



UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE

Facoltà di Ingegneria

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Edile

**SVILUPPO E TEST SU PANNELLI INNOVATIVI
PER PARETI AUTO – OMBREGGIANTI E
RIFLETTENTI: SCELTA DEI MATERIALI E
PRESTAZIONI TERMICHE**

**Design and testing of innovative panels for self-shading and
reflective façades: materials and thermal performance**

Relatore:

Prof.ssa Ing. Valeria Corinaldesi

Laureanda:

Manuela Piunti

Correlatore:

Prof.ssa Ing. Francesca Stazi

Prof. Ing. Costanzo Di Perna

Anno Accademico 2022/2023

Indice

ABSTRACT	5
1. INTRODUZIONE	6
2. STATO DELL'ARTE.....	8
2.1 Fattori che influenzano la facciata ventilata	8
2.2 Studio della tecnologia.....	14
3. ANALISI COMPARATIVA DEI MATERIALI	20
4. FASI, MATERIALI E METODI.....	30
4.1 Fasi di studio.....	30
4.2 Forma e materiali	31
4.3 Metodi analitici	39
4.3.1 Rapporto forma ombreggiamento.....	39
4.4 Metodi sperimentali	51
4.4.1 Sperimentazione su prototipi.....	51
5. RISULTATI.....	65
5.1 Prototipo.....	65
5.2 Sperimentazione del comportamento termico.....	67
5.2.1 Incidenza finitura.....	68
5.2.2 Incidenza materiale.....	72
5.3 Progetto di una sperimentazione in situ.....	81
6. DISCUSSION	85
6.1 Valutazione economica.....	89
7. CONCLUSIONI	92
8. APPENDICI.....	93

Appendice A – Scheda tecnica Betonwood.....	93
Appendice B – Schede tecniche isolanti Betonwood.....	99
Appendice C – Schede tecniche isolanti	111
Appendice D – Scheda tecnica acciaio zincato	116
Appendice E – Scheda tecnica alluminio 5754.....	117
Appendice F – Scheda tecnica ALUCOBOND.....	118
Appendice G – Scheda tecnica THERMO – METALS e NANOPRIMER.....	122
Appendice H -Scheda tecnica idropittura MR287.....	126
Appendice I – Scheda tecnica AcquaBoard BA13.....	129
Bibliografia.....	130
Indice delle figure.....	132
Indice delle tabelle.....	135

ABSTRACT

Le facciate ventilate non sono una soluzione diffusamente adottata per un problema di costi, pur essendo riconosciuta sia la loro valenza estetica che energetica.

L'obiettivo di questa tesi è di dare un contributo a questo problema aperto attraverso la progettazione di un modulo di facciata ventilata auto – ombreggiante e che non abbia bisogno della classica sottostruttura metallica in montanti e traversi per essere installata.

A tal fine sono stati studiati diversi aspetti: forma e materiale. Quindi è stato effettuato uno studio analitico e sperimentale che ha previsto il contemporaneo confronto di diversi prototipi di pannelli metallici per facciate ventilate variando le diverse combinazioni di materiale (acciaio zincato, alluminio, Alucobond), forma (sagomata, piana) e finitura, per valutarne il comportamento estivo.

I risultati sperimentali hanno mostrato che sia la soluzione sagomata che la soluzione liscia e verniciata permettono di ridurre notevolmente le temperature superficiali rispetto alle soluzioni non schermate con una riduzione dei costi rispetto alle facciate ventilate tradizionali del 65% - 75%.

1. INTRODUZIONE

Il risparmio energetico è una priorità assoluta nei paesi sviluppati. Il settore edile è responsabile del 40% del consumo energetico e del 36% delle emissioni di CO₂ in Europa. L'involucro edilizio è l'elemento costruttivo che ha il maggiore impatto sul consumo energetico complessivo dell'edificio.

La ricerca sull'involucro edilizio è, quindi, focalizzata sulla minimizzazione del fabbisogno energetico, adottando due diverse tipologie di approcci: l'approccio attivo che prevede l'utilizzo di sistemi meccanici efficienti (ad esempio sistemi HVAC e fotovoltaici), mentre l'approccio passivo consiste nell'ottimizzazione delle risorse naturali (ad esempio orientamento, ombreggiatura e isolamento).

Tra le soluzioni passive, oggi l'architettura moderna si è orientata molto verso l'utilizzo di facciate ventilate per diversi tipi di edifici, climi e configurazioni progettuali.

Oltre che per ridurre il consumo energetico, ci sono altri motivi per utilizzare una facciata ventilata, come l'incremento della durabilità della struttura, la prevenzione della condensa, la protezione da pioggia e vento e scopi estetici che orientano il processo di progettazione dell'involucro.

Una facciata ventilata tradizionale è costituita da due strati opachi distanziati tra loro a formare un'intercapedine di aria intermedia. Lo strato esterno assorbe la radiazione solare diretta riscaldando l'aria all'interno dell'intercapedine; ciò crea un moto d'aria convettivo all'interno dell'intercapedine stessa, favorendo così il cosiddetto "effetto camino", ovvero la dissipazione di calore verso l'alto.

Tale dissipazione viene influenzata anche dalla configurazione del giunto del paramento esterno che può essere aperto o chiuso. Quando il giunto è chiuso, il flusso ascensionale è continuo, omogeneo e simmetrico lungo la parete, quando è aperto si determinano discontinuità localizzate del flusso che diventa disomogeneo e asimmetrico, influenzando la velocità dell'aria. Un altro vantaggio delle facciate ventilate è la possibilità di controllare l'umidità, evitando la formazione della condensa.

Le prestazioni termiche di una facciata ventilata sono principalmente influenzate dalla progettazione dei suoi componenti, come la distanza tra i due strati, la tipologia dei giunti del rivestimento esterno e il materiale dello stesso che solitamente è composto da pannelli modulari di vario materiale (metallico, ceramico, lapideo, composito) installati a secco.

Tipicamente, la tecnologia utilizza una sottostruttura metallica, composta da elementi verticali e orizzontali, a sostegno del rivestimento esterno.

Lo studio in esame ha l'obiettivo di progettare una facciata ventilata innovativa, da incorporare sia in ristrutturazioni che in nuove costruzioni, priva della sottostruttura metallica tipica, facilitando le operazioni di montaggio in maniera tale da ridurre tempi e costi di installazione. Da qui la necessità di ideare un pannello di forma particolare che aggiunge anche il vantaggio di auto ombreggiare la facciata stessa.

L'interesse è stato posto anche sulla ricerca dei materiali da costruzione a partire da quelli attualmente più utilizzati in tale ambito e analizzandone diversi aspetti, quali leggerezza, prestazioni meccaniche, costi.

Per verificare l'efficienza della tecnologia sia dal punto di vista energetico che meccanico, sono state svolte due sperimentazioni:

- un confronto tra pannelli di diverso materiale e forma;
- una valutazione su facciata reale, tenendo presente che la facciata rappresenta l'interfaccia tra i fattori ambientali esterni (che variano continuamente) e le esigenze interne degli occupanti (pressoché costanti).

2. STATO DELL'ARTE

Lo studio effettuato nasce dalla ricerca e dall'analisi della letteratura scientifica nazionale ed internazionale riguardo l'ambito di interesse. L'attenzione è stata posta inizialmente su quanto ormai noto, cioè le tipologie di facciate ventilate tradizionali, i materiali di rivestimento esterni, il comportamento termo-fisico in funzione dei parametri da cui questo dipende.

Successivamente ci si è focalizzati sui limiti e sulle tematiche rimaste ancora "aperte", arrivando agli ambiti inerenti all'innovazione, quali eliminazione della sottostruttura metallica, ricerca di una forma architettonica e funzionale, la scelta di un materiale in grado di garantire un buon rapporto costi-benefici.

2.1 Fattori che influenzano la facciata ventilata

Quando si parla di facciata ventilata si intende una parete su cui è installato a secco un sistema di rivestimento esterno che crea un'intercapedine di aria tra questo e la parete stessa. Uno degli obiettivi principali di questa soluzione è quello di evitare l'eccessivo riscaldamento degli ambienti interni e di conseguenza minimizzare i consumi energetici e migliorare le condizioni di comfort indoor. Questo è raggiunto grazie al moto convettivo dell'aria che si viene a creare all'interno dell'intercapedine per effetto della differenza di temperatura tra le due superfici che delimitano l'intercapedine. Infatti, la temperatura dell'interfaccia esterna è maggiore di quella interna in quanto la prima aumenta per effetto della radiazione solare diretta incidente.

A riguardo sono stati svolti numerosi studi, molti dei quali approfondiscono il discorso del risparmio energetico analizzando il comportamento termico delle facciate ventilate e come questo varia al variare dei parametri climatici esterni e delle caratteristiche della facciata stessa. Tra i fattori che influenzano la performance della facciata ventilata rientrano il colore, lo spessore, il tipo di materiale e la rugosità del rivestimento esterno, così come la dimensione del canale di ventilazione. Inoltre, il comportamento del sistema è correlato anche alla stratigrafia della struttura su cui viene installata la facciata.

Ana Picallo-Perez et al. [1] hanno effettuato un ulteriore passo nella ricerca analizzando le facciate ventilate attraverso la prima e la seconda legge della termodinamica fornendo sia bilanci energetici che bilanci exergetici sulla facciata interna ed esterna di una facciata. In termodinamica, per exergia si intende la massima frazione di energia di prima specie (meccanica, potenziale, cinetica) che può essere convertita in lavoro meccanico mediante macchina reversibile ed è un concetto utilizzato per definire i fenomeni termodinamici senza introdurre il concetto di entropia. Per fare questa analisi, è stato effettuato un test sperimentale nel periodo invernale, durato sei giorni, su una facciata ventilata forzata semplice costituita da una lamiera di acciaio zincato, una camera d'aria e un pannello sandwich con anima in poliuretano. Nello strato metallico è stata notata una ripetuta variazione di energia interna a causa della sua bassa inerzia termica e dell'elevata diffusività termica del materiale, mentre all'interno dell'intercapedine gli sbalzi di calore sono risultati maggiormente smorzati a causa della sua bassa densità e dimensioni. Quindi, quasi tutta la variazione di energia interna è dovuta allo strato di pannello sandwich.

L'analisi dell'exergia mostra le stesse tendenze, ma su scala molto più piccola, con la differenza che, in termini energetici, il pannello sandwich è lo strato più influente in termini di variazione di energia interna accumulata nei materiali, mentre per l'exergia è la lamiera seguita dal pannello sandwich per via delle elevate variazioni di temperatura rispetto allo stato di riferimento.

Uno dei limiti di questa analisi è la mancanza di familiarità con l'uso della proprietà exergia nelle applicazioni edilizie, quindi i risultati così ottenuti non sono facili da interpretare, l'altro è la dipendenza dell'exergia dallo stato di riferimento scelto che nell'analisi di un edificio varia al variare delle condizioni ambientali, richiedendo un approccio dinamico e, di conseguenza, molti dati spesso difficili da ottenere.

Anche Stefano Fantucci et al. [2] hanno svolto un'analisi sulle prestazioni delle caratteristiche della facciata e l'influenza delle condizioni al contorno esterne attraverso una campagna sperimentale su una facciata orientata a sud-ovest in condizioni estive valutandone diverse configurazioni.

Tali configurazioni sono state confrontate con una facciata di riferimento in mattoni non ventilata. Dai risultati sperimentali è possibile concludere che tutte le caratteristiche della facciata studiata, ad esempio il colore esterno, l'altezza dei canali, le griglie di ventilazione hanno un impatto sostanziale sulle prestazioni energetiche della stessa.

In particolare, il colore della superficie esterna è la caratteristica che più colpisce la prestazione energetica estiva. Per le migliori prestazioni termiche estive sono sempre preferibili i colori chiari rispetto ai colori più scuri; è altresì da notare che i colori più scuri hanno raggiunto temperature estremamente elevate (fino a 66 °C) e questo aspetto potrebbe essere rilevante per la durabilità dei materiali di rivestimento esterno e per il comfort termico esterno. Al contrario, per la configurazione con intercapedine d'aria chiusa in condizioni invernali, la facciata con colori più scuri potrebbe fornire una quantità maggiore di guadagni termici. La riduzione dei carichi/guadagni termici giornalieri rispetto alla facciata di riferimento è stata rispettivamente dell'80% e del 31% per una facciata chiara e per una scura.

L'impatto del rapporto di apertura delle griglie è moderato e la tipologia delle griglie di aerazione che assicurano le migliori prestazioni è quella caratterizzata da un maggior rapporto di aperture. Tuttavia, un'osservazione importante è che grandi aree di apertura possono determinare intrusioni esogene.

Un altro parametro che ha un impatto significativo sulla velocità dell'aria all'interno del canale di ventilazione è l'altezza della facciata. Nel caso in esame la velocità dell'aria, per esempio, passa da 0,4 a 0,68 m/s passando da 237 a 456 cm di altezza della facciata con un incremento circa del 70%. Le facciate più alte mostrano migliori prestazioni termiche estive rispetto alle facciate più basse. Tuttavia, questa differenza è moderata e le facciate più alte potrebbero soffrire di prestazioni non omogenee lungo l'altezza del canale.

Per quanto riguarda le condizioni climatiche esterne, il parametro meteorologico che incide maggiormente sulle prestazioni energetiche estive è la temperatura dell'aria esterna: le facciate ventilate mostrano le migliori prestazioni termiche estive a basse temperature estive ed elevato irraggiamento solare verticale. Per questo motivo questa soluzione risulta più performante se applicata in clima temperato e subtropicale rispetto a un clima caldo e umido.

Data l'importanza della portata d'aria nell'intercapedine per le prestazioni termiche delle facciate ventilate, Mohammed Rahiminejad et al. [3] hanno effettuato uno studio in cui sono specificati i fattori effettivi sul tasso di ricambio d'aria dietro i comuni rivestimenti esterni, hanno rivisto l'effetto camino e l'effetto vento.

Inoltre, hanno cercato di colmare la panoramica ancora incompleta riguardo le perdite di carico delle portate d'aria analizzandone la rete idraulica lungo l'intercapedine muraria studiata. Mohammed Rahiminejad et al. [3] hanno descritto anche le varie correlazioni per i

fattori di perdita di carico, ad esempio la presenza di aperture di sfiato, curve (perdite di carico per flessione), configurazioni a giunti aperti, attrito, cambiamento del flusso d'aria direttamente all'uscita, listelli ventilati (scossalina metallica) che costringono il flusso di aria a piegarsi quando entra o esce dalla cavità.

Tra i fattori esterni che incidono sul comportamento termo-idrodinamico ci sono la velocità del vento esterno e la radiazione solare, che inducono un gradiente di temperatura sia in direzione orizzontale che verticale. La portata d'aria nel canale può essere prevista risolvendo teoricamente e numericamente una rete idraulica, insieme a simulazioni complesse.

Per definire l'intervallo di velocità dell'aria o il tasso di ricambio d'aria all'ora dietro i tipi comuni di rivestimenti ventilati utilizzati negli edifici (mattoni, cemento e stucco, legno, ceramica), sono stati raccolti i tassi di ventilazione dietro vari tipi di spazi aerei con diverse geometrie e in diverse condizioni.

Secondo la letteratura, nelle pareti di mattoni è stata osservata un'ampia gamma di velocità dell'aria nelle cavità, la velocità massima dell'aria è stata registrata dietro il rivestimento in legno, seguita da quella dietro una facciata di cemento, mentre la velocità più bassa è stata ottenuta utilizzando pannelli in ceramica.

Nonostante molteplici studi eseguiti in questo campo, la maggior parte delle pubblicazioni non ha considerato l'effetto della permeabilità all'aria dell'esterno materiale di rivestimento il meccanismo di ricambio d'aria causato da un rivestimento non rigido sotto un flusso di vento turbolento.

Anche Rosa Francesca De Masi et al. [4] hanno studiato le diverse caratteristiche dell'intercapedine e dalle sollecitazioni esterne che possono influenzare l'effetto camino tipico delle facciate ventilate. Lo studio proposto si concentra su un'analisi in clima mediterraneo per un periodo stagionale, a differenza di altri studi, basati solitamente su brevi campagne di monitoraggio. Sono state analizzate due diverse configurazioni di griglie: canale semichiuso, con velocità di apertura (\ddot{y}) di 0,12 e canale aperto con $\ddot{y} = 0,78$.

Anche questo studio dimostra che è possibile combinare le principali variabili esterne come la velocità del vento, la temperatura dell'aria e la radiazione solare con altri parametri per confrontare diversi tipi di tecnologie.

I risultati suggeriscono che tra tutti i parametri esterni, la radiazione solare sembra essere il più importante per l'attivazione della convezione naturale mentre valori più elevati di temperatura dell'aria potrebbero causare fenomeni di stratificazione all'interno del canale. La velocità del vento ortogonale alla parete influenza la distribuzione del campo termico principalmente nella parte inferiore della cavità e nel caso di bassi valori di vento, la configurazione semichiusa è solitamente svantaggiata. Considerando una tipica giornata calda con elevato irraggiamento solare, il monitoraggio della velocità dell'aria indica che il canale aperto è caratterizzato da valori più elevati per ogni condizione esterna, con un valore massimo di 4,21 m/s; il valore massimo registrato è 0,85 m/s con la configurazione semichiusa. La distribuzione globale dei valori monitorati indica che la velocità dell'aria nel canale aperto è più spesso nell'intervallo 1,2–0,2 m/s, mentre la configurazione chiusa ha un intervallo di variabilità più ristretto tra 0,4 m/s e 0,2 m/s. Per lo stesso scenario, durante le ore di maggiore irraggiamento solare, la temperatura superficiale sugli isolanti varia tra 32,1°C e 38,2°C nella configurazione aperta e tra 37,4°C e 43,7°C nell'altra configurazione. Questi andamenti indicano che il flusso d'aria all'interno della configurazione con $\dot{\gamma}$ pari a 0,78 garantisce migliori condizioni operative per la parete di fondo. Lo strato isolante, infatti, è sottoposto a minori stress termici che ne preservano le caratteristiche; inoltre, la minore differenza di temperatura indica che il flusso di calore conduttivo in ingresso è ridotto rispetto all'altro canale. Questo è un altro effetto positivo della facciata ventilata durante il periodo estivo.

Un altro studio di Rosa Francesca De Masi et al. [5], effettuato per un periodo annuale su clima mediterraneo, ha dimostrato come il comportamento della parete ventilata vari al variare della stratigrafia della parete stessa mantenendo immutate le condizioni climatiche esterne. Le situazioni confrontate sono tre:

- parete non isolata (Figura 1(A)) costituita da blocchi in calcestruzzo cellulare aerato, intonaco cementizio e uno strato esterno di finitura a base di calce e cemento, con uno spessore complessivo di 12 cm;
- parete ventilata opaca a giunto aperto (Figura 1(B)), composta da 14 cm di pannelli isolanti in legno, un'intercapedine d'aria di 10 cm e piastrelle di cemento per uno spessore di 2,5cm, montata sulla base della parete non isolata precedentemente descritta;

- parete composta dalla stessa stratigrafia non isolata e da pannelli isolanti sottovuoto (Figura 1(C)) (VIP con nucleo di silice microporosa pressata all'interno di un involucro di alluminio), un'intercapedine d'aria chiusa, i pannelli in fibrocemento e un rivestimento esterno in quarzo.

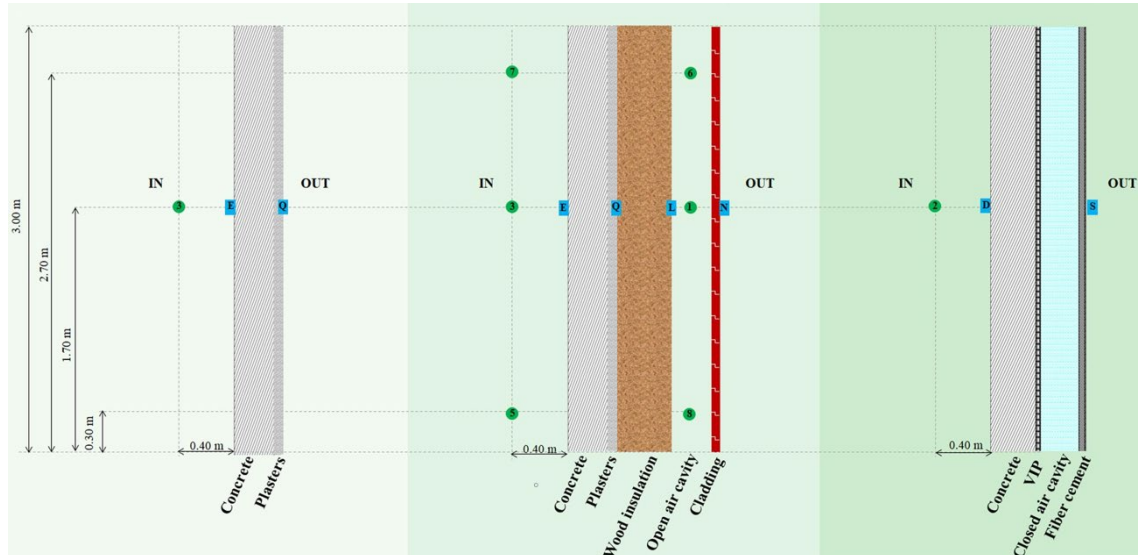


Figura 1 - Stratigrafie pareti: parete non isolata (A), parete ventilata opaca a giunto aperto (B), parete con VIP (C).

I componenti principali della soluzione con la facciata ventilata (isolamento e rivestimento) sono realizzati con materiali riciclati da costruzione e rifiuti di demolizione. L'attività di monitoraggio dimostra che la facciata ventilata opaca a giunti aperti progettata può ridurre la trasmittanza termica in campo e il flusso di calore durante la stagione invernale, dell'85%; la temperatura della superficie interna è più stabile con valori molto prossimi alla temperatura dell'aria ambiente, o superiori (18% delle osservazioni) anche nel periodo invernale (fino a 2,7 °C), raggiungendo le condizioni di comfort termico con ridotta attivazione del sistema di riscaldamento.

Anche le proprietà inerziali sono migliorate con una riduzione del valore medio del fattore di decremento di circa il 64% e un incremento del valore medio del time-shift di circa 5h. Considerando la parete in Figura 1(C), con pannelli isolanti sottovuoto, la trasmittanza termica può essere ulteriormente ridotta di circa il 37% a parità di parametri dinamici. L'analisi giornaliera indica che durante l'inverno l'intercapedine d'aria funge da ulteriore strato isolante perché la ventilazione è davvero limitata, mentre durante l'estate la ventilazione è inferiore al previsto.

Infine, la valutazione del ciclo di vita indica che la facciata ventilata progettata consente una riduzione del 26% del potenziale di riscaldamento globale e di oltre il 50% per le altre categorie di impatto, rispetto a una parete con pannelli isolanti sottovuoto.

2.2 Studio della tecnologia

Dalla letteratura è possibile notare che oggi si stanno svolgendo molti studi in merito a nuove tecnologie che permettono di svincolarsi dalla classica struttura delle facciate ventilate in montanti e traversi, dai rivestimenti di forma regolare e dai materiali tradizionali.

Un esempio di facciata ventilata che presenta un rivestimento con forme particolari è quella progettata da Ester Pujadas-Gispert et al. [6] per un edificio sito a Dubai.

Questo studio è finalizzato alla progettazione di una facciata che possa essere rapidamente montata, smontata e conservata in container per un facile trasporto successivo. Questa è formata da pannelli di forma triangolare e materiale riciclato.

Oltre a garantire un buon comportamento termico, questa forma evita il contatto della pioggia con la struttura sottostante e impedisce alla sabbia di rimanere incastrata all'interno della facciata stessa.

Per quanto riguarda i materiali utilizzati nei rivestimenti delle facciate ventilate, oggi trovano largo impiego sia materiali tradizionali che innovativi, passando dai lapidei, ceramici, metallici, ai fibrorinforzati. Lo studio è stato centrato sui materiali metallici e sui fibrorinforzati.

Nel caso dei fibrorinforzati, Payam Sadrolodabae et al. [7] hanno progettato pannelli di rivestimento per facciate in fibre sintetica naturali e/o riciclate (circa 80% di fibre vegetali e 20% di fibre di poliestere, immerse in pasta di cemento realizzata con cemento Portland) garantendo resistenza meccanica, durabilità, costruibilità, estetica, capacità di isolamento e resistenza al fuoco. In particolare, è stata migliorata la resistenza a flessione e l'assorbimento di energia.

Un altro studio sui pannelli realizzati con fibre riciclate annegate in una matrice di cemento Portland è quello sviluppato da Heura Ventura et al. [8]. In tal caso però si tratta di fibre corte di scarto tessile tecnico ricavate dalle divise giornaliere dei vigili del fuoco che hanno una composizione di 93% di fibre meta-aramidiche, 5% di fibre para-aramidiche e 2% di fibre antistatiche. Le lastre composite così ottenute hanno presentato un comportamento di incrudimento con un'elevata resistenza alla flessione (~15 MPa) e tenacità (~3,5 kJ/m²) e resistenza alla frattura. Il composito ha mantenuto il comportamento di incrudimento dopo

essere stato sottoposto ad invecchiamento umido/secco, con una leggera diminuzione dell'energia specifica di frattura di circa il 23%, a conferma dell'adeguata durabilità del materiale sviluppato.

Tra le altre sperimentazioni in cui si trattano fibre riciclate, rientra quella di Arslan Akbar et al. [9] che utilizza fibre di carbonio riciclate. Da questo studio è stato determinato che le fibre di carbonio sono chimicamente inerti e, di conseguenza, non subiscono il deterioramento della resistenza nell'ambiente cementizio. Inoltre, la resistenza a flessione e trazione, le prestazioni a fatica, il comportamento post fessurazione dei composti cementizi possono significativamente migliorati aggiungendo il tipo e la quantità appropriati di fibre di carbonio, mentre la resistenza a compressione non migliora in maniera significativa.

Passando invece ai pannelli realizzati in materiale metallico.

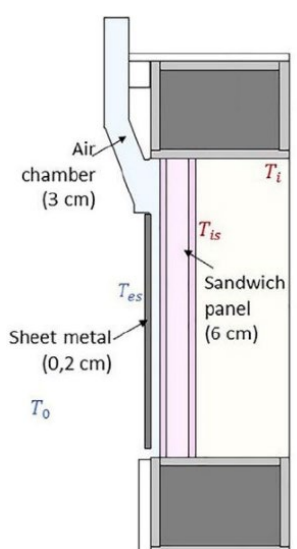


Figura 2 - Stratigrafia parete

Alcuni studi in letteratura come quello di Ana Picallo-Perez et al. [1] studiano il comportamento di facciate ventilate con rivestimento in leghe metalliche leggere.

Nel caso specifico è stata testata, durante il periodo invernale, una parete semplice costituita da una lamiera di acciaio zincato da 2mm, un'intercapedine e pannello sandwich con anima in poliuretano da 6cm (Figura 2).

L'energia interna della facciata difficilmente partecipa allo scambio energetico a causa della bassa inerzia e dell'elevata diffusività termica dello strato metallico. La variazione di energia

interna dello strato metallico mostra maggiori fluttuazioni poiché si carica e scarica rapidamente a causa della sua bassa capacità termica. Lo segue il pannello sandwich e, infine, la camera d'aria che è lo strato che smorza maggiormente gli sbalzi di calore per la sua bassa densità e dimensioni.

Un altro studio riguardante una facciata ventilata con rivestimento metallico è stato eseguito Anche T.Colinart et al. [10]. La parete in esame è un elemento prefabbricato costituito da pannelli sandwich e rivestimento in metallo nero.

Infine, C. Marinosci et al. [11] hanno studiato sperimentalmente il comportamento termico delle facciate ventilate in condizioni tipiche dell'estate mediterranea. Lo strato esterno di tali facciate è un rivestimento in pietra o alluminio a giunti aperti e separato dalla parete interna dall'intercapedine d'aria ventilata. Nella parte superiore e inferiore della cavità si trovano le griglie di ventilazione. L'obiettivo principale è stato quello di quantificare la riduzione del flusso di calore attraverso la parete interna, dovuta allo scarico entalpico legato al flusso d'aria che si instaura all'interno dell'intercapedine della parete ventilata durante una tipica giornata estiva.

Durante il periodo estivo, la pelle esterna della facciata ventilata capta la radiazione solare incidente che aumenta la temperatura di parete dell'intercapedine e la temperatura laterale dell'intercapedine: questo valore influenza la velocità media dell'aria all'interno dell'intercapedine a causa dell'effetto di galleggiamento migliorato. Inoltre, la velocità dell'aria in cavità è correlata anche al valore della velocità del vento esterno, quindi il valore finale della portata d'aria attraverso l'intercapedine si ottiene come effetto combinato del vento e della radiazione solare che varia la temperatura della parete della cavità.

Al fine di studiare l'impatto di questi diversi aspetti sulle prestazioni termiche delle pareti ventilate, sono state studiate dieci diverse configurazioni per la facciata ventilata (Figura 3, Tabella 1).

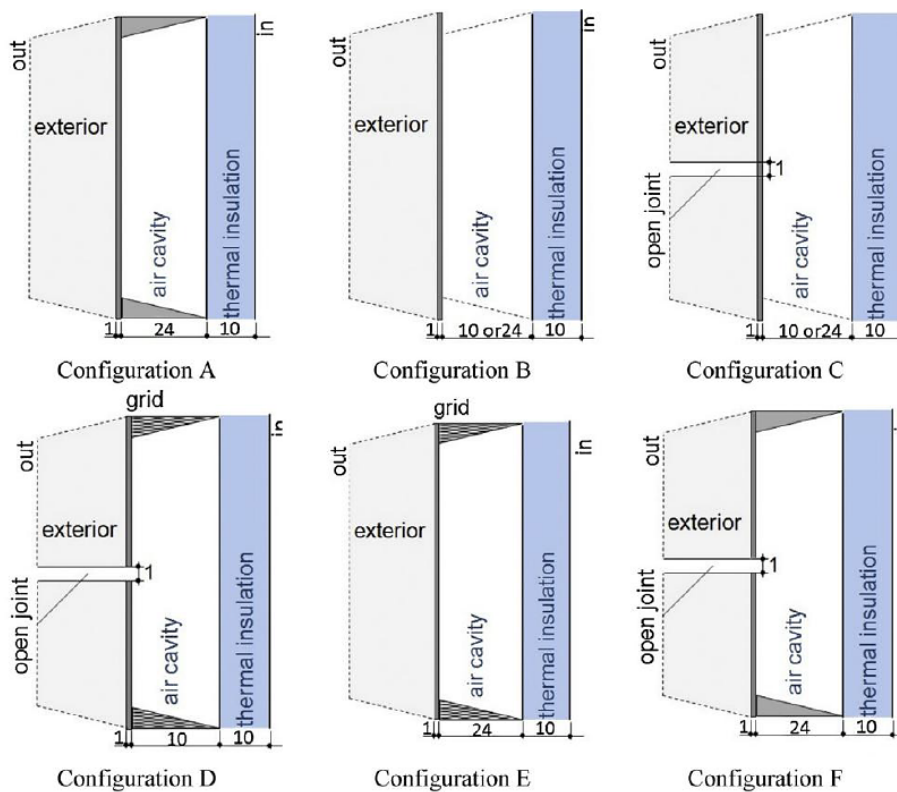


Figura 3 - Configurazioni facciata ventilata

Tabella 1 - Configurazioni facciata ventilata

Configurazione	Modello	Orientamento	Intercapedine d'aria (cm)	Griglie di ventilazione	Giunti	Finitura esterna	Pelle esterna
UN	AW-24d	ovest	24	Completamente vicino	Vicino	Buio	Rivestimento in pietra
B	BS-10b	Sud	10	Completamente aperto	Vicino	Luminoso	Rivestimento in pietra
	BW-24b	ovest	24	Completamente aperto	Vicino	Luminoso	Rivestimento in pietra
C	CS-10d	Sud	10	Completamente aperto	Aprire	Buio	Alluminio
	CW-24d	ovest	24	Completamente aperto	Aprire	Buio	Rivestimento in pietra
D	CS-10b	Sud	10	Completamente aperto	Aprire	Luminoso	Alluminio
	DS-10d	Sud	10	Parzialmente aperto	Aprire	Buio	Alluminio
E	DW-10b	ovest	10	Parzialmente aperto	Aprire	Luminoso	Rivestimento in pietra
	ES-24b	Sud	24	Parzialmente aperto	Vicino	Luminoso	Rivestimento in pietra
F	FW-24d	ovest	24	Completamente vicino	Aprire	Buio	Rivestimento in pietra

I risultati sperimentali, dunque, hanno evidenziato che la riduzione del flusso termico è fortemente correlata alla finitura esterna del parapiooggia, alla presenza di giunti aperti e griglie di ventilazione e allo spessore dell'intercapedine d'aria della facciata.

I dati sperimentali hanno evidenziato anche che la capacità della parete ventilata di ridurre i carichi estivi dipende dalla capacità del sistema di limitare il valore della temperatura all'interno dell'intercapedine. Ciò può essere ottenuto riducendo le perdite di carico lungo l'intercapedine al fine di aumentare la portata d'aria e minimizzando il contributo radiativo a onde lunghe all'interno della cavità, quindi riducendo il coefficiente di assorbimento solare della pelle esterna.

In letteratura sono presenti anche studi che riguardano l'eliminazione della sottostruttura metallica tipica delle facciate ventilate. Uno di questi è quello effettuato da J. Hegger et al. [12] il cui scopo è il progetto di un pannello di facciata ventilata in TRC (Textile Reinforced Concrete) di grandi dimensioni, che si sviluppasse da un piano a quello successivo e che permettesse la riduzione dei costi per il trasporto e l'installazione degli elementi.

A causa del sottile spessore della lastra (30 mm), è stato necessario predisporre un sistema di controventatura sul retro della lastra, cioè, due nervature in calcestruzzo, che ospitavano anche i dispositivi di fissaggio (Figura 4): sulla parte superiore della soletta, la larghezza delle nervature è stata allargata per posizionare correttamente l'ancoraggio del pannello prefabbricato e il bullone distanziatore. Nella parte sottostante sono state poste delle ancore antivento per sopportare le forze dovute all'aspirazione del vento.

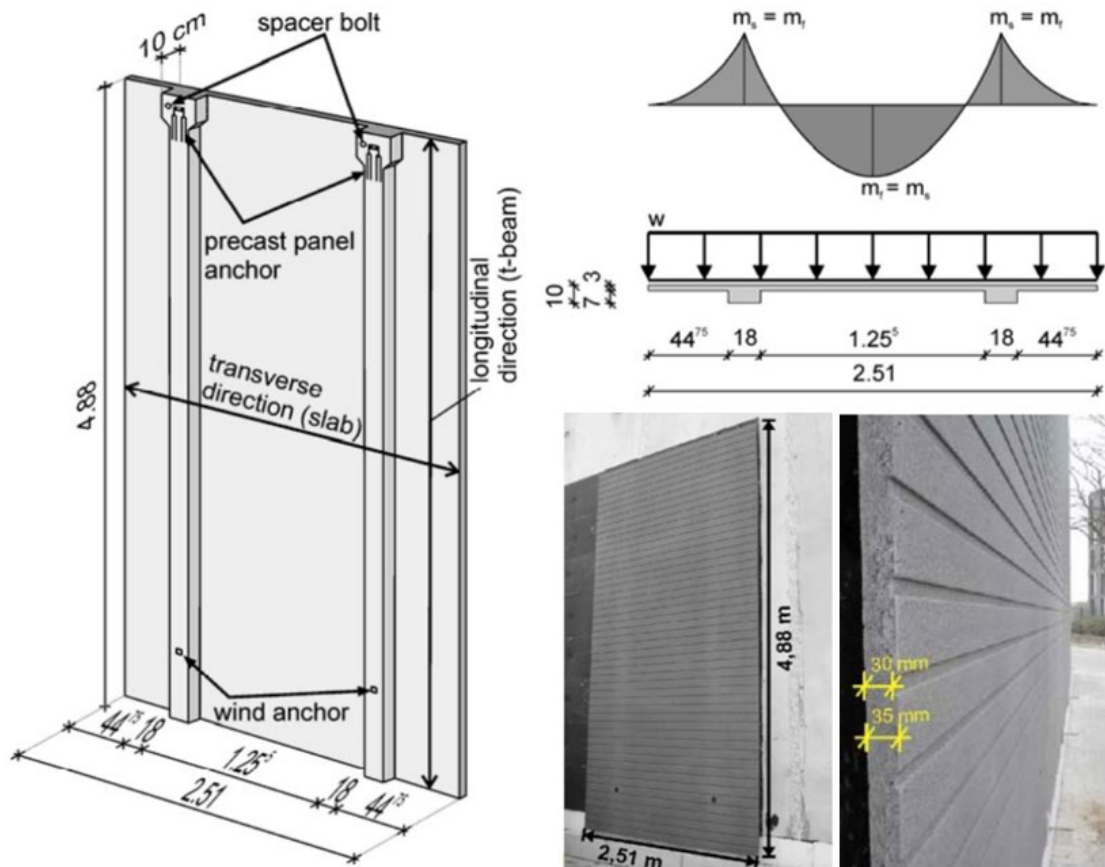


Figura 4 - Retro del pannello di facciata di grandi dimensioni con nervature in calcestruzzo; sezione trasversale con flessione; foto pannello reale.

La posizione delle nervature di calcestruzzo è stata determinata in modo che sotto un carico uniforme il momento di flessione al supporto e il momento di flessione nel campo fossero uguali.

Un altro studio riguardante un ulteriore sviluppo tecnologico è stato messo a punto da T.Colinart et al. [10]. La facciata studiata è costituita da elementi prefabbricati, ogni elemento è costituito da una struttura a telaio in legno in cui la parte opaca è costituita, dall'interno all'esterno, da 12 cm di lana di vetro, pannello OSB, 12 cm di lana di vetro, membrana parapiovvia, cavità ventilata e rivestimento in metallo nero. Questa facciata, utilizzata nella ristrutturazione di un edificio scolastico è stata oggetto di un monitoraggio biennale allo scopo di verificarne le prestazioni in termini di isolamento termico, resistenza alla diffusione del vapore e tenuta all'aria.

I risultati sperimentali mostrano che la resistenza termica misurata in situ degli elementi prefabbricati per facciate ventilate può essere valutata in modo affidabile solo durante il

periodo invernale e che è superiore a quella di progetto; l'applicazione dell'isolamento termico esterno non porta a gravi patologie legate all'umidità sull'involucro dell'edificio adattato. In prossimità del materiale igroscopico possono esistere solo piccoli rischi di formazione di muffe in relazione alla radiazione solare. Infine, è stato osservato che il comfort igrotermico viene raggiunto per la maggior parte del tempo di insegnamento, mentre la concentrazione di CO₂ supera ogni giorno i livelli di soglia critici.

3. ANALISI COMPARATIVA DEI MATERIALI

È stata svolta un'analisi comparativa dei materiali con lo scopo di trovare il materiale più adatto da usare nella realizzazione di pannelli per facciata ventilata che rappresentino il giusto compromesso tra le principali caratteristiche ricercate, quali leggerezza, bassa conducibilità termica, facilità di lavorazione, adeguata resistenza meccanica, costi contenuti.

L'idea iniziale è stata quella di progettare una facciata ventilata con pannelli in calcestruzzo alleggerito. Questo materiale, infatti, è in grado di garantire buone proprietà termiche grazie agli alveoli di aria propri del materiale stesso che, di conseguenza, conferiscono leggerezza agli elementi rendendo possibile l'installazione senza l'utilizzo della tipica sottostruttura metallica. Ciò permette di non perdere di vista gli obiettivi iniziali.

L'utilizzo del calcestruzzo alleggerito, dopo alcune valutazioni, ha portato a due possibili soluzioni:

- a) *pannello in calcestruzzo alleggerito rinforzato con tessuto o piccolo traliccio in fibra*, da installare su stratigrafia tradizionale con cappotto esterno (Figura 5 - a);
- b) *pannello sandwich in calcestruzzo alleggerito rinforzato con tessuto o piccolo traliccio in fibra con isolante integrato*, che permette la riduzione delle fasi di posa e che lo rende adatto anche per strutture non isolate (Figura 5 - b). Tale soluzione richiede l'utilizzo combinato di un sistema dinamico che permette la ventilazione nel periodo estivo e la chiusura dell'intercapedine nel periodo invernale fornendo maggiore isolamento termico.

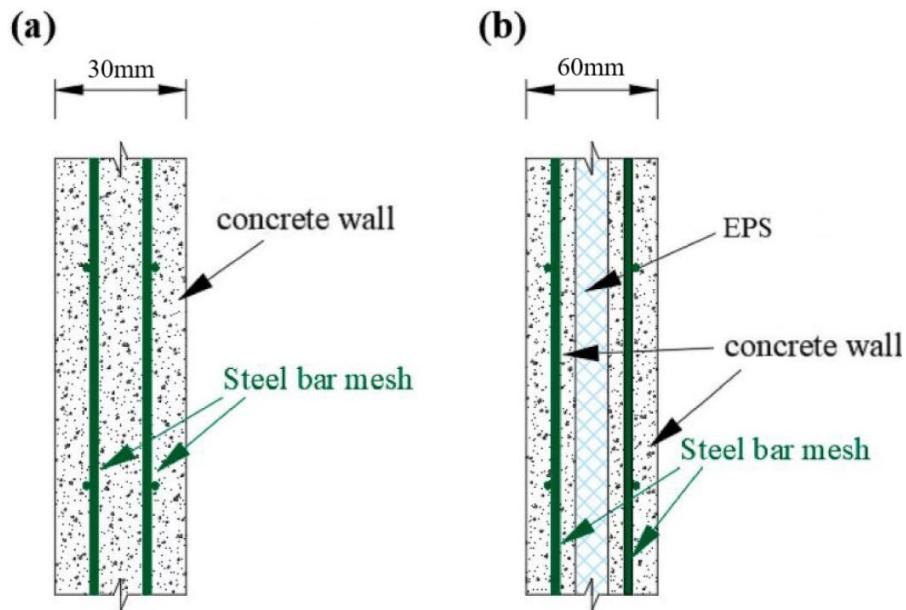


Figura 5 - a) Pannello in calcestruzzo alleggerito rinforzato; b) Pannello in calcestruzzo alleggerito rinforzato con isolante integrato

Tra le due soluzioni pensate in fase iniziale, è stata portata avanti la seconda, cioè quella di un pannello sandwich in materiale composito con isolante integrato.

Tra i materiali compositi è stata effettuata una ricerca approfondita per valutare quali tra questi potessero offrire bassa trasmittanza termica, buone caratteristiche meccaniche, facilità di produzione e quindi costo contenuto. A tale scopo, quindi, sono stati studiati i calcestruzzi fibrorinforzati ed è stata fatta un'indagine tra le fibre da poter utilizzare.

Le fibre generalmente usate come rinforzo per le matrici cementizie si dividono in *naturali* (legno, abaca, canapa, juta), *riciclate* (tessile, carbonio, acciaio) e *polimeriche* (PVA).

Tra le fibre che rispondono meglio alle esigenze del caso in esame ci sono quelle naturali e riciclate, per cui si è approfondito lo studio di queste due categorie.

È risultato interessante conoscere processi che permettono di ricavare fibre da tessuti tecnici, da pneumatici e scarti di industria aerospaziale, quindi rispettivamente fibre tessili, fibre di acciaio e fibre di carbonio.

Le fibre ricavate da tessuti tessili sono di tipo meta-aramidiche (tipo fibre di carbonio). È un nylon particolare che ha degli anelli benzenici inseriti lungo la catena polimerica in una percentuale piuttosto elevata tale che blocca il rammollimento tipico del nylon tradizionale. Quest'ultimo, infatti, soffre l'umidità e in sua presenza si rilassa; di conseguenza il modulo elastico diminuisce. Questo lo rende inadatto come rinforzo per il calcestruzzo che

chiaramente richiede un ambiente umido per idratare le particelle di cemento e permettere l'indurimento della matrice. Queste fibre meta-aramidiche sono super resistenti (a trazione arrivano anche a 3000 MPa).

Le fibre in acciaio, invece, sono ricavate dal riciclo degli pneumatici che sono rifiuti ad alta durabilità che non si decompongono naturalmente. Gli pneumatici, infatti, sono costituiti da gomma, corda tessile e corda d'acciaio.

Un'analisi della letteratura ha dimostrato che le fibre di pneumatici riciclati sono più efficaci nel migliorare la resistenza a flessione del calcestruzzo e migliorano le caratteristiche dello stesso durante la fessurazione, rispetto al calcestruzzo non armato e al calcestruzzo con fibre di acciaio di altro tipo. Questo miglioramento è legato al contenuto adeguato di fibre di pneumatici riciclate nel calcestruzzo (fino a circa il 20% del peso della matrice) e alla loro adeguata purezza.

Inoltre, avere fibre troppo corte riduce anche l'efficacia del rinforzo: lunghezze inferiori a 9 mm riducono significativamente la resistenza del calcestruzzo, a seconda della granulometria dell'aggregato. Per questo motivo, è necessaria un'ulteriore elaborazione delle fibre stesse in modo da ridurre al minimo il contenuto di contaminante a circa lo 0,5% del peso e, quindi, purificarle.

