

Progetto esecutivo Relazione specialistica

Sostituzione Serramenti
Isolamento a Cappotto
Isolamento copertura piana

E000509 – Scuola Materna “Gobetti”
Via Piave, 11 - Forlì

Rev.	Data	Nome file	Redatto	VER.	APPR.	Descrizione
0	Novembre 2022	509_edi_elaborato_03_rs.docx	DOM	MAC	BRT	/



INDICE

1	Premessa.....	3
2	Descrizione tecnica dello stato di fatto.....	4
2.1	Serramenti esterni allo stato attuale.....	5
2.2	Pareti esterne allo stato attuale	5
2.3	Copertura piana allo stato attuale	7
3	Descrizione tecnica dell'intervento sostituzione serramenti esterni	8
3.1	Localizzazione dell'intervento.....	8
3.2	Descrizione dell'intervento	8
3.2.1	Sostituzione finestre del lucernario	9
3.2.2	Criteri di dimensionamento.....	9
3.2.3	Caratteristiche tecniche dei nuovi serramenti	9
3.2.4	Modifiche serramenti per interferenze con il progetto strutturale.....	12
3.2.5	Rispetto dei Criteri Ambientali Minimi – Decreto 11/10/2017	13
3.2.6	Modalità di Installazione	14
3.2.7	Calcoli progettuali.....	16
4	Descrizione tecnica dell'intervento di isolamento pareti esterne tramite cappotto termico .	21
4.1	Localizzazione dell'intervento.....	21
4.2	Descrizione del sistema cappotto proposto	21
4.2.1	Criteri di dimensionamento.....	22
4.2.2	Caratteristiche tecniche dei materiali.....	23
4.2.3	Caratteristiche prestazionali - Rispetto dei Criteri Ambientali Minimi – Decreto 11/10/2017.....	25
4.2.4	Miglioramento dell'isolamento acustico	26
4.2.5	Modalità di Applicazione	27
4.2.6	Modifiche bussola di collegamento per interferenze con il progetto strutturale.....	35
4.2.7	Calcoli progettuali.....	36
5	Descrizione tecnica dell'intervento di isolamento della copertura piana	41
5.1	Localizzazione dell'intervento.....	41
5.2	Descrizione dell'intervento	41
5.2.1	Adattamento sistema di scarico delle acque pluviali.....	42
5.3	Criteri di dimensionamento	42
5.4	Caratteristiche tecniche dei materiali.....	43
5.4.1	Primer bituminoso	43



5.4.2	Barriera al vapore.....	44
5.4.3	Collante bituminoso	44
5.4.4	Pannello isolante termoacustico	45
5.4.5	Primo elemento di tenuta.....	46
5.4.6	Secondo elemento di tenuta	47
5.5	Caratteristiche prestazionali - Rispetto dei Criteri Ambientali Minimi – Decreto 11/10/2017 47	
5.6	Modalità di realizzazione e posa in opera	48
5.6.1	Fasi di posa della nuova copertura	48
5.6.2	Provvedimenti per la manutenzione in sicurezza	51
5.7	Calcoli progettuali	53
5.7.1	Determinazione delle caratteristiche dell'involucro	53
5.7.2	Calcolo delle trasmittanze	53
5.7.3	Dettagli costruttivi dei ponti termici.....	56



1 Premessa

La presente relazione specialistica si inserisce all'interno degli elaborati di progetto esecutivo redatti nell'ambito della Riqualificazione Energetica degli edifici di Forlì. Il presente Progetto esecutivo è redatto secondo le indicazioni e prescrizioni presenti all'interno dell'art. 23 del Codice Appalti (aggiornamento 2019), nonché del D.P.R. del 5 ottobre 2010, n. 207 "Regolamento di esecuzione ed attuazione del decreto legislativo 12 aprile 2006, n. 163, recante il Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE", pubblicata sulla GU n. 288 del 10-12-2010 – Suppl. Ordinario n.270, Sezione IV, all'Art. 33 "Documenti componenti il progetto esecutivo".

In particolare il presente progetto ha come oggetto:

- > Opere edili:
 - > Sostituzione dei serramenti esterni con nuovi serramenti caratterizzati da elevata efficienza;
 - > Isolamento termico a Cappotto delle pareti esterne;
 - > Isolamento all'estradosso della copertura piana.



2 Descrizione tecnica dello stato di fatto

L'edificio scolastico, di proprietà del Comune di Forlì, realizzato negli anni 1972-1973, è sito in via Piave, in una zona periferica della città di Forlì.

L'edificio si compone di un corpo di fabbrica con forma in pianta a forma di "Z", elevato su un piano fuori terra, in cui sono ospitati i locali della scuola materna; presenta inoltre una zona interrata, di limitata estensione, destinata a deposito cui si accede dall'esterno

Nell'edificio scolastico trovano spazio le zone destinate ad attività didattiche quali aule e laboratori, le attività di segreteria e di direzione, le attività di aggregazione, i servizi e i dormitori.

La struttura dell'edificio è prefabbricata a travi e pilastri. Le facciate esterne sono realizzate con pannelli prefabbricati che sono o a tutta altezza (completamente oscuranti) oppure a parziale altezza presentando una finestratura a nastro nella zona superiore. La presenza dei pannelli a tutta altezza o meno si riflette di conseguenza sulle travi perimetrali di copertura che hanno larghezza variabile (a seconda che devono far spazio o meno al pannello).

Le facciate esterne a tutta altezza sono rivestite in piastrelle ceramiche (klinker).

In alcune zone, inoltre, la tamponatura è completamente assente e sostituita da pareti vetrate. Le partizioni interne sono realizzate con mattoni forati rivestiti con intonaco.



Aerofoto

Per l'edificio in esame si propongono i seguenti interventi:

- > Sostituzione dei serramenti;
- > Isolamento delle pareti esterne tramite cappotto termico;
- > Isolamento all'estradosso della copertura piana.

Nel prosieguo del capitolo saranno descritte nel dettaglio le strutture oggetto di intervento.



2.1 Serramenti esterni allo stato attuale

Nell'edificio in esame, i serramenti rilevati sono sostanzialmente in alluminio e vetro singolo risalenti presumibilmente al periodo di edificazione; risultano presenti alcuni serramenti in PVC e doppio vetro segno di una recente sostituzione.

Le vetrate, di grandi dimensioni, sono alternativamente fisse o apribili a scorrimento; le porte finestre presentano apertura ad anta.

Riscontriamo due tipologie di schermature delle superfici trasparenti:

- > Venezie interne;
- > Tende da sole esterne.

Di seguito alcune immagini rappresentative dei componenti:



Serramenti in alluminio e vetro singolo



Dettaglio serramento in alluminio



Serramento in PVC e vetrocamera



Venezie interne serramenti in alluminio

Grazie all'operazione puntuale di rilievo svolta siamo in grado di definire con precisione i quantitativi di serramenti oggetto di intervento dell'edificio, pari a **82 m²**.

All'interno del capitolo "Calcoli progettuali", relativamente ai serramenti esistenti, si riportano:

- > Schema delle prestazioni energetiche di uno dei serramenti della struttura oggetto di intervento nelle condizioni di stato di fatto e di progetto.

2.2 Pareti esterne allo stato attuale

I componenti interessati dall'intervento in esame sono le pareti esterne della scuola.

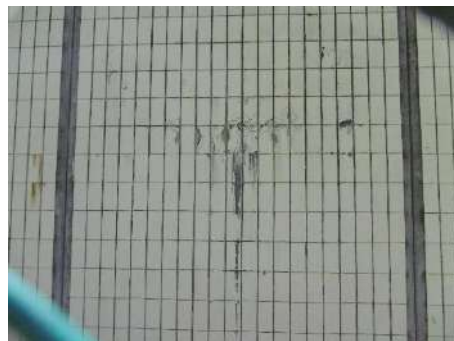


Le pareti perimetrali realizzate con pannelli prefabbricati che sono o a tutta altezza sono intonacate sul lato interno e sul lato esterno sono in parte intonacate e in parte rivestite con mattonelle di "klinker".

Di seguito alcune immagini:



Parete esterna con rivestimento in klinker



Parete esterna con rivestimento in klinker



Parete esterna intonacata



Parete intonacata

L'area oggetto di intervento presenta una superficie pari a **550 m²** (superficie calcolata vuoto per pieno).

Come elemento utile alla definizione delle stratigrafie attuali, in fase di rilievo sono stati misurati gli spessori di tutte le pareti esterne: in base agli spessori rilevati sono state ipotizzate le stratigrafie, e attribuiti ad ognuna di essa valori di trasmittanza termica, quantificata tramite programma di calcolo delle prestazioni energetiche degli edifici (vedi paragrafo "Calcoli Progettuali").

All'interno del capitolo "Calcoli progettuali", relativamente, relativamente alle pareti esistenti, si riportano:

- > Stratigrafia di dettaglio di una delle pareti della struttura oggetto di intervento nelle condizioni di stato di fatto;
- > Stratigrafia di dettaglio di una delle pareti della struttura oggetto di intervento nelle condizioni di stato di progetto.



2.3 Copertura piana allo stato attuale

La copertura piana costituisce la superficie disperdente orizzontale superiore di tutto l'edificio. La struttura è costituita da travi prefabbricate, sormontate da un massetto e da un manto impermeabilizzante.

Attualmente la copertura denota uno scarso stato di manutenzione. Si può notare che, negli anni, si è intervenuto in modo puntuale facendo dei "rattoppi" dello strato impermeabilizzante.

Inoltre, è evidente una mancanza di manutenzione e di pulizia, molti pozzetti risultano infatti ostruiti da foglie e sporcizia.

Risulta presente un lucernario che interrompe la continuità del manto di copertura.

Di seguito alcune immagini:



Lucernario sulla copertura



Vista della copertura



Pozzetto di raccolta acqua



Pozzetto di raccolta acqua

La copertura oggetto di intervento presenta una superficie pari a **630 m²**.

All'interno del capitolo "Calcoli progettuali", relativamente al solaio esistente, si riportano:

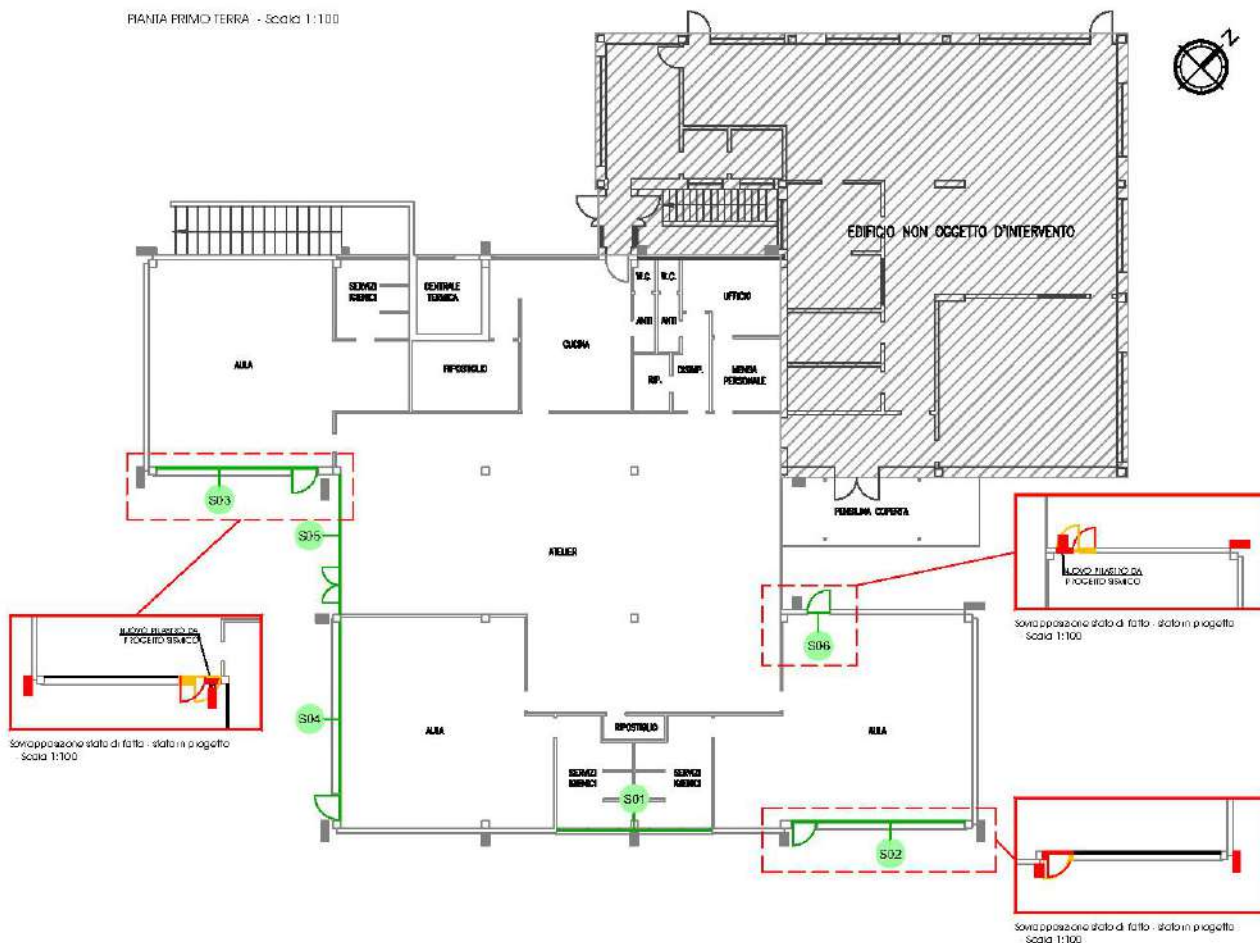
- > Stratigrafia della struttura oggetto di intervento nelle condizioni di stato di fatto;
- > Stratigrafia della struttura oggetto di intervento nelle condizioni di stato progetto.



3 Descrizione tecnica dell'intervento sostituzione serramenti esterni

3.1 Localizzazione dell'intervento

L'intervento in oggetto prevede la sostituzione dei serramenti dell'edificio scolastico, meglio individuato nell'immagine che segue.



Planimetria piano terra – Individuazione area di intervento

3.2 Descrizione dell'intervento

L'intervento consentirà di ottenere un notevole miglioramento delle prestazioni termiche della zona in oggetto.

I singoli serramenti oggetto di sostituzione sono dettagliati all'interno degli elaborati grafici, completi di planimetrie di riferimento dell'edificio, e abaco contenente le informazioni sotto descritte relative ad ogni serramento.

All'interno dell'elaborato "Abaco dei serramenti" sono contenuti:

- > codice serramento
- > foto del serramento attuale
- > rappresentazione grafica schematica corredata di misure
- > dettagli tecnici richiesti per il progetto
- > quantità

Per il progetto si è optato per l'utilizzo di serramenti con telaio in PVC.



3.2.1 Sostituzione finestre del lucernario

Gli attuali serramenti del lucernario posto in copertura (Shed) saranno sostituiti con altrettanti di simile geometria; in corrispondenza della sopraelevazione del livello del manto di copertura, il nuovo serramento avrà un rialzo di telaio fisso al fine di permettere il raccordo tra serramento e copertura.

I nuovi serramenti saranno di forma rettangolare, e costituiti da telaio in alluminio e doppio vetro.

3.2.2 Criteri di dimensionamento

L'intervento prevede di mantenere le stesse dimensioni dei serramenti esistenti, adattando le forme geometriche e le ripartizioni delle specchiature alle caratteristiche dei materiali attuali.

La scelta delle caratteristiche tecniche dei serramenti è stata valutata sulla base dei seguenti criteri:

- > Miglioramento delle condizioni di comfort ambientale percepito dai fruitori della struttura in analisi;
- > Riduzione dei consumi di combustibile e delle emissioni di CO₂;
- > Limiti imposti dalla normativa, ovvero:

- > D.G.R. 967 del 20/07/2015: limite pari a 1,80 W/m²K dal 2019

Zona climatica	U (W/m ² K)	
	2015	2017/2019
D	2,00	1,80
E	1,80	1,40
F	1,50	1,10

- > D.M. 16/02/2016 "Conto Termico": limite pari a 1,67 W/m²K

Articolo 4, comma 1, lettera b)	Sostituzione di chiusure trasparenti, comprensive di infissi (calcolo secondo le norme UNI ENISO 10077-1), se installate congiuntamente a sistemi di termoregolazione o valvole termostatiche ovvero in presenza di detti sistemi al momento dell'intervento.	Zona climatica A	≤ 2,60 W/m ² *K
		Zona climatica B	≤ 2,60 W/m ² *K
		Zona climatica C	≤ 1,75 W/m ² *K
		Zona climatica D	≤ 1,67 W/m ² *K
		Zona climatica E	≤ 1,30 W/m ² *K
		Zona climatica F	≤ 1,00 W/m ² *K

La riduzione delle trasmittanze delle strutture esaminate si ripercuote sulla riduzione del fabbisogno di potenza richiesto dalla struttura, dunque sulla potenza necessaria di generazione e di emissione, ma in particolar modo sulla quantità di energia necessaria a mantenere le condizioni di comfort interno agli ambienti riscaldati durante l'intera stagione termica, inibendo la dispersione del calore verso l'esterno. Conseguenza diretta di quanto appena esposto risulta essere un sensibile risparmio energetico nella gestione della struttura.

3.2.3 Caratteristiche tecniche dei nuovi serramenti

Tutti i nuovi serramenti avranno le seguenti caratteristiche:

- > Tipo di apertura: ad anta / a vasistas;
- > Trasmittanza Termica < 1,67 W/m²K;
- > Telaio:

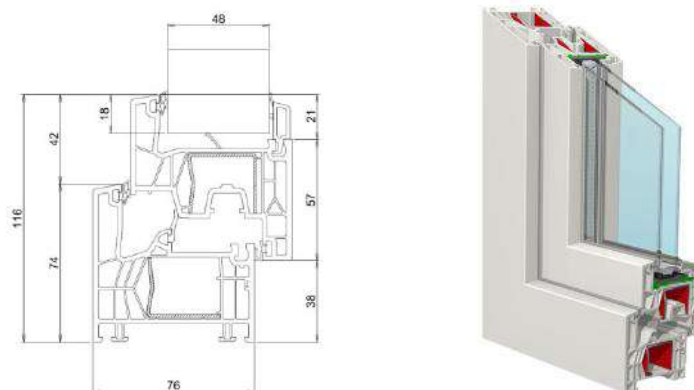


- > Materiale: PVC;
- > Profili KOMMERLING 76 ADVANCE, o equivalente, di colore bianco (o comunque a scelta della Committenza), caratterizzato da:
 - Profondità telaio: 76 mm;
 - Profondità battente: 70 mm;

Kömmerling 76 ADVANCE è un sistema caratterizzato da una profondità di costruzione di 76 mm a cinque camere. Presenta due livelli di tenuta; con una guarnizione esterna che si trova nella sovrapposizione del telaio, e una interna che si trova nella sovrapposizione dell'anta.

