

Agris

Agenzia regionale
per la ricerca in agricoltura



QUADERNI DEL DIRSS

DIPARTIMENTO DELLA RICERCA PER IL SUGHERO E LA SELVICOLTURA

N° 12

Caratterizzazione di pannelli di sughero agglomerato destinati al rivestimento esterno di un edificio

G. Marzeddu, M. Giua

Tempio Pausania
2014

Caratterizzazione di pannelli di sughero agglomerato destinati al rivestimento esterno di un edificio

Gianfranco Marzeddu, Maria Giua

Agris Sardegna – Dipartimento della Ricerca per il Sughero e la Silvicultura, via Limbara 9, 07029 Tempio Pausania – Italia.

Corresponding author: Gianfranco Marzeddu (gmarzeddu@agrisricerca.it)

Riassunto

È stato condotto uno studio in collaborazione con una ditta produttrice di materiali isolanti per l'edilizia per la messa a punto di un pannello di sughero agglomerato destinato al rivestimento isolante esterno di pilastri e travi in acciaio, cemento armato e altri materiali. I progettisti hanno infatti ritenuto che i materiali appartenenti alla famiglia degli agglomerati vegetali, quale l'agglomerato di sughero, fossero i più rispondenti alle caratteristiche richieste per questo impiego. Per queste ragioni l'azienda produttrice ha chiesto la collaborazione del laboratorio del Dipartimento per la caratterizzazione di cinque prodotti diversi al fine di individuare quello più idoneo alle esigenze di progettazione. I risultati ottenuti hanno messo in evidenza che tre dei campioni esaminati presentano caratteristiche più rispondenti a quanto richiesto.

Parole chiave: pannello, sughero, isolamento, bioedilizia, conduttività termica.

Abstract

A study for the development of a panel of agglomerated cork intended for the external insulation of pillars and beams made of steel, concrete and other materials was performed. The study was conducted in collaboration with a manufacturer of insulation materials for the building. The designers have considered that the products made by agglomeration of plant materials, like the agglomerated cork, were the most satisfying the required characteristics. For these reasons, the company had sought the cooperation of the laboratory of the Department for the characterization of five different products in order to identify the most suitable to the needs of the design. The results obtained showed that three of the tested samples have characteristics more suited to what is required.

Key words: panel, cork, insulation, green building, thermal conductivity.

Introduzione

Il Dipartimento della Ricerca per il Sughero e la Silvicoltura dell'Agencia Agris Sardegna ha collaborato ,con una ditta produttrice di materiali isolanti per l'edilizia, alla messa a punto di un pannello di sughero agglomerato destinato al rivestimento isolante esterno di pilastri e travi di una struttura¹ in fase di progettazione. In figura 1 è riportato un esempio di questo tipo di struttura.

La progettazione architettonica dell'edificio è improntata al rispetto di standard elevati di sostenibilità ambientale, unitamente ad una scelta molto accurata dei materiali isolanti da impiegare nella realizzazione dell'opera.

La progettazione di edifici di questo tipo rappresenta una sfida tecnologica sia per quanto attiene la parte strutturale sia per gli isolamenti dei componenti sottoposti a variazioni climatiche come pilastri e travi esterne. Infatti, quando si progettano queste strutture, la variazione dimensionale cui sono soggetti i vari materiali, a causa della dilatazione termica, è un fattore di primaria importanza. In queste strutture è fondamentale la realizzazione di una adeguata coibentazione e protezione delle parti maggiormente esposte alle variazioni termiche climatiche, al fine di gestire i movimenti che possono prodursi all'interno del manufatto o fra questo e altre strutture collegate.