Recentemente il riciclaggio delle fibre di carbonio dall'industria aerospaziale, automotive, nautica, tramite pirolisi, ha guadagnato molta attenzione e la commercializzazione di tale tecnica ha fornito un accesso più economico ed ecologico a queste fibre.

Le fibre di carbonio sono chimicamente inerti; di conseguenza, non subiscono il deterioramento della resistenza nell'ambiente cementizio e possono formare solo un legame meccanico o di attrito con la matrice cementizia.

La resistenza a flessione, la resistenza alla trazione, le prestazioni a fatica e il comportamento post fessurazione dei compositi cementizi possono essere significativamente migliorati aggiungendo il tipo e la quantità appropriati di fibre di carbonio. Tuttavia, i risultati dei test hanno rivelato che l'incorporazione di fibre di carbonio non migliora sostanzialmente la resistenza alla compressione dei compositi cementizi. Una scarsa dispersione delle fibre aumenta i siti difettosi nella matrice ospite che sono suscettibili all'innescio di cricche.

Diversamente dalle costose fibre di carbonio, le fibre di carbonio riciclate acquisiscono migliori prestazioni meccaniche grazie alla loro superficie ruvida che fornisce un migliore legame con la matrice cementizia circostante.

Qualunque sia il tipo di fibra utilizzato bisogna porre attenzione alla lunghezza delle fibre. Fibre troppo corte riducono le caratteristiche meccaniche, fibre troppo lunghe riducono la lavorabilità, quindi bisogna trovare un giusto compromesso.

Siccome uno degli obiettivi principali del pannello è la leggerezza per la facilità di posa in opera, è stato valutato il rapporto peso-resistenza. Per arrivare alla resistenza necessaria sarebbe servito un maggior quantitativo di fibre e, di conseguenza, più calcestruzzo, in quanto la matrice deve avvolgere totalmente le fibre stesse. Questo avrebbe comportato un aumento dello spessore del pannello e quindi del peso dello stesso.

Infatti, come già anticipato, la riduzione delle emissioni di CO₂ in atmosfera, il contenimento del consumo di risorse naturali, il riciclaggio dei rifiuti sono oggi riconosciuti come obiettivi fondamentali per tutti i settori produttivi. In particolare, per quello delle costruzioni e dunque anche per la produzione di calcestruzzi, una maggior sostenibilità non può prescindere dal progettare e realizzare opere che siano durevoli.

Alla luce di ciò, sono state prese in considerazione le fibre naturali, in particolare quelle in legno (anche riciclate). Infatti, attraverso l'utilizzo di queste fibre, si può produrre il legno-cemento che è un materiale che offre un connubio tra potere isolante e resistenza.

A tal proposito è stata fatta una ricerca tra i leader nella produzione di legno-cemento e tra questi si è distinta la Betonwood che produce pannelli isolanti ad elevata densità ed elevata resistenza meccanica (Appendice A – Scheda tecnica Betonwood).

Si tratta di un pannello realizzato in fibre di legno uniformemente agglomerate al cemento tipo Portland; la sua superficie è liscia e di colore grigio come cemento naturale. Il pannello in legno-cemento è prodotto pressando una miscela di fibre di legno di pino scortecciato (63% in vol.), cemento Portland (25% vol.), acqua (10% vol.) e additivi di idratazione (2% in vol.). Questo presenta le vantaggiose proprietà di rigidità e resistenza del cemento con quelle isolanti delle fibre di legno e di lavorabilità del legno. Inoltre, i pannelli della Betonwood sono più leggeri rispetto ai tradizionali materiali per l'edilizia e sono resistenti ai cambiamenti climatici e al gelo. Gli insetti e i funghi non sono in grado di attaccarlo o danneggiarlo.

Grazie alle sue caratteristiche fisiche e meccaniche, il prodotto è considerato uno dei migliori materiali per le costruzioni leggere.

Il prodotto è ecosostenibile e bio-compatibile, al contrario di altri pannelli concorrenti come i pannelli in OSB aventi una elevata presenza di formaldeide che viene rilasciata in ambienti sottoforma di aldeidi volatili (VOC), emissioni altamente cancerogene per un periodo di 24 anni.

L'azienda fornisce diversi pannelli sandwich che si differenziano in base al tipo di isolante. Sono stati studiati, quindi, vari tipi di isolante, sia quelli proposti dall'azienda stessa che altri presenti nel mercato, in termini di resistenza, trasmittanze e costo.

La Betonwood propone principalmente tre tipi diversi di isolante (Appendice B – Schede tecniche isolanti Betonwood):

- EPS: polistirene espanso sinterizzato; è un materiale organico sintetico, ossia un prodotto di origine naturale che viene trattato con processi di produzione di tipo artificiale, con struttura cellulare. Tra le caratteristiche principali considerate questo presenta una resistenza a flessione ≥ 115 kPa, un coefficiente di conduttività termica λ_D pari a 0,031 W/(m·K);
- Fibra di legno: pannello isolante in fibra di legno prodotto con sistema a secco, intonacabile per l'isolamento a cappotto termico sia interno che esterno (λ_D pari a 0,043 W/(m·K)), con elevata densità, elevata resistenza a compressione (200kPa), idrorepellente e ideale in costruzioni in legno, in ristrutturazioni e nuove costruzioni tradizionali.
Il legno utilizzato è riciclabile, è certificato e realizzato esclusivamente con legno proveniente da foreste controllate;
- Fibra di sughero biondo: pannello in sughero compresso naturale caratterizzato da ottimi valori di isolamento termico (λ_D pari a 0,041 W/(m·K)), di resistenza a flessione (335.39kPa) e di traspirabilità che riducono la formazione di muffe e di umidità rispetto ai prodotti tradizionali. Il sughero garantisce anche un ottimo abbattimento acustico, rendendolo un prodotto ideale per la realizzazione di cappotti termo-acustici sia esterni che interni, a parete e a soffitto.

Dalla valutazione economica si è visto che l'EPS e il sughero sono competitivi sul mercato, infatti, il costo è circa pari a 18,00 €/m² mentre la fibra di legno ha un costo inferiore pari a

circa 11€/m². Nella ricerca di un rapporto qualità-prezzo ottimale, l'EPS è risultato il materiale preferibile tra i tre.

A questo punto lo studio è stato allargato all'infuori degli isolanti proposti dalla Betonwood, alla ricerca di materiali più performanti a partire dall'EPS.

Tra questi, basandosi sempre sulla valutazione degli stessi parametri, sono risultati validi concorrenti (Appendice C – Schede tecniche isolanti):

- **EPS GRAFITE:** le lastre sono costituite totalmente da Polistirene Espanso Sinterizzato additivato con grafite, di cui almeno il 15% in peso deriva da processi di riciclo o recupero. Queste presentano buona resistenza a compressione ≥ 100 kPa e conducibilità termica λ_D pari a 0,030 W/(m·K);
- **POLIISO PLUS:** è un pannello per l'isolamento termico costituito da una schiuma polyiso (poliuretano espanso) rigida a celle chiuse, di colore giallo, espansa fra due supporti di carta metallizzata multistrato. I pannelli dichiarano valori di λ_D pari a 0,022 W/mK secondo la norma europea EN 13165, valori di resistenza alla compressione ≥ 150 kPa;
- **AEROGEL:** pannello termoisolante in aerogel con matrice di supporto in fibra minerale, rasabile, permeabile al vapore, specifico per rivestimenti a cappotto per interno ed esterno. Conferisce il massimo livello di coibentazione ($\lambda_D=0,015$ W/mK) con il minor spessore possibile (minimo 10mm). Tale tipologia di isolante presenta una resistenza a compressione pari a circa 80 kPa.

Anche in questo caso è stata svolta una valutazione economica da cui è stato riscontrato che l'aerogel, per quanto possa presentare conducibilità termiche più basse rispetto agli altri, ancora oggi non è affatto competitivo a livello economico (110-180 €/m²). A differenza di quest'ultimo, il POLIISO PLUS è il materiale isolante che presenta il miglior rapporto qualità-prezzo (18,20 €/m²), anche rispetto a quelli forniti dalla Betonwood, in quanto l'EPS GRAFITE, oltre ad essere meno performante, ha un costo maggiore (21,70 €/m²).

Alla luce di ciò, le modifiche del prodotto sarebbero state due: la forma e il tipo di isolante. Infatti, i pannelli della Betonwood sono pannelli piani, mentre i pannelli da realizzare

avranno sicuramente una forma particolare proprio per svolgere la funzione di auto – ombreggiamento, quindi tale realizzazione richiederebbe sicuramente la produzione di un apposito stampo per la formatura tramite pressatura. Ciò avrebbe comportato maggiori tempi e costi di produzione. Quindi tale soluzione, seppur ottima in termini di caratteristiche è stata scartata.

Alla fine, è stato deciso di orientarsi verso leghe metalliche leggere per poter avere un minore spessore del pannello e quindi maggiore leggerezza che facilita anche le operazioni di posa, maggiore facilità di produzione quindi minor tempo e costo, garantendo comunque caratteristiche meccaniche adeguate allo scopo. È stato deciso, quindi, di abbandonare definitivamente la soluzione del pannello sandwich; inizialmente questo sembrava essere un passo indietro nell'innovazione ma, in realtà, ha rappresentato un vantaggio, in quanto quest'ultima soluzione, permette di poter ottenere un pannello più versatile, ovvero adatto all'applicazione sia sull'esistente che su nuove costruzioni.

Le leghe metalliche leggere che sono state prese in considerazione sono l'acciaio e l'alluminio.

L'acciaio è una lega ferrosa composta principalmente da ferro e carbonio, quest'ultimo in percentuale non superiore al 2,06%. In base al contenuto di carbonio, gli acciai si dividono in più classi andando dagli extra dolci, con il più basso contenuto di carbonio (0,05% - 0,15%), agli extra duri con il più alto contenuto di carbonio (0,80% - 0,85%).

Le proprietà meccaniche di un acciaio possono essere attentamente controllate attraverso la selezione di una appropriata composizione chimica, del processo produttivo e del trattamento termico, che portano alla sua microstruttura finale.

Le proprietà più importanti dell'acciaio sono: grande deformabilità e durezza, buona resistenza alla rottura a trazione e allo snervamento, determinate con prove di trazione, buona conducibilità termica, e, per gli acciai inossidabili e zincati, la resistenza alla corrosione.

Le proprietà fisiche dell'acciaio sono legate alla fisica dei materiali, come densità, conducibilità termica, modulo elastico, coefficiente di Poisson etc. Alcuni valori tipici per le proprietà fisiche dell'acciaio sono:

- densità $\rho = 7,7 \div 8,1$ [kg/dm³];
- modulo elastico $E=190\div 210$ [GPa];
- rapporto di Poisson $\nu = 0,27 \div 0,30$;
- conducibilità termica $k = 11,2 \div 48,3$ [W/mK];
- dilatazione termica $\alpha = 9 \div 27$ [10⁻⁶ / K];

Avendo un'applicazione del sistema all'esterno, data la scarsa resistenza alla corrosione dell'acciaio, è stato preso in considerazione l'acciaio zincato ovvero normale acciaio da costruzione al carbonio rivestito da uno strato di zinco (costituito da ossidi e carbonati) per prevenire efficacemente la corrosione e la ruggine dell'acciaio, prolungandone così la durata. L'acciaio zincato può essere elettrozincato e zincato a caldo.

Inoltre, presenta i vantaggi di resistenza agli alcali, buona resistenza agli urti, rapido trasferimento di calore, lunga durata meccanica, buona resistenza alla fiamma, degrado naturale, valore di riciclaggio, facilità di lavorazione e possibilità di saldatura diretta con tecniche a MIG (Metal Inert Gas) o a TIG (Tungsten Inert Gas).

La precisione delle dimensioni dei prodotti zincati è molto elevata.

L'alluminio è un metallo leggero a bassa densità (2,79 g/cm³). L'alluminio puro ha una bassa resistenza ma una buona plasticità; la resistenza meccanica di alcune leghe di alluminio ad alta resistenza, invece, supera quella dell'acciaio strutturale.

L'alluminio non ha magnetismo e a basse temperature (-198 °C) non sarà fragile e avrà comunque buone proprietà meccaniche, infatti aumentano la resistenza a trazione, all'impatto e alla corrosione. Inoltre, può essere arrotolato in lastre sottili e lamine, trafilato in filamenti ed estruso in varie forme complesse in quanto la sua duttilità e la sua malleabilità sono molto buone.

Tale metallo può combinarsi rapidamente con l'ossigeno nell'aria per formare un film protettivo naturale di ossido di alluminio denso e duro con uno spessore compreso tra 0,005 e 0,02 micron che previene l'ossidazione dell'alluminio stesso. Pertanto, ha una buona resistenza alla corrosione.

L'alluminio ha una buona conduttività elettrica e termica. La conducibilità elettrica è equivalente al 64,94% del rame ricotto standard internazionale, il che lo rende efficace per l'uso come conduttore elettrico.

L'alluminio liscio ha un'alta riflessione sullo spettro elettromagnetico dalle onde radio e nella gamma infrarossa e termica. Riflette circa l'80% della luce e il 90% del calore che colpiscono la sua superficie. Questo elevato grado di riflessione conferisce all'alluminio un buon aspetto estetico e lo rende efficace per l'uso contro le radiazioni di luce e calore in applicazioni come coperture e scudi termici per autoveicoli.

L'alluminio puro ha una resistenza alla trazione di 90 MPa che lo rende molto utile per i materiali strutturali. Attraverso processi come la laminazione a freddo lo si può rendere ancora più forte. Un ulteriore aumento della resistenza è ottenuto legandolo con elementi come rame, manganese e silicio, a percentuali misurate. Le leghe di alluminio sono molto più forti e possono essere ulteriormente rafforzate attraverso il trattamento termico.

Il rapporto peso/resistenza dell'alluminio è molto più elevato rispetto all'acciaio da costruzione. Questo lo rende adatto alla progettazione e alla costruzione di strutture robuste e leggere.

Per la maggior parte delle sue applicazioni l'alluminio non ha bisogno di un rivestimento protettivo. Laddove fosse necessaria una protezione aggiuntiva, possono essere applicate una vasta gamma di finiture superficiali, quali vernici o finiture elettrochimiche come l'anodizzazione.

Di seguito si riporta una tabella riassuntiva (Tabella 2) delle caratteristiche principali dei materiali messe a confronto relativamente al caso in esame. Come visibile da tale tabella, nessun materiale prevale fortemente sull'altro in quanto ciascuno di essi presenta i suoi vantaggi. Per tale ragione, nello studio si portano avanti entrambi i materiali al fine di definire sperimentalmente quello che effettivamente risponde meglio allo scopo.

Tabella 2 - Caratteristiche acciaio - alluminio a confronto

DIFFERENZE TRA ALLUMINIO E ACCIAIO ZINCATO	
PESO	L'alluminio è più leggero dell'acciaio; per questo sarebbe stato più adatto al caso di studio perché permetterebbe di realizzare dei pannelli più leggeri che richiederebbero degli agganci più semplici. Inoltre, questa leggerezza faciliterebbe le operazioni di montaggio e trasporto riducendone i costi.
RESISTENZA ALLA CORROSIONE	L'acciaio è più soggetto alla corrosione rispetto all'alluminio, per cui la resistenza di quest'ultimo è maggiore. Se però elementi in normale acciaio da costruzione al carbonio vengono zincati si previene la corrosione e la ruggine, prolungando la durata dell'acciaio, rendendoli paragonabili a quelli in alluminio.
COSTO	Il prezzo dell'acciaio e dell'alluminio è continuamente fluttuante in base alla domanda e all'offerta globali; tuttavia, l'acciaio è generalmente più economico rispetto all'alluminio. Il costo delle materie prime ha sicuramente un impatto diretto sul prezzo del prodotto finito, ma conta anche il tipo di lavorazione.
FACILITA' DI PRODUZIONE	I pezzi vengono realizzati per piegatura. L'operazione di piegatura dell'alluminio è più complessa rispetto a quella dell'acciaio in quanto piegare una lamiera equivale all'applicazione di un carico puntuale. Dovendo piegare una lastra metallica secondo angoli acuti, si dovrà applicare un carico puntuale maggiore. Di conseguenza, l'alluminio, avendo una tensione di rottura inferiore all'acciaio, a parità di carico tende a rompersi prima di quest'ultimo.
SALDABILITA'	L'alluminio è saldabile con tecniche MIG, TIG e saldobrasatura, con l'uso di gas inerti. L'acciaio zincato è saldabile a MIG o a TIG, tecniche che permettono la saldatura dello zincato senza compromettere il rivestimento; ciò non sarebbe possibile con una normale saldatura che richiederebbe la rimozione della zincatura e il suo ripristino dopo la saldatura.
CONDUCIBILITA' TERMICA	L'alluminio è un miglior conduttore rispetto all'acciaio. Infatti, quest'ultimo ha una conducibilità compresa tra 16 e 52W/mK in base alla composizione chimica, mentre l'alluminio pari a circa 247W/mK.
DILATAZIONE TERMICA	L'alluminio ha un coefficiente di dilatazione termica lineare pari al doppio di quello dell'acciaio, infatti, il valore del coefficiente è rispettivamente $2,4 \times 10^{-5}$ e $1,2 \times 10^{-5}$.

4. FASI, MATERIALI E METODI

4.1 Fasi di studio

L'iter progettuale è stato lungo e complesso mantenendo il focus su *performance mock-up (PMU)* e *visual mock-up (VMU)*. I mock-up sono strumenti estremamente utili nella fase di progettazione, poiché consentono di visualizzare l'idea di un prodotto, nonché il prodotto stesso, in modo più concreto e realistico.

Per quanto riguarda il *performance mock-up* le prestazioni richieste alla parete sono:

- facilità di montaggio;
- riduzione di tempi e costi di installazione;
- ottimizzazione del tiraggio all'interno dell'intercapedine;
- resistenza meccanica in ambito statico e dinamico (vento, sisma, urto).

Per il *visual mock-up*, invece, l'obiettivo è la ricerca di una forma che risponda ai canoni estetici dell'architettura moderna e che allo stesso tempo sia funzionale in merito alle prestazioni termiche da garantire.

Per arrivare alla soluzione finale si susseguono vari step di progettazione, valutazioni che passano per la scelta dei materiali, lo studio del sistema di aggancio, la modellazione e il calcolo strutturale e la definizione della forma con la relativa analisi solare per verificare l'efficienza dell'auto – ombreggiamento del pannello progettato.

4.2 Forma e materiali

In letteratura sono stati trovati esempi di facciate ventilate realizzate con pannelli di forme complesse, lontane dal classico pannello piano, in grado di assolvere diverse funzioni a cui il pannello classico non riuscirebbe a far fronte.

Nel caso in esame uno degli obiettivi è realizzare una parete ventilata in grado di auto ombreggiarsi, per cui è stato studiato un pannello di forma particolare (Figura 6) che lo permettesse.

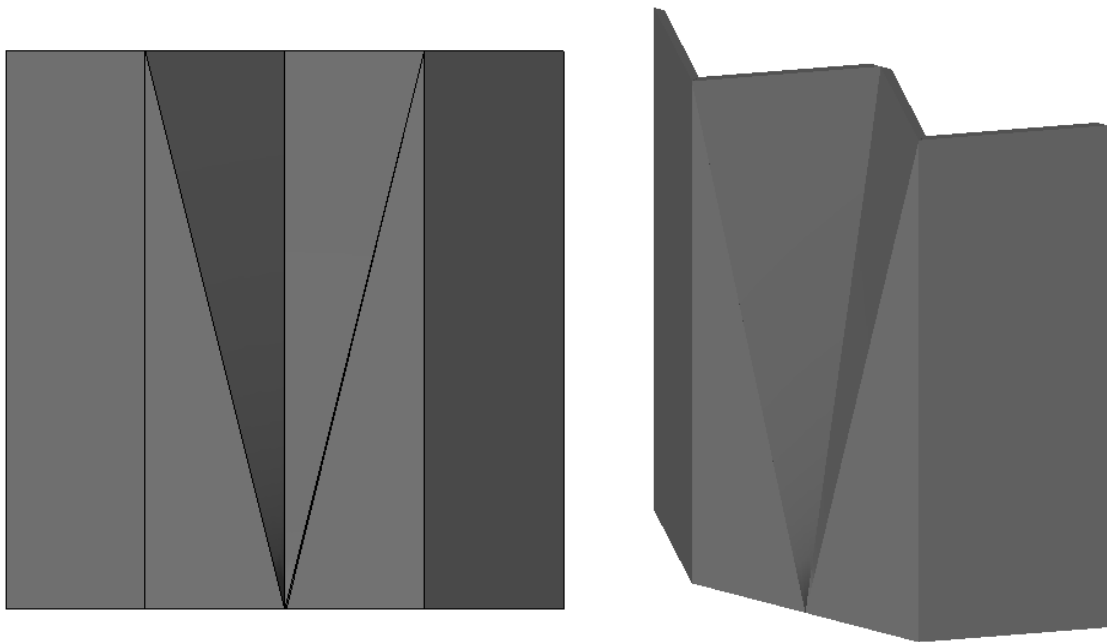


Figura 6 - Vista frontale e vista assonometrica del pannello sagomato

Tale pannello è costituito da un susseguirsi di facce rettangolari e triangolari, a creare un elemento simmetrico che è triangolare in testa e trapezoidale alla base. La dimensione scelta per il pannello è quella di un modulo standard 60x60 cm che rappresenta un buon compromesso tra la praticità di posa (elemento facilmente maneggiabile anche da un singolo soggetto) e il numero di pezzi necessari per coprire un'intera facciata (riducendo, così, anche i tempi di installazione).

Dopo lo studio preliminare effettuato sui materiali tradizionali ed innovativi, illustrato nel Capitolo 3 e dopo aver stabilito la forma del pannello innovativo, sono stati definiti diversi materiali, forme e finiture da confrontare in fase di sperimentazione e quindi stabilire la

soluzione più performante. Durante la sperimentazione i pannelli saranno installati su una lastra di AquaBoard di dimensioni 300x120x1,25 cm.

I materiali utilizzati per realizzare i diversi pannelli sono:

- *Acciaio zincato* (Appendice D – Scheda tecnica acciaio zincato): L'acciaio in esame è una lega ferrosa composta da Carbonio 0,6%, Manganese 0,025%, Silicio 0,017%, Fosforo 0,023%, Zolfo 0,022%, Alluminio 0,05%.

Le proprietà più importanti dell'acciaio sono grande deformabilità e durezza, buona resistenza alla rottura a trazione (340-360 MPa) e allo snervamento, buona conducibilità termica, e, per gli acciai inossidabili e zincati, la resistenza alla corrosione. Quest'ultima caratteristica rappresenta il motivo per cui non è stato scelto un tradizionale acciaio privo di rivestimento ma un acciaio zincato, ovvero normale acciaio da costruzione al carbonio rivestito da uno strato di zinco da 140 a 270 gr/m² (costituito da ossidi e carbonati) per prevenire efficacemente la corrosione e la ruggine dell'acciaio, prolungandone così la durata. Infatti, gli elementi progettati nel caso in esame saranno applicati esternamente.

Inoltre, tale materiale presenta i vantaggi di resistenza agli alcali, buona resistenza agli urti, rapido trasferimento di calore, lunga durata meccanica, buona resistenza alla fiamma, degrado naturale, valore di riciclaggio, facilità di lavorazione e possibilità di saldatura diretta con tecniche a MIG (Metal Inert Gas) o a TIG (Tungsten Inert Gas).

Le tecniche di saldatura sono state fondamentali per la realizzazione dei pannelli sagomati in esame in quanto, essendo in una fase preliminare di studio, questi sono stati prodotti artigianalmente e non in serie. Infatti, la realizzazione del pannello si sviluppa in due fasi, la prima è una fase di piegatura che riguarda solo le metà dello stesso, separatamente, dopodiché sono state saldate tra loro.

In definitiva, i pannelli realizzati in acciaio zincato sono due, uno di forma particolare sagomata e uno di forma piana, entrambi con uno spessore pari a 2 mm.

Di seguito si riportano gli elaborati grafici di tali pannelli (Figura 7 , Figura 8).

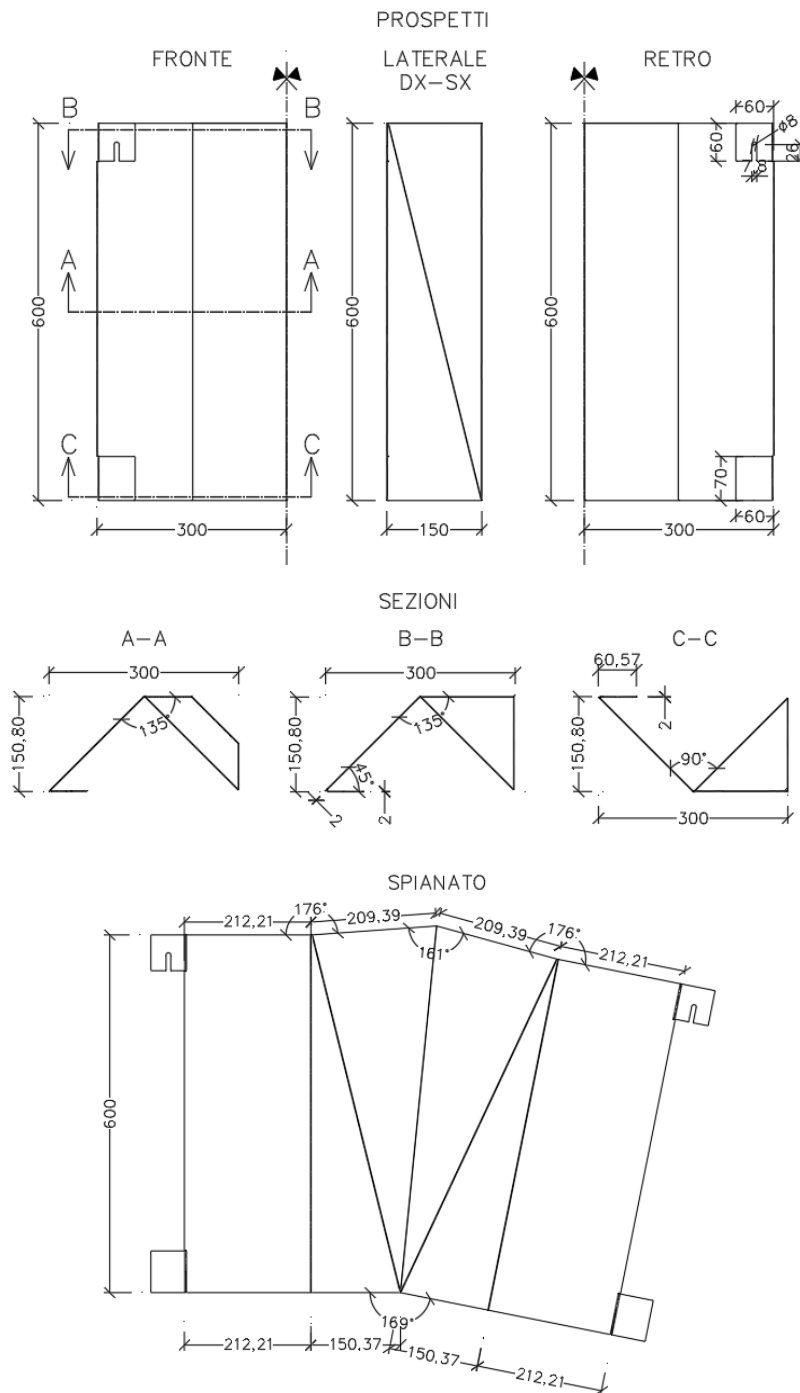


Figura 7 - Elaborati grafici pannello sagomato in acciaio zincato

Lo spianato riportato in Figura è un elaborato grafico che rappresenta il pannello sagomato ma come se fosse aperto su superficie piana. Questo è un elaborato fondamentale per la produzione di lamiera di tale genere in quanto permette di capire perfettamente il quantitativo di materiale necessario in base alle reali dimensioni, anche perché qualunque tipo di lamiera nasce piana e viene piegata successivamente.

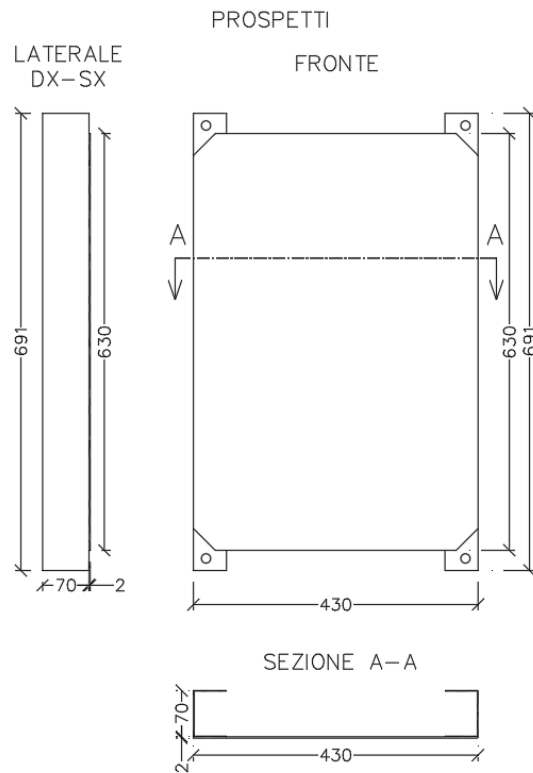


Figura 8 - Elaborati grafici pannello piano in acciaio zincato

Tale pannello piano è stato realizzato artigianalmente in officina utilizzando una semplice lamiera piana in acciaio zincato montata su montanti anch'essi in acciaio. I montanti utilizzati hanno una profondità di 7 cm, ciò definisce la dimensione del canale di ventilazione che si viene a creare. La profondità di quest'ultimo quindi, è pari alla metà di quello del pannello sagomato nei punti di massima profondità.

- *L'alluminio 5754*: è una lega alluminio-magnesio, caratterizzata da eccellenti caratteristiche di resistenza all'ossidazione ed alla corrosione in generale; le caratteristiche meccaniche sono modeste, la formabilità è elevata; Saldabile per fusione. È utilizzata in genere sottoforma di lamiere sottili. Tale alluminio trova spesso impiego come pannelli di rivestimento nel settore edilizio.

Tale metallo può combinarsi rapidamente con l'ossigeno nell'aria per formare un film protettivo naturale di ossido di alluminio denso e duro con uno spessore compreso tra 0,005 e 0,02 micron che previene l'ossidazione dell'alluminio stesso. Pertanto, ha una buona resistenza alla corrosione.

Tale alluminio ha una buona conduttività termica pari a 132 W/mK.

L'alluminio liscio ha un'alta riflessione sullo spettro elettromagnetico dalle onde radio e nella gamma infrarossa e termica. Riflette circa l'80% della luce e il 90% del calore che colpiscono la sua superficie. Questo elevato grado di riflessione conferisce all'alluminio un buon aspetto estetico e lo rende efficace per l'uso contro le radiazioni di luce e calore in applicazioni come coperture e scudi termici per autoveicoli.

L'alluminio 5754 per spessori compresi tra 1,50 e 3,00 mm ha una resistenza alla trazione di 190 N/mm². Attraverso processi come la laminazione a freddo lo si può rendere ancora più forte.

Per la maggior parte delle sue applicazioni l'alluminio non ha bisogno di un rivestimento protettivo. Laddove fosse necessaria una protezione aggiuntiva, possono essere applicate una vasta gamma di finiture superficiali, quali vernici o finiture elettrochimiche come l'anodizzazione.

Anche per l'alluminio 5754 c'è la possibilità di saldatura diretta con tecniche a MIG (Metal Inert Gas) o a TIG (Tungsten Inert Gas) che, come per l'acciaio zincato sopra citato, è fondamentale per la realizzazione dei pannelli.

Con tale alluminio sono stati realizzati due pannelli, uno di forma particolare sagomata e uno di forma piana, entrambi con uno spessore pari a 2 mm.

Di seguito si riportano gli elaborati grafici del pannello piano (Figura 9), mentre quelli relativi al pannello sagomato sono riportati in Figura 7 - Elaborati grafici pannello sagomato in acciaio zincato.

Per tali elaborati valgono le stesse considerazioni fatte per quelli in acciaio zincato.

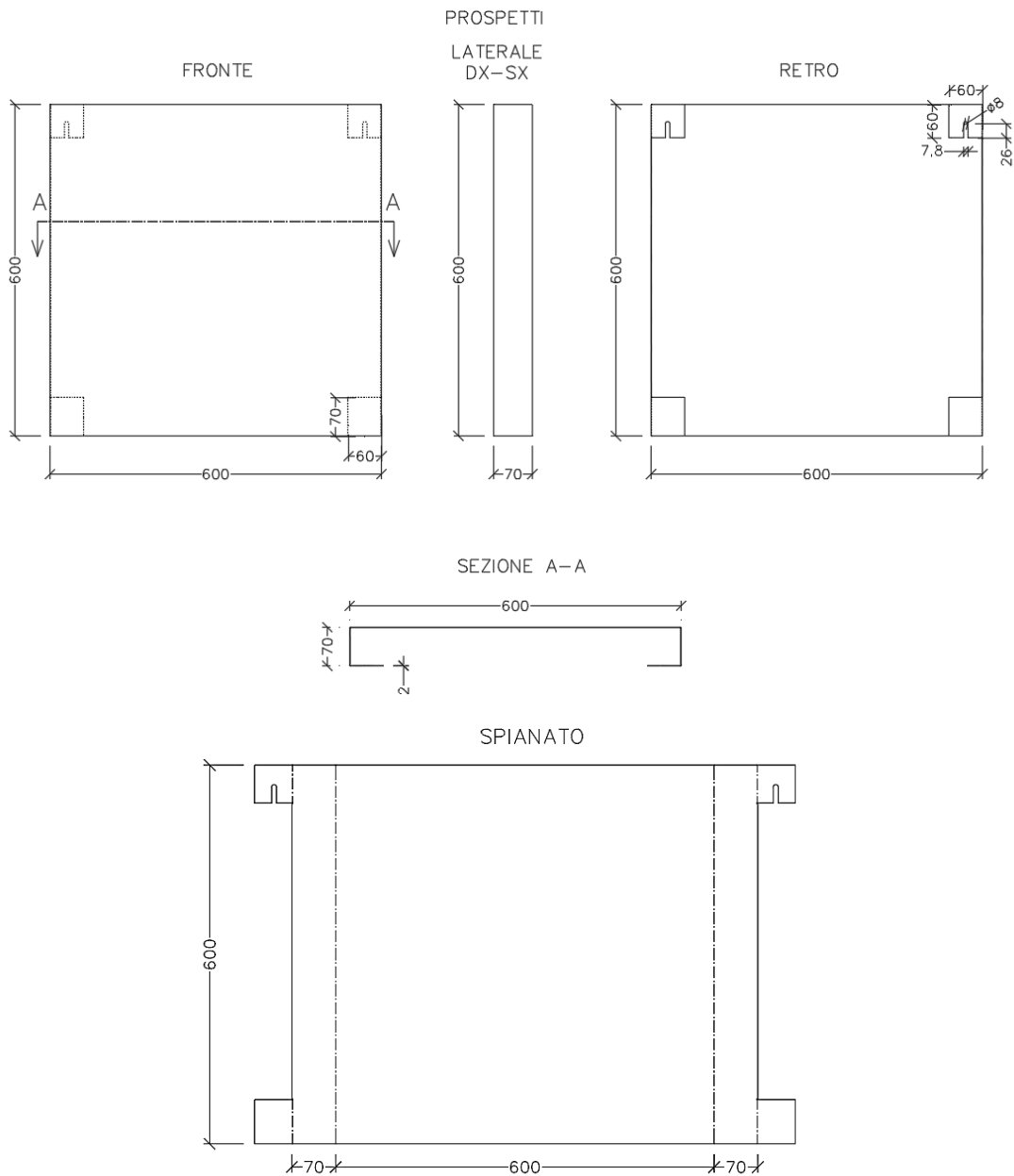


Figura 9 - Elaborati grafici pannello piano in alluminio

Questi pannelli piani in alluminio sono stati realizzati per piegatura di una lamiera completamente piana, definendo così un canale di ventilazione di profondità pari a 7 cm come per il pannello piano in acciaio zincato.

- **ALUCOBOND:** è un pannello composito costituito da due lamine di alluminio accoppiate a un nucleo incombustibile o difficilmente infiammabile, con riempimento minerale, che

è sinonimo di edilizia sostenibile di qualità e dei più alti standard progettuali (Figura 10). Il materiale della facciata si distingue per le sue caratteristiche come la perfetta planarità, la varietà di finiture superficiali e di colori e la straordinaria duttilità.

È un materiale che ha innumerevoli possibilità di lavorazione e un ottimo rapporto qualità/prezzo. Può essere lavorato anche direttamente in cantiere, con utensili normalmente reperibili in commercio e si adatta in vari modi alle specifiche condizioni dell'edificio. Tale prodotto mantiene intatta la propria funzionalità e il proprio aspetto per lungo tempo con minimi interventi di pulizia e manutenzione.

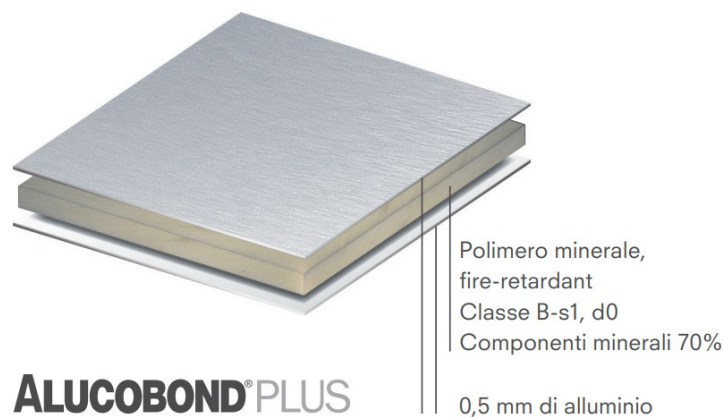


Figura 10 - Stratigrafia ALUCOBOND PLUS

Il pannello sagomato in Alucobond è stato realizzato su foglio piano di spessore pari a 4 mm di materiale composito, con degli intagli che ne permettono la successiva piegatura.

Gli elaborati grafici, ad eccezione dello spessore che varia, sono quelli riportati in Figura 7.

- *Smalto nanotecnologico Thermo-Metals*: è un prodotto nanotecnologico termoriflettente satinato, ideale per la verniciatura di superfici metalliche (tetti, sandwich panels, silos, serbatoi, container etc.) in condizioni climatiche particolari. In edilizia industriale, trova impiego come smalto anticorrosivo additivato antialga, termoriflettente, per migliorare il comfort interno dei capannoni esposti alla luce diretta del sole e l'ottimizzazione energetica. Consente la riflessione del calore generato dalla radiazione solare (sia visibile, sia infrarossa).

Tale finitura innovativa presenta numerosi vantaggi:

- elevati valori di riflettanza solare, emissività e SRI (indice di riflettanza solare);

- trattamento termico cool roof come efficace strumento nella lotta al surriscaldamento globale;
- miglioramento del comfort abitativo interno e riduzione effetto “testa calda”;
- risolve anche le problematiche legate allo stoccaggio di materiali posti sotto al sole;
- miglior efficienza energetica dello stabile per un risparmio energetico ed economico;
- minor degrado nel tempo dei materiali di copertura: meno manutenzione nel tempo, più risparmio;
- effetto estetico: non ingiallisce con il tempo, crea finiture lisce e omogenee.

Questo smalto nanotecnologico aderisce direttamente su molti tipi di metalli puliti come ad esempio lamiera zincata e alluminio. Su superfici idoneamente preparate pulite e asciutte, si può applicare uno spessore consigliato di 120/150 µm ca. dopo una prima mano di NANOPRIMER come riportato in scheda tecnica (Appendice G – Scheda tecnica THERMO – METALS e NANOPRIMER).

In particolare, il colore che è stato applicato sui pannelli oggetto di sperimentazione è il colore 9730 (bianco) che ha un indice SRI certificato pari a 105,2.

È stato scelto di utilizzare questo smalto nanotecnologico piuttosto che una tradizionale pittura per esterni in quanto l’intensione è stata quella di massimizzare l’effetto della finitura. La pittura tradizionale (Appendice H -Scheda tecnica idropittura MR287), invece, è stata utilizzata come finitura su una zona della lastra di AquaBoard per poter avere il confronto anche con una tradizionale parete non ventilata.

- *Pannello di AquaBoard BA13*: lastra a base gesso da esterno, composta da uno speciale rivestimento idrofugo e da un cuore densificato e completo di specifici additivi che le conferiscono un’eccezionale resistenza all’acqua, agli agenti atmosferici e allo sviluppo di muffe. Questa lastra è estremamente versatile, utilizzabile per applicazioni esterne con finitura rasante o cappotto, semi esposte dove non necessita di rasatura o interne ad altissima umidità. Una volta installata può rimanere direttamente esposta alle intemperie e ai raggi UV durante il cantiere fino a 6 mesi senza protezione della superficie. Consente la realizzazione di sistemi antisismici e ad elevate prestazioni termiche ed acustiche (fino a 71 dB), con resistenza all’effrazione Classe 2 e 3. Grazie all’ottima lavorabilità, risulta facile da applicare, e permette un risparmio di tempo fino 60%. In Appendice I – Scheda tecnica AquaBoard BA13 è riportata la scheda tecnica della lastra utilizzata.

4.3 Metodi analitici

Nel seguente paragrafo vengono approfondite le modalità di progettazione del pannello per facciata ventilata ipotizzando che sarà realizzato in acciaio zincato.

In primo luogo, è stata effettuata un'analisi dei carichi, necessaria anche per il calcolo dell'azione del vento. Successivamente è stata effettuata la modellazione del pannello e del sistema di aggancio previsto, attraverso l'utilizzo di software e infine sono state valutate le verifiche necessarie per il sistema di aggancio e per il pannello stesso.

4.3.1 Rapporto forma ombreggiamento

Uno degli obiettivi principali del pannello è quello di auto – ombreggiarsi per cui è stata svolta un'analisi accurata e approfondita delle zone di ombra che si creano grazie alla configurazione sagomata del pannello.

Questa valutazione è stata effettuata principalmente utilizzando il software Autodesk Revit che permette di impostare il percorso solare definendo il giorno e il luogo di interesse.

Per tale studio è stato preso in considerazione il giorno 21 giugno in cui il sole, nell'emisfero boreale, raggiunge il punto di massima altezza rispetto all'orizzonte illuminando una parte del pianeta per più ore rispetto a tutti gli altri giorni, prima di ricominciare a scendere.

Questo, infatti, fa sì che l'ombra abbia un'estensione maggiore e quindi permetta di definire il massimo vantaggio che la forma apporterebbe.

Di seguito si riportano le immagini relative al percorso solare di alcuni orari significativi del giorno precedentemente citato (Figura 11, Figura 12, Figura 13, Figura 14, Figura 15, Figura 16). Grazie a questo è possibile apprezzare sia visivamente che quantitativamente le ombre prodotte dalla sagoma stessa.

