



**TECNO
LUSO**

STUDIO ASSOCIATO INGEGNERIA E ARCHITETTURA



Camera di Commercio
Cuneo



**Interreg
ALCOTRA**

Fonds européen de développement régional
Fondo europeo di sviluppo regionale



**PROGETTO COFINANZIATO DALL' UNIONE EUROPEA
FONDO EUROPEO DI SVILUPPO REGIONALE (FESR)
PROGRAMMA INTERREG V-A ITALIA-FRANCIA ALCOTRA 2014-2020**

PROGETTO ECO – BATI n.1660 CUP E26G17000330007 – CIG 7411993A1C

**EFFICIENTAMENTO ENERGETICO PER MEZZO DI REALIZZAZIONE DEL SISTEMA
A CAPPOTTO E SOSTITUZIONE SERRAMENTI ESTERNI DEL FABBRICATO TETTO
SOTTILE DEL COMPLESSO CAMERA DI COMMERCIO DI CUNEO**

PROGETTO DEFINITIVO - ESECUTIVO

RELAZIONE TECNICA SPECIALISTICA – ELABORATO 2

COMMITTENTE: Camera di Commercio di Cuneo

PROGETTISTA: Tecno Lusso – Ingegneria e Architettura – Studio Associato (Cn)

RUP: Marco Martini

Cuneo, lì 31 dicembre 2018

INDIVIDUAZIONE, ANALISI E VALUTAZIONE DELL'INTERVENTO

Esigenze, requisiti e livelli di prestazione da soddisfare

L'intervento in oggetto riguarda l'efficientamento energetico dell'edificio denominato "Tetto Sottile" (facente parte del Complesso della Camera di Commercio) attuabile attraverso interventi che interesseranno l'involucro del fabbricato: un intervento di isolamento a cappotto esterno, un intervento di insufflaggio di isolante e la sostituzione dei serramenti esterni.

L'intervento sarà realizzato come "cantiere pilota" del Progetto ECO – BATI inserito nella Programmazione Interreg Alcotra Italia – Francia 2014 – 2020 di cui la Camera di Commercio è il Capofila.

Il progetto mira a soddisfare il quadro esigenziale della Committenza, la Camera di Commercio di Cuneo, attraverso un sistema integrato di valutazioni atte al conseguimento dei seguenti risultati:

- rafforzamento delle filiere locali transfrontaliere per la produzione di eco – materiali e loro applicazione nella riqualificazione energetica degli edifici pubblici;
- aumento del numero delle certificazioni ambientali dei prodotti edilizi (CAM) che consentono alle imprese che le posseggono di partecipare agli appalti pubblici che hanno come riferimento il DM 11 ottobre 2017;
- ampliamento della rete di collaborazione transfrontaliera tra imprese nel settore delle costruzioni e pubbliche amministrazioni;
- per la realizzazione dell'isolamento delle strutture opache, utilizzo di eco materiali che rispettino il valore di trasmittanza termica mediata con i ponti termici inferiore o uguale al valore di $U = 0,22 \text{ W/m}^2\text{K}$ per il cappotto esterno e $U = 0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$ per il sistema di insufflaggio;

Gli interventi di efficientamento energetico riguardante l'edificio dovranno essere eseguiti con materiali che rispondano ai criteri previsti dal D.M. 11/10/2017.

Per il rispetto puntuale di ogni criterio si fa riferimento alla relazione di rispondenza ai Criteri Ambientali Minimi (CAM).



Descrizione dei materiali ipotizzati per l'intervento

Per il soddisfacimento del quadro esigenziale della Stazione Appaltante e per il rispetto delle indicazioni del bando, i materiali ipotizzati per l'intervento sono la calce, la canapa e il legno.

La canapa

La pianta di canapa è costituita da una parte fibrosa esterna e da una parte legnosa interna, il canapulo. La fibra è molto resistente a sforzi di trazione e al logorio, mentre il canapulo ha un'elevata capacità di assorbire i liquidi ed è ricco di silicio, componente a cui deve le sue ottime proprietà isolanti. E' un materiale ecosostenibile, biocompatibile, riciclabile, rinnovabile, compostabile da cui si ottengono fiocchi, feltri, materassini, pannellature, mattoni, vernici, smalti, colle, biocompositi (questi ultimi attraverso un processo di polimerizzazione) e tessuti. Come coltivazione è sostenibile dal punto di vista ambientale perché ha una crescita rapida ed abbondante, essendo una pianta infestante, per crescere non necessita di irrigazione, erbicidi e pesticidi, né di antiparassitari e non avendo proteine al suo interno non è attaccata da roditori o altri insetti. Ha anche un'azione fertilizzante e fitodepuratrice.

La canapa ha caratteristiche quali leggerezza, traspirabilità, resistenza a muffe e insetti, resistenza al fuoco, alto potere isolante (termico ed acustico), igroscopicità.

In Piemonte, nella zona del Cuneese e del Torinese sono presenti coltivazioni e lavorazioni della canapa assicurando, per questo intervento, il rispetto e la valorizzazione della filiera corta.

La canapa e in particolare il canapulo possono essere utilizzati come materiale da costruzione in forma di:

- a) canapulo per l'insufflaggio nelle intercapedini per coibentare gli edifici esistenti costruiti con sistemi di muratura a cassa vuota, nei solai non isolati e nelle coperture. Presenta tutti i vantaggi dell'operazione su murature esistenti senza applicazione di cappotto esterno e interno garantendo l'isolamento e la traspirabilità delle pareti. Le finiture superficiali delle pareti devono essere realizzate con materiali compatibili, quali finiture a calce per garantirne la traspirabilità.



- b) Sistema costruttivo tricomponente calce – legno – canapa composto da una struttura in legno a cassero (a perdere) e successivo riempimento con il bio-composito di canapa e calce. Il cassero viene successivamente intonacato con l'utilizzo del termointonaco e finitura superficiale a base di calce. Questo sistema costruttivo presenta un'alta resistenza al fuoco, un'elevata percentuale di materiali biologici che, attraverso la fotosintesi favoriscono l'assorbimento della CO₂, un'elevata resistenza al decadimento naturale grazie all'abbinamento alla calce, flessibilità di applicazione con possibilità di raggiungere valori di trasmittanza richiesti in base allo spessore del sistema costruttivo.
- c) Termointonaco a base di canapulo con granulometria variabile, miscelato al momento dell'uso. La miscela genera una malta ad alto potere isolante, totalmente ecologica e di facile applicazione. Grazie alle sue doti naturali di controllo dell'umidità garantisce e migliora l'efficienza energetica. E' utilizzabile sia su pareti interne che esterne e su ogni tipo di supporto.

Il legno

Il legno è un materiale con buone caratteristiche isolanti, è un prodotto sostenibile e riciclabile, resistente, flessibile e versatile come campo di applicazione, la cui lavorazione presenta un basso impatto ambientale e durevole nel tempo.

Il legno verrà usato, oltre che in associazione con la calce e canapa anche come materiale per la produzione dei nuovi serramenti dell'edificio oggetto di intervento sia per le sue rinomante caratteristiche prestazionali sia perché è un prodotto locale valorizzando il principio della filiera corta e della valorizzazione delle vocazioni e delle risorse del territorio.



Indagini e studi specialistici per l'individuazione delle soluzioni progettuali proposte e tecniche di intervento

L'edificio Tetto Sottile appartenente al Complesso Camerale è la risultanza di un accorpamento di una porzione storica costituita da una muratura portante in mattoni pieni e da un ampliamento di più recente edificazione caratterizzata da una struttura a telaio in cemento armato, murature perimetrali a cassavuota con intercapedine di aria.

L'edificio è dotato di ampia superficie vetrata con serramenti in alluminio non a taglio termico e vetri singoli.

L'intervento, come già accennato in precedenza, riguarderà:

- La sostituzione dei serramenti con nuovi serramenti in legno
- Il sistema di isolamento delle strutture opache verticali mediante la realizzazione del cappotto esterno interessante la porzione storica del fabbricato e l'insufflaggio di isolante per la porzione a cassa vuota. Entrambe le soluzioni prevedono la realizzazione di un termintonaco esterno.

SOSTITUZIONE SERRAMENTI IN LEGNO

I serramenti verranno realizzati in legno di larice a semplice e doppia battuta con vetro camera basso emissivo, con un valore di trasmittanza termica globale di $U_w = 1 \text{ W/m}^2\text{K}$.

I nuovi serramenti verranno montati su nuovi controtelai in legno.

Particolare attenzione dovrà essere posta per il giunto di attacco del nuovo serramento con le murature isolate.



IL SISTEMA DI ISOLAMENTO DELLE STRUTTURE OPACHE VERTICALI

Stante la tipologia costruttiva differente tra le due porzioni di fabbricato, valutando la possibilità di utilizzo di materiali innovativi ed eco-sostenibili e tenendo in considerazione il criterio della reperibilità locale dei prodotti, si sono ipotizzate due metodologie operative di seguito illustrate.

ISOLAMENTO PORZIONE MURATURA CASSA VUOTA

Nella porzione di edificio con struttura a cassa vuota è previsto un insufflaggio in intercapedine di canapulo ricavato dal nucleo interno degli steli di canapa. L'insufflaggio avverrà attraverso ugelli operati all'esterno del fabbricato.

Successivamente si applicherà, sulla parete esterna, uno strato di termointonaco a base di calce-canapa, successiva rasatura e pittura a base calce per garantire alla muratura idonea traspirabilità. Il canapulo dovrà presentare una granulometria idonea. Il materiale isolante insufflato e il termointonaco dovranno garantire i valori di trasmittanza, massa areica e capacità termica indicati nella verifica termoigrometrica allegata al progetto. Il sistema dovrà essere tale da garantire un elevato comfort abitativo.

CAPPOTTO ESTERNO CON SISTEMA COSTRUTTIVO TRICOMPONENTE CALCE LEGNO CANAPA

Il cappotto esterno verrà realizzato in corrispondenza delle pareti perimetrali della porzione storica di fabbricato, a muratura portante in laterizio. Il sistema comprenderà una struttura in legno a cassero (a perdere) riempita con un miscela di calce e canapa.