¹ Struttura *alta e mista* in acciaio, cemento armato e altri materiali utilizzate in edifici di 20-30 piani;

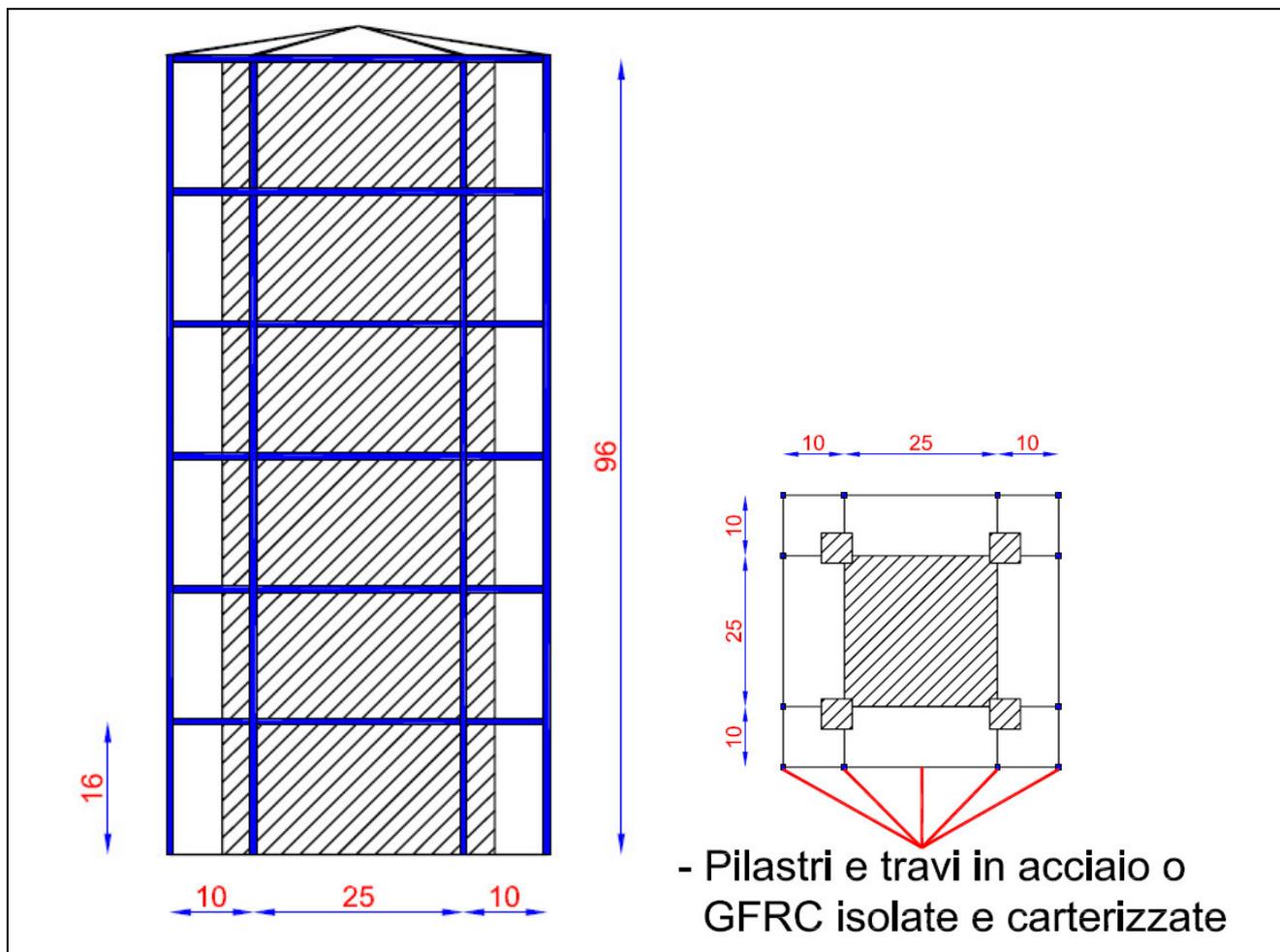


Figura 1. Sezione e pianta di una struttura alta e mista

In seguito ad uno studio teorico preventivo, i progettisti hanno individuato le caratteristiche fisico-meccaniche del materiale isolante da impiegare:

