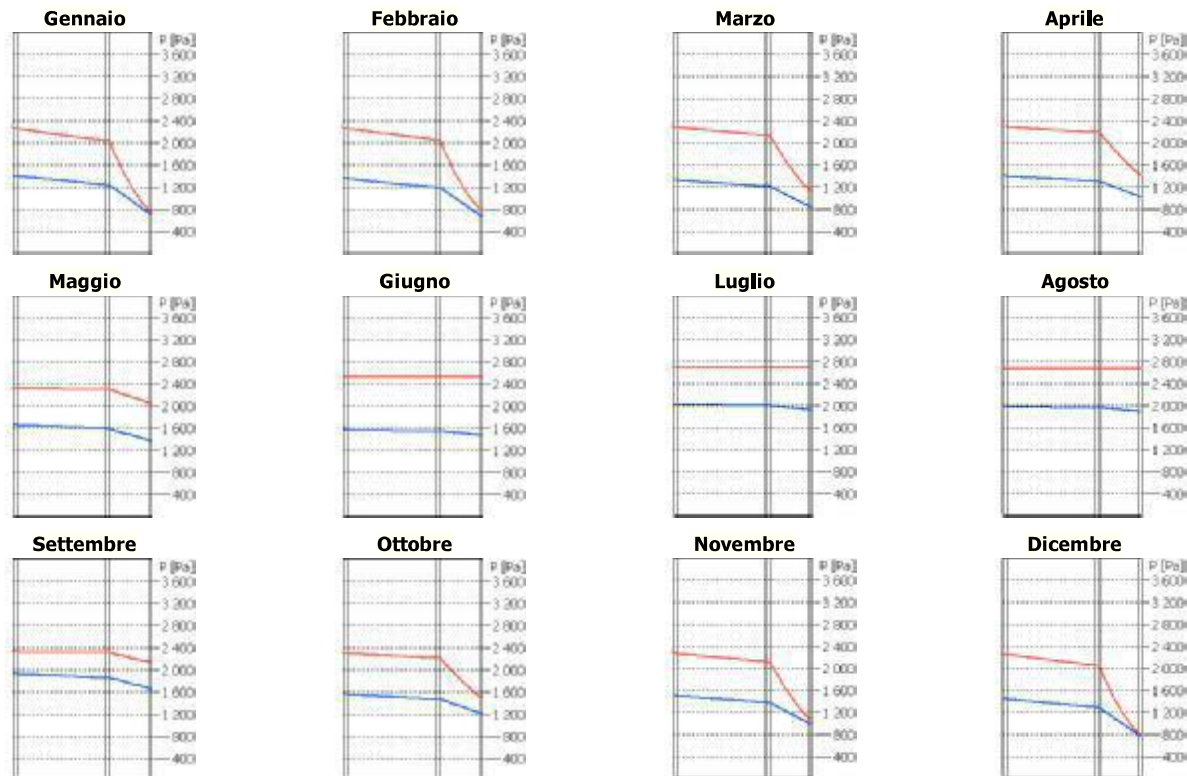
C. VERIFICA TERMOIGROMETRICA

Il calcolo delle pressioni parziali di vapore è effettuato secondo il criterio delle classi di concentrazione

P1 - Parete perimetrale esterna

N	Descrizione dall'interno verso l'esterno	μ	Spessore [cm]	R [m²K/W]
1	Cemento e sabbia	10,0	1,5	0,015
2	Mattoni forati per pareti interne con umidità dello 0,5% (1800 kg/m³)	7,0	27,0	0,375
3	Cemento e sabbia	10,0	1,5	0,015
4	Polistirene EPS lambda 0,034	50,0	12,0	3,529
5	Intonaco plastico per cappotto esterno	30,0	1,0	0,033
Resistenza superficiale interna				0,130
Resistenza superficiale esterna				0,040
Totale				43,0