Offre la massima libertà nella scelta del vetro: adattabile sia con il triplo vetro che con vetri funzionali con spessori fino a 50 mm.

Di seguito si riportano alcune immagini riportanti ulteriori caratteristiche del telaio.



- > **Vetrocamera** così composta:
 - Stadip Silence 66.2
 - 20 mm Argon 90%
 - Stadip Silence Basso Emissivo 44.2

Il vetro STADIP SILENCE è composto da due lastre di vetro assemblate utilizzando due intercalari di polivinilbutirale (PVB) acustico: PVB Silence. Tale composizione, insieme all'intercapedine da 20 mm di Argon, riesce a garantire:

- > Elevati **standard di sicurezza**: contribuisce a migliorare la sicurezza in caso di rottura, di tentativi di effrazione o di vandalismo. In caso di rottura, l'aderenza tra il vetro e l'intercalare (PVB) garantisce che i frammenti di vetro non si stacchino dall'insieme (almeno per un periodo di tempo determinato o fino al raggiungimento di uno specifico livello di carico), a beneficio dell'incolumità delle persone;
- > Ottimo comfort acustico, con valore di R_w pari a 49 dB;
- > Capacità di filtrare oltre il 99% dei raggi UV.

Per maggiori dettagli relativi ai singoli serramenti si rimanda agli elaborati grafici.

3.2.3.1 Sistema oscurante

Laddove presente si prevedono nuove tende alla veneziana con le seguenti caratteristiche:

- > dimensioni: 120 x 220 cm
- > lamelle in alluminio, verniciate a fuoco, con spessore di 15 mm;
- > verniciate a fuoco, bianche o colorate;
- > in opera completa di cassonetto in lamiera zincata e verniciata;



- > nastri di nylon per il raccoglimento;
- > asta di plastica per il manovramento.

3.2.3.2 Miglioramento dell'isolamento acustico

Le caratteristiche di fonoisolamento dei prodotti vetrari sono disciplinate dal D.P.C.M. 5 dicembre 1997 (G.U. n. 297 del 22/12/1997) per la "Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici", che definisce le grandezze di riferimento e altri parametri di valutazione.

Il D.P.C.M. classifica le tipologie edilizie (Tabella A – art. 2) e prescrive, per ciascuna delle parti componenti l'edificio, le relative prestazioni acustiche.

Gli edifici sono distinti in categorie in funzione della destinazione d'uso, gli edifici ospedalieri rientrano nella classe D:

Classificazione degli ambienti abitativi	
A	Edifici adibiti a residenza o assimilabili
B	Edifici adibiti a uffici o assimilabili
C	Edifici adibiti ad alberghi, pensioni ed attività assimilabili
D	Edifici adibiti a ospedali, cliniche, case di cura e assimilabili
E	Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili
F	Edifici adibiti ad attività ricreative o di culto o assimilabili
G	Edifici adibiti ad attività commerciali o assimilabili

Dopo aver descritto le categorie, il decreto definisce 5 parametri attraverso i quali valutare le caratteristiche acustiche degli edifici, tenendo conto della rumorosità degli impianti interni, del potere fonoisolante delle pareti orizzontali e delle pareti verticali:

Categorie edifici (da Tabella 9)	R_w	$D_{2m, nT, w}$	$L_{n, w}$	$L_{AS \max}$	L_{Aeq}
1. D	55	45	58	35	25
2. A, C	50	40	63	35	35
3. E	50	48	58	35	25
4. B, F, G	50	42	55	35	35

R_w : proprietà fonoisolante degli elementi di separazione tra due unità immobiliari distinte;
 $D_{2m, nT, w}$: proprietà fono isolante della facciata;
 $L_{n, w}$: proprietà fono isolante del solaio da rumori di impatto, come ad esempio il calpestio;
 $L_{AS \max}$: massimo livello di pressione sonora prodotta dai servizi a funzionamento discontinuo
 L_{Aeq} : massimo livello di pressione sonora prodotta dai servizi a funzionamento continuo.

Il valore di riferimento da considerare per l'intervento in esame è quindi 48 dB di proprietà fonoisolante della facciata.

La tipologia di vetro: 66.2 Stadip Silence + 20mm Argon + 44.2 Stadip Silence Basso Emissivo, grazie ad un maggiore spessore e alla stratificazione dei vetri, riesce a garantire un isolamento acustico $R_w = 49$ dB così da soddisfare le prescrizioni normative.

3.2.3.3 Sicurezza

La norma UNI 7697 stabilisce i criteri di scelta dei vetri da impiegarsi, in modo che sia assicurata la rispondenza fra le prestazioni dei vetri e i requisiti necessari per garantire la sicurezza all'utenza, indicando i tipi di vetro di cui si ammette l'utilizzo nelle varie applicazioni.



La norma distingue le seguenti tre tipologie di rischi connessi alla rottura della lastra:

- > danni a persone o cose: quando la rottura del vetro possa causare ferite a persone, animali o danni a cose;
- > caduta nel vuoto: quando, per la rottura del vetro, si possa cadere nel vuoto da un'altezza uguale o maggiore di 1 m;
- > danni sociali: quando la rottura della lastra possa causare danni alla collettività, come danni ad opere d'arte, accesso ad esplosivi od oggetti pericolosi, evasione da carceri, ecc.

In ambito scolastico, la normativa esclude l'utilizzo di vetri temprati, precisando che gli infissi devono essere realizzati sia all'interno che all'esterno con vetri stratificati di sicurezza 2B2. Per superfici finestate ad altezza parapetto fino a 90 cm da terra, o comunque a pericolo caduta, i vetri dovranno essere di classe 1B1.

Di seguito si riporta un estratto della normativa dove sono indicate le prestazioni minime richieste per i componenti vetrati in ambito scolastico:

<u>Posizionamento del vetro</u>	<u>Rischio:</u>	<u>Tipo di Vetro</u>
Lastra con lato inferiore ad altezza maggiore di 1m	<i>7.1 - Danni a persone o cose: quando a causa della rottura, il vetro possa causare ferite a persone, animali o danni a cose</i>	Stratificato di sicurezza 2(B)2
Lastra con lato inferiore ad altezza minore di 1m	<i>7.1 e 7.2 - Danni a persone o cose: quando a causa della rottura, il vetro possa causare ferite a persone, animali o danni a cose e Caduta nel vuoto</i>	Stratificato di sicurezza 1(B)1

Dove:

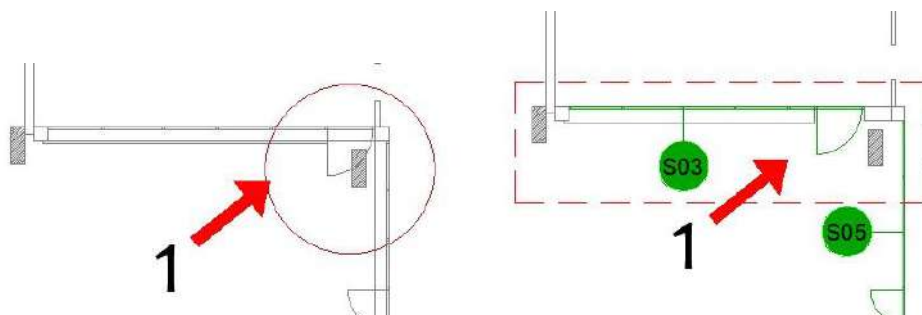
- > **1B1:** un vetro stratificato è classificato 1B1 se, alla prova del pendolo (Metodo della prova di impatto e classificazione per il vetro piano), resiste ad un impatto da un'altezza di caduta di 1.200 mm senza permettere la penetrazione;
- > **2B2:** un vetro stratificato è classificato 2B2 se, alla prova del pendolo (Metodo della prova di impatto e classificazione per il vetro piano), resiste ad un impatto da un'altezza di caduta di 450 mm senza permettere la penetrazione;

Le tipologie di vetro selezionate per l'intervento di sostituzione dei serramenti esterni, rispettano i criteri sulla sicurezza stabiliti dalla normativa sopra descritti.

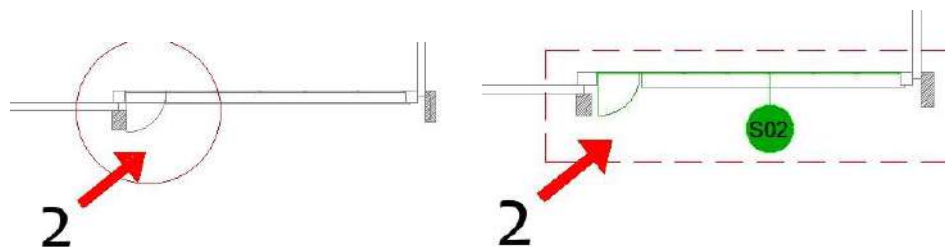
3.2.4 Modifiche serramenti per interferenze con il progetto strutturale

Il progetto di miglioramento strutturale per l'adeguamento sismico dell'edificio scolastico oggetto di intervento prevede la realizzazione di nuovi pilastri e travi in c.a. La sovrapposizione di alcuni dei nuovi pilastri con i serramenti esistenti richiede di ridurre le dimensioni o di spostare tali serramenti; tutte le casistiche sono meglio individuate nelle immagini che seguono:

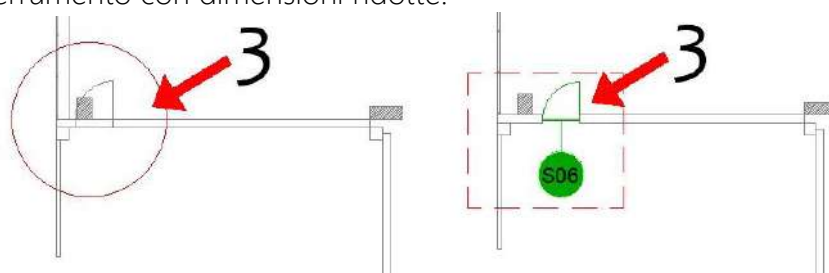




1. **Soluzione:** tamponare la parte dietro il pilastro e sostituire il serramento (S03) con un nuovo serramento con dimensioni ridotte.



2. **Soluzione:** tamponare la parte dietro il pilastro e sostituire il serramento (S02) con un nuovo serramento con dimensioni ridotte.



1. **Soluzione:** tamponare la parete dietro il pilastro e traslare il serramento (S06).

3.2.5 Rispetto dei Criteri Ambientali Minimi – Decreto 11/10/2017

All'interno del presente paragrafo viene verificato il rispetto dei requisiti stabiliti dal decreto in esame da parte dei materiali utilizzati in progetto.

Il serramento in alluminio proposto rispetta tutti i Criteri Ambientali Minimi stabiliti dall'allegato 2 del D.M. 11 Ottobre 2017, nello specifico:

- > Viene realizzato con il marchio "greenline", ciò significa che per la stabilizzazione del PVC non viene utilizzato il piombo, ma uno stabilizzante ecologico completamente SENZA PIOMBO, usando una formula contenente calcio-zinco;
- > Per la sigillatura con schiuma dei profili proEnergyTec viene utilizzato esclusivamente un propellente ecologico e durante il riciclaggio la schiuma e il PVC vengono poi nuovamente e facilmente separati;
- > I profili e gli scarti di lavorazione, possono essere riciclati al 100%; dalle vecchie finestre vengono ricavati i componenti per realizzare nuove finestre. Attraverso questa iniziativa di recupero, si assicura un ciclo di vita sostenibile del materiale;



3.2.6 *Modalità di Installazione*

3.2.6.1 *Materiali*

Per la posa in opera dei serramenti si utilizzeranno seguenti materiali:

- > Sigillante siliconico;
- > Sigillante acrilico;
- > Nastro autoespandente;
- > Schiuma poliuretanica e pistola con cannula per la schiumatura del giunto;
- > Viti per il fissaggio del serramento al falso telaio;
- > Ancorante chimico per cardine.

3.2.6.2 *La posa del serramento*

La ristrutturazione del vecchio serramento comporta un adattamento alla situazione esistente, che deve essere analizzata in fase di progettazione e verificata sul cantiere all'atto dell'installazione della nuova finestra.

Di seguito si riportano le operazioni generali da effettuare, considerando che ogni caso è diverso dall'altro e l'intervento deve essere adattato a seconda della situazione riscontrata sul cantiere.

3.2.6.3 *Valutazioni preliminari sullo stato del serramento esistente*

La posa del nuovo serramento sull'infilso esistente può essere effettuata a condizione che quest'ultimo sia in grado di supportarlo; a tal proposito devono essere effettuati i seguenti esami preliminari della situazione riscontrata in cantiere:

- > il fissaggio del telaio esistente alla struttura portante deve essere sufficientemente solido da supportare l'applicazione del nuovo serramento;
- > nel caso di situazioni non idonee dal punto di vista della solidità o della geometria, il telaio esistente dovrà essere rimosso per applicare il nuovo direttamente sulla struttura portante; la rimozione potrà avvenire, a seconda della situazione esistente, da tutti e quattro i lati, oppure dal solo lato inferiore per creare la parte piana sul davanzale.

3.2.6.4 *Interventi sul telaio esistente*

- > Per garantire la tenuta all'aria ed all'acqua della struttura esistente è necessario sigillare la giunzione tra il vecchio telaio e la muratura.
- > Nel caso in cui sul telaio vi sia uno strato di vernice di finitura, è necessario eliminare con abrasione le zone con vernice non aderente prima di applicare eventuali cordoni di tenuta.
- > I fori di drenaggio dell'acqua sul telaio esistente devono essere otturati con silicone.

3.2.6.5 *Pulizia e sgrassaggio del falso telaio e del davanzale*

Per garantire un perfetto ancoraggio del silicone sui materiali del falso telaio è necessario effettuare una serie di operazioni per eliminare fonti estranee inibitrici di adesione:

- > eliminare dal falso telaio eventuali chiodi o elementi metallici utilizzati per mantenerlo in squadra;



- > procedere alla rimozione di eventuali resti di intonaco dal falso telaio utilizzando una spatola di acciaio;
- > rimuovere le tracce di polvere con una spazzola a pelo morbido o utilizzando aria compressa.

Nel caso di falso telaio in metallo e di davanzali in marmo o pietra è necessario procedere allo sgrassaggio mediante alcool. Se il falso-telaio o il davanzale sono umidi o bagnati è importante asciugarli.



3.2.6.6 Prova di inserimento del serramento nella sede di posa

Prima di procedere alle fasi di sigillatura e fissaggio del telaio è importante controllare che il serramento venga correttamente accolto nella sede.

Provare quindi ad inserire il telaio nel vano e controllare che vi sia corrispondenza dimensionale tra il foro ed il serramento da applicare.

Verificare il filo a piombo della spalletta di battuta, su ambedue i montanti della spalletta, appoggiando inizialmente il livello sullo spigolo inferiore del montante; l'eventuale anomalia rilevata sul filo a piombo fino 10,0 mm/m è risolvibile con l'intervento del posatore, e dovrà essere corretto con l'inserimento di adeguati spessori tra il telaio e la spalletta; in caso di anomalie e difetti di piombo superiori a 10,0 mm/m è necessario correggere il vano finestra.

3.2.6.7 Installazione del nuovo telaio

Spessoramento: l'appoggio del nuovo telaio sulla struttura esistente deve essere effettuato in maniera tale da evitare deformazioni durante la fase di installazione. L'uso degli spessori idonei in corrispondenza dei punti di ancoraggio alla muratura deve essere calibrato, in maniera tale da offrire un valido appoggio del nuovo telaio al supporto esistente.

Piombo e livello: la posizione del nuovo telaio deve essere regolata con gli appositi spessori, in maniera tale da garantire il filo a piombo ed il livello prima del fissaggio definitivo.

Fissaggio del nuovo telaio: il vecchio telaio non costituisce un elemento di ancoraggio "sicuro" in maniera assoluta, in quanto non si conosce a priori la tenuta alla muratura. Per assicurare un idoneo grado di ancoraggio del nuovo telaio in ogni condizione, è consigliabile utilizzare viti di fissaggio che, oltre ad ancorarsi sul vecchio telaio, vengano fissate anche alla muratura. Si



consiglia, quindi, di verificare la lunghezza minima della vite da usare per rispondere a tale necessità. (La perforatura della muratura viene effettuata con una punta di $\varnothing=6.0$ mm).

Tipologie di fissaggio del telaio non ammesse:

- > il fissaggio del telaio alla muratura deve sempre essere effettuato meccanicamente; per il fissaggio non è ammesso l'uso di materiali espansi, colle o simili;
- > non è assolutamente ammesso l'impiego di chiodi per fissare il telaio alla muratura.

Rifinitura esterna: la rifinitura del telaio installato deve essere effettuata considerando le seguenti accortezze:

- > devono essere praticati i fori di areazione sui profili di rifinitura scatolati usati per la coprifilatura esterna al fine di evitare deformazioni dovute all'irraggiamento solare;
- > il fissaggio dei profili di rifinitura non deve avvenire con mezzi meccanici (viti), ma tramite l'uso del silicone.

3.2.6.8 Controlli finali di funzionamento del serramento installato

Ad installazione del serramento avvenuta è necessario effettuare alcune operazioni di controllo finale per verificare la funzionalità della realizzazione.

Di seguito le verifiche da realizzare:

- > verifica del funzionamento dei meccanismi di chiusura delle ante
- > non devono verificarsi chiusure o aperture spontanee dell'anta dovute alla posa fuori piombo,
- > controllo della misura di battuta in sormonto dell'anta sul telaio su tutto il perimetro apribile del serramento ed eventuale correzione agendo sulla regolazione della ferramenta o sulla spinta dei sottospessori di vetraggio,
- > verifica del funzionamento degli accessori (avvolgibili, persiane, ...)