Il cassero sarà costituito da montanti verticali (murali) costituiti da tavole in legno di conifera staffate a muro con idonei tasselli a garantirne la stabilità. La cavità in cui introdurre la miscela calce-canapa sarà realizzata con una fitta rete di listelli orizzontali fissati con chiodi ai murali sui due lati degli stessi. In tal modo i listelli orizzontali essendo sul lato interno addossati alla parete della muratura obbligheranno i murali ad essere fissati ad una certa distanza dalla parete della muratura lasciando la possibilità di riempire le cavità con la miscela calce canapa.

L'intera struttura verrà infine finita esternamente con la stesura del termointonaco a base di calce-canapa, una rasatura e una pittura a base di calce.



Per la parete interna a ovest del secondo piano è previsto l'insufflaggio dall'interno per la porzione di cassa vuota e stesura di termointonaco interno anche per la parte in muratura piena.

A seguito dell'intervento di isolamento e in aderenza alle prescrizioni della Commissione Locale del Paesaggio del Comune di Cuneo, si rendono necessarie anche le seguenti lavorazioni:

- sostituzione dei canali di gronda e dei pluviali con nuovi elementi in rame;
- sostituzione dei pozzetti di ispezione dei pluviali;
- adeguamento delle ringhiere dei balconi e del cancello delimitante il cortile interno;
- sostituzione della zoccolatura perimetrale del fabbricato;
- adeguamento dei davanzali interni ed esterni.



ALLEGATI

STRATIGRAFIE DELLE SUPERFICI OPACHE E TRASPARENTI



CARATTERISTICHE TERMICHE E IGROMETRICHE DEI COMPONENTI OPACHI

Codice Struttura: M1

Descrizione Struttura: M1 - INSUFFLAGGIO in muratura cassa vuota - porzione ampliamento muratura interna p. 2

N.	DESCRIZIONE STRATO (dal'interno all'esterno)	s [mm]	lambda [W/mK]	C [W/m²K]	M.S. [kg/m²]	P<50*10 ¹² [kg/msPa]	C.S. [J/kgK]	R [m²K/W]
1	Adduttanza Interna	0		7.700			0	0.130
2	Rasatura e pittura calce	10	0.195	19.500	11.00	25.733	1200	0.051
3	Termointonaco calcecanapa	50	0.085	1.700	20.00	36.415	1500	0.588
4	Barriera vapore	1	0.230	230.000	1.10	0.010	900	0.004
5	Intonaco interno	15	0.700	46.667	21.00	18.000	1000	0.021
6	Mattone forato di laterizio (250*100*250) spessore 100	100		3.704	78.00	20.570	840	0.270
7	Isolante Canapulo	150	0.053	0.350	15.00	193.000	1700	2.857
8	Mattone forato di laterizio (250*120*250) spessore 120	120		3.226	86.00	20.570	840	0.310
9	Malta di calce o di calce e cemento	15	0.900	60.000	27.00	8.500	1000	0.017
10	Adduttanza Esterna	0		25.000			0	0.040

RESISTENZA = 4.289 m²K/W

TRASMITTANZA = 0.233 W/m²K

SPESSORE = 461 mm

CAPACITA' TERMICA AREICA (int) = 27.351 kJ/m²K

MASSA SUPERFICIALE = 221 kg/m²

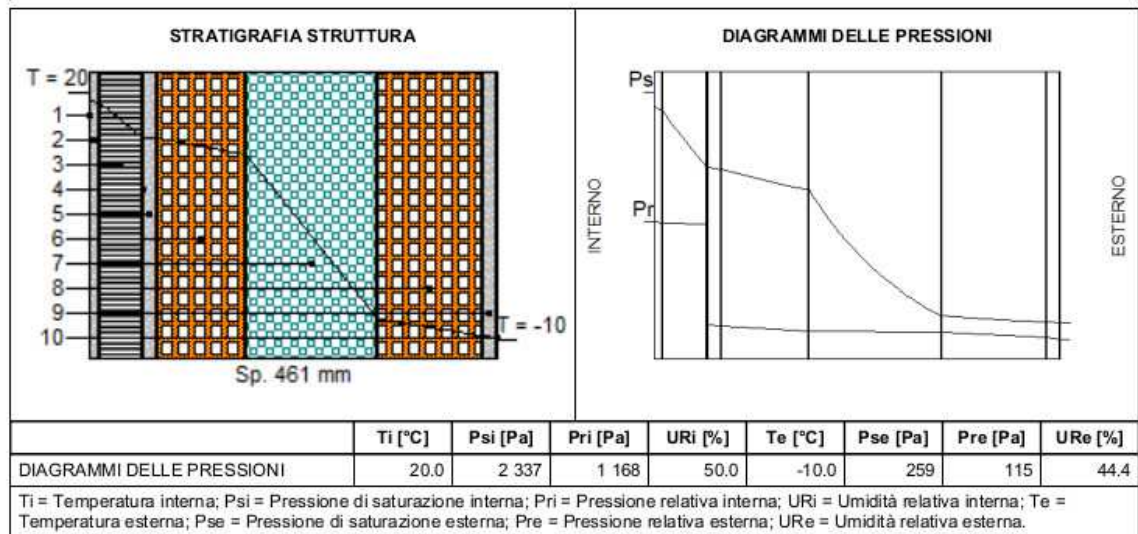
TRASMITTANZA TERMICA PERIODICA = 0.02 W/m²K

FATTORE DI ATTENUAZIONE = 0.10

SFASAMENTO = -8.44 h

FRSI - FATTORE DI TEMPERATURA = 0.6198

s = Spessore dello strato; lambda = Conduttività termica del materiale; C = Conduttanza unitaria; M.S. = Massa Superficiale; P<50*10¹² = Permeabilità al vapore con umidità relativa fino al 50%; C.S. = Calore Specifico; R = Resistenza termica dei singoli strati; Resistenza - Trasmissione = Valori di resistenza e trasmittanza reali; Massa Superficiale = Valore calcolato come disposto nell'Allegato A del D.Lgs.192/05 e s.m.i..



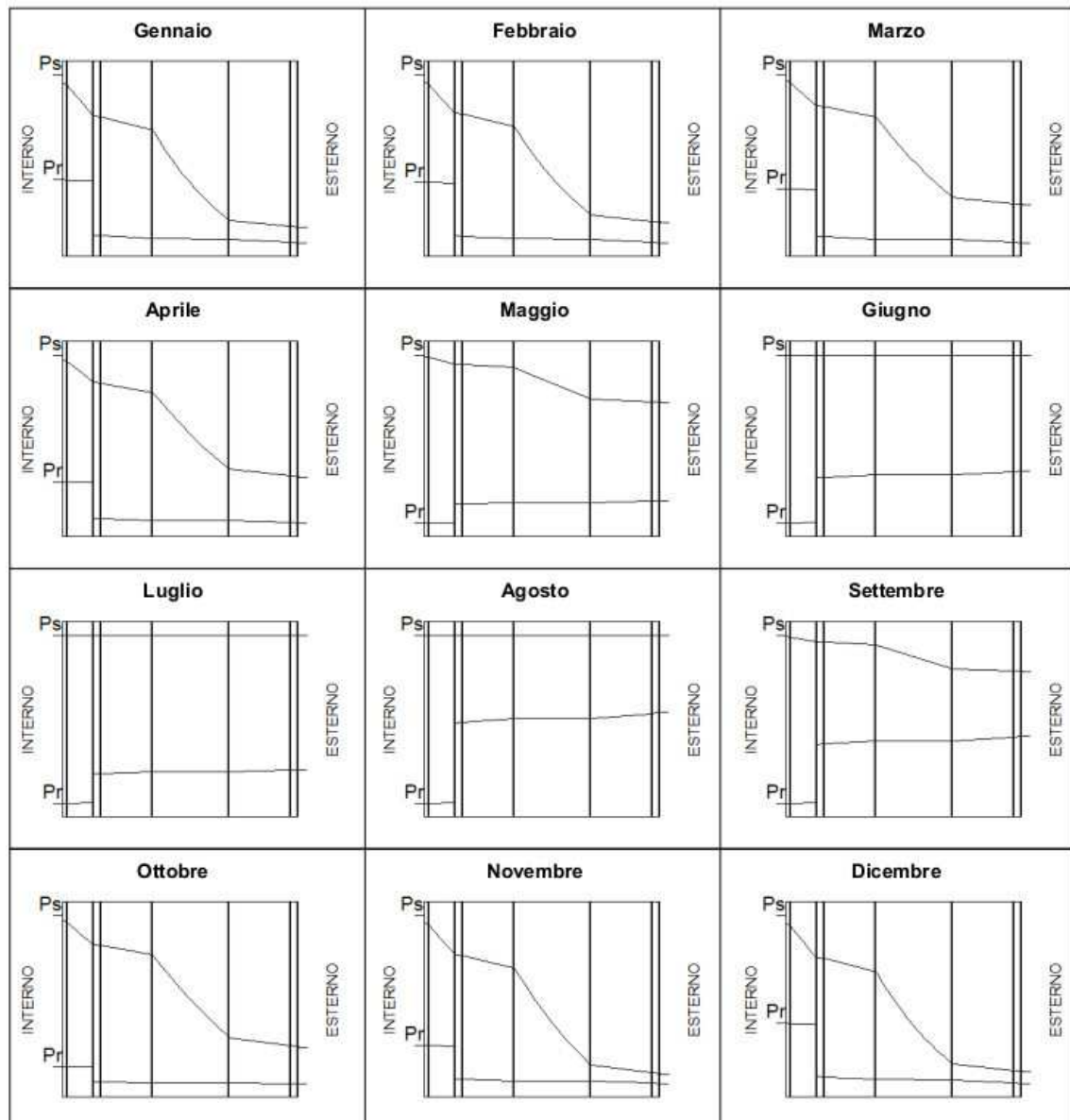
CARATTERISTICHE TERMICHE E IGROMETRICHE DEI COMPONENTI OPACHI
Codice Struttura: M1

Descrizione Struttura: M1 - INSUFFLAGGIO in muratura cassa vuota - porzione ampliamento muratura interna p. 2