Mese	T _i [°C]	P _i [Pa]	T _e [°C]	P _e [Pa]	T _{si} [°C]	T _{si,min} [°C]	f _{Rsi,min}	g _c [kg/m²]	M _s [kg/m²]
Gennaio	20,0	1 414	3,2	716	19,0	15,6	0,7366	0,0000	0,0000
Febbraio	20,0	1 363	3,7	683	19,0	15,0	0,6934	0,0000	0,0000
Marzo	20,0	1 341	8,8	842	19,3	14,7	0,5322	0,0000	0,0000
Aprile	20,0	1 404	12,3	1 029	19,5	15,5	0,4121	0,0000	0,0000
Maggio	18,0	1 471	18,0	1 371	0,0	0,0	0,0000	0,0000	0,0000
Giugno	21,3	1 572	21,3	1 472	0,0	0,0	0,0000	0,0000	0,0000
Luglio	22,4	2 021	22,4	1 921	0,0	0,0	0,0000	0,0000	0,0000
Agosto	22,2	1 987	22,2	1 887	0,0	0,0	0,0000	0,0000	0,0000
Settembre	18,6	1 763	18,6	1 663	0,0	0,0	0,0000	0,0000	0,0000
Ottobre	20,0	1 559	13,2	1 216	19,6	17,1	0,5750	0,0000	0,0000
Novembre	20,0	1 513	7,9	982	19,3	16,6	0,7218	0,0000	0,0000
Dicembre	20,0	1 458	3,7	778	19,0	16,0	0,7578	0,0000	0,0000



f_{Rsi} Struttura: 0,9413

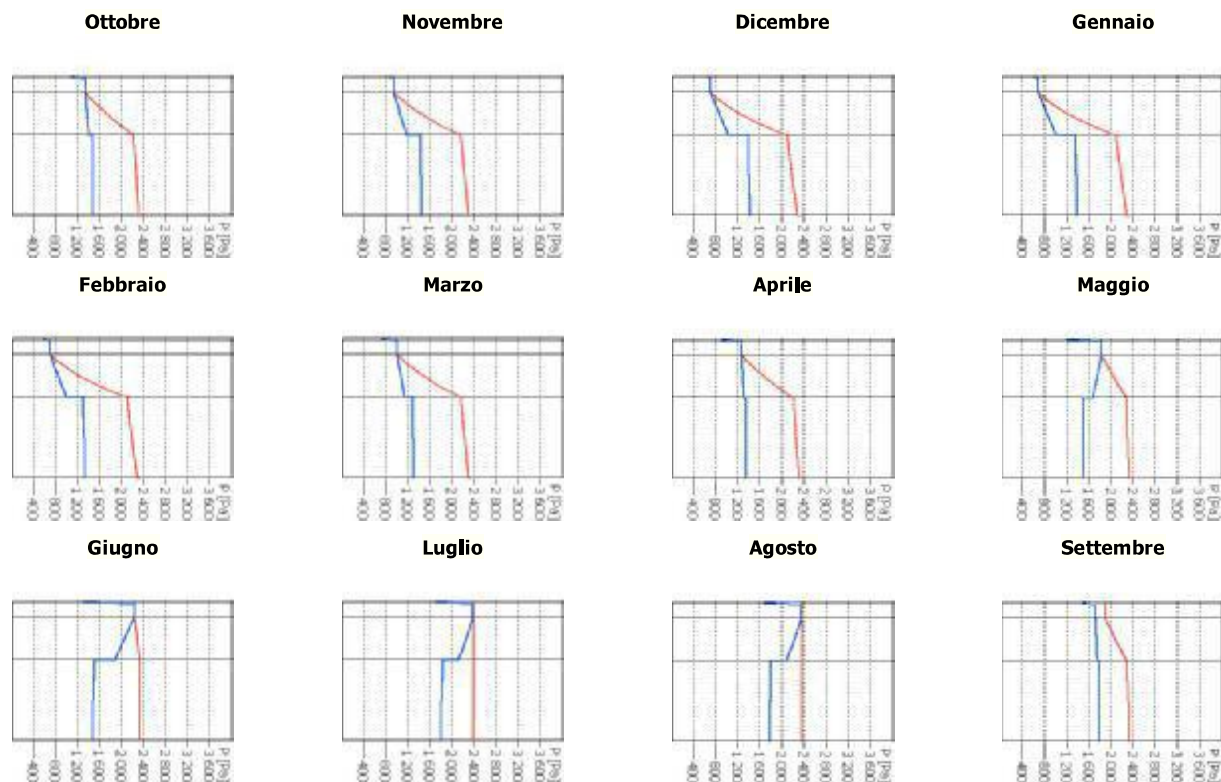
La struttura non presenta rischi di formazione muffe.

La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale.