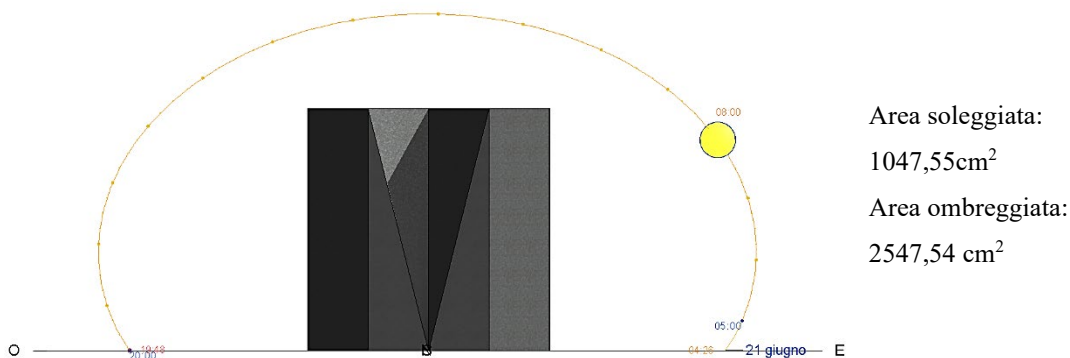
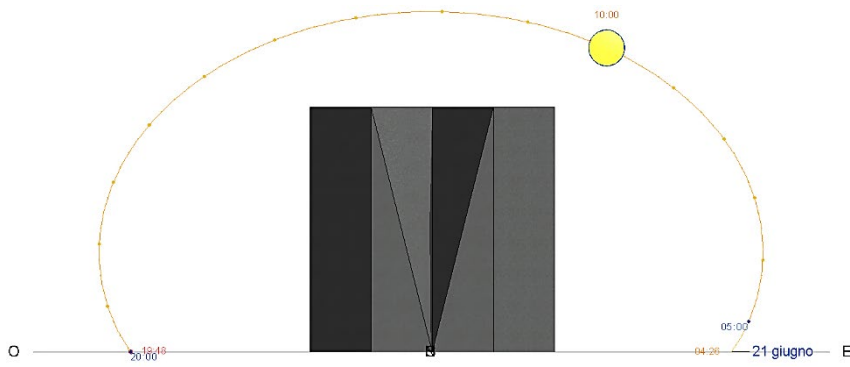
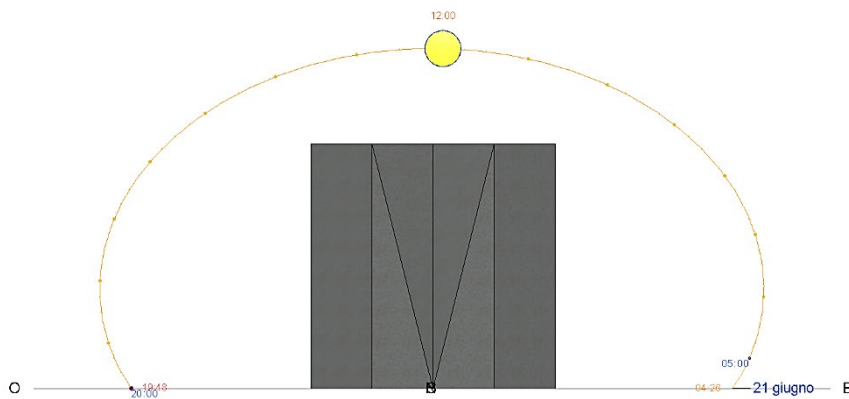


Figura 11 - Pannello ombreggiato ore 08:00



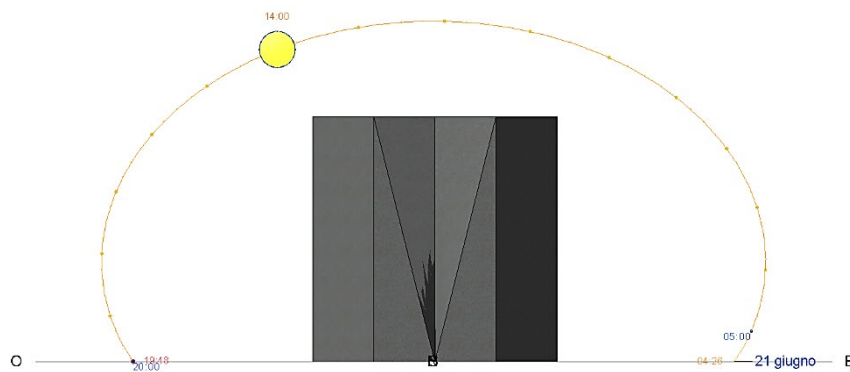
Area soleggiata:
 2243,61 cm²
 Area ombreggiata:
 1365,61 cm²

Figura 12 - Pannello ombreggiato ore 10:00



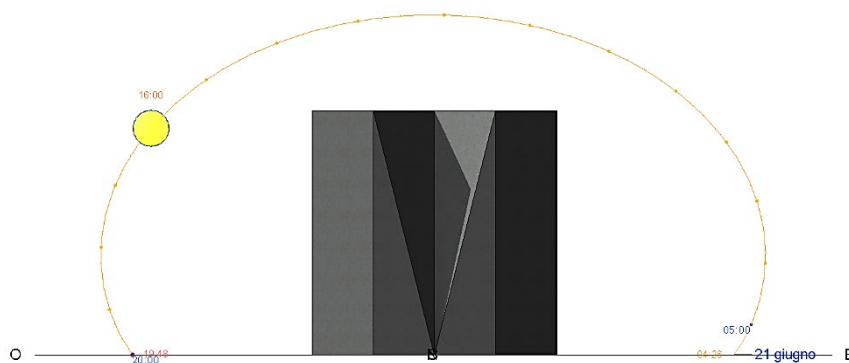
Area soleggiata:
 3600 cm²
 Area ombreggiata:
 0 cm²

Figura 13 - Pannello ombreggiato ore 12:00



Area soleggiata:
 2622,92 cm²
 Area ombreggiata:
 963,87 cm²

Figura 14 - Pannello ombreggiato ore 14:00



Area soleggiata:
 1090,47 cm²
 Area ombreggiata:
 2537,36 cm²

Figura 15 - Pannello ombreggiato ore 16:00

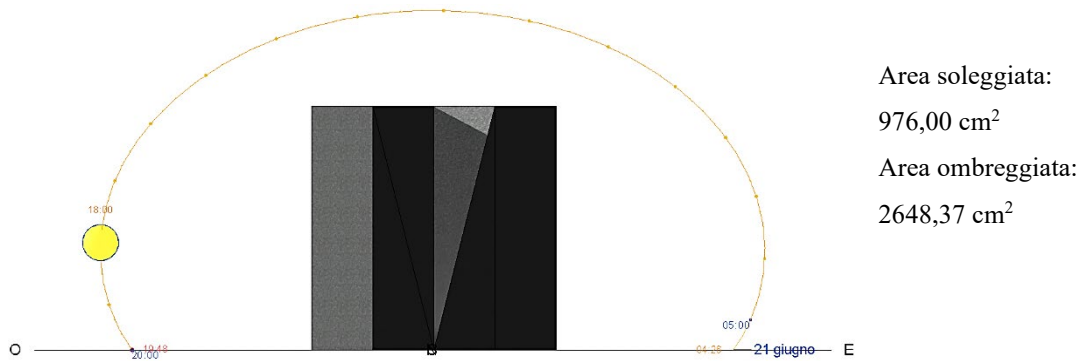


Figura 16 - Pannello ombreggiato ore 18:00

Inoltre, i valori delle aree prima riportate sono stati espressi in termini percentuali in maniera tale da vedere a colpo d'occhio il rapporto tra l'area soleggiata e quella ombreggiata agli orari predefiniti (Tabella 3).

Tabella 3 - Valori percentuali aree soleggiate - ombreggiate

Ore	Area soleggiata (%)	Area ombreggiata (%)
08:00	29,10	70,80
10:00	62,20	37,80
12:00	100,00	0,00
14:00	72,90	27,10
16:00	29,50	70,50
18:00	27,00	73,00

Dai valori percentuali riportati in tabella è facile notare che l'area soleggiata prevale su quella ombreggiata per cui potrebbe sembrare che il pannello non sia così vantaggioso, ma facendo la stessa analisi su un pannello di uguali dimensioni ma piano, anziché sagomato, è evidente che il vantaggio è notevole. Infatti, dalle immagini che seguono (Figura 17, Figura 18, Figura 19, Figura 20, Figura 21, Figura 22) si dimostra che nelle ore centrali si ha sempre il 100% di area soleggiata.

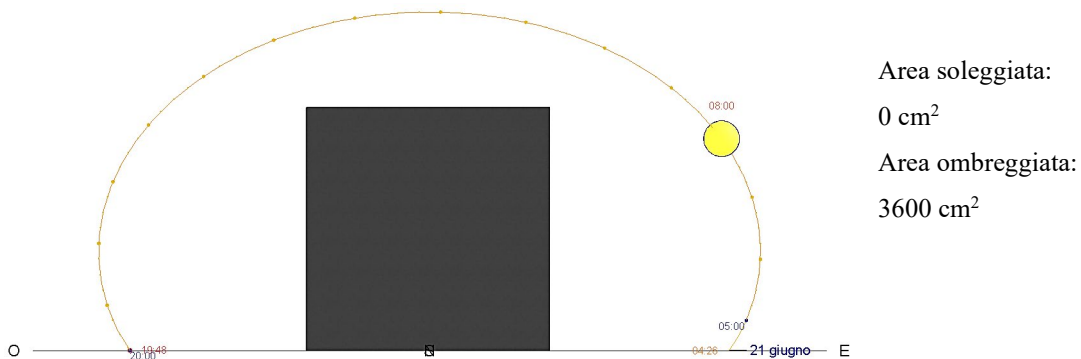


Figura 17 - Pannello piano ore 08:00

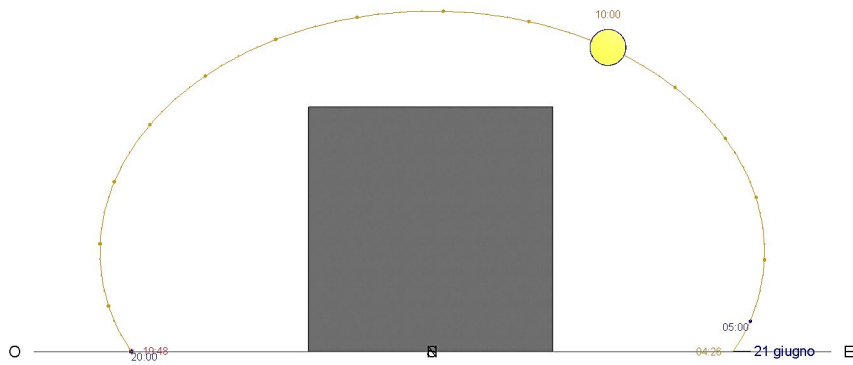


Figura 18 - Pannello piano ore 10:00

Area soleggiata:
3600 cm²
Area ombreggiata:
0 cm²

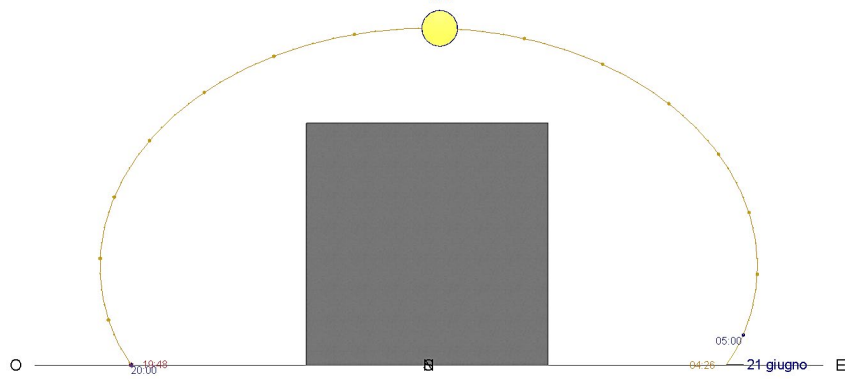


Figura 19 - Pannello piano ore 12:00

Area soleggiata:
3600 cm²
Area ombreggiata:
0 cm²

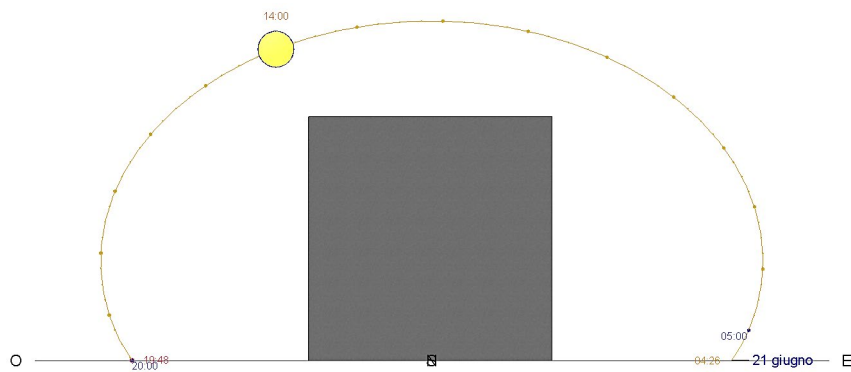


Figura 20 - Pannello piano ore 14:00

Area soleggiata:
3600 cm²
Area ombreggiata:
0 cm²

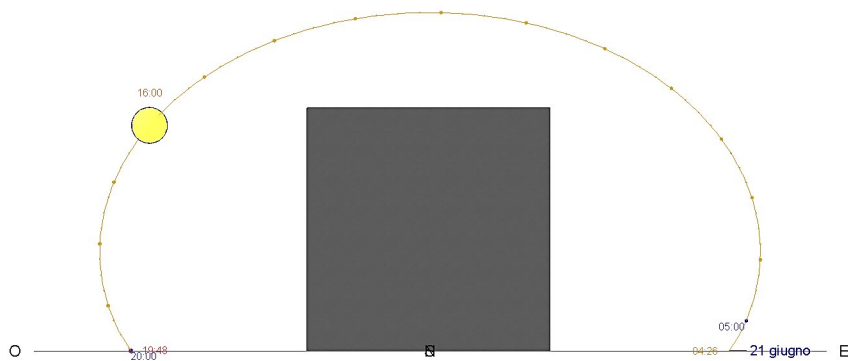


Figura 21 - Pannello piano ore 16:00

Area soleggiata:
3600 cm²
Area ombreggiata:
0 cm²

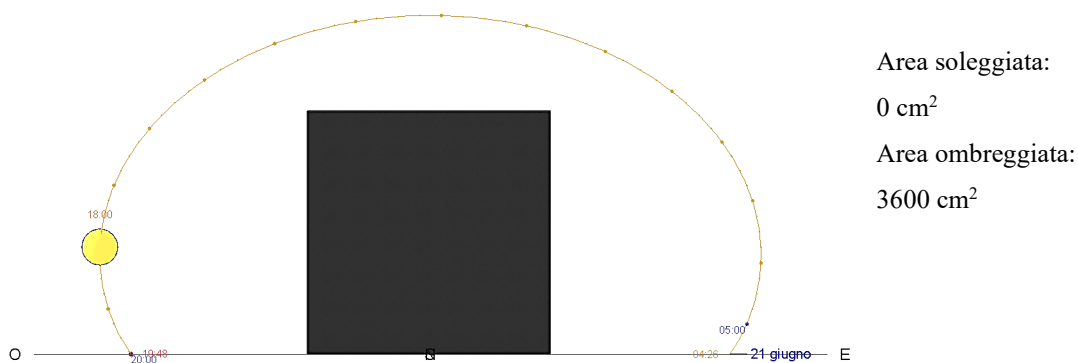


Figura 22 - Pannello piano ore 18:00

Dopodiché come per il pannello sagomato, i valori delle aree sopra riportate sono stati espressi in forma percentuale in maniera tale da vedere a colpo d'occhio il rapporto tra l'area soleggiata e quella ombreggiata agli orari predefiniti (Tabella 4).

Tabella 4 - Valori percentuali aree soleggiate - ombreggiate

Ore	Area soleggiata (%)	Area ombreggiata (%)
08:00	0,00	100,00
10:00	100,00	0,00
12:00	100,00	0,00
14:00	100,00	0,00
16:00	100,00	0,00
18:00	0,00	100,00

Dai valori in tabella è chiaro che l'area soleggiata è quasi completamente prevalente su quella ombreggiata per cui si capisce facilmente che il pannello sagomato presenta notevoli vantaggi in termini di ombreggiamento.

Inoltre, anche se alle ore 08:00 e alle ore 18:00 il pannello piano sembra totalmente ombreggiato, ma si tratta solo di un limite del software. Infatti, in quegli orari, il sole si trova in una posizione molto più bassa rispetto a quella delle ore 12:00, per cui i raggi colpiscono la superficie con un angolo tale che questa non risulti né totalmente ombreggiata né totalmente soleggiata.

Dopo aver dimostrato che la forma del pannello sagomato funziona per l'auto – ombreggiamento, l'analisi solare è stata estesa ad una porzione tipo di parete ventilata per valutarne il comportamento globale.

Nella parete tipo, i pannelli sono stati ipotizzati affiancati a formare righe che si ripetono in altezza sfalsate di mezzo modulo rispetto alla sottostante. Questa disposizione favorisce l'ombreggiamento reciproco tra i pannelli e la formazione di canali d'aria continui e connessi tra loro.

Di seguito si riporta l'immagine (Figura 23) dell'analisi solare della parete tipo, sempre del giorno 21 giugno 2023, alle ore 12:00 cioè, la fascia oraria che ha rappresentato la situazione più sfavorevole nel caso del pannello singolo.

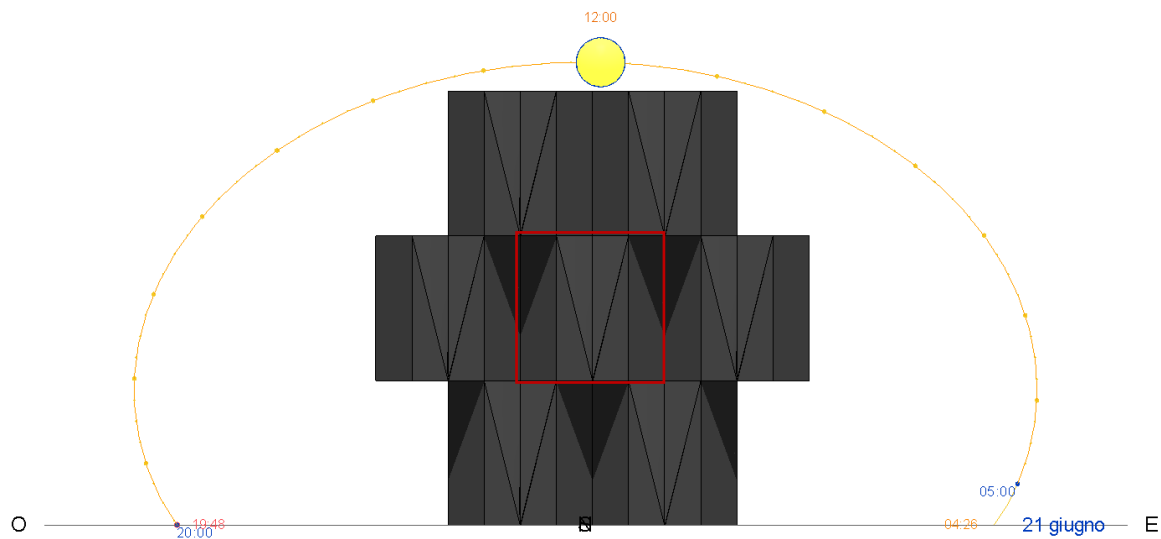


Figura 23 - Facciata ventilata tipo ore 12:00

Da tale valutazione è evidente che il singolo modulo (cerchiato in rosso in figura) inserito in un contesto più ampio, anche se in minima parte (circa il 17% dell'area totale), risulta ombreggiato dai pannelli adiacenti presentando una superficie ombreggiata di 602,02 cm² contro i 2997,98 cm² di area soleggiata.

Dopo aver visto la situazione più svantaggiosa si riportano invece le immagini di due orari diversi (Figura 24, Figura 25) in cui si può notare che la facciata è effettivamente ben auto-ombreggiata.

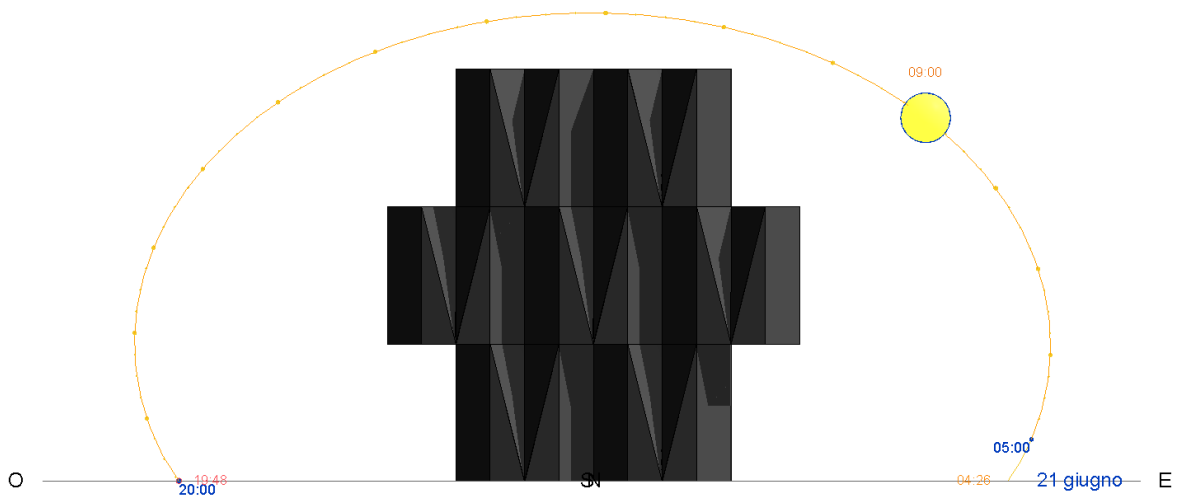


Figura 24 - Facciata ventilata tipo ore 9:00

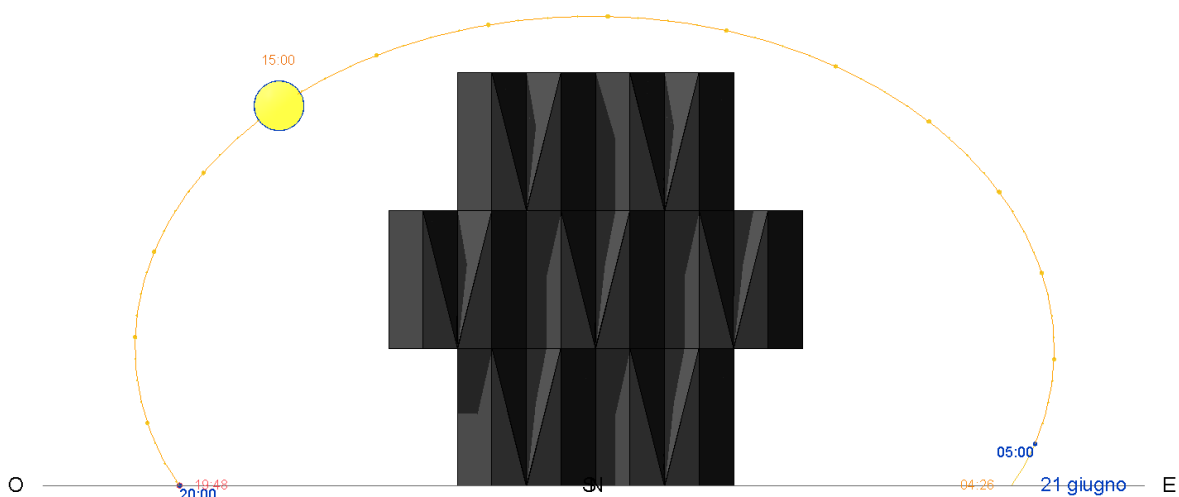


Figura 25 - Facciata ventilata tipo ore 15:00

Nonostante che la forma particolare del pannello progettato offra già dei notevoli vantaggi in senso di ombreggiamento, non è comunque performante a tutte le ore del giorno, presentando dei limiti proprio nelle fasce orarie centrali, cioè quando la radiazione solare è maggiore.

Per tale ragione sono state valutate ulteriori alternative come l'aggiunta di un elemento orizzontale in testa, la diversa inclinazione dei pannelli o la diversa disposizione degli stessi, al fine di valutare se una di queste soluzioni potesse produrre un miglioramento significativo.

La prima alternativa valutata è stata quella di inclinare i pannelli rispetto alla verticale, partendo da un'inclinazione minima di 10° . Questa idea nasce dal tentativo di creare zone di ombra nelle fasce orarie in cui il pannello sagomato non ne presenta. Infatti, inclinando i

pannelli rispetto alla verticale, la parte superiore del pannello è più sporgente rispetto alla parte inferiore per cui questo produrrebbe ombra nella parte bassa del pannello nelle ore in cui il sole si trova nella posizione più alta.

Ancora una volta, quindi, è stato cercato di sfruttare la forma.

Come si vede in Figura 26 questa è stata una scelta fallimentare in quanto in termini di ombreggiamento la situazione peggiora notevolmente e, inoltre, è stato perso il concetto di facciata ventilata in quanto vengono meno i canali continui che si dovrebbero creare i pannelli e la parete retrostante.

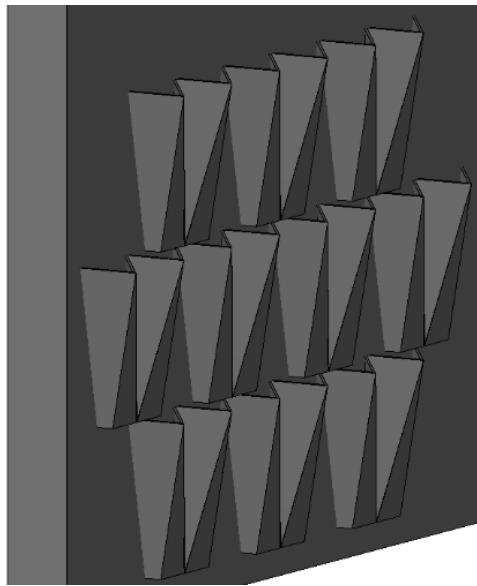


Figura 26 - Alternativa pannelli inclinati

La seconda alternativa (Figura 27) consiste nel realizzare la parete semplicemente capovolgendo i moduli lasciando invariata la configurazione. A prescindere dall'ombreggiamento che è rimasto invariato rispetto alla conformazione di partenza, tale soluzione è fallimentare come la precedente in quanto i fori che dovrebbero funzionare da riprese di aria esterna, in tal caso sono rivolti verso l'alto e andrebbero a favorire l'ingresso di acqua piovana.

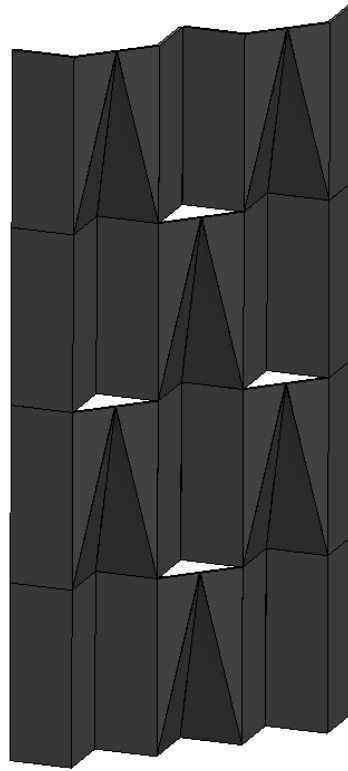


Figura 27 - Alternativa pannelli capovolti

Un'altra opzione presa in considerazione per modificare la parete ancora una volta è stata la variazione della disposizione dei pannelli, disponendoli regolarmente sia in verticale che in orizzontale, capovolgendo i pannelli a righe alternate (Figura 28).

Tale scelta ha portato ad una parete con canali di aria divisi, diversi da quelli connessi che si ottenevano con la configurazione originale.

In termini di ombreggiamento invece, non c'è stato alcun miglioramento.

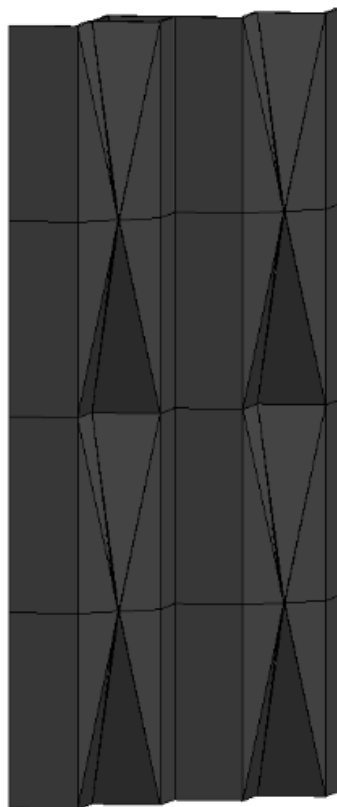


Figura 28 - Alternativa canali separati

Dato che qualunque possibile variazione di forma non ha portato a miglioramenti significativi sono state valutate due nuove soluzioni andando ad implementare un elemento di schermatura orizzontale. Tale elemento viene posto alla base di ciascun pannello con lo scopo di ombreggiare il pannello sottostante.

La scelta di metterlo sotto è stata dettata da più fattori:

- la praticità nella realizzazione del collegamento che in questo modo avviene in una zona piuttosto lineare rispetto a quella che si avrebbe in testa al pannello;
- la facilità di installazione del pannello stesso in quanto si necessita di lasciare libero accesso dall'alto per il serraggio dei tasselli di ancoraggio;
- la chiusura della ripresa d'aria esterna del canale di ventilazione per aumentare la velocità del flusso d'aria al suo interno.

Sono state valutate due diverse configurazioni dell'elemento di schermatura orizzontale, una che segue la forma del perimetro del pannello stesso (Figura 29 - b) e l'altra più regolare (Figura 29 - a).

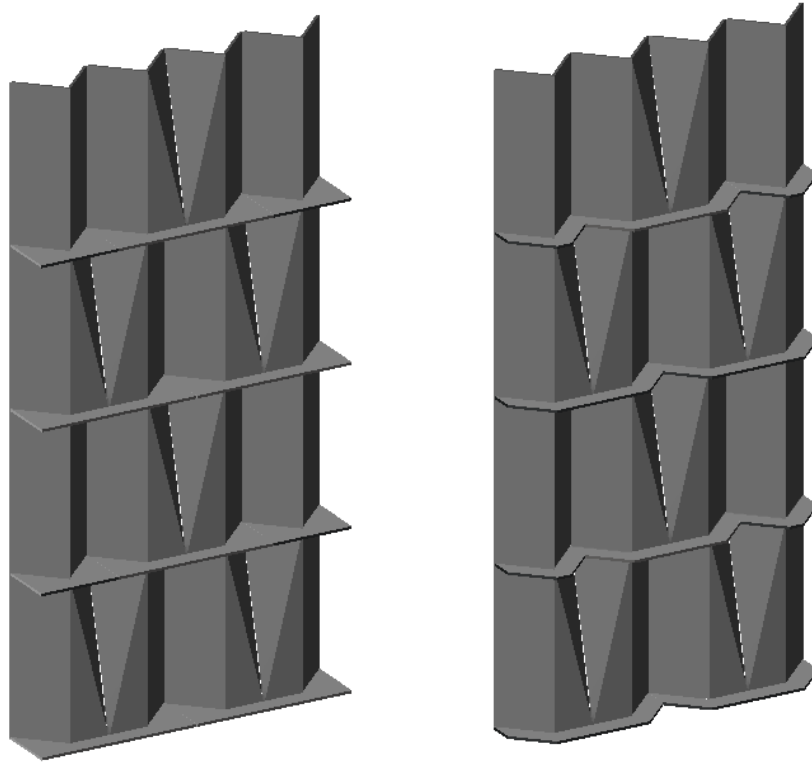


Figura 29 - a) Alternativa schermatura orizzontale regolare; b) Alternativa schermatura architettonica

Dall'analisi solare fatta sulle due soluzioni, di cui si riporta il fotogramma delle ore 12:00, orario in cui la situazione è più sfavorevole, è evidente che la soluzione con la schermatura orizzontale della Figura 30 - b, seppur esteticamente più gradevole, è meno performante, quindi è stata portata avanti la soluzione con schermatura orizzontale regolare.

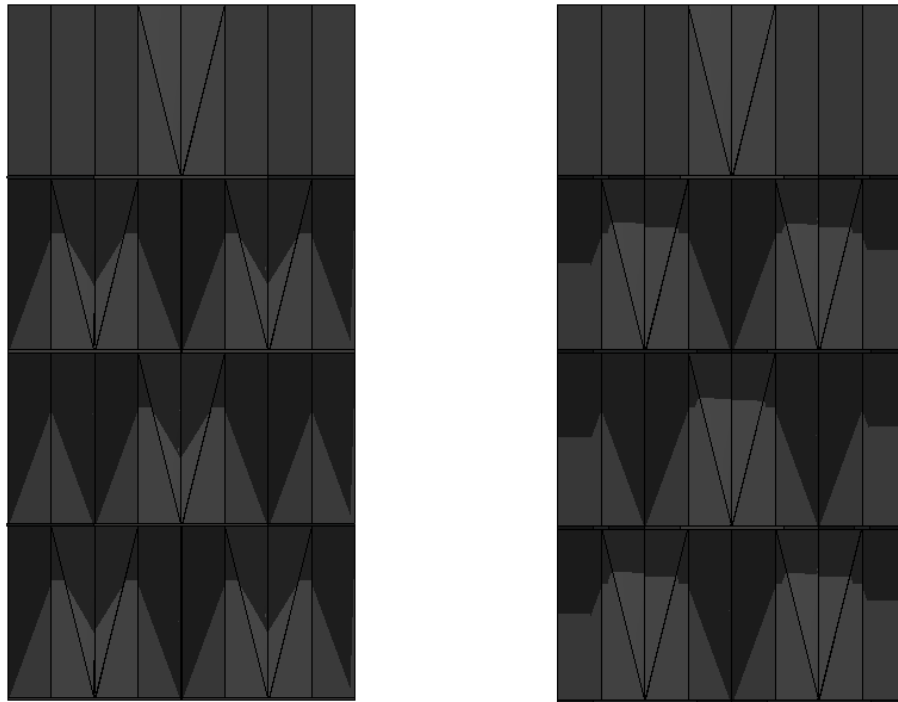


Figura 30 - Analisi solare ore 12:00. a) Alternativa schermatura orizzontale regolare; b) Alternativa schermatura architettonica

Di seguito si riporta l'esecutivo finale del pannello e dell'elemento di schermatura orizzontale con la posizione della linea di saldatura in colore rosso (Figura 31).

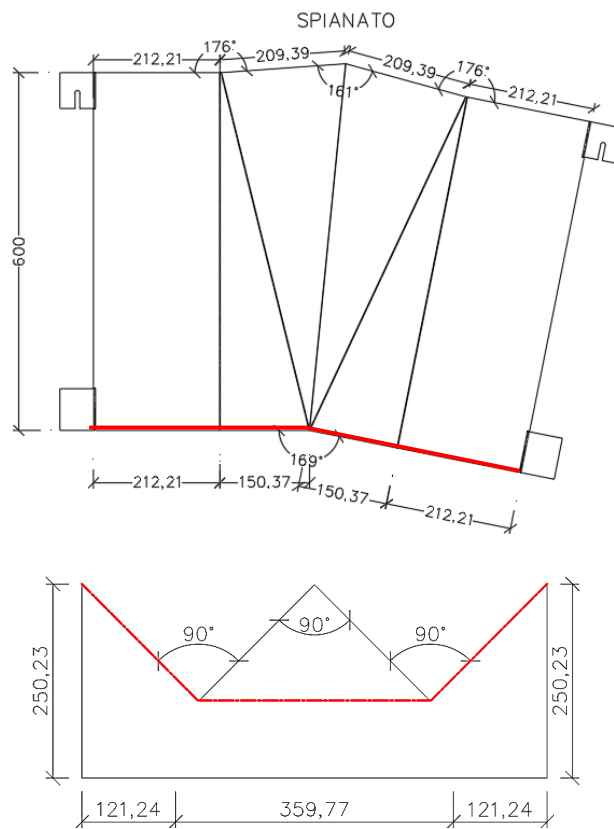


Figura 31 - Elaborati progettuali elemento orizzontale di schermatura

4.4 Metodi sperimentali

Una delle fasi di maggiore importanza per una tesi di tipo sperimentale è quella del monitoraggio e proprio per questo necessita di un vero e proprio progetto, atto a delineare quali grandezze si vogliono misurare, quali sono gli strumenti più idonei per farlo e dove questi vanno collocati in sito. L'acquisizione dei rispettivi parametri delle condizioni esterne, quali la temperatura, l'umidità relativa, l'irraggiamento, la velocità e direzione del vento, delle temperature superficiali, ci permettono di comprendere quale è l'effettivo comportamento di vari pannelli.

Infatti, una prima sperimentazione ha come obiettivo confrontare i comportamenti in fase estiva di pannelli che si differenziano per forma e materiale per valutare l'efficacia del pannello progettato come modulo per pareti ventilate. Una seconda futura sperimentazione sarà svolta confrontando due porzioni di facciate ventilate su scala reale, una realizzata con pannelli sagomati e una realizzata con pannelli classici piani. Lo scopo di questa seconda sperimentazione è quello di monitorare il flusso di aria nel canale di ventilazione.

4.4.1 Sperimentazione su prototipi

La sperimentazione è stata svolta sul terrazzo della facoltà Ingegneria dell'Università Politecnica delle Marche, ad Ancona (43°35'13''N 13°30'53''E). Gli elementi oggetto di studio sono stati esposti a sud, montati su un supporto fissato su una struttura metallica con montanti e traversi. Tale supporto è un pannello di Aquaboard, già presentato nel Capitolo 4.2, con uno spessore di 1,25 cm, cioè una lastra a base di gesso da esterno, composta da un rivestimento idrofugo e da un cuore densificato e completo di specifici additivi che le conferiscono un'eccezionale resistenza all'acqua, agli agenti atmosferici e allo sviluppo di muffe.

Il monitoraggio è stato articolato in più fasi ed è stato svolto, complessivamente, dal 20 luglio 2023 al 21 settembre 2023:

- dal 21 luglio al 31 luglio è stato studiato il solo pannello sagomato in acciaio zincato (SF) al fine di valutare gli eventuali vantaggi portati dalla forma del pannello stesso, le variazioni ottenute al variare della dimensione dell'elemento di schermatura orizzontale

posto al di sopra del pannello e la corrispondenza tra ciò che è la realtà e la modellazione nel software;

- dall'8 agosto al 27 agosto è stata effettuata la sperimentazione di quattro pannelli diversi, uno in acciaio zincato piano (SP), uno in acciaio zincato piano verniciato con vernice nanotecnologica (SPC), uno in alluminio piano (AP) e uno in acciaio zincato sagomato (SF);
- dal 7 al 11 settembre è stata portata avanti la sperimentazione sostituendo il pannello in acciaio zincato piano (SP) con quello in alluminio piano verniciato (APC), sempre con la stessa vernice nanotecnologica precedentemente citata e quello in alluminio piano (AP) con quello in alluminio sagomato verniciato (AFC);
- dal 14 al 21 settembre è stata effettuata la valutazione di soli pannelli sagomati, introducendo il pannello in Alucobond (MFC) al posto dei due piani (AP, APC).

Tutte le attività di monitoraggio sono state condotte in accordo con la normativa UNI EN ISO 7726:2002 [13].

Dopo aver stabilito i parametri da monitorare e la strumentazione da utilizzare è stata effettuata la fase di calibrazione degli strumenti, che serve per assicurarsi che ogni sonda sia perfettamente funzionante e settata correttamente.

Prima di procedere con il monitoraggio effettivo è necessario impostare un progetto di monitoraggio per individuare la tipologia, il numero di sensori da installare e il posizionamento più idoneo per ottenere tutti i valori necessari allo studio.

In particolare, per analizzare il comportamento termo-fisico dei pannelli per tecnologie ventilate sono state acquisite:

- le condizioni climatiche esterne (temperatura, umidità relativa, radiazione solare, velocità e direzione del vento);
- la temperatura superficiale interna del pannello;
- la temperatura superficiale sul lato esterno della parete.

Per quanto riguarda le condizioni climatiche esterne è stata utilizzata una *centralina meteo* collocata sopra la struttura metallica su cui sono montati i pannelli.

Per tutte le altre misurazioni sono state utilizzate *termoresistenze superficiali* per la misurazione della temperatura superficiale esterna della parete e della temperatura superficiale interna dei pannelli.

Prima di entrare nello specifico del progetto di monitoraggio si riporta uno schema esplicativo delle sigle utilizzate per identificare i vari pannelli oggetto di sperimentazione e le relative pareti retrostanti.

Nomenclatura pannelli e pareti

W X Y Z

W → W – Wall

dove:

X= materiale

- S – galvanized Steel
- A – Aluminium
- M – alucobond (Multilayer)

Y= forma

- P – Plane
- F – Folded

Z= rivestimento → C - Coated

Di seguito si riportano gli elaborati progettuali delle varie fasi del monitoraggio (Figura 32, Figura 33, Figura 34).

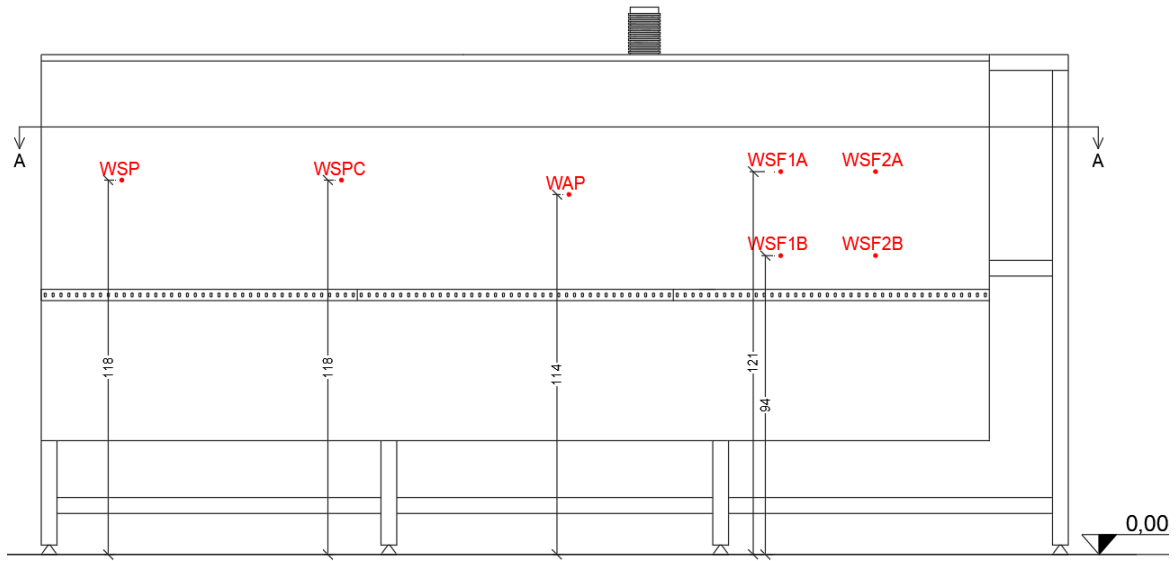


Figura 32 - Disposizione termoresistenze su pannello di AquaBoard

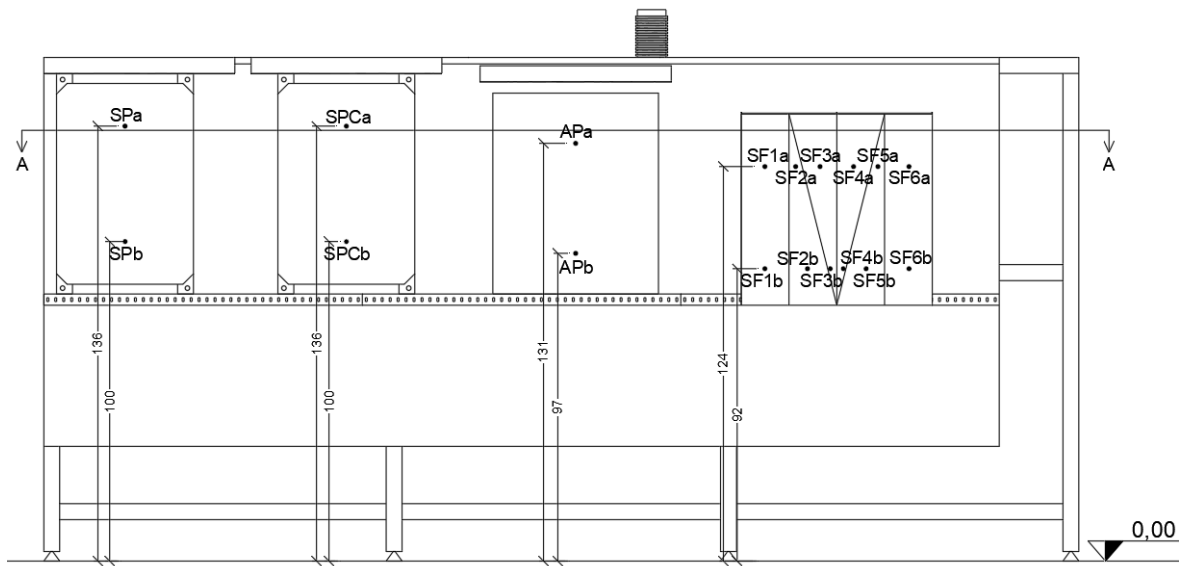


Figura 33 - Disposizione termoresistenze su pannelli metallici

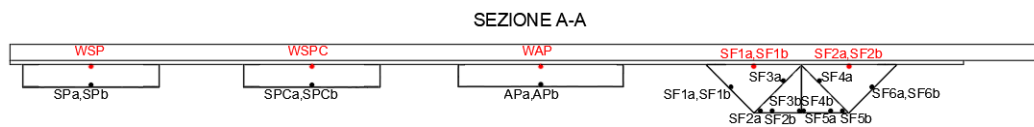


Figura 34 - Sezione orizzontale: disposizione termoresistenze

Come si nota dall'immagine precedente, in ciascuno dei pannelli piani sono state posizionate due termoresistenze sul retro, centrate in larghezza, una in alto e una in basso a 15 cm di distanza dalle rispettive estremità (Figura 32). Per registrare la temperatura della superficie esterna della parete posta sul retro dei pannelli stessi è stata installata una termoresistenza al centro della proiezione di ogni pannello metallico (Figura 33).