VERIFICA IGROMETRICA												
	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
URcf1	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00
Tcf1	20.00	20.00	20.00	20.00	18.00	20.30	22.10	20.30	18.00	20.00	20.00	20.00
URcf2	72.90	69.40	60.90	65.00	66.00	65.50	60.10	77.20	78.50	78.60	90.50	79.40
Tcf2	0.60	2.50	7.00	9.80	15.60	20.30	22.10	20.30	16.20	11.10	5.60	0.80
Verifica Interstiziale	VERIFICATA		La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale.									
Verifica formazione muffe	VERIFICATA		Fattore di temperatura minima fRsi = 0.6198 (mese critico: Gennaio). Valore massimo ammissibile di U = 1.5207 W/m²K.									
La verifica igrometrica è stata eseguita secondo UNI EN ISO 13788.												
cf1 = Locali scaldati												
cf2 = Esterno												



DIAGRAMMI DELLE PRESSIONI MENSILI



	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Ti [°C]	20.0	20.0	20.0	20.0	18.0	20.3	22.1	20.3	18.0	20.0	20.0	20.0
Psi [Pa]	2 337.0	2 337.0	2 337.0	2 337.0	2 062.8	2 380.7	2 658.6	2 380.7	2 062.8	2 337.0	2 337.0	2 337.0
Pri [Pa]	1 168.5	1 168.5	1 168.5	1 168.5	1 031.4	1 190.4	1 329.3	1 190.4	1 031.4	1 168.5	1 168.5	1 168.5
URi [%]	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0
Te [°C]	0.6	2.5	7.0	9.8	15.6	20.3	22.1	20.3	16.2	11.1	5.6	0.8
Pse [Pa]	637.7	730.9	1 001.3	1 211.0	1 771.4	2 380.7	2 658.6	2 380.7	1 840.6	1 320.8	909.1	647.0
Pre [Pa]	464.9	507.3	609.8	787.1	1 169.1	1 559.4	1 597.8	1 837.9	1 444.9	1 038.1	822.7	513.7
URe [%]	72.9	69.4	60.9	65.0	66.0	65.5	60.1	77.2	78.5	78.6	90.5	79.4

Ti = Temperatura interna; Psi = Pressione di saturazione interna; Pri = Pressione relativa interna; URi = Umidità relativa interna; Te = Temperatura esterna; Pse = Pressione di saturazione esterna; Pre = Pressione relativa esterna; URe = Umidità relativa esterna.



CARATTERISTICHE TERMICHE E IGROMETRICHE DEI COMPONENTI OPACHI

Codice Struttura: M2

Descrizione Struttura: M2 - INSUFFLAGGIO in muratura cassa vuota - porzione ampliamento

N.	DESCRIZIONE STRATO (dal'interno all'esterno)	s [mm]	lambda [W/mK]	C [W/m²K]	M.S. [kg/m²]	P<50*10 ¹² [kg/msPa]	C.S. [J/kgK]	R [m²KW]
1	Adduttanza Interna	0		7.700			0	0.130
2	Intonaco interno	15	0.700	46.667	21.00	18.000	1000	0.021
3	Mattone forato di laterizio (250*100*250) spessore 100	100		3.704	78.00	20.570	840	0.270
4	Isolante Canapulo	150	0.053	0.350	15.00	193.000	1700	2.857
5	Mattone forato di laterizio (250*120*250) spessore 120	120		3.226	86.00	20.570	840	0.310
6	Malta di calce o di calce e cemento	15	0.900	60.000	27.00	8.500	1000	0.017
7	Termointonaco calcecanapa	60	0.085	1.417	24.00	36.415	1500	0.706
8	Rasatura e pittura calce	10	0.195	19.500	11.00	25.733	1200	0.051
9	Adduttanza Esterna	0		25.000			0	0.040

RESISTENZA = 4.402 m²KW

TRASMITTANZA = 0.227 W/m²K

SPESSORE = 470 mm

CAPACITA' TERMICA AREICA (int) = 50.919 kJ/m²K

MASSA SUPERFICIALE = 230 kg/m²

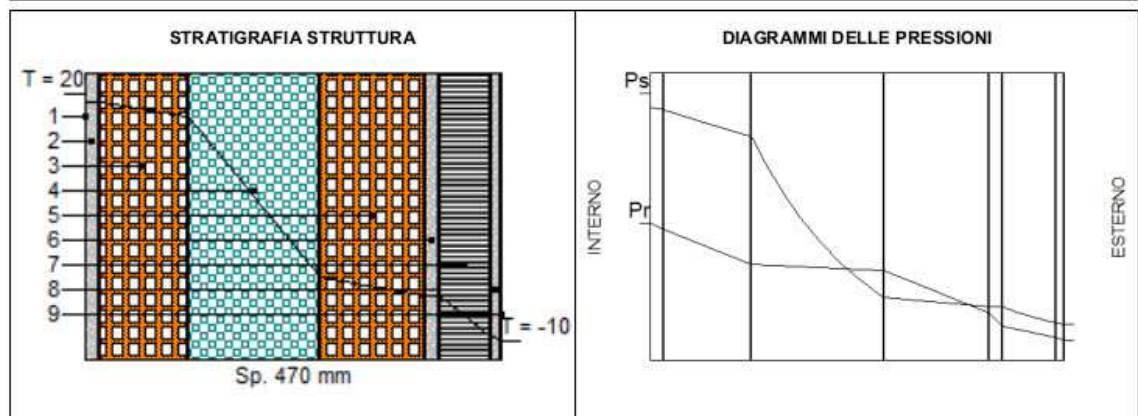
TRASMITTANZA TERMICA PERIODICA = 0.02 W/m²K

FATTORE DI ATTENUAZIONE = 0.07

SFASAMENTO = -7.42 h

FRSI - FATTORE DI TEMPERATURA = 0.6198

s = Spessore dello strato; lambda = Conduttività termica del materiale; C = Conduttanza unitaria; M.S. = Massa Superficiale; P<50*10¹² = Permeabilità al vapore con umidità relativa fino al 50%; C.S. = Calore Specifico; R = Resistenza termica dei singoli strati; Resistenza - Trasmissione = Valori di resistenza e trasmittanza reali; Massa Superficiale = Valore calcolato come disposto nell'Allegato A del D.Lgs.192/05 e s.m.i..



	Ti [°C]	Psi [Pa]	Pri [Pa]	URi [%]	Te [°C]	Pse [Pa]	Pre [Pa]	URe [%]
DIAGRAMMI DELLE PRESSIONI	20.0	2 337	1 168	50.0	-10.0	259	115	44.4

Ti = Temperatura interna; Psi = Pressione di saturazione interna; Pri = Pressione relativa interna; URi = Umidità relativa interna; Te = Temperatura esterna; Pse = Pressione di saturazione esterna; Pre = Pressione relativa esterna; URe = Umidità relativa esterna.

VERIFICA IGROMETRICA												
	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
URcf1	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00
Tcf1	20.00	20.00	20.00	20.00	18.00	20.30	22.10	20.30	18.00	20.00	20.00	20.00
URcf2	72.90	69.40	60.90	65.00	66.00	65.50	60.10	77.20	78.50	78.60	90.50	79.40
Tcf2	0.60	2.50	7.00	9.80	15.60	20.30	22.10	20.30	16.20	11.10	5.60	0.80
Verifica Interstiziale	VERIFICATA		La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale.									
Verifica formazione muffe	VERIFICATA		Fattore di temperatura minima fRsi = 0.6198 (mese critico: Gennaio). Valore massimo ammissibile di U = 1.5207 W/m²K.									

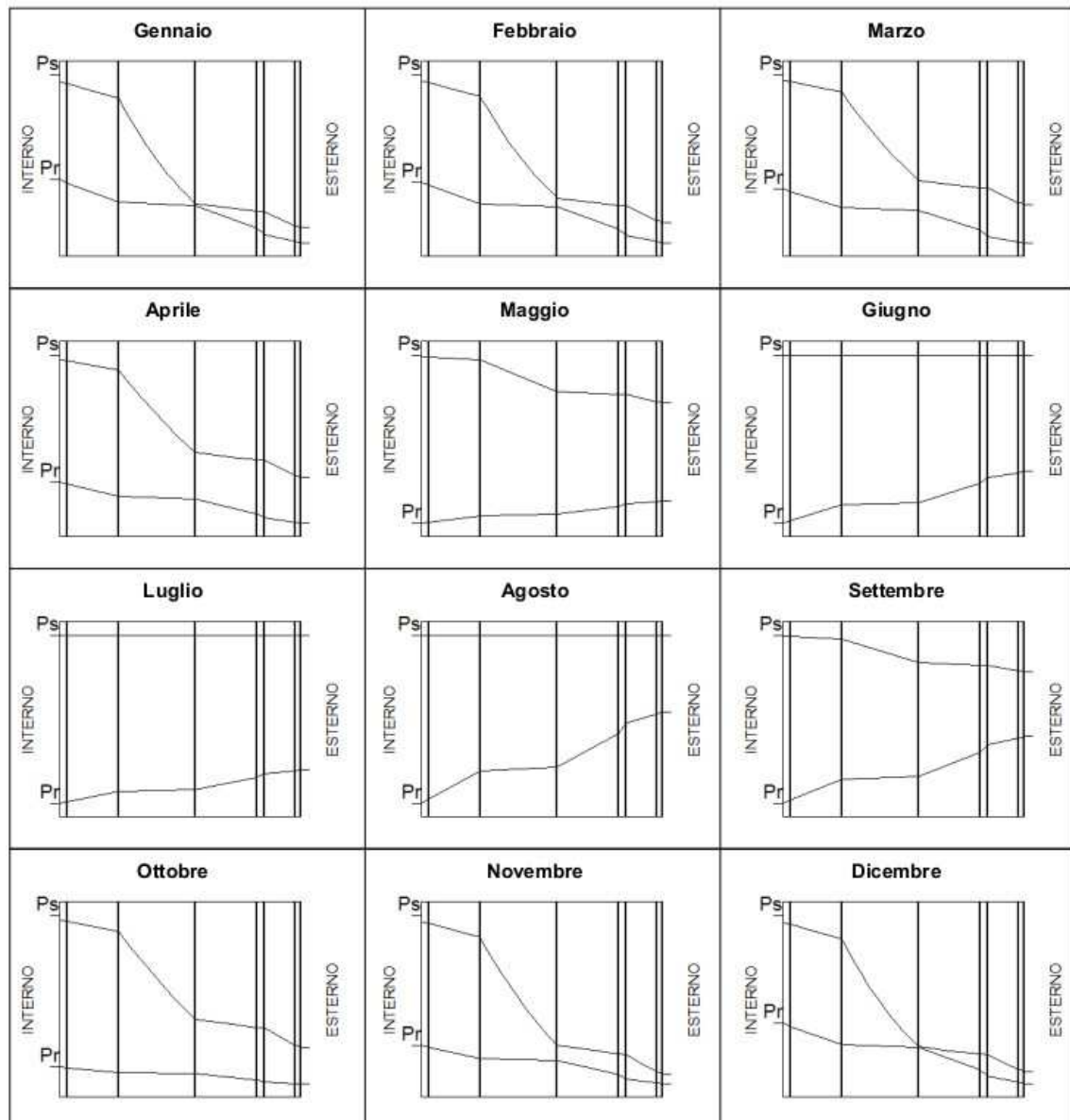
La verifica igrometrica è stata eseguita secondo UNI EN ISO 13788.