S01 - Copertura predalles verso E

N	Descrizione dall'alto verso il basso	μ	Spessore [cm]	R [m²K/W]
1	Guaina ardesiata	20 000,0	0,8	0,035
2	Massetto ripartitore in calcestruzzo con rete	70,0	5,0	0,034
3	Polistirene XPS lambda 0,036 W/mq K	120,0	16,0	4,444
4	Polietilene, bassa massa volumica	100 000,0	0,0	0,001
5	Solaio tipo lastral	9,0	30,0	0,375
Resistenza superficiale interna				0,100
Resistenza superficiale esterna				0,040
Totale			51,8	5,028

Mese	T _i [°C]	P _i [Pa]	T _e [°C]	P _e [Pa]	T _{si} [°C]	T _{si,min} [°C]	f _{Rsi,min}	g _c [kg/m²]	M _s [kg/m²]
Ottobre	20,0	1 480	11,2	1 066	19,6	16,3	0,5785	0,0008	0,0008
Novembre	20,0	1 458	5,9	856	19,3	16,0	0,7199	0,0061	0,0069
Dicembre	20,0	1 426	1,7	675	19,1	15,7	0,7652	0,0091	0,0160
Gennaio	20,0	1 390	1,2	621	19,1	15,3	0,7502	0,0088	0,0248
Febbraio	20,0	1 343	1,7	592	19,1	14,8	0,7146	0,0070	0,0318
Marzo	20,0	1 305	6,8	735	19,4	14,3	0,5707	0,0030	0,0348
Aprile	20,0	1 347	10,3	901	19,5	14,8	0,4668	-0,0002	0,0346
Maggio	18,0	1 308	16,0	1 208	0,0	0,0	0,0000	-0,0086	0,0260
Giugno	19,3	1 401	19,3	1 301	0,0	0,0	0,0000	-0,0110	0,0151
Luglio	20,4	1 799	20,4	1 699	0,0	0,0	0,0000	-0,0098	0,0053
Agosto	20,2	1 769	20,2	1 669	0,0	0,0	0,0000	-0,0053	0,0000
Settembre	18,0	1 566	16,6	1 466	0,0	0,0	0,0000	0,0000	0,0000



f_{Rsi} Struttura: 0,9517

La struttura non presenta rischi di formazione muffe.

La struttura è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale (inizia ad ottobre).

La quantità di condensa massima (a marzo) è di 0,03477 kg/m².

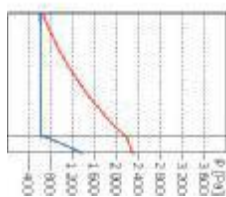
La condensa evapora completamente nei mesi successivi.

S02 - Copertura in legno

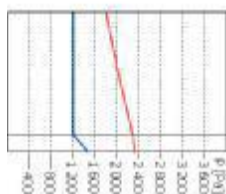
N	Descrizione dall'alto verso il basso	μ	Spessore [cm]	R [m²K/W]
1	Guaina traspirante RIWEGA USB Classic	22,0	0,0	0,001
2	Rockwool - Hardrock Energy	1,0	16,0	4,444
3	Freno vapore Riwega DTB 150	9 091,0	0,0	0,001
4	Abete (flusso perpendicolare alle fibre)	625,0	2,0	0,167
Resistenza superficiale interna				0,100
Resistenza superficiale esterna				0,040
Totale				4,753

Mese	T _i [°C]	P _i [Pa]	T _e [°C]	P _e [Pa]	T _{si} [°C]	T _{si,min} [°C]	f _{Rsi,min}	g _c [kg/m²]	M _s [kg/m²]
Gennaio	20,0	1 390	1,2	621	19,0	15,3	0,7502	0,0000	0,0000
Febbraio	20,0	1 343	1,7	592	19,1	14,8	0,7146	0,0000	0,0000
Marzo	20,0	1 305	6,8	735	19,3	14,3	0,5707	0,0000	0,0000
Aprile	20,0	1 347	10,3	901	19,5	14,8	0,4668	0,0000	0,0000
Maggio	18,0	1 308	16,0	1 208	0,0	0,0	0,0000	0,0000	0,0000
Giugno	19,3	1 401	19,3	1 301	0,0	0,0	0,0000	0,0000	0,0000
Luglio	20,4	1 799	20,4	1 699	0,0	0,0	0,0000	0,0000	0,0000
Agosto	20,2	1 769	20,2	1 669	0,0	0,0	0,0000	0,0000	0,0000
Settembre	18,0	1 566	16,6	1 466	0,0	0,0	0,0000	0,0000	0,0000
Ottobre	20,0	1 480	11,2	1 066	19,5	16,3	0,5785	0,0000	0,0000
Novembre	20,0	1 458	5,9	856	19,3	16,0	0,7199	0,0000	0,0000
Dicembre	20,0	1 426	1,7	675	19,1	15,7	0,7652	0,0000	0,0000