Nel caso del pannello sagomato (Figura 33), sono state utilizzate dodici termoresistenze, sei in alto, a 13 cm dal bordo superiore e sei in basso, a 10 cm dal bordo inferiore. In tal caso è stato scelto di impiegare un gran numero di sensori per poter apprezzare meglio gli eventuali vantaggi portati dall'auto-ombreggiamento offerto dalla forma particolare progettata. Nella parete retrostante, invece, le sonde sono state poste ai quattro vertici della proiezione del pannello sagomato, ad una distanza dalle estremità pari a 10 cm.

In questa prima fase, sopra ai pannelli sono state posizionate delle schermature metalliche di profondità pari a 12 cm, cioè 5 cm più profonde dei pannelli, meglio visibili dalla modellazione tridimensionale, sempre realizzata con il software Autodesk Revit (Figura 35).

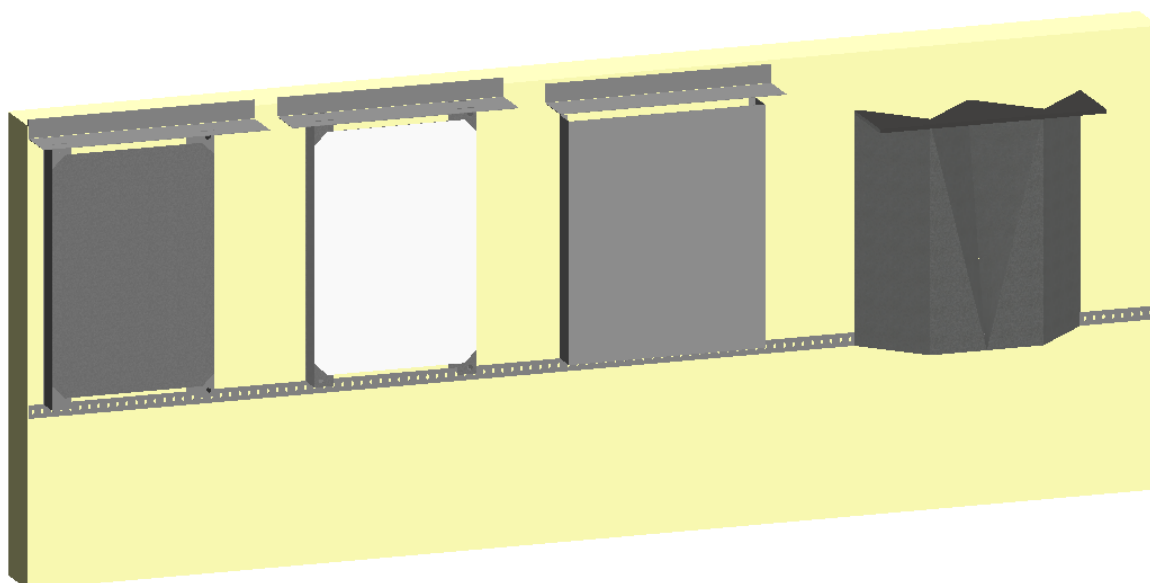


Figura 35 - Modello 3D: seconda fase di monitoraggio

Di seguito si riportano le foto delle superfici interne dei pannelli installati con le termoresistenze già posizionate (Figura 36) e la foto relativa ai pannelli installati sulla lastra in AquaBoard (Figura 37).

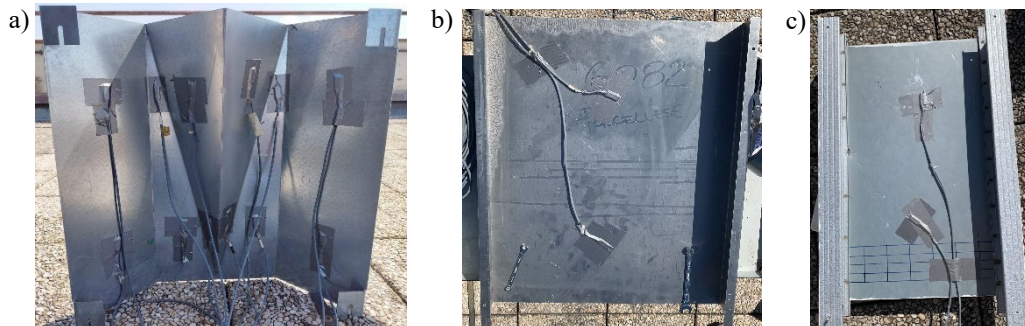


Figura 36 - Foto disposizione termoresistenze: a) Pannello in acciaio zincato sagomato; b) Pannello in alluminio piano; c) Pannello in alluminio in acciaio piano verniciato/non verniciato

Dato che il pannello piano in acciaio zincato verniciato e il pannello piano in acciaio zincato non verniciato sono uguali e le termoresistenze si trovano nelle medesime posizioni, è stata riportata soltanto la foto di uno dei due (Figura 36 - c).



Figura 37 - Foto pannelli sperimentazione seconda fase

Come anticipato, nel terzo periodo di sperimentazione (Figura 39), sono stati sostituiti due pannelli piani (SP, AP) al cui posto sono stati installati un pannello di alluminio piano verniciato (APC) e uno in alluminio sagomato verniciato (AFC).

Come nel precedente periodo, in ciascuno dei pannelli piani sono state posizionate due termoresistenze sul retro, centrate in larghezza, una in alto e una in basso a 15 cm di distanza dalle rispettive estremità (Figura 38). Per registrare la temperatura della superficie esterna della parete posta sul retro dei pannelli stessi sono state installate due termoresistenze nella medesima posizione di quelle sul pannello (Figura 38).

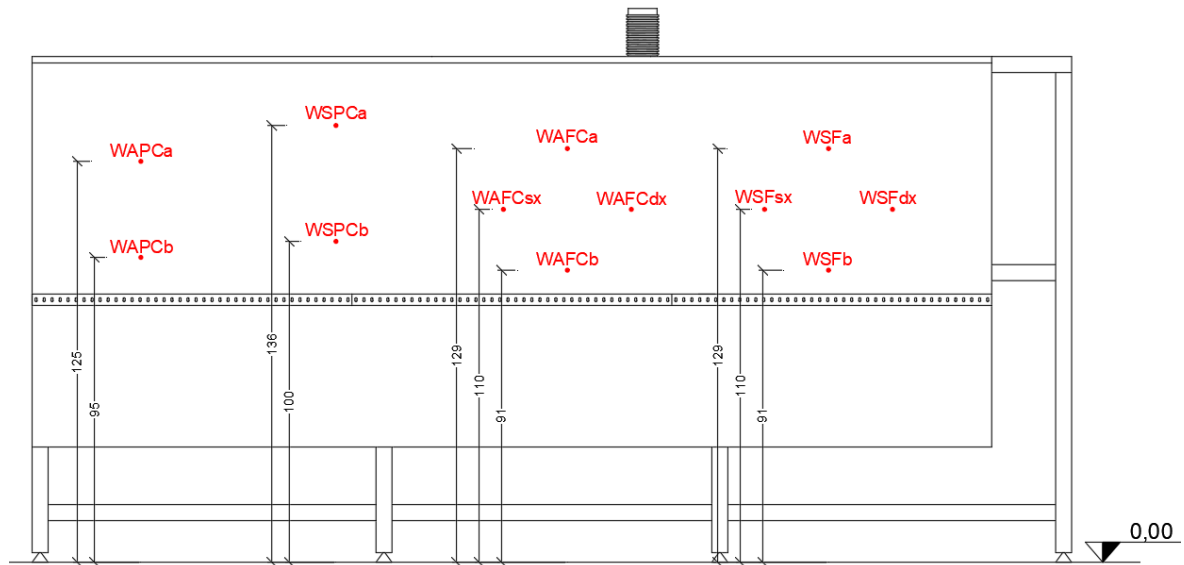


Figura 38 - Disposizione termoresistenze su pannello di AquaBoard

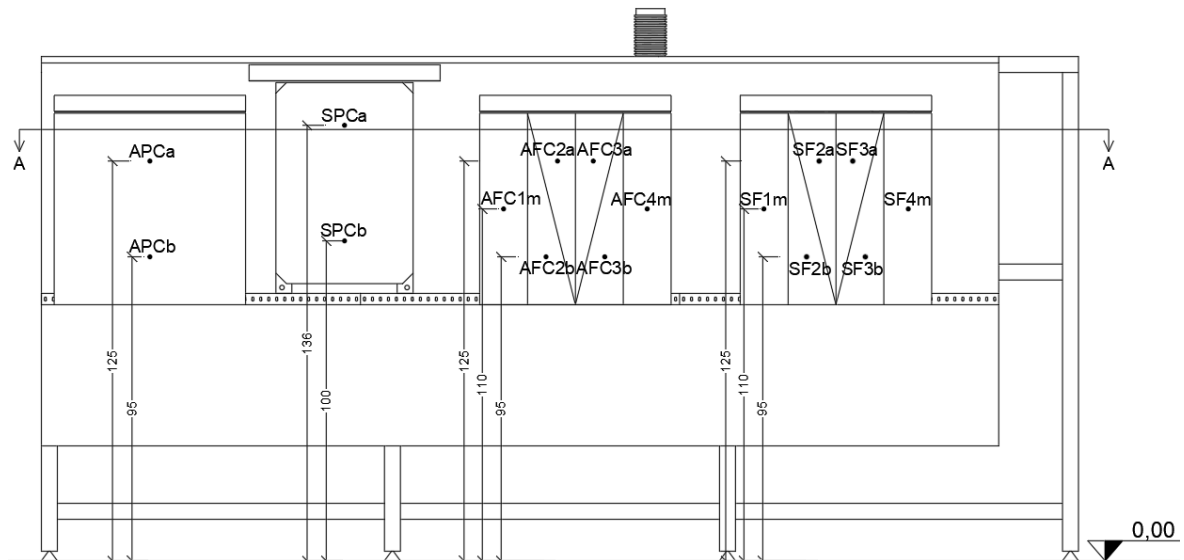


Figura 39 - Disposizione termoresistenze su pannelli metallici



Figura 40 - Sezione orizzontale: disposizione termoresistenza

Nel caso dei pannelli sagomati, sono state ridotte le termoresistenze utilizzate, da dodici a sei (Figura 39); nella prima e nell'ultima faccia, queste sono state messe in posizione centrale mentre nelle alte facce sono state posizionate in basso e in alto, a 15 cm dalle estremità, a facce alterne. Sei in alto, a 15 cm dal bordo superiore e sei in basso, a 15 cm dal bordo inferiore. Tale scelta di ridurre il numero di sensori è stata dettata dal fatto che nella precedente fase di prova, le temperature registrate tra termoresistenze molto vicine variavano in maniera trascurabile. Nella parete retrostante, invece, le sonde sono state poste a croce a 10cm dai bordi esterni della proiezione (Figura 38).

In questo caso, sopra ai pannelli piani sono state posizionate delle schermature metalliche di profondità pari a 17 cm, cioè 10 cm più profonde dei pannelli stessi e sopra a quelli sagomati sono state poste schermature metalliche orizzontali profonde 25 cm, in maniera tale da avere 10 cm di sporgenza. Questo si può ben notare dalla rappresentazione tridimensionale in Figura 41.

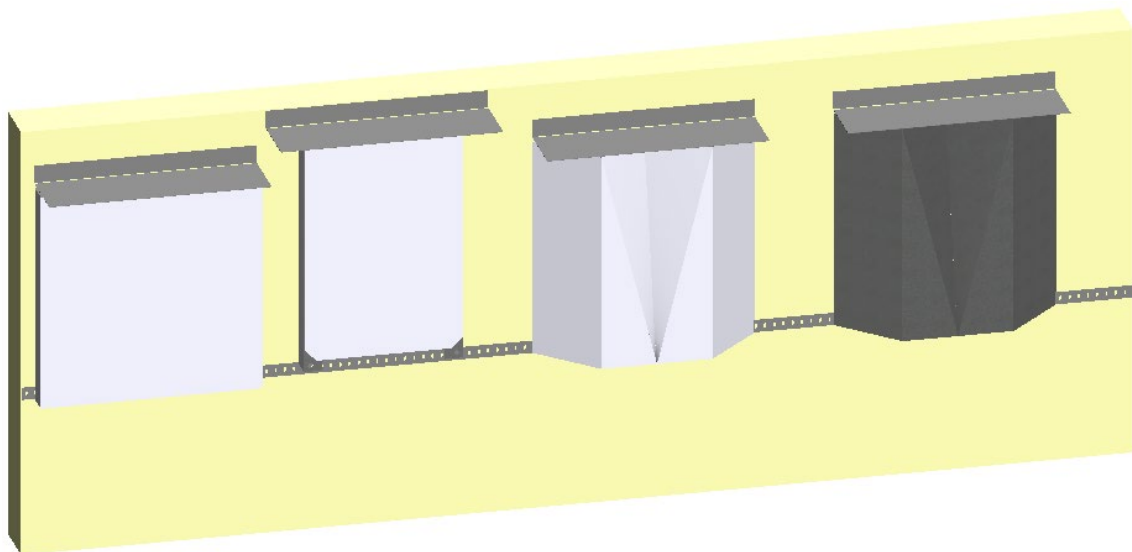


Figura 41 - Modello 3D: terza fase di monitoraggio

Di seguito si riportano le foto delle termoresistenze installate sia sulla superficie interna ai pannelli che sulla lastra di AquaBoard (Figura 42, Figura 43).

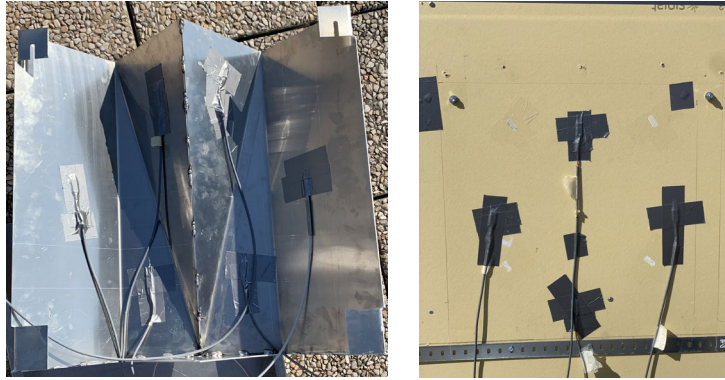


Figura 42 - Disposizione termoresistenze su pannello in alluminio sagomato verniciato e relativa parete retrostante

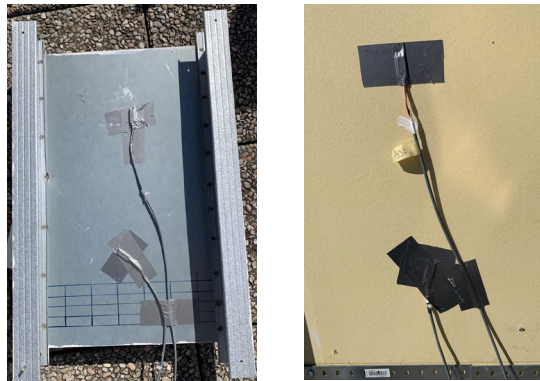


Figura 43 - Disposizione termoresistenze su pannello in acciaio zincato verniciato e relativa parete retrostante

Inoltre, si riporta anche la foto relativa a tutti i pannelli installati sulla lastra in AcquBoard oggetto di sperimentazione nella terza fase (Figura 44).



Figura 44 - Foto pannelli sperimentazione terza fase

Nel quarto periodo, la sperimentazione ha riguardato solo pannelli sagomati. Oltre ai due monitorati nella fase precedente, ne è stato aggiunto un terzo in materiale composito.

Nel pannello in alluminio le termoresistenze restano posizionate come nel caso precedente, così come quelle nella parete retrostante.

Nei pannelli in acciaio zincato e in Alucobond verniciato, i sensori mantengono la configurazione precedente ma sono stati ridotti a cinque, eliminando quello in basso della seconda faccia in quanto forniva temperature simili a quello adiacente (Figura 46).

Nella parete retrostante, le sonde sono rimaste a croce a 10cm dai bordi esterni della proiezione (Figura 45) e sopra ai pannelli sono state lasciate le schermature metalliche di profondità pari a 25 cm come ben visibile dal modello tridimensionale (Figura 48).

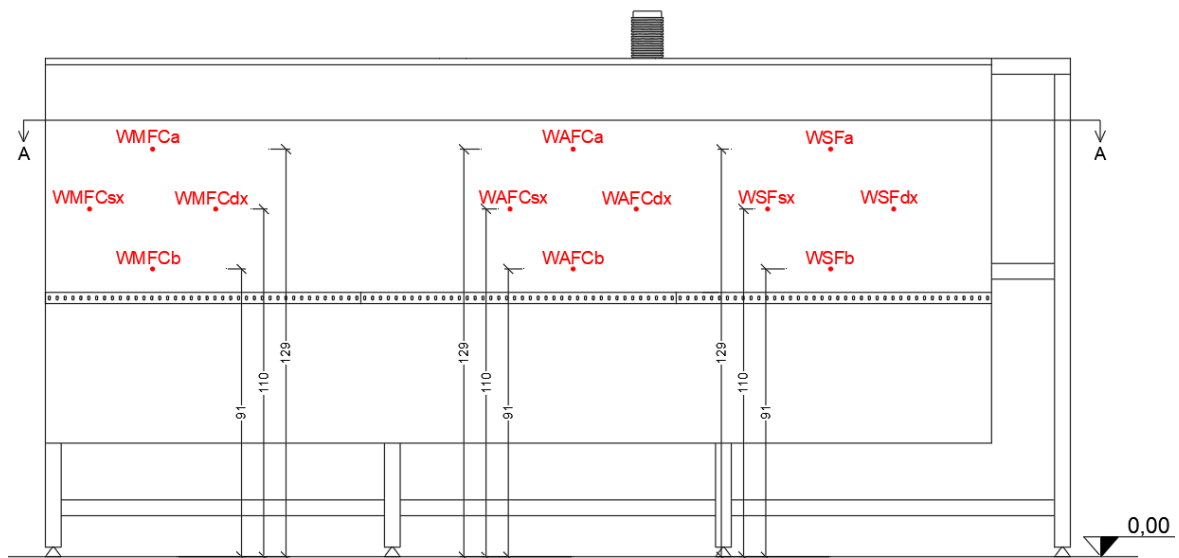


Figura 45 - Disposizione termoresistenze su pannello di AquaBoard

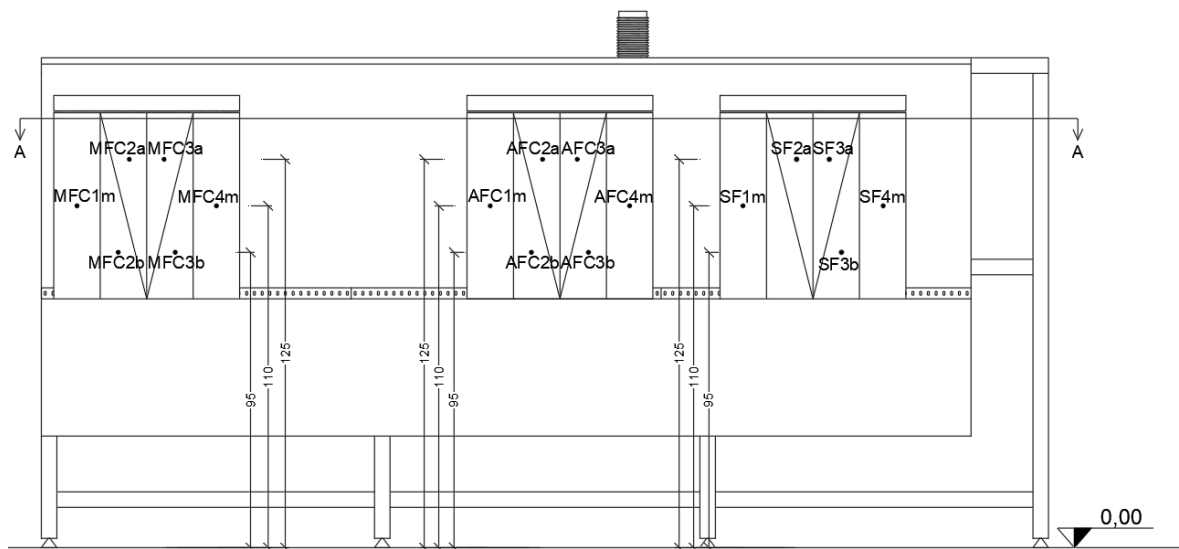


Figura 46 - Disposizione termoresistenze pannelli metallici

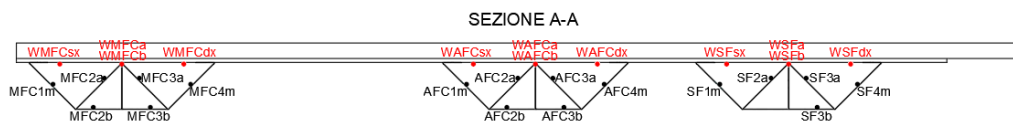


Figura 47 - Sezione orizzontale: disposizione termoresistenza

Di seguito si riporta la modellazione tridimensionale della quarta ed ultima fase del monitoraggio in cui sono coinvolti solo pannelli sagomati con elementi di schermatura di profondità pari a 25 cm (Figura 48).

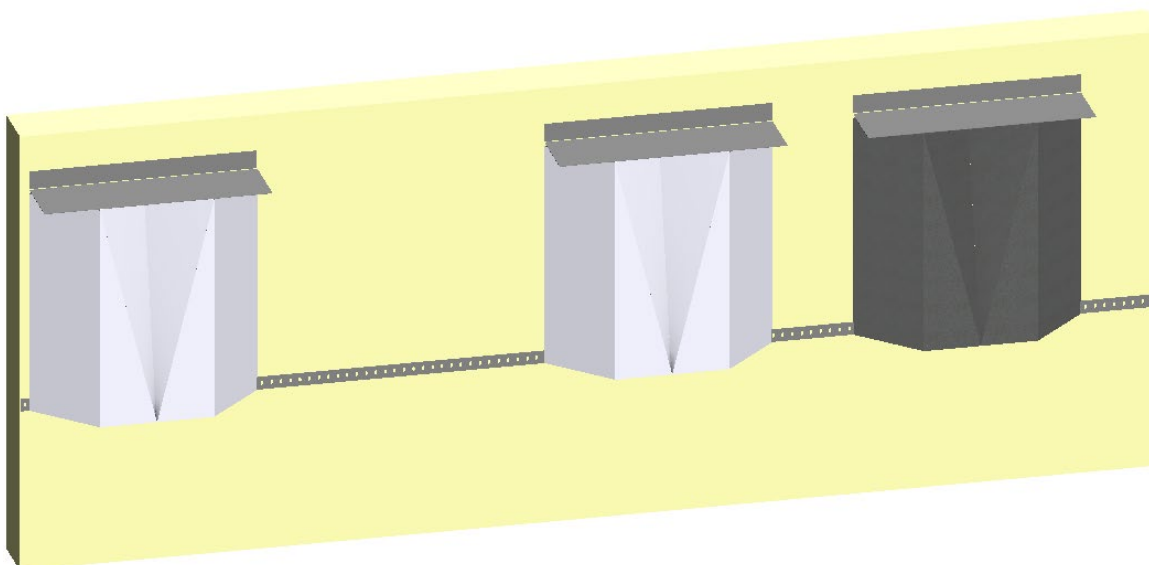


Figura 48 - Modello 3D: quarta fase di monitoraggio

Dalla foto sotto riportata si può vedere il posizionamento delle termoresistenze sia sul pannello in Alucobond sia sulla rispettiva parete retrostante.

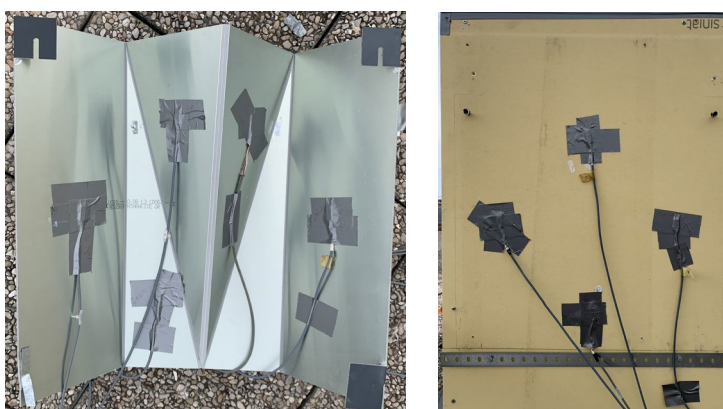


Figura 49 - Disposizione termoresistenze su pannello in Alucobond sagomato verniciato e relativa parete retrostante

Infine, si riporta la foto dell'ultima configurazione della sperimentazione (Figura 50).



Figura 50 - Foto pannelli sperimentazione quarta fase

Di seguito si elencano gli strumenti utilizzati per la campagna di monitoraggio condotta sui due box, utilizzati per la misura dei parametri descritti nella UNI EN ISO 7730 [14].

Le sonde utilizzate per la stazione meteorologica sono:

- *termoigrometro* per il rilievo dell'umidità e della temperatura dell'aria esterna(Figura 51);



Figura 51 - Termoigrometro

- *radiometro SR15-D2A2* per registrare la radiazione globale solare, il quale deve essere collocato in posizione perfettamente orizzontale, in una zona priva di ombra e deve essere orientato a sud, secondo quanto richiesto nella scheda tecnica del produttore. Tale strumento ha un range di misura che va da 285 a 3000 nm ed una incertezza della calibrazione < 18,%;

- *anemometro WMT700*, un sensore ad ultrasuoni che utilizza gli ultrasuoni per determinare velocità e direzione orizzontale del vento; la misura si basa sul tempo di percorrenza impiegato per transitare da un trasduttore all'altro, che dipende dalla velocità del vento. Tale tempo di percorrenza viene misurato in ambo le direzioni per ogni coppia di testine; utilizzando due misure per ognuno dei tre percorsi ad ultrasuoni posti ad angoli di 60° l'un l'altro, lo strumento computa direzione e velocità del vento. La misura del vento viene calcolata con un sistema che elimina completamente gli effetti di altitudine, temperatura ed umidità. Tale sensore ha un range di misura che va da 0 a 90 m/s, con un'accuratezza delle letture pari a $\pm 5\%$.

I rilievi sono stati effettuati contemporaneamente a quelli eseguiti sui pannelli e con stessa rata di acquisizione.

Per misurare le caratteristiche termo-fisiche della parete in esame è stata utilizzata la seguente strumentazione:

- *termoresistenze superficiali PT100* (Figura 52), sonde in grado di rilevare la temperatura superficiale dell'oggetto in esame con una precisione di $\pm 0,15^{\circ}\text{C}$ e con un range di misura che va da -50°C a 300°C . Tale sonda ha una piastrina all'estremità sulla quale viene messa della pasta termica e appoggiata sulla superficie da esaminare. Questa viene poi fissata con nastro adesivo americano per impedire all'aria esterna di influenzare la misurazione;



Figura 52 - Termoresistenza PT100

- *dataTaker DT500* (Figura 53), uno strumento elettronico digitale stand alone che lavora a basse frequenze, equipaggiato con un microprocessore ed una memoria interna che consentono l'acquisizione di dati da una vasta tipologia di sensori. Tutte le termoresistenze installate sono state collegate a questo acquisitore dati,

Questo permette l'acquisizione e la registrazione dei dati, ad intervalli temporali stabiliti, mediante la misurazione degli input dei sensori. I dati sono stati acquisiti ogni dieci minuti ed archiviati nella scheda di memoria rimovibile. Il dispositivo dispone di selettori di canale a stato solido.

Collegando il dataTaker ad un computer, è possibile visualizzare i dati in tempo reale, mediante il software DeLogger, ed esportarli su fogli di calcolo Excel.



Figura 53 - DataTaker e CEM

- CEM (Channel Expansion Module) (Figura 53) dispositivi connessi al dataTaker per aumentare il numero di canali analogici e digitali. Questi supportano tutti i tipi di segnali di ingresso e sensori supportati dallo stesso dataTaker.

5. RISULTATI

5.1 Prototipo

A seguito delle verifiche strutturali, si è passati alla realizzazione di un prototipo. Questo è stato prodotto in acciaio zincato, materiale già descritto nel Capitolo 4.2.

Di seguito si riportano gli esecutivi del pannello mandati in produzione (Figura 54).

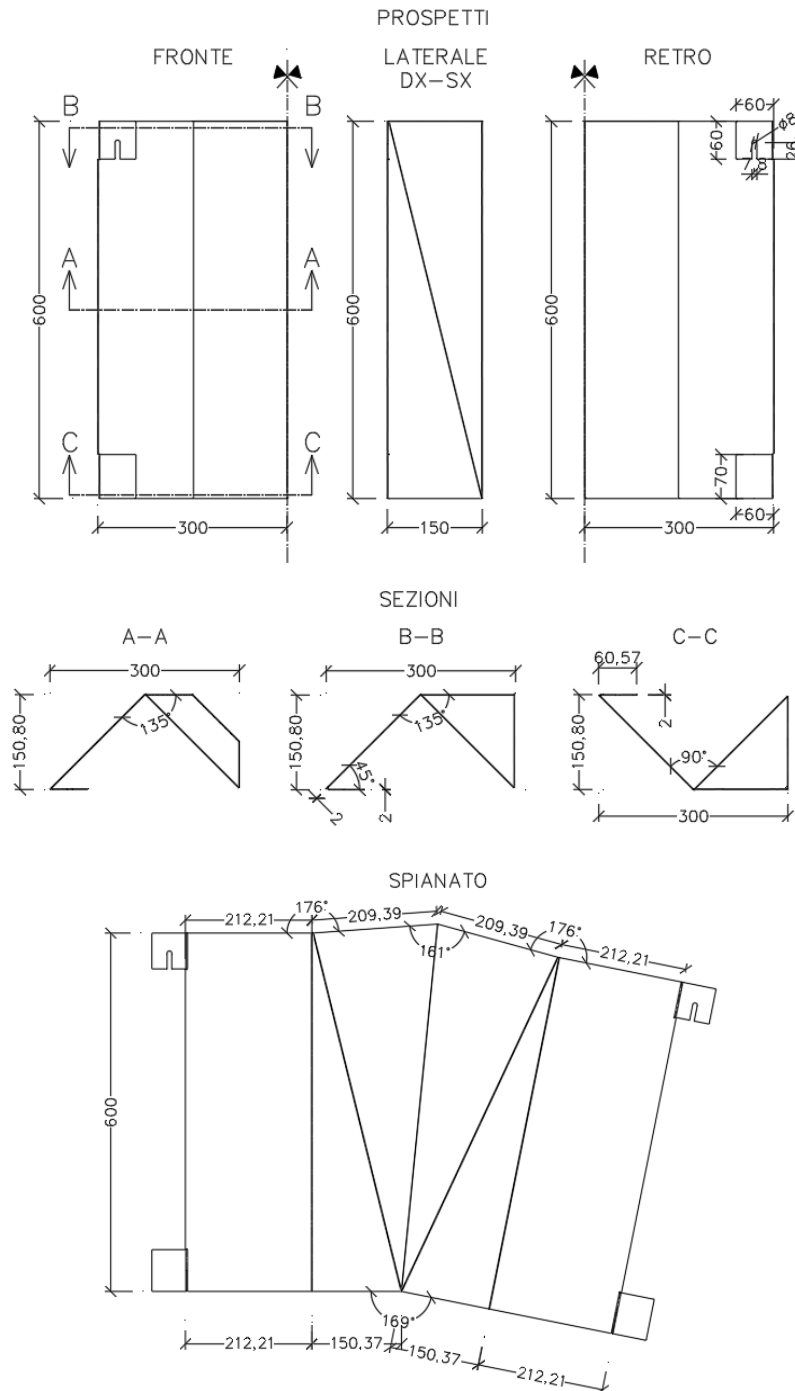


Figura 54 – Esecutivi prototipo

Dagli esecutivi (Figura 54) si nota che il pannello è simmetrico per cui una volta realizzato il taglio dello spianato in opera, si effettua la piegatura delle due metà che vengono poi saldate tra loro per ottenere il prodotto finale.

Di seguito si riporta la foto del prototipo (Figura 55) sotto e le sue caratteristiche principali.

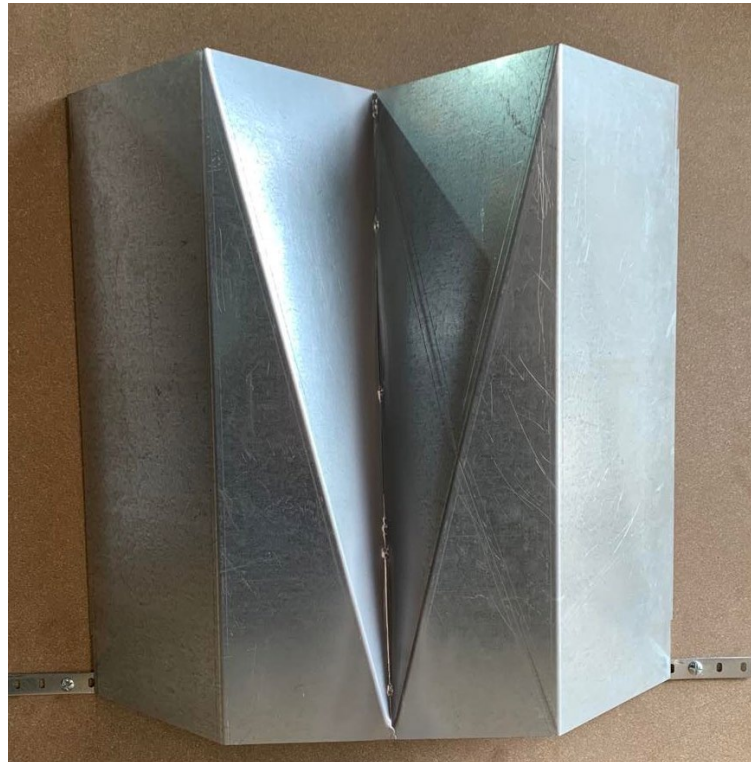


Figura 55 - Foto prototipo acciaio zincato

MODULO PANNELLO:

Superficie proiettata = 600 mm x 600 mm

Superficie reale dello spianato = 488200 mm²

Spessore = 2 mm

Superficie piastrina superiore = 60 mm x 60 mm

Superficie piastrina inferiore = 60 mm x 70 mm

Spessore piastrina = 2mm

Diametro foro piastrina = $\Phi 8$

Materiale = acciaio zincato

Tasselli per pareti vuote = $\Phi 8$ testa esagonale

AGGANCIO INFERIORE:

Altezza barra = 35,50 mm

Spessore barra = 1,50 mm

Diametro foro barra = $\Phi 6$

Materiale = acciaio zincato

Tasselli per pareti vuote =

$\Phi 6$ testa a vite

5.2 Sperimentazione del comportamento termico

Come già anticipato nel Capitolo 4.4.1 la sperimentazione si sviluppa in quattro fasi.

La prima parte della sperimentazione (dal 20 luglio al 31 luglio) è stata effettuata solo sul pannello in acciaio zincato sagomato (SF), soprattutto al fine di valutare l'incidenza delle ombre prodotte dal pannello stesso e dai dispositivi di schermatura.

La seconda parte della sperimentazione è stata svolta durante il mese di agosto, più precisamente dal giorno 8 agosto 2023 al giorno 27 agosto 2023. Come visibile dal grafico in Figura 56 che riporta l'andamento della temperatura dell'aria di tale periodo, le temperature maggiori sono state registrate nella settimana che va dal 21 al 27 agosto.

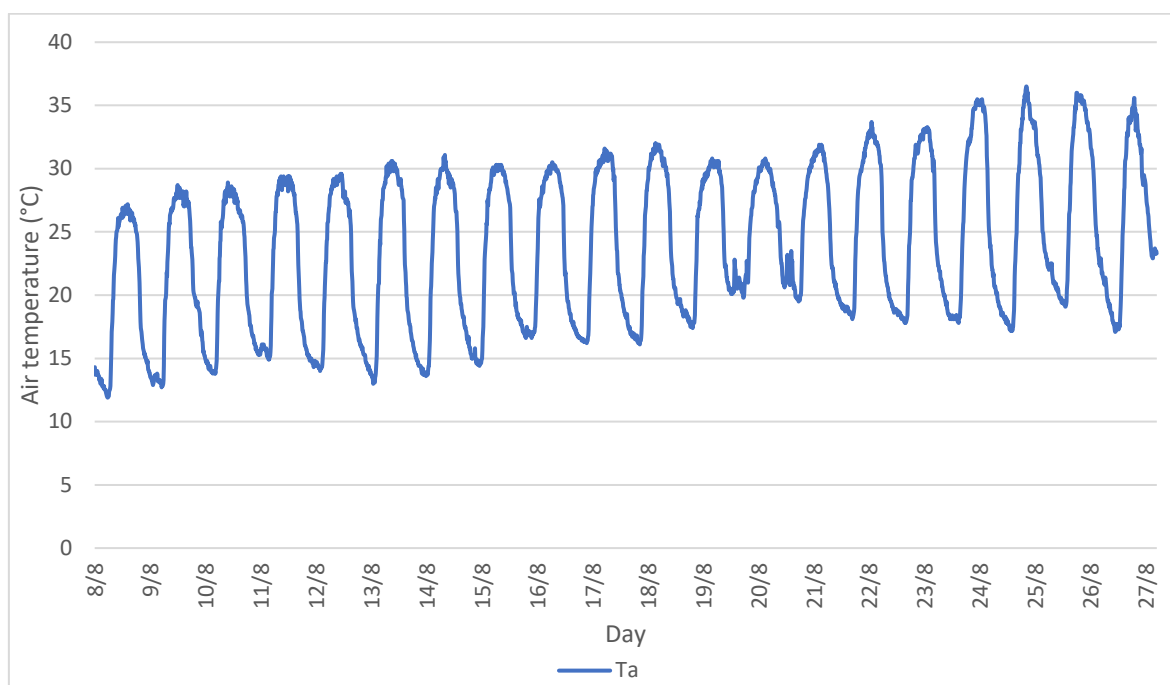


Figura 56 - Andamento temperatura dell'aria intero periodo

Tale settimana è stata presa come periodo di riferimento per effettuare diversi confronti tra i vari pannelli al fine di valutare:

- l'incidenza della forma;
- l'incidenza della finitura;
- l'incidenza del materiale.

5.2.1 Incidenza finitura

È stato confrontato il pannello in acciaio zincato piano verniciato (SPC) con il pannello in acciaio zincato piano non verniciato (SP) per valutare se la vernice nanotecnologica utilizzata porta dei vantaggi in termini di temperatura superficiale della parete retrostante allo stesso, rispetto ad un normale pannello piano dello stesso materiale, ma senza finitura. Per questo sono state graficate le temperature superficiali dei due pannelli (Figura 57) e quelle delle rispettive pareti sul retro (Figura 58) con le relative tabelle esplicative (Tabella 5, Tabella 6).

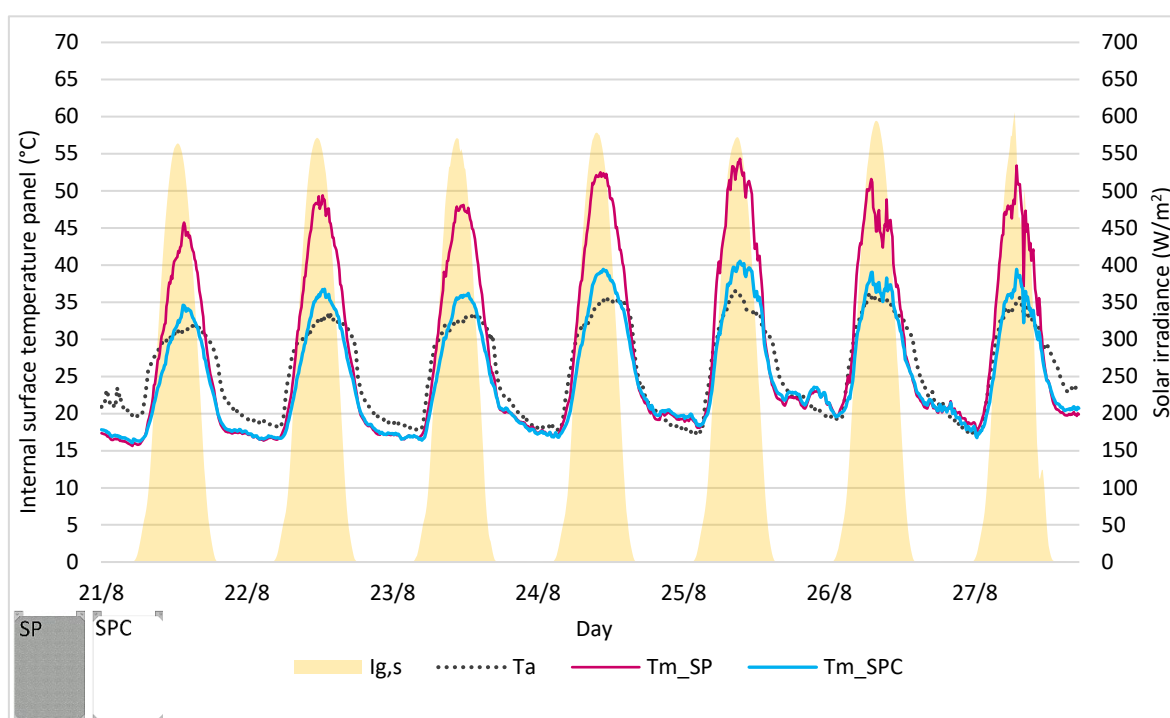


Figura 57 - Confronto andamento temperature superficiali medie SP – SPC

Tabella 5 - Confronto andamento temperature superficiali medie SP – SPC

GIORNO	SP			SPC			$\Delta(\text{SP-SPC})$			
	Tm (°C)	Tmax (°C)	Tmin (°C)	Tm (°C)	Tmax (°C)	Tmin (°C)	Δm (°C)	Δmax (°C)	Δmin (°C)	Δm (%)
21/08/2023	25,26	45,72	15,63	22,57	34,59	16,09	2,69	11,14	-0,45	10,64
22/08/2023	27,37	49,41	16,37	23,76	36,74	16,55	3,60	12,67	-0,18	13,17
23/08/2023	27,46	48,11	16,52	23,95	36,18	16,42	3,51	11,93	0,10	12,78
24/08/2023	29,79	52,50	17,00	25,66	39,43	16,81	4,13	13,07	0,19	13,87
25/08/2023	30,23	54,33	18,08	26,74	40,53	18,32	3,50	13,80	-0,25	11,56
26/08/2023	29,82	51,60	19,59	26,73	39,06	19,57	3,09	12,54	0,02	10,35
27/08/2023	28,56	53,39	17,57	25,09	39,43	16,75	3,47	13,96	0,82	12,15

Dal grafico precedente che rappresenta l'andamento delle temperature superficiali medie dei due pannelli si può osservare che i massimi registrati sui pannelli sono sempre maggiori rispetto a quelli della temperatura dell'aria, a differenza dei minimi che sono variabili e vicini ad essa.

Le temperature superficiali medie del pannello non verniciato hanno raggiunto picchi in media maggiori circa del 13,87 % rispetto a quello verniciato fino a $\Delta_{MAX}=13,96^{\circ}C$.

Da tali dati si percepisce che la vernice nanotecnologica svolge la sua funzione in quanto riflette la radiazione incidente sul pannello stesso e ne limita l'innalzamento della temperatura superficiale.

Dopodiché l'attenzione è stata spostata su quello che succede sulle superfici dietro ai pannelli (Figura 58, Tabella 6).