cf1 = Locali scaldati

cf2 = Esterno



DIAGRAMMI DELLE PRESSIONI MENSILI



	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Ti [°C]	20.0	20.0	20.0	20.0	18.0	20.3	22.1	20.3	18.0	20.0	20.0	20.0
Psi [Pa]	2 337.0	2 337.0	2 337.0	2 337.0	2 062.8	2 380.7	2 658.6	2 380.7	2 062.8	2 337.0	2 337.0	2 337.0
Pri [Pa]	1 168.5	1 168.5	1 168.5	1 168.5	1 031.4	1 190.4	1 329.3	1 190.4	1 031.4	1 168.5	1 168.5	1 168.5
URi [%]	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0
Te [°C]	0.6	2.5	7.0	9.8	15.6	20.3	22.1	20.3	16.2	11.1	5.6	0.8
Pse [Pa]	637.7	730.9	1 001.3	1 211.0	1 771.4	2 380.7	2 658.6	2 380.7	1 840.6	1 320.8	909.1	647.0
Pre [Pa]	464.9	507.3	609.8	787.1	1 169.1	1 559.4	1 597.8	1 837.9	1 444.9	1 038.1	822.7	513.7
URe [%]	72.9	69.4	60.9	65.0	66.0	65.5	60.1	77.2	78.5	78.6	90.5	79.4

Ti = Temperatura interna; Psi = Pressione di saturazione interna; Pri = Pressione relativa interna; URi = Umidità relativa interna; Te = Temperatura esterna; Pse = Pressione di saturazione esterna; Pre = Pressione relativa esterna; URe = Umidità relativa esterna.

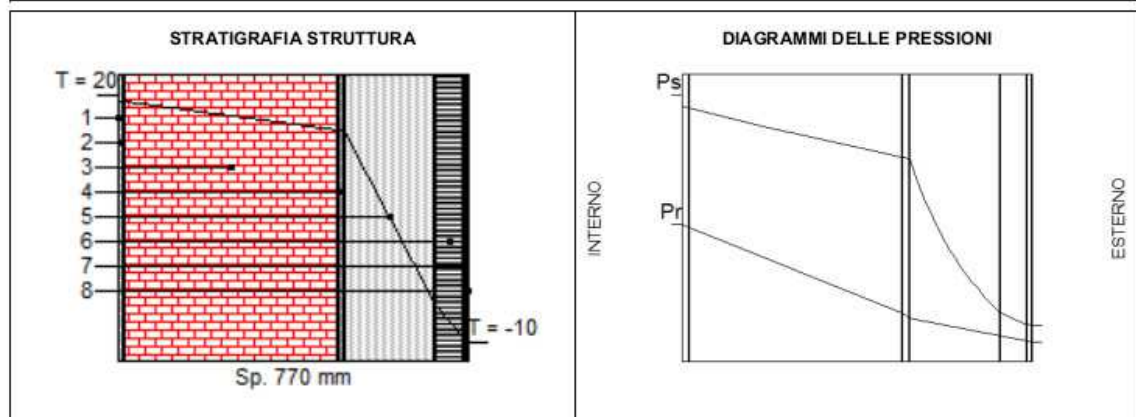


CARATTERISTICHE TERMICHE E IGROMETRICHE DEI COMPONENTI OPACHI

Codice Struttura: M3
Descrizione Struttura: M3 - CAPPOTTO calcecanapa su muratura in mattoni pieni - muratura porzione storica prospetto est (ingresso)

N.	DESCRIZIONE STRATO (dal'interno all'esterno)	s [mm]	lambda [W/mK]	C [W/m²K]	M.S. [kg/m²]	P<50*10 ¹² [kg/msPa]	C.S. [J/kgK]	R [m²K/W]	
1	Adduttanza Interna	0		7.700			0	0.130	
2	Intonaco interno	15	0.700	46.667	21.00	18.000	1000	0.021	
3	Muratura mattoni pieni	470	0.740	1.574	940.00	18.000	840	0.635	
4	Malta di calce o di calce e cemento	15	0.900	60.000	27.00	8.500	1000	0.017	
5	Calcecanapa 160, miscela isolante	200	0.053	0.263	32.00	38.600	1500	3.810	
6	Termointonaco calcecanapa	60	0.085	1.417	24.00	36.415	1500	0.706	
7	Rasatura e pittura calce	10	0.195	19.500	11.00	25.733	1200	0.051	
8	Adduttanza Esterna	0		25.000			0	0.040	
RESISTENZA = 5.410 m²K/W				TRASMITTANZA = 0.185 W/m²K					
SPESSORE = 770 mm		CAPACITA' TERMICA AREICA (int) = 62.148 kJ/m²K				MASSA SUPERFICIALE = 1.023 kg/m²			
TRASMITTANZA TERMICA PERIODICA = 0.00 W/m²K		FATTORE DI ATTENUAZIONE = 0.00				SFASAMENTO = 6.00 h			
FRSI - FATTORE DI TEMPERATURA = 0.6198									

s = Spessore dello strato; lambda = Conduttività termica del materiale; C = Conduttanza unitaria; M.S. = Massa Superficiale; P<50*10¹² = Permeabilità al vapore con umidità relativa fino al 50%; C.S. = Calore Specifico; R = Resistenza termica dei singoli strati; Resistenza - Trasmissione = Valori di resistenza e trasmissione reali; Massa Superficiale = Valore calcolato come disposto nell'Allegato A del D.Lgs.192/05 e s.m.i..



	Ti [°C]	Psi [Pa]	Pri [Pa]	URi [%]	Te [°C]	Pse [Pa]	Pre [Pa]	URe [%]
DIAGRAMMI DELLE PRESSIONI	20.0	2 337	1 168	50.0	-10.0	259	115	44.4

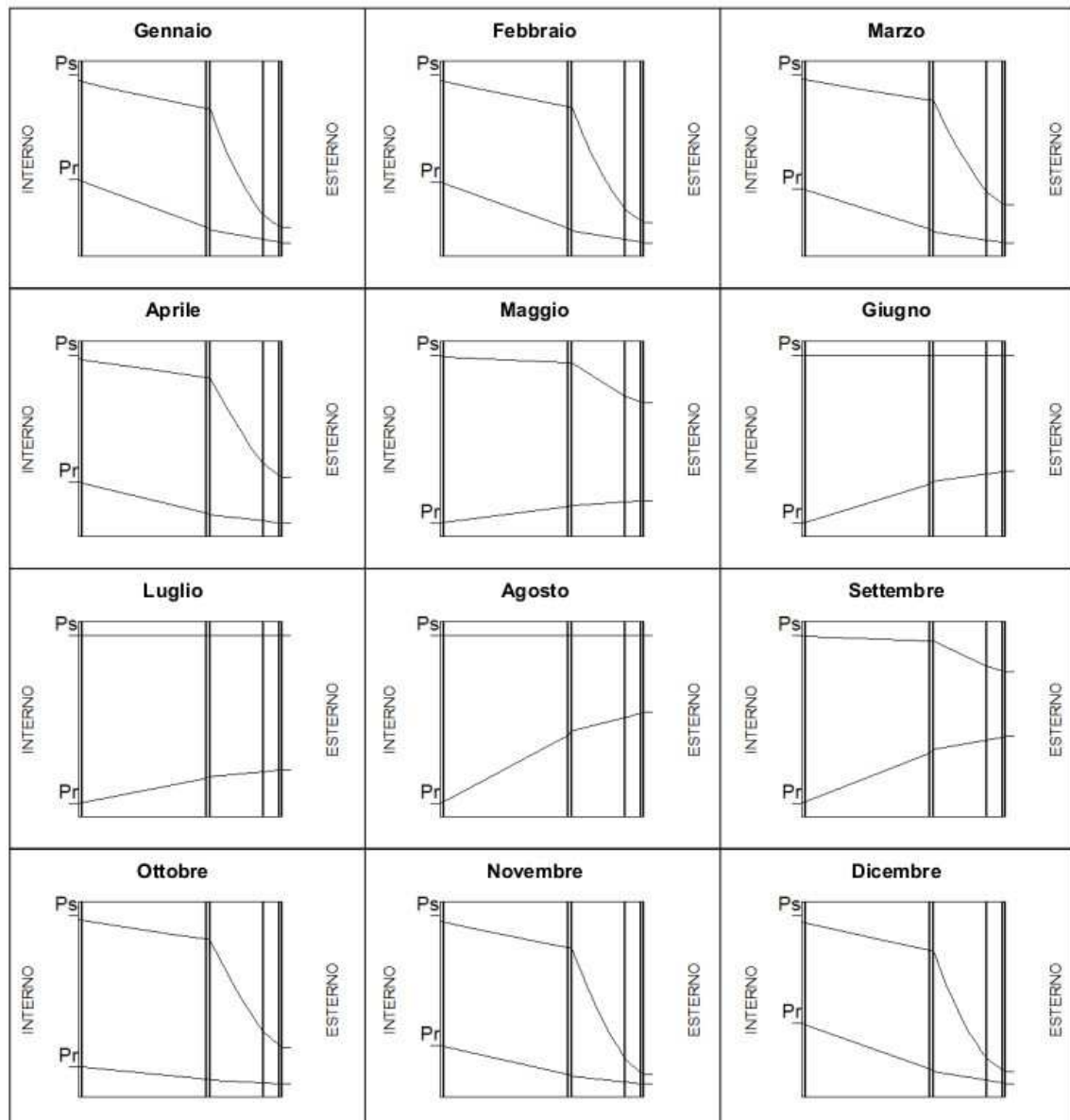
Ti = Temperatura interna; Psi = Pressione di saturazione interna; Pri = Pressione relativa interna; URi = Umidità relativa interna; Te = Temperatura esterna; Pse = Pressione di saturazione esterna; Pre = Pressione relativa esterna; URe = Umidità relativa esterna.