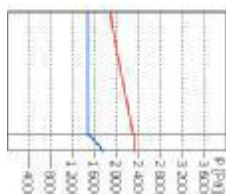
Gennaio



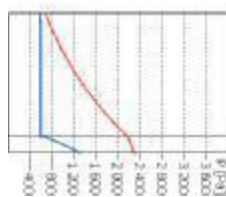
Maggio



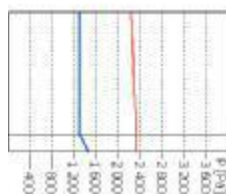
Settembre



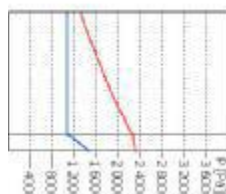
Febbraio



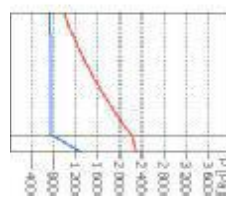
Giugno



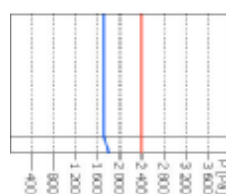
Ottobre



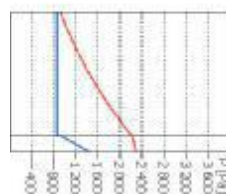
Marzo



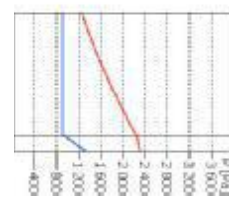
Luglio



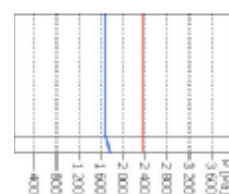
Novembre



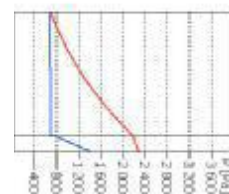
Aprile



Agosto



Dicembre



f_{Rsi} Struttura: 0,9490

La struttura non presenta rischi di formazione muffe.

La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale.

RELAZIONE DI CALCOLO PONTI TERMICI

Comune: Verolanuova (BS)

Descrizione: I.I.S. "B.PASCAL - P. MAZZOLARI"

LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA ED
EFFICIENTAMENTO ENERGETICO

Committente: Settore EDILIZIA SCOLASTICA E DIREZIONALE

Provincia di Brescia - Settore edilizia scolastica e
direzionale - Ufficio Progettazione Edilizia Scolastica e
Direzione dei Lavori

Progettista: ing. Giovanni Betti

SOMMARIO

PREMESSA.....	3
Ponte termico serramenti	4

PREMESSA

I ponti termici, che in genere si verificano in corrispondenza di qualsiasi giunzione tra componenti edilizi o dove nell'edificio la struttura cambia composizione, hanno due conseguenze:

- una variazione del flusso di calore, e
- una variazione della temperatura superficiale interna.

Sebbene vengano utilizzate procedure di calcolo simili, le procedure non sono identiche per il calcolo dei flussi di calore e delle temperature superficiali.

In questa relazione di calcolo si riporta la valutazione della trasmittanza lineica del ponte termico, sia per misure interne sia per misure esterne, tramite analisi ad elementi finiti.

Per ogni ponte termico sono analizzati: la distribuzione del flusso termico, il coefficiente di accoppiamento termico per calcolo bidimensionale, la distribuzione delle temperature calcolate ad ogni nodo, le temperature superficiali e di conseguenza il rischio di formazione di muffa.

