



COMUNE DI BORGOSATOLLO (BS)
SETTORE LAVORI PUBBLICI

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO
GEOM. IVAN FADINI



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



MINISTERO
DELL'INTERNO

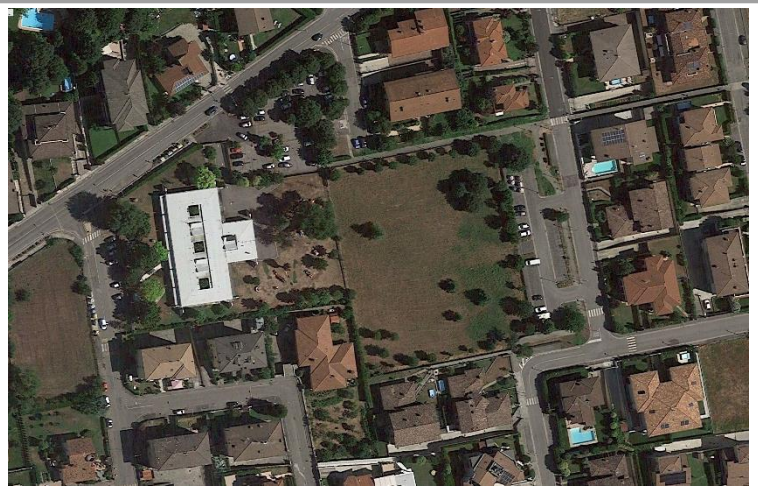


PNRR MISSIONE 4: ISTRUZIONE E RICERCA

REALIZZAZIONE NUOVO ASILO NIDO

CUP C95E22000420007

PROGETTO ESECUTIVO



E601

APR 2023

REV 00

RELAZIONE EX LEGGE 10



advanced
engineering

OPTIMA

PROGETTO ARCHITETTONICO
SBG ARCHITETTI
viale gorizia 30 20144 milano – italy
www.sbgarchitetti.it


PROGETTO DELLE STRUTTURE
PROGETTO DEGLI IMPIANTI
ADVANCED ENGINEERING SRL
via Monte Bianco 34 – 20149 Milano

COORDINATORE DELLA SICUREZZA
OPTIMA SOLUZIONI AMBIENTALI S.C.
Via Adeodato Ressi, 26 – 20126 Milano

Comune di Borgosatollo- (BS)

RELAZIONE TECNICA

Attestante la rispondenza alle prescrizioni in materia di
contenimento del consumo energetico degli edifici

EDIFICIO	- Borgosatollo (BS)
PROGETTISTA	Arch. Cariboni Alberto
DATA	26/04/2023
	<div>Firma: _____</div> <div></div>

Egregio Signor Sindaco del comune di Borgosatollo, (BS)
e per conoscenza all'Ufficio Tecnico del comune di Borgosatollo, (BS)

RELAZIONE TECNICA DI CUI AL PUNTO 4.8 DELL'ALLEGATO 1 DEL DECRETO ATTUATIVO DELLA DGR 3868 DEL 17.7.2015

Nuove costruzioni, ristrutturazioni importanti di primo livello, edifici ad energia quasi zero

Un edificio esistente è sottoposto a ristrutturazione importante di primo livello quando l'intervento ricade nelle tipologie definite nell'allegato A del decreto attuativo della DGR 3868 del 17.7.2015.

Il seguente schema di 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 all'applicazione integrale del decreto attuativo DGR 3868 del 17.7.2015.

1 INFORMAZIONI GENERALI

Comune di Borgosatollo Provincia BS

Progetto per la realizzazione di

Edificio scolastico nel comune di Borgosatollo

☒ Edificio pubblico

☒ Edificio ad uso pubblico

Sito in Via Giuseppe di Vittorio

Unità	Sezione	Foglio	Particella	Subalterno
Unità immobiliare 01				

Richiesta Permesso di Costruire Del

Permesso di Costruire / DIA/ SCIA / CIL o CIA	Del
---	-----

Variante Permesso di Costruire / DIA/ SCIA / CIL o CIA Del

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)

E.7. - attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili

Numero delle unità immobiliari 1

Soggetti coinvolti

Committente	Comune di Borgosatollo
-------------	------------------------

Progettista degli impianti termici Arch. Cariboni Alberto

Progettista dell'isolamento termico dell'edificio Arch. Cariboni Alberto

Progettista del sistema di ricambio dell'aria dell'edificio Arch. Cariboni Alberto

Direttore dei lavori per l'isolamento termico dell'edificio	Da definire
---	-------------

Direttore dei lavori per la realizzazione degli impianti termici	Da definire
--	-------------

Direttore dei lavori del sistema di ricambio dell'aria dell'edificio	Da definire
Progettista dei sistemi di illuminazione dell'edificio	SBG Architetti
Direttore dei lavori dei sistemi di illuminazione dell'edificio	Da definire
Tecnico incaricato per la redazione dell'APE	Da definire

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)	2399 GG
Temperatura minima di progetto (dell'aria esterna norma UNI 5364 e succ agg.)	266,4 K
Temperatura massima estiva di progetto dell'aria esterna secondo norma	305,2 K

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

Climatizzazione invernale

Unità immobiliare	S [m²]	V [m³]	S/V	Su [m²]
Unità immobiliare 01	1.747,91	2.347,51	0,74	493,55

S Superficie disperdente che delimita il volume climatizzato
V Volume delle parti di edificio climatizzate al lordo delle strutture che li delimitano
S/V rapporto tra superficie disperdente e volume lordi o fattore di forma dell'edificio
Su superficie utile climatizzata dell'edificio

Unità immobiliare	Zona climatizzata	Tinv [°C]	φinv [%]
Unità immobiliare 01	Asilo	20,0	50

Tinv Valore di progetto della temperatura interna invernale
φinv valore di progetto dell'umidità relativa interna per la climatizzazione invernale

Unità immobiliare	Metodo contabilizzazione
Unità immobiliare 01	Non contabilizzato in quanto impianto di climatizzazione autonomo

Climatizzazione estiva

Unità immobiliare	S [m²]	V [m³]	Su [m²]
Unità immobiliare 01	1.747,91	2.347,51	493,55

S Superficie disperdente che delimita il volume climatizzato
V Volume delle parti di edificio climatizzate al lordo delle strutture che li delimitano
Su Superficie utile climatizzata dell'edificio

Unità immobiliare	Zona climatizzata	Test [°C]	φ _{est} [%]
Unità immobiliare 01	Asilo	26,0	50

Test Valore di progetto della temperatura interna estiva

φ_{est} Valore di progetto dell'umidità relativa interna estiva

Unità immobiliare	Metodo
Unità immobiliare 01	Non contabilizzato in quanto impianto di climatizzazione autonomo

Informazioni generali e prescrizioni

Presenza di reti di teleriscaldamento/raffreddamento a meno di 1000 m ☐ Si ☒ No

Se "sì" descrivere le opere edili ed impiantistiche previste necessarie al collegamento alle reti. Se non sono state predisposte opere inserire la motivazione:

Livello di automazione per il controllo, la regolazione e la gestione delle tecnologie dell'edificio e degli impianti termici (BACS), classe (min = classe B norma UNI EN 15232):

B

Adozione di materiali ad elevata riflettanza solare per le coperture: ☒ Si ☐ No

Se "sì" descrizione e caratteristiche principali:

Valore di riflettanza solare 0,81 > 0,65 per coperture piane

Valore di riflettanza solare 0 > 0,30 per coperture a falda

Caratteristiche speciali

SRI (Solar Reflectance Index)	ASTM 1980	100	
Riflettività iniziale	ASTM C-1549	81%	(criterio > 65 %)
Emissività	ASTM C-1371 & ASTM E-408	81%	(criterio > 80 %)

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

Adozione di tecnologie di climatizzazione passiva per le coperture ☐ Si ☒ No

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

La trasmittanza termica periodica Y della copertura presenta un valore sufficientemente ridotto e quindi non è stata ravvisata la necessità di prevedere alcuna intercapedine ventilata o altre strategie di climatizzazione passiva

Adozione di misuratori d'energia (Energy Meter) ☐ Si ☒ No

Se "sì" descrizione e caratteristiche principali

Adozione di sistemi di contabilizzazione diretta del calore ☐ Si ☒ No

Adozione di sistemi di contabilizzazione diretta del freddo ☐ Si ☒ No

Adozione di sistemi di contabilizzazione diretta dell'ACS ☐ Si ☒ No

Se "no" riportare le ragioni tecnico-economiche che hanno portato al non utilizzo e definire quale sistema di contabilizzazione è stato utilizzato:

Non contabilizzato in quanto impianto autonomo

Utilizzazione di fonti di energia rinnovabili per la copertura dei consumi di calore, di elettricità e per il raffrescamento di cui ai punti 6.13 e 6.15 dell'Allegato del decreto attuativo della DGR 3868 del 17.7.2015..

Produzione di energia termica

Indicare la % di copertura tramite il ricorso ad energia prodotta da impianti alimentati da fonti rinnovabili, dei consumi previsti per:

Acqua Calda Sanitaria 73,7 %

Climatizzazione invernale, Acqua Calda Sanitaria, Climatizzazione estiva 67,3 %

Produzione di energia elettrica

Indicare la potenza elettrica degli impianti alimentati da fonti rinnovabili:

Superficie in pianta dell'edificio a livello del terreno S 576,62 m²

Potenza Elettrica $P=(1/K)*S$ 12,69 kW

Descrizione e potenza degli impianti alimentati da fonti rinnovabili (specificare anche le caratteristiche e l'ubicazione (comune, indirizzo, foglio e particella catastale) di eventuali impianti per cui ci si avvale della possibilità prevista al punto 2 della DGR 2480 del 18.11.2019), allegando l'atto di assenso del legittimo proprietario o dell'avente titolo

Impianto fotovoltaico costituito da 67 pannelli da 475 W/pannello. Potenza totale 31.83 kW

Adozione sistemi di regolazione automatica della temperatura ambiente singoli locali o nelle zone termiche servite da impianti di climatizzazione invernale

☒ Si ☐ No

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

☒ Si ☐ No

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

Valutazione sull'efficacia dei sistemi schermanti delle superfici vetrate sia esterni che interni presenti:
vedi allegati alla relazione tecnica

Verifiche di cui al punto 6.16 lettera b) dell'Allegato 1 decreto attuativo della DGR 3868 del 17.7.2015.

Tutte le pareti opache verticali ad eccezione di quelle comprese nel quadrante nord-ovest/nord/nord-est:

Verifica non richiesta in quanto il comune ha Irradianza minore di 290 W/mq

Valore di Massa superficiale

Elemento edilizio	M Sup [kg/m ²]	Limite [kg/m ²]	Verifica
-	-	-	-

Valore del modulo della trasmittanza termica periodica YIE

Elemento edilizio	YIE [W/m ² K]	Limite [W/m ² K]	Verifica
-	-	-	-

Verifiche di cui al punto 6.16 lettera c) dell'Allegato 1 del decreto attuativo della DGR 3868 del 17.7.2015.

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 dell'impianto

Tipologia

Impianto termico autonomo per l'edificio scolastico

Sistemi di generazione

Pompa di calore elettrica aria-acqua per climatizzazione dell'edificio scolastico

Sistemi di termoregolazione

Regolazione mediante termostato ambiente programmabile

Sistemi di contabilizzazione dell'energia termica

Non presente in quanto impianto autonomo

Sistemi di distribuzione del vettore termico

Tubazioni di mandata e ritorno per ogni singolo fan coil con tubazioni in acciaio nero coibentato.

Sistemi di ventilazione forzata

Sistema di ventilazione meccanica controllata a doppio flusso con recuperatore di calore.

Sistemi di accumulo termico

Assente

Sistemi di produzione dell'acqua calda sanitaria

Pompa di calore aria/acqua per la produzione di acqua calda sanitaria con rete di ricircolo

Sistemi di distribuzione dell'acqua calda sanitaria

Impianto centralizzato con sistema di distribuzione dell'acqua calda sanitaria con tubazioni in acciaio zincato e multistrati fino ai punti utenza

Trattamento di condizionamento chimico per l'acqua (norma UNI 8065) ☒ Si ☐ No

Durezza dell'acqua di alimentazione dei generatori di calore 0

Filtro di sicurezza ☒ Si ☐ No

b. Specifiche dei generatori di energia

Installazione di un contatore del volume di acqua calda sanitaria ☐ Si ☒ No

Installazione di un contatore del volume di acqua di reintegro ☐ Si ☒ No

POMPA DI CALORE

Pompa di calore tipo Energycal AW PRO MT

Pompa di calore ☒ elettrica ☐ a gas

Tipo di pompa di calore (ambiente esterno/interno) Aria esterna - Acqua

Lato esterno (specificare aria/acqua/suolo, sonde orizzontali/suolo, sonde verticali/altro):

Fluidi lato utenze (specificare aria/acqua/altro) Acqua

Potenza elettrica assorbita ausiliari 1.430,00 W

Potenza termica utile riscaldamento [kW]

Il dato è in funzione delle temperature di pozzo caldo e sorgente fredda

Ts,fredda [°C]	Tpozzo caldo [°C]						
	35	45	55	-	-	-	-
-7,0	30,790	29,930	28,700	-	-	-	-
2,0	39,550	38,100	36,410	-	-	-	-
7,0	45,080	43,260	41,220	-	-	-	-
12,0	51,510	49,060	46,440	-	-	-	-

Coefficiente di prestazione (COP)

Il dato è in funzione delle temperature di pozzo caldo e sorgente fredda

Ts,fredda [°C]	Tpozzo caldo [°C]						
	35	45	55	-	-	-	-
-7,0	2,833	2,318	1,848	-	-	-	-
2,0	3,580	2,919	2,342	-	-	-	-
7,0	4,039	3,280	2,634	-	-	-	-
12,0	4,583	3,713	2,981	-	-	-	-

POMPA DI CALORE

Pompa di calore tipo Daikin HLE260CV3

Pompa di calore ☒ elettrica ☐ a gas

Tipo di pompa di calore (ambiente esterno/interno) Aria esterna - Acqua

Lato esterno (specificare aria/acqua/suolo, sonde orizzontali/suolo, sonde verticali/altro):

Fluidi lato utenze (specificare aria/acqua/altro) Acqua

Potenza elettrica assorbita ausiliari 150,00 W

Potenza termica utile riscaldamento [kW]

Il dato è in funzione delle temperature di pozzo caldo e sorgente fredda

Ts,fredda [°C]	Tpozzo caldo [°C]						
	45	-	-	-	-	-	-
-7,0	4,320	-	-	-	-	-	-

Coefficiente di prestazione (COP)

Il dato è in funzione delle temperature di pozzo caldo e sorgente fredda

Ts,fredda [°C]	Tpozzo caldo [°C]						
	45	-	-	-	-	-	-
-7,0	1,600	-	-	-	-	-	-

MACCHINA FRIGORIFERA

Pompa di calore tipo Energycal AW PRO MT C

Tipo di pompa di calore (ambiente esterno/interno) Aria esterna/Acqua

Temperatura dell'acqua in uscita:7,00

Temperatura bulbo secco dell'aria esterna:35,00

Funzionamento pompa Energia elettrica

Funzionamento pompa Raffrescamento

Potenza nominale 44,3 kW

Potenza elettrica assorbita ausiliari 1.430,00 W

PRESTAZIONI

Fattore di carico	EER
100 %	3,07
75 %	2,7
50 %	3
25 %	2,8

Per gli impianti termici con o senza produzione di acqua calda sanitaria, che utilizzano, in tutto o in parte, macchine diverse da quelle sopra descritte, le prestazioni di dette macchine sono fornite utilizzando le caratteristiche fisiche della specifica apparecchiatura, e applicando, ove esistenti, le vigenti norme tecniche.