VERIFICA IGROMETRICA												
	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
URcf1	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00
Tcf1	20.00	20.00	20.00	20.00	18.00	20.30	22.10	20.30	18.00	20.00	20.00	20.00
URcf2	72.90	69.40	60.90	65.00	66.00	65.50	60.10	77.20	78.50	78.60	90.50	79.40
Tcf2	0.60	2.50	7.00	9.80	15.60	20.30	22.10	20.30	16.20	11.10	5.60	0.80
Verifica Interstiziale	VERIFICATA		La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale.									
Verifica formazione muffe	VERIFICATA		Fattore di temperatura minima fRsi = 0.6198 (mese critico: Gennaio). Valore massimo ammissibile di U = 1.5207 W/m²K.									

La verifica igrometrica è stata eseguita secondo UNI EN ISO 13788.
 cf1 = Locali riscaldati
 cf2 = Esterno



DIAGRAMMI DELLE PRESSIONI MENSILI



	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Ti [°C]	20.0	20.0	20.0	20.0	18.0	20.3	22.1	20.3	18.0	20.0	20.0	20.0
Psi [Pa]	2 337.0	2 337.0	2 337.0	2 337.0	2 062.8	2 380.7	2 658.6	2 380.7	2 062.8	2 337.0	2 337.0	2 337.0
Pri [Pa]	1 168.5	1 168.5	1 168.5	1 168.5	1 031.4	1 190.4	1 329.3	1 190.4	1 031.4	1 168.5	1 168.5	1 168.5
URi [%]	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0
Te [°C]	0.6	2.5	7.0	9.8	15.6	20.3	22.1	20.3	16.2	11.1	5.6	0.8
Pse [Pa]	637.7	730.9	1 001.3	1 211.0	1 771.4	2 380.7	2 658.6	2 380.7	1 840.6	1 320.8	909.1	647.0
Pre [Pa]	464.9	507.3	609.8	787.1	1 169.1	1 559.4	1 597.8	1 837.9	1 444.9	1 038.1	822.7	513.7
URe [%]	72.9	69.4	60.9	65.0	66.0	65.5	60.1	77.2	78.5	78.6	90.5	79.4

Ti = Temperatura interna; Psi = Pressione di saturazione interna; Pri = Pressione relativa interna; URi = Umidità relativa interna; Te = Temperatura esterna; Pse = Pressione di saturazione esterna; Pre = Pressione relativa esterna; URe = Umidità relativa esterna.

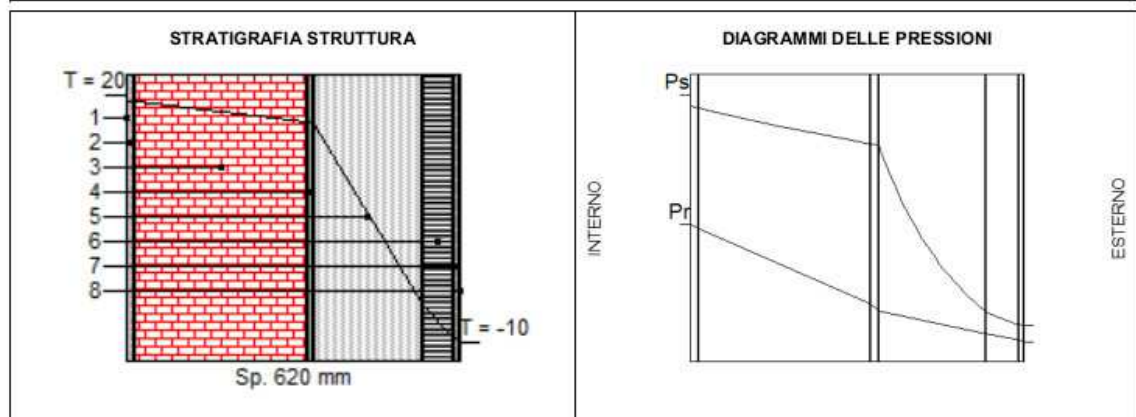


CARATTERISTICHE TERMICHE E IGROMETRICHE DEI COMPONENTI OPACHI

Codice Struttura: M4
Descrizione Struttura: M4 - CAPPOTTO calcecanapa su muratura in mattoni pieni - muratura porzione storica prospetto sud-ovest

N.	DESCRIZIONE STRATO (dal'interno all'esterno)	s [mm]	lambda [W/mK]	C [W/m²K]	M.S. [kg/m²]	P<50*10 ¹² [kg/msPa]	C.S. [J/kgK]	R [m²K/W]	
1	Adduttanza Interna	0		7.700			0	0.130	
2	Intonaco interno	15	0.700	46.667	21.00	18.000	1000	0.021	
3	Muratura mattoni pieni	320	0.740	2.313	640.00	18.000	840	0.432	
4	Malta di calce o di calce e cemento	15	0.900	60.000	27.00	8.500	1000	0.017	
5	Calcecanapa 160, miscela isolante	200	0.053	0.263	32.00	38.600	1500	3.810	
6	Termointonaco calcecanapa	60	0.085	1.417	24.00	36.415	1500	0.706	
7	Rasatura e pittura calce	10	0.195	19.500	11.00	25.733	1200	0.051	
8	Adduttanza Esterna	0		25.000			0	0.040	
RESISTENZA = 5.207 m²K/W				TRASMITTANZA = 0.192 W/m²K					
SPESSORE = 620 mm		CAPACITA' TERMICA AREICA (int) = 62.036 kJ/m²K				MASSA SUPERFICIALE = 723 kg/m²			
TRASMITTANZA TERMICA PERIODICA = 0.00 W/m²K		FATTORE DI ATTENUAZIONE = 0.01				SFASAMENTO = 0.80 h			
FRSI - FATTORE DI TEMPERATURA = 0.6198									

s = Spessore dello strato; lambda = Conduttività termica del materiale; C = Conduttanza unitaria; M.S. = Massa Superficiale; P<50*10¹² = Permeabilità al vapore con umidità relativa fino al 50%; C.S. = Calore Specifico; R = Resistenza termica dei singoli strati; Resistenza - Trasmissione = Valori di resistenza e trasmissione reali; Massa Superficiale = Valore calcolato come disposto nell'Allegato A del D.Lgs.192/05 e s.m.i..



	Ti [°C]	Psi [Pa]	Pri [Pa]	URi [%]	Te [°C]	Pse [Pa]	Pre [Pa]	URe [%]
DIAGRAMMI DELLE PRESSIONI	20.0	2 337	1 168	50.0	-10.0	259	115	44.4

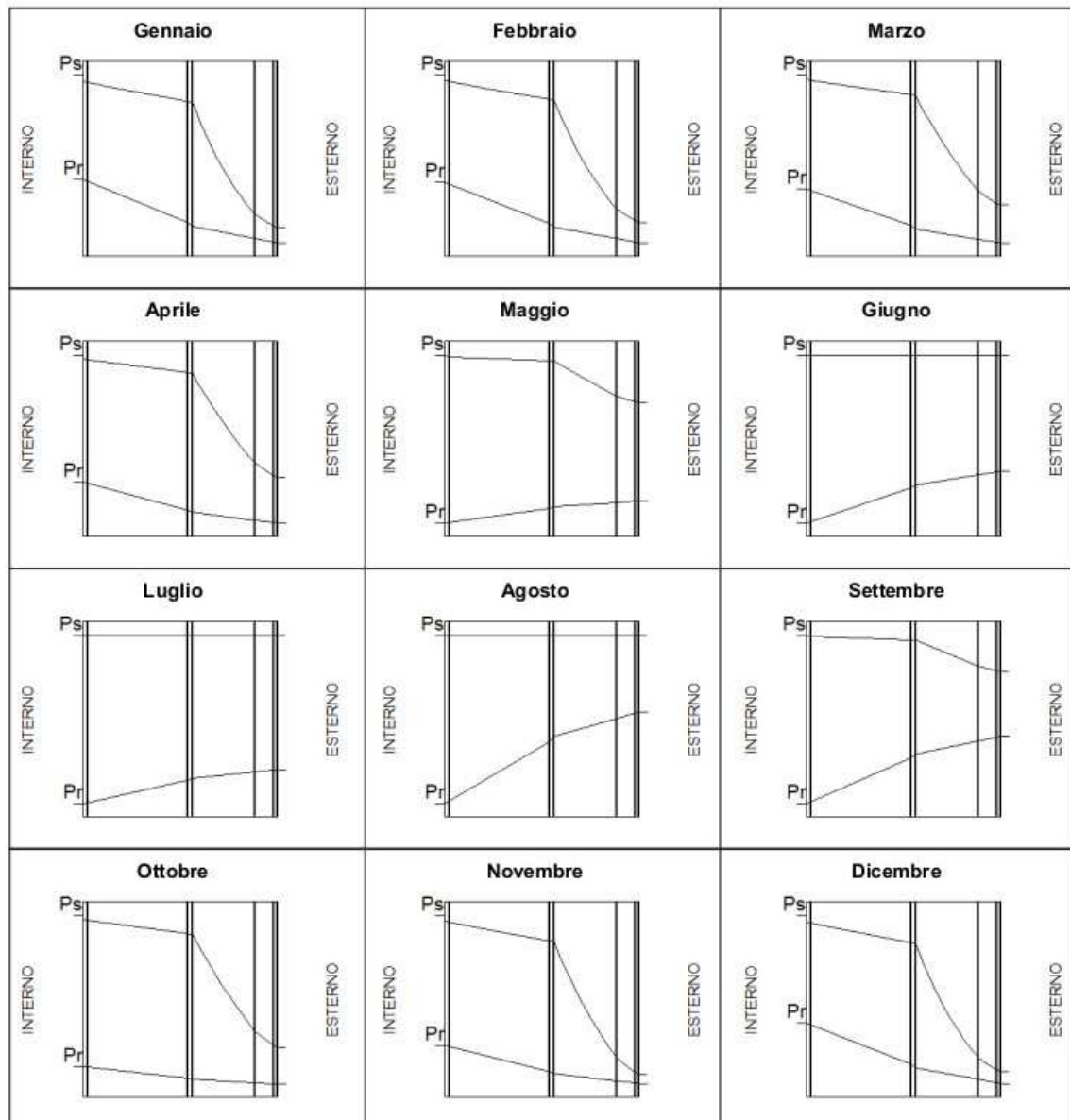
Ti = Temperatura interna; Psi = Pressione di saturazione interna; Pri = Pressione relativa interna; URi = Umidità relativa interna; Te = Temperatura esterna; Pse = Pressione di saturazione esterna; Pre = Pressione relativa esterna; URe = Umidità relativa esterna.