In fase di collaudo finale è necessario verificare che:

- > le guarnizioni di battuta dell'anta sormontino al telaio di 8 mm;
- > la ferramenta funzioni correttamente in tutte le posizioni (chiusura, apertura ad anta, apertura a ribalta).

La ferramenta perimetrale è dotata di appositi sistemi di registrazione, in altezza ed in larghezza, utili per ristabilire il corretto funzionamento del serramento.

3.2.7 Calcoli progettuali

3.2.7.1 Determinazione delle caratteristiche dell'involucro

Per la determinazione delle caratteristiche dell'involucro edilizio nelle condizioni ex ante ed ex post e delle potenze invernali richieste dalla struttura è stata fatta un'analisi attraverso il programma "Edilclima EC700".

Il software di calcolo, utilizzando le normative UNI TS 11300, segue la metodologia indicata dal Decreto Interministeriale 26/6/2015 ed è validato dal C.T.I. (certificato n°73). Lo strumento è in



grado di calcolare i parametri significativi previsti dalle disposizioni normative e legislative nazionali e regionali vigenti.

3.2.7.2 Calcolo delle trasmittanze

Il dimensionamento dei componenti finestrati è stato effettuato con lo scopo di ottenere una trasmittanza termica finale inferiore ai limiti previsti dal Decreto interministeriale 16 febbraio 2016 (1,3 W/mq²K), non vincolanti dal punto di vista normativo ma che risultano essere comunque una buona norma costruttiva. Il calcolo delle trasmittanze è stato effettuato secondo le norme UNI EN 12831 - UNI EN ISO 6946 - UNI EN ISO 13370.

La trasmittanza U (UNI EN ISO 6946) si definisce come il flusso di calore che attraversa una superficie unitaria sottoposta a differenza di temperatura pari ad 1°C ed è legata alle caratteristiche del materiale che costituisce la struttura e alle condizioni di scambio termico liminare e si assume pari all'inverso della sommatoria delle resistenze termiche degli strati, ed è definita dalla relazione:

$$U = \left(\frac{1}{R_t} \right)$$
$$R_t = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se}$$

Dove:

- > R_{si}= resistenza superficiale interna della struttura;
- > R_n=resistenza dell'ennesimo strato della struttura;
- > R_{se}=resistenza superficiale esterna.

Di seguito si riporta la scheda delle due tipologie di serramenti della struttura nelle condizioni dello stato di fatto e di quello di progetto.



3.2.7.2.1 Serramenti stato di fatto

CARATTERISTICHE TERMICHE DEI COMPONENTI FINESTRATI secondo UNI TS 11300-1 - UNI EN ISO 6946 - UNI EN ISO 10077

Descrizione della finestra: **F2_590x240 AL_VS**

Codice: **W2**

Caratteristiche del serramento

Tipologia di serramento

Singolo

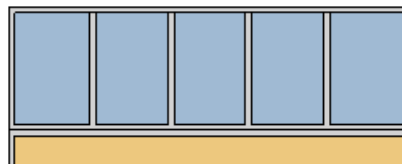
Classe di permeabilità

Senza classificazione

Trasmittanza termica	U_w	5,356	W/m ² K
Trasmittanza solo vetro	U_g	4,915	W/m ² K

Dati per il calcolo degli apporti solari

Emissività	ϵ	0,837	-
Fattore tendaggi (invernale)	$f_{c\ inv}$	1,00	-
Fattore tendaggi (estivo)	$f_{c\ est}$	1,00	-
Fattore di trasmittanza solare	$g_{gl,n}$	0,850	-
Fattore trasmissione solare totale	g_{gl+sh}	0,839	-



Caratteristiche delle chiusure oscuranti

Resistenza termica chiusure		0,00	m ² K/W
f_{shut}		0,6	-

Dimensioni del serramento

Larghezza		590,0	cm
Altezza		180,0	cm
Altezza pannello opaco		60,0	cm

Caratteristiche del telaio

Trasmittanza termica del telaio	U_f	7,00	W/m ² K
K distanziale	K_d	0,00	W/mK
Area totale	A_w	14,160	m ²
Area vetro	A_g	8,758	m ²
Area telaio	A_f	2,877	m ²
Area pannello	A_{pan}	2,526	m ²
Fattore di forma	F_f	0,62	-
Perimetro vetro	L_g	27,080	m
Perimetro telaio	L_f	16,600	m

Stratigrafia del pacchetto vetrato

Descrizione strato	s	λ	R	
Resistenza superficiale interna	-	-	0,130	
Primo vetro	4,0	1,00	0,004	
Resistenza superficiale esterna	-	-	0,069	

Legenda simboli

s	Spessore	mm
λ	Conducibilità termica	W/mK
R	Resistenza termica	m ² K/W



3.2.7.2.2 Serramento stato di progetto

CARATTERISTICHE TERMICHE DEI COMPONENTI FINESTRATI secondo UNI TS 11300-1 - UNI EN ISO 6946 - UNI EN ISO 10077

Descrizione della finestra: **F2_580x240 PVC 2V_PRG**

Codice: **W2**

Caratteristiche del serramento

Tipologia di serramento

Singolo

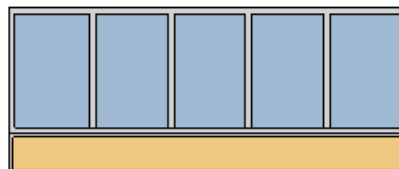
Classe di permeabilità

Senza classificazione

Trasmittanza termica	U_w	1,109	W/m ² K
Trasmittanza solo vetro	U_g	0,999	W/m ² K

Dati per il calcolo degli apporti solari

Emissività	ϵ	0,837	-
Fattore tendaggi (invernale)	$f_{c\ inv}$	1,00	-
Fattore tendaggi (estivo)	$f_{c\ est}$	1,00	-
Fattore di trasmittanza solare	$g_{gl,n}$	0,750	-
Fattore trasmissione solare totale	g_{gl+sh}	0,737	-



Caratteristiche delle chiusure oscuranti

Resistenza termica chiusure		0,00	m ² K/W
f shut		0,6	-

Dimensioni del serramento

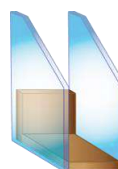
Larghezza		580,0	cm
Altezza		180,0	cm
Altezza pannello opaco		60,0	cm

Caratteristiche del telaio

Trasmittanza termica del telaio	U_f	1,00	W/m ² K
K distanziale	K_d	0,06	W/mK
Area totale	A_w	13,920	m ²
Area vetro	A_g	8,594	m ²
Area telaio	A_f	2,600	m ²
Area pannello	A_{pan}	2,726	m ²
Fattore di forma	F_f	0,62	-
Perimetro vetro	L_g	26,880	m
Perimetro telaio	L_f	16,400	m

Stratigrafia del pacchetto vetrato

Descrizione strato	s	λ	R
Resistenza superficiale interna	-	-	0,130
Primo vetro	12,0	1,00	0,012
Intercapedine	-	-	0,782
Secondo vetro	8,0	1,00	0,008
Resistenza superficiale esterna	-	-	0,069



Legenda simboli

s	Spessore
λ	Conducibilità termica
R	Resistenza termica

mm
W/mK
m ² K/W



3.2.7.3 *Dettagli costruttivi dei ponti termici*

Nella redazione del presente progetto è stata posta particolare attenzione all'individuazione ed alla risoluzione dei ponti termici derivanti dall'intervento di installazione di nuovi serramenti.

Trattandosi di un intervento realizzato su di un edificio esistente non è stato possibile risolvere la totalità di tali problematiche ma laddove possibile sono tutti stati risolti.

Di seguito vengono riportate le caratteristiche costruttive dei ponti termici nelle condizioni ex ante ed ex post da un punto di vista di valutazione energetica.

3.2.7.3.1 **Ponte termico parete-telaio allo stato di fatto**

Per maggiori dettagli in merito si rimanda all'**elaborato 04**- Relazione di calcolo.

3.2.7.3.2 **Ponte termico parete-telaio allo stato di progetto**

Per maggiori dettagli in merito si rimanda all'**elaborato 04**- Relazione di calcolo.

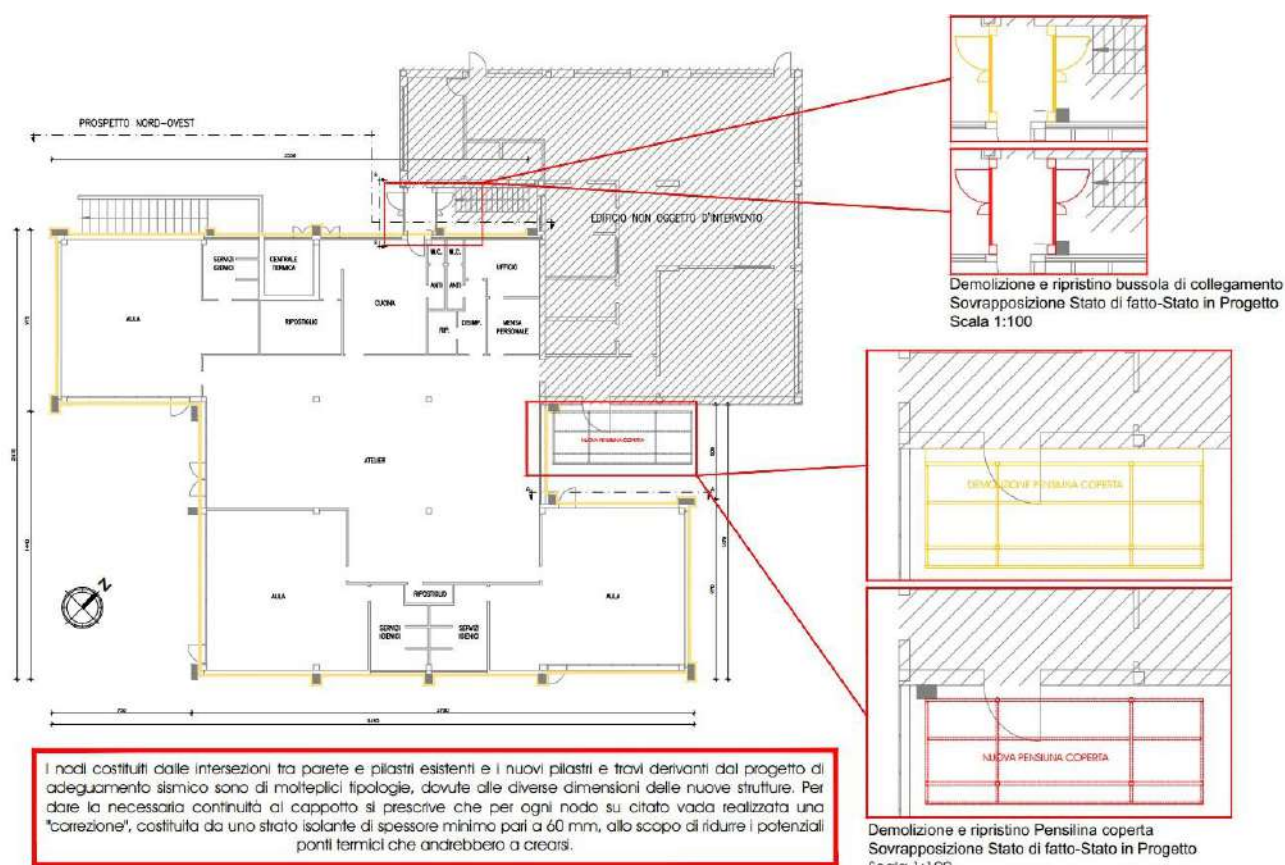


4 Descrizione tecnica dell'intervento di isolamento pareti esterne tramite cappotto termico

4.1 Localizzazione dell'intervento

L'intervento in esame consiste nell'isolamento delle pareti esterne dell'edificio tramite cappotto termico.

Le aree di intervento sono meglio individuate nell'immagine che segue:



Planimetria piano terra – Individuazione area di intervento

Anzitutto va detto che prima di iniziare l'intervento su una facciata rivestita con piastrelle è importante eseguire una "mappatura" delle problematiche esistenti, mediante ispezione visiva in quota e "battitura" delle superfici.

Alcuni klinker risultano ammalorati ma non totalmente distaccati dalla facciata. La rimozione totale del klinker non risulta sin da subito una strada percorribile per via dei costi da sostenere. Pertanto si è deciso di non demolirlo e di fissare il cappotto alla muratura retrostante il klinker, in modo da non gravarvi con il peso in quanto ovviamente il klinker non è un elemento strutturale.

4.2 Descrizione del sistema cappotto proposto

Il presente intervento, prevede l'applicazione di un cappotto isolante esterno in corrispondenza delle superfici opache verticali dell'edificio in esame. L'opera permetterà un abbassamento consistente del fabbisogno energetico necessario al riscaldamento.

L'intervento consentirà di ottenere oltre ad un miglioramento delle prestazioni termiche anche un miglioramento dell'impatto estetico rispetto alla soluzione attuale.

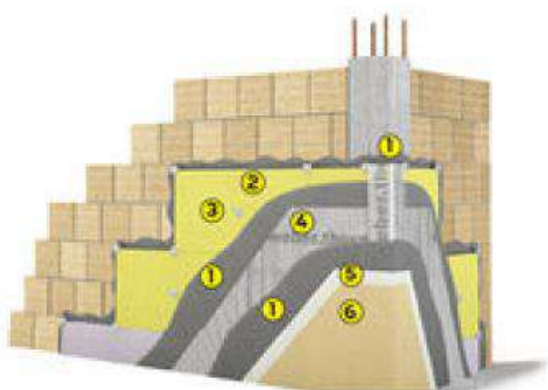
Tra i vari sistemi di isolamento delle pareti, quello a "cappotto" risulta essere tra i più vantaggiosi e per questo tra i più praticati. Posizionando lo strato isolante verso l'esterno proteggiamo la parete dalle escursioni termiche, pertanto la massa della muratura resta più calda in inverno e più fresca in estate, generando un migliore comfort all'interno.

Essendo le superfici esterne in parte rivestite in piastrelle, prima dell'installazione del cappotto sarà necessario verificare che sussista una sufficiente adesione delle piastrelle alla muratura.

Se l'idoneità del supporto sarà confermata, il cappotto sarà applicato sul supporto ceramico; in caso contrario si dovrà provvedere alla rimozione di tutto il rivestimento in piastrelle e applicare il cappotto direttamente sulla muratura.

Nella figura seguente è rappresentata la stratigrafia dei componenti essenziali del sistema proposto costituito da:

- > 1 - Adesivo – Rasante webertherm AP60 Start o similare;
- > 2 - Pannello isolante termoacustico Isover Clima 34 G3 o similare;
- > 3 - Tassello weber.therm TA8 o similare;
- > 4 - Rete weber.therm RE145 o similare;
- > 5 - Primer weber.prim RC14 o similare;
- > 6 - Rivestimento colorato.



Vista esplosa stratigrafica



Vista dettaglio realizzativo

Il **sistema d'isolamento termico esterno "a cappotto"**, rispondente alla normativa tecnica ETAG 004, prevede l'incollaggio dei pannelli con adesivo e con tasselli universali ad avvitamento in polietilene con vite in acciaio galvanizzato; si provvederà quindi alla rasatura armata con fibra di vetro. La decorazione verrà realizzata mediante finitura colorata a spessore in pasta pronta all'uso specifica per esterni, di colore da concordare con la committenza.

Le zone interessate dall'intervento sono dettagliatamente rappresentate sugli elaborati grafici di progetto.

4.2.1 Criteri di dimensionamento

La stratigrafia del sistema è stata valutata in ragione dei seguenti aspetti:

- > Caratteristiche della parete di partenza;



- > Trasmissanza desiderata dopo l'intervento di riqualificazione;
- > Superficie interessata dall'intervento;
- > Rispondenza ai requisiti normativi.

La trasmittanza limite per le strutture opache orizzontali o inclinate di copertura prevista dalla D.G.R. 967 del 20/07/2015 è la seguente:

Zona climatica	U (W/m ² K)	
	2015	2017/2019
D	0,34	0,29
E	0,30	0,26
F	0,28	0,24

La trasmittanza limite regionale è quindi pari a 0,29 W/m²K.

Il Conto Termico (DM 16/02/2016) considera invece per le pareti esterne un limite normativo pari a:

iii. Strutture opache verticali: isolamento pareti perimetrali (calcolo secondo le norme UNI EN ISO 6946)	Zona climatica A	≤ 0,38 W/m ² *K
	Zona climatica B	≤ 0,38 W/m ² *K
	Zona climatica C	≤ 0,30 W/m ² *K
	Zona climatica D	≤ 0,26 W/m ² *K
	Zona climatica E	≤ 0,23 W/m ² *K
	Zona climatica F	≤ 0,22 W/m ² *K

La trasmittanza limite considerata nel presente progetto è pari a 0,26 W/m²K, valore adatto alla richiesta dell'incentivo del Conto Termico.

4.2.2 Caratteristiche tecniche dei materiali

Il sistema a cappotto da mettere in opera è composto dal pacchetto di seguito descritto:

4.2.2.1 Adesivo – Rasante

Webertherm AP60 Start o materiale equivalente, per realizzazione di incollaggio e rasatura di pannelli in lane minerali, a base di leganti idraulici a finitura civile fine, da impastare con sola acqua. L'applicazione dovrà avvenire, nel caso di utilizzo del prodotto come adesivo, direttamente sul rovescio del pannello, applicando il prodotto a cordolo e punti. Il prodotto sarà conforme alla normativa EN 998-1.