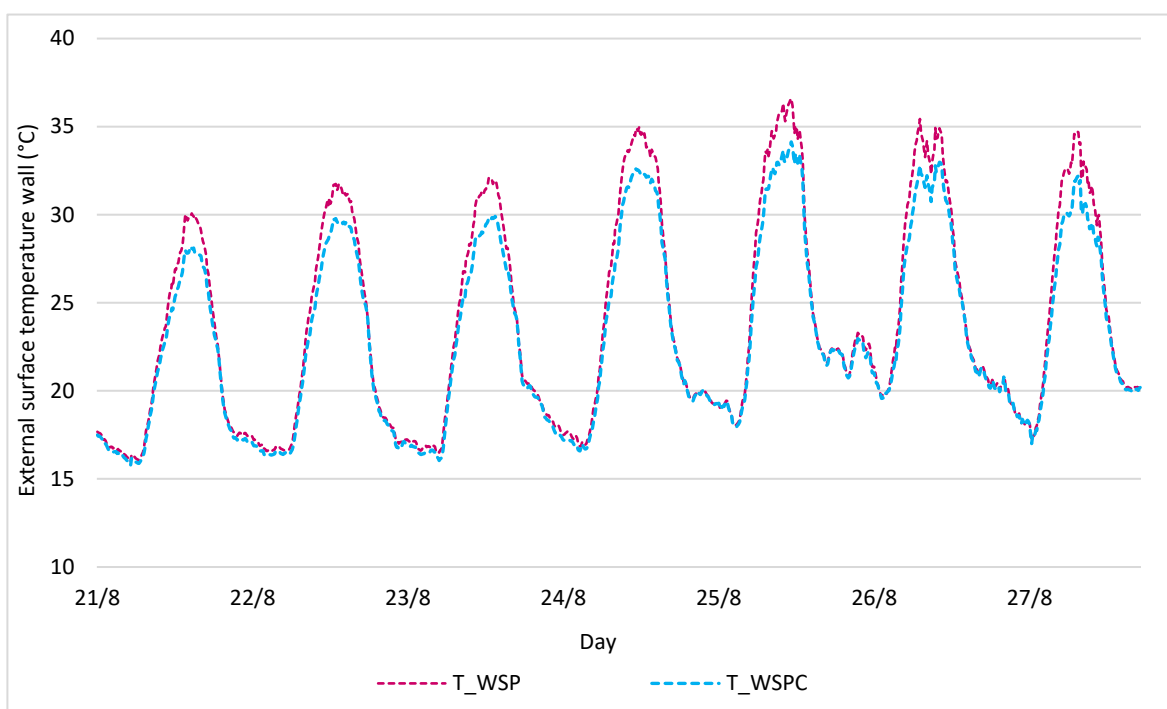


Figura 58 - Confronto andamento temperature superficiali WSP – WSPC

Tabella 6 - Confronto andamento temperature superficiali WSP – WSPC

GIORNO	WSP			WSPC			$\Delta(WSP-WSPC)$			
	Tm (°C)	Tmax (°C)	Tmin (°C)	Tm (°C)	Tmax (°C)	Tmin (°C)	Δm (°C)	Δmax (°C)	Δmin (°C)	Δm (%)
21/08/2023	21,33	30,07	15,98	20,66	28,20	15,76	0,67	1,87	0,22	3,14
22/08/2023	22,56	31,74	16,55	21,76	29,78	16,30	0,80	1,96	0,26	3,54
23/08/2023	22,79	32,10	16,49	21,95	29,92	16,04	0,84	2,18	0,46	3,69
24/08/2023	24,51	34,97	16,83	23,60	32,59	16,59	0,92	2,38	0,25	3,74
25/08/2023	25,53	36,59	18,05	24,70	34,13	17,96	0,83	2,46	0,10	3,27
26/08/2023	25,82	35,43	19,67	24,99	32,98	19,57	0,83	2,45	0,11	3,22
27/08/2023	24,19	34,72	17,16	23,33	32,20	17,00	0,86	2,52	0,16	3,56

Anche in questo caso le temperature sono confrontabili ($\Delta_{MAX}=2,52^{\circ}C$). La parete dietro al pannello non verniciato raggiunge mediamente una temperatura superficiale maggiore del 3,74% rispetto a quella dietro al pannello verniciato.

Ciò significa che la superficie della parete dietro al pannello non verniciato è molto più fresca del pannello stesso, mentre la superficie della parete dietro al pannello verniciato è solo leggermente più fresca del pannello davanti.

Di seguito si riporta un box plot (Figura 59) per avere un quadro di insieme relativo alle temperature sia dei pannelli che delle pareti retrostanti considerate in questa fase della sperimentazione.

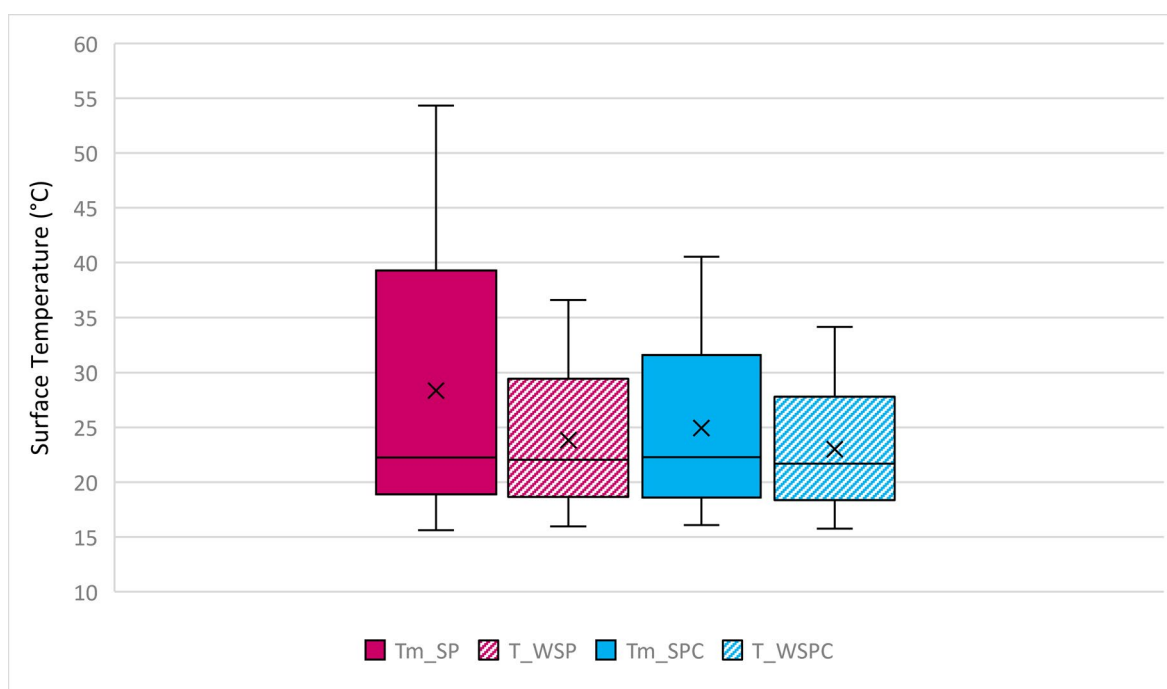


Figura 59 - Box plot temperature SP - WSP, SPC - WSPC

Da tale grafico si può facilmente notare che la superficie interna del pannello in acciaio zincato piano non verniciato raggiunge temperature maggiori (max circa 55°C) rispetto a quello sagomato (max circa 40°C) e tale differenza si ritrova anche nelle rispettive pareti retrostanti, infatti, entrambe arrivano rispettivamente a 37-34°C.

La maggior parte delle temperature registrate sono comprese tra la linea superiore e inferiore del box che rappresentano rispettivamente il 75° e 25° percentile della curva di Gauss. Quindi per l'acciaio zincato piano non verniciato le temperature sono principalmente comprese tra 18°C e 39°C, per il pannello piano verniciato le temperature sono comprese tra 18°C e 32°C, mentre per le rispettive pareti retrostanti, gli intervalli sono 18- 29°C e 18- 27°C.

La “x” rappresenta la media delle temperature mentre la linea orizzontale di ogni box rappresenta la mediana e questo vuol dire che la maggior parte delle temperature sono pari a quelle corrispondenti a tale linea quindi la curva di Gauss è più spostata verso i valori corrispondenti a tale linea.

L'effetto della vernice quindi si evidenzia non solo sulle superfici dei pannelli stessi ma anche su quelle delle pareti dietro.

5.2.2 Incidenza materiale

L'incidenza del materiale è stata valutata sfruttando il secondo, terzo e quarto periodo di sperimentazione quindi sia quello relativo all'ultima settimana di agosto che quelli relativi alla prima e alla seconda settimana di settembre.

Durante il periodo di agosto è stato messo a confronto il pannello in acciaio zincato piano (SP) con il pannello in alluminio piano (AP) per definire quale tra i due materiali presenta un comportamento migliore, cioè quello che raggiunge minori temperature sia sulla propria superficie che su quella retrostante.

Per questo sono state graficate le temperature superficiali dei due pannelli (Figura 60, Tabella 7) e delle rispettive pareti sul retro (Figura 61, Tabella 8).

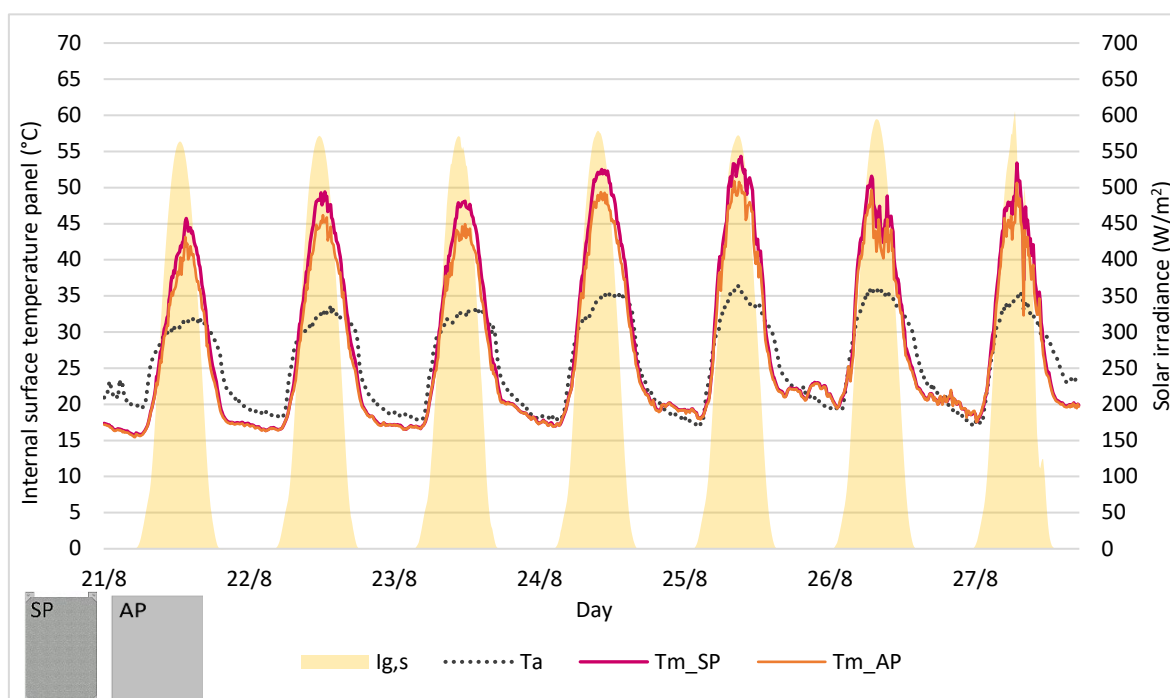


Figura 60 - Confronto andamento temperature superficiali medie SP – AP

Tabella 7 - Confronto andamento temperature superficiali medie SP - AP

GIORNO	SP			AP			Δ (SP-AP)			
	Tm (°C)	Tmax (°C)	Tmin (°C)	Tm (°C)	Tmax (°C)	Tmin (°C)	Δ m (°C)	Δ max (°C)	Δ min (°C)	Δ m (%)
21/08/2023	25,26	45,72	15,63	24,15	43,18	15,45	1,11	2,55	0,18	4,40
22/08/2023	27,37	49,41	16,37	26,07	46,19	16,31	1,30	3,22	0,06	4,75
23/08/2023	27,46	48,11	16,52	26,20	44,93	16,47	1,26	3,18	0,05	4,59
24/08/2023	29,79	52,50	17,00	28,45	49,34	16,90	1,34	3,16	0,10	4,51
25/08/2023	30,23	54,33	18,08	29,08	50,88	17,89	1,16	3,45	0,19	3,82
26/08/2023	29,82	51,60	19,59	28,85	49,69	19,39	0,97	1,91	0,19	3,25
27/08/2023	28,56	53,39	17,57	27,54	50,64	17,57	1,01	2,76	0,01	3,55

Dal grafico precedente che rappresenta l'andamento delle temperature superficiali medie dei due pannelli si può osservare che i massimi registrati sui pannelli sono sempre maggiori rispetto a quelli della temperatura dell'aria, a differenza dei minimi che sono variabili e vicini ad essa. Le temperature maggiori vengono raggiunte dall'acciaio zincato in quanto ha una conducibilità termica [15] ($k=16 \div 52 \text{ W/mK}$ in base alla composizione chimica) inferiore a quella dell'alluminio ($k=247 \text{ W/mK}$). Questo fa sì che, quando la temperatura dell'aria scende, con essa scende anche quella superficiale dell'alluminio, mentre l'acciaio continua a trattenere calore (continuando ad aumentare la sua temperatura), prima di cominciare a cederlo. Tali temperature sono comunque confrontabili, con una differenza percentuale media del 4,75% ($\Delta_{\text{MAX}}=3,45^\circ\text{C}$).

Successivamente, sono state confrontate le temperature del sottofondo (Figura 62, Tabella8).

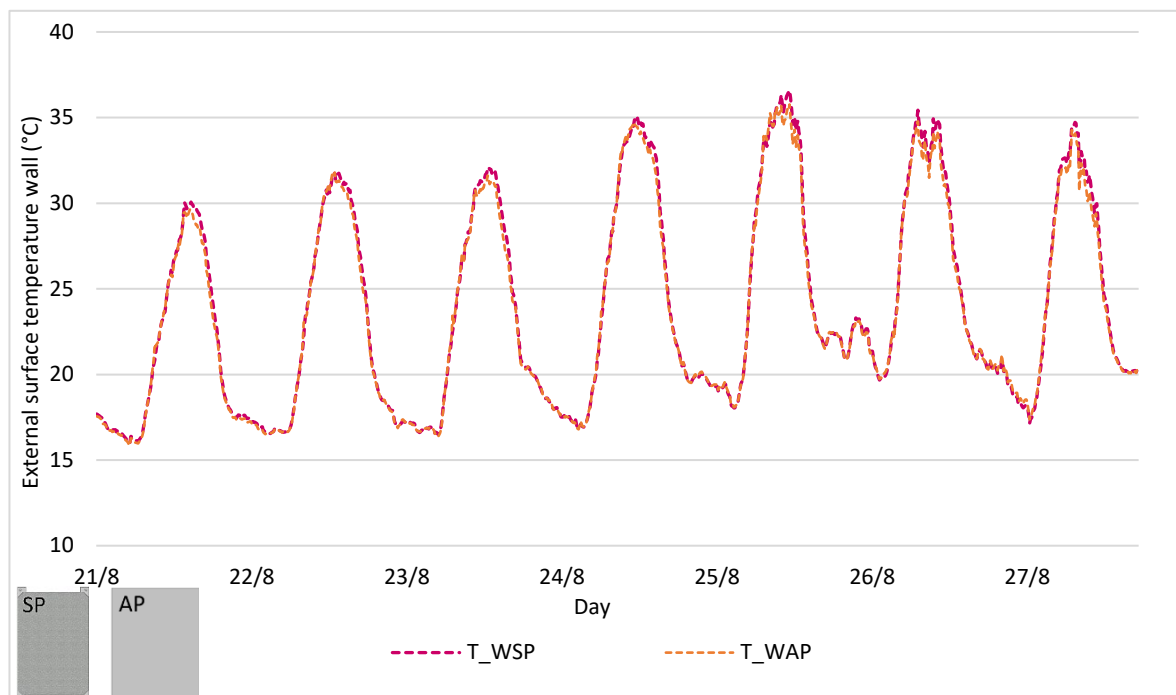


Figura 61 - Confronto andamento temperature superficiali WSP – WAP

Tabella 8 - Confronto andamento temperature superficiali WSP – WAP

GIORNO	WSP			WAP			$\Delta(WSP-WAP)$			
	Tm (°C)	Tmax (°C)	Tmin (°C)	Tm (°C)	Tmax (°C)	Tmin (°C)	Δm (°C)	Δmax (°C)	Δmin (°C)	Δm (%)
21/08/2023	21,33	30,07	15,98	21,11	29,64	15,85	0,22	0,44	0,12	1,02
22/08/2023	22,56	31,74	16,55	22,42	31,79	16,52	0,14	-0,05	0,03	0,60
23/08/2023	22,79	32,10	16,49	22,60	31,61	16,36	0,19	0,49	0,14	0,84
24/08/2023	24,51	34,97	16,83	24,39	34,72	16,79	0,12	0,25	0,04	0,49
25/08/2023	25,53	36,59	18,05	25,37	35,77	18,09	0,17	0,83	-0,04	0,65
26/08/2023	25,82	35,43	19,67	25,57	34,77	19,72	0,26	0,66	-0,05	1,00
27/08/2023	24,19	34,72	17,16	24,01	34,28	17,37	0,18	0,44	-0,21	0,75

Le temperature superficiali delle pareti sono quasi sempre minori della temperatura dell'aria e quasi coincidenti tra loro ($\Delta_{MAX}=0,83^{\circ}C$). Comunque, le temperature che si registrano sulla parete dietro al pannello in acciaio zincato sono maggiori in media dell'1,02% di quelle dietro al pannello in alluminio.

Facendo un confronto complessivo, si deduce che, seppur leggermente, funziona meglio l'alluminio.

Dato che le temperature superficiali delle pareti dietro ai pannelli di diverso materiale sono quasi coincidenti, le caratteristiche termiche dei materiali non incidono troppo nel comportamento finale.

Il confronto successivo è stato effettuato nella prima settimana di settembre tra il pannello in acciaio zincato piano verniciato (SPC) e il pannello in alluminio piano verniciato (APC). Anche in questo caso sono state graficate le temperature superficiali dei due pannelli (Figura 62, Tabella 9) e delle rispettive pareti sul retro (Figura 63, Tabella 10).

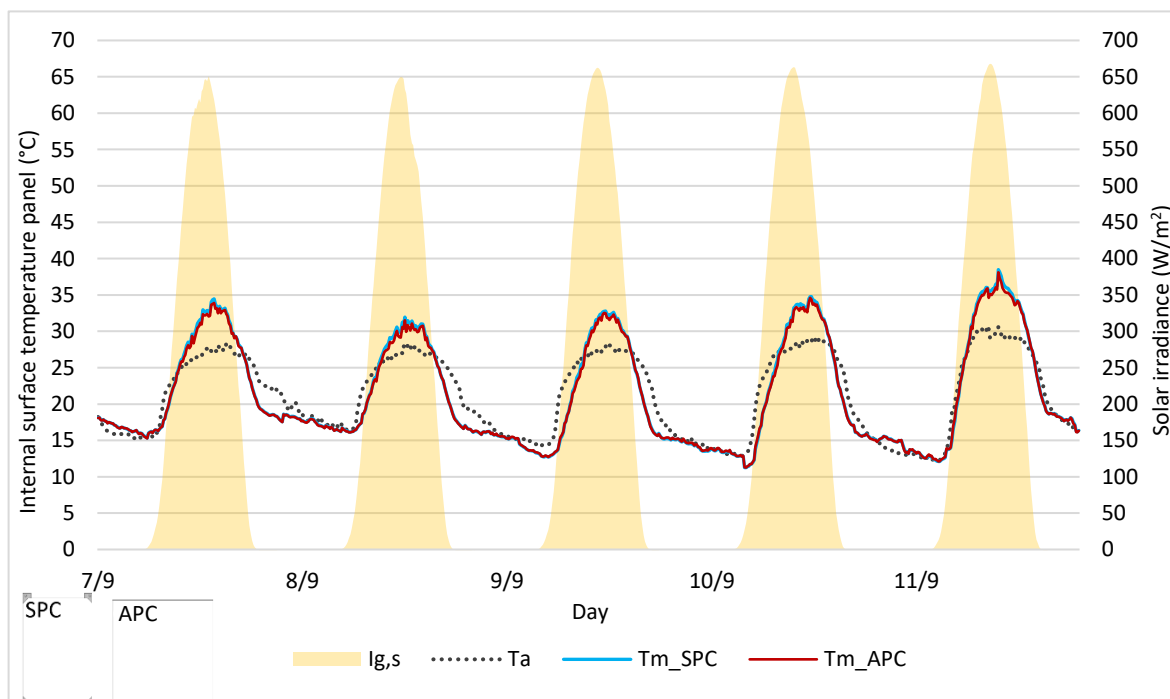


Figura 62 - Confronto andamento temperature superficiali medie SPC – APC

Tabella 9 - Confronto andamento temperature superficiali medie SPC – APC

GIORNO	SPC			APC			Δ(SPC-APC)			
	T _m (°C)	T _{max} (°C)	T _{min} (°C)	T _m (°C)	T _{max} (°C)	T _{min} (°C)	Δ _m (°C)	Δ _{max} (°C)	Δ _{min} (°C)	Δ _m (%)
07/09/2023	22,47	34,45	15,34	22,32	33,90	15,29	0,15	0,55	0,05	0,66
08/09/2023	21,44	31,96	15,81	21,26	31,51	15,79	0,18	0,45	0,02	0,84
09/09/2023	20,12	32,78	12,72	20,03	32,52	12,72	0,10	0,26	0,00	0,48
10/09/2023	20,29	34,79	11,25	20,21	34,58	11,26	0,09	0,21	-0,01	0,42
11/09/2023	22,38	38,49	12,11	22,26	38,12	12,12	0,12	0,37	-0,01	0,55
12/09/2023	24,64	40,90	13,40	24,51	40,72	13,32	0,13	0,18	0,07	0,52

Dal grafico precedente che rappresenta l'andamento delle temperature superficiali medie dei due pannelli si può osservare, di nuovo, che i massimi registrati sui pannelli sono sempre maggiori rispetto a quelli della temperatura dell'aria, a differenza dei minimi che sono variabili e vicini ad essa.

Anche nel caso di pannelli verniciati, le temperature maggiori vengono raggiunte, dal pannello in acciaio zincato, sempre per via del fatto che ha una conducibilità termica [15]

($k=16\div52\text{W/mK}$ in base alla composizione chimica) inferiore a quella dell'alluminio ($k=247\text{W/mK}$). Come detto precedentemente, questo fa sì che, quando la temperatura dell'aria scende, con essa scende anche quella superficiale dell'alluminio, mentre l'acciaio continua a trattenere calore (continuando ad aumentare la sua temperatura), prima di cominciare a cederlo. Tali temperature sono comunque confrontabili, quasi coincidenti, con una differenza percentuale media del 0,84 % ($\Delta_{\text{MAX}}=0,55^\circ\text{C}$).

Come per i casi precedenti, di seguito si riporta il grafico e relativa tabella che riportano il confronto dell'andamento delle temperature delle pareti dietro ai pannelli SPC e APC.

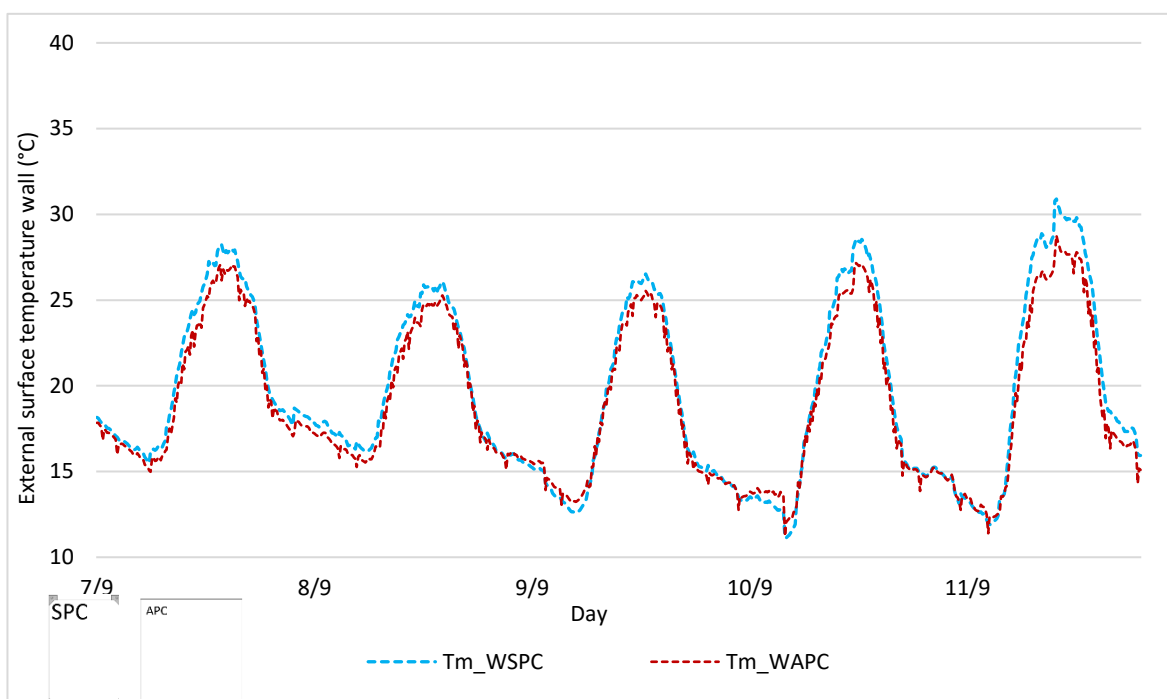


Figura 63 - Confronto andamento temperature superficiali medie WSPC – WAPC

Tabella 10 - Confronto andamento temperature superficiali medie WSPC – WAPC

GIORNO	WSPC			WAPC			$\Delta(\text{WSPC-WAPC})$			
	T_m (°C)	T_{max} (°C)	T_{min} (°C)	T_m (°C)	T_{max} (°C)	T_{min} (°C)	Δ_m (°C)	Δ_{max} (°C)	Δ_{min} (°C)	Δ_m (%)
07/09/2023	20,92	28,25	15,49	20,13	27,07	14,98	0,79	1,18	0,51	3,76
08/09/2023	19,88	26,07	15,79	19,19	25,28	15,12	0,69	0,80	0,67	3,46
09/09/2023	18,24	26,53	12,57	18,02	25,53	13,06	0,22	1,01	-0,49	1,20
10/09/2023	18,28	28,59	11,13	17,91	27,16	11,23	0,37	1,43	-0,10	2,05
11/09/2023	20,21	30,90	11,91	19,11	28,77	11,40	1,09	2,13	0,51	5,41
12/09/2023	22,46	33,56	13,35	20,39	30,32	12,48	2,07	3,24	0,87	9,21

Le temperature superficiali delle pareti sono quasi coincidenti tra loro ad eccezione di quanto accade nei punti di massimo in cui si registrano le differenze di temperatura maggiori ($\Delta_{MAX}=3,24^{\circ}\text{C}$). Comunque, le temperature che si registrano sulla parete dietro al pannello in acciaio zincato sono maggiori massimo del 9,21% rispetto a quelle dietro al pannello in alluminio.

Facendo un confronto complessivo, si deduce che, seppur leggermente, funziona meglio l'alluminio.

Infine, l'ultimo confronto fatto per valutare il materiale più performante, ha coinvolto un materiale composito, cioè, l'Alucobond già trattato nel Capitolo 4.2. Tale confronto coinvolge il pannello in acciaio zincato sagomato non verniciato (SF), il pannello in alluminio sagomato verniciato (AFC) e il pannello in Alucobond, anch'esso sagomato e verniciato con lo stesso smalto nanotecnologico utilizzato per gli altri pannelli (MFC).

In realtà il pannello in acciaio zincato sagomato è stato preso in considerazione solo come riferimento in quanto è l'unica costante in tutti le fasi della sperimentazione anche perché, in questo caso specifico, avrebbe portato ad un confronto su più variabili essendo questo non verniciato.

Di seguito si riportano i grafici (Figura 64, Figura 65) e le tabelle (Tabella 11, Tabella 12) relative a tale confronto.

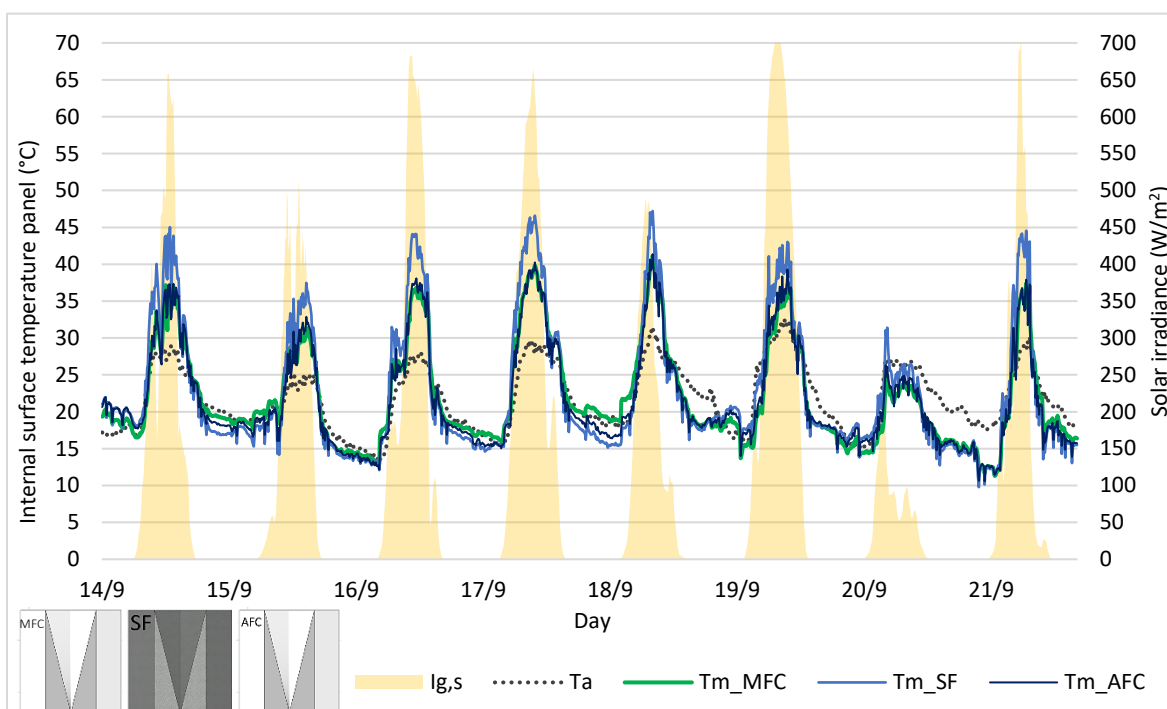


Figura 64 - Confronto andamento temperature superficiali medie MFC – SF – AFC

Tabella 11 - Confronto andamento temperature superficiali medie MFC – SF – AFC

GIORNO	MFC			SF			AFC			$\Delta(\text{AFC-MFC})$			
	Tm (°C)	Tmax (°C)	Tmin (°C)	Tm (°C)	Tmax (°C)	Tmin (°C)	Tm (°C)	Tmax (°C)	Tmin (°C)	Δm (°C)	Δmax (°C)	Δmin (°C)	Δm (%)
14/09/2023	23,73	37,25	16,49	25,20	45,03	16,84	24,00	37,36	17,72	0,28	0,11	1,22	1,15
15/09/2023	21,25	31,38	14,44	21,17	37,48	13,66	20,72	32,88	14,08	-0,53	1,50	-0,36	-2,56
16/09/2023	21,67	36,82	12,92	22,48	44,10	12,10	21,33	38,09	12,18	-0,34	1,28	-0,74	-1,59
17/09/2023	24,74	39,80	16,02	25,22	46,60	14,59	23,87	40,24	15,03	-0,87	0,44	-1,00	-3,62
18/09/2023	24,31	41,17	17,91	23,12	47,21	15,13	23,03	41,35	16,37	-1,28	0,18	-1,54	-5,57
19/09/2023	22,51	37,43	13,71	24,70	43,03	14,45	23,25	39,28	13,98	0,75	1,86	0,27	3,21
20/09/2023	18,19	24,88	13,95	19,55	31,39	12,73	18,86	26,31	14,00	0,67	1,44	0,05	3,56
21/09/2023	19,48	37,42	11,29	19,87	44,55	9,78	18,90	37,92	10,57	-0,59	0,50	-0,71	-3,11

Dal grafico è possibile vedere che il materiale che raggiunge la massima temperatura è l'acciaio zincato mentre le temperature dell'Alucobond e dell'alluminio sono praticamente coincidenti. È evidente, inoltre, che tra questi ultimi due materiali non ce n'è uno predominante sull'altro, come dimostrano le rispettive curve che si invertono nel grafico. Infatti, parlando in termini percentuali, in alcuni casi l'Alucobond presenta temperature inferiori anche del 3,56% rispetto a quelle dell'alluminio con $\Delta \text{MAX}=1,44^\circ\text{C}$ mentre in altri è l'alluminio a registrare temperature minori a quelle dell'Alucobond anche del 5,57% con $\Delta \text{MAX}=0,18^\circ\text{C}$.

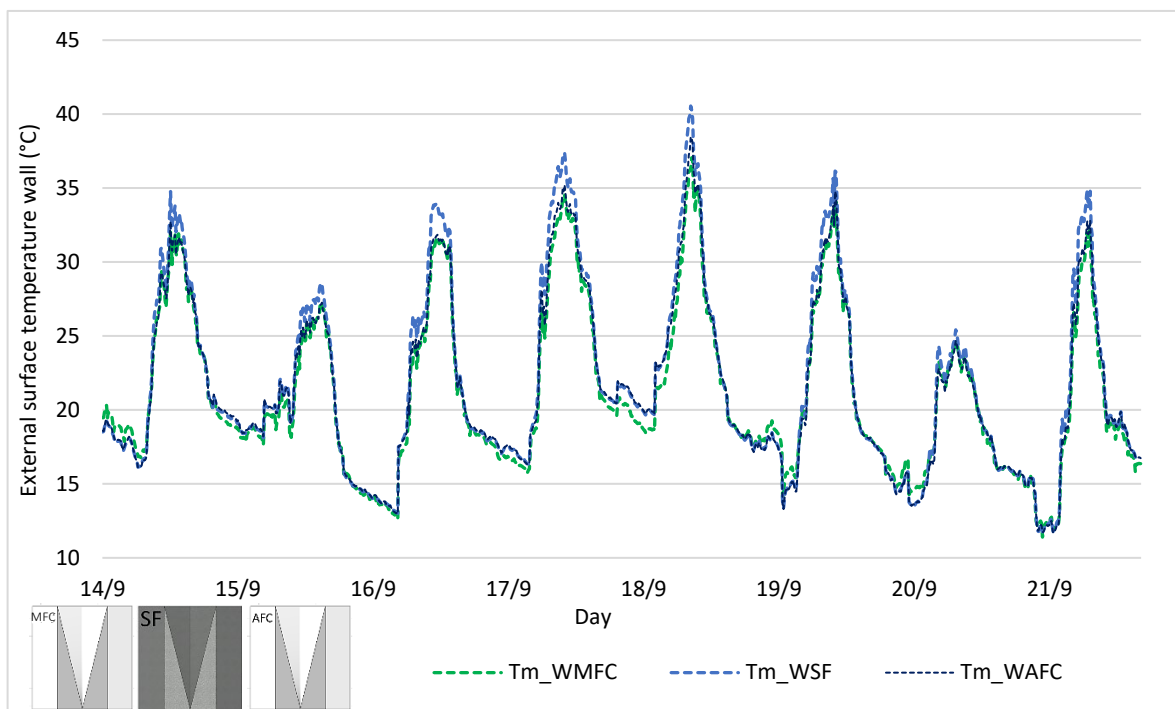


Figura 65 - Confronto andamento temperature superficiali medie WMFC – WSF – WAFC

Tabella 12 - Confronto andamento temperature superficiali medie WMFC – WSF – WAFC

GIORNO	MFC			SF			AFC			$\Delta(WAFC-WMFC)$			
	Tm (°C)	Tmax (°C)	Tmin (°C)	Tm (°C)	Tmax (°C)	Tmin (°C)	Tm (°C)	Tmax (°C)	Tmin (°C)	Δm (°C)	Δmax (°C)	Δmin (°C)	Δm (%)
14/09/2023	22,71	32,06	16,77	22,97	34,76	16,13	22,58	32,72	16,11	-0,14	0,66	-0,66	-0,60
15/09/2023	20,23	27,28	14,35	20,88	28,57	14,58	20,62	27,25	14,60	0,39	-0,03	0,25	1,90
16/09/2023	20,45	31,63	12,65	21,30	33,97	13,02	20,79	31,85	12,97	0,34	0,22	0,32	1,62
17/09/2023	23,33	34,53	15,77	24,63	37,39	16,35	24,01	35,19	16,31	0,68	0,66	0,54	2,82
18/09/2023	23,58	37,05	17,97	24,79	40,55	17,79	24,43	38,45	17,82	0,86	1,40	-0,15	3,51
19/09/2023	21,59	34,07	14,04	21,89	36,15	13,37	21,40	34,77	13,29	-0,19	0,70	-0,75	-0,91
20/09/2023	18,37	24,68	14,07	18,33	25,42	13,49	18,06	24,67	13,52	-0,31	-0,01	-0,55	-1,72
21/09/2023	18,75	32,17	11,40	19,63	34,86	11,76	19,15	32,81	11,70	0,40	0,64	0,30	2,09

Sulle pareti retrostanti ai pannelli c'è corrispondenza con quanto riscontrato sui pannelli stessi, infatti anche in tal caso, le temperature superficiali delle pareti sono quasi coincidenti tra loro, invertendo talvolta il loro andamento. La dimostrazione di quanto detto la si coglie dalle tabelle in cui sono riportate le differenze delle temperature sul supporto in termini percentuali: in alcuni casi è l'alluminio a raggiungere temperature maggiori anche del 3,51% rispetto all'Alucobond, mentre in altri casi è l'Alucobond a scaldarsi maggiormente anche dell'1,72%.

Di seguito si riporta un box plot (Figura 66) per avere un quadro di insieme relativo alle temperature sia dei pannelli che delle pareti retrostanti considerate in questa fase della sperimentazione.

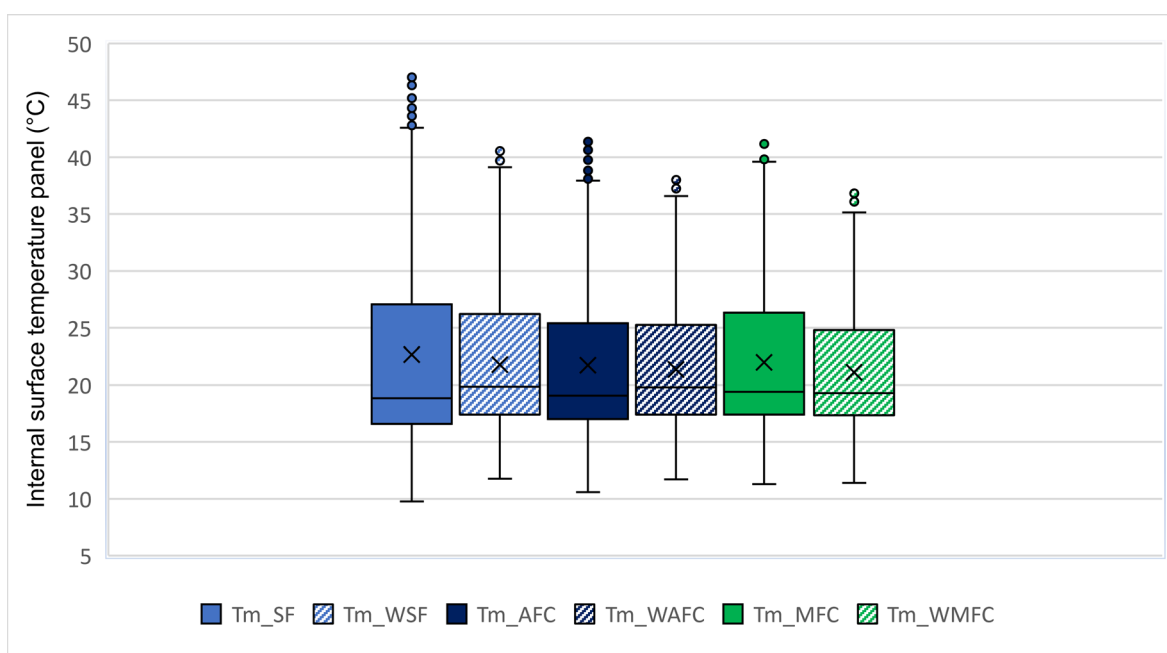


Figura 66 - Box plot temperature SF - WSF, AFC - WAFC, MFC - WMFC

Da tale grafico si può facilmente notare che la superficie interna del pannello in Alucobond verniciato raggiunge temperature massime di circa 40°C, mentre quello in alluminio verniciato raggiunge temperature massime leggermente inferiori ai 40°C. In realtà in questo caso si registrerebbero temperature maggiori di quelle concentrate nei baffi superiori, ma rappresentano *outliers*, cioè, valori anomali (pallini sopra al baffo superiore) che quindi non vengono presi in considerazione nelle valutazioni.

Nelle rispettive pareti retrostanti il comportamento si inverte registrando temperature massime di circa 37°C per l'alluminio e di circa 35°C per l'Alucobond.

Le temperature minime registrate su tutte le superfici considerate sono confrontabili e tutte circa di 12-13°C, con l'eccezione della temperatura superficiale dell'alluminio che è leggermente più bassa delle altre, circa 11°C.

La maggior parte delle temperature registrate sono comprese tra la linea superiore e inferiore del box che rappresentano rispettivamente il 75° e 25° percentile della curva di Gauss. Quindi per l'alluminio sagomato verniciato le temperature sono principalmente comprese tra 17°C e 26°C, per il pannello in Alucobond sagomato verniciato le temperature sono comprese tra 17°C e 27°C, mentre per le rispettive pareti retrostanti, gli intervalli sono 17-21°C e 17-20°C.

La "x" rappresenta la media delle temperature mentre la linea orizzontale di ogni box rappresenta la mediana e questo vuol dire che la maggior parte delle temperature sono pari a quelle corrispondenti a tale linea quindi la curva di Gauss è più spostata verso i valori corrispondenti a tale linea.

Come già detto precedentemente, anche nel box plot, si può notare che nella parete dietro i pannelli si registra la situazione contraria a quella che si verifica sulla superficie interna dei pannelli metallici, anche se in maniera del tutto trascurabile.

In conclusione, è vero che l'Alucobond ha un comportamento leggermente migliore rispetto a quello dell'alluminio, ma essendo un materiale composito sicuramente il costo è maggiore dell'alluminio che è un materiale tradizionale. Per il quadro economico dei materiali si rimanda al Capitolo 6. Quindi visto il poco vantaggio fornito dal composito l'alluminio potrebbe risultare la scelta migliore.

5.3 Progetto di una sperimentazione in situ

Di seguito si riporta il progetto di monitoraggio di una sperimentazione futura che verrà effettuata al solar pond, un campo di prova dell'Università Politecnica delle Marche, sito nel comune di Ancona (Figura 67).

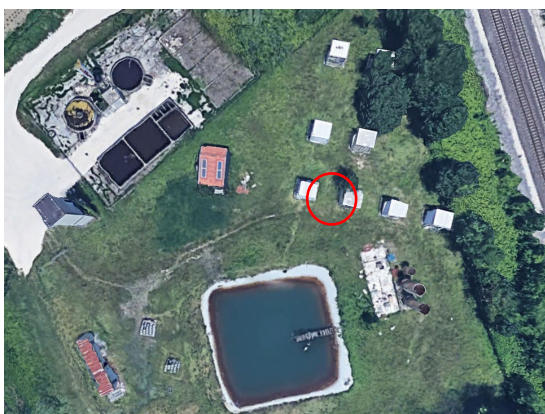


Figura 67 - Aerofotogrammetria area solar pond, Ancona

La sperimentazione che avrà luogo nel campo di prova coinvolgerà pannelli in alluminio piano verniciato e pannelli in alluminio sagomato non verniciato. Tale scelta dipende dal fatto che, nella sperimentazione effettuata tra agosto e settembre, il pannello in alluminio piano verniciato risulta essere la soluzione più performante. Un altro risultato importante ottenuto è che la finitura nanotecnologica perde di importanza in un pannello sagomato, quindi sicuramente non si utilizzerà in una soluzione sagomata. Proprio per questo si sceglierà un pannello di alluminio sagomato non verniciato che, in termini di materiale è migliore dell'acciaio zincato.

Il box utilizzato è costituito da pareti con stratigrafie diverse. La parete su cui verrà montata la facciata ha una stratigrafia composta da uno strato di isolante da 10 cm, intercapedine di 5 cm e pannello di Aquapanel di 1,25 cm. Le restanti pareti sono costituite da due strati di isolante di 10 cm ciascuna, rivestite da fogli in alluminio.

Di seguito si riporta la pianta del box (Figura 68).