c. Specifiche relative ai sistemi di regolazione dell'impianto termico

Tipo di conduzione invernale prevista:

- ☐ Continua con attenuazione notturna
☒ Intermittente

Tipo di conduzione estiva prevista:

- ☐ Continua con attenuazione notturna
☒ Intermittente

Sistema di gestione dell'impianto termico

Termostato ambiente programmabile

Sistema di regolazione climatica in centrale termica (solo per impianti centralizzati)

Centralina climatica

Numero dei livelli di programmazione della temperatura nelle 24 ore 8

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

Denominazione	Regolazione	N	Descrizione	Livelli
Unità immobiliare 01-Asilo	Regolazione di ambiente e sonda climatica	-	Termostato ambiente	8

N: numero apparecchi

Livelli: Numero di livelli di programmazione nelle 24 ore

d. Dispositivi per la contabilizzazione del calore/freddo nelle singole unità immobiliari (solo per impianti centralizzati)

Per Climatizzazione invernale

Numero di apparecchi 0

Descrizione sintetica dispositivo

Per Acqua Calda Sanitaria

Numero di apparecchi 0

Descrizione sintetica dispositivo

Per Climatizzazione estiva

Numero di apparecchi 0

Descrizione sintetica dispositivo

e. Terminali di erogazione dell'energia termica

Elenco dei terminali di erogazione dell'unità immobiliare

Denominazione	N	Tipologia	P [W]
U.I.1-Asilo	21	Ventilconvettori	28.350,0

N Numero di apparecchi

P Potenza installata

f. Condotti di evacuazione dei prodotti della combustione

Descrizione e caratteristiche principali

Assente

g. Sistemi di trattamento dell'acqua (tipo di trattamento)

Descrizione e caratteristiche principali

Addolcitore

h. Specifiche dell'isolamento termico della rete di distribuzione

Tipologia, conduttività termica, spessore (vedi allegati alla relazione tecnica)

ISOLAMENTO DELLE RETI DI DISTRIBUZIONE DEL CALORE NEGLI IMPIANTI TERMICI

Conducibilità 0,04 W/m°C

Ø	DN	Spessore minimo isolamento	Diametro esterno isolato totale	Montanti interne all'edificio	Diametro esterno isolato totale	Tubazioni interne all'involucro edilizio	Diametro esterno isolato totale
pollici	mm	mm	mm	(50% spes min)	mm	(30% spes min)	mm
1/2"	15	20	55	10	35	6	27
3/4"	20	30	80	15	50	9	38
1"	25	30	85	15	55	9	43
1" 1/4	32	30	92	15	62	9	50
1" 1/2	40	40	120	20	80	12	64
2"	50	40	130	20	90	12	74
2" 1/2	65	50	165	25	115	15	95
3"	80	55	190	27,5	135	16,5	113
4"	100	60	220	30	160	18	136

i. Schemi funzionali degli impianti termici

In allegato sono inseriti schemi unifilari di impianto termico con specificato

- ☐ Posizionamento e potenze dei terminali di erogazione – Allegato
- ☐ Posizionamento e tipo dei generatori – Allegato
- ☐ Posizionamento e tipo degli elementi di distribuzione – Allegato
- ☐ Posizionamento e tipo degli elementi di controllo – Allegato
- ☐ Posizionamento e tipo degli elementi di sicurezza – Allegato

5.2 Impianti fotovoltaiciNella modellazione dell'edificio sono presenti impianti fotovoltaici ☒ Si ☐ No

Descrizione con caratteristiche tecniche e schemi funzionali (vedi allegati alla relazione tecnica)

Impianto fotovoltaico costituito da 67 pannelli con potenza 475 W/pannello. Potenza di picco totale installata pari a 31,83 kWp

5.3 Impianti solari termiciNella modellazione dell'edificio sono presenti impianti solari termici ☐ Si ☒ No

Descrizione con caratteristiche tecniche e schemi funzionali (vedi allegati alla relazione tecnica)

5.4 Impianti di illuminazioneNella modellazione dell'edificio sono presenti impianti di illuminazione ☒ Si ☐ No

Descrizione con caratteristiche tecniche e schemi funzionali (vedi allegati alla relazione tecnica)

5.5 Altri impiantiAltri impianti dell'edificio ☐ Si ☒ No

Descrizione con caratteristiche tecniche e schemi funzionali

Livello minimo di efficienza dei motori elettrici per ascensori e scale mobili

6 PRINCIPALI RISULTATI DEI CALCOLI

☒ Si dichiara che l'edificio oggetto della presente relazione può essere definito "edificio ad energia quasi zero" in quanto sono contemporaneamente rispettati - tutti i requisiti previsti dalla lettera b) del punto 6.13 dell'Allegato 1 del decreto attuativo della DGR 3868 del 17.7.2015 - gli obblighi di integrazione delle fonti rinnovabili previsti dalla lettera c) del punto 6.13 dell'Allegato 1 del decreto attuativo della DGR 3868 del 17.7.2015.

a. Involucro edilizio e ricambi d'aria

Trasmittanza termica degli elementi divisorii tra alloggi o unità immobiliari confinanti; confronto con i valori limite:

Trasmittanza termica (U) degli elementi divisorii tra alloggi o unità immobiliari confinanti

Elemento edilizio	U	U _{lim}	Verificato
-	- W/(m ² K)	- W/(m ² K)	-

Verifica termoigrometrica:

vedi allegati alla relazione tecnica.

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

vedi allegati alla relazione tecnica.

Portata d'aria di ricambio solo nei casi di ventilazione meccanica controllata:

vedi allegati alla relazione tecnica.

Portata dell'aria circolante attraverso apparecchiature di recupero del calore disperso:

vedi allegati alla relazione tecnica.

Rendimento termico delle apparecchiature di recupero del calore disperso:

vedi allegati alla relazione tecnica.

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

Determinazione dei seguenti indici di prestazione energetica, espressi in kWh/m² anno, così come definite al comma 3.3 dell'Allegato 1 del decreto di cui all'articolo 4, comma 1 del decreto legislativo 192/2005, rendimenti e parametri che ne caratterizzano l'efficienza energetica.

Verifica coefficiente medio globale di scambio termico per trasmissione:

Unità immobiliare	H'T	H'T,lim	Verifica
H'T Unità immobiliare 01	0,247	0,500	SI
H'T edificio intero	0,247	0,500	SI

H'T: Coefficiente medio globale di scambio termico per trasmissione per unità di superficie disperdente H'T (UNI EN ISO 13789)

H'T,lim: Valore limite del coefficiente globale di scambio termico per trasmissione per unità di superficie disperdente

Verifica dell'area solare equivalente estiva dei componenti finestrati

Unità immobiliare	$A_{sol,est}/A_{sup,utile}$	$A_{sol,est}/A_{sup,utile}$ limite	Verifica
Asol,est/Asup utile Unità immobiliare 01	0,031	0,040	SI

Verifica indice di prestazione termica utile

Indice di prestazione termica utile per la climatizzazione invernale EPH,nd 238,52 kWh/m²

Indice di prestazione termica utile per la climatizzazione invernale calcolato nell'edificio di riferimento EPH,nd 256,95 kWh/m²

Verifica: SI

Indice di prestazione termica utile per la climatizzazione estiva EPC,nd 1,86 kWh/m²

Indice di prestazione termica utile per la climatizzazione estiva calcolato nell'edificio di riferimento EPC,nd 2,33 kWh/m²

Verifica: SI

Verifica indice di prestazione energetica globale dell'edificio

Indice di prestazione energetica globale dell'edificio, espresso in energia primaria non rinnovabile $EP_{gl,nr}$ 55,42 kWh/m²

Indice di prestazione energetica globale dell'edificio $EP_{gl,tot}$ 156,56 kWh/m²

Indice di prestazione energetica globale dell'edificio calcolato nell'edificio di riferimento $EP_{gl,tot,limite}$ 213,59 kWh/m²

Verifica: SI

Verifica Efficienza media stagionale

In caso di sola sostituzione del generatore di calore, le verifiche di efficienza media stagionale non sono richieste e si intendono rispettate se l'efficienza dei nuovi generatori è superiore al limite normativo.

Efficienza media stagionale dell'impianto di riscaldamento η_H 2,461

Efficienza media stagionale dell'impianto di riscaldamento calcolato nell'edificio di riferimento $\eta_H,limite$ 1,749

Verifica: SI

Efficienza media stagionale dell'impianto di produzione di ACS η_W : 0,746

Efficienza media stagionale dell'impianto di ACS calcolato nell'edificio di riferimento $\eta_W,limite$ 0,576

Verifica: SI

Efficienza media stagionale dell'impianto di raffrescamento η_C 0,335

Efficienza media stagionale dell'impianto di raffrescamento calcolato nell'edificio di riferimento $\eta_C,limite$ 0,305

Verifica: SI

c. Impianti solari termici per la produzione di acqua calda sanitaria

Tipo collettore - _____

Tipo installazione - _____

Descrizione tipo installazione (se altro) - _____

Tipo supporto - _____

Descrizione tipo supporto (se altro) - _____

Inclinazione -° _____

Orientamento - _____

Capacità accumulo - l _____

Impianto integrazione (specificare tipo e alimentazione) - _____

Percentuale copertura fabbisogno annuo - % _____

d. Impianti fotovoltaici

Connessione impianto: _____ Grid connected _____

Tipo moduli _____ SunPower 6 Maxeon 6 _____

Tipo installazione - _____

Descrizione tipo installazione (se altro) _____

Tipo supporto - _____

Descrizione tipo supporto (se altro) _____

Inclinazione 5 ° _____

Orientamento -10° _____

Potenza installata 31,83 kW _____

Percentuale copertura fabbisogno annuo 94,03 % _____

e. Consuntivo energia

Energia prodotta in sito

Vettore energetico	Udm	Qdel,insitu
Energia elettrica da solare fotovoltaico	kWh	18.322,58
Energia entalpica prelevata all'ambiente	kWh	26.096,52

Energia consegnata dall'esterno

Vettore energetico	Udm	Qdel,consegnata
Energia elettrica da rete	kWh	14.027,86

Energia esportata

Vettore energetico	Udm	Qdel,esportata
Energia elettrica esportata	kWh	12.097,80

Energia primaria

Indice di prestazione rinnovabile diviso per servizio

Servizio	EPren [kWh/(m²a)]
----------	-------------------

Riscaldamento	61,69
Acqua calda sanitaria	11,84
Raffrescamento	5,57
Illuminazione	14,83
Ventilazione	7,19

Indice di prestazione non rinnovabile diviso per servizio

Servizio	EP _{nren} [kWh/(m ² a)]
Riscaldamento	35,21
Acqua calda sanitaria	4,30
Raffrescamento	0,00
Illuminazione	11,30
Ventilazione	4,62

Indice di prestazione globale diviso per servizio

Servizio	EP _{tot} [kWh/(m ² a)]
Riscaldamento	96,90
Acqua calda sanitaria	16,15
Raffrescamento	5,57
Illuminazione	26,13
Ventilazione	11,81

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

Vedi allegati alla relazione tecnica

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:

8 DOCUMENTAZIONE ALLEGATA

- ☐ Piante di ciascun piano degli edifici con orientamento e indicazione d'uso prevalente dei singoli locali e definizione degli elementi costruttivi.
- ☐ Prospetti e sezioni degli edifici con evidenziazione dei sistemi fissi di protezione solare e definizione degli elementi costruttivi.
- ☐ Elaborati grafici relativi ad eventuali sistemi solari passivi specificatamente progettati per favorire lo sfruttamento degli apporti solari.
- ☐ Schemi funzionali degli impianti contenenti gli elementi di cui all'analogia 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.
- ☐ Schede con indicazione della fattibilità tecnica, ambientale ed economica per l'inserimento di sistemi alternativi ad alta efficienza.
- ☐ Altri eventuali allegati non obbligatori:

9 DICHIARAZIONE DI RISPONDENZA

Il sottoscritto Arch. Cariboni Alberto, iscritto a Ordine degli Architetti di Lecco, n° 932, 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

Data

26/04/2023

Firma



RIFERIMENTI NORMATIVI

Le norme di seguito elencate costituiscono i riferimenti principali sui quali si basa la metodologia di calcolo

Normativa nazionale

UNI/TS 11300-1	Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale
UNI/TS 11300-2	Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 2: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale, per la produzione di acqua calda sanitaria, per la ventilazione e per l'illuminazione in edifici non residenziali
UNI/TS 11300-3	Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 3: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione estiva
UNI/TS 11300-4	Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 4: Utilizzo di energie rinnovabili e di altri metodi di generazione per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria
UNI/TS 11300-5	Calcolo dell'energia primaria e della quota di energia da fonti rinnovabili
UNI/TS 11300-6	Determinazione del fabbisogno di energia per ascensori, scale mobili e marciapiedi mobili
UNI 10349	Riscaldamento e raffrescamento degli edifici - Dati climatici
UNI EN ISO 13370	Prestazione termica degli edifici - Trasferimento di calore attraverso il terreno - Metodi di calcolo
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 15193	Prestazione energetica degli edifici - Requisiti energetici per illuminazione
Decreto legislativo 3 marzo 2011, n. 28	Attuazione della direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE

Normative regionali

Lombardia	Decreto dirigente unità organizzativa 18 dicembre 2019 - n. 18546 Decreto dirigente unità organizzativa 8 marzo 2017 - n. 2456 Decreto dirigente unità organizzativa 12 gennaio 2017 - n. 176 Decreto dirigente unità organizzativa 18 gennaio 2016 - n. 224 Decreto dirigente unità organizzativa 30 luglio 2015 n. 6480 Deliberazione della giunta regionale 17 luglio 2015 - n. 3868
Emilia Romagna	Deliberazione della giunta regionale 25 luglio 2022, n.1261 Deliberazione della giunta regionale 9 novembre 2020, n.1548 Deliberazione della giunta regionale 19 ottobre 2020, n. 1385 Deliberazione della giunta regionale 7 settembre 2015 - n. 1275 Deliberazione della giunta regionale 20 luglio 2015 - n. 967
Valle d'Aosta	Deliberazione della giunta regionale 30 dicembre 2016 - n. 1824 Deliberazione della giunta regionale 26 febbraio 2016 - n. 272
Provincia autonoma di Trento	Decreto del Presidente della Provincia 16 agosto 2022, n. 11-68/Leg Deliberazione della giunta regionale 3 febbraio 2017 - n. 163 Deliberazione della giunta regionale 12 febbraio 2016 - n. 162
Piemonte	Deliberazione della giunta regionale n. 46-11968

Comune di Borgosatollo- (BS)

ALLEGATI ALLA RELAZIONE TECNICA

Dettagli di involucro

1 CARATTERISTICHE DEGLI ELEMENTI DI INVOLUCRO

ALLEGATI ALLA RELAZIONE TECNICA PROGETTUALE: L'INVOLUCRO DELL'EDIFICIO

Caratteristiche e dettagli dell'involucro opaco e trasparente.