- spessore dell'isolante compreso fra (50 ÷ 60) mm;
- valore di conducibilità termica, λ , compreso fra (0,04 ÷ 0,05) W/m·K;
- massa volumica del prodotto isolante tale da garantire uno *sfasamento termico*⁽²⁾ di almeno (2 ÷ 3) ore;
- temperature limite di impiego comprese tra i (-80 ÷ +200) °C;

²⁾ Lo "*sfasamento termico*" o "*sfasamento temporale*" è il tempo necessario affinché il picco massimo della temperatura esterna attraversi completamente il componente edilizio producendo un picco massimo della temperatura interna (UNI EN ISO 13786:2008 "*Prestazione termica dei componenti per edilizia - Caratteristiche termiche dinamiche - Metodi di calcolo*").

- caratteristiche elevate di isolamento acustico ai rumori aerei, impattivi e vibrazionali;
- resistenza all'umidità nel tempo, a basse ed alte temperature;
- basso valore di variazione dimensionale lineare;
- garanzia di durata nel tempo;
- alta resistenza meccanica alla compressione, trazione e deformazione sotto carico;
- classe di reazione al fuoco 1 (Euroclasse A o B);
- facilità di applicazione alla struttura con ausilio sia di adesivi che di applicativi meccanici.

Sulla base di questi requisiti tecnici i progettisti hanno vagliato diversi materiali isolanti presenti sul mercato. In particolare, sono stati analizzati quattro gruppi di materiali:

- materiali di sintesi (polistirene, polistirolo, poliuretani, etc.);
- materiali fibrosi (fibre minerali, vegetali e animali);
- materiali minerali (argilla espansa, silicato di calcio, perlite, etc.);
- agglomerati vegetali (sughero, legno mineralizzato, legno cemento, etc.).

L'utilizzo degli isolanti di sintesi e fibrosi è stato escluso a causa della temperatura limite di impiego di questi materiali compresa tra (60 ÷ 80) °C. Al di fuori di questo range di temperature, infatti, la resistenza meccanica alla compressione e le proprietà di isolamento di questi materiali diminuiscono.

Questi materiali, inoltre, invecchiano precocemente se sottoposti a ripetuti shock termici e presentano un ridotto *sfasamento temporale* a causa delle caratteristiche morfologiche e della bassa massa volumica. I prodotti fibrosi sono stati scartati anche per l'igroscopicità strutturale che facilita la formazione di condensa interstiziale. Nel caso delle fibre minerali si è tenuto conto anche della possibile perdita di fibre nel tempo a causa di vibrazioni a cui può essere sottoposta una struttura.

Sono stati esclusi, infine, anche i prodotti isolanti minerali che, pur avendo un buon valore di *sfasamento temporale* per l'elevata densità, hanno un basso coefficiente di isolamento termico e difficoltà di applicazione. In certi casi, anche questi materiali sono

soggetti a condense interstiziali che possono compromettere in modo significativo le loro proprietà isolanti.

I materiali appartenenti alla famiglia degli agglomerati vegetali (sughero, legno mineralizzato, legno-cemento) sono risultati i più rispondenti alle caratteristiche fissate. Per queste ragioni l'azienda produttrice di pannelli di sughero agglomerato ha chiesto la collaborazione del laboratorio del Dipartimento per la caratterizzazione di 5 pannelli diversi al fine di individuare quello più rispondente ai principali requisiti. Per la scelta definitiva l'azienda ha previsto la messa in opera del materiale selezionato e l'analisi delle caratteristiche tecnico-prestazionali della struttura. Il materiale verrà messo in opera come rivestimento di un pilastro costituito da un'anima metallica, cava o riempita di calcestruzzo, e caratterizzata.

Il presente lavoro si propone di caratterizzare cinque diversi pannelli di sughero agglomerato, di seguito individuati con le lettere A, B, C, D ed E, sulla base delle prove riportate in tabella 1 al fine di individuare i materiali più rispondenti ai requisiti richiesti.

Tabella 1. Prove eseguite presso il laboratorio del DIRSS per la caratterizzazione dei pannelli di sughero agglomerato forniti dalla ditta produttrice.