Il materiale dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- > Resistenza a compressione: a 28 gg: CS IV
- > Reazione al fuoco: EUROCLASSE A1
- > Massa volumica del prodotto indurito: 1400 - 1450 Kg/m³
- > Coefficiente di resistenza al passaggio di vapore: $\mu = 30$
- > Modulo di elasticità dinamica: 6000 N/mm²
- > Deformazione trasversale: > 2 mm
- > Conduttività termica:



- > Prodotto grigio . = 0,45 W/mK
- > Prodotto bianco . = 0,49 W/mK

4.2.2.2 Pannello isolante termoacustico

Si è optato per l'isolamento termico in pannelli di **lana di vetro Isover Clima 34 G3**, o materiale equivalente; il materiale è ad alta densità, idrorepellente, e trattato con resine termoindurenti a base di componenti organici e vegetali. Di seguito se ne riportano le caratteristiche tecniche:

CARATTERISTICHE TECNICHE MATERIALE COIBENTE		
Dimensioni (lunghezza x larghezza)	[m]	0,6x1,2
Spessore	[mm]	120
Densità a norma UNI EN 1602	[kg/m ³]	55
Conducibilità termica a norma UNI EN 826	[W/mq*K]	0,034
Resistenza a trazione nel senso dello spessore	[kPa]	> 7,5
Capacità termica specifica a norma UNI EN 10456	[J/kgK]	1030
Reazione al fuoco a norma UNI EN 13501-1		A2-s1,d0
Assorbimento d'acqua per immersione parziale a lungo termine UNI EN 1609	kg/m ²	<1,0
Resistenza al passaggio del vapore acqueo a norma UNI EN 12086	μ	1

4.2.2.3 Tasselli

Tasselli weber.therm TA8, o equivalenti, per il fissaggio dei pannelli isolanti alle pareti; i tasselli saranno ad avvitamento in polietilene con vite in acciaio galvanizzato, e dovranno essere installati previo foro di 8 mm di diametro nella muratura. Il prodotto dovrà essere conforme alla linea guida ETAG014. I pannelli dovranno essere stati preventivamente incollati con l'adesivo rasante da almeno 1÷3 giorni. In ogni caso il fissaggio meccanico dovrà essere eseguito a maturazione avvenuta dell'adesivo-rasante ed in corrispondenza delle aree di pannello interessate dall'incollaggio.

Dati tecnici:

- > Diametro disco: 60 mm
- > Lunghezza espansione: 25 mm
- > Diametro foro: 8 mm

4.2.2.4 Rete di armatura

Rete weber.therm RE145, o equivalente, per realizzazione di armatura di rinforzo dello strato di rasatura mediante posa di rete in fibra di vetro alcali-resistente, con massa areica di 145 g/mq ed ampiezza della maglia 4,0 x 4,5 mm, da applicarsi in interposizione fra la prima e la seconda mano di rasante.

Il prodotto dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- > Lunghezza: 50 m
- > Ampiezza della maglia: 4,0x4,5 mm
- > Spessore: 0.50 mm (valore informativo)



- > Confezioni: rotolo da 50 m²

4.2.2.5 *Primer di preparazione delle superfici*

Primer weber.prim RC14, o equivalente, per la preparazione delle superfici murarie esterne, da trattare con prodotti di finitura silossanici o acrisilossanici; il primer è costituito da resine acriliche e silano-silossaniche in dispersione acquosa, e additivi specifici, da applicarsi manualmente, in una o più passate a seconda del supporto, con pennello o rullo.

Il materiale dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- > Massa volumica: 1,1 kg/lit
- > PH impasto: $8 \pm 0,5$
- > Consistenza: liquido fluido

4.2.2.6 *Finitura esterna*

Webercote siloxcover F-R-M, o equivalente, con la funzione di protezione e decorazione delle superfici murarie esterne con rivestimento colorato silossanico, costituito da resine siliconiche e stirolo-acriliche, inerti selezionati, pigmenti stabili agli U.V. e additivi specifici; il prodotto è da applicarsi manualmente, su superfici preventivamente trattate con idoneo primer o fondo, con spatola in acciaio inox. Il prodotto dovrà essere conforme alla normativa EN 15824.

Il materiale dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- > Reazione al fuoco: EUROCLASSE A2
- > Massa volumica: $1,75 \div 1,85$ kg/lit
- > Assorbimento d'acqua: $W_2 < 0,2 \text{ kg / (m}^2 \cdot h_{0,5})$ (EN 1062-3)
- > Coefficiente di resistenza al passaggio di vapore: $V_1 S_d = 0,11 \mu < 70$ (EN ISO 7783-2)
- > Conduttività termica: $\lambda = 1,1 \text{ W/mK}$ (EN 1745)
- > Caratteristiche del sistema cappotto

Il materiale di rivestimento isolante di facciata sarà posto in opera in aderenza agli elementi costruttivi esterni esistenti. Per la continuità di prestazione del sistema e la riduzione dei ponti termici il rivestimento sarà esteso fino agli elementi di facciata quali le finestre: in particolare in corrispondenza delle finestre si prevede di non rimuovere gli elementi decorativi attualmente presenti (davanzali, cornici laterali e superiori), ma di rivestirli con pannelli di spessore inferiore, previa verifica puntuale dei ponti termici.

4.2.3 *Caratteristiche prestazionali - Rispetto dei Criteri Ambientali Minimi – Decreto 11/10/2017*

All'interno del presente paragrafo viene verificato il rispetto dei requisiti stabiliti dal decreto in esame da parte dei materiali utilizzati in progetto.

Il materiale isolante proposto risponde ai requisiti richiesti dal decreto legge 11/10/2017.

La lana di vetro è sicura e innocua per la salute in quanto composta da fibre biosolubili con-formi alla "nota Q" (Regolamento CE 1272/2008): questo significa che la composizione chimica di questo materiale è tale per cui le fibre, anche qualora venissero inalate, si scioglierebbero facilmente all'interno dei liquidi fisiologici, senza rappresentare dunque un pericolo per la salute dell'uomo. La lana di vetro ha ottime prestazioni in termini di reazione al fuoco. Ha una Classe di reazione al fuoco A2-s1-d0, non alimenta il fuoco e non propaga le fiamme perché è composta da materie



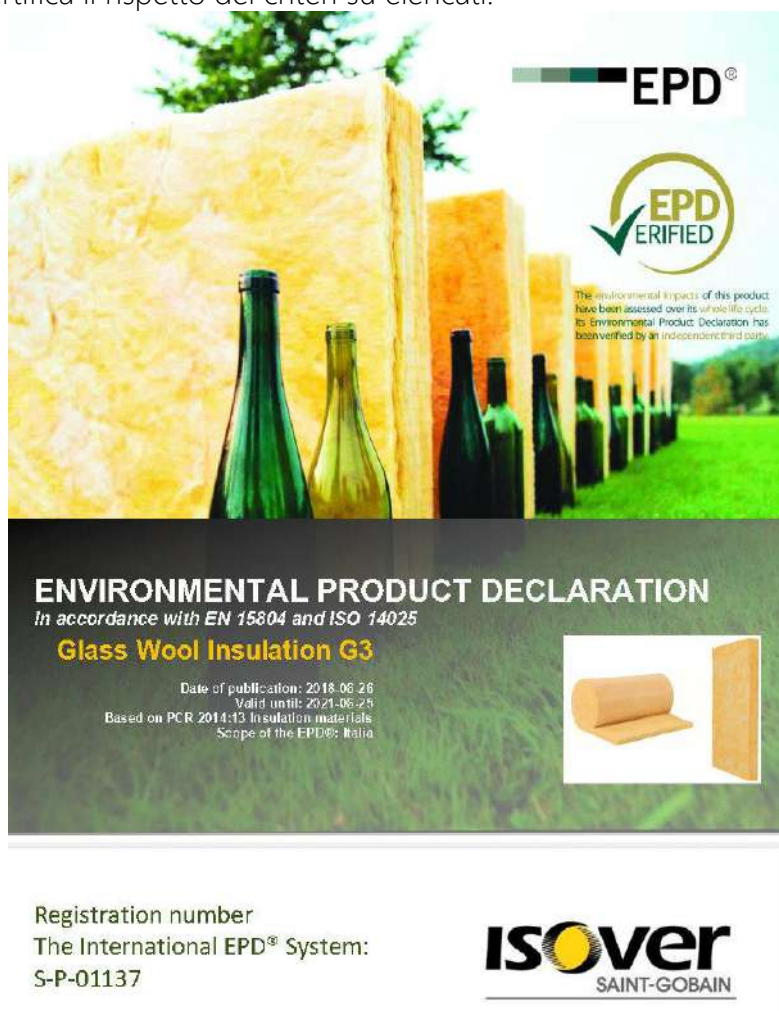
prime inerti come vetro e sabbia. Questo aspetto è particolarmente importante in presenza di incendi che si innescano o dall'interno o dall'esterno dell'edificio.

Il sistema di isolamento termico proposto presenta Classe di reazione al fuoco B2-s1-d0, Euroclasse in accordo con la EN 13501.

Il prodotto scelto fa parte dal progetto Gy.eco, sostenuto dal programma europeo LIFE+, e nasce con l'obiettivo di sviluppare un sistema di gestione e recupero degli scarti a base gesso provenienti fra l'altro dalle attività di posa in cantiere, attraverso numerosi centri di recupero a copertura dell'intero territorio nazionale, dedicati al trattamento specifico dei rifiuti a base di gesso provenienti dal settore delle costruzioni e demolizioni.

La soluzione gestionale garantisce il recupero del 95% del materiale di scarto, con conseguente riduzione degli impatti ambientali e dei costi di smaltimento di un materiale altrimenti trattato come rifiuto.

Il materiale è dotato di una dichiarazione ambientale certificata di Prodotto di tipo III (EPD), dell'allegato 3, conforme alla norma UNI EN 15804 e alla norma ISO 14025, come EPDItaly o equivalenti, che certifica il rispetto dei criteri su elencati.



The image shows a certificate for an Environmental Product Declaration (EPD) for Glass Wool Insulation G3. The top part features a photograph of yellow insulation blocks and green glass bottles. The EPD logo is in the top right corner, with a circular 'EPD VERIFIED' seal below it. The main text reads 'ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATION' and 'In accordance with EN 15804 and ISO 14025'. Below this, it specifies 'Glass Wool Insulation G3'. A small inset image shows a roll of insulation. At the bottom, it provides the registration number 'S-P-01137' and the ISOVER SAINT-GOBAIN logo.

EPD®

EPD VERIFIED

The environmental impacts of this product have been assessed over its whole life cycle. Its Environmental Product Declaration has been verified by an independent third party.

ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATION
In accordance with EN 15804 and ISO 14025
Glass Wool Insulation G3

Date of publication: 2018-06-26
Valid until: 2021-06-25
Based on PCR 2014:13 Insulation materials
Scope of the EPD®: Italia

Registration number
The International EPD® System:
S-P-01137

ISOVER
SAINT-GOBAIN

4.2.4 Miglioramento dell'isolamento acustico

L'intervento di realizzazione di coibentazione di una superficie verticale con isolamento esterno determina un miglioramento delle prestazioni di isolamento acustico.



Per garantire elevati standard acustici, è necessario utilizzare dei materiali caratterizzati da alte prestazioni isolanti in modo di ricreare una contro-parete esterna la quale fa sì che il sistema sia schematizzabile come un sistema massa-molla-massa.

La coibentazione delle murature dall'esterno consente di incrementare l'isolamento acustico delle parti di prospetto "opache".

4.2.5 Modalità di Applicazione

Il cappotto deve essere applicato su un supporto sano, che sia in grado di garantire non solo una corretta adesione del collante ma che abbia anche buone caratteristiche meccaniche.

Le pareti dell'edificio saranno verificate puntualmente per verificare dove il supporto presenti la necessità di essere consolidato, con attenzione particolare alle zone in cui sia stato rimosso il rivestimento in blocchi di ceramica.

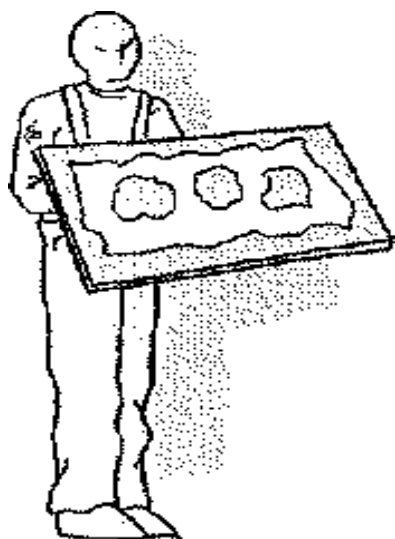
Qualora fosse necessario si dovrà provvedere ad un consolidamento del supporto con un risanamento sostanziale delle facciate.

La prima operazione di applicazione sarà quella di stabilire le quote "0" di partenza del sistema e predisporre gli opportuni profili di partenza atti a contenere i pannelli isolanti. Tali profili verranno applicati meccanicamente al supporto e perfettamente allineati "in bolla", lungo tutto il perimetro dell'edificio.

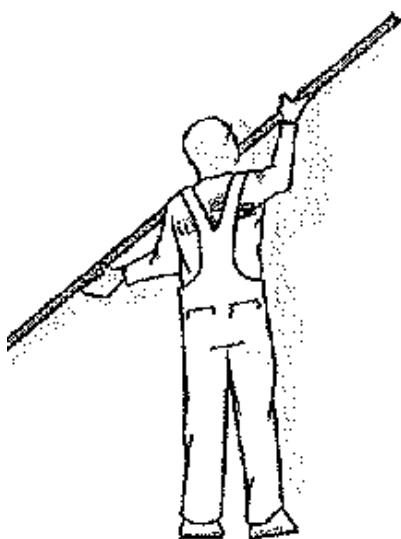


La successiva operazione sarà quella di preparare il collante; la miscelazione dovrà essere eseguita con apparecchiatura meccanica (non a mano) al fine di ottenere una perfetta omogeneizzazione del prodotto. L'applicazione del collante sul pannello isolante dovrà essere effettuata lungo i bordi del pannello ed al centro dello stesso per punti. Tale metodo di incollaggio garantisce una corretta adesione del pannello anche su sottofondi con piccole differenze di planarità.





Applicazione colla



Livellamento



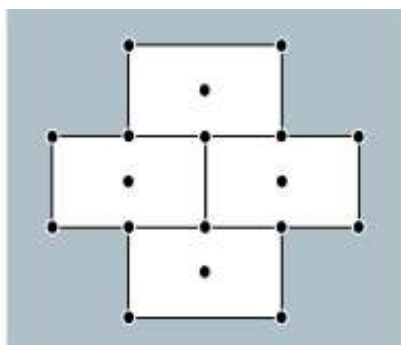
Finitura

L'applicazione dei pannelli al supporto dovrà avvenire partendo dal basso per strisce orizzontali e sfalsando le giunte dei pannelli stessi. Negli angoli del fabbricato si dovranno applicare i pannelli sfalsandone la giunzione.

4.2.5.1 Tassellatura

Particolare cura va posta nella fase di tassellatura al fine di evitare spostamenti di pannelli o modificazioni della planarità della superficie. Il numero di tasselli da installare dipende dalla fascia di altezza e dal materiale con cui è realizzato il muro. Inoltre, nella zona bordi è richiesto l'uso di un numero maggiore di tasselli rispetto alla zona centrale.

I tasselli utilizzati saranno ad avvitamento in polietilene con vite in acciaio galvanizzato. Generalmente sulla superficie dei pannelli vengono applicati 6 tasselli per m².



Schema di tassellatura



Modalità di applicazione dei tasselli



4.2.5.2 Elementi di finitura

Una volta applicati i pannelli isolanti e verificata la planarità si dovrà procedere alla rettifica degli angoli applicando i profili di spigolo con rete. Tali profili dovranno essere applicati con collante/rasante curando la piombatura degli spigoli da realizzare.

La rasatura del cappotto deve essere eseguita unicamente applicando lo strato rasante sulla superficie dei pannelli isolanti (solo dopo la completa asciugatura dello strato di collante) ed inserendo la rete in fibra di vetro che deve essere annegata in modo uniforme sino alla sua completa scomparsa.

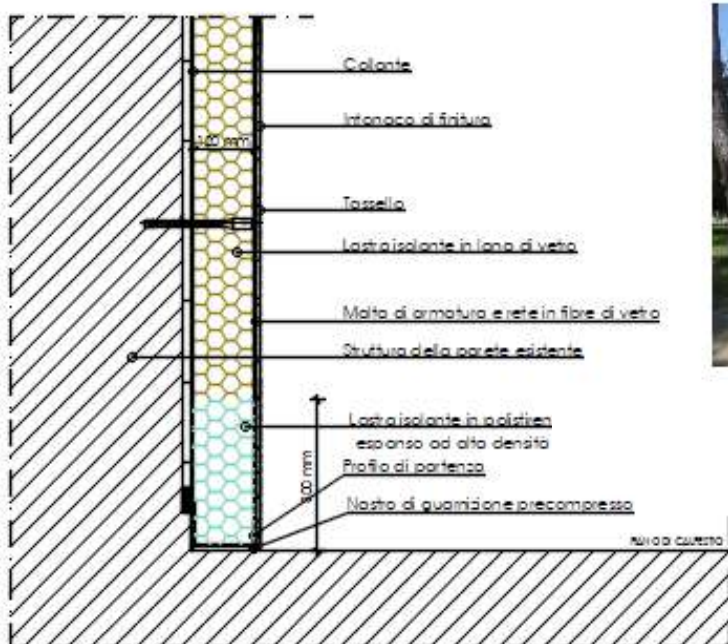
La finitura rappresenta ciò che resta in evidenza a lavoro ultimato e pertanto va curata nei dettagli per ottenere il migliore risultato estetico. Il cappotto richiede finiture specifiche e appositamente formulate e verificate per soddisfare le esigenze tecniche di protezione di un manufatto che è soggetto a rilevanti shock termoigrometrici. Attenzione particolare dovrà essere posta nella sigillatura del cappotto in corrispondenza di collegamenti con altri manufatti (serramenti, davanzali ecc.).

4.2.5.3 Nodi costruttivi

Al fine di consentire un regolare funzionamento del cappotto occorre prevedere dei dispositivi che proteggano e diano continuità al sistema quando questo va a interferire con aggetti o elementi di facciata quali: davanzali finestre, contorno finestre, scossaline, fasce marcapiano, raccordi con piani pilotis ecc.

L'individuazione e la soluzione di questi "nodi costruttivi" del sistema rivestono un'importanza primaria nella realizzazione del progetto. Per una migliore comprensione dei diversi casi e delle diverse tipologie d'intervento si riportano di seguito alcune soluzioni costruttive.

Si riportano di seguito i particolari costruttivi risolutivi di nodi critici relativi all'intervento: per visionare tutti i particolari costruttivi analizzati e per la loro localizzazione all'interno dell'edificio si rimanda alla consultazione degli elaborati grafici.