VERIFICA IGROMETRICA												
	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
URcf1	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00
Tcf1	20.00	20.00	20.00	20.00	18.00	20.30	22.10	20.30	18.00	20.00	20.00	20.00
URcf2	72.90	69.40	60.90	65.00	66.00	65.50	60.10	77.20	78.50	78.60	90.50	79.40
Tcf2	0.60	2.50	7.00	9.80	15.60	20.30	22.10	20.30	16.20	11.10	5.60	0.80
Verifica Interstiziale	VERIFICATA		La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale.									
Verifica formazione muffe	VERIFICATA		Fattore di temperatura minima fRsi = 0.6198 (mese critico: Gennaio). Valore massimo ammissibile di U = 1.5207 W/m²K.									

La verifica igrometrica è stata eseguita secondo UNI EN ISO 13788.
 cf1 = Locali riscaldati
 cf2 = Esterno



DIAGRAMMI DELLE PRESSIONI MENSILI



	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Ti [°C]	20.0	20.0	20.0	20.0	18.0	20.3	22.1	20.3	18.0	20.0	20.0	20.0
Psi [Pa]	2 337.0	2 337.0	2 337.0	2 337.0	2 062.8	2 380.7	2 658.6	2 380.7	2 062.8	2 337.0	2 337.0	2 337.0
Pri [Pa]	1 168.5	1 168.5	1 168.5	1 168.5	1 031.4	1 190.4	1 329.3	1 190.4	1 031.4	1 168.5	1 168.5	1 168.5
URi [%]	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0
Te [°C]	0.6	2.5	7.0	9.8	15.6	20.3	22.1	20.3	16.2	11.1	5.6	0.8
Pse [Pa]	637.7	730.9	1 001.3	1 211.0	1 771.4	2 380.7	2 658.6	2 380.7	1 840.6	1 320.8	909.1	647.0
Pre [Pa]	464.9	507.3	609.8	787.1	1 169.1	1 559.4	1 597.8	1 837.9	1 444.9	1 038.1	822.7	513.7
URe [%]	72.9	69.4	60.9	65.0	66.0	65.5	60.1	77.2	78.5	78.6	90.5	79.4

Ti = Temperatura interna; Psi = Pressione di saturazione interna; Pri = Pressione relativa interna; URi = Umidità relativa interna; Te = Temperatura esterna; Pse = Pressione di saturazione esterna; Pre = Pressione relativa esterna; URe = Umidità relativa esterna.

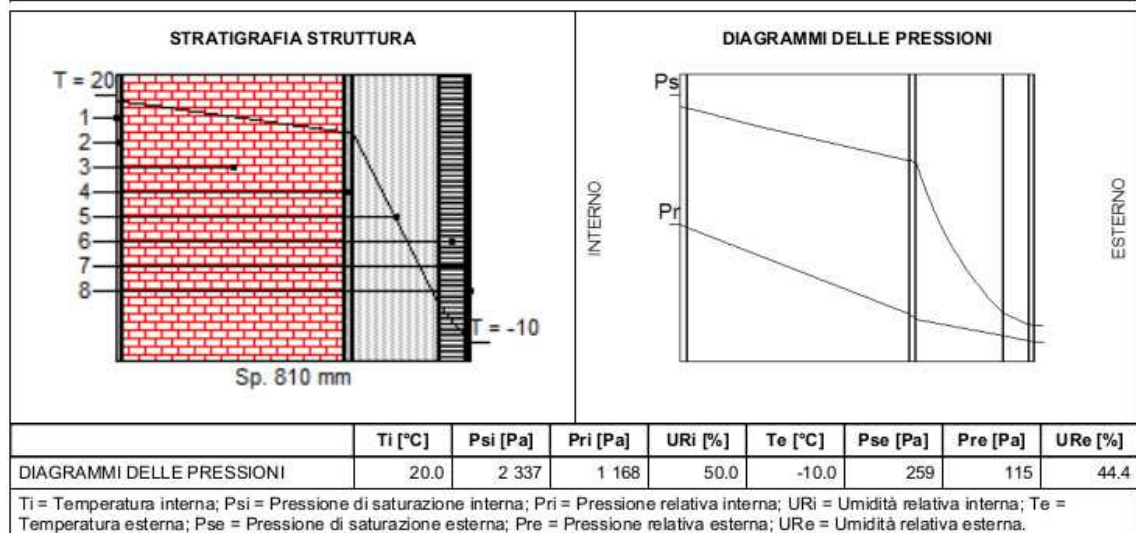


CARATTERISTICHE TERMICHE E IGROMETRICHE DEI COMPONENTI OPACHI

Codice Struttura: M5
Descrizione Struttura: M5 - CAPPOTTO calcecanapa su muratura in mattoni pieni - muratura porzione storica prospetto est

N.	DESCRIZIONE STRATO (dal'interno all'esterno)	s [mm]	lambda [W/mK]	C [W/m²K]	M.S. [kg/m²]	P<50*10 ¹² [kg/msPa]	C.S. [J/kgK]	R [m²K/W]	
1	Adduttanza Interna	0		7.700			0	0.130	
2	Intonaco interno	15	0.700	46.667	21.00	18.000	1000	0.021	
3	Muratura mattoni pieni	510	0.740	1.451	1 020.00	18.000	840	0.689	
4	Malta di calce o di calce e cemento	15	0.900	60.000	27.00	8.500	1000	0.017	
5	Calcecanapa 160, miscela isolante	200	0.053	0.263	32.00	38.600	1500	3.810	
6	Termointonaco calcecanapa	60	0.085	1.417	24.00	36.415	1500	0.706	
7	Rasatura e pittura calce	10	0.195	19.500	11.00	25.733	1200	0.051	
8	Adduttanza Esterna	0		25.000			0	0.040	
RESISTENZA = 5.464 m²K/W				TRASMITTANZA = 0.183 W/m²K					
SPESSORE = 810 mm		CAPACITA' TERMICA AREICA (int) = 62.145 kJ/m²K				MASSA SUPERFICIALE = 1 103 kg/m²			
TRASMITTANZA TERMICA PERIODICA = 0.00 W/m²K		FATTORE DI ATTENUAZIONE = 0.00				SFASAMENTO = 7.39 h			
FRSI - FATTORE DI TEMPERATURA = 0.6198									

s = Spessore dello strato; lambda = Conduttività termica del materiale; C = Conduttanza unitaria; M.S. = Massa Superficiale; P<50*10¹² = Permeabilità al vapore con umidità relativa fino al 50%; C.S. = Calore Specifico; R = Resistenza termica dei singoli strati; Resistenza - Trasmissione = Valori di resistenza e trasmissione reali; Massa Superficiale = Valore calcolato come disposto nell'Allegato A del D.Lgs.192/05 e s.m.i..