PROVA	CARATTERI MISURATI E/O CALCOLATI
Controllo del contenuto di umidità	- Umidità
Controllo della massa volumica	- Dimensioni
	- Spessore
	- Massa
Resistenza all'acqua bollente	- Massa volumica
	- Presenza/assenza di disaggregazione del pannello
Prestazione termica dei materiali in sughero	- Conduttività termica
	- Resistenza termica
	- Gradiente termico
	- Flusso termico medio
Determinazione dello sfasamento termico e del fattore di attenuazione	- Sfasamento termico
	- Fattore di attenuazione (smorzamento)
Resistenza alla compressione (al 50 % di deformazione) e recupero	- Forza di compressione
	- Resistenza alla compressione
	- Recuperi a 1 min, 1 ora, 24 ore
Resistenza a compressione (a 1 mm di deformazione)	- Forza di compressione
	- Resistenza alla compressione
Controllo delle variazioni dimensionali	- Dimensioni iniziali e dimensioni dopo i trattamenti
	- Variazioni dimensionali
Resistenza a trazione parallela delle facce	- Forza di trazione
	- Resistenza a trazione

La conformità di questi pannelli ai requisiti tecnici:

- Classe di reazione al fuoco;
- Garanzia di durata nel tempo;
- Resistenza all'umidità nel tempo a basse e ad alte temperature;
- Isolamento acustico;

sono stati testati presso altri laboratori.

Materiali e metodi

Sono stati presi in esame n° 5 pannelli di sughero agglomerato.

Tabella 2. Identificazione e caratteristiche nominali dei pannelli

PANNELLI	MASSA VOLUMICA	SPESORE
	[kg/m ³]	[mm]
A	150	50
B	180	50
C	200	50
D	230	50
E	250	45

Per la caratterizzazione dei pannelli sono state eseguite le seguenti prove:

Determinazione del contenuto di umidità

Il contenuto di umidità è stato misurato come rapporto percentuale fra la differenza della massa del provino misurata prima del controllo e la sua massa dopo essiccazione in stufa a $(103 \pm 2)^\circ\text{C}$. La determinazione è eseguita su cinque provini, ricavati da pannelli diversi, aventi dimensioni di circa (100 x 50) mm e spessore uguale allo spessore nominale del pannello.

Per la misura della massa è stata utilizzata una bilancia tecnica con risoluzione 0,001 g.

Determinazione della massa volumica

La massa volumica è stata misurata come rapporto tra la massa e il volume di un provino misurati dopo condizionamento in cella climatica ad una temperatura di $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ ed umidità relativa di $(50 \pm 7) \%$ per 48 ore. Le misure sono eseguite su cinque provini, ricavati da pannelli diversi, aventi dimensioni di circa (200 x 200) mm e spessore uguale allo spessore nominale del pannello.

Per la misura della massa è stata utilizzata una bilancia tecnica con risoluzione 0,001 g. Per le misure della lunghezza e della larghezza è stato utilizzato un metro digitale avente campo di misura da 0 a 5.500 mm e risoluzione 0,1 mm, per la misura dello

spessore è stato utilizzato un comparatore digitale con tastatore piatto, avente campo di misura da 0 a 50 mm e risoluzione 0,001 mm.

Determinazione della resistenza all'acqua bollente

La prova si basa su una valutazione visiva dello stato del provino dopo immersione in acqua bollente per un'ora. Il controllo per ogni tipologia di pannello, è eseguito su 5 provini, ricavati da pannelli diversi, aventi dimensioni di circa(100 x 50) mm e spessore uguale allo spessore nominale del pannello.

Determinazione della resistenza a compressione con deformazione al 50 %

Questa prova misura la resistenza a compressione ed il recupero visco-elastico di un provino di sezione quadrata sottoposto ad una forza di compressione tale da ridurre del 50 % lo spessore. La resistenza a compressione è rilevata in corrispondenza del massimo carico applicato da un piatto in acciaio collegato alla traversa mobile di un dinamometro.