Di seguito si riportano gli elementi che costituiscono l'involucro dell'edificio e i rispettivi valori di trasmittanza. La trasmittanza termica corretta U' è valutata attribuendo i ponti termici associati agli elementi. La verifica è riportata e richiesta solo per interventi di riqualificazione di involucro o ristrutturazione importante di II livello.

Confronto con i valori limite di trasmittanza delle strutture

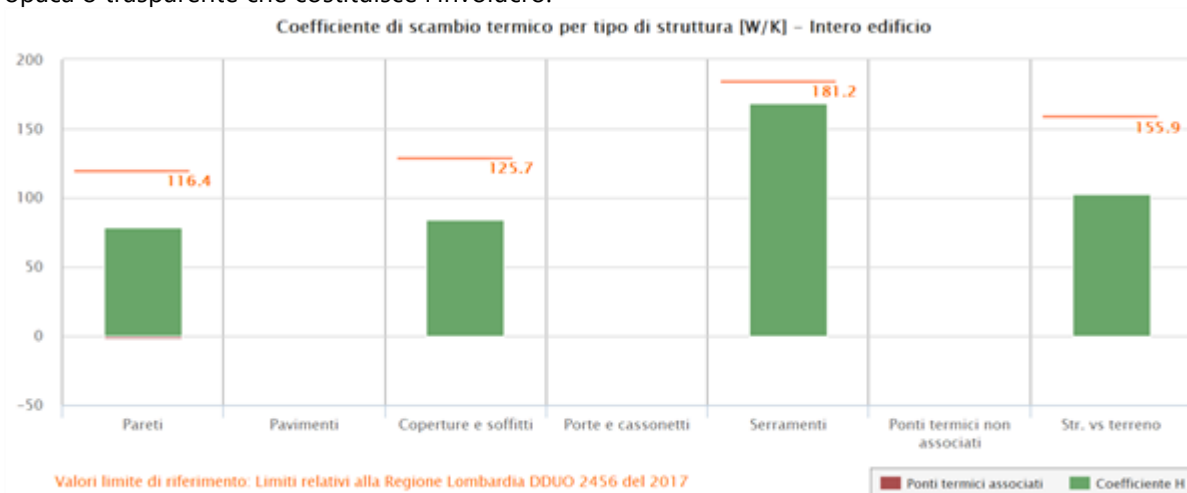
Unità immobiliare 01

Elemento edilizio	Trasmittanza	Trasmittanza lim	Verificato
Strutture verticali opache	- $W/(m^2K)$	- $W/(m^2K)$	-
Strutture orizzontali di pavimento	- $W/(m^2K)$	- $W/(m^2K)$	-
Strutture orizzontali o inclinate di copertura	- $W/(m^2K)$	- $W/(m^2K)$	-
Serramenti	- $W/(m^2K)$	- $W/(m^2K)$	-

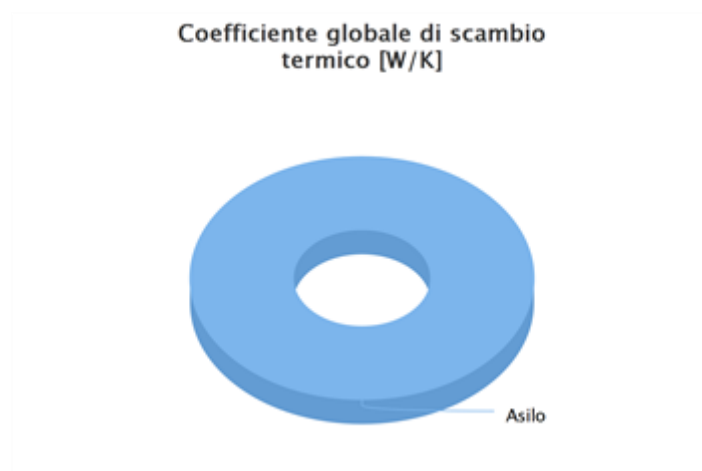
2 SCAMBI TERMICI PER CATEGORIA DI ELEMENTO

La quota di scambio termico globale per trasmissione viene determinata come sommatoria di tutte le trasmittanze per le relative superfici, opportunamente moltiplicate per il fattore di correzione dello scambio termico dovuto agli ambienti non climatizzati o climatizzati adiacenti.

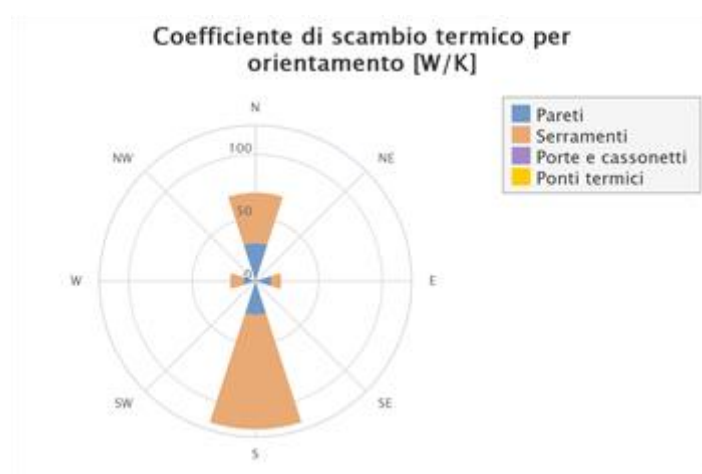
Di seguito si riporta la distribuzione degli scambi termici per trasmissione in funzione del tipo di struttura opaca o trasparente che costituisce l'involucro.



Il grafico mostra la suddivisione dello scambio termico per zona termica.



Di seguito viene evidenziato il peso dell'orientamento delle strutture verticali sullo scambio termico globale.



3 ATTRIBUZIONE DEI PONTI TERMICI AGLI ELEMENTI DI INVOLUCRO

I ponti termici dell'edificio vengono attribuiti alle sole superfici di involucro alle quali sono associati. Il valore della trasmittanza corretta, molto utile per la progettazione, è determinata in funzione della relazione seguente:

$$U' = \frac{U \cdot A + \sum \Psi \cdot l}{A}$$

Nel calcolo energetico vengono considerati tutti i ponti termici, compresi gli elementi con trasmittanza lineica negativa.

Di seguito vengono elencati per locale, gli elementi disperdenti con ponti termici associati e la percentuale di influenza relativa.

Unità immobiliare 01 - Asilo - INGRESSO

Elemento disperdente		Area	Or	U	U'
PA0011	Parete vs ext	7,2 m ²	E	0,175 W/(m ² K)	0,189 W/(m ² K)
	Ponte termico associato	ψ	Lunghezza	ψ * L	Incremento
PT0044	Angolo rientrante	0,023 W/(mK)	4,2 m	0,097 W/K	7,7 %

Unità immobiliare 01 - Asilo - WC PUBBLICO

Elemento disperdente		Area	Or	U	U'
PA0013	Parete vs ext	8,5 m ²	N	0,175 W/(m ² K)	0,147 W/(m ² K)
	Ponte termico associato	ψ	Lunghezza	$\psi * L$	Incremento
PT0042	Angolo sporgente	-0,059 W/(mK)	4,2 m	-0,245 W/K	- %

Elemento disperdente		Area	Or	U	U'
PA0014	Parete vs ext	13,8 m ²	E	0,175 W/(m ² K)	0,158 W/(m ² K)
	Ponte termico associato	ψ	Lunghezza	$\psi * L$	Incremento
PT0041	Angolo sporgente	-0,059 W/(mK)	4,2 m	-0,245 W/K	- %

Unità immobiliare 01 - Asilo - ZONA ARMADIETTI 1

Elemento disperdente		Area	Or	U	U'
PA0015	Parete vs ext	9,8 m ²	W	0,175 W/(m ² K)	0,185 W/(m ² K)
	Ponte termico associato	ψ	Lunghezza	$\psi * L$	Incremento
PT0051	Angolo rientrante	0,023 W/(mK)	4,2 m	0,097 W/K	5,6 %

Unità immobiliare 01 - Asilo - AREA NANNA 1

Elemento disperdente		Area	Or	U	U'
PA0017	Parete vs ext	18,4 m ²	W	0,175 W/(m ² K)	0,162 W/(m ² K)
	Ponte termico associato	ψ	Lunghezza	$\psi * L$	Incremento
PT0049	Angolo sporgente	-0,059 W/(mK)	4,2 m	-0,245 W/K	- %

Elemento disperdente		Area	Or	U	U'
PA0018	Parete vs ext	19,7 m ²	S	0,175 W/(m ² K)	0,163 W/(m ² K)
	Ponte termico associato	ψ	Lunghezza	$\psi * L$	Incremento
PT0050	Angolo sporgente	-0,059 W/(mK)	4,2 m	-0,245 W/K	- %

Unità immobiliare 01 - Asilo - ZONA ARMADIETTI 2

Elemento disperdente		Area	Or	U	U'
PA0020	Parete vs ext	23,3 m ²	N	0,175 W/(m ² K)	0,180 W/(m ² K)
	Ponte termico associato	ψ	Lunghezza	$\psi * L$	Incremento
PT0043	Angolo rientrante	0,023 W/(mK)	4,2 m	0,097 W/K	2,4 %

Unità immobiliare 01 - Asilo - ZONA ARMADIETTI 4

Elemento disperdente		Area	Or	U	U'
PA0030	Parete vs ext	27,0 m ²	N	0,175 W/(m ² K)	0,166 W/(m ² K)
	Ponte termico associato	ψ	Lunghezza	$\psi * L$	Incremento
PT0046	Angolo sporgente	-0,059 W/(mK)	4,2 m	-0,245 W/K	- %

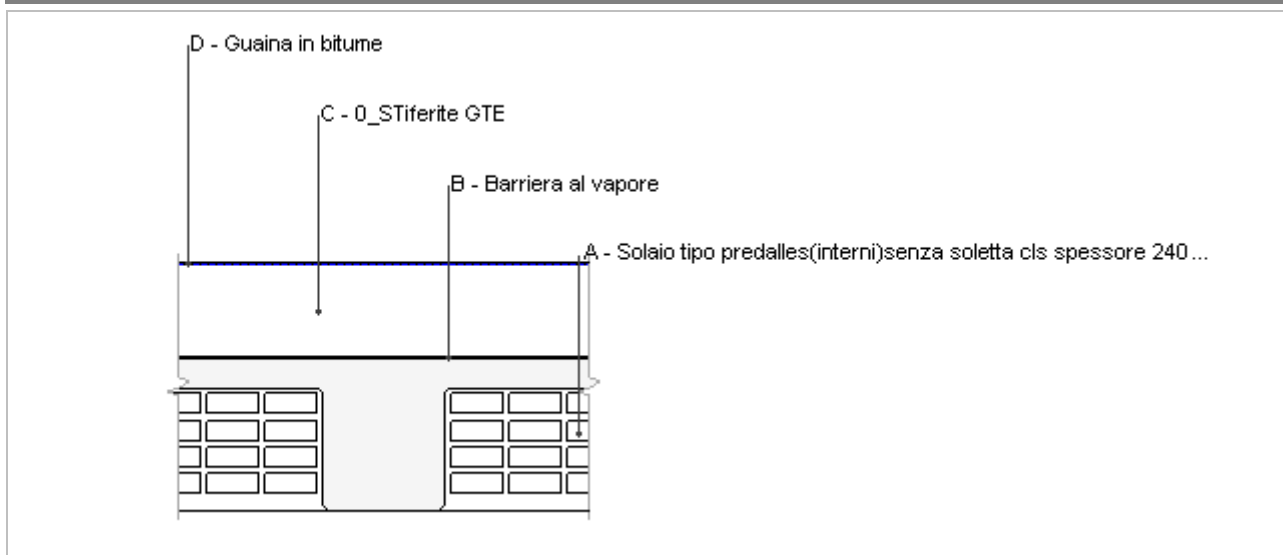
Elemento disperdente		Area	Or	U	U'
PA0031	Parete vs ext	10,6 m ²	E	0,175 W/(m ² K)	0,152 W/(m ² K)
	Ponte termico associato	ψ	Lunghezza	$\psi * L$	Incremento
PT0045	Angolo sporgente	-0,059 W/(mK)	4,2 m	-0,245 W/K	- %

Unità immobiliare 01 - Asilo - AREA NANNA 4

Elemento disperdente		Area	Or	U	U'
PA0032	Parete vs ext	20,8 m ²	S	0,175 W/(m ² K)	0,164 W/(m ² K)
	Ponte termico associato	ψ	Lunghezza	ψ * L	Incremento
PT0047	Angolo sporgente	-0,059 W/(mK)	4,2 m	-0,245 W/K	- %

Elemento disperdente		Area	Or	U	U'
PA0033	Parete vs ext	18,4 m ²	E	0,175 W/(m ² K)	0,162 W/(m ² K)
	Ponte termico associato	ψ	Lunghezza	ψ * L	Incremento
PT0048	Angolo sporgente	-0,059 W/(mK)	4,2 m	-0,245 W/K	- %

Copertura



Spessore	373,0 mm	Trasmittanza	0,147 W/m ² K
Resistenza	6,786 m ² K/W	Massa superf.	422 kg/m ²
Tipologia	Copertura		
Descrizione			

Stratigrafia

	Descrizione	Spessore s mm	Conduttività λ W/(mK)	Resistenza R m ² K/W	Densità ρ Kg/m ³	Capacità C kJ/(kgK)	Fattore μ
	Adduttanza interna (flusso verticale ascendente)	-	-	0,100	-	-	-
A	Solaio tipo predalles(interni)senza soletta cls spessore 240 flusso ascendente	230,0	0,857	0,268	1.800	1,00	0,0
B	Barriera al vapore	1,0	0,400	0,003	360	1,50	20.000,0
C	Tipo STiferite GTE	140,0	0,022	6,364	34	1,40	89.900,0
D	Guaina in bitume	2,0	0,170	0,012	1.200	0,92	22.222,2
	Adduttanza esterna (flusso verticale ascendente)	-	-	0,040	-	-	-
	TOTALE	373,0		6,786			

CARATTERISTICHE TERMOIGROMETRICHE

Condizioni al contorno e dati climatici

Comune	Borgosatollo
Tipo di calcolo	Classi di concentrazione
Verso	Esterno
Coeff. btr,x	1
Volume	- m ³
Classe edificio	Edifici con indice di affollamento non noto
Produtz. nota	- kg/h

Mese	θ_i	φ_i	θ_e	φ_e	n
gennaio	20,0 °C	- %	2,9 °C	93,6 %	0,5 1/h
febbraio	20,0 °C	- %	3,4 °C	86,2 %	0,5 1/h
marzo	20,0 °C	- %	8,5 °C	74,6 %	0,5 1/h
aprile	20,0 °C	- %	12,0 °C	72,1 %	0,5 1/h
maggio	20,0 °C	- %	17,7 °C	66,5 %	0,5 1/h
giugno	20,0 °C	- %	21,0 °C	58,1 %	0,5 1/h
luglio	20,0 °C	- %	22,1 °C	70,9 %	0,5 1/h
agosto	20,0 °C	- %	21,9 °C	70,5 %	0,5 1/h
settembre	20,0 °C	- %	18,3 °C	77,7 %	0,5 1/h
ottobre	20,0 °C	- %	12,9 °C	80,3 %	0,5 1/h
novembre	20,0 °C	- %	7,6 °C	92,5 %	0,5 1/h
dicembre	20,0 °C	- %	3,4 °C	98,2 %	0,5 1/h

Condizione	θ_i	p_i	θ_e	p_e
INVERNALE	20,00 °C	1.519,00 Pa	2,90 °C	703,70 Pa
ESTIVA	20,00 °C	1.728,10 Pa	22,10 °C	1.885,80 Pa

θ_i : temperatura interna

φ_i : umidità relativa interna

θ_e : temperatura esterna

φ_e : umidità relativa esterna

n: numero di ricambi d'aria

p_i : pressione interna

p_e : pressione esterna

X	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale ΔP è pari a 436,665 Pa.
	La struttura è soggetta a fenomeni di condensa. La quantità stagionale di vapore condensato è pari a 0,000 kg/m ² (rievaporabile durante il periodo estivo).
X	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale ΔP è pari a 436,665 Pa.