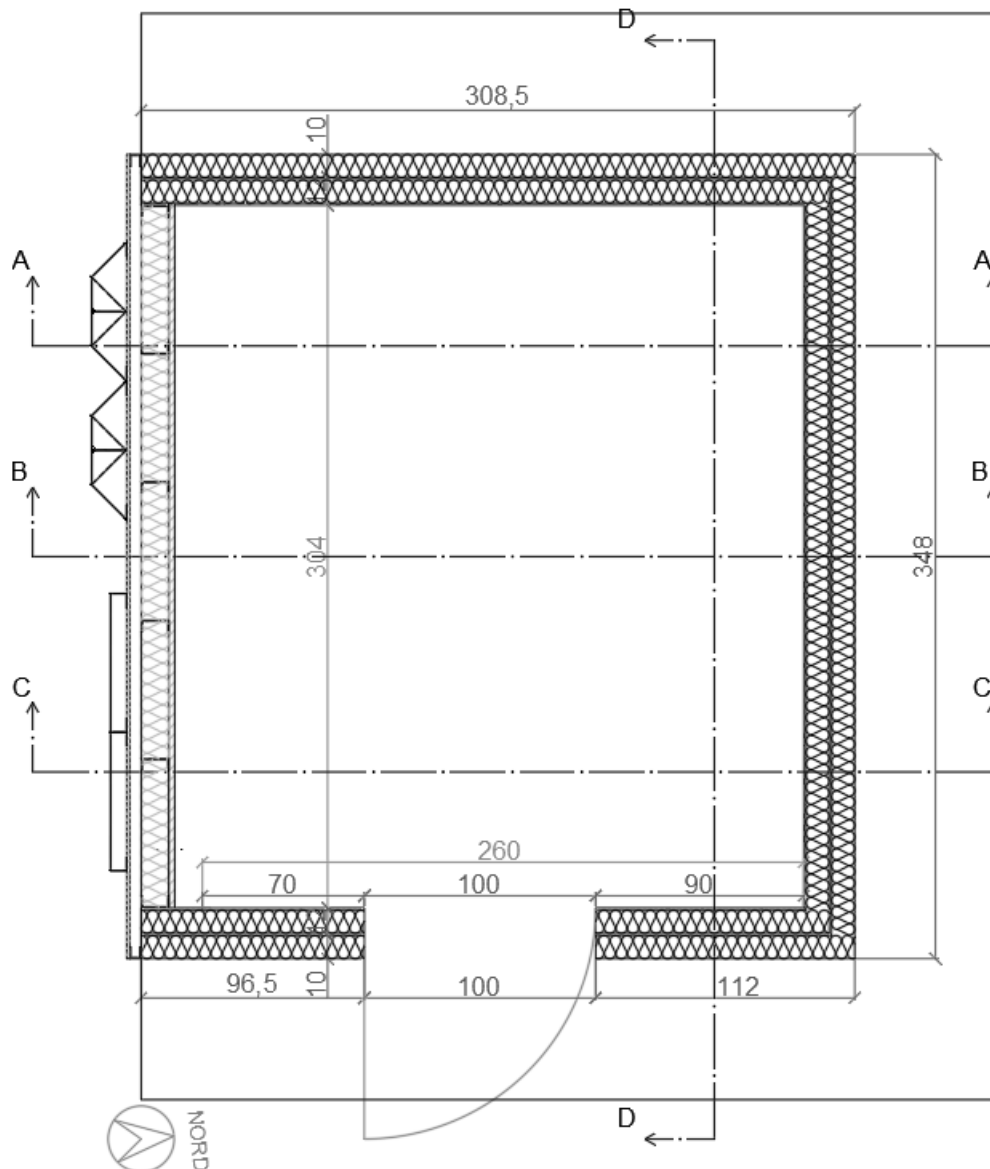


Figura 68 - Stratigrafie pianta box due, solar pond

La facciata ventilata avrà dimensioni pari a 120 cm x 240 cm quindi coprirà solo metà parete, sulla restante metà verranno montati pannelli piani in alluminio.

La sperimentazione verrà effettuata per valutare il comportamento estivo della facciata ventilata progettata e per verificare se effettivamente il tiraggio del canale di ventilazione è sufficiente al funzionamento della facciata ventilata.

Attraverso l'uso di sensori verranno misurate le temperature superficiali, interne ed esterne, la temperatura dell'aria, interna ed esterna, la velocità dell'aria nell'altezza dell'intercapedine, e la differenza di temperatura nello spessore della parete.

Queste grandezze vengono misurate con i sensori riportati nella pianta (Figura 69) e nel prospetto (Figura 70) del progetto di monitoraggio di seguito riportato

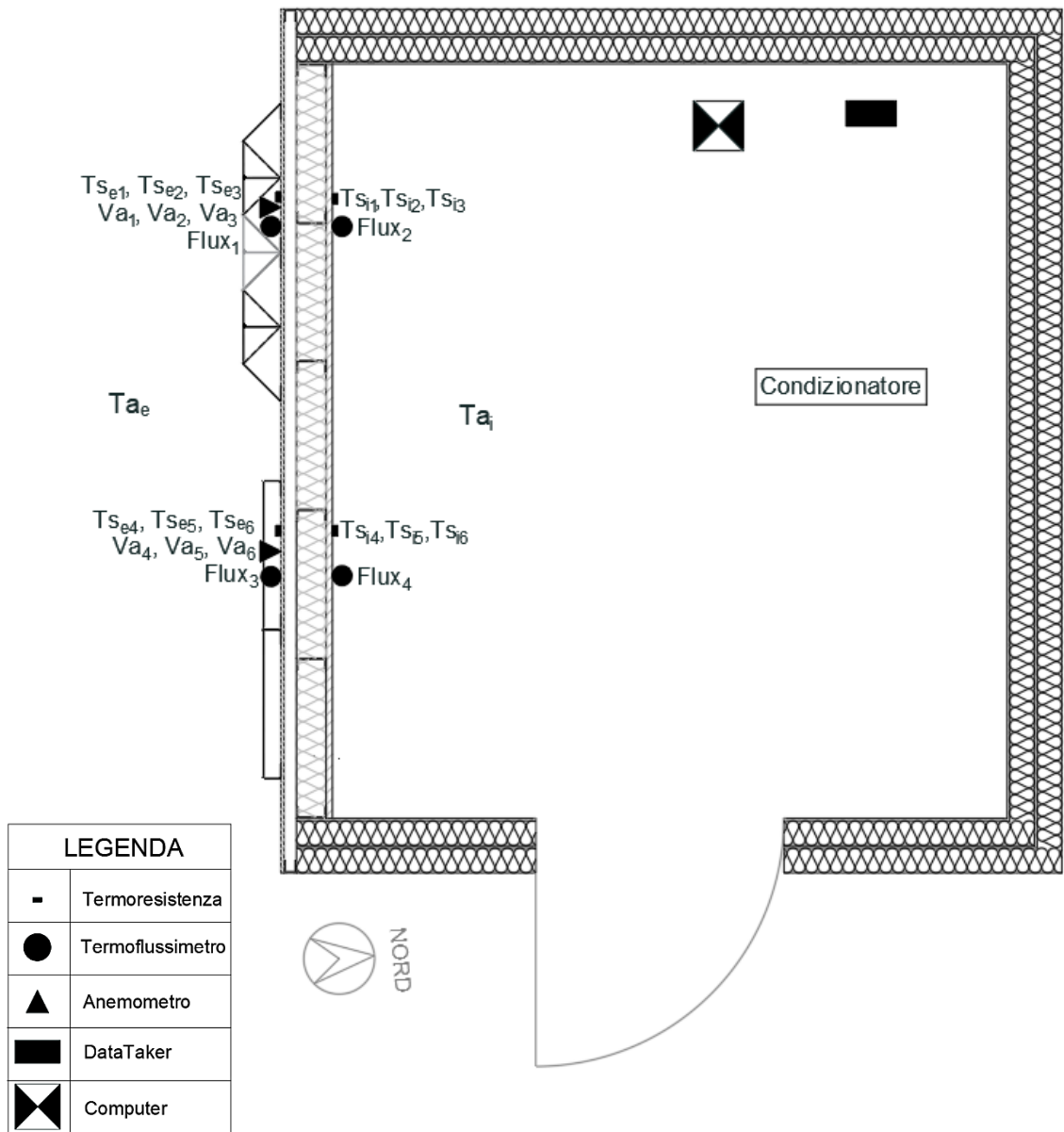


Figura 69 – Pianta progetto di monitoraggio box due

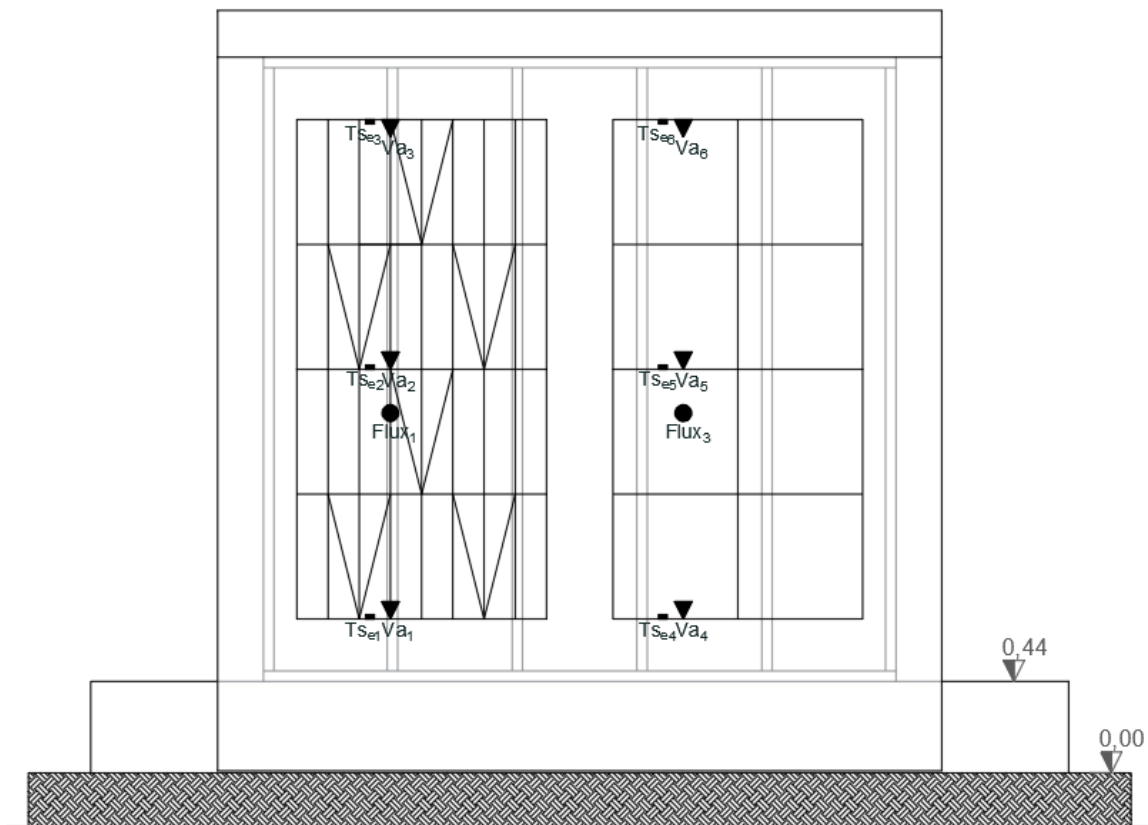


Figura 70 - Prospetto sud progetto di monitoraggio box due

6. DISCUSSION

Si conclude il presente lavoro andando ad effettuare un confronto complessivo dei pannelli oggetto di sperimentazione, dividendoli semplicemente in due macro-periodi di sperimentazione, quello di agosto e quello di settembre.

Nel grafico che segue (Figura 71) si riporta la situazione di agosto in cui sono stati sperimentati e confrontati quattro tipi di pannelli diversi per forma, materiale e finitura:

- pannello in acciaio zincato sagomato non verniciato (SF);
- pannello in acciaio zincato piano non verniciato (SP);
- pannello in acciaio zincato piano verniciato (SPC);
- pannello in alluminio piano non verniciato (AP).

In realtà ciò che si riporta nel grafico sono le temperature superficiali delle pareti retrostanti a ciascuno dei pannelli sopra elencati, perché uno degli obiettivi della presente tesi è stato quello di creare un pannello che, per forma, materiale e finitura, fosse in grado di garantire una temperatura superficiale di una qualsiasi parete esterna tale da assicurare un adeguato confort indoor.

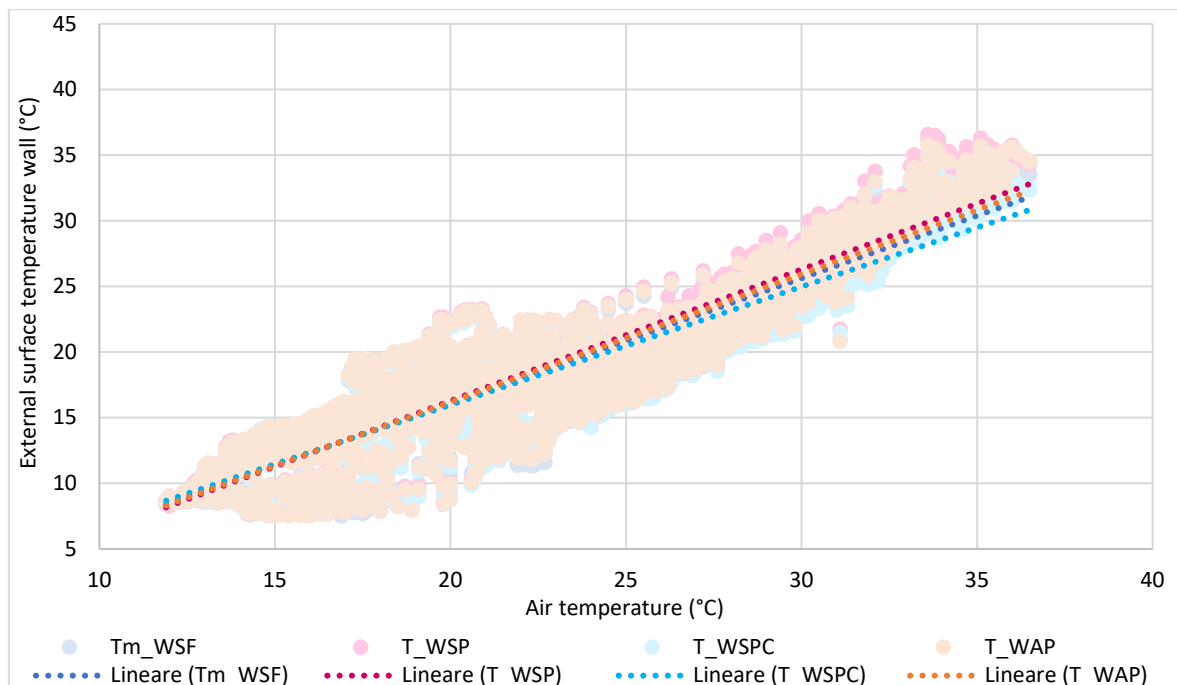


Figura 71 - Grafico a dispersione relazione temperature aria – pannelli agosto

Dal grafico a dispersione sopra riportato è evidente la temperatura della superficie dietro ai pannelli cresce linearmente con la temperatura dell'aria.

Inoltre, è chiaro che il pannello in acciaio zincato piano verniciato è quello che permette alla parete retrostante di mantenere una temperatura minore rispetto agli altri. Questo risulta essere quasi scontato in quanto è l'unico verniciato tra quelli considerati e, dai confronti effettuati nel Capitolo 5.2.1, è stato dimostrato che lo smalto nanotecnologico utilizzato ha capacità altamente riflettenti per cui permette di mantenere temperature sempre più basse rispetto agli altri casi.

Considerando invece i soli pannelli non verniciati, quello più performante risulta essere quello in acciaio zincato sagomato, quindi si può dire che la forma progettata produce un auto – ombreggiamento tale da permettere al pannello di mantenere delle temperature più basse rispetto a quelli piani.

A questo punto la valutazione finale si è spostata al periodo di settembre (Figura 72) in cui sono stati studiati i seguenti pannelli:

- pannello in alluminio piano verniciato (APC);
- pannello in acciaio zincato piano verniciato (SPC);
- pannello in alluminio sagomato verniciato (AFC);
- pannello in acciaio zincato sagomato non verniciato (SF);
- pannello in Alucobond sagomato verniciato (MFC);
- pannello di AquaBoard (reference).

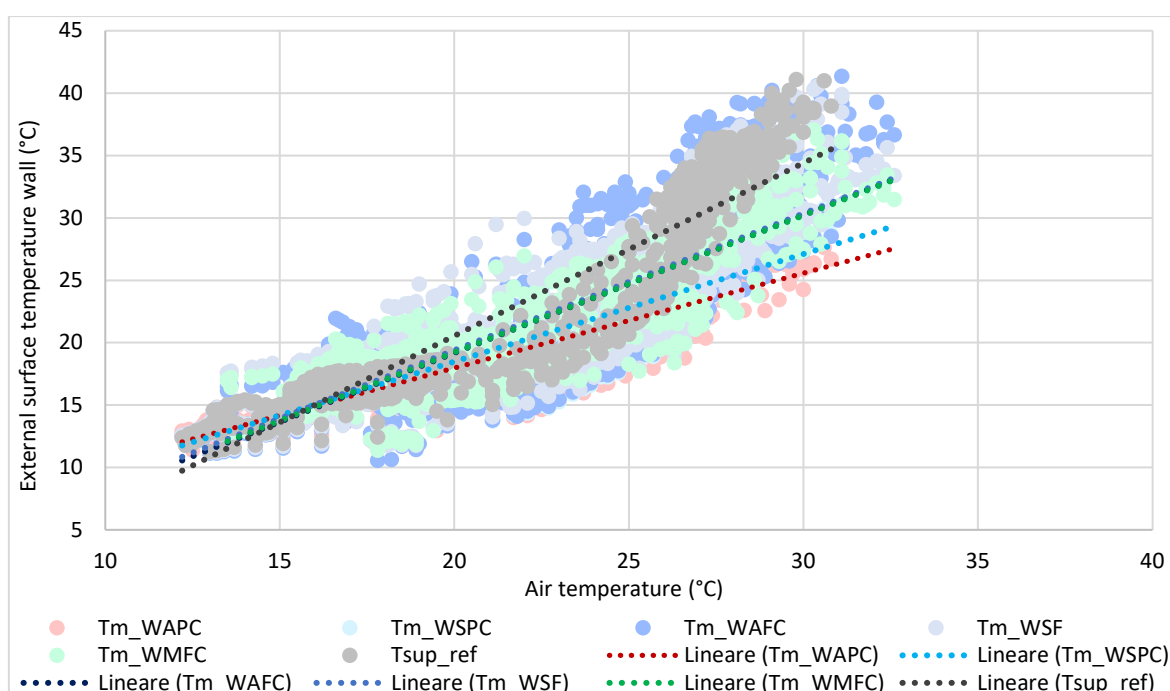


Figura 72 - Grafico a dispersione relazione temperature aria – pannelli settembre

Anche in questo caso la temperatura superficiale delle pareti retrostanti ai pannelli cresce linearmente con la temperatura dell'aria.

In tal caso i pannelli che permettono di mantenere la temperatura più bassa sono quelli piani verniciati; in particolare quello più performante tra i due piani è quello in alluminio.

A seguire i tre pannelli sagomati, seppur con materiali e finiture diverse, risultano avere un comportamento quasi coincidente. Questo non è un risultato ovvio in quanto tra i tre pannelli sagomati, c'è sempre quello in acciaio zincato sagomato non verniciato per cui ci si aspettava di avere delle temperature nettamente maggiori rispetto agli altri due verniciati.

Ciò significa che l'effetto dello smalto nanotecnologico, su un pannello sagomato dà un contributo non significativo rispetto a quanto accade, invece, su un pannello piano. Questo è dovuto al fatto che su un pannello piano la superficie soleggiata e quindi riflettente è maggiore rispetto a quella che si ha su un pannello sagomato in grado di auto – ombreggiarsi che produce zone di ombra maggiori e quindi minor superficie riflettente. Inoltre, nel pannello sagomato le facce inclinate centrali, trovandosi quasi una di fronte all'altra, scambiano calore tra loro per irraggiamento ma anche per riflessione quando sono colpite dai raggi solari. Questo doppio contributo fa sì che un pannello piano, rispetto a quello sagomato progettato, a parità di finitura riflettente, sia più performante.

Nel grafico la temperatura più alta viene raggiunta naturalmente dal pannello di AquaBoard verniciato con smalto bianco tradizionale, privo di pannello metallico; questa è la dimostrazione che, nonostante la parete ventilata sia realizzata da pannelli metallici, quindi per loro natura conduttivi, produce comunque vantaggi in termini di temperature rispetto a una struttura tradizionale.

Quindi in definitiva, alla luce di quanto riscontrato dall'intera sperimentazione, il pannello più performante è quello in alluminio piano verniciato. Non considerando la verniciatura il pannello più performante risulta essere quello in acciaio zincato sagomato.

Naturalmente arrivati a questo punto non si può prescindere dall'aspetto economico in quanto, se da un lato, c'è da considerare il costo di una lavorazione più complessa, dall'altro si deve tenere conto che una vernice innovativa termoriflettente sicuramente non sarà economica.

6.1 Valutazione economica

È stata, dunque, effettuata un'analisi economica di massima al m² per valutare quale opzione sia migliore tra quelle più performanti (SF, APC e MFC). Inoltre, è stato inserito il costo, sempre al m², di una tradizionale facciata ventilata quindi con sottostruttura metallica in montanti e traversi con cladding costituito da piastrelle di grès. Per svolgere questa analisi è stato fatto riferimento ai listini prezzi relativi alle materie prime (lamiere, finitura e agganci). Di seguito si riporta questa analisi riferita al metro quadro.

Tabella 13 - Costo materie prime metalliche

	kg/m ³	€/Kg
ALLUMINIO	2670	4,50
ACCIAIO ZINCATO	7860	1,00

Tabella 14 - Costo lamiere e lavorazione

MATERIALI	MATERIE PRIME	COSTO €/m ²	
		TAGLIO	PIEGATURA
LAMIERA ALLUMINIO 2mm	24,03	5,00	5,00
LAMIERA IN ACCIAIO Z. 2mm	15,72	5,00	10,00
LASTRA IN ALUCOBOND 4mm	40,00	8,00	3,00

Tabella 15 - Costo sistema di aggancio

SISTEMA DI AGGANCIO			
	pz./m ²	€/pz.	€/m ²
TASSELLI Ø6	6	1,46	8,76
TASSELLI Ø8	4	1,46	5,84
BARRE	2	2,89	5,78

Tabella 16 - Costo smalto nanotecnologico e nano primer

NANO-THERM			NANO PRIMER		
Resa	4,50	m ² /kg	Resa	7,50	m ² /kg
Costo	131,00	€/5l	Costo	60,00	€/2,5 l
Costo/l	26,20	€/l	Costo/l	24,00	€/l
Costo/m ²	5,82	€/m ²	Costo/m ²	3,20	€/m ²
TOTALE VERNICIATURA = 9,02 €/m ²					

Tabella 17 - Costo pittura tradizionale

PITTURA TRADIZIONALE		
Resa	4,50	m ² /kg
Costo	35,00	€/5l
Costo/l	7,00	€/l
Costo/m ²	1,56	€/m ²

Dai costi indicati in tabella (Tabella 13, Tabella 14, Tabella 15, Tabella 16, Tabella 17) si arriva a definire il costo al m² di tutte le soluzioni: il pannello in acciaio zincato sagomato verniciato con una vernice tradizionale ha un costo totale di circa 49,00 €/m² mentre quello in alluminio piano verniciato con smalto nanotecnologico ha un costo di circa 60,00 €/m² mentre il pannello in Alucobond sagomato verniciato, anch'esso con smalto nanotecnologico, ha un costo di circa 77,00 €/m². Per il pannello in acciaio zincato piegato è stata ipotizzata una finitura con pittura tradizionale, ipotizzando una futura messa in opera, visto che nella sperimentazione il pannello è già risultato performante per effetto della sola forma e quindi non necessita di una finitura nanotecnologica.

Questo risultato è mostrato in maniera evidente nell'istogramma che segue (Figura 73).

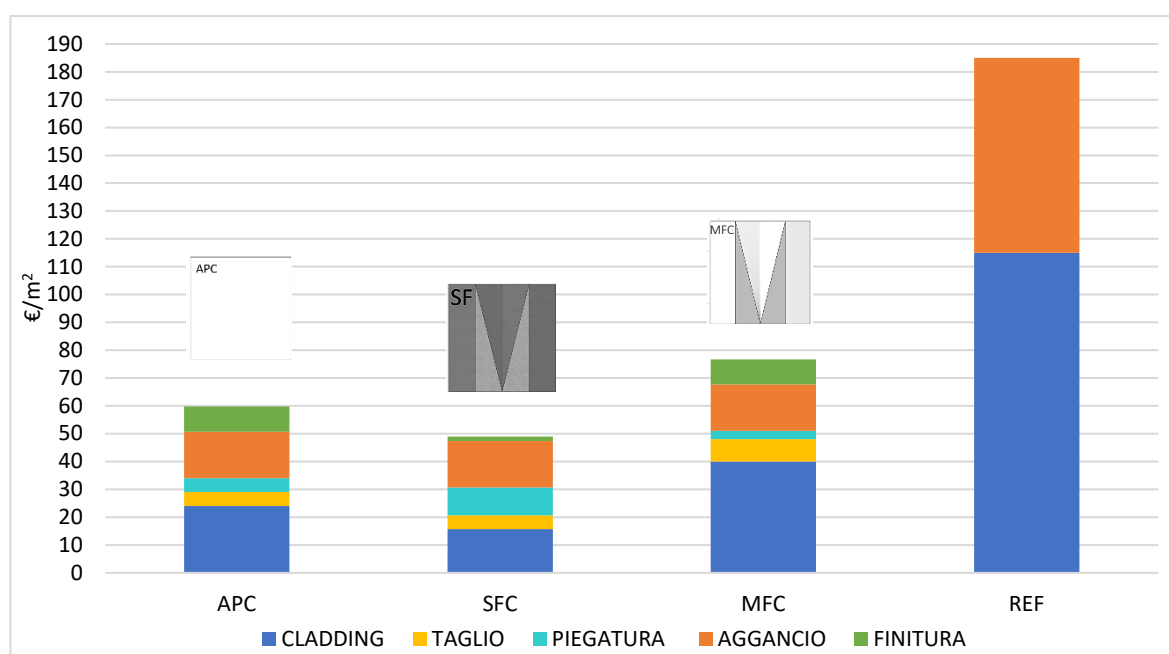


Figura 73 - Iistogramma confronto costi APC, SFC, MFC, REF

Tabella 18 - Confronto costi APC, SFC, MFC, REF

	COSTO (€/m ²)			
	APC	SFC	MFC	REF
CLADDING	24,03	15,72	40,00	
TAGLIO	5,00	5,00	8,00	115,00
PIEGATURA	5,00	10,00	3,00	
AGGANCIO	16,68	16,68	16,68	70,00
FINITURA	9,02	1,56	9,02	-
TOTALE	59,73	48,96	76,70	185,00

La soluzione più economica risulta essere quella del pannello in acciaio zincato sagomato e verniciato con pittura tradizionale. In termini percentuali, quest'ultima risulta avere un costo inferiore del 73,54% rispetto ad una facciata ventilata tradizionale.

Subito a seguire, in termini di costo, si trova il pannello in alluminio piano verniciato con smalto nanotecnologico, che risulta anche essere il più performante, dalla sperimentazione. Questo, infatti, ha un costo maggiore di circa il 22% rispetto a quello più economico, ma comunque minore del 67,71% rispetto alla classica facciata ventilata.

Va specificato che questi sono costi strettamente legati ai materiali, alle finiture e alle lavorazioni, ma non ancora influenzati dalle dinamiche di mercato. Infatti, sicuramente un pannello particolare esteticamente, come quello sagomato progettato, sarà un prodotto realizzabile da pochi e quindi di nicchia. Inoltre, un pannello di tale genere risulterà essere un prodotto più appetibile sul mercato in quanto diverso dalle classiche soluzioni esistenti, portando ad un aumento della domanda e di conseguenza l'aumento dei costi dettati proprio dai pochi in grado di realizzarlo.

In conclusione, i due pannelli che risultano più economici, rimangono comunque competitivi sul mercato attuale, a seconda che si scelga di sfruttare la forma oppure la finitura.

7. CONCLUSIONI

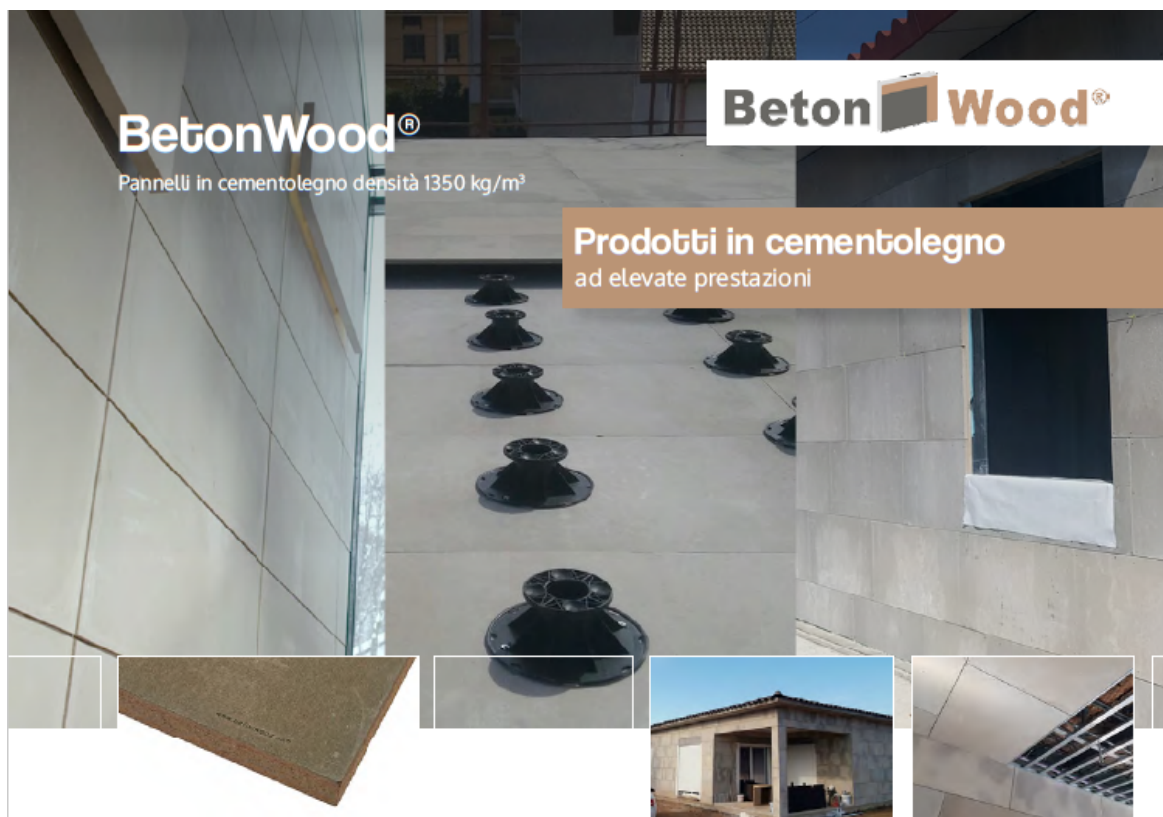
Lo studio indaga come la forma e il tipo di rivestimento anche con additivi nanotecnologici influenzano la performance delle facciate. Per questo fine è stato effettuato uno studio sperimentale e analitico

I risultati sperimentali hanno mostrato che:

- la forma progettata riesce a verificare le sollecitazioni strutturali anche dimostrate attraverso il disegno e la realizzazione di un prototipo che risulta essere una soluzione abbastanza economica rispetto a soluzioni tradizionali;
- la forma sagomata svolge la funzione per cui è stata progettata in quanto sfrutta la propria configurazione per auto – ombreggiarsi, quindi abbattere le temperature superficiali e garantire migliori condizioni di comfort indoor (fintanto che non entra in gioco la finitura);
- il materiale che risulta meno performante è l'acciaio zincato, mentre l'alluminio e l'Alucobond, da un punto di vista prestazionale, sono competitivi, dal punto di vista economico invece, l'Alucobond risulta essere più costoso per cui considerando un rapporto costo – prestazioni, alluminio risulta essere il materiale migliore;
- la finitura con smalto termoriflettente abbatte le temperature a tal punto che il pannello piano risulta essere migliore di quello sagomato in quanto presenta una superficie riflettente maggiore di quest'ultimo.

8. APPENDICI

Appendice A – Scheda tecnica Betonwood



Descrizione cementolegno

Il pannello **BetonWood®** in **cementolegno** è il prodotto che dà il nome all'azienda ed è un materiale che si adatta a molteplici impieghi in edilizia. È realizzato tramite la miscelazione di cemento Portland con fibre di legno di Pino scortecciato; questo particolare pannello garantisce un'ottima soluzione per interventi mirati ad ottenere alti livelli di sfasamento termico, grazie alla sua alta densità che lo rende adatto anche per massetti a secco autoportanti, pavimenti radianti e strutture di irrigidimento.

Il legno utilizzato nella composizione di **BetonWood®** è riciclabile, è certificato e realizzato esclusivamente con legno proveniente da foreste controllate nel rispetto delle direttive **FSC®** ("Forest Stewardship Declaration®").

BetonWood® utilizza materie prime rinnovabili; la sua produzione e la sua posa in opera non generano sostanze nocive, essendo che l'unica materia prima utilizzata è un legno proveniente da sfoltimento e tagli di segheria non trattati.

È garantito da costanti controlli effettuati da organismi esterni che ne attestano l'elevata qualità e, grazie alla sua notevole percentuale di materia riciclata (il 35%) presente al suo interno rispetta in pieno i **Criteria Ambientali Minimi** ed è certificato **CAM**.

Per ulteriori informazioni o chiarimenti si prega di rivolgersi direttamente al nostro ufficio tecnico o visitare il nostro sito www.betonwood.com

Applicazioni



Il pannello in cementolegno **BetonWood®** è un materiale da costruzione multifunzionale, ed è adatto ad essere utilizzato in tutte le parti dell'edificio; tetti, sottotetti, solai interpiano, soffitti, pareti interne e pavimenti tradizionali e sopraelevati.

Tramite accoppiaggi con materiali isolanti e lavorazioni superficiali, lo abbiamo reso idoneo a molteplici utilizzi come pavimenti radianti e capotti termici corazzati.



Vantaggi cementolegno

Il pannello in **cementolegno BetonWood®** densità 1350 kg/m³ ha le seguenti caratteristiche:

- elevata resistenza a compressione;
- è resistente ai cambiamenti climatici e al gelo;
- resistente all'esterno;
- insetti e funghi non sono in grado di attaccarlo o danneggiarlo;
- grazie alle sue caratteristiche fisiche e meccaniche, il prodotto viene considerato come uno dei migliori materiali per costruzioni di peso leggero;
- è incombustibile (A2 secondo lo Standard DIN 4102);
- è esente da formaldeide e privo di amianto, asbesto etc.;
- privo di Inchiostri riciclati (presenti in materiali con cellulosa riciclata);
- resistente agli agenti atmosferici;
- lavorabile con utensili da legno;
- portata elevata;
- riciclabile, ecologico, rispetta l'ambiente.

Combinazioni con isolanti

Impiegato in combinazione con altri materiali come fibra di legno, sughero e polistirene, si possono ottenere prodotti specifici per l'edilizia, tra cui:

- **BetonFiber** per isolamento termo-acustico, unisce al pannello BetonWood uno strato di fibra di legno Fibertherm;
- **BetonCork** per isolamento termo-acustico, unisce al pannello BetonWood uno strato di sughero Cork Panels traspirante e resistente all'umidità e alle muffe;
- **BetonStyr** per isolamento termo-acustico, unisce al pannello BetonWood uno strato di polistirene estruso o espanso;
- **BetonRadiant**, un pannello sagomato in modo da ospitare le tubazioni per riscaldamenti radianti a pavimento e a parete. Disponibile nella versione standard (solo cementolegno) o con isolamento accoppiato.
- **BetonTherm**, un pannello fresato ed accoppiato in modo da fornire un sistema completo per la realizzazione di cappotti termici corazzati in grado di resistere agli urti, ad atti vandalici, agli agenti atmosferici, e perfino a terremoti.

Certificazioni

Il nostro cementolegno **BetonWood®** è certificato dai più importanti marchi di certificazione di qualità:



Cementolegno CAM

I prodotti in **cementolegno BetonWood®**:

- non contengono ritardanti di fiamma che siano oggetto di restrizioni o proibizioni.
- non sono prodotti con agenti espandenti aventi potenziale di riduzione dell'ozono superiore a zero.
- non sono formulati con catalizzatori al piombo.
- la quantità di riciclato, misurata sul peso del prodotto isolante, è pari al 35%.



Beton Wood®

Utilizzi in edilizia

Il pannello in cementolegno **BetonWood®** può essere impiegato da solo o abbinato ad altri materiali isolanti, così da fornire una perfetta risposta alle esigenze costruttive più svariate.

Impiegato come pannello da costruzione **BetonWood®** è adatto alla realizzazione di:

- √ pavimenti radianti BetonRadiant e solai pre-armati;
- √ tetti a elevato sfasamento termico;
- √ soffitti, controsoffittature e pareti resistenti al fuoco;
- √ pareti tagliafuoco e ignifughe;
- √ pareti autoportanti e fonoassorbenti;
- √ struttura per pavimenti e pavimenti sopraelevati;
- √ supporto di carico per pavimento e pareti;
- √ pareti divisorie per uffici;
- √ infissi;
- √ rivestimenti esterni e interni;
- √ pedane per banconi, pedane e scivoli;
- √ allestimenti fieristici e per box prefabbricati;
- √ barriere acustiche stradali e ferroviarie;
- √ casseforme a perdere;
- √ cappotti corazzati in sistemi BetonTherm;
- √ rivestimenti di protezione antivandalici;
- √ pavimenti tradizionali e sopraelevati su supporti ad altezza regolabile;
- √ pavimenti galleggianti su granulato in sughero;
- √ sistemi modulari per pavimenti prefabbricati;
- √ materiale da costruzione in strutture sanitarie;
- √ controparete per palestre;
- √ allestimenti per negozi;

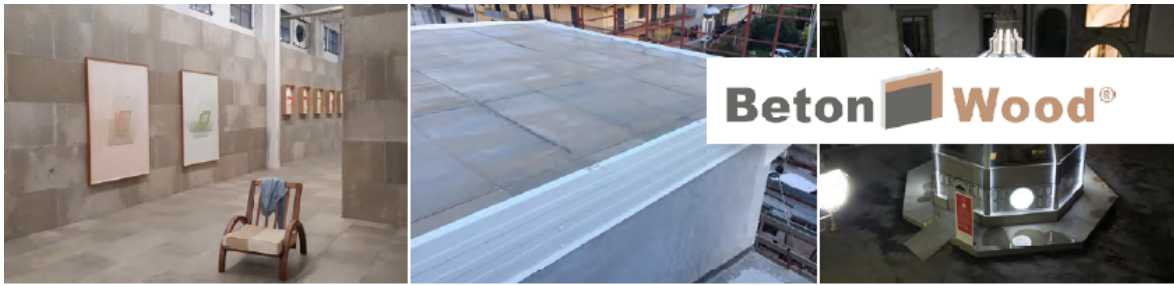
e molto altro ancora..

Per avere ulteriori informazioni in merito all'utilizzo di questo materiale si prega di inviare una mail all'indirizzo: info@betonwood.com

Dimensioni disponibili

PANNELLI CON BORDO LISCIO

Spessore mm	Formato mm	m ³ /pannello	kg/m ²	pannelli/pallet	m ² /pallet	kg/pallet
10	3200 x1250	0,040	13,50	60	240,00	ca. 3.000
12	3200 x1250	0,048	16,20	50	200,00	ca. 3.000
14	3200 x1250	0,056	18,90	40	160,00	ca. 3.200
16	3200 x1250	0,064	21,60	35	140,00	ca. 3.200
18	3200 x1250	0,072	24,30	30	120,00	ca. 3.100
20	3200 x1250	0,080	27,00	30	120,00	ca. 3.400
22	3200 x1250	0,088	29,70	25	100,00	ca. 3.200
24	3200 x1250	0,096	32,40	25	100,00	ca. 3.400
28	3200 x1250	0,112	37,80	20	80,00	ca. 3.200
32	3200 x1250	0,128	43,20	20	80,00	ca. 3.600
40	3200 x1250	0,160	54,00	15	60,00	ca. 3.400



Dimensioni disponibili

PANNELLI CON BORDO LISCIO

Spessore mm	Formato mm	m ² /pannello	kg/m ²	pannelli/pallet	m ² /pallet	kg/pallet
8	2800 x 1250	0,028	10,80	70	245,00	ca. 2.800
10	2800 x 1250	0,035	13,50	60	210,00	ca. 3.000
12	2800 x 1250	0,042	16,20	50	175,00	ca. 3.000
14	2800 x 1250	0,049	18,90	40	140,00	ca. 2.800
16	2800 x 1250	0,056	21,60	35	122,50	ca. 2.800
18	2800 x 1250	0,063	24,30	30	105,00	ca. 2.700
20	2800 x 1250	0,070	27,00	30	105,00	ca. 3.000
22	2800 x 1250	0,077	29,70	25	87,50	ca. 2.800
24	2800 x 1250	0,084	32,40	25	87,50	ca. 3.000
28	2800 x 1250	0,098	37,80	20	70,00	ca. 2.800
32	2800 x 1250	0,112	43,20	20	70,00	ca. 3.200
36	2800 x 1250	0,140	54,00	15	52,50	ca. 2.700

I pannelli in cementolegno **BetonWood®** sono disponibili anche nella versione **Sanded**, provenienti dai pannelli standard opportunamente levigati e calibrati con appositi macchinari, per portare lo spessore dei pannelli a tolleranze dimensionali inferiori. Questi particolari pannelli hanno la caratteristica di essere esteticamente piacevoli, in quanto il legno contenuto all'interno risalta nella parte superiore ed inferiore, rispetto al pannello standard, che ha invece la particolarità di avere un aspetto totalmente cementizio.

I pannelli in cementolegno **BetonWood®** possono essere lavorati sui bordi in modo da agevolare le giunzioni in fase di posa:

- bordo battentato per spessori inferiori a 14 mm
- bordo maschio-femmina per spessori pari a 20 mm

Stoccaggio & trasporto

- la consegna del materiale avviene normalmente a mezzo autotreni, considerata l'elevata massa dei pallet è consigliabile che il destinatario disponga di attrezzature idonee e di mezzi meccanici di sollevamento con portate minime di 35/40 quintali per lo scarico della merce;
- è consigliabile depositare le tavole sovrapponendole una sull'altra e in modo da mantenerle in posizione orizzontale, con supporti a sezione quadrata ed interasse minimo di 80 cm;
- il trasporto delle singole lastre deve avvenire per taglio, mai in orizzontale;
- evitare l'esposizione diretta ai raggi solari e coprire adeguatamente il materiale per evitare un eccessivo accumulo di polvere;
- i pallet sono dotati di una lastra superiore di protezione, che deve essere di volta in volta riposizionata al di sopra delle altre tavole e zavorrata superiormente per evitare la distorsione delle lastre al di sotto di essa.