Le norme utilizzate per il calcolo sono:

UNI EN ISO 10211: Ponti termici in edilizia - Flussi termici e temperature superficiali - Calcoli dettagliati

UNI EN ISO 13788: Prestazione igrotermica dei componenti e degli elementi per edilizia - Temperatura superficiale interna per evitare l'umidità superficiale critica e la condensazione interstiziale - Metodi di calcolo

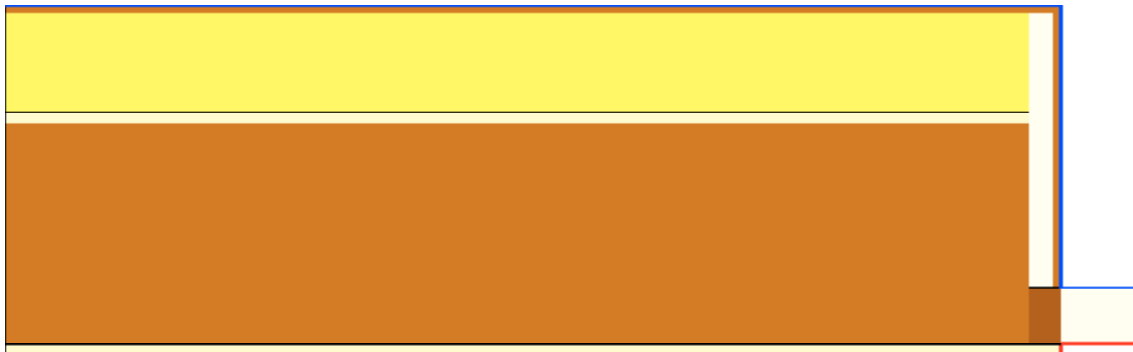
UNI EN ISO 6946: Componenti ed elementi per edilizia - Resistenza termica e trasmittanza termica - Metodo di calcolo

Il metodo di calcolo utilizzato nella valutazione del ponte termico si basa su quanto indicato dalla norma UNI EN ISO 10211, che definisce i limiti geometrici del modello, i criteri da adottare per l'analisi del modello, la convergenza del metodo di calcolo e le condizioni termiche al contorno.

In particolare il metodo numerico soddisfa i requisiti elencati di seguito, come da UNI EN ISO 10211:

- Il metodo fornisce temperature e flussi di calore, per ogni località richiesta.
- Per un numero crescente di suddivisioni, la soluzione del metodo convergere alla soluzione analitica, se tale soluzione esiste.
- La somma dei valori assoluti di tutti i flussi di calore che entrano nell'oggetto vengono calcolati due volte, per n nodi (o celle) e per $2n$ nodi (o celle). La differenza tra questi due risultati non deve superare l'1%. In caso negativo, saranno effettuate ulteriori suddivisioni fino a quando questo criterio è soddisfatto.

Ponte termico serramenti



Modello geometrico del ponte termico

MATERIALI UTILIZZATI

	Materiale	λ [W/mK]
1	Cemento e sabbia	1,000
2	Mattoni forati per pareti interne con umidità dello 0,5% (1800 kg/m ³)	0,720
3	Polistirene EPS lambda 0,034	0,034
4	Intonaco plastico per cappotto esterno	0,300
5	Telaio in alluminio con taglio termico	0,160
6	Siferite GT	0,022
7	Legname (500 kg/m ³)	0,130