Verifica di formazione di muffe superficiali

Condizioni al contorno e dati climatici

Mese	θ_e	P_e	ΔP	P_i	θ_i	φ_i
ottobre	12,9 °C	1193,88 Pa	352,05 Pa	1545,93 Pa	20 °C	80 %
novembre	7,6 °C	964,59 Pa	540,2 Pa	1504,79 Pa	20 °C	92 %
dicembre	3,4 °C	765,43 Pa	689,3 Pa	1454,73 Pa	20 °C	98 %
gennaio	2,9 °C	703,72 Pa	707,05 Pa	1410,77 Pa	20 °C	94 %
febbraio	3,4 °C	671,57 Pa	689,3 Pa	1360,87 Pa	20 °C	86 %
marzo	8,5 °C	827,07 Pa	508,25 Pa	1335,32 Pa	20 °C	75 %
aprile	12,0 °C	1010,41 Pa	384 Pa	1394,41 Pa	20 °C	72 %

Calcolo del fattore di rischio

Mese	$\theta_{si-critica}$	fR _{si-amm}
ottobre	16,97°C	0,5726
novembre	16,54°C	0,721
dicembre	16,01°C	0,7596
gennaio	15,53°C	0,7386
febbraio	14,97°C	0,697
marzo	14,68°C	0,537
aprile	15,35°C	0,4185

θ_e : temperatura esterna

P_e : pressione esterna

ΔP : variazione di pressione

P_i : pressione interna

θ_i : temperatura interna

φ_i : umidità relativa interna

θ_{si} critica: temperatura superficiale critica

f_{Rsi} amm: fattore di resistenza superficiale ammissibile

Riepilogo dei risultati

Metodo di calcolo umidità relativa ambiente interno: classi di concentrazione

Fattore di resistenza superficiale f_{Rsi} : 0,7596 (mese di Dicembre)

Pressione di vapore e pressione di saturazione

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Interno-Add	1.410,8	1.360,9	1.335,3	1.394,4	1.527,9	1.509,6	1.911,3	1.884,6	1.792,9	1.545,9	1.504,8	1.454,7
	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0
Add-A	1.410,8	1.360,9	1.335,3	1.394,4	1.527,9	1.509,6	1.911,3	1.884,6	1.792,9	1.545,9	1.504,8	1.454,7
	2.158,4	2.163,4	2.215,5	2.251,9	2.312,2	2.347,8	2.359,7	2.357,6	2.318,6	2.261,3	2.206,2	2.163,4
A-B	1.409,7	1.359,8	1.334,5	1.393,8	1.527,6	1.509,5	1.911,2	1.884,6	1.792,6	1.545,4	1.503,9	1.453,6
	2.157,5	2.162,6	2.214,9	2.251,5	2.312,1	2.347,8	2.359,9	2.357,7	2.318,5	2.260,9	2.205,6	2.162,6
B-C	706,2	674,0	828,9	1.011,8	1.346,9	1.445,3	1.885,9	1.852,2	1.633,1	1.195,1	966,5	767,8
	758,9	786,0	1.115,7	1.407,3	2.026,4	2.484,4	2.656,0	2.624,1	2.103,7	1.492,4	1.050,0	786,0
C-D	703,7	671,6	827,1	1.010,4	1.346,3	1.445,1	1.885,8	1.852,1	1.632,5	1.193,9	964,6	765,4
	757,3	784,4	1.114,3	1.406,1	2.025,9	2.484,7	2.656,6	2.624,6	2.103,4	1.491,2	1.048,5	784,4
D-Add	703,7	671,6	827,1	1.010,4	1.346,3	1.445,1	1.885,8	1.852,1	1.632,5	1.193,9	964,6	765,4
	752,0	779,2	1.109,3	1.401,8	2.024,2	2.485,6	2.658,6	2.626,3	2.102,1	1.487,2	1.043,3	779,2

Temperature

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Interno-Add	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
Add-A	19,4	19,4	19,6	19,7	19,9	20,0	20,1	20,1	19,9	19,7	19,6	19,4
A-B	18,7	18,8	19,1	19,4	19,8	20,1	20,2	20,1	19,9	19,5	19,1	18,8
B-C	18,7	18,8	19,1	19,4	19,8	20,1	20,2	20,1	19,9	19,5	19,1	18,8
C-D	3,0	3,5	8,6	12,1	17,7	21,0	22,1	21,9	18,3	13,0	7,7	3,5
D-Add	3,0	3,5	8,6	12,0	17,7	21,0	22,1	21,9	18,3	12,9	7,7	3,5
Add-Esterno	2,9	3,4	8,5	12,0	17,7	21,0	22,1	21,9	18,3	12,9	7,6	3,4

Verifica formazione di condensa interstiziale

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Interf. A/B												
Gc [Kg/m²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ma [Kg/m²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Interf. B/C												
Gc [Kg/m²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ma [Kg/m²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Interf. C/D												
Gc [Kg/m²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ma [Kg/m²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Interf. D/E												
Gc [Kg/m²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ma [Kg/m²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Verifica di condensa interstiziale:

Quantità massima di vapore accumulato mensilmente

Gc: 0,0000 kg/m²

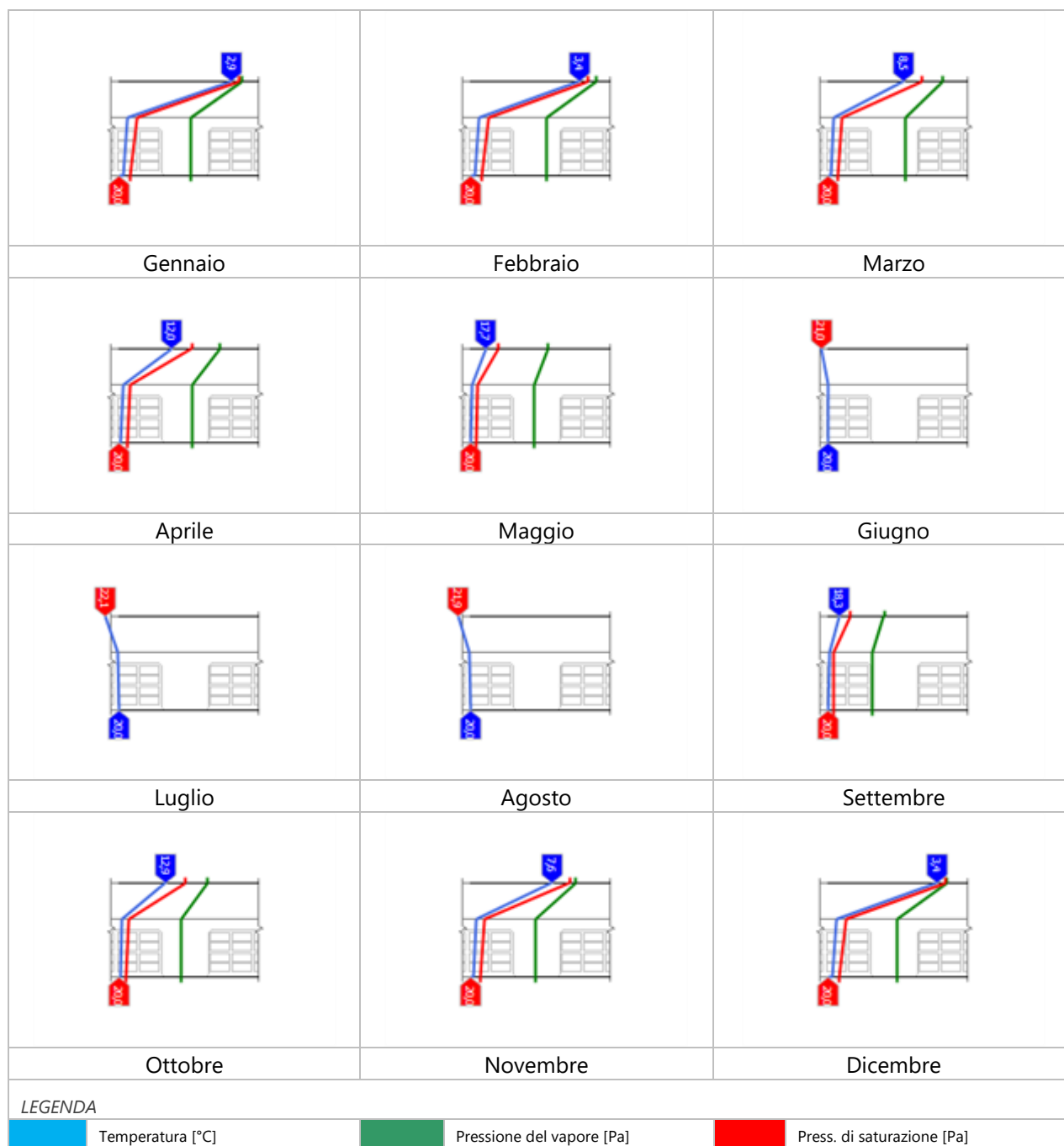
Quantità ammissibile di vapore accumulato mensilmente in un'interfaccia

Gc,max: 0,5000 kg/m²

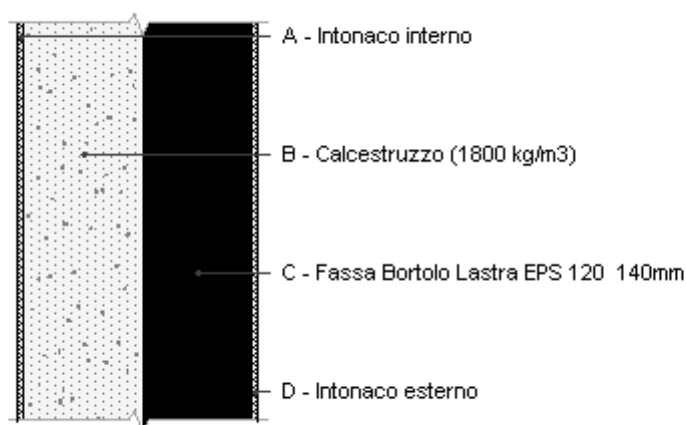
Quantità di vapore residuo Ma: 0,0000 kg/m²

Esito della verifica di condensa interstiziale: Condensa assente

DIAGRAMMI DI PRESSIONE E TEMPERATURA



Parete vs ext



Spessore	400,0 mm	Trasmittanza	0,175 W/m ² K
Resistenza	5,702 m ² K/W	Massa superf.	364 kg/m ²
Tipologia	Parete		
Descrizione			

Stratigrafia

	Descrizione	Spessore s	Conduttività λ	Resistenza R	Densità ρ	Capacità C	Fattore μ
		mm	W/(mK)	m ² K/W	Kg/m ³	kJ/(kgK)	-
	Adduttanza interna (flusso orizzontale)	-	-	0,130	-	-	-
A	Intonaco interno	10,0	0,700	0,014	1.400	1,00	11,1
B	Calcestruzzo (1800 kg/m ³)	200,0	0,940	0,213	1.800	0,88	3,3
C	Tipo Fassa Bortolo Lastra EPS 120 140mm	180,0	0,034	5,294	21	1,45	50,0
D	Intonaco esterno	10,0	0,900	0,011	1.800	1,00	16,7
	Adduttanza esterna (flusso orizzontale)	-	-	0,040	-	-	-
	TOTALE	400,0		5,702			

CARATTERISTICHE TERMOIGROMETRICHE

Condizioni al contorno e dati climatici

Comune	Borgosatollo
Tipo di calcolo	Classi di concentrazione
Verso	Esterno
Coeff. btr,x	1
Volume	- m ³
Classe edificio	Edifici con indice di affollamento non noto
Prod. nota	- kg/h

Mese	θ_i	φ_i	θ_e	φ_e	n
gennaio	20,0 °C	- %	2,9 °C	93,6 %	0,5 1/h
febbraio	20,0 °C	- %	3,4 °C	86,2 %	0,5 1/h
marzo	20,0 °C	- %	8,5 °C	74,6 %	0,5 1/h
aprile	20,0 °C	- %	12,0 °C	72,1 %	0,5 1/h
maggio	20,0 °C	- %	17,7 °C	66,5 %	0,5 1/h
giugno	20,0 °C	- %	21,0 °C	58,1 %	0,5 1/h
luglio	20,0 °C	- %	22,1 °C	70,9 %	0,5 1/h
agosto	20,0 °C	- %	21,9 °C	70,5 %	0,5 1/h
settembre	20,0 °C	- %	18,3 °C	77,7 %	0,5 1/h
ottobre	20,0 °C	- %	12,9 °C	80,3 %	0,5 1/h
novembre	20,0 °C	- %	7,6 °C	92,5 %	0,5 1/h
dicembre	20,0 °C	- %	3,4 °C	98,2 %	0,5 1/h

Condizione	θ_i	p_i	θ_e	p_e
INVERNALE	20,00 °C	1.519,00 Pa	2,90 °C	703,70 Pa
ESTIVA	20,00 °C	1.728,10 Pa	22,10 °C	1.885,80 Pa

θ_i : temperatura interna

φ_i : umidità relativa interna

θ_e : temperatura esterna

φ_e : umidità relativa esterna

n: numero di ricambi d'aria

p_i : pressione interna

p_e : pressione esterna

X	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale ΔP è pari a 438,769 Pa.
	La struttura è soggetta a fenomeni di condensa. La quantità stagionale di vapore condensato è pari a 0,000 kg/m ² (rievaporabile durante il periodo estivo).
X	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale ΔP è pari a 438,769 Pa.