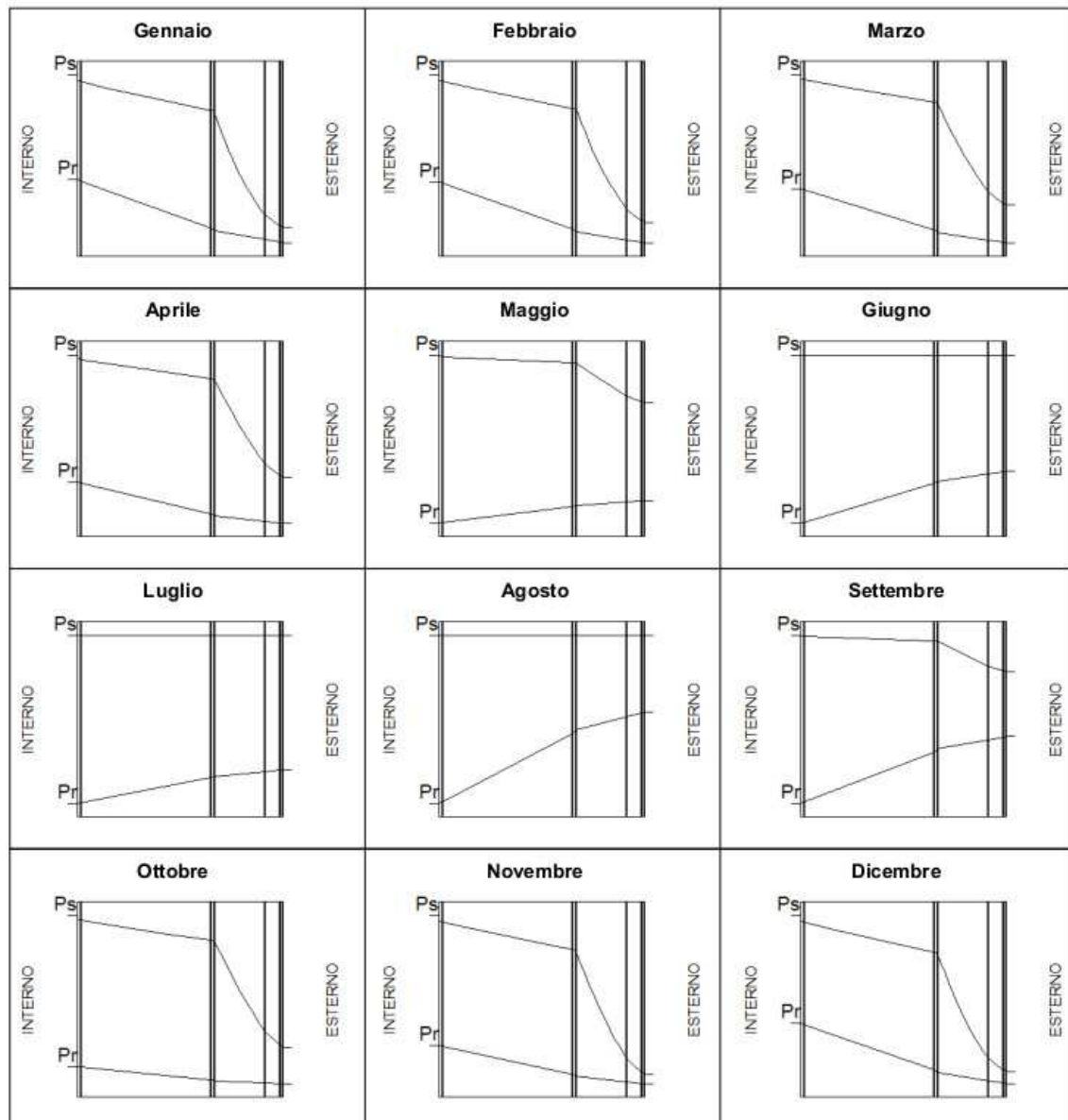


VERIFICA IGROMETRICA												
	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
URcf1	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00
Tcf1	20.00	20.00	20.00	20.00	18.00	20.30	22.10	20.30	18.00	20.00	20.00	20.00
URcf2	72.90	69.40	60.90	65.00	66.00	65.50	60.10	77.20	78.50	78.60	90.50	79.40
Tcf2	0.60	2.50	7.00	9.80	15.60	20.30	22.10	20.30	16.20	11.10	5.60	0.80
Verifica Interstiziale	VERIFICATA		La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale.									
Verifica formazione muffe	VERIFICATA		Fattore di temperatura minima fRsi = 0.6198 (mese critico: Gennaio). Valore massimo ammissibile di U = 1.5207 W/m²K.									

La verifica igrometrica è stata eseguita secondo UNI EN ISO 13788.
 cf1 = Locali riscaldati
 cf2 = Esterno



DIAGRAMMI DELLE PRESSIONI MENSILI



	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Ti [°C]	20.0	20.0	20.0	20.0	18.0	20.3	22.1	20.3	18.0	20.0	20.0	20.0
Psi [Pa]	2 337.0	2 337.0	2 337.0	2 337.0	2 062.8	2 380.7	2 658.6	2 380.7	2 062.8	2 337.0	2 337.0	2 337.0
Pri [Pa]	1 168.5	1 168.5	1 168.5	1 168.5	1 031.4	1 190.4	1 329.3	1 190.4	1 031.4	1 168.5	1 168.5	1 168.5
URi [%]	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0
Te [°C]	0.6	2.5	7.0	9.8	15.6	20.3	22.1	20.3	16.2	11.1	5.6	0.8
Pse [Pa]	637.7	730.9	1 001.3	1 211.0	1 771.4	2 380.7	2 658.6	2 380.7	1 840.6	1 320.8	909.1	647.0
Pre [Pa]	464.9	507.3	609.8	787.1	1 169.1	1 559.4	1 597.8	1 837.9	1 444.9	1 038.1	822.7	513.7
URe [%]	72.9	69.4	60.9	65.0	66.0	65.5	60.1	77.2	78.5	78.6	90.5	79.4

Ti = Temperatura interna; Psi = Pressione di saturazione interna; Pri = Pressione relativa interna; URi = Umidità relativa interna; Te = Temperatura esterna; Pse = Pressione di saturazione esterna; Pre = Pressione relativa esterna; URe = Umidità relativa esterna.

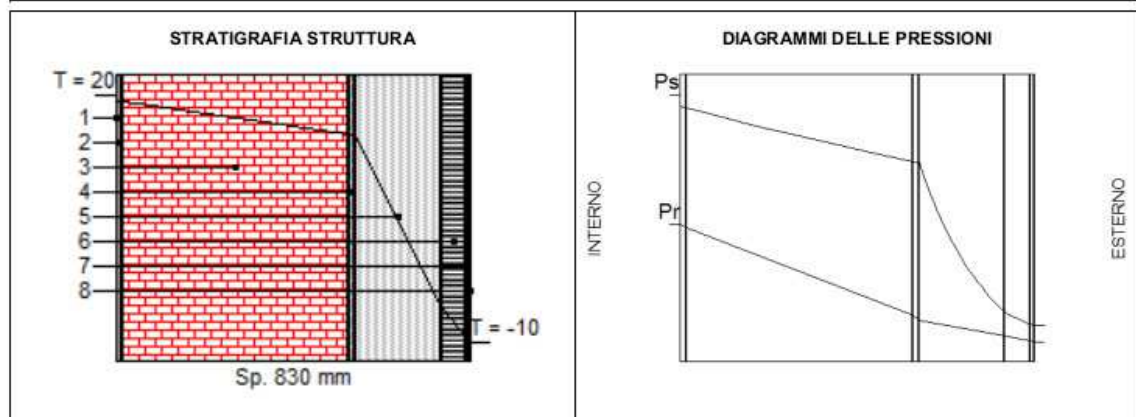


CARATTERISTICHE TERMICHE E IGROMETRICHE DEI COMPONENTI OPACHI

Codice Struttura: M6
Descrizione Struttura: M6 - CAPPOTTO calcecanapa su muratura in mattoni pieni - muratura porzione storica prospetto nord-est

N.	DESCRIZIONE STRATO (dal'interno all'esterno)	s [mm]	lambda [W/mK]	C [W/m²K]	M.S. [kg/m²]	P<50*10 ¹² [kg/msPa]	C.S. [J/kgK]	R [m²K/W]	
1	Adduttanza Interna	0		7.700			0	0.130	
2	Intonaco interno	15	0.700	46.667	21.00	18.000	1000	0.021	
3	Muratura mattoni pieni	530	0.740	1.396	1 060.00	18.000	840	0.716	
4	Malta di calce o di calce e cemento	15	0.900	60.000	27.00	8.500	1000	0.017	
5	Calcecanapa 160, miscela isolante	200	0.053	0.263	32.00	38.600	1500	3.810	
6	Termointonaco calcecanapa	60	0.085	1.417	24.00	36.415	1500	0.706	
7	Rasatura e pittura calce	10	0.195	19.500	11.00	25.733	1200	0.051	
8	Adduttanza Esterna	0		25.000			0	0.040	
RESISTENZA = 5.491 m²K/W				TRASMITTANZA = 0.182 W/m²K					
SPESSORE = 830 mm		CAPACITA' TERMICA AREICA (int) = 62.144 kJ/m²K				MASSA SUPERFICIALE = 1 143 kg/m²			
TRASMITTANZA TERMICA PERIODICA = 0.00 W/m²K		FATTORE DI ATTENUAZIONE = 0.00				SFASAMENTO = 8.09 h			
FRSI - FATTORE DI TEMPERATURA = 0.6198									

s = Spessore dello strato; lambda = Conduttività termica del materiale; C = Conduttanza unitaria; M.S. = Massa Superficiale; P<50*10¹² = Permeabilità al vapore con umidità relativa fino al 50%; C.S. = Calore Specifico; R = Resistenza termica dei singoli strati; Resistenza - Trasmissione = Valori di resistenza e trasmissione reali; Massa Superficiale = Valore calcolato come disposto nell'Allegato A del D.Lgs.192/05 e s.m.i..



	Ti [°C]	Psi [Pa]	Pri [Pa]	URi [%]	Te [°C]	Pse [Pa]	Pre [Pa]	URe [%]
DIAGRAMMI DELLE PRESSIONI	20.0	2 337	1 168	50.0	-10.0	259	115	44.4

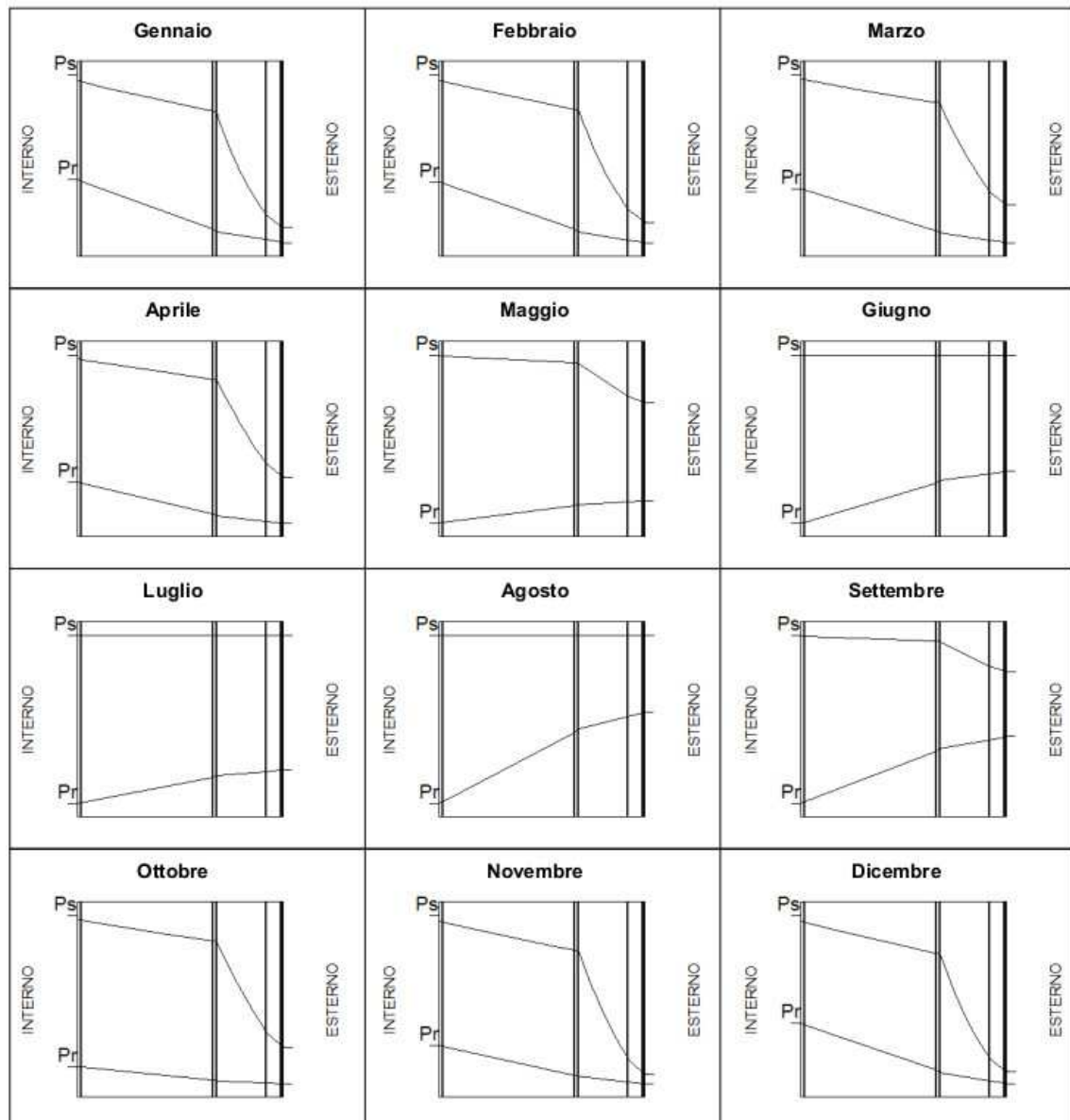
Ti = Temperatura interna; Psi = Pressione di saturazione interna; Pri = Pressione relativa interna; URi = Umidità relativa interna; Te = Temperatura esterna; Pse = Pressione di saturazione esterna; Pre = Pressione relativa esterna; URe = Umidità relativa esterna.