Caratteristiche strutturali

PORTATA DEI PANNELLI BETONWOOD

Spessore mm	Carico uniformemente distribuito kN/m ²							
	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	4,00	5,00	6,00
	Interasse cm							
8	36	30	26	24	22	19	17	16
10	45	37	33	29	27	24	21	20
12	55	46	40	36	33	29	26	24
14	63	52	46	41	38	33	30	27
16	72	60	53	48	44	38	34	31
18	80	67	59	53	49	43	39	35
20	88	74	65	59	54	48	43	39
22	97	81	72	64	59	52	47	42
24	103	88	78	70	65	57	51	47
28	118	101	89	81	75	66	59	51
32	142	119	104	94	87	76	69	62
36	160	134	118	106	98	86	78	70
40	178	148	130	117	108	95	85	79

Prestazioni acustiche

Spessore mm	Potere fonoisolante dB					
	100	200	400	800	1600	3150
	Frequenza Hz					
8	12,1	16,9	21,9	27,2	32,5	37,8
10	13,7	18,6	23,7	29,0	34,4	39,7
12	14,6	19,6	24,7	30,0	35,5	40,8
14	15,8	20,8	26,0	31,4	36,8	42,2
16	16,9	21,9	27,2	32,5	38,0	43,3
18	17,5	22,6	27,8	33,2	38,7	44,0
20	18,3	23,5	28,7	34,1	39,6	45,0
22	19,0	23,1	29,3	34,8	40,2	45,9
24	19,6	24,7	30,0	35,5	40,9	46,4
28	20,8	26,0	31,4	36,8	42,3	47,7
32	21,9	26,8	32,5	37,7	43,4	48,5
36	22,4	27,6	33,2	38,7	44,3	49,6
40	23,5	28,7	34,1	39,6	45,1	50,6



Caratteristiche tecniche

Caratteristiche	Valori
Densità kg/m ³	1350
Reazione al fuoco secondo la norma EN 13501-1	A2-fl-s1
Coefficiente di conduttività termica λ_D W/(m·K)	0,26
Calore specifico J/(kg·K)	1880
Resistenza alla diffusione del vapore μ	22,6
Coefficiente di espansione termica lineare α	0,00001
Rigonfiamento di spessore dopo 24h di permanenza in acqua	1,5%
Permeabilità all'aria l/min.m ² MPa	0,133
Valore PH superficiale	11
Resistenza alla flessione σ (N/mm ²)	min.9
Resistenza a trazione trasversale N (N/mm ²)	min.0,5
Resistenza a trazione τ (N/mm ²)	0,5
Modulo di elasticità E (N/mm ²)	4500
Resistenza a carico distribuito kPa	9000
Resistenza a carico concentrato kN	9

BetonWood srl

Via di Rimaggio, 185
I-50019 Sesto Fiorentino (FI)
T: +39 055 8953144
F: +39 055 4640609
info@betonwood.com
www.betonwood.com

ST-BTW21.05

Le indicazioni e prescrizioni sopra indicate, sono basate sulle nostre attuali conoscenze tecnico-scientifiche, che in ogni caso sono da ritenersi puramente indicative, in quanto le condizioni d'impiego non sono da noi controllabili. Pertanto, l'acquirente deve comunque verificare l'idoneità del prodotto al caso specifico, assumendosi ogni responsabilità dall'uso, sollevando BetonWood da qualsivoglia conseguente richiesta di danni. Per qualsiasi informazione contattare il nostro ufficio commerciale all'indirizzo:

info@betonwood.com

TERMINI & CONDIZIONI DI VENDITA: scaricabili sul sito www.cementolegno.com

Appendice B – Schede tecniche isolanti Betonwood



Caratteristiche tecniche

PANNELLO IN POLISTIRENE ESPANSO STYR EPS 70KPA

Caratteristiche	Valori
Densità kg/m ³	14+16
Reazione al fuoco secondo la norma EN 13501-1	E
Coefficiente di conduttività termica λ_0 W/(m·K)	0,031
Calore specifico J/(kg·K)	1450
Resistenza alla diffusione del vapore μ	30
Resistenza termica R_0 (m ² ·K)/W	1,30(40)/1,60(50)/1,90(60) /2,55(80)/3,2(100) /3,85(120)/4,50(140)/5,15(160)
Assorbimento d'acqua a breve termine per immersione parziale W_p kg/m ²	≤ 0,5
Resistenza a flessione kPa	≥ 115
Resistenza a trazione perpendicolare alle facce kPa	≥ 150
Resistenza a compressione al 10% di deformazione kPa	70
Resistenza a taglio f_{Tx} kPa	0,05

BetonWood srl

Via di Rimaggio, 185
I-50019 Sesto Fiorentino (FI)
T: +39 055 8953144
F: +39 055 4640609
info@betonwood.com
www.betonwood.com

ST-BTHSTY 21.06

Le indicazioni e prescrizioni sopra indicate, sono basate sulle nostre attuali conoscenze tecnico-scientifiche, che in ogni caso sono da ritenersi puramente indicative, in quanto le condizioni d'impiego non sono da noi controllabili. Pertanto, l'acquirente deve comunque verificare l'idoneità del prodotto al caso specifico, assumendosi ogni responsabilità dall'uso, sollevando BetonWood da qualsivoglia conseguente richiesta di danni. Per qualsiasi informazione contattare il nostro ufficio commerciale all'indirizzo:

info@betonwood.com

TERMINI & CONDIZIONI DI VENDITA: scaricabili sul sito www.cappottotermico.com



Descrizione fibra di legno

Pannello isolante in fibra di legno prodotto con sistema a secco secondo la normativa EN 13171 sotto costante controllo di qualità.

FiberTherm protect dry 180 è un pannello in fibra di legno intonacabile per l'isolamento a cappotto termico sia interno che esterno. I pannelli hanno elevata densità, elevata resistenza a compressione, sono idrorepellenti e sono ideali per l'isolamento a cappotto in costruzioni in legno, ma anche in ristrutturazioni e nuove costruzioni tradizionali.

Il legno utilizzato in **Fibertherm protect dry 180** è riciclabile, è certificato e realizzato esclusivamente con legno proveniente da foreste controllate nel rispetto delle direttive **FSC®** ("Forest Stewardship Declaration®").

Il prodotto utilizza materie prime rinnovabili; la sua produzione e la sua posa in opera non generano sostanze nocive, essendo che l'unica materia prima utilizzata è un legno proveniente da sfoltimento e tagli di segheria non trattati.

È garantito da costanti controlli effettuati da organismi esterni che ne attestano l'elevata qualità e, grazie alla sua notevole percentuale di materia riciclata (l'86%) presente al suo interno rispetta in pieno i **Criteri Ambientali Minimi** ed è certificato **CAM**.

Per ulteriori informazioni o chiarimenti si prega di rivolgersi direttamente al nostro ufficio tecnico o visitare il nostro sito www.betonwood.com

Applicazioni



Il pannello in fibra di legno **Fibertherm protect dry** è un isolamento termico ed acustico per la realizzazione di cappotti termici esterni ed interni completamente naturale (ETICS). La sua superficie è direttamente intonacabile senza aver bisogno di ulteriori rivestimenti.

Il pannello termoisolante in fibra di legno viene utilizzato anche come isolamento interno di pareti perimetrali e divisorie, sia in risanamenti che in nuove costruzioni.

Sistemi di isolamento

Il sistema a cappotto termico è raccomandato sia nelle nuove costruzioni che nelle ristrutturazioni. Migliora le prestazioni energetiche e consente l'abitabilità durante l'installazione.

Permette un isolamento continuo in corrispondenza di elementi strutturali con conseguente correzione di ponti termici.

Fibertherm protect dry 180

Efficienza energetica, benessere e tutela del clima

Come il legno, il mattone è un materiale che apporta alla struttura: durata, "traspirabilità" e un ambiente di vita sano. Solo in termini di energia la vecchia muratura - e anche alcuni mattoni moderni - non è aggiornata. Con Fibertherm protect dry è ora disponibile un innovativo sistema di isolamento naturale.

Isolare con Fibertherm protect dry significa risparmiare sui costi di riscaldamento e proteggere il clima. In una tipica ristrutturazione di una facciata con Fibertherm protect dry, nei pannelli isolanti in fibra di legno viene immagazzinata tanta CO2 quanto ne emette una piccola automobile per oltre 100.000 km.

Esempio di soluzione:

- 1 parete in muratura/X-Lam
- 2 collante rasante
- 3 **Fibertherm protect dry** pannello in fibra di legno
- 4 Tasselli
- 5 Rasante **Beton AR1 GG**
- 6 Rete in fibra di vetro **Betonglass 160**
- 7 Rasante **Beton AR1 GG**



Chi vuol vivere in un involucro di plastica?

I pannelli isolanti **Fibertherm protect dry 180** sono permeabili, ad es. al vapore e permettono la regolazione dell'umidità. L'isolamento per facciate **Fibertherm** protegge la casa come un buon cappotto funzionale: l'umidità esterna rimane all'esterno e l'umidità interna può fuoriuscire. Un sistema che è completamente in contrasto con alcuni isolanti in schiuma rigida che bloccano l'umidità e quindi possono aumentare il rischio di muffa.



Preserva il valore della tua proprietà

Con i pannelli isolanti rigidi in fibra di legno **Fibertherm protect dry 180** potrete preservare la muratura della vostra facciata, perchè oltre al notevole risparmio sui costi di riscaldamento, il sistema è caratterizzato da una durata particolarmente lunga. In questo modo, l'isolamento della facciata **Fibertherm** aiuta a mantenere il valore originale della tua proprietà nel tempo.

La natura che elimina alghe e muschio

I sistemi di isolamento termico a cappotto con pannelli isolanti in fibra di legno **Fibertherm protect dry 180** offrono una protezione naturale contro alghe e muschio sulla facciata.

Il segreto è la loro elevata densità apparente (peso in volume).

Durante il giorno, i pannelli isolanti in fibra di legno assorbono il calore della giornata; grazie alla loro capacità di accumulare calore, la facciata si raffredda molto lentamente e la superficie rimane più calda rispetto a molti materiali isolanti convenzionali. Solo pochissima umidità si condensa sulla superficie di facciata facendola rimanere notevolmente più asciutta. Senza umidità, le alghe e il muschio sono privati del loro sostentamento.

Ciò è confermato anche dal Fraunhofer Institute for Building Physics, che ha esaminato i materiali isolanti realizzati con materie prime rinnovabili, come **Fibertherm protect dry 180**. Il risultato è che l'uso di materiali isolanti a base di materie prime rinnovabili riduce notevolmente il rischio di crescita biologica sulla facciata con alghe e funghi.



✓ Protezione dall'umidità

La combinazione di protezione dalla pioggia e apertura alla diffusione garantisce la massima protezione dall'umidità.



✓ Eccellente protezione dal calore

Grazie alla loro capacità termica particolarmente elevata, i pannelli isolanti **Fibertherm protect dry 180** ritardano e riducono al minimo il trasferimento di calore in estate. Il risultato: ambienti più freschi anche dalla calura estiva.



✓ Comprovata protezione antincendio

In caso di incendio, i pannelli isolanti **Fibertherm protect dry 180** generano poco fumo. Non si sciolgono e non gocciolano bruciando dalla facciata.



✓ Ottimo isolamento acustico

Laddove i sistemi di isolamento in schiuma rigida possono persino peggiorare l'isolamento acustico, i pannelli isolanti **Fibertherm protect dry 180** forniscono un prezioso contributo a un'atmosfera di vita tranquilla, grazie alla loro speciale struttura in fibrosa.





Vantaggi fibra di legno

Il pannello isolante in **fibra di legno FiberTherm protect dry densità 180** ha le seguenti caratteristiche:

- pannello isolante intonacabile in fibra di legno;
- pannelli isolanti robusti e di lunga durata in fibra di legno naturale;
- permeabile e traspirante ma allo stesso tempo idrorepellente;
- realizzato tramite metodo a secco;
- riduce significativamente i ponti termici strutturali;
- protegge dal calore e dal freddo, ed apporta un buon isolamento acustico;
- realizzato in legno tenero fresco - protezione del clima sostenibile grazie all'assorbimento di CO₂;
- opzioni progettuali quasi illimitate grazie a diversi sistemi di intonacatura;
- elevata sicurezza grazie allo speciale profilo maschio-femmina che contribuisce alla chiusura ermetica della costruzione;
- leggero, lavorazione particolarmente facile;
- riciclabile, ecologico, rispetta l'ambiente;
- materiale da costruzione testato e autorizzato in base alle norme europee in vigore.

Utilizzi in edilizia

(secondo le normative nazionali)

- ✓ Isolamento esterno a cappotto termico;
- ✓ Isolamento interno a cappotto termico;
- ✓ Isolamento per pareti in legno, muratura, pietra;
- ✓ Isolamento di strutture con telai, tavole di legno o telai metallici;
- ✓ Isolamento termo-acustico di pareti divisorie interne, tramezzi.

Certificazioni

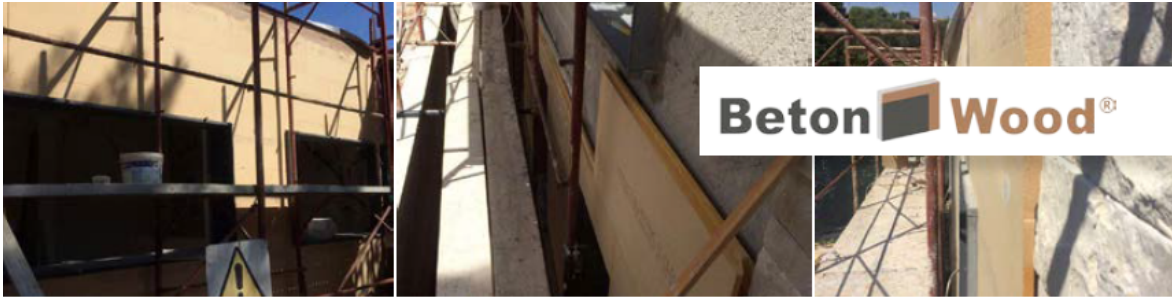
La nostra fibra di legno Fibertherm protect dry è certificata dai più importanti marchi di certificazione di qualità:



Fibra di legno CAM

I prodotti isolanti in fibra di legno Fibertherm protect dry:

- non contengono ritardanti di fiamma che siano oggetto di restrizioni o proibizioni.
- non sono prodotti con agenti espandenti aventi potenziale di riduzione dell'ozono superiore a zero.
- non sono formulati con catalizzatori al piombo.
- la quantità di riciclato, misurata sul peso del prodotto isolante, è pari all'86%.



Dimensioni disponibili

PANNELLI CON BORDO TONGUE&GROOVE

Spessore mm	Formato mm	Superf. reale mm	kg/m ²	pannelli/pallet	m ² /pallet	kg/pallet
40	1325 x 600	1300 x 575	7,20	56	44,52	ca. 320
60	1325 x 600	1300 x 575	10,80	38	30,21	ca. 326

PANNELLI CON BORDO LISCIO

Spessore mm	Formato mm	kg/m ²	pannelli/pallet	m ² /pallet	kg/pallet
40	2800 x 1250	7,20	28	98,00	ca. 705
60	2800 x 1250	10,80	19	66,50	ca. 718

Caratteristiche tecniche

Caratteristiche	Valori
Fabbricazione controllata secondo la norma	EN-13171
Codice identificativo	WF-EN 13171-T5-DS(70 \90)3-CS(10\Y)200 - TR 30 - WSI,0 - MU3
Densità kg/m ³	180
Reazione al fuoco secondo la norma EN13501-1	E
Coeff. di conduttività termica AD W/(m·K)	0,043
Calore specifico J/(kg·K)	2100
Resistenza alla diffusione del vapore μ	3
Resistenza a compressione (kPa)	200
Resistenza a trazione (kPa)	30
Stabilità dimensionale 48h, 70°C, 90% umidità relativa	lunghezza Δel ≤ 3% larghezza Δeb ≤ 3% spessore Δed ≤ 3%
Componenti	fibra di legno, paraffina
Codice rifiuti (EAK)	030105 /170201



Stoccaggio & trasporto

- Rispettare le regole per il trattamento delle polveri.
- Accatastare in orizzontale, all'asciutto anche se i pallet risultano protetti da pellicola.
- Prestare attenzione ad evitare la degradazione dei bordi.
- Togliere la pellicola del pallet quando questo si trova su un suolo piano e stabile.
- Altezza massima di sovrapposizione dei pallet: 2 bancali.
- L'area di stoccaggio e di posa deve essere protetta da umidità ed agenti atmosferici.

BetonWood srl

Via di Rimaggio, 185
I-50019 Sesto Fiorentino (FI)
T: +39 055 8953144
F: +39 055 4640609
info@betonwood.com
www.betonwood.com

ST-FTHPDH 21.04

Le indicazioni e prescrizioni sopra indicate, sono basate sulle nostre attuali conoscenze tecnico-scientifiche, che in ogni caso sono da ritenersi puramente indicative, in quanto le condizioni d'impiego non sono da noi controllabili. Pertanto, l'acquirente deve comunque verificare l'idoneità del prodotto al caso specifico, assumendosi ogni responsabilità dall'uso, sollevando BetonWood da qualsivoglia conseguente richiesta di danni. Per qualsiasi informazione contattare il nostro ufficio commerciale all'indirizzo:

info@betonwood.com

TERMINI & CONDIZIONI DI VENDITA: scaricabili sul sito www.fibradilegno.com

Cork Panels

Isolanti in sughero biondo densità 150+160 kg/m³

Beton  Wood[®]

Sughero biondo per cappotto
isolamenti a parete termici ed acustici



Descrizione sughero biondo

Cork Panel è un pannello in sughero compresso naturale caratterizzato da ottimi valori di isolamento termico e di traspirabilità che riducono la formazione di muffe e di umidità rispetto ai prodotti tradizionali. Altra caratteristica propria del sughero è quella di garantire un ottimo abbattimento acustico, rendendolo un prodotto ideale per la realizzazione di cappotti termo-acustici sia esterni che interni, a parete e a soffitto.

Cork Panel è, di fatto, il prodotto ideale per la riqualificazione edilizia.

Il sughero è atossico, biologicamente puro, inalterabile, impermeabile, traspirante, resistente. Tutto questo è il sughero, che ha anche il pregio di essere "mediterraneo" e di proliferare in gran quantità nei boschi di alcune regioni della nostra penisola.

Le nuovissime tecnologie di coibentazione con il sughero biondo implementano in modo sinergico questi vantaggi e pongono questi ambienti all'avanguardia dal punto di vista della riduzione dei costi del riscaldamento e del risparmio energetico. Ma il principale beneficio per tutti è senz'altro la **diminuzione di emissioni di CO₂**, ovvero un sensibile miglioramento della qualità dell'aria.

Per ulteriori informazioni o chiarimenti si prega di rivolgersi direttamente al nostro ufficio tecnico o visitare il nostro sito www.betonwood.com

Applicazioni



Il pannello in sughero biondo **Cork Panels** è un isolamento termico ed acustico per la realizzazione di cappotti termici esterni ed interni completamente naturale (ETICS). La sua superficie è direttamente intonacabile senza aver bisogno di ulteriori rivestimenti.

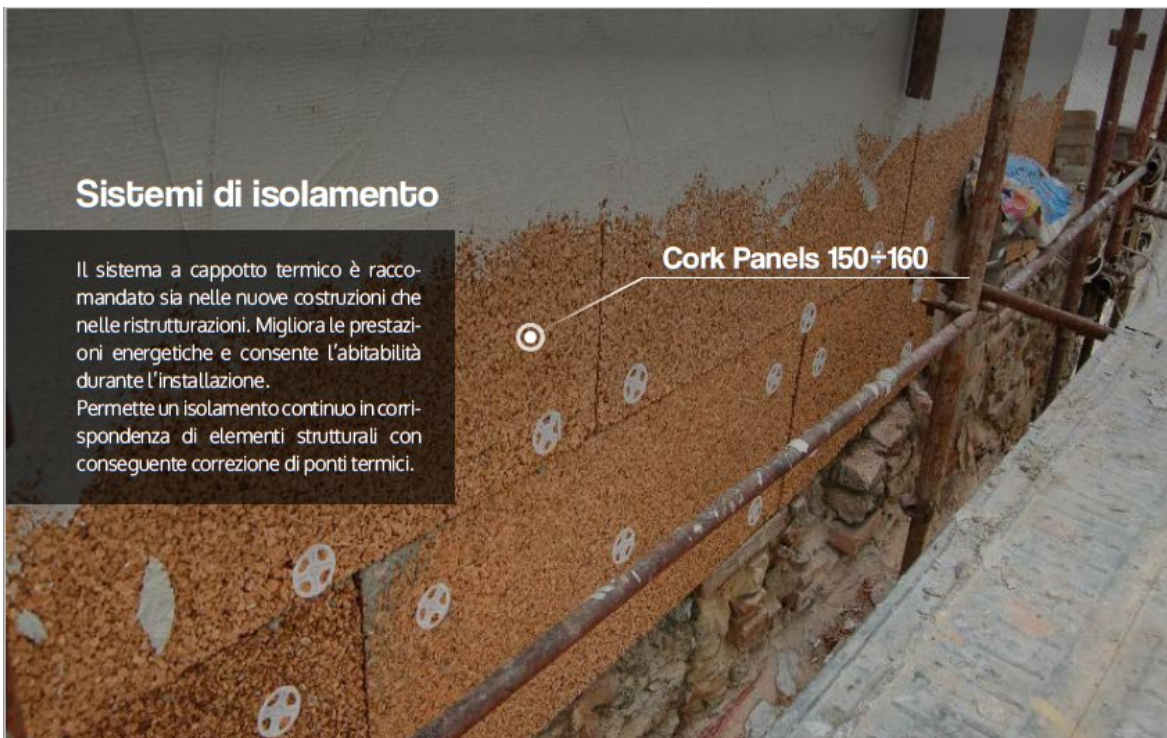
Il pannello termoisolante in sughero biondo viene utilizzato anche come isolamento interno di pareti perimetrali e divisorie, isolamento di soffitti e sottotetti.

Sistemi di isolamento

Il sistema a cappotto termico è raccomandato sia nelle nuove costruzioni che nelle ristrutturazioni. Migliora le prestazioni energetiche e consente l'abitabilità durante l'installazione.

Permette un isolamento continuo in corrispondenza di elementi strutturali con conseguente correzione di ponti termici.

Cork Panels 150+160



Sughero biondo naturale **isolante efficace**

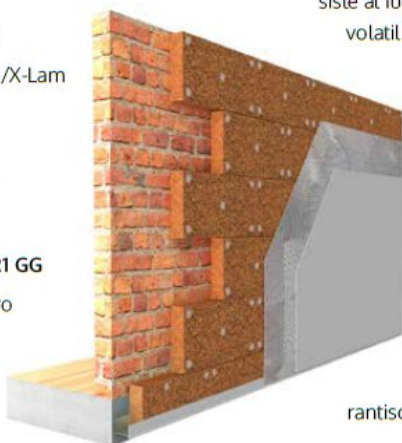
Perché non usare il sughero per il cappotto?

È un ottimo materiale per regolare l'umidità, assorbire gli odori e fornire un piacevole riverbero del suono. Ecco i motivi per realizzare il cappotto in sughero e isolare sia edifici esistenti che nuove costruzioni.

Il sughero è uno dei materiali in edilizia che negli ultimi anni sta riscuotendo un notevole successo. Viene utilizzato per pavimentazioni, isolamenti rigidi, finiture esterne, sottofondi, rivestimenti acustici e controsoffitti. Garantisce quiete e comfort per le alte capacità insonorizzanti, e fornisce un impatto ridotto sulle articolazioni, gambe e schiena grazie all'elasticità, diversamente dai pavimenti con piastrelle. È impermeabile ma respira, quindi resiste a muffe e funghi, resiste al fuoco, non è tossico e non emana composti organici volatili (VOC).

Esempio di soluzione:

- 1 parete in muratura/X-Lam
- 2 collante rasante
- 3 **Cork Panels**
pannello in sughero
- 4 Tasselli
- 5 Rasante **Beton AR1 GG**
- 6 Rete in fibra di vetro
Betonglass 160
- 7 Rasante
Beton AR1 GG



L'isolamento termico a cappotto esterno in sughero biondo **Cork Panels** può essere utilizzato sia su pareti tipo legno, sia su muratura tradizionale che su solide basi minerali.

I componenti dell'isolamento a cappotto termico **Cork Panels** (pannelli isolanti in sughero biondo compresso, fissaggi, elementi di rinforzo, prodotti di rivestimento ed accessori) sono progettati in conformità con l'approvazione generale dell'ispettorato edilizio. Questo garantisce sicurezza.



Materiale edile sano

Il sughero è dunque un materiale da costruzione sostenibile. Per sua stessa natura è sia riciclabile che rinnovabile, e riscuote molta attenzione un po' ovunque, persino la NASA l'ha scelto per la leggerezza e la capacità di isolamento, utilizzandolo come isolante nelle navette spaziali. Nonostante il perdurare dello scetticismo riguardo questo materiale, il sughero è estremamente impermeabile e resistente all'abrasione. È anche bello da vedersi per le qualità estetiche e le tonalità calde e naturali.



Dove applicarlo

Il sughero regola l'umidità, assorbe gli odori e fornisce un piacevole riverbero del suono, perfetto non solo negli ambienti residenziali, ma anche nelle strutture ospedaliere o le residenze per gli anziani, gli asili e le scuole in genere. Come rivestimento è impermeabile protegge l'edificio dagli elementi per un materiale significativamente negativo al carbonio.

Il cappotto in sughero permette di isolare in modo efficiente e naturale sia edifici esistenti che nuove costruzioni. È tra gli elementi costruttivi che offre il maggior potenziale di risparmio in bolletta e mette al riparo le persone da una serie di patologie soprattutto respiratorie, perché combatte l'inquinamento indoor, molto dannoso per ogni fascia di età.

Con 4 cm di sughero solitamente si arriva ad una riduzione dei consumi di ben il 50%, mentre ne bastano solo 11 di centimetri per arrivare ad una riduzione delle dispersioni pari a -75%. Certamente per raggiungere i livelli di trasmittanza imposti dalle normative vigenti e poter accedere a gli incentivi fiscali negli interventi di riqualificazione energetica, è necessario intervenire con cappotti di un buon spessore.

Lavorazione del sughero

Il sughero viene lavorato tramite tecniche moderne e nel pieno rispetto della sua naturalità, lasciando inalterate tutte le sue caratteristiche:

- L'estrazione della materia prima, fase iniziale del ciclo di trasformazione del sughero, viene effettuata senza provocare danni ai tessuti vegetali.
- Lo scortecciamento si articola in due tagli orizzontali e due incisioni verticali per staccare la corteccia di sughero.
- La decortica avviene ad intervalli regolari di circa 10-12 anni, quando il tronco ha raggiunto una circonferenza di 30 o 40 cm.
- Il sughero estratto presenta una struttura più regolare (liscio, compatto, leggero, elastico e impermeabile), si presta meglio ai processi di trasformazione.
- Trascorso il periodo di stagionatura, il sughero è pronto per la bollitura, operazione che garantisce l'effettiva pulizia del sughero che si appiattisce.
- Dopo la bollitura, il sughero viene triturato.
- Al granulato, per ottenere un pannello solido e facilmente lavorabile, viene aggiunta colla e pressato a 220°. La colla utilizzata è la stessa che viene utilizzata in enologia.



Vantaggi sughero biondo

L'isolante in **sughero biondo Cork Panels** ha le seguenti caratteristiche:

- pannello compresso;
- il pannello isolante in sughero biondo è direttamente intonacabile;
- permeabile e traspirante ma allo stesso tempo idrorepellente;
- elevata resistenza a muffe, condensa ed umidità;
- riduce significativamente i ponti termici strutturali;
- protegge dal calore e dal freddo, ed apporta un buon isolamento acustico;
- protezione del clima grazie all'assorbimento di CO₂;
- leggero, lavorazione particolarmente facile;
- classificato di qualità superiore;
- riciclabile, ecologico, rispetta l'ambiente;
- materiale da costruzione testato e autorizzato in base alle norme europee in vigore.

Utilizzi in edilizia

(secondo le normative nazionali)

- ✓ Isolamento esterno a cappotto termico;
- ✓ Isolamento interno a cappotto termico;
- ✓ Isolamento per pareti in legno, muratura, pietra;
- ✓ Isolamento di strutture con telai, tavole di legno o telai metallici;
- ✓ Isolamento termo-acustico di pareti divisorie interne, tramezzi;
- ✓ Isolamento termo-acustico di soffitti e sottotetti.

Dimensioni disponibili

Sughero biondo CAM

I prodotti isolanti in sughero biondo compresso Cork Panels:

- non contengono ritardanti di fiamma che siano oggetto di restrizioni o proibizioni.
- non sono prodotti con agenti espandenti aventi potenziale di riduzione dell'ozono superiore a zero.
- non sono formulati con catalizzatori al piombo.
- la quantità di riciclato, misurata sul peso del prodotto isolante, è ca. 100%.



PANNELLI CON BORDO LISCIO

Spessore mm	Formato mm	kg/pannello	pannelli/pallet	m ² /pallet	kg/pallet
20	1000 x 500	1,60	90	45,0	ca. 144,0
30	1000 x 500	2,32	60	30,0	ca. 139,2
40	1000 x 500	3,10	44	22,0	ca. 136,4
50	1000 x 500	3,87	36	18,0	ca. 139,3
60	1000 x 500	4,65	30	15,0	ca. 139,5
80	1000 x 500	6,20	24	12,0	ca. 148,8
100	1000 x 500	13,20	18	9,0	ca. 237,6



Caratteristiche tecniche

Caratteristiche	Valori
Densità kg/m ³	150÷160
Reazione al fuoco secondo Circ.Min.Interno 14/09/1961, n. 91	Classe 2
Coeff. di conduttività termica λ_D W/(m·K)	0,041
Calore specifico J/(kg·K)	1674
Resistenza alla diffusione del vapore μ	10÷13
Resistenza a compressione a 1mm di deformazione (kPa)	86,3
Resistenza a compressione al 50% di deformazione (kPa)	1269,96
Resistenza a flessione (kPa)	335,39
Resistenza a trazione (parallela alle facce) (kPa)	294,2
Potere fonoisolante (parete) 3 cm pareti esterne (dB)	58
Potere fonoisolante (parete) 4 cm pareti divisorie (dB)	52
Assorbimento acustico Tra 800/5000 Hz - sp. 3 cm	0,73

Stoccaggio & trasporto

- Rispettare le regole per il trattamento delle polveri.
- Accatastare in orizzontale, all'asciutto, anche se i pallet risultano protetti da pellicola.
- Prestare attenzione ad evitare la degradazione dei bordi.
- Togliere la pellicola del pallet quando questo si trova su un suolo piano e stabile.
- L'area di stoccaggio e di posa deve essere protetta da umidità ed agenti atmosferici.

BetonWood srl

Via di Rimaggio, 185
I-50019 Sesto Fiorentino (FI)
T: +39 055 8953144
F: +39 055 4640609
info@betonwood.com
www.betonwood.com

ST-CRK 21.07

Le indicazioni e prescrizioni sopra indicate, sono basate sulle nostre attuali conoscenze tecnico-scientifiche, che in ogni caso sono da ritenersi puramente indicative, in quanto le condizioni d'impiego non sono da noi controllabili. Pertanto, l'acquirente deve comunque verificare l'idoneità del prodotto al caso specifico, assumendosi ogni responsabilità dall'uso, sollevando BetonWood da qualsivoglia conseguente richiesta di danni. Per qualsiasi informazione contattare il nostro ufficio commerciale all'indirizzo:

info@betonwood.com

TERMINI & CONDIZIONI DI VENDITA: scaricabili sul sito www.pannellosughero.com


Appendice C – Schede tecniche isolanti



LASTRA ISOLANTE IN EPS GRAFITE 030

SCHEMA TECNICA

Lastra isolante in EPS additivato con grafite, con conducibilità termica 0.030 W/(m·K). Conforme ai CAM



Composizione

Le lastre sono costituite totalmente da Polistirene Espanso Sinterizzato (EPS) additivato con grafite, di cui almeno il 15% in peso deriva da processi di riciclo o recupero.

Le lastre vengono ricavate da blocchi preventivamente stagionati tramite il taglio col filo caldo.

Le lastre sono prodotte senza l'utilizzo di ritardanti di fiamma proibiti ed agenti espandenti con potenziale di riduzione dell'ozono superiore a zero.

Questi elementi, insieme al contenuto di materiale riciclato/recuperato, fanno sì che la lastra EPS GRAFITE 030 sia conforme ai requisiti previsti dai CAM (Criteri Ambientali Minimi, D.M. dell'11 Ottobre 2017).

Fornitura

- Le lastre vengono fornite all'interno di imballi di polietilene resistenti ai raggi UV.

Impiego

Le lastre per isolamento termico in EPS GRAFITE 030 vengono utilizzate per la posa di sistemi a cappotto sulle pareti esterne di edifici di nuova costruzione, o in interventi di restauro di edifici esistenti.

Lo spessore della lastra verrà definito in base alle esigenze di isolamento termico e, comunque, in osservanza alla legislazione vigente nel luogo di utilizzo della stessa.

Preparazione del fondo

La superficie di posa deve essere solida, pulita, resistente, asciutta e sanitizzata. In caso contrario, si dovrà procedere alla rimozione di polvere, sporco, tracce di disarmando, parti sfarinanti o incoerenti. Verificare la planarità del supporto ed eventualmente livellare con malta da intonaco tipo KC 1, KD 2 o KI 7. In corrispondenza di sporgenze specifiche asportare le parti in eccesso. Le parti in calcestruzzo fortemente ammalorate devono essere bonificate con speciali malte da ripristino della linea GEOACTIVE FASSA. Eventuali pitture o rivestimenti deboli, inconsistenti e privi di aderenza dovranno essere rimossi meccanicamente. Una volta terminate tutte le operazioni di rimozione, reintegro e preparazione del supporto, si procederà con il lavaggio delle superfici; ad asciugamento avvenuto, le superfici potranno essere trattate con un opportuno fissativo ad elevata penetrazione tipo MIKROS 001.

Nel caso in cui il supporto presenti superfici smaltate o vetrose si potrà prevedere una adeguata idrosabbatura. In questo caso, si consiglia l'incollaggio a piena superficie con il collante/rasante A 50 ad elevate prestazioni.



POLIISO PLUS

PANNELLO ISOLANTE TERMICO COSTITUITO DA SCHIUMA POLYISO (PIR) RIGIDA, A CELLE CHIUSE, ESPANSA FRA DUE SUPPORTI DI CARTA METALLIZZATA MULTISTRATO



POLIISO® PLUS è un pannello per l'isolamento termico costituito da una schiuma polyiso (poliuretano espanso) rigida a celle chiuse, di colore giallo, espansa senza l'impiego di CFC o HCFC fra due supporti di carta metallizzata multistrato. I pannelli dichiarano valori di λ_D pari a 0,022 W/mK secondo la norma europea EN 13165, valori di resistenza alla compressione ≥ 150 kPa ed hanno dimensioni standard pari a 600 x 1200 mm o 1200 x 3000 mm. I pannelli sono disponibili negli spessori da 20 a 140 mm. POLIISO® PLUS è conforme ai Criteri Ambientali Minimi (CAM).

APPLICAZIONI CON POLIISO® PLUS: Tetto caldo sotto membrana bituminosa (applicata a freddo), tetto caldo sotto membrana sintetica, tetto caldo giardino, tetto a falde sotto membrana ventilato, parete intercapedine, pavimento residenziale, pavimento con impianto di riscaldamento. **CE**

PROPRIETÀ	NORMA	UNITÀ DI MISURA	VALORI
Spessori	EN 823	mm	20 - 140
Tolleranza spessore Spessori < 50 mm Spessori da 50 mm a 70 mm Spessori > 70 mm	EN 823 EN 13165	mm	T2: -2/+2 -3/+3 -3/+5
Lunghezza	EN 822 / ISO 29465	mm	1200 o 3000
Larghezza	EN 822 / ISO 29465	mm	600 o 1200
Tolleranza lunghezza e larghezza Dimensione < 1000 mm Dimensione da 1000 mm a 2000 mm Dimensione da 2001 mm a 4000 mm Dimensione > 4000 mm	EN 13165	mm	-5/+5 -7,5/+7,5 -10/+10 -15/+15
Tolleranza ortogonalità (Sb)	EN 824/EN 13165	mm/m	5
Tolleranza planarità (Smax) Lunghezza ≤ 2500 mm Area $\leq 0,75$ m ² Area > 0,75 m ²	EN 825/EN 13165	mm/m mm/m	≤ 5 ≤ 10
Densità		kg/m ³	35 +/- 10%
Calore specifico		J/kgK	1500



PROPRIETÁ	NORMA	UNITÁ DI MISURA	VALORI	
Conducibilit� termica dichiarata (λ_D) e Resistenza termica dichiarata (R_D)			λ_D	R_D
Spessore 20 mm	EN 13165/EN 12667	λ_D : W/mK - R_D : m ² K/W	0,022	0,91
Spessore 30 mm	EN 13165/EN 12667	λ_D : W/mK - R_D : m ² K/W	0,022	1,36
Spessore 40 mm	EN 13165/EN 12667	λ_D : W/mK - R_D : m ² K/W	0,022	1,82
Spessore 50 mm	EN 13165/EN 12667	λ_D : W/mK - R_D : m ² K/W	0,022	2,27
Spessore 60 mm	EN 13165/EN 12667	λ_D : W/mK - R_D : m ² K/W	0,022	2,73
Spessore 70 mm	EN 13165/EN 12667	λ_D : W/mK - R_D : m ² K/W	0,022	3,18
Spessore 80 mm	EN 13165/EN 12667	λ_D : W/mK - R_D : m ² K/W	0,022	3,64
Spessore 90 mm	EN 13165/EN 12667	λ_D : W/mK - R_D : m ² K/W	0,022	4,09
Spessore 100 mm	EN 13165/EN 12667	λ_D : W/mK - R_D : m ² K/W	0,022	4,55
Spessore 120 mm	EN 13165/EN 12667	λ_D : W/mK - R_D : m ² K/W	0,022	5,45
Spessore 140 mm	EN 13165/EN 12667	λ_D : W/mK - R_D : m ² K/W	0,022	6,36
Resistenza alla compressione al 10% di deformazione per carico o rottura	EN 826	kPa	$\geq 150 - CS(10/Y)150$	
Resistenza a compressione dopo 50 anni con schiacciamento $\leq 2\%$	EN 1606	kPa	$\geq 25 - CC(2/1,5/50)25$	
Stabilit� dimensionale a 70\pm2 �C, 90\pm5% UR, 48\pm1 ore Cambiamenti nello spessore Cambiamenti nella lunghezza e larghezza	EN 1604	% %	DS(70,90)4 ≤ 4 ≤ 1	
Stabilit� dimensionale a -20\pm3 �C, 48\pm1 ore Cambiamenti nello spessore Cambiamenti nella lunghezza e larghezza	EN 1604	%	DS(-20,-)2 ≤ 2 $\leq 0,5$	
Assorbimento d'acqua per immersione (28 giorni)	EN 12087 / ISO 16535	Vol %	$\leq 1 - WL(T)1$	
Resistenza alla diffusione del vapore acqueo (μ) Dimensione 600 x 1200 mm Dimensione 1200 x 3000 mm	EN 12086		MU 125 MU infinito	
Reazione al fuoco	EN 13501-1	Euroclasse	F	
Temperatura limite di utilizzo		�C	- 40 / + 110	
VOC (Composti Organici Volatili)	EN 16516 / ISO 16000	Class/Protocol	A+, Leed, Well, Breeam [...]	



Pannelli isolanti per sistemi a cappotto a bassissimo spessore. Pannello isolante minerale composto da un isolante nanotecnologico in Aerogel, accoppiato con una membrana traspirante in polipropilene amata con fibre di vetro. Premierterm AEROGEL è la soluzione ideale per l'isolamento termico interno ed esterno di strutture edilizie che richiedono il massimo livello di coibentazione con il minor spessore possibile.

È particolarmente indicato nelle ristrutturazioni, nel recupero edilizio, negli edifici storici, anche soggetti a vincoli architettonici e comunque ovunque vi sia la necessità di riqualificare energeticamente un edificio o parte di esso, con un intervento poco invasivo in termini di ingombro dell'isolante.

I pannelli Premierterm AEROGEL, con uno spessore minimo di 10 mm ed una conducibilità termica $\lambda=0,015$ W/mK, si prestano particolarmente per applicazioni su intradossi, solai, per la soluzione di ponti termici e per l'isolamento di imbotti di finestre e porte-finestre.

I pannelli Premierterm Aerogel risultano essere conformi ai requisiti generali richiesti per gli isolanti termici e acustici dall'articolo 2.4.2.9 del Decreto 11.10.2017 sui Criteri Ambientali Minimi (CAM).

PREPARAZIONE DEL FONDO

Il supporto deve essere asciutto, consistente privo di elementi estranei (ad es. polvere, muffe, efflorescenze). Rimuovere quindi possibili film di materiale che potrebbe creare pellicole come ad es. olio disarmante. Superfici friabili o con tendenza allo sfarinamento vanno consolidate con il fissativo consolidante **PREMIER P1** oppure vanno rimosse. La muratura della parete esterna deve essere asciutta e non deve essere soggetta a fenomeni di risalita dell'umidità: in caso contrario prevedere l'inserimento di opportuna barriera orizzontale di impermeabilizzazione. Il supporto deve presentare una resistenza allo strappo pari almeno a 0,25 N/mm².

APPLICAZIONE

Incollaggio delle lastre: il collante va applicato manualmente o a macchina sui pannelli isolanti su tutta la superficie. L'altezza del collante va adeguato al grado di irregolarità del supporto. Le lastre vanno posate a giunti strettamente accostati e sfalsati per evitare l'accumulo di tensioni superficiali. La sfalsatura deve essere di almeno 25 cm. Per effettuare tagli a misura ci si deve dotare di appositi strumenti di taglio. I pannelli vanno applicati evitando la presenza di fessurazioni. Bisogna fare attenzione a che non si formino giunti incrociati e che i giunti di testa e di appoggio siano perfettamente chiusi e che non vi siano cavità o irregolarità di planarità nella superficie. Alla posa della prima fila di pannelli bisogna fare attenzione ad evitare che i giunti sia verticali che orizzontali delle lastre coincidano con gli angoli di porte o finestre. I raccordi ad elementi costruttivi con coefficienti di dilatazione diversi vanno realizzati con idonei profili di raccordo o frapponendo il nastro di guarnizione ad espansione in modo da garantire l'impermeabilizzazione del materiale isolante. I giunti di dilatazione esistenti nella struttura dell'edificio devono essere ripresi nel sistema di isolamento termico con appositi profili per giunti di dilatazione. Solo dopo aver atteso il tempo necessario per l'essiccamento del collante ca. 48 ore si può iniziare a sottoporre la facciata a sollecitazioni meccaniche con opere di levigatura o di tassellatura.

Fissaggio meccanico delle lastre: il fissaggio avviene per via meccanica tramite speciali tasselli a percussione di lunghezza opportuna nel numero minimo di 6 pz./mq.

Il collante rasante per il pannello in Aerogel consigliato è il **Rasaterm LIGHT**, collante e rasante minerale alleggerito a strato medio di rasatura (min. 5 mm).



VANTAGGI

Eccezionale potere isolante.
Basso spessore
Ottima traspirabilità.
Idrofugo.
Ottima flessibilità e resistenza meccanica.
Facilmente lavorabile.
Buon comportamento al fuoco

IMPIEGHI

Realizzazione di interventi di isolamento perimetrale esterno e interno di edifici nuovi ed esistenti a bassissimo spessore.
Ideale per la riqualificazione energetica e la riduzione di ponti termici di particolari quali imbotti di aperture (finestre e porte-finestre), intradossi di solai, davanzali, ecc..
Idoneo alla riqualificazione di edifici storici, in quanto rappresenta un intervento poco invasivo, anche sulle facciate sottoposte a vincoli architettonici.

CONSERVAZIONE

Conservare all'asciutto non oltre i 12 mesi. Non sovrapporre i bancali.

Tutte le info su www.premierpremise.lati.it



Rev. 11-2020

Pannello isolante minerale nano-tecnologico in Aerogel

DATI CARATTERISTICHI

Caratteristiche		Unità di misura	Premierterm Aerogel
Conducibilità termica dichiarata	λ_D	W/mK	0,015
Resistenza termica dichiarata - R_D			
Spessore mm 10		mqK/W	0,67
Spessore mm 20		mqK/W	1,34
Spessore mm 30		mqK/W	2,01
Spessore mm 40		mqK/W	2,68
Reazione al fuoco	Euroclasse		C s1 d0
Resistenza a compressione media	BS	kPa	80
Temperatura di impiego	°C		-200 +200
Calore specifico	C	J/KgK	1000
Coeff. resistenza al vapore	μ		5
Dimensioni lastra		mm	1400x720
Peso specifico	ρ	kg/m ³	230±20%

AVVERTENZE

Prodotto destinato ad uso professionale. Verificare prima dell'uso l'integrità della confezione e non utilizzare il prodotto non perfettamente confezionato: in particolare per questo tipo di lastre a ridotta conducibilità termica l'imballo è appositamente realizzato per contrastare l'assorbimento dei raggi UV da parte delle lastre stesse. Durante la fase di applicazione e di essiccazione la temperatura dell'ambiente circostante e del supporto non deve scendere al di sotto di +5°C. Proteggere le lastre da umidità o polvere, evitare periodi prolungati tra l'incollaggio e la rasatura delle lastre. Prima dell'uso mantenere le lastre nell'imballo a pacco o a bancale. Proteggere dai raggi UV. Il cliente è tenuto a verificare che il prodotto sia idoneo per l'impiego previsto e ad accertarsi che il presente documento tecnico sia valido e non superato da successivi aggiornamenti. I documenti tecnici aggiornati sono reperibili dal sito www.premierpremiscelati.it.

Tutte le info su www.premierpremiscelati.it

Rev. 11-2020

Acciaio Zincato



CARATTERISTICHE TECNICHE

Normativa di riferimento: UNI EN 10142 – UNI EN 10143 – UNI EN 10147

Densità: 7,86 g/cm³

Composizione indicativa: Carbonio 0,6%, Manganese 0,025%, Silicio 0,017%, Fosforo 0,023%, Zolfo 0,022%, Alluminio 0,05%

Natura del rivestimento: Zinco da 140 a 270 gr/m²

Classificazione di reazione al fuoco: Classe 0 (non combustibile)

PROPRIETÀ MECCANICHE

Resistenza a trazione: 340-360 Mpa

Allungamento: 20% - 30%

FINITURA

Standard

CARATTERISTICHE DIMENSIONALI

Spessori Standard: da 5,5/10 a 20/10

Tolleranze dimensionale: UNI EN ISO 10143

Larghezza standard: fino a 1250 mm

Peso specifico sp. 6/10: 4,71 kg/m²

IMPIEGHI TIPICI

- edilizia civile ed industriale
- pannelli
- lattonomie

Appendice E – Scheda tecnica alluminio 5754



scheda prodotto
LEGA 5754
 LAMIERE e COILS
 LAMINATI A FREDDO
 CODICE COLORE

Lega 5754 (EN AW 5754 AlMg3)

Conforme direttive: 2000/53/CE (ELV) - 2011/65/CE (RoHS II)

- Lega di Alluminio-Magnesio.
- Lega tipica da laminazione a freddo con caratteristiche meccaniche medio-basse.
- Il suo utilizzo principale è previsto nella struttura delle automobili, strutture saldate per l'industria chimica, degli alimenti e nucleare.
- Grazie alla sua alta resistenza alla corrosione in ambiente marino, risulta ideale per strutture in quell'ambito.