Legenda

λ Conduttività termica del materiale

CONDIZIONI AL CONTORNO

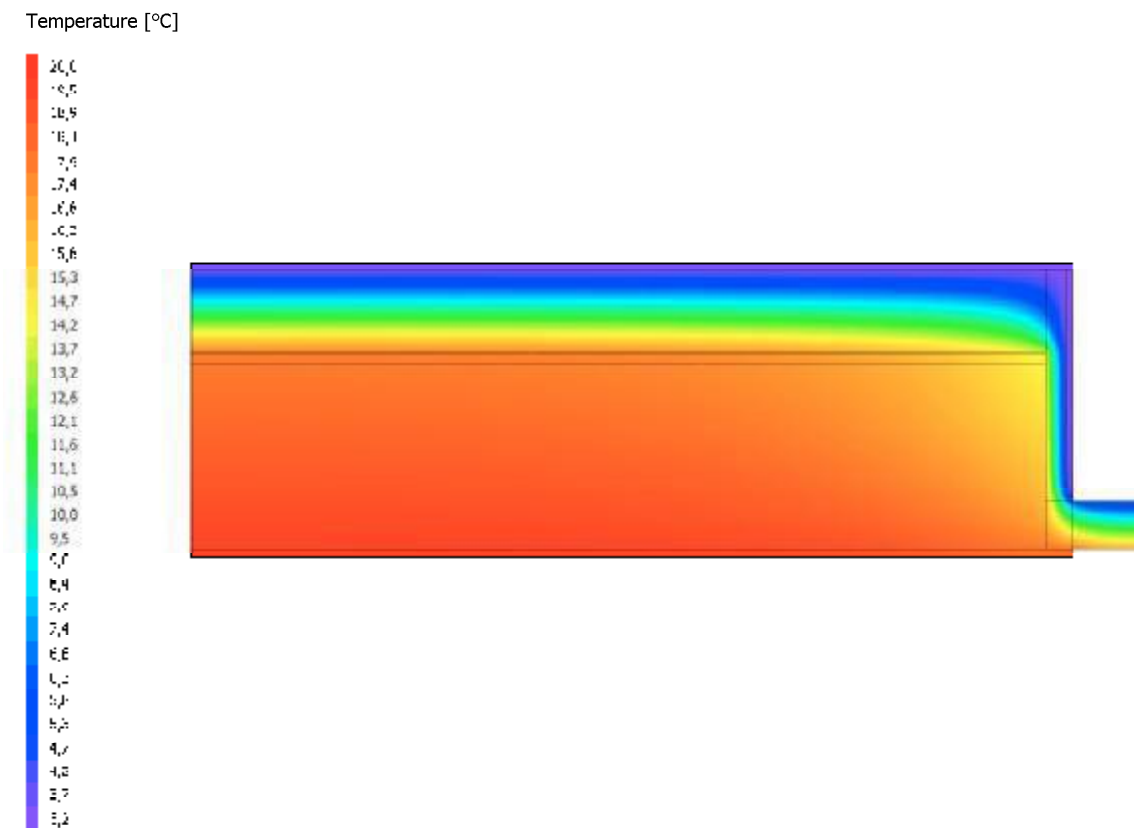
	Confine	θ [°C]	R_s [m ² K/W]
1	Ambiente esterno	3,16	0,040
2	Ambiente interno riscaldato	20,00	0,130

Legenda

θ Temperatura dell'ambiente

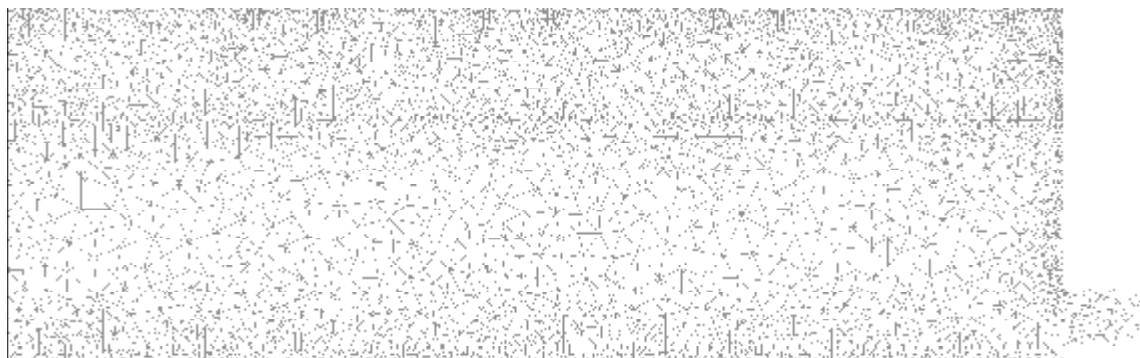
R_s Resistenza superficiale del materiale a contatto con l'ambiente

CALCOLO DELLA TRASMITTANZA LINEICA



Distribuzione delle temperature all'interno del modello

Flusso termico Φ	10,862 W/m
Coefficiente di accoppiamento L_{2D}	0,645 W/mK
Trasmittanza lineica interna ψ_i	-0,254 W/mK
Trasmittanza lineica esterna ψ_e	-0,254 W/mK



Mesh di calcolo

	U [W/m²K]	L _{int} [m]	L _{ext} [m]	b _{tr}
1	0,242	1,290	1,290	---
2	5,871	0,100	0,100	---

Legenda

U Trasmittanza termica del componente
L_{int} Lunghezza considerata per il calcolo della trasmittanza lineica interna
L_{ext} Lunghezza considerata per il calcolo della trasmittanza lineica esterna
b_{tr} Coefficiente di scambio termico per locali non riscaldati