VERIFICA IGROMETRICA												
	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
URcf1	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00
Tcf1	20.00	20.00	20.00	20.00	18.00	20.30	22.10	20.30	18.00	20.00	20.00	20.00
URcf2	72.90	69.40	60.90	65.00	66.00	65.50	60.10	77.20	78.50	78.60	90.50	79.40
Tcf2	0.60	2.50	7.00	9.80	15.60	20.30	22.10	20.30	16.20	11.10	5.60	0.80
Verifica Interstiziale	VERIFICATA		La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale.									
Verifica formazione muffe	VERIFICATA		Fattore di temperatura minima fRsi = 0.6198 (mese critico: Gennaio). Valore massimo ammissibile di U = 1.5207 W/m²K.									

La verifica igrometrica è stata eseguita secondo UNI EN ISO 13788.
 cf1 = Locali riscaldati
 cf2 = Esterno



DIAGRAMMI DELLE PRESSIONI MENSILI



	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Ti [°C]	20.0	20.0	20.0	20.0	18.0	20.3	22.1	20.3	18.0	20.0	20.0	20.0
Psi [Pa]	2 337.0	2 337.0	2 337.0	2 337.0	2 062.8	2 380.7	2 658.6	2 380.7	2 062.8	2 337.0	2 337.0	2 337.0
Pri [Pa]	1 168.5	1 168.5	1 168.5	1 168.5	1 031.4	1 190.4	1 329.3	1 190.4	1 031.4	1 168.5	1 168.5	1 168.5
URi [%]	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0
Te [°C]	0.6	2.5	7.0	9.8	15.6	20.3	22.1	20.3	16.2	11.1	5.6	0.8
Pse [Pa]	637.7	730.9	1 001.3	1 211.0	1 771.4	2 380.7	2 658.6	2 380.7	1 840.6	1 320.8	909.1	647.0
Pre [Pa]	464.9	507.3	609.8	787.1	1 169.1	1 559.4	1 597.8	1 837.9	1 444.9	1 038.1	822.7	513.7
URe [%]	72.9	69.4	60.9	65.0	66.0	65.5	60.1	77.2	78.5	78.6	90.5	79.4

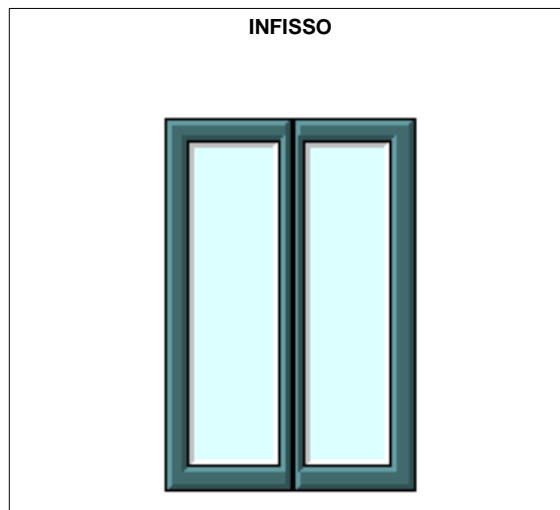
Ti = Temperatura interna; Psi = Pressione di saturazione interna; Pri = Pressione relativa interna; URi = Umidità relativa interna; Te = Temperatura esterna; Pse = Pressione di saturazione esterna; Pre = Pressione relativa esterna; URe = Umidità relativa esterna.



CARATTERISTICHE TERMICHE DEI COMPONENTI FINISTRATI

Codice Struttura: F 01
Descrizione Struttura: FINESTRA con $U_w=1$ W/mqK
Dimensioni: L = 1.68 m; H = 1.44 m

SERRAMENTO SINGOLO								
DESCRIZIONE	Ag [m ²]	Af [m ²]	Lg [m]	Ug [W/m ² K]	Uf [W/m ² K]	kl [W/mK]	Uw [W/m ² K]	Fg [-]
INFISSO	1.711	0.708	7.720	0.600	1.967	0.060	1.000	0.50
Ponte Termico Infisso-Parete: = 0 [W/mK]								
Fonte - Uw: fornita dal Produttore; Ug: fornita dal Produttore								
Ag = Area vetro; Af = Area telaio; Lg = Lunghezza perimetro superficie vetrata; Ug = Trasmittanza termica superficie vetrata; Uf = Trasmittanza termica telaio; kl = Trasmittanza lineica distanziatore (nulla se singolo vetro); Uw = Trasmittanza termica totale serramento; Fg = Trasmittanza di energia solare totale per incidenza normale.								



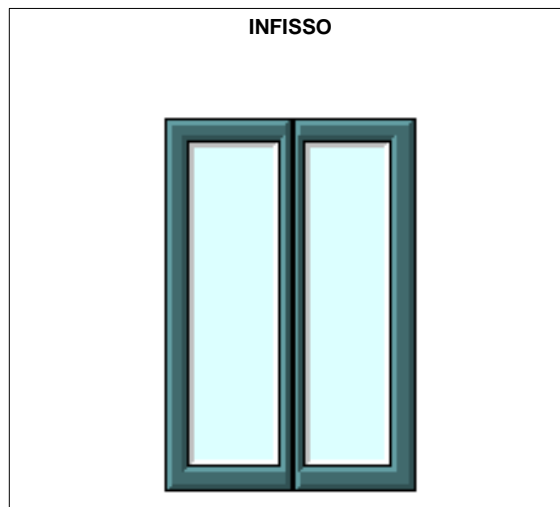
COEFFICIENTE RIDUZIONE AREA TELAIO	0.2927
RESISTENZA UNITARIA SUPERFICIALE INTERNA	0.130 m ² K/W
RESISTENZA UNITARIA SUPERFICIALE ESTERNA	0.040 m ² K/W
CONDUTTANZA UNITARIA SUPERFICIALE INTERNA	7.700 W/m ² K
CONDUTTANZA UNITARIA SUPERFICIALE ESTERNA	25.000 W/m ² K
RESISTENZA TERMICA TOTALE	1.000 m²K/W
TRASMITTANZA TOTALE	1.000 W/m²K
TRASMITTANZA VETRO TOTALE	0.600 W/m²K



CARATTERISTICHE TERMICHE DEI COMPONENTI FINISTRATI

Codice Struttura: F 02
Descrizione Struttura: Portafinestra con $U_w=1 \text{ W/mqK}$
Dimensioni: L = 1.08 m; H = 2.41 m

SERRAMENTO SINGOLO								
DESCRIZIONE	Ag [m ²]	Af [m ²]	Lg [m]	Ug [W/m ² K]	Uf [W/m ² K]	kl [W/mK]	Uw [W/m ² K]	Fg [-]
INFISSO	1.724	0.879	10.400	0.600	1.784	0.080	1.000	0.67
Ponte Termico Infisso-Parete: = 0 [W/mK]								
Fonte - Uw: fornita dal Produttore; Ug: fornita dal Produttore								
Ag = Area vetro; Af = Area telaio; Lg = Lunghezza perimetro superficie vetrata; Ug = Trasmittanza termica superficie vetrata; Uf = Trasmittanza termica telaio; kl = Trasmittanza lineica distanziatore (nulla se singolo vetro); Uw = Trasmittanza termica totale serramento; Fg = Trasmittanza di energia solare totale per incidenza normale.								



COEFFICIENTE RIDUZIONE AREA TELAIO	0.3377
RESISTENZA UNITARIA SUPERFICIALE INTERNA	0.130 m ² K/W
RESISTENZA UNITARIA SUPERFICIALE ESTERNA	0.040 m ² K/W
CONDUTTANZA UNITARIA SUPERFICIALE INTERNA	7.700 W/m ² K
CONDUTTANZA UNITARIA SUPERFICIALE ESTERNA	25.000 W/m ² K
RESISTENZA TERMICA TOTALE	1.000 m²K/W
TRASMITTANZA TOTALE	1.000 W/m²K
TRASMITTANZA VETRO TOTALE	0.600 W/m²K



ALLEGATO

**RAGGIUNGIMENTO CLASSE ENERGETICA
A SEGUITO DI INTERVENTI DI ISOLAMENTO SU
INVOLUCRO ESTERNO
CONFRONTO CON LO STATO DI FATTO**



INSUFFLAGGIO SU MURATURA CASSA VUOTA CON CANAPULO (isolante)
CAPPOTTO ESTERNO SU MURATURA MATTONI PIENI (miscela isolante)

**STATO DI FATTO
CON TELERISCALDAMENTO**



**STATO DI PROGETTO
CON TELERISCALDAMENTO**