Verifica di formazione di muffe superficiali

Condizioni al contorno e dati climatici

Mese	θ_e	P_e	ΔP	P_i	θ_i	φ_i
ottobre	12,9 °C	1193,88 Pa	352,05 Pa	1545,93 Pa	20 °C	80 %
novembre	7,6 °C	964,59 Pa	540,2 Pa	1504,79 Pa	20 °C	92 %
dicembre	3,4 °C	765,43 Pa	689,3 Pa	1454,73 Pa	20 °C	98 %
gennaio	2,9 °C	703,72 Pa	707,05 Pa	1410,77 Pa	20 °C	94 %
febbraio	3,4 °C	671,57 Pa	689,3 Pa	1360,87 Pa	20 °C	86 %
marzo	8,5 °C	827,07 Pa	508,25 Pa	1335,32 Pa	20 °C	75 %
aprile	12,0 °C	1010,41 Pa	384 Pa	1394,41 Pa	20 °C	72 %

Calcolo del fattore di rischio

Mese	$\theta_{si-critica}$	fRsi-amm
ottobre	16,97°C	0,5726
novembre	16,54°C	0,721
dicembre	16,01°C	0,7596
gennaio	15,53°C	0,7386
febbraio	14,97°C	0,697
marzo	14,68°C	0,537
aprile	15,35°C	0,4185

θ_e : temperatura esterna

P_e : pressione esterna

ΔP : variazione di pressione

P_i : pressione interna

θ_i : temperatura interna

φ_i : umidità relativa interna

θ_{si} critica: temperatura superficiale critica

f_{Rsi} amm: fattore di resistenza superficiale ammissibile

Riepilogo dei risultati

Metodo di calcolo umidità relativa ambiente interno: classi di concentrazione

Fattore di resistenza superficiale f_{Rsi} : 0,7596 (mese di Dicembre)

Pressione di vapore e pressione di saturazione

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Interno-Add	1.410,8	1.360,9	1.335,3	1.394,4	1.527,9	1.509,6	1.911,3	1.884,6	1.792,9	1.545,9	1.504,8	1.454,7
	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0	2.337,0
Add-A	1.402,9	1.353,2	1.329,6	1.390,1	1.525,9	1.508,8	1.911,0	1.884,3	1.791,1	1.542,0	1.498,8	1.447,0
	2.227,0	2.230,1	2.262,5	2.284,9	2.321,9	2.343,5	2.350,8	2.349,5	2.325,8	2.290,7	2.256,8	2.230,1
A-B	1.355,5	1.307,0	1.295,6	1.364,4	1.513,7	1.504,5	1.909,3	1.882,1	1.780,3	1.518,4	1.462,6	1.400,9
	2.141,8	2.147,3	2.204,1	2.243,8	2.309,8	2.348,8	2.362,0	2.359,6	2.316,9	2.254,1	2.194,0	2.147,3
B-C	715,6	683,1	835,6	1.016,8	1.349,3	1.446,1	1.886,2	1.852,6	1.635,2	1.199,8	973,6	777,0
	760,1	787,2	1.116,9	1.408,3	2.026,8	2.484,2	2.655,6	2.623,7	2.104,0	1.493,3	1.051,1	787,2
C-D	703,7	671,6	827,1	1.010,4	1.346,3	1.445,1	1.885,8	1.852,1	1.632,5	1.193,9	964,6	765,4
	758,3	785,5	1.115,2	1.406,9	2.026,3	2.484,5	2.656,2	2.624,3	2.103,6	1.491,9	1.049,4	785,5
D-Add	703,7	671,6	827,1	1.010,4	1.346,3	1.445,1	1.885,8	1.852,1	1.632,5	1.193,9	964,6	765,4
	752,0	779,2	1.109,3	1.401,8	2.024,2	2.485,6	2.658,6	2.626,3	2.102,1	1.487,2	1.043,3	779,2

Temperature

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Interno-Add	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
Add-A	19,3	19,3	19,5	19,7	19,9	20,0	20,1	20,1	19,9	19,7	19,5	19,3
A-B	19,2	19,2	19,5	19,6	19,9	20,0	20,1	20,1	19,9	19,7	19,4	19,2
B-C	18,6	18,6	19,1	19,3	19,8	20,1	20,2	20,2	19,9	19,4	19,0	18,6
C-D	3,1	3,5	8,6	12,1	17,7	21,0	22,1	21,9	18,3	13,0	7,7	3,5
D-Add	3,0	3,5	8,6	12,1	17,7	21,0	22,1	21,9	18,3	12,9	7,7	3,5
Add-Esterno	2,9	3,4	8,5	12,0	17,7	21,0	22,1	21,9	18,3	12,9	7,6	3,4

Verifica formazione di condensa interstiziale

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Interf. A/B												
Gc [Kg/m²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ma [Kg/m²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Interf. B/C												
Gc [Kg/m²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ma [Kg/m²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Interf. C/D												
Gc [Kg/m²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ma [Kg/m²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Interf. D/E												
Gc [Kg/m²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ma [Kg/m²]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Verifica di condensa interstiziale:

Quantità massima di vapore accumulato mensilmente

Gc: 0,0000 kg/m²

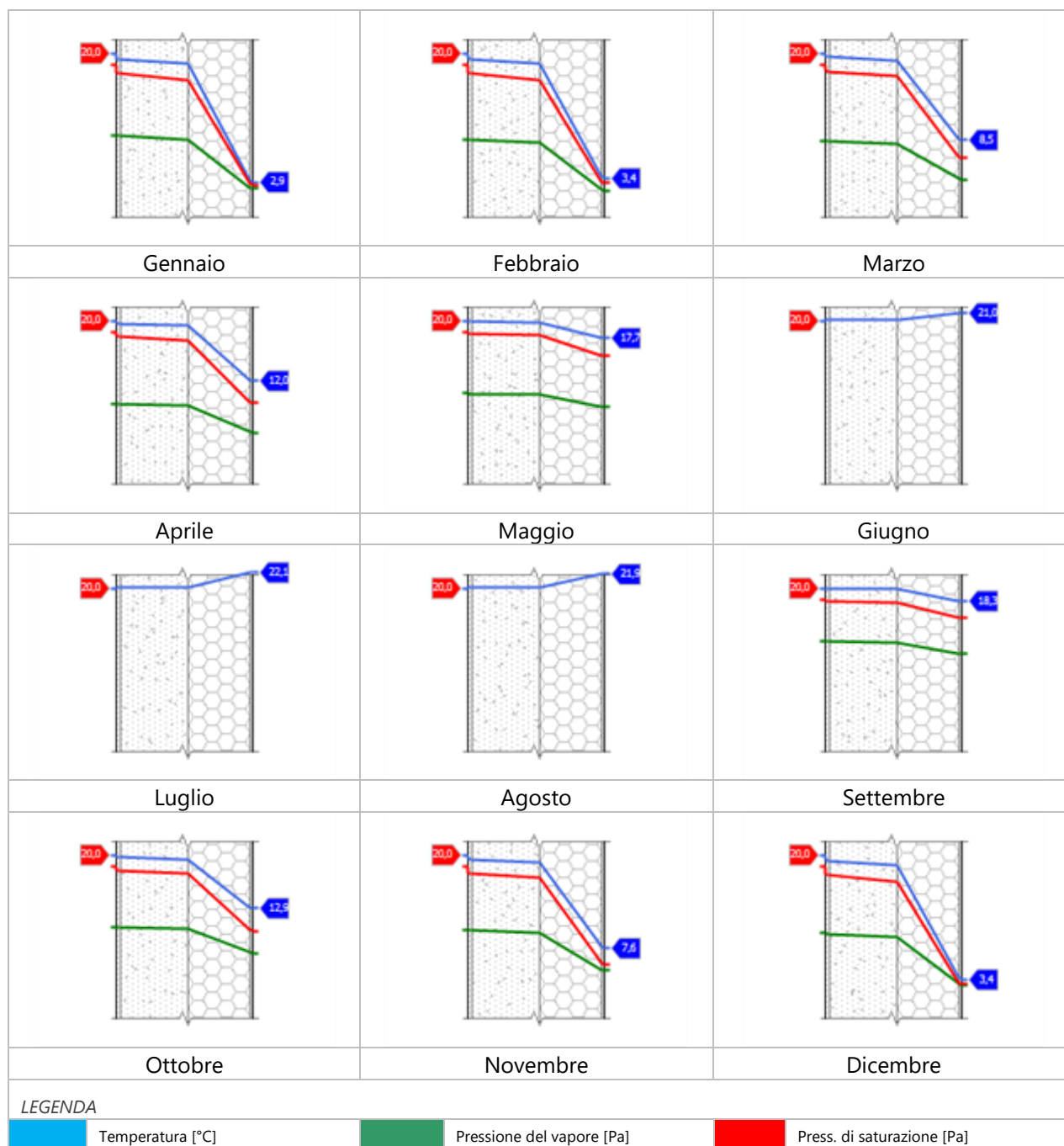
Quantità ammissibile di vapore accumulato mensilmente in un'interfaccia

Gc,max: 0,5000 kg/m²

Quantità di vapore residuo Ma: 0,0000 kg/m²

Esito della verifica di condensa interstiziale: Condensa assente

DIAGRAMMI DI PRESSIONE E TEMPERATURA



CARATTERISTICHE DI INERZIA TERMICA - UNI 13786

Verifica di massa

Massa della struttura per metro quadrato di superficie	364 kg/m ²
Valore minimo di massa superficiale	230 kg/m ²
Esito della verifica di massa	OK

Condizioni al contorno

Comune	Borgosatollo
Orientamento	S
Colorazione	Chiaro
Mese massima insolazione	giugno
Temperatura media nel mese di massima insolazione	21,0 °C
Temperatura massima estiva	33,7 °C
Escursione giorno più caldo dell'anno	18,1 °C
Irradianza mensile massima sul piano orizzontale	284,72 W/m ²

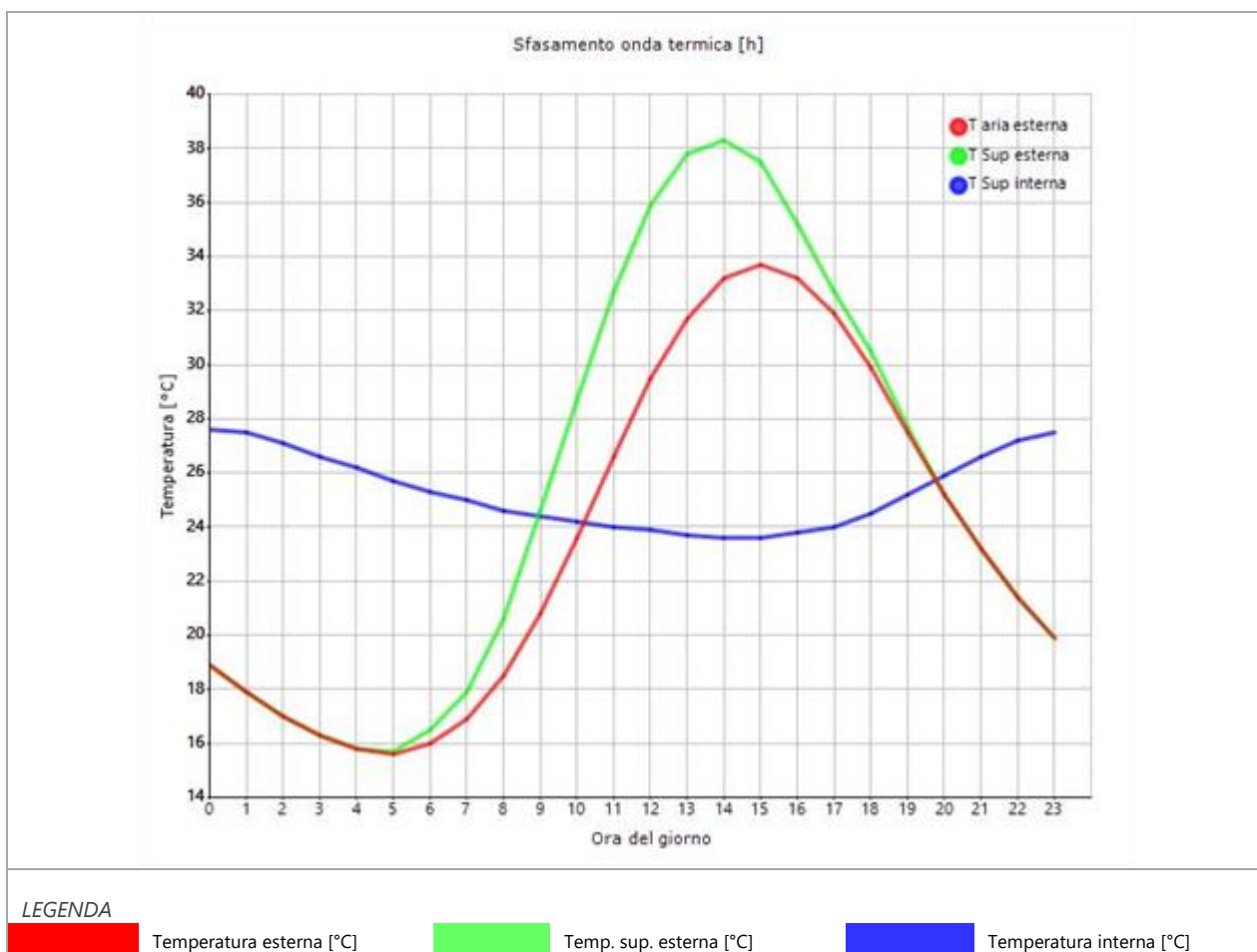
Inerzia termica

Sfasamento dell'onda termica	9h 38'
Fattore di attenuazione	0,1764
Capacità termica interna C1	66,5 kJ/m ² K
Capacità termica esterna C2	20,1 kJ/m ² K
Ammettenza interna oraria	13,2 W/m ² K
Ammettenza interna	1,4 W/m ² K
Ammettenza esterna oraria	17,2 W/m ² K
Ammettenza esterna	1,4 W/m ² K
Trasmittanza periodica Y	0,031 W/m ² K
Valore limite Ylim	
Classificazione normativa	
Esito della verifica di inerzia	OK

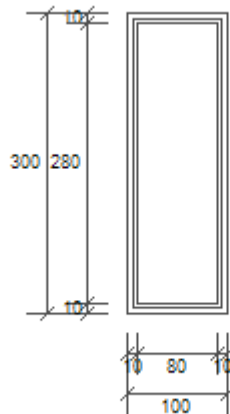
	Temperatura esterna giorno più caldo Te	Irradianza solare giorno più caldo Ie	Temp. sup. esterna giorno più caldo Te,sup	Temp interna giorno più caldo Ti
Ora	°C	W/m ²	°C	°C
0:00	18,85	0,00	18,85	27,63
1:00	17,95	0,00	17,95	27,48
2:00	17,04	0,00	17,04	27,08
3:00	16,32	0,00	16,32	26,63
4:00	15,77	0,00	15,77	26,24
5:00	15,59	9,93	15,71	25,74
6:00	15,96	48,93	16,54	25,31
7:00	16,86	85,73	17,89	24,96
8:00	18,49	172,73	20,56	24,64
9:00	20,84	315,40	24,63	24,38
10:00	23,56	432,33	28,75	24,19
11:00	26,63	507,80	32,73	24,03
12:00	29,53	533,80	35,94	23,87
13:00	31,70	507,80	37,80	23,74
14:00	33,15	432,33	38,34	23,65
15:00	33,69	315,40	37,48	23,64
16:00	33,15	172,73	35,22	23,78
17:00	31,88	65,20	32,67	24,02
18:00	29,89	49,47	30,49	24,49

19:00	27,54	9,93	27,66	25,21
20:00	25,19	0,00	25,19	25,94
21:00	23,20	0,00	23,20	26,64
22:00	21,39	0,00	21,39	27,20
23:00	19,94	0,00	19,94	27,53

DIAGRAMMA DI SFASAMENTO DELL'ONDA TERMICA



F1



Larghezza	L	100 cm
Altezza	H	300 cm
Area del vetro	Ag	2,240 m ²
Area del telaio	Af	0,760 m ²
Area totale del serramento	Aw	3,000 m ²
Perimetro del vetro	p	7,200 m
Trasmittanza	Uw	1,300 W/(m ² K)
Trasmittanza corretta	Uw,corr	1,300 W/(m ² K)

Vetro

Tipologia	tipo	Doppio vetro normale
Trasmittanza	Ug	2,675 W/(m ² K)
Coeff di trasmissione solare	ggl	0,500
Emissività	ε	0,200

Telaio

Materiale		Metallo
Spessore	sf	0 mm
Tipologia	tipo	Con taglio termico
Distanziatore	dist	Metallo
Trasmittanza	Uf	4,079 W/(m ² K)
Ponte termico tra vetro e telaio	ψfg	0,080 W/(mK)

Schermature mobili

Tipo schermatura	Tenda
Colore	-
Posizione	Tessuti colorati - Interna
Trasparenza	-

Fattore di schermatura diffuso	g,gl,sh,d	-
Fattore di schermatura diretto	g,gl,sh,b	-
Fattore di schermatura tende	g,gl,sh/g,gl	0,57

Chiusura oscurante

Tipo chiusura -

Permeabilità -

Resistenza termica aggiuntiva dovuta alla chiusura ΔR 0,000 m²K/W

Permeabilità all'aria

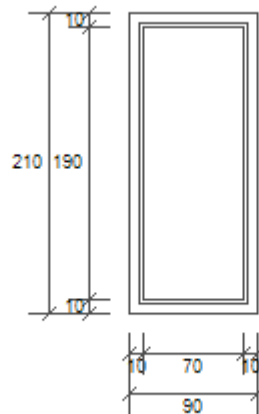
Classe permeabilità all'aria del serramento secondo UNI 1026 (MIN 1-MAX 4) Non dichiarato

La classe di permeabilità all'aria è indicata per i serramenti in funzione dei dati dichiarati dal produttore.