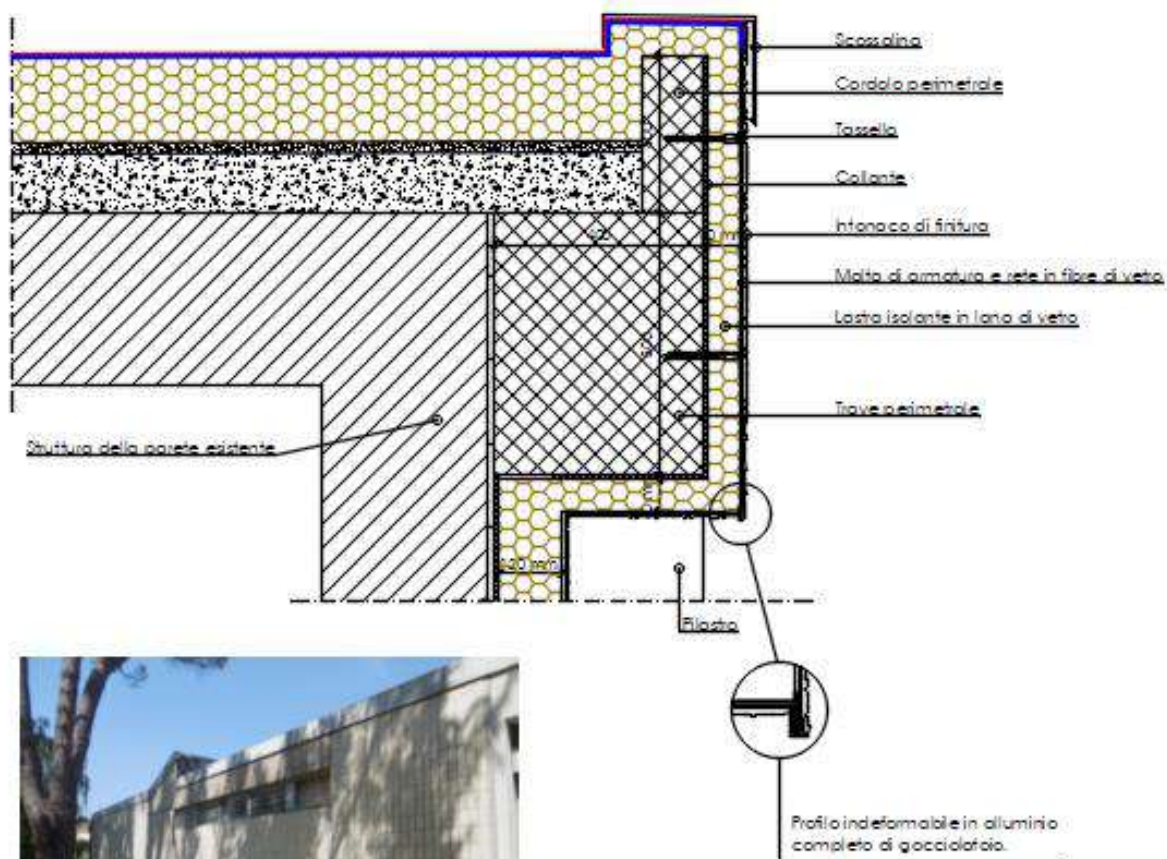


Dettaglio costruttivo



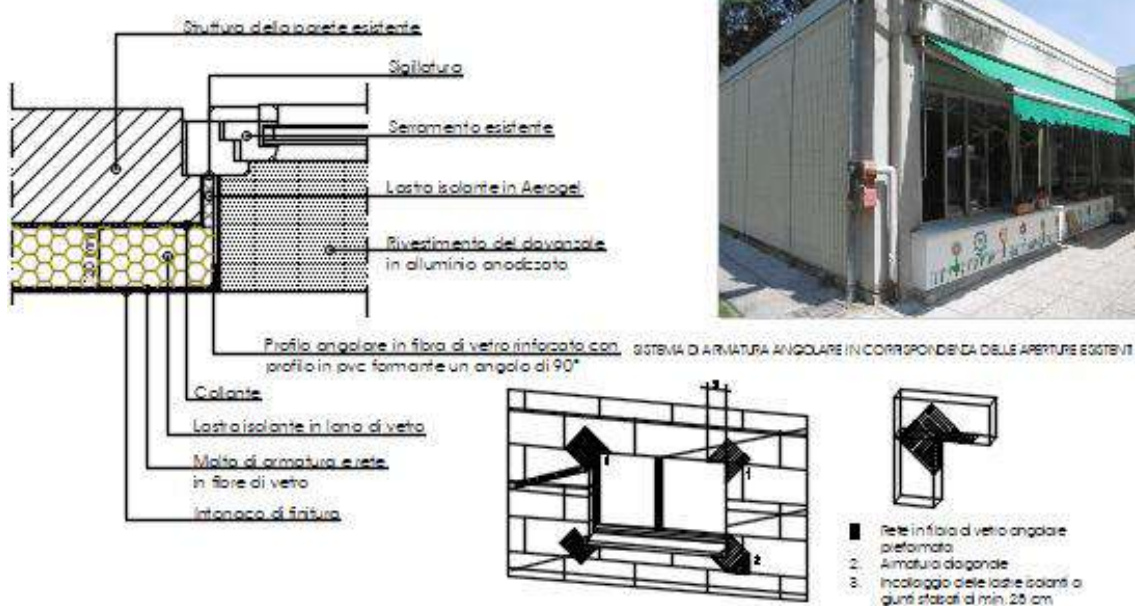
Piano di calpestio





Dettaglio costruttivo

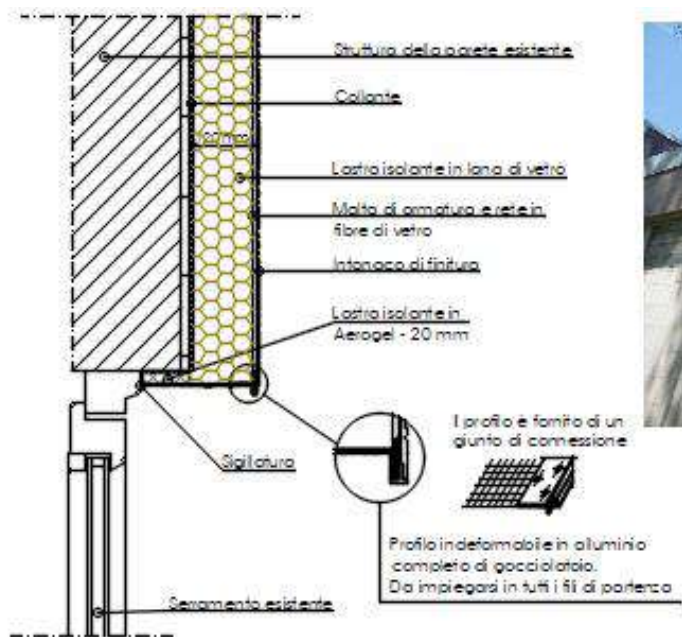
Copertura



Dettaglio costruttivo

Serramento rientrante esistente

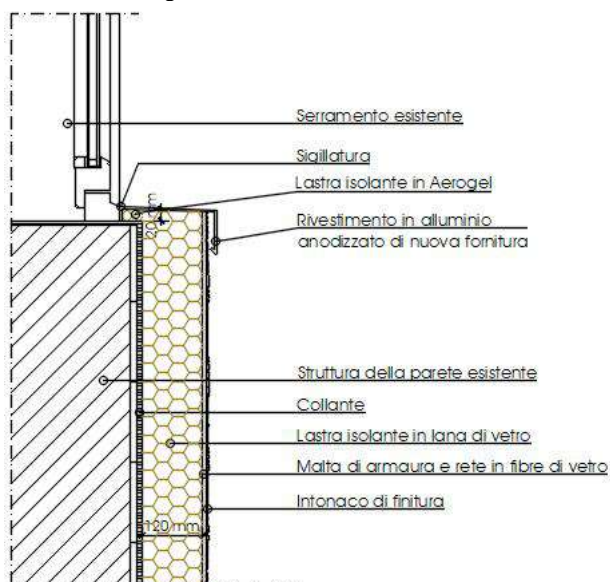




Dettaglio costruttivo



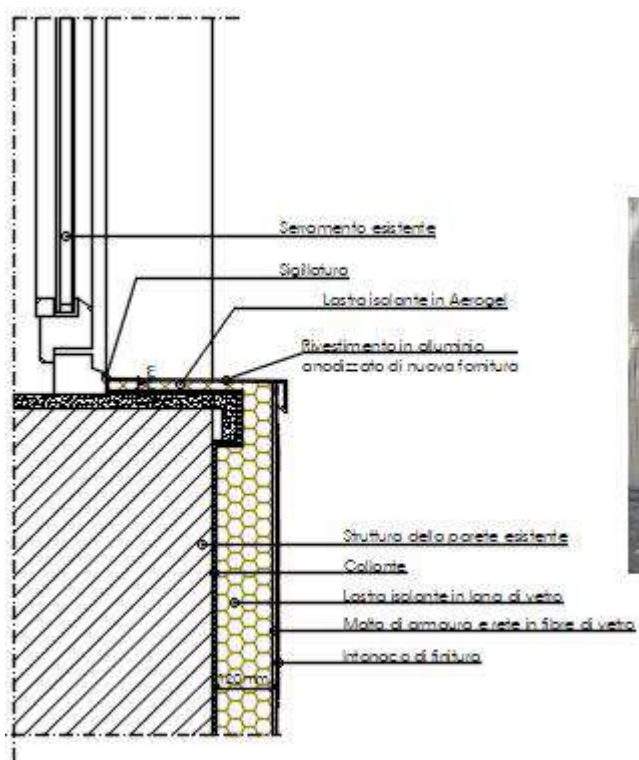
Serramento esistente



Dettaglio costruttivo

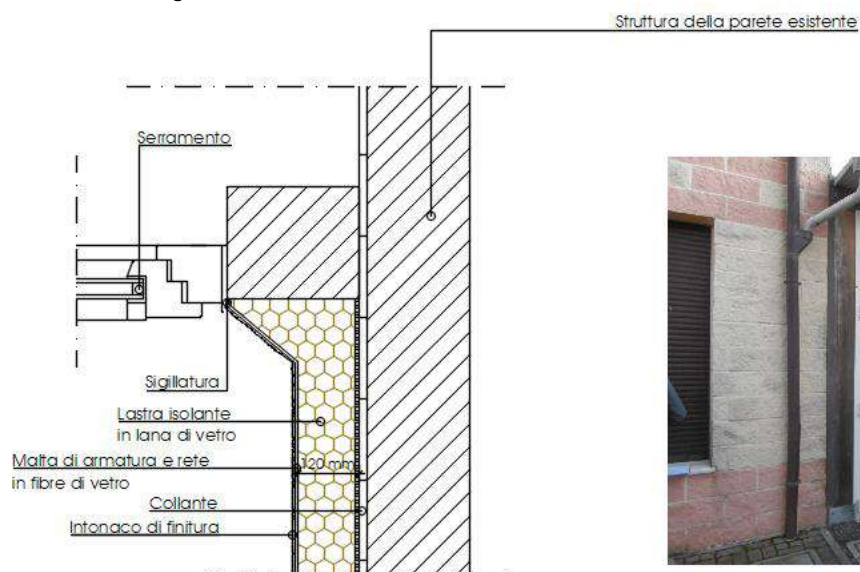


Serramento esistente



Dettaglio costruttivo

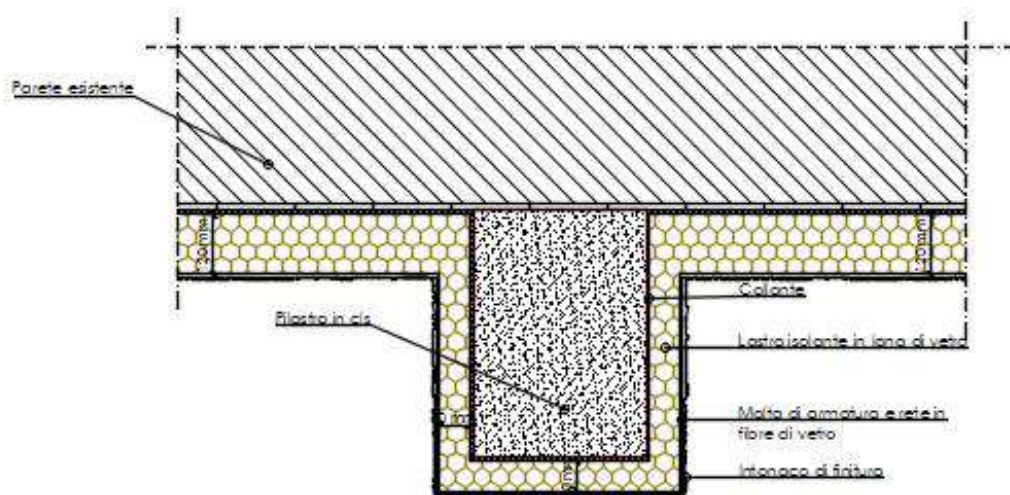
Serramento esistente con davanzale sporgente



Dettaglio costruttivo

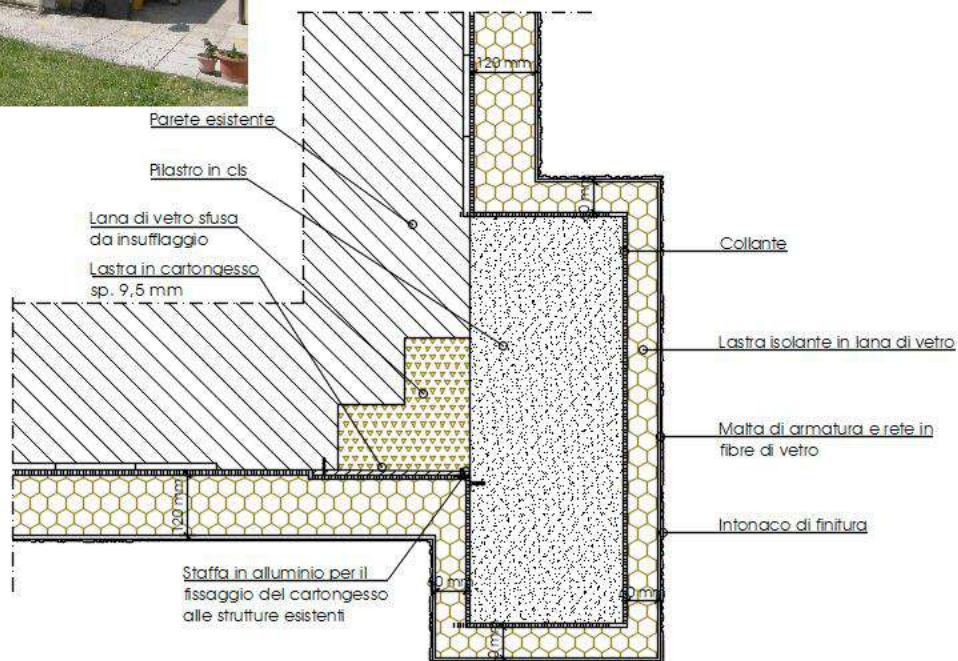
Parete bussola





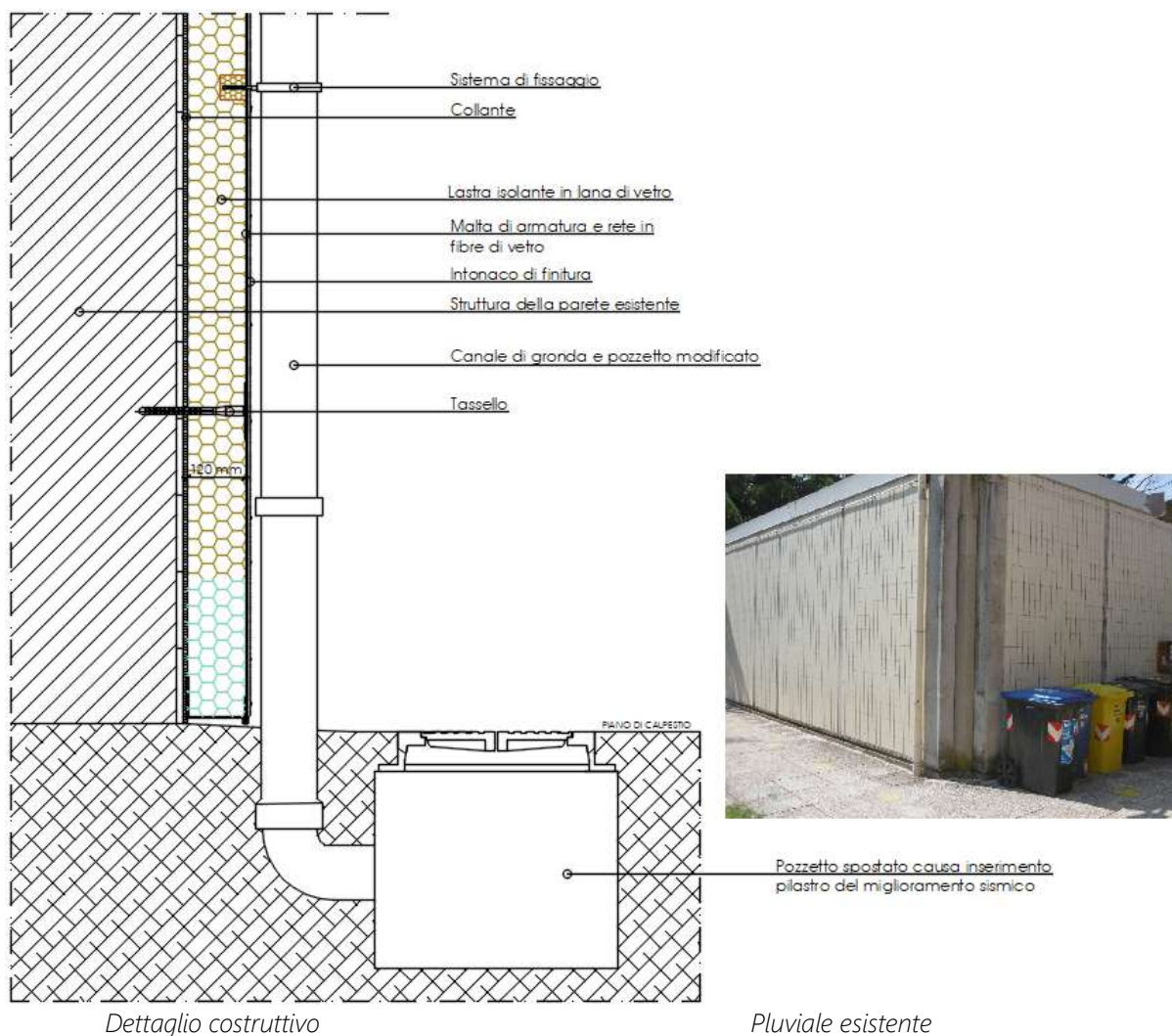
Parete esistente

Dettaglio costruttivo



Parete esistente

Dettaglio costruttivo



4.2.5.4 Finitura esterna

La finitura superficiale delle aree d'intervento sarà realizzata attraverso una rasatura con strato di finitura armato con fibra di vetro.