VERIFICA FORMAZIONE MUFFA

Tipo di calcolo Classi di concentrazione

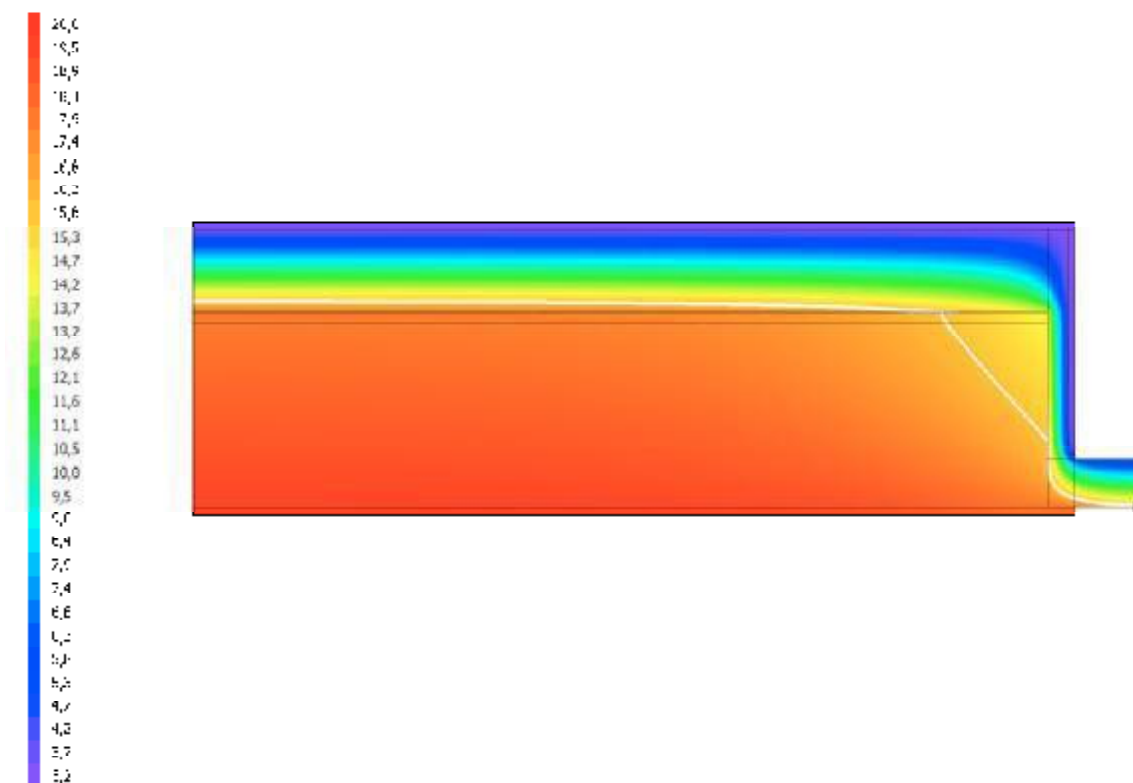
Classe di vapore Alloggi senza ventilazione meccanica controllata, edifici con indice di affollamento non noto

Mese	θ _e [°C]	φ _e [%]	p _e [Pa]	Δp [Pa]	p _i [Pa]	p _{sat} (θ _{si}) [Pa]	θ _{si,min} [°C]	θ _i [°C]	f _{Rsi,min}
Ottobre	13,16	80,36	1 216	343	1 559	1 948	17,09	20,00	0,5750
Novembre	7,86	92,43	982	531	1 513	1 891	16,62	20,00	0,7218
Dicembre	3,66	98,00	778	680	1 458	1 822	16,04	20,00	0,7578
Gennaio	3,16	93,48	716	698	1 414	1 767	15,57	20,00	0,7366
Febbraio	3,66	86,02	683	680	1 363	1 703	14,99	20,00	0,6934
Marzo	8,76	74,59	842	499	1 341	1 676	14,74	20,00	0,5322
Aprile	12,26	72,14	1 029	375	1 404	1 755	15,45	20,00	0,4121

Legenda

θ_e Temperatura esterna
φ_e Umidità relativa esterna
p_e Pressione parziale di vapore acqueo esterna
Δp Differenza di pressione parziale di vapore acqueo fra interno e esterno
p_i Pressione parziale di vapore acqueo interna
p_{sat}(θ_{si}) Pressione di saturazione minima accettabile
θ_{si,min} Temperatura superficiale minima accettabile
θ_i Temperatura interna
f_{Rsi,min} Fattore di temperatura minimo

Temperature [°C]



Distribuzione delle temperature e isoterma della temperatura limite

Mese critico	Dicembre
Fattore di temperatura massimo $f_{Rsi,max}$	0,7578
Fattore di temperatura f_{Rsi}	0,7928
Rischio formazione muffe	ASSENTE