Strutture associate al serramento

Strutture opache e ponti termici	Area [m ²] o lunghezza [m]	Trasmittanza W/(m ² K) o W/(mK)
Assenti	-	-

F2



Larghezza	L	90 cm
Altezza	H	210 cm
Area del vetro	Ag	1,330 m ²
Area del telaio	Af	0,560 m ²
Area totale del serramento	Aw	1,890 m ²
Perimetro del vetro	p	5,200 m
Trasmittanza	Uw	1,300 W/(m ² K)
Trasmittanza corretta	Uw,corr	1,300 W/(m ² K)

Vetro

Tipologia	tipo	Doppio vetro normale
Trasmittanza	Ug	2,675 W/(m ² K)
Coeff di trasmissione solare	ggl	0,500
Emissività	ε	0,200

Telaio

Materiale		Metallo
Spessore	sf	0 mm
Tipologia	tipo	Con taglio termico
Distanziatore	dist	Metallo
Trasmittanza	Uf	4,079 W/(m ² K)
Ponte termico tra vetro e telaio	ψfg	0,080 W/(mK)

Schermature mobili

Tipo schermatura	Tenda
Colore	-
Posizione	Tessuti colorati - Interna
Trasparenza	-

Fattore di schermatura diffuso	g,gl,sh,d	-
Fattore di schermatura diretto	g,gl,sh,b	-
Fattore di schermatura tende	g,gl,sh/g,gl	0,57

Chiusura oscurante

Tipo chiusura -

Permeabilità -

Resistenza termica aggiuntiva dovuta alla chiusura ΔR 0,000 m²K/W

Permeabilità all'aria

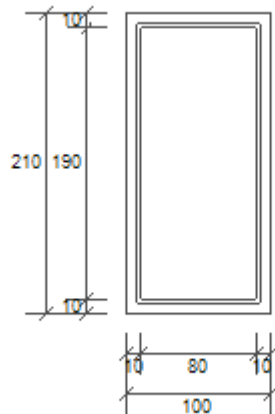
Classe permeabilità all'aria del serramento secondo UNI 1026 (MIN 1-MAX 4) Non dichiarato

La classe di permeabilità all'aria è indicata per i serramenti in funzione dei dati dichiarati dal produttore.

Strutture associate al serramento

Strutture opache e ponti termici	Area [m ²] o lunghezza [m]	Trasmittanza W/(m ² K) o W/(mK)
Assenti	-	-

F3



Larghezza	L	100 cm
Altezza	H	210 cm
Area del vetro	Ag	1,520 m ²
Area del telaio	Af	0,580 m ²
Area totale del serramento	Aw	2,100 m ²
Perimetro del vetro	p	5,400 m
Trasmittanza	Uw	1,300 W/(m ² K)
Trasmittanza corretta	Uw,corr	1,300 W/(m ² K)

Vetro

Tipologia	tipo	Doppio vetro normale
Trasmittanza	Ug	2,675 W/(m ² K)
Coeff di trasmissione solare	ggl	0,500
Emissività	ε	0,200

Telaio

Materiale		Metallo
Spessore	sf	0 mm
Tipologia	tipo	Con taglio termico
Distanziatore	dist	Metallo
Trasmittanza	Uf	4,079 W/(m ² K)
Ponte termico tra vetro e telaio	ψfg	0,080 W/(mK)

Schermature mobili

Tipo schermatura	Tenda
Colore	-
Posizione	Tessuti colorati - Interna
Trasparenza	-

Fattore di schermatura diffuso	g,gl,sh,d	-
Fattore di schermatura diretto	g,gl,sh,b	-
Fattore di schermatura tende	g,gl,sh/g,gl	0,57

Chiusura oscurante

Tipo chiusura -

Permeabilità -

Resistenza termica aggiuntiva dovuta alla chiusura ΔR 0,000 m²K/W

Permeabilità all'aria

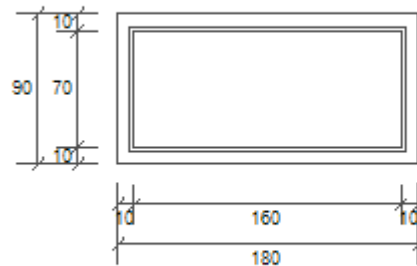
Classe permeabilità all'aria del serramento secondo UNI 1026 (MIN 1-MAX 4) Non dichiarato

La classe di permeabilità all'aria è indicata per i serramenti in funzione dei dati dichiarati dal produttore.

Strutture associate al serramento

Strutture opache e ponti termici	Area [m ²] o lunghezza [m]	Trasmittanza W/(m ² K) o W/(mK)
Assenti	-	-

F4



Larghezza	L	180 cm
Altezza	H	90 cm
Area del vetro	Ag	1,120 m ²
Area del telaio	Af	0,500 m ²
Area totale del serramento	Aw	1,620 m ²
Perimetro del vetro	p	4,600 m
Trasmittanza	Uw	1,300 W/(m ² K)
Trasmittanza corretta	Uw,corr	1,300 W/(m ² K)

Vetro

Tipologia	tipo	Doppio vetro normale
Trasmittanza	Ug	2,675 W/(m ² K)
Coeff di trasmissione solare	ggl	0,500
Emissività	ε	0,200

Telaio

Materiale		Metallo
Spessore	sf	0 mm
Tipologia	tipo	Con taglio termico
Distanziatore	dist	Metallo
Trasmittanza	Uf	4,079 W/(m ² K)
Ponte termico tra vetro e telaio	ψfg	0,080 W/(mK)

Schermature mobili

Tipo schermatura	Tenda
Colore	-
Posizione	Tessuti colorati - Interna
Trasparenza	-

Fattore di schermatura diffuso	g,gl,sh,d	-
Fattore di schermatura diretto	g,gl,sh,b	-
Fattore di schermatura tende	g,gl,sh/g,gl	0,57

Chiusura oscurante

Tipo chiusura -

Permeabilità -

Resistenza termica aggiuntiva dovuta alla chiusura ΔR 0,000 m²K/W

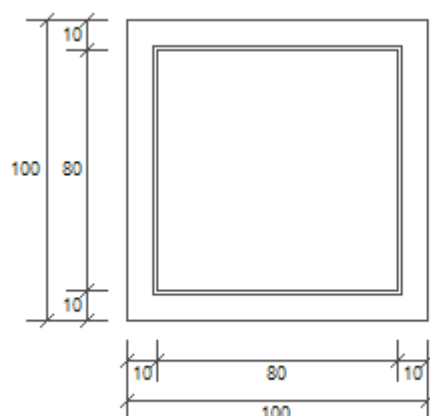
Permeabilità all'aria

Classe permeabilità all'aria del serramento secondo UNI 1026 (MIN 1-MAX 4) Non dichiarato

La classe di permeabilità all'aria è indicata per i serramenti in funzione dei dati dichiarati dal produttore.

Strutture associate al serramento

Strutture opache e ponti termici	Area [m ²] o lunghezza [m]	Trasmittanza W/(m ² K) o W/(mK)
Assenti	-	-

LUC 100X100

Larghezza	L	100 cm
Altezza	H	100 cm
Area del vetro	Ag	0,640 m ²
Area del telaio	Af	0,360 m ²
Area totale del serramento	Aw	1,000 m ²
Perimetro del vetro	p	3,200 m
Trasmittanza	Uw	1,300 W/(m ² K)
Trasmittanza corretta	Uw,corr	1,300 W/(m ² K)

Vetro

Tipologia	tipo	Doppio vetro normale
Trasmittanza	Ug	2,675 W/(m ² K)
Coeff di trasmissione solare	ggl	0,500
Emissività	ε	0,200

Telaio

Materiale		Metallo
Spessore	sf	0 mm
Tipologia	tipo	Con taglio termico
Distanziatore	dist	Metallo
Trasmittanza	Uf	4,079 W/(m ² K)
Ponte termico tra vetro e telaio	ψfg	0,080 W/(mK)

Schermature mobili

Tipo schermatura	Tenda
Colore	-
Posizione	Tessuti colorati - Esterna
Trasparenza	-

Fattore di schermatura diffuso	g,gl,sh,d	-
Fattore di schermatura diretto	g,gl,sh,b	-
Fattore di schermatura tende	g,gl,sh/g,gl	0,37

Chiusura oscurante

Tipo chiusura	-
Permeabilità	-
Resistenza termica aggiuntiva dovuta alla chiusura ΔR	0,000 m ² K/W

Permeabilità all'aria

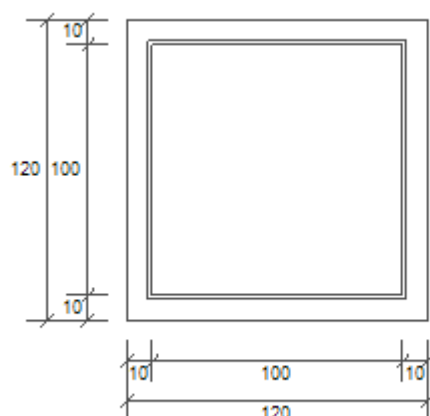
Classe permeabilità all'aria del serramento secondo UNI 1026 (MIN 1-MAX 4) Non dichiarato

La classe di permeabilità all'aria è indicata per i serramenti in funzione dei dati dichiarati dal produttore.

Strutture associate al serramento

Strutture opache e ponti termici	Area [m ²] o lunghezza [m]	Trasmittanza W/(m ² K) o W/(mK)
Assenti	-	-

LUC 120X120



Larghezza	L	120 cm
Altezza	H	120 cm
Area del vetro	Ag	1,000 m ²
Area del telaio	Af	0,440 m ²
Area totale del serramento	Aw	1,440 m ²
Perimetro del vetro	p	4,000 m
Trasmittanza	Uw	1,300 W/(m ² K)
Trasmittanza corretta	Uw,corr	1,300 W/(m ² K)

Vetro

Tipologia	tipo	Doppio vetro normale
Trasmittanza	Ug	2,675 W/(m ² K)
Coeff di trasmissione solare	ggl	0,500
Emissività	ε	0,200

Telaio

Materiale		Metallo
Spessore	sf	0 mm
Tipologia	tipo	Con taglio termico
Distanziatore	dist	Metallo
Trasmittanza	Uf	4,079 W/(m ² K)
Ponte termico tra vetro e telaio	ψfg	0,080 W/(mK)

Schermature mobili

Tipo schermatura	Tenda
Colore	-
Posizione	Tessuti colorati - Interna
Trasparenza	-

Fattore di schermatura diffuso	g,gl,sh,d	-
Fattore di schermatura diretto	g,gl,sh,b	-
Fattore di schermatura tende	g,gl,sh/g,gl	0,57

Chiusura oscurante

Tipo chiusura -

Permeabilità -

Resistenza termica aggiuntiva dovuta alla chiusura ΔR 0,000 m²K/W

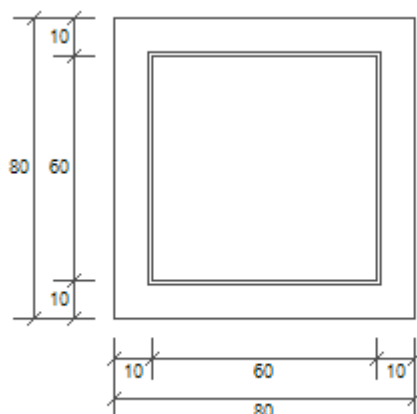
Permeabilità all'aria

Classe permeabilità all'aria del serramento secondo UNI 1026 (MIN 1-MAX 4) Non dichiarato

La classe di permeabilità all'aria è indicata per i serramenti in funzione dei dati dichiarati dal produttore.

Strutture associate al serramento

Strutture opache e ponti termici	Area [m ²] o lunghezza [m]	Trasmittanza W/(m ² K) o W/(mK)
Assenti	-	-

LUC 80X80

Larghezza	L	80 cm
Altezza	H	80 cm
Area del vetro	Ag	0,360 m ²
Area del telaio	Af	0,280 m ²
Area totale del serramento	Aw	0,640 m ²
Perimetro del vetro	p	2,400 m
Trasmittanza	Uw	1,300 W/(m ² K)
Trasmittanza corretta	Uw,corr	1,300 W/(m ² K)

Vetro

Tipologia	tipo	Doppio vetro normale
Trasmittanza	Ug	2,675 W/(m ² K)
Coeff di trasmissione solare	ggl	0,500
Emissività	ε	0,200

Telaio

Materiale		Metallo
Spessore	sf	0 mm
Tipologia	tipo	Con taglio termico
Distanziatore	dist	Metallo
Trasmittanza	Uf	4,079 W/(m ² K)
Ponte termico tra vetro e telaio	ψfg	0,080 W/(mK)

Schermature mobili

Tipo schermatura	Tenda
Colore	-
Posizione	Tessuti colorati - Interna
Trasparenza	-

Fattore di schermatura diffuso	g,gl,sh,d	-
Fattore di schermatura diretto	g,gl,sh,b	-
Fattore di schermatura tende	g,gl,sh/g,gl	0,57

Chiusura oscurante

Tipo chiusura -

Permeabilità -

Resistenza termica aggiuntiva dovuta alla chiusura ΔR 0,000 m²K/W

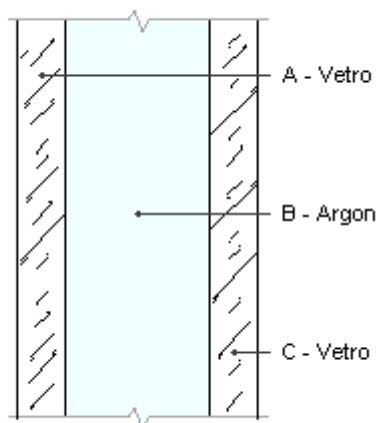
Permeabilità all'aria

Classe permeabilità all'aria del serramento secondo UNI 1026 (MIN 1-MAX 4) Non dichiarato

La classe di permeabilità all'aria è indicata per i serramenti in funzione dei dati dichiarati dal produttore.