La decorazione verrà realizzata mediante finitura di colore pari all'esistente a spessore in pasta pronta all'uso specifica per esterni ai silossani previa stesura del preparatore di sottofondo.

Per l'individuazione delle aree d'intervento relative si rimanda alla consultazione degli elaborati grafici di progetto.

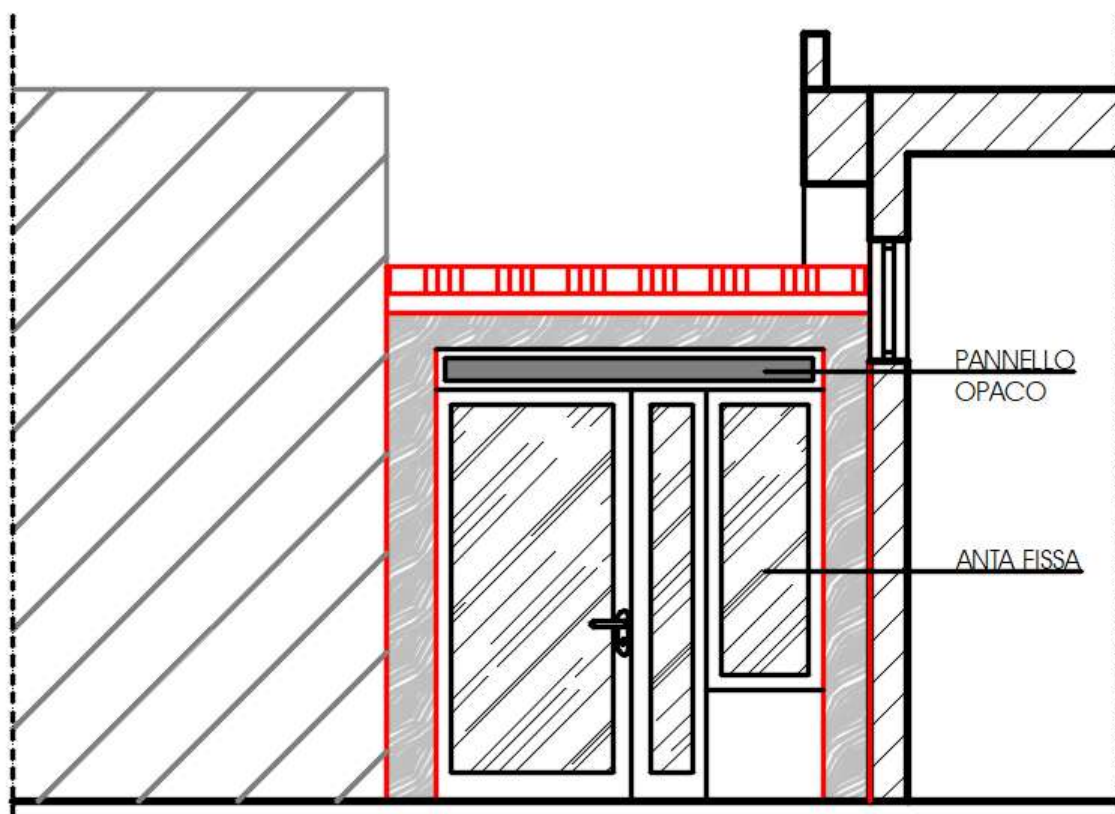
4.2.6 Modifiche bussola di collegamento per interferenze con il progetto strutturale

In adiacenza all'edificio oggetto degli interventi è presente una struttura di edificazione più recente e con la medesima destinazione d'uso; il collegamento tra i due edifici avviene attraverso una bussola, internamente climatizzata, costituita da una struttura portante in legno, con tamponamenti prevalentemente vetrati, e in parte in blocchi di calcestruzzo; la finestratura è costituita da una porta finestra a due ante, una finestra ad anta fissa, posta in corrispondenza del tamponamento in blocchi, e da un sopraluce ad anta fissa lungo tutto lo sviluppo lineare della bussola; di seguito si riporta un'immagine esplicativa.



Bussola di collegamento

In fase progettuale, per permettere la posa degli elementi strutturali del progetto di miglioramento sismico, si prevede la rimozione e la ricostruzione della citata bussola di collegamento, con una altezza ridotta (si rimanda al progetto strutturale per la verifica dimensionale); per ottenere tale riduzione sarà rimosso il sopraluce, che verrà sostituito con un pannello opaco isolato; qui di seguito un'immagine esemplificativa della previsione di ricostruzione della bussola.



Bussola di collegamento – Stato in Progetto

4.2.7 Calcoli progettuali

4.2.7.1 Determinazione delle caratteristiche dell'involucro

Per la determinazione delle caratteristiche dell'involucro edilizio nelle condizioni ex ante ed ex post e delle potenze invernali richieste dalla struttura è stata fatta un'analisi attraverso il programma "Edilclima EC700".



Il software di calcolo, utilizzando le normative UNI TS 11300, segue la metodologia indicata dal Decreto Interministeriale 26/6/2015 ed è validato dal C.T.I. (certificato n°73). Lo strumento è in grado di calcolare i parametri significativi previsti dalle disposizioni normative e legislative nazionali e regionali vigenti.

4.2.7.2 Calcolo delle trasmittanze

Il dimensionamento del componente isolante per le pareti verticali è stato effettuato con lo scopo di ottenere una trasmittanza termica finale inferiore ai limiti previsti dal Decreto interministeriale 16 febbraio 2016 (0,23 W/mq*K), non vincolanti dal punto di vista normativo ma che risultano essere comunque una buona norma costruttiva. Il calcolo delle trasmittanze è stato effettuato secondo le norme UNI EN 12831 - UNI EN ISO 6946 - UNI EN ISO 13370.

La trasmittanza U (UNI EN ISO 6946) si definisce come il flusso di calore che attraversa una superficie unitaria sottoposta a differenza di temperatura pari ad 1°C ed è legata alle caratteristiche del materiale che costituisce la struttura e alle condizioni di scambio termico liminare e si assume pari all'inverso della sommatoria delle resistenze termiche degli strati, ed è definita dalla relazione:

$$U = \left(\frac{1}{R_t} \right)$$
$$R_t = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se}$$

Dove:

- > R_{si} = resistenza superficiale interna della struttura;
- > R_n = resistenza dell'ennesimo strato della struttura;
- > R_{se} = resistenza superficiale esterna.

Di seguito si riportano:

- > Stratigrafia di dettaglio della parete della struttura oggetto di intervento nelle condizioni di stato di fatto;
- > Stratigrafia di dettaglio della parete della struttura oggetto di intervento nelle condizioni di progetto;



4.2.7.2.1 Superfici verticali stato di fatto

CARATTERISTICHE TERMICHE E IGROMETRICHE DEI COMPONENTI OPACHI secondo UNI TS 11300-1 - UNI EN ISO 6946 - UNI EN ISO 13370

Descrizione della struttura: *Parete esterna_30*

Codice: *M1*

Trasmittanza termica **1,119** W/m²K

Spessore **230** mm

Temperatura esterna
(calcolo potenza invernale) **-5,0** °C

Permeanza **0,001** 10⁻¹²kg/sm²Pa

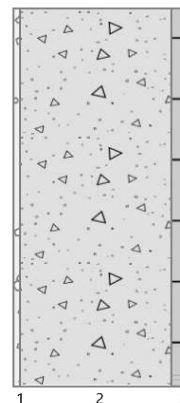
Massa superficiale
(con intonaci) **222** kg/m²

Massa superficiale
(senza intonaci) **206** kg/m²

Trasmittanza periodica **0,573** W/m²K

Fattore attenuazione **0,512** -

Sfasamento onda termica **-7,4** h



Stratigrafia:

N.	Descrizione strato	s	Cond.	R	M.V.	C.T.	R.V.
-	Resistenza superficiale interna	-	-	0,130	-	-	-
1	Intonaco di gesso e sabbia	10,00	0,8000	0,013	1600	1,00	10
2	C.I.S. in genere	200,00	0,3000	0,667	800	1,00	96
3	Piastrelle in ceramica (piastrelle)	20,00	1,3000	0,015	2300	0,84	9999999
-	Resistenza superficiale esterna	-	-	0,069	-	-	-

Legenda simboli

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



4.2.7.2.2 Superfici verticali stato di progetto

CARATTERISTICHE TERMICHE E IGROMETRICHE DEI COMPONENTI OPACHI secondo UNI TS 11300-1 - UNI EN ISO 6946 - UNI EN ISO 13370

Descrizione della struttura: *Parete esterna_30 Cappotto*

Codice: *M1*

Trasmittanza termica **0,226** W/m²K

Spessore **360** mm

Temperatura esterna
(calcolo potenza invernale) **-5,0** °C

Permeanza **0,001** 10⁻¹²kg/sm²Pa

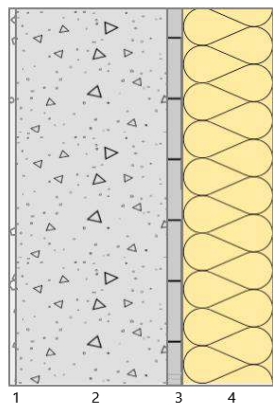
Massa superficiale
(con intonaci) **247** kg/m²

Massa superficiale
(senza intonaci) **213** kg/m²

Trasmittanza periodica **0,030** W/m²K

Fattore attenuazione **0,134** -

Sfasamento onda termica **-11,7** h



Stratigrafia:

N.	Descrizione strato	s	Cond.	R	M.V.	C.T.	R.V.
-	Resistenza superficiale interna	-	-	0,130	-	-	-
1	Intonaco di gesso e sabbia	10,00	0,8000	0,013	1600	1,00	10
2	C.I.S. in genere	200,00	0,3000	0,667	800	1,00	96
3	Piastrelle in ceramica (piastrelle)	20,00	1,3000	0,015	2300	0,84	9999999
4	Pannello in lana di vetro Klima34 G3 sp 120 mm	120,00	0,0340	3,529	55	1,03	1
5	Intonaco di cemento e sabbia	10,00	1,0000	0,010	1800	1,00	10
-	Resistenza superficiale esterna	-	-	0,069	-	-	-

Legenda simboli

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



4.2.7.3 *Dettagli costruttivi dei ponti termici*

L'intervento di coibentazione delle superfici delimitanti gli ambienti climatizzati consente di ridurre sia le dispersioni dell'involucro edilizio per trasmissione termica, che le dispersioni derivanti dai ponti termici della struttura.

Nella redazione del presente progetto è stata posta particolare attenzione all'individuazione ed alla risoluzione dei ponti termici derivanti dall'intervento di installazione di isolamento a cappotto. Trattandosi di un intervento realizzato su di un edificio esistente non è stato possibile risolvere la totalità di tali problematiche ma laddove possibile sono tutti stati risolti.

Di seguito vengono riportate le caratteristiche costruttive dei ponti termici nelle condizioni ex ante ed ex post da un punto di vista di valutazione energetica.

4.2.7.3.1 **Ponte termico parete-copertura allo stato di fatto**

Per maggiori dettagli in merito si rimanda **all'elaborato 04-** Relazione di calcolo.

4.2.7.3.2 **Ponte termico parete-copertura allo stato di progetto**

Per maggiori dettagli in merito si rimanda **all'elaborato 04-** Relazione di calcolo.

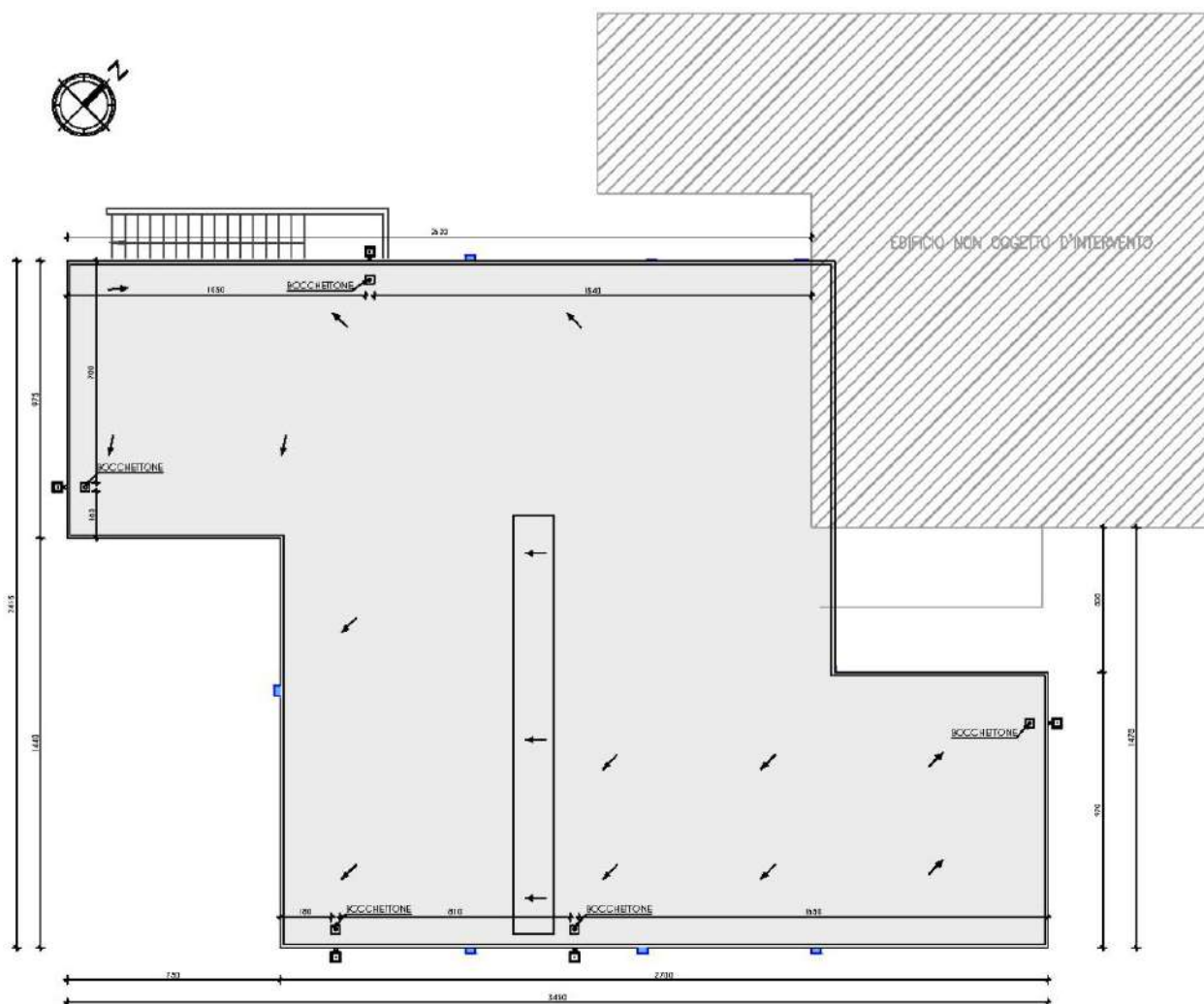


5 Descrizione tecnica dell'intervento di isolamento della copertura piana

5.1 Localizzazione dell'intervento

L'intervento in esame consiste nell'isolamento all'estradosso del solaio piano di copertura dell'edificio.

L'area di intervento è individuata nell'immagine che segue:



Planimetria piano copertura – Individuazione area di intervento

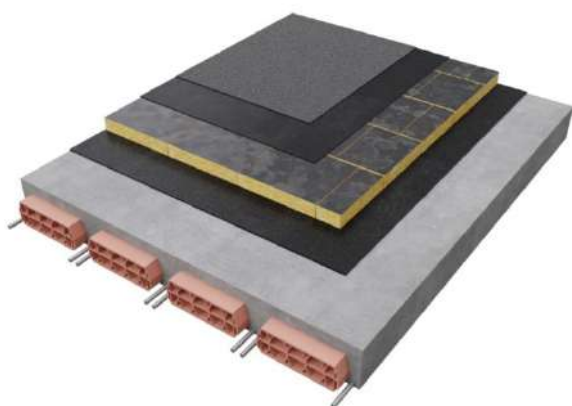
5.2 Descrizione dell'intervento

Il presente intervento, prevede la realizzazione di un sistema isolante sulla copertura esistente dell'edificio in esame.

Nella figura seguente è rappresentata la stratigrafia dei componenti essenziali del sistema proposto costituito da:

- > PRIMER Bituver Ecoprimer o similare.
- > BARRIERA AL VAPORE Bituver Aluvapor Tender 3 mm o similare.
- > COLLANTE BITUMINOSO Bituver Bitumastic o similare.
- > STRATO DI MATERIALE ISOLANTE (INFERIORE) in lana di vetro Isover Superbac N Roofline G3 o similare.
- > STRATO DI MATERIALE ISOLANTE (SUPERIORE) in lana di vetro Isover Superbac Roofline G3 o similare.

- > PRIMO ELEMENTO DI TENUTA Bituver Monover 4 mm P o similare.
- > SECONDO ELEMENTO DI TENUTA Bituver Elastomat Mineral TF o similare, con finitura in ardesia bianca riflettente.