La prova è stata eseguita, per ogni tipologia di pannello, su 5 provini, ricavati da pannelli diversi, aventi sezione quadrata (45 x 45) mm e spessore uguale allo spessore nominale del pannello. I provini, prima della prova, sono stati condizionati in camera climatica per (48 ± 2) ore alla temperatura di $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ e umidità relativa di $(50 \pm 7) \%$. È stato rilevato anche il recupero dopo compressione a un minuto, 1 ora e 24 ore. Il recupero è espresso in percentuale ed è misurato come rapporto tra lo spessore del provino dopo l'intervallo di tempo prefissato e il suo valore iniziale.

Per la prova è stato utilizzato un dinamometro elettronico con risoluzione di 1 N, dotato di due piatti in acciaio. La velocità della traversa del dinamometro è stata regolata a 40 mm/min $\pm 1 \%$.

Determinazione della resistenza alla compressione con 1 mm di deformazione

Questa prova misura la resistenza a compressione di un provino di sezione quadrata sottoposto ad una forza di compressione tale da ridurre di 1 mm lo spessore. La

resistenza a compressione è rilevata in corrispondenza del massimo carico applicato da un piatto in acciaio collegato alla traversa mobile di un dinamometro.

La prova è stata eseguita, per ogni tipologia di pannello, su 5 provini, ricavati da pannelli diversi, aventi sezione quadrata (45 x 45)mm e spessore uguale allo spessore nominale del pannello, preventivamente condizionati in camera climatica per (48 ± 2) ore alla temperatura di (23 ± 2) °C e umidità relativa di (50 ± 7) %.

Per la prova è stato utilizzato un dinamometro elettronico con risoluzione di 1 N, dotato di due piatti in acciaio. La velocità della traversa del dinamometro è stata regolata a 40 mm/min ± 1 %.

Determinazione della resistenza a trazione parallela alle facce

Questa prova misura la resistenza a trazione parallela alle facce di un provino fissato tra due ganasce in corrispondenza del massimo carico applicato.

La prova è stata eseguita, per ogni tipologia di pannello, su 5 provini, ricavati da pannelli diversi, aventi dimensioni (100 x 50) mm e spessore uguale allo spessore nominale del pannello. I provini, prima della prova, sono stati condizionati in camera climatica per (48 ± 2) ore alla temperatura di (23 ± 2) °C e umidità relativa di (50 ± 7)%. Per la prova stato utilizzato un dinamometro elettronico con risoluzione di 1 N, dotato di una ganascia fissa e di una ganascia mobile, contrapposte verticalmente e distanti 12 mm. La velocità della traversa del dinamometro, cui è collegata la ganascia mobile, è costante e regolata a 300 mm/min ± 1 %.

Determinazione delle variazioni dimensionali

Questa prova misura le variazioni delle dimensioni lineari di provini sottoposti a condizioni specificate di temperatura e di umidità relativa per periodi determinati.

Complessivamente i provini sono stati sottoposti a 4 trattamenti:

- a) Temperatura di (23 ± 2) °C ed umidità relativa di (70 ± 7) % per (10 ± 2) giorni;
- b) Temperatura di (60 ± 2) °C ed umidità relativa di (65 ± 7) % per (10 ± 2) giorni;
- c) Temperatura di (60 ± 2) °C per (10 ± 2) giorni;

d) Temperatura di (40 ± 2) °C per (10 ± 2) giorni.

Per i primi due trattamenti è stata utilizzata una cella climatica con campi di misura $T = (+10 \div +95)$ °C e $U_R = (+10 \div +98)$ % e risoluzione $T = 0,1$ °C e $U_R = 0,1$ %.

Per i trattamenti nn° c) e d) è stata utilizzata una stufa a circolazione d'aria con campo di misura $(0 \div 300)$ °C e risoluzione $0,1$ °C.

Per ciascuna tipologia di pannello, per ogni trattamento sono stati utilizzati 12 provini aventi dimensioni di circa (200×200) mm e spessore uguale allo spessore nominale del pannello. Prima della prova i provini sono stati condizionati in camera climatica per (48 ± 2) ore alla temperatura di (23 ± 2) °C e umidità relativa di (50 ± 7) %.