Strutture associate al serramento

Strutture opache e ponti termici	Area [m ²] o lunghezza [m]	Trasmittanza W/(m ² K) o W/(mK)
Assenti	-	-

Vetro 4-12-4 (Argon)

Numero lastre	2	Resistenza R	0,374 m ² K/W
Trasmittanza	2,675 W/m ² K	Spessore vetro	20,0 mm
Descrizione			

Stratigrafia

	Strato	Spessore s mm	Conduttività λ W/(mK)	Emissività normale interna ε _{ni} -	Emissività normale esterna ε _{ne} -	Densità ρ Kg/m ³	Viscosità dinamica μ 10 ⁻⁵ kg/ms	Capacità C kJ/(kgK)
	Adduttanza interna (flusso orizzontale)	-	-	0,000	0,000	-	-	-
A	Vetro	4,0	1,000	0,890	0,890	2.500	0,0	0,84
B	Argon	12,0	0,017	0,000	0,000	2	2,2	0,52
C	Vetro	4,0	1,000	0,890	0,890	2.500	0,0	0,84
	Adduttanza esterna (flusso orizzontale)	-	-	0,000	0,000	-	-	-
	TOTALE	20,0						

Resistenze

Costanti dipendenti dall'orientamento del vetro: A = 0,035, N = 0,38

	Strato	Emissività normale interna ε _i -	Emissività normale esterna ε _{ne} -	Salto termico intercapedin e ΔT °C	Conduttanza radiativa h _r W/m ² K	Conduttanza lastra h _s W/m ² K	Resistenza termica R m ² K/W
	Adduttanza interna (flusso orizzontale)	-	-	-	-	-	0,130
A	Vetro	-	-	-	-	-	0,004
B	Argon	0,837	0,837	15,00	3,702	5,106	0,196
C	Vetro	-	-	-	-	-	0,004
	Adduttanza esterna (flusso orizzontale)	-	-	-	-	-	0,040

RELAZIONE DI CALCOLO DEL PONTE TERMICO

Calcolo della trasmittanza lineica del ponte termico e
verifica del rischio di formazione di muffa

EDIFICIO	- Borgosatollo (BS)
RELAZIONE a cura di	Arch. Alberto Cariboni
DATA	26/04/2023

	<div data-bbox="853 197 1005 347"><p>architetto Cariboni Alberto n° 932 Ordine degli Architetti P.F.C. Provincia di Lecco</p></div> <p>Firma: _____</p>
--	---

INDICE

- 1. PREMESSA METODOLOGICA
- 2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO e METODO DI CALCOLO
- 3. VALIDAZIONE DEL METODO DI CALCOLO

- 4.4 DETTAGLI DEL PONTE TERMICO - Angolo rientrante
- 4.5 CONDIZIONI AL CONTORNO
- 4.6 DISCRETIZZAZIONE DEGLI ELEMENTI
- 4.7 CURVE DI TEMPERATURA
- 4.8 RISULTATI DI CALCOLO
- 4.9 VERIFICA DI ASSENZA DI FORMAZIONE DI MUFFA

- 5.4 DETTAGLI DEL PONTE TERMICO - Angolo sporgente
- 5.5 CONDIZIONI AL CONTORNO
- 5.6 DISCRETIZZAZIONE DEGLI ELEMENTI
- 5.7 CURVE DI TEMPERATURA
- 5.8 RISULTATI DI CALCOLO
- 5.9 VERIFICA DI ASSENZA DI FORMAZIONE DI MUFFA

1. PREMESSA

Il ponte termico è una discontinuità dell'involucro edilizio nella quale la resistenza termica non è uniforme e cambia in modo significativo; i ponti termici localizzati per la maggioranza dei casi nelle giunzioni tra gli elementi e provocano due effetti:

- Modifica del flusso termico
- Modifica della temperatura superficiale

rispetto agli stessi elementi privi di ponte termico.

La presente relazione riporta la valutazione della trasmittanza lineica ψ del ponte termico tramite analisi ad elementi finiti, per ponti termico geometrico o strutturale.

Per ciascun ponte termico è analizzata la distribuzione del flusso termico, il coefficiente di accoppiamento termico e la mappa delle temperature interne al nodo. La valutazione del rischio di formazione di muffa e quindi di condensa superficiale si ottiene valutando la temperatura superficiale raggiunta sulla faccia interna.

2. NORMA DI RIFERIMENTO E METODO DI CALCOLO

Di seguito le norme di riferimento utilizzate per il calcolo.

UNI EN ISO 10211 – Thermal bridges in building construction – Heat flows and surface temperatures
General calculation methods.

UNI EN ISO 13788 - Hygrothermal performance of building components and building elements – Internal surface temperature to avoid critical surface humidity and interstitial condensation - Calculation methods

UNI EN ISO 6946 - Building components and building elements - Thermal resistance and thermal transmittance - Calculation method

Il metodo di calcolo utilizzato nella valutazione del ponte termico si basa su quanto indicato dalla norma UNI EN ISO 10211.

La norma specifica la definizione dei limiti geometrici del modello e dei criteri da adottare per la sua suddivisione, le condizioni termiche al contorno, i valori termici e le relazioni da utilizzare.

La norma si fonda sulle seguenti ipotesi:

- le condizioni termiche si intendono stazionarie
- tutte le proprietà fisiche sono indipendenti dalla temperatura
- non ci sono sorgenti di calore all'interno delle strutture edilizie

3. VALIDAZIONE DEL METODO DI CALCOLO

L'Appendice A della norma UNI 10211 riporta le condizioni generali e i requisiti che deve rispettare il metodo numerico per considerarsi validato.

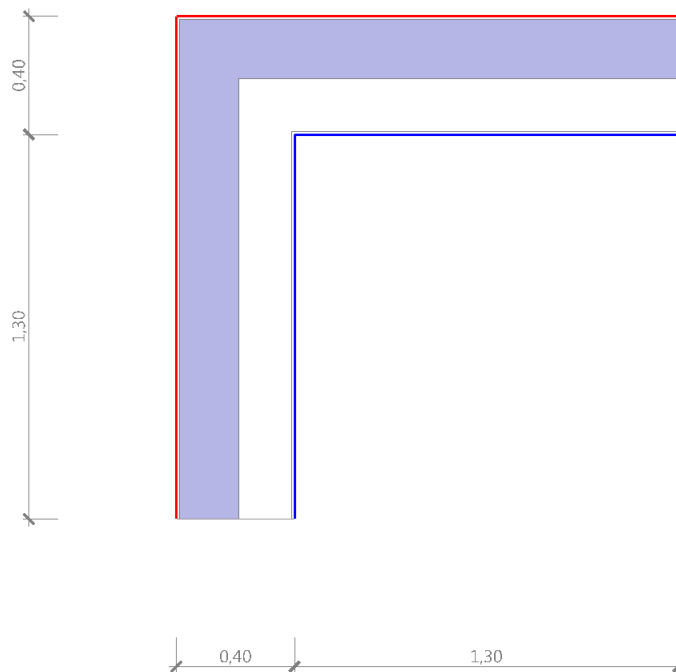
Il presente metodo numerico rispetta tutte le regole contenute nell'appendice A. In particolare:

- Fornisce le temperature e i flussi termici
- Consente di calcolare temperature e flussi termici anche in posizioni diverse da quelle indicate.
- Converge alla soluzione analitica (dove esiste) all'aumentare delle suddivisioni.
- Determina il numero di suddivisioni seguendo questa regola: esegue la somma dei valori assoluti di tutti i flussi termici che entrano nell'oggetto considerato, per n suddivisioni e per $2n$ suddivisioni. La differenza tra i due risultati non deve essere maggiore del 2% o in alternativa si aumenta il numero di suddivisioni fino a che il criterio non è soddisfatto.

- Le iterazioni di calcolo proseguono finché la somma di tutti i flussi termici (positivi o negativi) entranti nell'oggetto, divisa per la metà della somma dei valori assoluti dei medesimi flussi termici è minore di 0.001

4.4 DETTAGLI DEL PONTE TERMICO - Angolo rientrante

Si riporta di seguito il modello geometrico di ponte termico con il dettaglio dei materiali componenti e delle conduttività termiche utilizzate nella valutazione della trasmittanza.



Dettaglio dei materiali

	Materiale	λ [W/mK]
1	Intonaco interno	0,700
2	Calcestruzzo (1800 kg/m ³)	0,940
3	Fassa Bortolo Lastra EPS 120 140mm	0,034
4	Intonaco esterno	0,900

4.5 CONDIZIONI AL CONTORNO

La valutazione è eseguita nel comune di Borgosatollo - (BS).

Di seguito il dettaglio delle condizioni al contorno utilizzate per la valutazione della trasmittanza termica lineica.

Nelle condizioni al contorno sono specificati l'ambiente interno e uno o più ambienti esterni con le relative resistenze di calcolo.

Dettaglio dei confini

	Confine	T [°C]	R [m ² K/W]
1	Temperatura interna: direzione orizzontale del flusso	20,0	0,13
2	Temperatura interna: direzione orizzontale del flusso	20,0	0,13
3	Temperatura esterna: direzione orizzontale del flusso	2,9	0,04
4	Temperatura esterna: direzione orizzontale del flusso	2,9	0,04

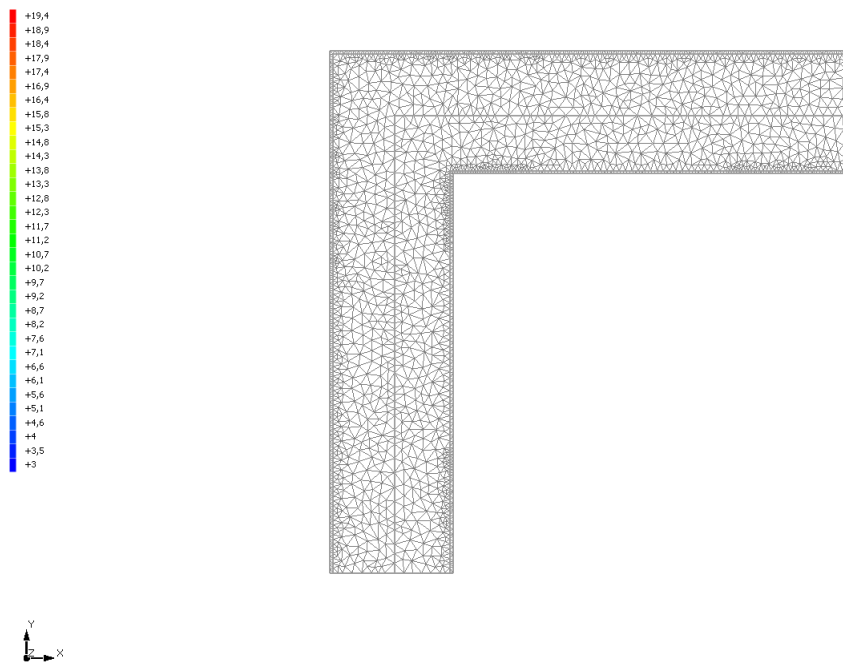
4.6 DISCRETIZZAZIONE DEGLI ELEMENTI

Per portare a convergenza il risultato finale il Ponte termico calcolato è stato suddiviso in triangoli, la mesh di calcolo.

Numero di triangoli utilizzati per la discretizzazione degli elementi 2.275

Di seguito la rappresentazione della mesh di calcolo del ponte termico:

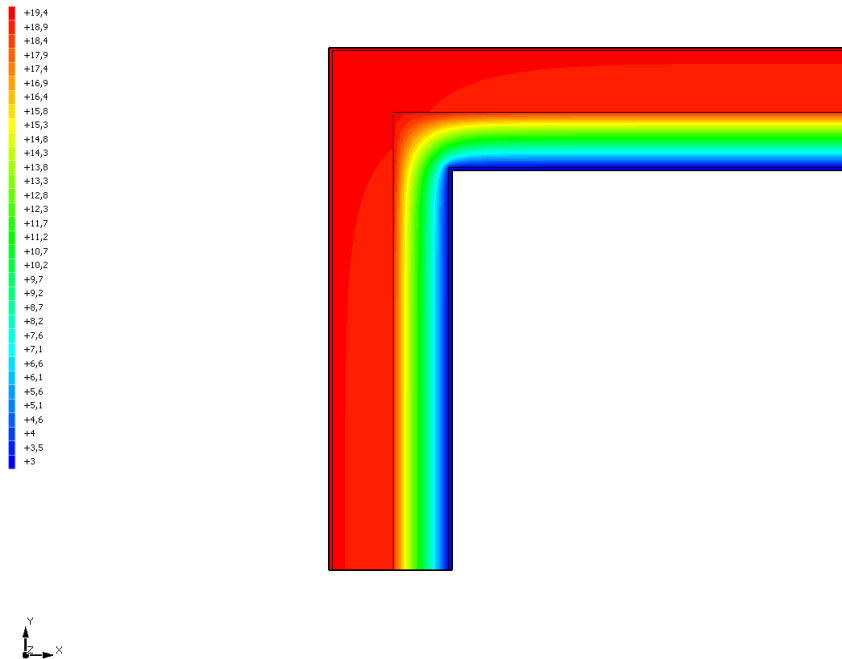
Temperatura T [°C] (calcolo psi)
Angolo rientrante



4.7 CURVE DI TEMPERATURA

In base al modello di ponte termico e alle sue condizioni al contorno si ottiene la seguente distribuzione di temperatura all'interno degli elementi:

Temperatura T [°C] (calcolo psi)
Angolo rientrante



4.8 RISULTATI DI CALCOLO

Di seguito vengono esposti i risultati di calcolo relativi alla struttura di ponte termico.

Il principale risultato il flusso termico per ogni metro di lunghezza e per ogni grado di differenza di temperatura: la trasmittanza termica lineica del ponte termico viene ottenuta per differenza tra la dispersione del modello geometrico comprensivo di ponte termico e la dispersione in assenza di discontinuità.

Flusso Φ	8,20	W/m
Ψ interno	-0,1169	W/mK
Ψ esterno	0,0234	W/mK
Coefficiente di accoppiamento L2D	0,48	W/mK
Temperatura minima	19,3	°C

4.9 VERIFICA DI ASSENZA DI FORMAZIONE DI MUFFA

Il metodo di calcolo della condensa superficiale su superficie interna è contenuto nella norma UNI EN ISO 13788 che prevede il calcolo del fattore di temperatura superficiale f_{Rsi} calcolato come segue

$$f_{Rsi} = \frac{\theta_{si} - \theta_e}{\theta_i - \theta_e}$$

Con θ_{si} temperatura superficiale interna [°C]

θ_e temperatura dell'aria esterna [°C]

θ_i temperatura dell'aria interna [°C]

Temperatura T [°C] (calcolo psi)
Angolo rientrante



La norma precisa che al fine di evitare formazione di muffa, l'umidità superficiale critica da considerare nella valutazione della pressione di saturazione deve essere pari all' 80%.