Vista esploso stratigrafico



Vista dettaglio realizzativo

Le zone interessate dall'intervento sono dettagliatamente rappresentate sugli elaborati grafici di progetto.

5.2.1 *Adattamento sistema di scarico delle acque pluviali*

La realizzazione del cappotto termico comporta un aumento di spessore delle murature esterne; questa modifica, unitamente alle trasformazioni imposte dal progetto di adeguamento sismico dell'edificio, che prevede la realizzazione di nuovi pilastri e travi in c.a., comporta la necessità di riadattamento del sistema di scarico delle acque pluviali.

In particolare sarà necessario spostare i chiusini posti in copertura e i pluviali esterni, oltre ai pozzetti interrati localizzati lungo il perimetro dell'edificio.

Si sottolinea infine che, per permettere il passaggio dei tratti di tubazione di raccordo tra i chiusini e i pluviali, sarà necessario predisporre i relativi fori nel nuovo cordolo, posto superiormente alla trave, previsto dal progetto strutturale.

5.3 Criteri di dimensionamento

Lo spessore dell'isolamento è stato selezionato in ragione dei seguenti aspetti:

- > Caratteristiche del solaio di partenza;
- > Trasmittanza desiderata dopo l'intervento di riqualificazione;
- > Limiti normativi in vigore.

Le valutazioni relative alla definizione dello spessore dell'isolante, e di conseguenza della trasmittanza obiettivo, sono state effettuate nell'ambito dello svolgimento della diagnosi energetica, tramite il programma EC 700 di Edilclima.

I valori limite di trasmittanza termica U delle chiusure tecniche opache orizzontali, verso l'esterno e verso ambienti non climatizzati soggette a riqualificazione, sono i seguenti:

- > *Limiti imposti dalla normativa, ovvero:*



> Decreto Regionale 1715/2016

D.1.2 TRASMITTANZA TERMICA DEI COMPONENTI EDILIZI: CHIUSURE OPACHE ORIZZONTALI O INCLINATE SUPERIORI

1. Ad eccezione della categoria E.8, il valore della trasmittanza termica (U) per le strutture opache orizzontali o inclinate superiori (coperture), delimitanti il volume riscaldato verso l'esterno, deve essere inferiore o uguale a quello riportato, in funzione della fascia climatica di riferimento, nella seguente tabella:

Trasmittanza termica U delle strutture opache orizzontali o inclinate di copertura, verso l'esterno soggette a riqualificazione

Zona climatica	U (W/m²K)	
	2015	2021
D	0,28	0,26
E	0,26	0,24
F	0,24	0,22

> D.M. 16/02/2016 "Conto Termico"

i. Strutture opache orizzontali: isolamento coperture
(calcolo secondo le norme UNI EN ISO 6946)

Zona climatica A	$\leq 0,27 \text{ W/m}^2\text{K}$
Zona climatica B	$\leq 0,27 \text{ W/m}^2\text{K}$
Zona climatica C	$\leq 0,27 \text{ W/m}^2\text{K}$
Zona climatica D	$\leq 0,22 \text{ W/m}^2\text{K}$
Zona climatica E	$\leq 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$
Zona climatica F	$\leq 0,19 \text{ W/m}^2\text{K}$

Il valore più restrittivo è quello del Conto Termico, che è stato quindi adottato che valore limite.

5.4 Caratteristiche tecniche dei materiali

L'isolamento della copertura prevede la realizzazione di un sistema di copertura così definito:

- > Copertura piana in laterocemento occasionalmente praticabile isolata con membrana impermeabilizzante in doppio strato Broof (t2).

I componenti del sistema saranno i seguenti (dall'interno verso l'esterno):

5.4.1 Primer bituminoso

- > PRIMER Bituver Ecoprimer o similare, primer bituminoso a base acqua, favorisce l'adesione delle membrane bituminose a supporto, eliminando asperità e porosità eccessive.



CARATTERISTICHE GENERALI

Aspetto		Liquido
Colore		Marrone (nero quando asciutto)
Stabilità nei vasi originali chiusi		12 mesi
Residuo secco a 130 °C	EN ISO 3251	23% - 27%
Viscosità DIN 53211 diametro ugello 4 a 20 °C		18" - 24"
Peso specifico a 20 °C	EN ISO 2811-1	1,00 kg/l 3 0,03
Tempi di asciugatura		30' - 60' *
pH a 20° C		8 - 11

5.4.2 Barriera al vapore

- > Bituver Aluvapor Tender 3 mm o similare, membrana elastoplastomerica con una particolare armatura composta da una lamina di alluminio goffrata, accoppiata ad un velo di vetro. Flessibilità a freddo -5°C.

Dati tecnici

Caratteristica	Normativa	Aluvapor Tender PA	Toll.
Difetti visibili	UNI EN 1850-1	assenti	-
Rettilinearità	UNI EN 1848-1	10 mm	≤
Impermeabilità all'acqua	UNI EN 1928	60 kPa	≥
Fless. a freddo	UNI EN 1109	- 5 °C	≤
Stabilità di forma a caldo	EN 1110	120 °C	≥
Stabilità di forma a caldo dopo invecchiamento	UNI EN 1296 UNI EN 1110	110 °C	- 10 °C
Resistenza a trazione a rottura L/T	UNI EN 12311-1	250/120 N/50 mm	- 20 %
Allungamento a rottura L/T	UNI EN 12311-1	15/20 %	- v.a
Res. alla trazione delle giunzioni L/T	UNI EN 12317-1	400/400 N/50 mm	- 20 %
Res. alla lacerazione (metodo B) L/T	UNI EN 12310-1	100/100 N	- 30 %
Res. al punz. dinamico	UNI EN 12691	500 mm	≥
Sd	EN 13859-1	1 072 m	-
Permeabilità al vapore*	UNI EN 1931	μ 1 500 000	-
Reazione al fuoco	EN 13501-1	E	-
Resistenza al fuoco esterno	EN 13501-5	F roof	-
Impermeabilità all'acqua dopo esposizione agli agenti chimici/ invecchiamento artificiale	UNI EN 1928 UNI EN 1847/ UNI EN 1296	NPD	-
Destinazioni d'uso	EN 13707 Sistema 2+ EN 13970 Sistema 3	Sottostrato Strato intermedio Strato bituminoso per il controllo del vapore	

5.4.3 Collante bituminoso

- > Bituver Bitumastic o similare, composto da mastice in emulsione acquosa chimicamente inerte, non tossico e privo di solventi.



CARATTERISTICHE GENERALI

Aspetto		Pasta tixotropica
Colore		Nero dopo asciugatura
Stabilità nei vasi originali chiusi		12 mesi
Residuo secco a 130 °C	EN ISO 3251	49% - 55%
Viscosità Brookfield a 20°C (gir. n. 5 - 6 rpm)	EN ISO 3219	38.000 cP 3 7.500
Peso specifico a 20 °C	EN ISO 2811-1	1,10 kg/l 3 0,03
pH a 20° C		8 - 9
Tempo di asciugatura		90 - 120 min. *

5.4.4 Pannello isolante termoacustico

I pannelli selezionati sono in lana di vetro G3 ad altissima densità, o materiale simile, idrorepellente, trattata con resina termoindurente a base di componenti organici e vegetali. Le fibre conferiscono un'elevata resistenza meccanica.

Il pannello è rivestito con uno strato di bitume, armato con un velo di vetro e con un film di polipropilene.

- > STRATO DI MATERIALE ISOLANTE (INFERIORE) in lana di vetro Isover Superbac N Roofline G3 o simile di spessore 80 mm, avente resistenza alla compressione di 50 kPa senza rivestimento.
- > STRATO DI MATERIALE ISOLANTE (SUPERIORE) in lana di vetro Isover Superbac Roofline G3 o simile di spessore 80 mm, avente resistenza alla compressione di 50 kPa, e rivestito su una faccia con un velo di vetro bitumato.

Di seguito se ne riportano le caratteristiche tecniche:

Dati Tecnici

Caratteristica	Normativa	Valore	Unità di misura
Conducibilità termica dichiarata λ_D	EN 12667	0.037	W/(m·K)
Resistenza alla compressione con deformazione del 10%	EN 826	>50	kPa
Resistenza al carico puntuale spessori 50 + 60 mm	EN 12430	>600	N
Resistenza al carico puntuale spessori 80 + 120 mm	EN 12430	>800	N
Resistenza alla trazione perpendicolare alle facce	EN 1607	>10	kPa
Resistività al flusso d'aria	EN 29053	50	kPa·s/mq
Classe di reazione al fuoco (versione N)	EN 13501-1	A2-s1, d0	-



Classe di reazione al fuoco (versione bitumata)	EN 13501-1	F	-
Resistenza alla diffusione del vapore acqueo μ (versione N)	EN 12086	1	-
Resistenza alla diffusione del vapore acqueo μ (versione bit.)	EN 12086	20.000	-
Stabilità dimensionale	EN 1604	≤ 1	%
Tolleranze dimensionali: lunghezza	EN 822	$\pm 2\%$	%
Tolleranze dimensionali: larghezza	EN 822	$\pm 1,5\%$	%
Tolleranze dimensionali: spessore	EN 823	T2	mm
Squadratura	EN 824	≤ 5	mm/m
Planarità	EN 825	≤ 6	mm
Calore specifico	EN 12524	1.030	J/Kg-K

5.4.5 Primo elemento di tenuta

- > Bituver Monover 4 mm P o similare, membrana elastomerica con speciale miscela BPE realizzata con tecnologia produttiva BituverTech®, incollata a fiamma. Flessibilità a freddo -20°C. L'armatura è costituita da un tessuto non tessuto di poliestere da filo continuo rinforzato con fili di rinforzo in fibra di vetro.

Dati tecnici

Caratteristica	Normativa	Monover P	Monover mineral P	Tolleranze
Difetti visibili	UNI EN 1850-1	assenti	assenti	-
Rettilinearità	UNI EN 1848-1	10 mm	10 mm	$\leq$
Impermeabilità all'acqua	UNI EN 1928	100 kPa	100 kPa	$\geq$
Fless. a freddo	UNI EN 1109	- 20 °C	- 20 °C	$\leq$
Fless. a freddo dopo invecchiamento	UNI EN 1296 UNI EN 1109	- 15 °C	- 15 °C	+ 15 °C
Stabilità dimensionale L	UNI EN 1107-1	- 0,3 %	- 0,3 %	$\geq$
Stabilità di forma a caldo	EN 1110	100 °C	100 °C	$\geq$
Stabilità di forma a caldo dopo l'invecchiamento	UNI EN 1296 UNI EN 1110	-	90 °C	- 10 °C
Resistenza a trazione a rottura L/T	UNI EN 12311-1	850/650 N/50 mm	850/650 N/50 mm	- 20 %
Resistenza alla trazione delle giunzioni L/T	UNI EN 12317-1	750/550 N/50 mm	750/550 N/50 mm	- 20 %
Allungamento a rottura L/T	UNI EN 12311-1	50/50 %	50/50 %	- 15 v.a.
Res. alla lacerazione (metodo B) L/T	UNI EN 12310-1	170/180 N	170/180 N	- 30 %
Res. a carico statico	UNI EN 12730	20 Kg	20 Kg	$\geq$
Res. al punz. dinamico	UNI EN 12691	1250 mm	1250 mm	$\geq$
Permeabilità al vapore	UNI EN 1931	μ 20000	μ 20000	-
Reazione al fuoco	EN 13501-1	E	E	-
Resistenza al fuoco esterno	EN 13501-5	F roof	F roof	-
Adesione dei granuli	UNI EN 12039	-	30%	$\leq$
Impermeabilità all'acqua dopo esposizione agli agenti chimici/ invecchiamento artificiale	UNI EN 1928 UNI EN 1847/ UNI EN 1296	NPD	-	-



5.4.6 Secondo elemento di tenuta

- > Bituver Elastomat Mineral TF o similare, membrana elastomerica con speciale mescola SBS, incollata a fiamma. Flessibilità a freddo -20°C. L'armatura è costituita da un tessuto non tessuto di poliestere rinforzato con fili di rinforzo in fibra di vetro. La membrana Elastomat Mineral 4 mm P presenta uno strato di finitura ardesiata. La finitura ardesiata dovrà essere nella versione riflettente.

Dati tecnici

Caratteristica	Normativa	Elastomat Mineral TF	Tolleranze
Difetti visibili	UNI EN 1850-1	assenti	-
Rettilinearità	UNI EN 1848-1	10 mm	≤
Impermeabilità all'acqua	UNI EN 1928	60 kPa	≥
Fless. a freddo	UNI EN 1109	- 20 °C	≤
Fless. a freddo dopo invecchiamento	UNI EN 1109	- 15 °C	+15 °C
Stabilità dimensionale L	UNI EN 1107-1	- 0,3 %	≥
Stabilità di forma a caldo	EN 1110	100 °C	≥
Resistenza a trazione a rottura L/T	UNI EN 12311-1	600/400 N/50 mm	- 20 %
Allungamento a rottura L/T	UNI EN 12311-1	35/35 %	- 15 v.a.
Res. alla lacerazione (metodo B) L/T	UNI EN 12310-1	140/140 N	- 30 %
Res. a carico statico	UNI EN 12730	10 Kg	≥
Res. al punz. dinamico	UNI EN 12691	800 mm	≥
Permeabilità al vapore	UNI EN 1931	μ 20000	-
Reazione al fuoco	EN 13501-1	E	-
Resistenza al fuoco esterno	EN 13501-5	BRoof (t2)	-
Adesione dei granuli	UNI EN 12039	30%	-

5.5 Caratteristiche prestazionali - Rispetto dei Criteri Ambientali Minimi – Decreto 11/10/2017

All'interno del presente paragrafo viene verificato il rispetto dei requisiti stabiliti dal decreto in esame da parte dei materiali utilizzati in progetto.

Il materiale isolante proposto risponde ai requisiti richiesti dal decreto legge 11/10/2017.

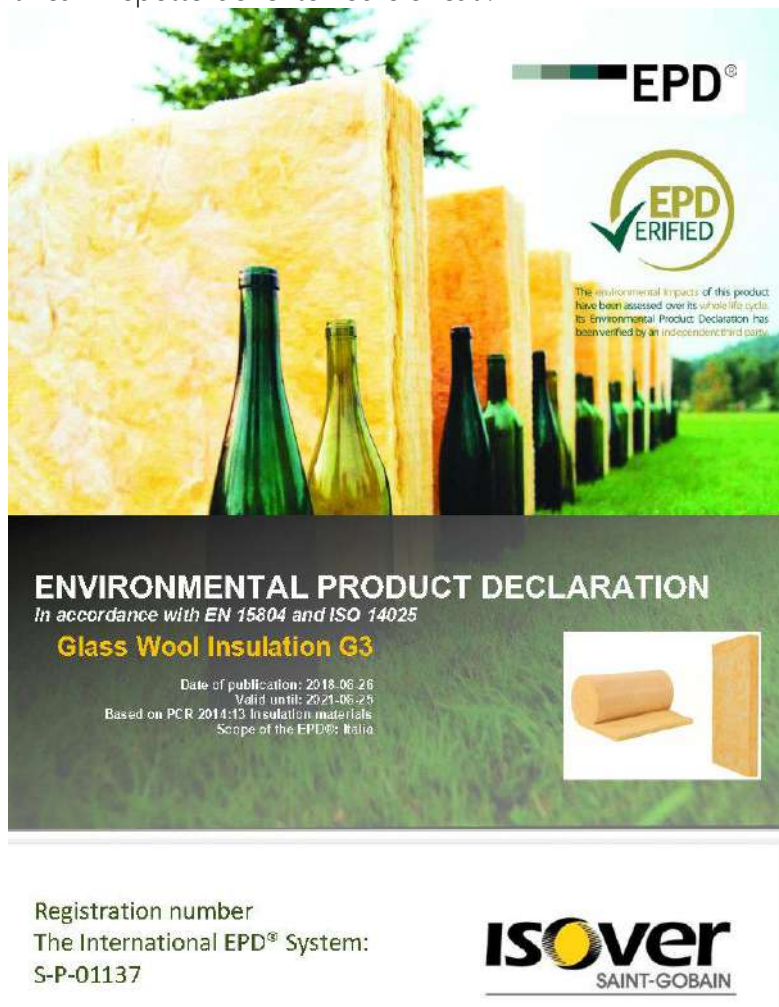
La lana di vetro è sicura e innocua per la salute in quanto composta da fibre biosolubili con-formi alla "nota Q" (Regolamento CE 1272/2008): questo significa che la composizione chimica di questo materiale è tale per cui le fibre, anche qualora venissero inalate, si scioglierebbero facilmente all'interno dei liquidi fisiologici, senza rappresentare dunque un pericolo per la salute dell'uomo. La lana di vetro ha ottime prestazioni in termini di reazione al fuoco. Ha una Classe di reazione al fuoco A2-s1-d0, non alimenta il fuoco e non propaga le fiamme perché è composta da materie prime inerti come vetro e sabbia. Questo aspetto è particolarmente importante in presenza di incendi che si inneschino o dall'interno o dall'esterno dell'edificio.

Il sistema di isolamento termico proposto presenta Classe di reazione al fuoco A2-s1-d0, Euroclasse in accordo con la EN 13501.



La soluzione gestionale garantisce il recupero del 95% del materiale di scarto, con conseguente riduzione degli impatti ambientali e dei costi di smaltimento di un materiale altrimenti trattato come rifiuto.

Il materiale è dotato di una dichiarazione ambientale certificata di Prodotto di tipo III (EPD), dell'allegato 3, conforme alla norma UNI EN 15804 e alla norma ISO 14025, come EPDItaly o equivalenti, che certifica il rispetto dei criteri su elencati.



5.6 Modalità di realizzazione e posa in opera

Il pacchetto di copertura, oltre al materiale isolante prevede:

- > Inferiormente, uno strato di barriera al vapore;
- > Superiormente, un doppio strato impermeabilizzante.

Di seguito si dettagliano le fasi di posa.

5.6.1 Fasi di posa della nuova copertura

La posa del nuovo manto di copertura prevede le seguenti fasi.

1. Rimozione del manto impermeabile esistente, fino al sottofondo esistente
2. Preparazione del piano di posa

Eliminazione dal piano di posa di sabbia, ghiaia, e di ogni asperità che possa compromettere l'aderenza o provocare il punzonamento del manto impermeabile.