Stato fisico	SPESSORE							
	0,5≤1,5	1,5≤3	3≤6	6≤12,5	0,5≤1,5	1,5≤3	3≤6	6≤12,5
	O/H111	O/H111	O/H111	O/H111	H32	H32	H32	H32
Caratteristiche Meccaniche								
Resistenza a trazione Rm [N/mm ²]	minime	190	190	190	190	220	220	220
Carico di snervamento Rp 0,2	minime	80	80	80	80	130	130	130
Allungamento As	minime	14	16	18	18	8	10	11
Durezza Brinell HB (non normata)	minime	20	20	20	20	63	63	63
Caratteristiche fisiche								
Peso specifico [kg/dm ³]					2,67			
Modulo di Elasticità [Gpa]					70			
Conducibilità elettrica a 20 °C [m/Ω ² -mm ²]					18			
Coefficiente dilatazione termica [10 ⁻⁶ /K]					23,8			
Conducibilità termica [w/m.K]					132			
Intervallo di fusione ° C					590 + -645			
Proprietà d'Impiego								
Lavorabilità all'utensile					+			
Stabilità dimensionale					++			
Resistenza all'usura					++			
Saldabilità					++++			
Lucidabilità					++++			
Anodizzazione di protezione					+++			
Anodizzazione dura a spessore					++			
Resistenza alla corrosione atmosferica					+++			
Resistenza alla corrosione marina					+++			

Legenda Proprietà d'impiego

Ottimo +++++ Buono ++++ Sufficiente +++ Mediocre ++ Insufficiente + Sconsigliabile -

COMPOSIZIONE CHIMICA

DENOMINAZIONE	Si	Fe	Mn	Mg	Cu	Zn	Cr	Ti	Ni	Pb	Bi	V	Altri	IMPURITÀ	ALLUMINIO
5754	0,40	0,40	0,50	2,60-3,60	0,10	0,20	0,30	0,15					0,10-0,6Mn+Cr	0,05	0,15 rimanente

Airoldi Metalli S.p.a. | Viale Grandi, 59 | 23847 Molteno (LC) | Italia | Telefono: +39 031 3574.111 r.a. | info@airoldimetalli.it | www.airoldimetalli.it

ALUCOBOND®

SISTEMA DI
FACCIATA
VENTILATA

IL MATERIALE DI RIVESTIMENTO PER FACCIATE

ALUCOBOND® – la soluzione conveniente per ristrutturazioni e nuove costruzioni

La scelta giusta e definitiva per ottenere il massimo dagli incentivi per la vostra facciata.



ALUCOBOND® PLUS

Spessore: 3/4mm
(6mm su richiesta)

Larghezza [mm]	1000	1250	1500	1575	1750
Lunghezza [mm]	2000-6800	2000-6800	2000-6800	2000-6800	2000-6800
Colori solidi	●	●	●	●	○
Colori metallizzati	●	●	●	●	○
Spectra & sparkling	○	●	●	●	
Anodized Look	○	●	●	○	
NaturAL*		●	●		
ALUCOBOND® legno - premium wood	○	●	●		
Vintage	○	●	●		
Façade design - decoro personalizzato	○	●	●		
Urban	○	●	●		
Terra		●	●		
Rocca		●	●		
Premium anodised - colore anodizzato*			●		
Anodizados - anodizzazione naturale su entrambi i lati*		●	●		
Mill Finish	●	●	●		

○ su richiesta

* ALUCOBOND® naturAL Reflect è disponibile solo in versione ALUCOBOND® PLUS (Larghezza 1250 mm).

Tolleranze dimensionali

A causa del processo produttivo può presentarsi uno spostamento laterale tra le lamiere ai bordi del pannello fino a 2 mm.

Spessore: ± 0,2 mm

(mill-finish | verniciato a forno | anodizzato)

Larghezza: - 0 / + 4 mm

Lunghezza: 2000 - 4000 mm; - 0 / + 6 mm

Lunghezza: 4001 - 6800 mm; - 0 / + 10 mm

* Anodizzato secondo la Norma DIN 17611. Richiedere le schede tecniche specifiche per l'anodizzazione. Porre attenzione alle strisce di contatto. Si prega di tenerne conto quando si misurano i pannelli. La lunghezza massima del pannello varia (3000-6000 mm).

CARATTERISTICHE DEL PRODOTTO



ALUCOBOND® PLUS in confronto alle lamiere in alluminio piene Spessore

richiesto e rispettivi pesi per uguale resistenza alla flessione

ALUCOBOND® PLUS			Aluminium		
Rigidità a flessione (E-I)	Modulo di resistenza (W)	Spessore	Peso	Spessore	Peso
1250 kN cm ² /m	1,25 cm ³ /m	3 mm	5,9 kg/m ²	2,7 mm	7,3 kg/m ²
2400 kN cm ² /m	1,75 cm ³ /m	4 mm	7,6 kg/m ²	3,3 mm	8,9 kg/m ²

CLASSI DI COMPORTAMENTO AL FUOCO

Paese	Prova conf. a ...	Classificazione
EU	EN 13501-1	Classe B-s1, d0
Germania	EN 1187 (metodo 1) / DIN 4102-7	superato
Gran-Bretagna Inghilterra / Galles / Scozia	BR 135	superato
Svizzera	VKF	RF2
Polonia	PN-90/B-02867	NRO
Russia	GOST 30244-94 GOST 30402-95 GOST 12.1.044-89 GOST 12.1.044-89	G1 (combustibilità) W1 (infiammabilità) D1 (emissione fumi) T1 (tossicità)
Australia	AS ISO 9705 AS 1530.3 Indices EN 13501-1	materiale in gruppo 1 SMOGR 1.385 m ² / s ² 0 (infiammabilità) 0 (propagazione della fiamma) 0 (calore sviluppato) 0-1 (emissione fumi) B-s1, d0

Paese	Prova conf. a ...	Classificazione
Austria	ÖNORM B 3800-5	superato
Francia	Lepir 2	superato
Ungheria	MSZ 14800-6	superato
Gran-Bretagna	BS 8414 part 1 & 2	superato
Polonia	Secondo le linee guida ITB	superato
Russia	GOST 31251	superato

DATI TECNICI



Spessore		Norma	Unità	3 mm	4 mm
Spessore delle lamine di copertura Layers			[mm]	0,5	
Peso			[kg/m ²]	5,9	7,6
Larghezze di produzione			[mm]	1000 / 1250 / 1500 (1575 / 1750)	
Proprietà meccaniche					
Modulo di resistenza	W	DIN 53293	[cm ³ /m]	1,25	1,75
Rigidità a flessione	E-J	DIN 53293	[kNcm ² /m]	1250	2400
Lega / Stato fisico delle lamine di copertura		EN 573-3 EN 515		EN AW 5005A (AlMg1) H22 / H42	
Modulo di elasticità		EN 1999 1-1	[N/mm ²]	70.000	
Resistenza alla trazione delle lamine di copertura		EN 485-2	[N/mm ²]	R _m ≥ 130	
Limite di snervamento (limite 0,2)		EN 485-2	[N/mm ²]	R _{p0,2} ≥ 90	
Limite di rottura		EN 485-2	[%]	A ₅₀ ≥ 5	
Coefficiente di dilatazione lineare		EN 1999 1-1		2,4 mm/m per 100 K di differenza di temperatura	
Nucleo					
Polimero con imbottitura minerale					
Superficie					
Verniciatura				Sistema di rivestimento polimerico di alta qualità con un metodo di rivestimento continuo	
Proprietà fonoisolanti					
Grado di assorbimento acustico	α _s	ISO 354		0,05	
Isolamento acustico	R _w	ISO 717-1	[dB]	≥ 25	
Proprietà termiche					
Resistenza alla penetrazione termica	R	DIN 52612	[m ² K/W]	0,007	0,009
Resistenza termica			[°C]	-50 to +80	

COOL MATERIALS



Scheda Tecnica Cod. 624 Rif. 2212

THERMO-METALS

SMALTO NANOTECNOLOGICO TERMORIFLETTENTE, IDEALE PER IL TRATTAMENTO DI SUPERFICI METALLICHE (TETTI, SILOS, SERBATOI, CONTAINERS, ETC.).

TIPO DI LEGANTE	Acrilico modificato
ASPETTO DEL FILM SECCO	Satinato
COLORI DISPONIBILI	Bianco e Tintometria COOL COLOURS
PESO SPECIFICO	1,07 kg/lt +/- 0,02 a 20° C
VISCOSITA'	4.700 cps +/- 200 (A6 V20 BROOKFIELD a 20° C) 1' 15" +/- 5" F8 a 20° C
APPLICAZIONE (5°C ≤ T ≤ 30°C)	Pennello – Rullo – Spruzzo
DILUIZIONE	10% per applicazione a rullo; 15% per applicazione a pennello; 20% per applicazione a spruzzo
RESA MEDIA INDICATIVA	4 – 5 mq/kg (2 mani) spess. 120-150 µm ca
ESSICCAZIONE ad aria a 20 °C	2 – 3 ore
SOVRAVERNICIABILE	Dopo almeno 4 – 5 ore
VOC (Direttiva 2004/42/CE)	Pitture per finiture e tamponature da interni / esterni per legno, metallo o plastica. Inferiore a 130 gr/lt [Limite massimo: (cat. A/d BA: 130)]
STABILITA' AL MAGAZZINAGGIO	1 anno a temperatura ambiente in contenitori originali sigillati. Teme il gelo.
CONFEZIONI	15 Kg, 5 Kg e 0,75 Litri

CARATTERISTICHE ED IMPIEGO

THERMO-METALS è un prodotto nanotecnologico termoriflettente satinato, ideale per la verniciatura di superfici metalliche (tetti, sandwich panels, silos, serbatoi, container etc.) in condizioni climatiche particolari. In edilizia industriale, trova impiego come smalto anticorrosivo antialga, termoriflettente, per migliorare il comfort interno dei capannoni esposti alla luce diretta del sole e l'ottimizzazione energetica. Risolve anche le problematiche legate allo stoccaggio in silos, posti sotto al sole, di cereali, farine e prodotti sensibili alle escursioni termiche. Consente la riflessione del calore generato dalla radiazione solare (sia visibile, sia I.R.) e, in caso di applicazione su coperture di allevamenti o stalle, migliora l'Indice di benessere animale (I.B.A.).

PREPARAZIONE DEL SUPPORTO E APPLICAZIONE

Lo spessore consigliato è di 120/150 µm ca. corrispondente a 2 mani.

Agitare ed omogeneizzare bene il prodotto prima e durante l'impiego, in particolare se colorato.

FERRO: verificare che il supporto sia asciutto ed esente da calamina (eventualmente sabbare o trattare con idoneo convertitore di ruggine). Eventualmente prevedere una mano di fondo NANOPRIMER e, dopo almeno 12 ore, applicare due mani di THERMO-METALS.

SUPPORTO NUOVO (adesione diretta su molti tipi di metalli puliti - ferro, lamiera zincata, acciaio, rame): deve essere asciutto, spolverato e privo di qualsiasi impurità. Per supporti particolari usare primer esclusivamente di colore bianco, previa carteggiatura.

SUPPORTO GIÀ VERNICIATO (tipo sandwich panel o lamiera preverniciata): asportare le vecchie pitture in via di distacco con il metodo più opportuno. In presenza di sporco e muffe, prevedere idoneo trattamento con LINDOSTOP e in ogni caso, prima di procedere, adottare tutte le precauzioni necessarie per portare il supporto ad uno stato di preparazione ideale (consigliata una leggera carteggiatura). Procedere con una mano di



BAROZZI
GROUP

Barozzi Vernici S.r.l. – Sede Legale: Via G. di Vittorio, 12 – Revere – 46036 Borgo Mantovano (Mn) – Italia
Tel. +39 0386 46327 - www.barozzigroup.com – info@barozzigroup.com

NANOPRIMER, primer ancorante di colore bianco, diluito al 15-20% con acqua pulita. Dopo 12 ore, applicare due mani di THERMO-METALS dell'eventuale tinta scelta.

SUPPORTO CEMENTIZIO MINERALE NUOVO: il supporto deve essere pulito, asciutto ed esente da muffe e/o parti non coese. Applicare 1 mano di fissativo NANOFIX, diluito 1.1 con acqua pulita, e successivamente procedere con 2 – 3 mani di THERMO-METALS.

AVVERTENZE

Il prodotto diluito deve essere impiegato entro 2 – 3 giorni. Applicare il prodotto in condizioni climatiche come sopra indicato. In condizioni non idonee, l'applicazione del prodotto risente negativamente nei tempi di essiccazione, compromettendo il raggiungimento ottimale delle caratteristiche estetiche e prestazionali. Intonaci e rappezzi non stagionati possono causare scolorimento, aloni e la comparsa di efflorescenze saline. Il fisiologico deperimento del prodotto o del colore nel tempo non è indice di non conformità del medesimo. Conservare il materiale nella confezione originale sigillata, in un luogo fresco e asciutto, al riparo da fonti di calore, dal gelo e dai raggi solari diretti. Dopo l'uso, non disperdere i contenitori nell'ambiente.

Informazioni REACH: le informazioni di cui all'articolo 31 o, a seconda dei casi, all'articolo 33 del regolamento REACH (CE) n. 1907/2006 e successive modifiche sono riportate sulla scheda di sicurezza.

Conforme al Regolamento europeo (CE) 1272/2008 (CLP) e successive modifiche e adeguamenti.

Le informazioni contenute nella presente sono fornite in base alle nostre migliori conoscenze tecniche ed applicative. Tuttavia, queste sono da intendersi puramente indicative e non vincolanti in quanto legate allo stato del supporto, agli strumenti utilizzati per l'applicazione e a numerosi altri fattori. Barozzi Vernici S.r.l., quindi, non si assume alcuna responsabilità, poiché le condizioni d'uso e d'impiego non sono soggette al proprio controllo. Barozzi Vernici S.r.l. si riserva di apportare modifiche tecniche di qualsiasi genere, senza preavviso. È vietata la copia, la divulgazione, riproduzione o diffusione a terzi, anche parziale, dei contenuti nella presente con qualsiasi mezzo ed in qualsiasi forma senza l'autorizzazione scritta di Barozzi Vernici S.r.l.



BAROZZI
GROUP

Barozzi Vernici S.r.l. – Sede Legale: Via G. di Vittorio, 12 – Revere – 46036 Borgo Mantovano (Mn) – Italia
Tel. +39 0386 46327 - www.barozzigroup.com – info@barozzigroup.com

NANOPRIMER

FONDO-FINITURA ALL'ACQUA, ANTICORROSIVO UNIVERSALE DI ADESIONE PER SUPERFICI METALLICHE, IN CERAMICA, PLASTICA, ECC.

TIPO DI LEGANTE	Acrilico modificato
ASPETTO DEL FILM SECCO	Satinato
COLORI DISPONIBILI	Bianco
PESO SPECIFICO	1,20 kg/lt +/- 0,02 a 20° C
VISCOSITA'	5.100 cps +/- 100 (A6 V20 BROOKFIELD a 20° C)
APPLICAZIONE (5°C ≤ T ≤ 35°C)	Pennello – Rullo – Spruzzo
DILUIZIONE	10% per applicazione a rullo; 15% per applicazione a pennello; 20% per applicazione a spruzzo
RESA MEDIA INDICATIVA	7 – 8 mq/lt (5 – 6 mq/Kg) per mano
ESSICCAZIONE ad aria a 20 °C	Fuori polvere: 60 minuti / Al tatto: 2-3 ore / In profondità: 24 ore
SOVRAVERNICIABILE	Dopo 12 – 24 ore
VOC (Direttiva 2004/42/CE)	Pitture monocomponenti ad alte prestazioni. Inferiore a 140 gr/lt [Limite massimo: (cat. A/i BA: 140)]
STABILITA' AL MAGAZZINAGGIO	1 anno a temperatura ambiente in contenitori originali sigillati. Teme il gelo.
CONFEZIONI	18 Kg e 2,5 e 0,75 Litri

CARATTERISTICHE ED IMPIEGO

NANOPRIMER è il fondo-finitura nanotecnologico, anticorrosivo, all'acqua specifico per superfici in metallo, ceramica, plastica e legno. È un buon ponte di adesione per superfici già verniciate con smalti a solvente o a polveri. La sua composizione anticorrosiva all'acqua è ideale in contesti in cui si richieda l'utilizzo di una soluzione efficace, non infiammabile e priva di cattivi odori. NANOPRIMER è il prodotto di fondo ideale per l'applicazione di THEMO-METALS.

PREPARAZIONE DEL SUPPORTO

- FERRO NUOVO: pulire, sgrassare, asportare perfettamente la ruggine (per situazioni particolari, se ne permane la presenza, applicare una mano di idoneo convertitore di ruggine) e/o calamina. Applicare una mano di NANOPRIMER opportunamente diluito. Dopo 24 ore, finire con 2 mani di qualsiasi tipo di smalto all'acqua o a solvente, intervallate da 4 – 6 ore l'una dall'altra.
- FERRO VERNICIATO: eliminare vecchie vernici sfoglianti, carteggiare, spolverare e procedere come sopra.
- LEGNO NUOVO: all'occorrenza stuccare eventuali irregolarità, carteggiare, spolverare e applicare una mano di NANOPRIMER e dopo circa 12 ore, 2 mani di L'ALTROSMALTO intervallate da 4 – 6 ore una dall'altra.
- LEGNO VERNICIATO: eliminare vecchie vernici sfoglianti, quindi procedere come con legno nuovo.
- SUPPORTI ZINCATI: sgrassare accuratamente con un panno imbevuto di DECAZIN o diluente NITROSOL ed applicare una mano di NANOPRIMER opportunamente diluito.
- ALLUMINIO E PVC: sgrassare, carteggiare e spolverare accuratamente, applicare una mano di NANOPRIMER opportunamente diluito e dopo almeno 12 ore terminare con l'applicazione della finitura scelta.



BAROZZI
GROUP

Barozzi Vernici S.r.l. – Sede Legale: Via G. di Vittorio, 12 – Revere – 46036 Borgo Mantovano (Mn) – Italia
Tel. +39 0386 46327 - www.barozzigroup.com – info@barozzigroup.com

AVVERTENZE

Il prodotto diluito deve essere impiegato entro 2 – 3 giorni. Applicare il prodotto in condizioni climatiche come sopra indicato. In condizioni non idonee, l'applicazione del prodotto risente negativamente nei tempi di essiccazione, compromettendo il raggiungimento ottimale delle caratteristiche estetiche e prestazionali. Intonaci e rappezzi non stagionati possono causare scolorimento, aloni e la comparsa di efflorescenze saline. Il fisiologico deperimento del prodotto o del colore nel tempo non è indice di non conformità del medesimo. Conservare il materiale nella confezione originale sigillata, in un luogo fresco e asciutto, al riparo da fonti di calore, dal gelo e dai raggi solari diretti. Dopo l'uso, non disperdere i contenitori nell'ambiente.

Informazioni REACH: le informazioni di cui all'articolo 31 o, a seconda dei casi, all'articolo 33 del regolamento REACH (CE) n. 1907/2006 e successive modifiche sono riportate sulla scheda di sicurezza.

Conforme al Regolamento europeo (CE) 1272/2008 (CLP) e successive modifiche e adeguamenti.

Le informazioni contenute nella presente sono fornite in base alle nostre migliori conoscenze tecniche ed applicative. Tuttavia, queste sono da intendersi puramente indicative e non vincolanti in quanto legate allo stato del supporto, agli strumenti utilizzati per l'applicazione e a numerosi altri fattori. Barozzi Vernici S.r.l., quindi, non si assume alcuna responsabilità, poiché le condizioni d'uso e d'impiego non sono soggette al proprio controllo. Barozzi Vernici S.r.l. si riserva di apportare modifiche tecniche di qualsiasi genere, senza preavviso. E' vietata la copia, la divulgazione, riproduzione o diffusione a terzi, anche parziale, dei contenuti nella presente con qualsiasi mezzo ed in qualsiasi forma senza l'autorizzazione scritta di Barozzi Vernici S.r.l.



BAROZZI
GROUP

Barozzi Vernici S.r.l. – Sede Legale: Via G. di Vittorio, 12 – Revere – 46036 Borgo Mantovano (Mn) – Italia
Tel. +39 0386 46327 - www.barozzigroup.com – info@barozzigroup.com

Appendice H - Scheda tecnica idropittura MR287



MR 287

SCHEDA TECNICA

Idropittura ad alto riempimento per esterni



Composizione

MR 287 è un'idropittura composta da copolimeri acrilici in emulsione acquosa, inerti selezionati, biossido di titanio ed additivi specifici per migliorarne l'applicabilità.

Fornitura

- Confezioni da ca. 14 e 5 l
- Tinte: selezione dalla mazzetta 365 A YEAR OF COLORS

Impiego

MR 287 è una pittura protettiva e decorativa per esterni, che viene utilizzata bianca o colorata su intonaci di finitura a base di calce-cemento. Può essere applicata anche su vecchie pitturazioni e rivestimenti, sempre che risultino ben adesivi, coerenti e non sfarinati. MR 287 risulta di facile applicazione e, grazie al suo effetto "microrivestimento", permette di ottenere una finitura coprente, uniforme e leggermente ruvida.

Preparazione del fondo

La superficie da pitturare deve essere asciutta, libera da polvere, sporco, ecc. Eventuali tracce di oli, grassi, ecc. devono essere preventivamente rimosse.

Nel caso in cui le superfici presentino uno stato di degrado dovuto alla presenza di macchie e sporco persistenti di vario genere si consiglia, prima di intervenire con il ciclo di pitturazione, di trattarle con la soluzione detergente per la pulizia delle superfici murali ACTIVE ONE (consultare la scheda tecnica). In funzione dello stato di degrado si potrà ripetere più volte il trattamento detergente eseguendo, in aggiunta, un'azione meccanica di spazzolatura.

In presenza di intonaci sfarinanti e/o vecchie pitture deboli ed in fase di distacco si deve eseguire una accurata rimozione meccanica di questi strati, fino ad arrivare ad un supporto solido e compatto. Ripristinare tutte le irregolarità del supporto e procedere all'applicazione del fondo fissativo in microemulsione ad elevata penetrazione MIKROS 001 o del fondo fissativo per sistemi acrilici FA 249 (consultare le schede tecniche).

In caso di nuove realizzazioni di intonaci di finitura, rasature e lisciature attendere la loro completa maturazione prima di eseguire la primerizzazione delle superfici. In generale, il trattamento di primerizzazione è da prevedere per tutti i supporti che presentano diversità di assorbimento e/o leggero spolverio superficiale.

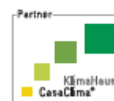
Applicazione

L'applicazione può essere eseguita a pennello o rullo in lana (preferibilmente a pelo corto).

Applicare due strati (mani incrociate) a distanza di almeno 6 ore uno dall'altro.

Diluzione di MR 287 in peso con acqua: al 10% massimo per applicazioni a pennello, tal quale o al massimo 5% per applicazioni a rullo.

Fassa S.r.l. - Via Lazzaris, 3 - 31027 Spresiano (TV) - Italy - www.fassabortolo.com



MR 287 - 09/2023

Avvertenze

- Prodotto consigliato ad un utilizzatore esperto.
 - Consultare sempre la scheda di sicurezza prima dell'utilizzo.
 - Per la pulizia degli utensili usare acqua.
 - Indossare guanti e indumenti protettivi, e in caso di contatto con la pelle lavare abbondantemente con acqua e sapone.
 - Lo smaltimento del recipiente/prodotto deve essere effettuato in conformità alla regolamentazione nazionale.
 - Ritirare il materiale necessario per l'esecuzione del lavoro tutto della stessa partita.
 - Evitare l'applicazione a temperature inferiori a +5°C o superiori a +30°C e con umidità relativa superiore al 75%.
 - Evitare l'applicazione su superfici esposte al sole e in presenza di forte vento.
 - Applicare MR 287 solo suintonaci stagionati e asciutti.
 - Non applicare su murature umide e/o nei periodi più freddi, in quanto esiste la possibilità di distacco dall'intonaco e di formazione di rigonfiamenti della pittura dovuti ad accumulo d'acqua all'interno.
 - Evitare l'applicazione in presenza di umidità di risalita.
 - Le facciate esterne trattate con MR 287 durante la posa e nei giorni successivi di essiccazione devono essere protette dalla pioggia, da qualsiasi precipitazione e da elevata umidità relativa in atmosfera, nebbia, in quanto possono manifestare fenomeni di "lumacature", dilavamenti, macchie, alterazioni del colore, ecc.
 - Tutti i colori particolarmente vivaci della mazzetta e contrassegnati dal simbolo ■ hanno un minore potere coprente rispetto alle altre tinte di mazzetta: è tassativo l'uso preventivo del fondo pigmentato e coprente. Il colore di fondo appropriato è indicato all'interno del programma del tintometro Colorlife. La finitura sarà poi realizzata applicando almeno tre mani della tinta scelta. Si consiglia di effettuare una prova applicativa preventiva.
 - Le tinte contrassegnate col simbolo * della mazzetta colori, contengono colorante organico: risultano quindi tinte potenzialmente degradabili, in quanto sensibili alla luce solare e all'alcalinità del supporto.
 - Un'erronea diluizione del materiale modifica la lavorazione del prodotto peggiorando le caratteristiche tecniche dello stesso.
 - Le indicazioni fornite nella presente scheda tecnica si basano sulle nostre conoscenze ed esperienze tecniche e pratiche. I dati tecnici si riferiscono alle caratteristiche medie del prodotto base e sono determinate in condizioni controllate di laboratorio. La variabilità delle materie prime naturali e reperibili nel mercato, nonché la tinteggiatura del prodotto, possono portare a lievi scostamenti nei valori riportati, nel colore e negli effetti estetici ottenuti. E' quindi necessario che il compratore/utilizzatore verifichi personalmente e prima della posa in opera l'idoneità del prodotto per l'impiego previsto, in particolare quando nello stesso lavoro/cantiere si utilizzano lotti diversi dello stesso materiale (prassi comunque sconsigliata come da punto 6 delle presenti avvertenze).
- MR 287 deve essere usato allo stato originale senza aggiunte di materiali estranei, fatta eccezione, per la diluizione con acqua.

Conservazione

Teme il gelo. Conservare a temperature superiori a +5°C ed inferiori a +35°C. Il materiale se immagazzinato in luogo fresco e asciutto, al riparo da fonti di calore e dall'irraggiamento solare diretto, nella confezione originale integra, ha una durata di 12 mesi. Il prodotto, una volta scaduto, deve essere smaltito secondo la normativa vigente.

Qualità

MR 287 viene sottoposto ad accurato e costante controllo presso i nostri laboratori. Le materie prime impiegate vengono rigorosamente selezionate e controllate.

Dati Tecnici	
Peso specifico (EN ISO 2811-1)	ca. 1,49-1,73 kg/l (a seconda della base tintometrica)
Consumo (**)	- a pennello: ca. 170-230 g/m ² (0,10-0,13 l/m ²) per strato - a rullo: 250-300 g/m ² (0,14-0,18 l/m ²) per strato
Resa (**)	- a pennello: 4-5 m ² /l a lavoro finito (2 strati) - a rullo: 3-4 m ² /l a lavoro finito (2 strati)
Sovravviviabilità (20 °C e 65% UR)	ca. 6 ore
Classificazione EN 1062-1	
Brillantezza (EN ISO 2813)	Classe G ₃ , opaco (≤ 10 GU a 85°)
Spessore film secco (EN 1062-1)	Classe E ₃ ad un consumo medio di 0,20 l/m ² (100 μm < E ≤ 200 μm)
Granulometria (ISO 787-7)	Classe S ₂ , media (S < 300 μm)
Grado di trasmissione del vapore acqueo (EN ISO 7783)	Classe V ₄ , alta (Sd < 0,14 m)
Permeabilità all'acqua liquida (EN 1062-3)	Classe W ₂ , media (0,1 kg/m ² ·h ^{1/2} < W ≤ 0,5 kg/m ² ·h ^{1/2})
Resistenza alle fessurazioni (EN 1062-7)	Classe A ₀ (non pertinente)
Permeabilità alla CO ₂ (EN 1062-6)	Classe C ₀ (non pertinente)
(**) I valori di consumo e resa sono riferiti al prodotto bianco applicato su supporti lisci e mediamente assorbenti; è opportuno determinarli con una prova preliminare sul supporto specifico, anche in relazione alla tinta scelta.	
Valore limite UE per il contenuto di COV (Direttiva 2004/42/CE)	Categoria A/c, BA: COV massimo 40 g/l COV prodotto < 40 g/l

I dati riportati si riferiscono a prove di laboratorio; nelle applicazioni pratiche di cantiere questi possono essere sensibilmente modificati a seconda delle condizioni di messa in opera. L'utilizzatore deve comunque verificare l'idoneità del prodotto all'impiego previsto, assumendosi ogni responsabilità derivante dall'uso. La ditta Fassa si riserva di apportare modifiche tecniche, senza alcun preavviso.

Specifiche tecniche in merito all'uso di prodotti Fassa Bortolo in ambito strutturale o antiriscaldamento, avranno carattere di ufficialità solo se fornite da "Assistenza Tecnica" e "Ricerca Sviluppo e Sistema Qualità" di Fassa Bortolo. Qualora necessario, contattare il servizio di Assistenza Tecnica del proprio paese di riferimento (IT: area.technical@fassabortolo.com, ES: asistencia.technical@fassabortolo.com, PT: assistencia.technical@fassabortolo.com, FR: bureau.technique@fassabortolo.fr, UK: technical.assistance@fassabortolo.com).

Si ricorda che per i suddetti prodotti è necessaria la valutazione da parte del professionista incaricato, secondo le normative vigenti.

Appendice I – Scheda tecnica AquaBoard BA13



Scheda Tecnica AquaBoard BA13

DESCRIZIONE

AquaBoard BA13 è la prima lastra a base gesso da esterno, composta da uno speciale rivestimento idrofuogo e da un cuore densificato e completo di specifici additivi che le conferiscono un'eccezionale resistenza all'acqua, agli agenti atmosferici e allo sviluppo di muffe. Estramente versatile, e' progettata per applicazioni esterne con finitura rasante o cappotto, semiesposte dove non necessita di rasatura o interne ad altissima umidità. Una volta installata può rimanere direttamente esposta alle intemperie e ai raggi UV durante il cantiere fino a 6 mesi senza protezione della superficie. Consente la realizzazione di sistemi antisismici e ad elevate prestazioni termiche ed acustiche (fino a 71 dB), con resistenza all'effrazione Classe 2 e 3. Grazie all'ottima lavorabilità, risulta facile da applicare, e permette un risparmio di tempo fino 60%.

IMPIEGO

Realizzazione di tamponamenti a secco, facciate ventilate e non ventilate, pareti, contropareti e controsoffitti in ambiente esterno, in ambienti non direttamente esposti o in ambienti interni ad altissima umidità (piscine, stabilimenti termali, SPA...).

CARATTERISTICHE	
Tipo di lastra	GM FH1 I
Bordi longitudinali	Assottigliati
Spessore nominale	12,5 mm (± 0,5 mm)
Larghezza nominale	1200 mm (0/-4 mm)
Lunghezza nominale	2000, 3000 mm (0/-5 mm)
Tolleranza ortogonalità	< 2,5 mm/m
Peso	10,8 kg/m ²
Classe di reazione al fuoco	A2-s1,d0
Conducibilità termica	0,25 W/mK
Fattore di resistenza alla diffusione del vapore	11
Assorbimento d'acqua totale	< 3%
Assorbimento d'acqua superficiale	< 100 g/m ²
Resistenza allo sviluppo di muffe	10/10 (resistenza massima secondo ASTM D3273)
Carico di rottura a flessione longitudinale	> 540 N
Carico di rottura a flessione trasversale	> 210 N
Durezza superficiale (diametro dell'impronta)	< 15 mm
Variazioni dimensionali a 20 °C (EN 318) da RH 65% a RH 90%	Direzione longitudinale: 0,15 mm/m Direzione trasversale: 0,11 mm/m

SOSTENIBILITÀ

Lastra ad elevata ecostenibilità: **100% riciclabile**, contenuto di riciclato > 9%, provvista di EPD, con TVOC < 30 µg/m³ e formaldeide < 5 µg/m³, conforme a:

Crediti LEED

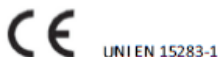
- MR: materiali e risorse
- EQ: qualità ambientale interna
- PR: priorità regionali

Crediti BREEAM

- HEA: health and wellbeing
- MAT: materials
- WST: waste

Criteri CAM (DM 11 Ottobre 2017)

- 2.3.5.5: Emissioni Materiali
- 2.4.1.1: Disassemblabilità
- 2.4.1.2: Materia recuperata o riciclata
- 2.4.1.3: Sostanze pericolose



ETEX BUILDING PERFORMANCE S.P.A.

Viale Milanofiori | Strada 2 - Palazzo C4 | 20057 Assago (MI) | T 02 99778611
etexbp.italia@etexgroup.com | www.siniat.it

etex inspiring ways
of living

Le informazioni riportate nella presente scheda hanno valore indicativo. Etes Building Performance S.p.A. si riserva il diritto di aggiornare senza preavviso.

Marzo 2022

Bibliografia

- [1] *Ana Picallo-Perez, José María Sala-Lizarraga, Energy and exergy analysis of an experimental ventilated façade.*
- [2] *Stefano Fantucci, Valentina Serra, Corrado Carbonari, An experimental sensitivity analysis on the summer thermal performance of an Opaque Ventilated Façade.*
- [3] *Mohammed Rahiminejad, Dolaana Khovalyg, Review on ventilation rates in the ventilated air-spaces behind common.*
- [4] *Rosa Francesca De Masi, Valentino Festa, Antonio Gigante, Silvia Ruggiero, Giuseppe Peter Vanoli, Experimental analysis of grills configuration for an open jointventilated facade in summertime.*
- [5] *Rosa Francesca De Masi, Valentino Festa, Silvia Ruggiero, Giuseppe Peter Vanoli, Environmentally friendly opaque ventilated façade for wall retrofit: One year of in-field analysis in Mediterranean climate.*
- [6] *Ester Pujadas-Gispert, Mohammed Alsailani, K.C.A. van Dijk (Koen), A.D.K. Rozema (Annine), J.P. ten Hoop (Puck), C.C. Korevaar (Carmen), S.P.G. Moonen (Faas), Design, construction, and thermal performance evaluation of an innovative bio-based ventilated façade.*
- [7] *Payam Sadrolodabae, S.M. Amin Hosseini, Josep Claramunt, M`onica Ardanuy, Laia Haurie, Ana M. Lacasta, Albert de la Fuente, Experimental characterization of comfort performance parameters and multi-criteria sustainability assessment of recycled textile-reinforced cement facade cladding.*
- [8] *Heura Ventura, María Dolores Álvarez, Laura Gonzalez-Lopez, Josep Claramunt, Monica Ardanuy, Cement composite plates reinforced with nonwoven fabrics from technical textile waste fibres: Mechanical and environmental assessment.*
- [9] *Arslan Akbar, V.K.R. Kodur, K.M. Liew, Microstructural changes and mechanical performance of cement composites reinforced with recycled carbon fibers.*
- [10] *T. Colinart, M. Bendouma, P. Glouannec, Building renovation with prefabricated ventilated façade element: A case study.*
- [11] *C. Marinosci, G. Semprini, G.L. Morini, Experimental analysis of the summer thermal performances of naturally ventilated rainscreen façade building.*

- [12] *J. Hegger, M.Schneider, C. Kulas, Institute od Structural Concrete, RWTH Aachen University, Germany, Dimensioning of TRC with application to ventilated façade systems.*
- [13] *European standard UNI EN ISO 7726:2002, Ergonomics of the thermal environment.*
- [14] *UNI EN ISO 7730:2006, Ergonomics of the thermal environment - Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria (ISO 7730:2005).*
- [15] *William D. Callister, Jr. Materials Science and Engineering.*

Indice delle figure

<i>Figura 1 - Stratigrafie pareti: parete non isolata (A), parete ventilata opaca a giunto aperto (B), parete con VIP (C).</i>	13
<i>Figura 2 - Stratigrafia parete</i>	15
<i>Figura 3 - Configurazioni facciata ventilata</i>	16
<i>Figura 4 - Retro del pannello di facciata di grandi dimensioni con nervature in calcestruzzo; sezione trasversale con flessione; foto pannello reale.</i>	18
<i>Figura 5 - a) Pannello in calcestruzzo alleggerito rinforzato; b) Pannello in calcestruzzo alleggerito rinforzato con isolante integrato</i>	21
<i>Figura 6 - Vista frontale e vista assonometrica del pannello sagomato</i>	31
<i>Figura 7 - Elaborati grafici pannello sagomato in acciaio zincato</i>	33
<i>Figura 8 - Elaborati grafici pannello piano in acciaio zincato</i>	34
<i>Figura 9 - Elaborati grafici pannello piano in alluminio</i>	36
<i>Figura 10 - Stratigrafia ALUCOBOND PLUS</i>	37
<i>Figura 11 - Pannello ombreggiato ore 08:00</i>	39
<i>Figura 12 - Pannello ombreggiato ore 10:00</i>	40
<i>Figura 13 - Pannello ombreggiato ore 12:00</i>	40
<i>Figura 14 - Pannello ombreggiato ore 14:00</i>	40
<i>Figura 15 - Pannello ombreggiato ore 16:00</i>	40
<i>Figura 16 - Pannello ombreggiato ore 18:00</i>	41
<i>Figura 17 - Pannello piano ore 08:00</i>	41
<i>Figura 18 - Pannello piano ore 10:00</i>	42
<i>Figura 19 - Pannello piano ore 12:00</i>	42
<i>Figura 20 - Pannello piano ore 14:00</i>	42
<i>Figura 21 - Pannello piano ore 16:00</i>	42
<i>Figura 22 - Pannello piano ore 18:00</i>	43
<i>Figura 23 - Facciata ventilata tipo ore 12:00</i>	44
<i>Figura 24 - Facciata ventilata tipo ore 9:00</i>	45
<i>Figura 25 - Facciata ventilata tipo ore 15:00</i>	45
<i>Figura 26 - Alternativa pannelli inclinati</i>	46
<i>Figura 27 - Alternativa pannelli capovolti</i>	47
<i>Figura 28 - Alternativa canali separati</i>	48
<i>Figura 29 - a) Alternativa schermatura orizzontale regolare; b) Alternativa schermatura architettonica</i>	49
<i>Figura 30 - Analisi solare ore 12:00. a) Alternativa schermatura orizzontale regolare; b) Alternativa schermatura architettonica</i>	50
<i>Figura 31 - Elaborati progettuali elemento orizzontale di schermatura</i>	50
<i>Figura 32 - Disposizione termoresistenze su pannello di AquaBoard</i>	54

<i>Figura 33 - Disposizione termoresistenze su pannelli metallici</i>	<i>54</i>
<i>Figura 34 - Sezione orizzontale: disposizione termoresistenze.....</i>	<i>54</i>
<i>Figura 35 - Modello 3D: seconda fase di monitoraggio.....</i>	<i>55</i>
<i>Figura 36 - Foto disposizione termoresistenze: a) Pannello in acciaio zincato sagomato; b) Pannello in alluminio piano; c) Pannello in alluminio in acciaio piano verniciato/non verniciato</i>	<i>56</i>
<i>Figura 37 - Foto pannelli sperimentazione seconda fase</i>	<i>56</i>
<i>Figura 38 - Disposizione termoresistenze su pannello di AquaBoard</i>	<i>57</i>
<i>Figura 39 - Disposizione termoresistenze su pannelli metallici</i>	<i>57</i>
<i>Figura 40 - Sezione orizzontale: disposizione termoresistenza.....</i>	<i>57</i>
<i>Figura 41 - Modello 3D: terza fase di monitoraggio.....</i>	<i>58</i>
<i>Figura 42 - Disposizione termoresistenze su pannello in alluminio sagomato verniciato e relativa parete retrostante.....</i>	<i>59</i>
<i>Figura 43 - Disposizione termoresistenze su pannello in acciaio zincato verniciato e relativa parete retrostante.....</i>	<i>59</i>
<i>Figura 44 - Foto pannelli sperimentazione terza fase</i>	<i>59</i>
<i>Figura 45 - Disposizione termoresistenze su pannello di AquaBoard</i>	<i>60</i>
<i>Figura 46 - Disposizione termoresistenze pannelli metallici</i>	<i>60</i>
<i>Figura 47 - Sezione orizzontale: disposizione termoresistenza.....</i>	<i>61</i>
<i>Figura 48 - Modello 3D: quarta fase di monitoraggio</i>	<i>61</i>
<i>Figura 49 - Disposizione termoresistenze su pannello in Alucobond sagomato verniciato e relativa parete retrostante.....</i>	<i>61</i>
<i>Figura 50 - Foto pannelli sperimentazione quarta fase.....</i>	<i>62</i>
<i>Figura 51 - Termoigrometro</i>	<i>62</i>
<i>Figura 52 - Termoresistenza PT100</i>	<i>63</i>
<i>Figura 53 - DataTaker e CEM.....</i>	<i>64</i>
<i>Figura 54 – Esecutivi prototipo.....</i>	<i>65</i>
<i>Figura 55 - Foto prototipo acciaio zincato.....</i>	<i>66</i>
<i>Figura 56 - Andamento temperatura dell'aria intero periodo.....</i>	<i>67</i>
<i>Figura 57 - Confronto andamento temperature superficiali medie SP – SPC</i>	<i>68</i>
<i>Figura 58 - Confronto andamento temperature superficiali WSP – WSPC.....</i>	<i>69</i>
<i>Figura 59 - Box plot temperature SP - WSP, SPC - WSPC.....</i>	<i>70</i>
<i>Figura 60 - Confronto andamento temperature superficiali medie SP – AP.....</i>	<i>72</i>
<i>Figura 61 - Confronto andamento temperature superficiali WSP – WAP</i>	<i>73</i>
<i>Figura 62 - Confronto andamento temperature superficiali medie SPC – APC.....</i>	<i>75</i>
<i>Figura 63 - Confronto andamento temperature superficiali medie WSPC – WAPC.....</i>	<i>76</i>
<i>Figura 64 - Confronto andamento temperature superficiali medie MFC – SF – AFC.....</i>	<i>77</i>
<i>Figura 65 - Confronto andamento temperature superficiali medie WMFC – WSF – WAPC.....</i>	<i>78</i>

<i>Figura 66 - Box plot temperature SF - WSF, AFC - WAFC, MFC - WMFC.....</i>	<i>79</i>
<i>Figura 67 - Aerofotogrammetria area solar pond, Ancona</i>	<i>81</i>
<i>Figura 68 - Stratigrafie pianta box due, solar pond.....</i>	<i>82</i>
<i>Figura 69 – Pianta progetto di monitoraggio box due</i>	<i>83</i>
<i>Figura 70 - Prospetto sud progetto di monitoraggio box due</i>	<i>84</i>
<i>Figura 71 - Grafico a dispersione relazione temperature aria – pannelli agosto</i>	<i>85</i>
<i>Figura 72 - Grafico a dispersione relazione temperature aria – pannelli settembre</i>	<i>87</i>
<i>Figura 73 - Istogramma confronto costi APC, SFC, MFC, REF</i>	<i>90</i>

Indice delle tabelle

<i>Tabella 1 - Configurazioni facciata ventilata</i>	17
<i>Tabella 2 - Caratteristiche acciaio - alluminio a confronto</i>	29
<i>Tabella 3 - Valori percentuali aree soleggiate - ombreggiate</i>	41
<i>Tabella 4 - Valori percentuali aree soleggiate - ombreggiate</i>	43
<i>Tabella 5 - Confronto andamento temperature superficiali medie SP – SPC</i>	68
<i>Tabella 6 - Confronto andamento temperature superficiali WSP – WSPC</i>	70
<i>Tabella 7 - Confronto andamento temperature superficiali medie SP - AP</i>	73
<i>Tabella 8 - Confronto andamento temperature superficiali WSP – WAP</i>	74
<i>Tabella 9 - Confronto andamento temperature superficiali medie SPC – APC</i>	75
<i>Tabella 10 - Confronto andamento temperature superficiali medie WSPC – WAPC</i>	76
<i>Tabella 11 - Confronto andamento temperature superficiali medie MFC – SF – AFC</i>	78
<i>Tabella 12 - Confronto andamento temperature superficiali medie WMFC – WSF – WAFC</i>	79
<i>Tabella 13 - Costo materie prime metalliche</i>	89
<i>Tabella 14 - Costo lamiere e lavorazione</i>	89
<i>Tabella 15 - Costo sistema di aggancio</i>	89
<i>Tabella 16 - Costo smalto nanotecnologico e nano primer</i>	89
<i>Tabella 17 - Costo pittura tradizionale</i>	89
<i>Tabella 18 - Confronto costi APC, SFC, MFC, REF</i>	90