I dati climatici utilizzati nella verifica sono riferiti al comune di Borgosatollo, BS

Di seguito il dettaglio di pressione e temperatura valutati lungo tutto l'arco dell'anno:

Tipo di calcolo	Classi di concentrazione
Classe di edificio	Edifici con indice di affollamento non noto

Mese	Te [°C]	φ_e [%]	Pe [Pa]	Δp [Pa]	Pi [Pa]	Psi [Pa]	Tsi [°C]	Ti [°C]	fRsi
ottobre	12,90	80,3	1.194,2	352,1	1.546,3	1.932,8	16,97	20,00	0,5731
novembre	7,60	92,5	965,1	540,2	1.505,3	1.881,6	16,55	20,00	0,7214
dicembre	3,40	98,2	765,1	689,3	1.454,4	1.818,0	16,01	20,00	0,7594
gennaio	2,90	93,6	703,9	707,0	1.410,9	1.763,7	15,53	20,00	0,7387
febbraio	3,40	86,2	671,6	689,3	1.360,9	1.701,2	14,97	20,00	0,6970
marzo	8,50	74,6	827,5	508,3	1.335,8	1.669,7	14,68	20,00	0,5375
aprile	12,00	72,1	1.010,7	384,0	1.394,7	1.743,4	15,35	20,00	0,4190

Te temperatura esterna media mensile [°C]

φ_e umidità relativa esterna [%]

Pe pressione esterna [Pa]

ΔP variazione di pressione [Pa]

Pi pressione interna [Pa]

Psi pressione di saturazione interna [Pa]

Tsi Temperatura superficiale interna [°C]

fRsi Fattore di resistenza superficiale

ESITO DELLA VERIFICA DI ASSENZA DI MUFFA

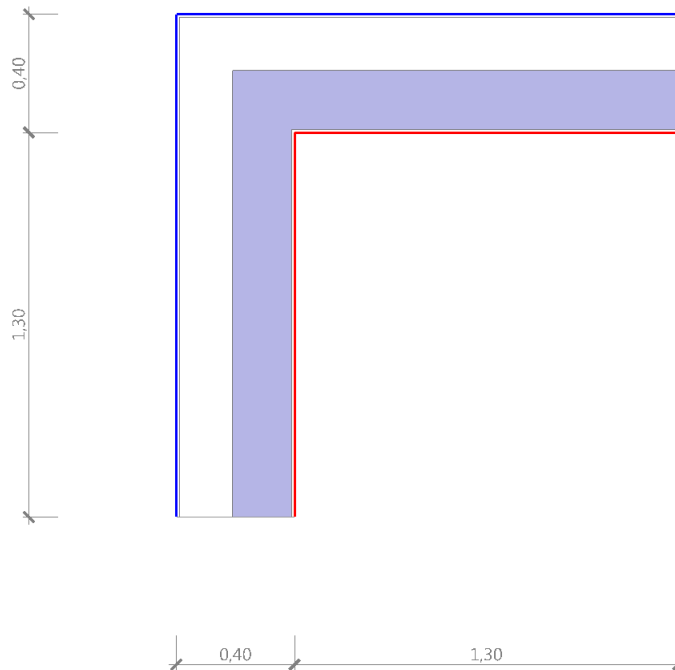
Fattore di resistenza superficiale nel mese critico fRsi	0,957
Fattore di resistenza superficiale nel mese critico fRsiAmm	0,759
Mese critico	Dicembre

ESITO VERIFICA DI CONDENZA SUPERFICIALE

$f_{rsi} > f_{rsi,max}$: assenza di muffa

5.4 DETTAGLI DEL PONTE TERMICO - Angolo sporgente

Si riporta di seguito il modello geometrico di ponte termico con il dettaglio dei materiali componenti e delle conduttività termiche utilizzate nella valutazione della trasmittanza.



Dettaglio dei materiali

	Materiale	λ [W/mK]
1	Intonaco esterno	0,900
2	Fassa Bortolo Lastra EPS 120 140mm	0,034
3	Calcestruzzo (1800 kg/m3)	0,940
4	Intonaco interno	0,700

5.5 CONDIZIONI AL CONTORNO

La valutazione è eseguita nel comune di Borgosatollo - (BS).

Di seguito il dettaglio delle condizioni al contorno utilizzate per la valutazione della trasmittanza termica lineica.

Nelle condizioni al contorno sono specificati l'ambiente interno e uno o più ambienti esterni con le relative resistenze di calcolo.

Dettaglio dei confini

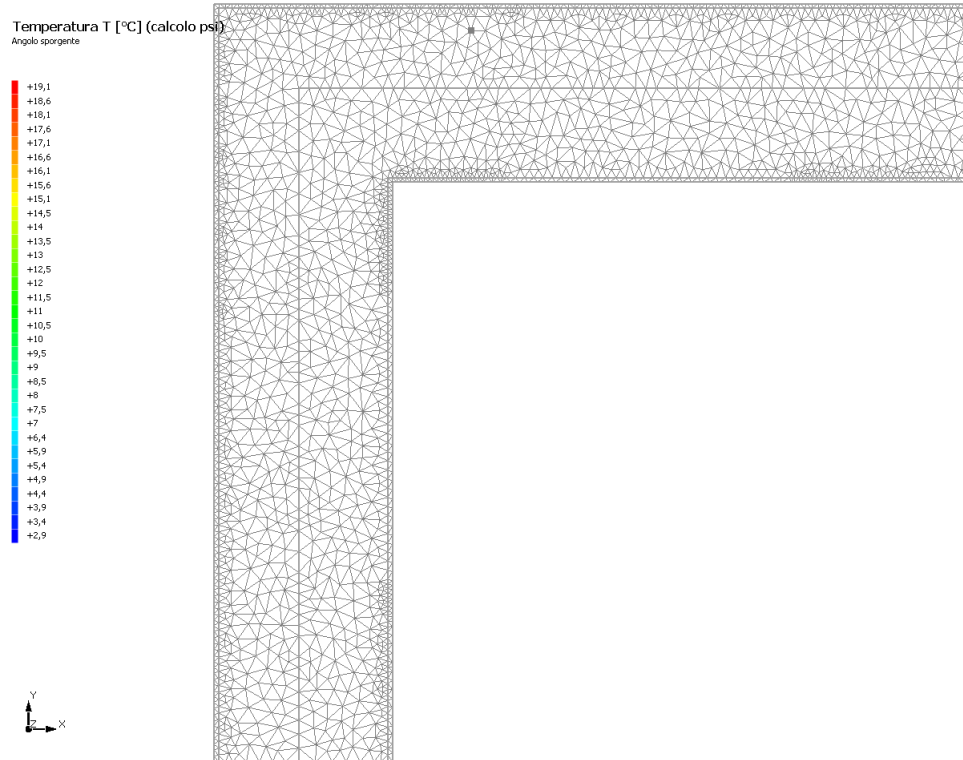
	Confine	T [°C]	R [m²K/W]
1	Temperatura esterna: direzione orizzontale del flusso	2,9	0,04
2	Temperatura esterna: direzione orizzontale del flusso	2,9	0,04
3	Temperatura interna: direzione orizzontale del flusso	20,0	0,13
4	Temperatura interna: direzione orizzontale del flusso	20,0	0,13

5.6 DISCRETIZZAZIONE DEGLI ELEMENTI

Per portare a convergenza il risultato finale il Ponte termico calcolato è stato suddiviso in triangoli, la mesh di calcolo.

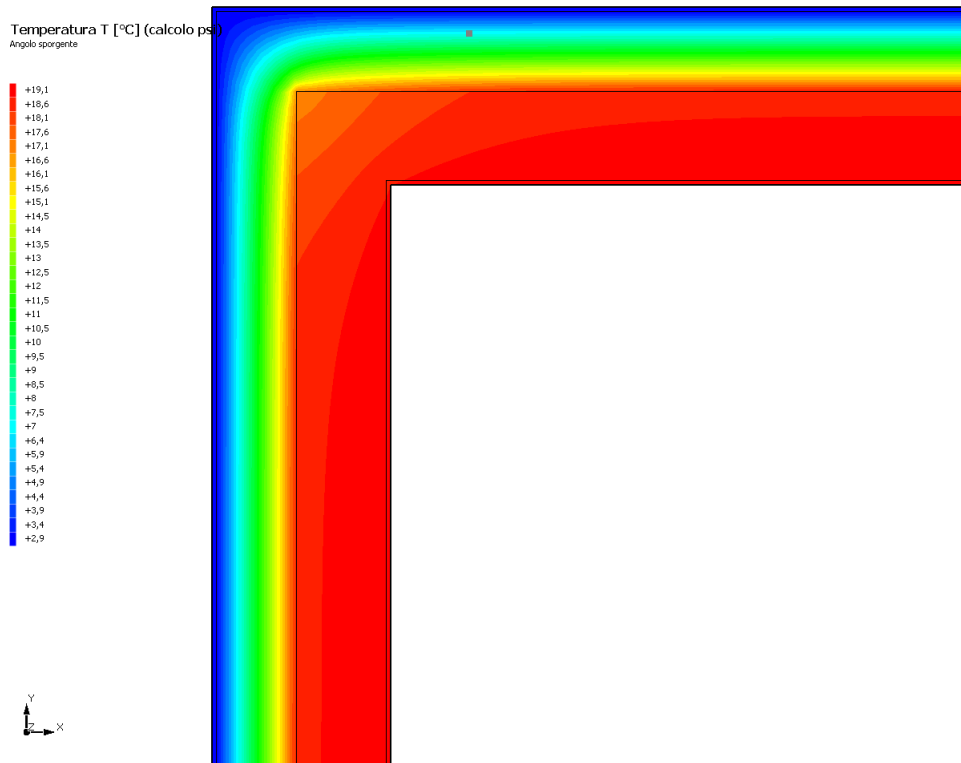
Numero di triangoli utilizzati per la discretizzazione degli elementi 2.269

Di seguito la rappresentazione della mesh di calcolo del ponte termico:



5.7 CURVE DI TEMPERATURA

In base al modello di ponte termico e alle sue condizioni al contorno si ottiene la seguente distribuzione di temperatura all'interno degli elementi:



5.8 RISULTATI DI CALCOLO

Di seguito vengono esposti i risultati di calcolo relativi alla struttura di ponte termico.

Il principale risultato il flusso termico per ogni metro di lunghezza e per ogni grado di differenza di temperatura: la trasmittanza termica lineica del ponte termico viene ottenuta per differenza tra la dispersione del modello geometrico comprensivo di ponte termico e la dispersione in assenza di discontinuità.

Flusso Φ	9,19	W/m
Ψ interno	0,0813	W/mK
Ψ esterno	-0,0590	W/mK
Coefficiente di accoppiamento L2D	0,54	W/mK
Temperatura minima	18,5	°C

5.9 VERIFICA DI ASSENZA DI FORMAZIONE DI MUFFA

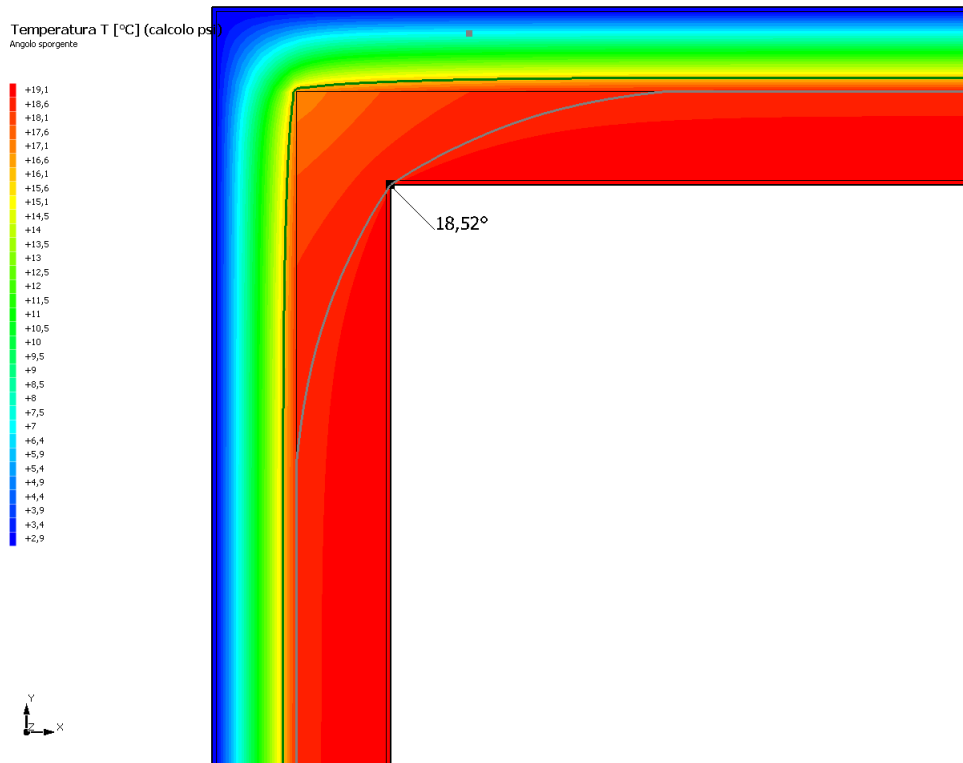
Il metodo di calcolo della condensa superficiale su superficie interna è contenuto nella norma UNI EN ISO 13788 che prevede il calcolo del fattore di temperatura superficiale f_{Rsi} calcolato come segue

$$f_{Rsi} = \frac{\theta_{si} - \theta_e}{\theta_i - \theta_e}$$

Con θ_{si} temperatura superficiale interna [°C]

θ_e temperatura dell'aria esterna [°C]

θ_i temperatura dell'aria interna [°C]



La norma precisa che al fine di evitare formazione di muffa, l'umidità superficiale critica da considerare nella valutazione della pressione di saturazione deve essere pari all' 80%.

I dati climatici utilizzati nella verifica sono riferiti al comune di Borgosatollo, BS

Di seguito il dettaglio di pressione e temperatura valutati lungo tutto l'arco dell'anno:

Tipo di calcolo	Classi di concentrazione
Classe di edificio	Edifici con indice di affollamento non noto

Mese	Te [°C]	φ_e [%]	Pe [Pa]	Δp [Pa]	Pi [Pa]	Psi [Pa]	Tsi [°C]	Ti [°C]	fRsi
ottobre	12,90	80,3	1.194,2	352,1	1.546,3	1.932,8	16,97	20,00	0,5731
novembre	7,60	92,5	965,1	540,2	1.505,3	1.881,6	16,55	20,00	0,7214
dicembre	3,40	98,2	765,1	689,3	1.454,4	1.818,0	16,01	20,00	0,7594
gennaio	2,90	93,6	703,9	707,0	1.410,9	1.763,7	15,53	20,00	0,7387
febbraio	3,40	86,2	671,6	689,3	1.360,9	1.701,2	14,97	20,00	0,6970
marzo	8,50	74,6	827,5	508,3	1.335,8	1.669,7	14,68	20,00	0,5375
aprile	12,00	72,1	1.010,7	384,0	1.394,7	1.743,4	15,35	20,00	0,4190

Te temperatura esterna media mensile [°C]

φ_e umidità relativa esterna [%]

Pe pressione esterna [Pa]

ΔP variazione di pressione [Pa]

Pi pressione interna [Pa]

Psi pressione di saturazione interna [Pa]

Tsi Temperatura superficiale interna [°C]

fRsi Fattore di resistenza superficiale

ESITO DELLA VERIFICA DI ASSENZA DI MUFFA

Fattore di resistenza superficiale nel mese critico fRsi	0,913
Fattore di resistenza superficiale nel mese critico fRsiAmm	0,759
Mese critico	Dicembre

ESITO VERIFICA DI CONDENZA SUPERFICIALE

$f_{rsi} > f_{rsi,max}$: assenza di muffa