Regolarizzazione la superficie di posa colmando eventuali buchi o avvallamenti.



3. Gestione del vapore

Prima di posare l'elemento termoisolante sarà necessario prevedere la posa di una barriera al vapore, in modo tale da eliminare il rischio di imbibimento del materiale isolante e del suo conseguente deterioramento. La posa dell'elemento di controllo termoigrometrico prevede:

- > applicare a secco sulla superficie di posa uno strato di diffusione del vapore, costituito da un prodotto forato bitumato, Bituver Bitumat V12 Forato;
- > posare la barriera al vapore, costituita da una membrana armata con velo di vetro e lamina di alluminio, Bituver Aluvapor Tender, incollandola mediante sfiammatura con un cannello a gas propano;
- > applicare l'elemento termoisolante (come indicato nel successivo paragrafo);
- > valutare le condizioni termoigrometriche dell'ambiente sotto la copertura e prevedere l'installazione di un adeguato numero di aeratori (caminetti di ventilazione)

4. Posa dell'isolante

Allo scopo di evitare ponti termici, accostare accuratamente tra loro i pannelli, a giunti sfalsati, adottando tutti gli accorgimenti che ne evitino il distaccamento in fase di posa. Il pannello rivestito superiormente con uno strato bituminoso sfiammabile, come Isover SuperBac Roofline® G3, dovrà essere posato mantenendo la parte rivestita verso l'alto. La posa dei pannelli isolanti può avvenire:

- > a secco: questo metodo è applicabile su coperture con pendenza inferiore al 5% dotate di una protezione pesante;
- > mediante incollaggio con mastice bituminoso, come Bituver Bitumastic. Questo metodo, comunque consigliabile sulle coperture piane, diviene obbligatorio sulle coperture inclinate (con pendenza superiore al 5%);
- > con fissaggio meccanico. Sull'inclinazione è prevista una protezione pesante, in caso di forte vento o su coperture con pendenza superiore al 5%, si raccomanda oltre al mastice bituminoso, il fissaggio meccanico dei pannelli. Il numero minimo dei fissaggi meccanici sarà definito in fase di progettazione e varierà secondo le condizioni climatiche e la pendenza della copertura.

Si raccomanda di applicare non meno di 5 fissaggi per pannello (uno al centro e gli altri negli angoli, a una distanza di circa 5 cm dai bordi). Il fissaggio meccanico è comunque fortemente consigliato in corrispondenza delle zone perimetrali della copertura, che sono maggiormente soggette alla depressione del vento e quindi al rischio di sollevamento del manto.

5. Applicazione delle membrane bitume-polimero

Srotolare preliminarmente i rotoli e sistemarli nell'esatta collocazione di posa per verificarne il corretto allineamento; Disporre i teli in modo tale da impedire la sovrapposizione di più di tre strati sulla superficie da impermeabilizzare; La superficie del telo rivestita con film plastico termofusibile deve essere rivolta verso il basso; Sulle coperture piane iniziare la disposizione dei teli dal punto più basso del piano, dove sono posti i bocchettoni di scarico; Si consiglia di posare i teli parallelamente alla pendenza della copertura; Sovrapporre i teli lateralmente per circa 10 cm, in corrispondenza delle giunzioni di testa si consiglia di adottare un sormonto di 20 cm; Riavvolgere i teli sino a circa metà della loro lunghezza e procedere al fissaggio della prima metà, riscaldando con la fiamma di un cannello a gas propano la superficie inferiore della membrana (quella rivestita con film plastico). Agire con il cannello in maniera uniforme, sino a far rinvenire lo strato superficiale della massa impermeabilizzante bituminosa; Fissare analogamente la seconda metà di ogni rotolo; Ripassare a caldo le sovrapposizioni seguendo le istruzioni riportati al punto successivo.

> SORMONTI MONO E BI-STRATO

Si eseguirà un sormonto laterale di circa 10 cm e uno di testa di circa 20 cm. Durante la saldatura a fiamma delle sovrapposizioni laterali e di testa, parte della massa bituminosa fusa deve fluire e oltrepassare di 10 mm circa la linea di giunzione;

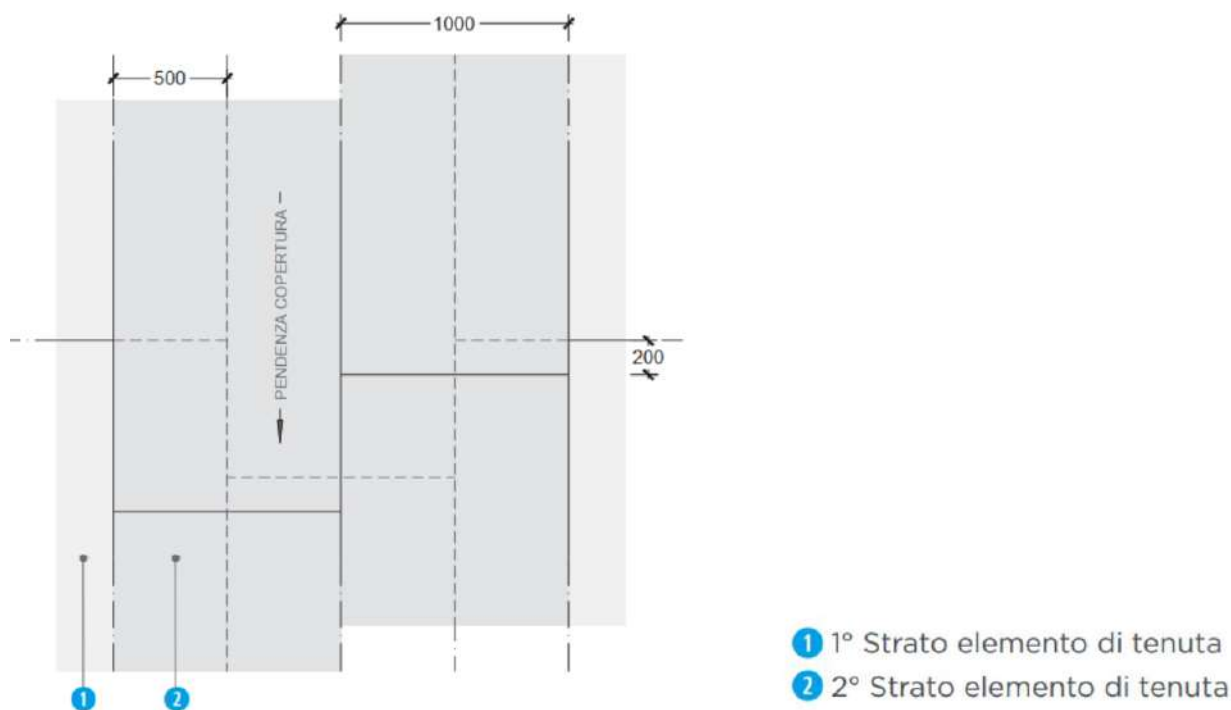
Per quanto riguarda la giunzione fra i teli, si deve sempre prevedere un tipo di disposizione sfalsata per evitare la sovrapposizione di più di tre strati;

Il posizionamento di ogni strato prevedrà sempre uno sfalsamento longitudinale dei teli di 50 cm con l'accorgimento di tagliare l'angolo (circa 10 cm a 45°) del telo accogliente, in corrispondenza delle giunzioni di testa. Inoltre la seconda membrana dovrà essere sfalsata di 50 cm sia longitudinalmente, sia trasversalmente rispetto al primo strato a tenuta.

> MEMBRANE ARDESIATE

Saldare le giunzioni laterali lungo la banda di sormonto non granigliata, sfiammando il film plastico termofusibile che la ricopre; In corrispondenza delle giunzioni di testa riscaldare la granigliatura del telo inferiore per circa 15÷20 cm, sovrapporre il telo superiore e infine saldare la sovrapposizione a fiamma. Non sfiammare l'ardesia del secondo strato.





Schema di posa per impermeabilizzazione

> TECNICHE DI APPLICAZIONE

Le membrane impermeabilizzanti possono essere applicate al piano di posa in diversi modi:

1. per sfiammatura con un cannello a gas propano;
2. per incollaggio a freddo con adesivi;
3. per asportazione di un film in caso di membrane autodesive;
4. mediante fissaggio meccanico

In questo caso sarà adottata la prima tipologia:

Prima di iniziare il lavoro assicurarsi che le condizioni atmosferiche siano tali da non compromettere l'efficacia della posa: sospendere il lavoro in caso di pioggia, neve, nebbia intensa e quando la temperatura è inferiore a +5° C.

La posa dovrà essere effettuata in completa aderenza, fissando la membrana impermeabilizzante al suo supporto per tutta la sua superficie, mediante sfiammatura con un cannello a gas propano. Il cannello dovrà agire in maniera uniforme, sino a far rinvenire lo strato superficiale della massa impermeabilizzante bituminosa.

Essendo il pannello isolante costituito da pannelli in isolante minerale con rivestimento bituminoso, sfiammare la membrana direttamente sul pannello, indirizzando la fiamma tra il pannello e la membrana in modo da far rinvenire lo strato bituminoso di entrambi;

Poiché la posa sarà in doppio strato, il secondo strato dovrà essere incollato a fiamma in aderenza totale al primo e a teli sfalsati di 50 cm.

5.6.2 Provvedimenti per la manutenzione in sicurezza

Attualmente le coperture si presentano in scarso stato di manutenzione.

In particolare accumuli di foglie ostruiscono parzialmente o completamente gli scarichi delle acque piovane, come visibile dalle foto che seguono.





Stato manutentivo attuale copertura

Al fine di garantire la periodica manutenzione delle strutture di copertura e del sistema di smaltimento delle acque meteoriche, si prevede l'installazione dei seguenti dispositivi di sicurezza:

- > Scala alla marinara;
- > Linee vita.



Scale alla marinara – immagini esemplificative



Linea vita – immagine esemplificativa

I dispositivi di sicurezza saranno a norma, secondo le indicazioni della **Deliberazione della Giunta Regionale 15 giugno 2015, n. 699**: il presente atto di indirizzo e coordinamento disciplina l'installazione di dispositivi permanenti di protezione, in dotazione all'opera, contro le cadute dall'alto sulle coperture continue che richiedano manutenzione degli edifici, con lo scopo di ridurre i rischi d'infortunio in occasione di accesso, transito, esecuzione di lavori futuri.



5.7 Calcoli progettuali

5.7.1 Determinazione delle caratteristiche dell'involucro

Per la determinazione delle caratteristiche dell'involucro edilizio nelle condizioni ex ante ed ex post e delle potenze invernali richieste dalla struttura è stata fatta un'analisi attraverso il programma "Edilclima EC700".

Il software di calcolo, utilizzando le normative UNI TS 11300, segue la metodologia indicata dal Decreto Interministeriale 26/6/2015 ed è validato dal C.T.I. (certificato n°73). Lo strumento è in grado di calcolare i parametri significativi previsti dalle disposizioni normative e legislative nazionali e regionali vigenti.

5.7.2 Calcolo delle trasmittanze

Il dimensionamento del componente isolante per la copertura è stato effettuato con lo scopo di ottenere una trasmittanza termica finale inferiore ai limiti previsti dal Decreto interministeriale 16 febbraio 2016, non vincolanti dal punto di vista normativo ma che risultano essere comunque una buona norma costruttiva. Il calcolo delle trasmittanze è stato effettuato secondo le norme UNI EN 12831 - UNI EN ISO 6946 - UNI EN ISO 13370.

La trasmittanza U (UNI EN ISO 6946) si definisce come il flusso di calore che attraversa una superficie unitaria sottoposta a differenza di temperatura pari ad 1°C ed è legata alle caratteristiche del materiale che costituisce la struttura e alle condizioni di scambio termico liminare e si assume pari all'inverso della sommatoria delle resistenze termiche degli strati, ed è definita dalla relazione:

$$U = \left(\frac{1}{R_t} \right)$$
$$R_t = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se}$$

Dove:

- > R_{si} = resistenza superficiale interna della struttura;
- > R_n = resistenza dell'ennesimo strato della struttura;
- > R_{se} = resistenza superficiale esterna.

Di seguito si riportano:

- > Stratigrafia di dettaglio della parete della struttura oggetto di intervento nelle condizioni di stato di fatto;
- > Stratigrafia di dettaglio della parete della struttura oggetto di intervento nelle condizioni di progetto;



5.7.2.1 Superfici verticali stato di fatto

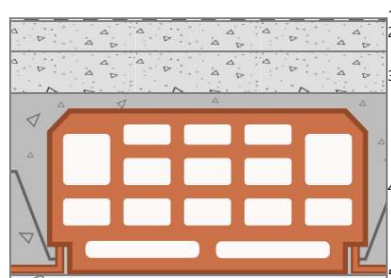
CARATTERISTICHE TERMICHE E IGROMETRICHE DEI COMPONENTI OPACHI secondo UNI TS 11300-1 - UNI EN ISO 6946 - UNI EN ISO 13370

Descrizione della struttura: *Copertura piana*

Codice: *S1*

Trasmittanza termica **1,746** W/m²K

Spessore **350** mm
 Temperatura esterna (calcolo potenza invernale) **-5,0** °C
 Permeanza **0,211** 10⁻¹²kg/sm²Pa
 Massa superficiale (con intonaci) **570** kg/m²
 Massa superficiale (senza intonaci) **554** kg/m²
 Trasmittanza periodica **0,454** W/m²K
 Fattore attenuazione **0,260** -
 Sfasamento onda termica **-9,8** h



Stratigrafia:

N.	Descrizione strato	s	Cond.	R	M.V.	C.T.	R.V.
-	Resistenza superficiale esterna	-	-	0,069	-	-	-
1	Impermeabilizzazione con bitume	5,00	0,1700	0,029	1200	1,00	188000
2	Sottofondo di cemento magro	40,00	0,9000	0,044	1800	0,88	30
3	Massetto ripartitore in calcestruzzo con rete	55,00	1,4900	0,037	2200	0,88	70
4	Solaio tipo predalles	240,00	0,8570	0,280	1479	0,84	9
5	Intonaco di calce e sabbia	10,00	0,8000	0,013	1600	1,00	10
-	Resistenza superficiale interna	-	-	0,100	-	-	-

Legenda simboli

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



5.7.2.2 Superfici verticali stato di progetto

CARATTERISTICHE TERMICHE E IGROMETRICHE DEI COMPONENTI OPACHI secondo UNI TS 11300-1 - UNI EN ISO 6946 - UNI EN ISO 13370

Descrizione della struttura: *Copertura piana isolata*

Codice: *S1*

Trasmittanza termica **0,204** W/m²K

Spessore **510** mm

Temperatura esterna
(calcolo potenza invernale) **-5,0** °C

Permeanza **0,006** 10⁻¹²kg/sm²Pa

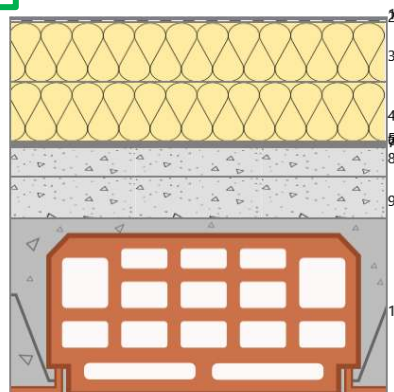
Massa superficiale
(con intonaci) **590** kg/m²

Massa superficiale
(senza intonaci) **582** kg/m²

Trasmittanza periodica **0,015** W/m²K

Fattore attenuazione **0,073** -

Sfasamento onda termica **-14,4** h



Stratigrafia:

N.	Descrizione strato	s	Cond.	R	M.V.	C.T.	R.V.
-	Resistenza superficiale esterna	-	-	0,069	-	-	-
1	Impermeabilizzazione in bitume e sabbia	4,00	0,2600	0,015	1300	1,00	188000
2	Impermeabilizzazione con bitume	4,00	0,1700	0,024	1200	1,00	188000
3	Pannello in lana di vetro SUPERBAC N Roofline G3 sp 80 mm	80,00	0,0370	2,162	97	1,03	1
4	Pannello in lana di vetro SUPERBAC N Roofline G3 sp 80 mm	80,00	0,0370	2,162	97	1,03	1
5	Malta di cemento	2,00	1,4000	0,001	2000	1,00	22
6	Barriera vapore foglio di alluminio (.025-.05 mm)	3,00	220,0000	0,000	2700	0,88	9999999
7	Malta di cemento	2,00	1,4000	0,001	2000	1,00	22
8	Sottofondo di cemento magro	40,00	0,9000	0,044	1800	0,88	30
9	Massetto ripartitore in calcestruzzo con rete	55,00	1,4900	0,037	2200	0,88	70
10	Solaio tipo predalles	240,00	0,8570	0,280	1479	0,84	9
-	Resistenza superficiale interna	-	-	0,100	-	-	-

Legenda simboli

s	Spessore
Cond.	Conduttività termica, comprensiva di eventuali coefficienti correttivi
R	Resistenza termica
M.V.	Massa volumica
C.T.	Capacità termica specifica
R.V.	Fattore di resistenza alla diffusione del vapore in capo asciutto

mm
W/mK
m ² K/W
kg/m ³
kJ/kgK
-



5.7.3 *Dettagli costruttivi dei ponti termici*

L'intervento di coibentazione delle superfici delimitanti gli ambienti climatizzati consente di ridurre sia le dispersioni dell'involucro edilizio per trasmissione termica, che le dispersioni derivanti dai ponti termici della struttura.

Nella redazione del presente progetto è stata posta particolare attenzione all'individuazione ed alla risoluzione dei ponti termici derivanti dall'intervento di installazione di isolamento a cappotto. Trattandosi di un intervento realizzato su di un edificio esistente non è stato possibile risolvere la totalità di tali problematiche ma laddove possibile sono tutti stati risolti.

Di seguito vengono riportate le caratteristiche costruttive dei ponti termici nelle condizioni ex ante ed ex post da un punto di vista di valutazione energetica.

5.7.3.1 *Ponte termico parete-copertura allo stato di fatto*

Per maggiori dettagli in merito si rimanda **all'elaborato 04-** Relazione di calcolo.

5.7.3.2 *Ponte termico parete-copertura allo stato di progetto*

Per maggiori dettagli in merito si rimanda **all'elaborato 04-** Relazione di calcolo.