La lunghezza e la larghezza sono state rilevate utilizzando un metro digitale avente campo di misura da 0 a 5.500 mm e risoluzione $0,1$ mm lo spessore è stato rilevato con un comparatore digitale con tastatore piatto avente campo di misura da 0 a 50 mm e risoluzione $0,001$ mm.

La prestazione termica

La prestazione termica dei pannelli è stata determinata mediante l'applicazione del metodo UNI EN 12667: 2002 *Prestazione termica dei materiali e dei prodotti per edilizia – Determinazione della resistenza termica con il metodo della piastra calda con anello di guardia e con il metodo del termoflussimetro. Prodotti con alta e media resistenza termica*. La prova è stata eseguita alla temperatura media di 10 °C con ΔT di 20 °C. Per ogni tipologia di pannello la prova è stata eseguita su n° 3 provini ricavati da pannelli diversi.

Lo sfasamento termico e il fattore di attenuazione (smorzamento) sono state determinate in conformità alla UNI EN ISO 13786:2008 con l'ausilio del foglio di calcolo “*UNI-EN-ISO-13786_Andrea_Ursini_Casalena-mygreenbuildings.org_V2-2.xls*”, disponibile sul sito internet www.mygreenbuildings.org.

Per lo studio, sono stati sottoposti a test, complessivamente, n° 246 provini

Analisi dei risultati

Tabella 3. Schema riassuntivo dei risultati, espressi come valori medi, dei controlli preliminari eseguiti sui pannelli in esame.

PROVA	PANNELLI DI SUGHERO BIONDO AGGLOMERATO				
	A	B	C	D	E
Spessore	50,4 mm	50,7 mm	49,5 mm	53,8 mm	44,8 mm
Controllo della massa volumica apparente	147,52 kg/m ³	180,31 kg/m ³	205,61 kg/m ³	229,31 kg/m ³	246,00 kg/m ³
Controllo del contenuto di umidità	5,1 %	5,7 %	6,2 %	6,5 %	6,0 %

Tabella 4. Schema riassuntivo dell'analisi delle prestazioni termiche dei 5 pannelli in esame.

GRANDEZZE TERMICHE	PANNELLI DI SUGHERO BIONDO AGGLOMERATO				
	A	B	C	D	E
Conducibilità termica <i>Prova effettuata a $T_m = 10\text{ °C}$ e $\Delta T = 20\text{ °C}$.</i>	0,0437 W/m·K	0,0466 W/m·K	0,0467 W/m·K	0,0504 W/m·K	0,0512 W/m·K
Resistenza termica <i>Prova effettuata a $T_m = 10\text{ °C}$ e $\Delta T = 20\text{ °C}$.</i>	1,1680 m ² ·K/W	1,0955 m ² ·K/W	1,0688 m ² ·K/W	1,0709 m ² ·K/W	0,8711 m ² ·K/W
Gradiente termico <i>Prova effettuata a $T_m = 10\text{ °C}$ e $\Delta T = 20\text{ °C}$.</i>	392,8 K/m	391,7 K/m	400,2 K/m	370,5 K/m	448,3 K/m
Flusso termico medio <i>Prova effettuata a $T_m = 10\text{ °C}$ e $\Delta T = 20\text{ °C}$.</i>	17,1 W/m ²	18,3 W/m ²	18,7 W/m ²	18,6 W/m ²	23,0 W/m ²
Sfiamamento Termico	52 minuti	60 minuti	67 minuti	80 minuti	60 minuti
Fattore di attenuazione	0,989	0,985	0,983	0,975	0,985

Tabella 5. Schema riassuntivo dei risultati delle prove dinamometriche eseguite sui 5 pannelli in esame.

PROVA	PANNELLI DI SUGHERO BIONDO AGGLOMERATO				
	A	B	C	D	E
Resistenza a compressione (50 % di deformazione) e recupero	0,78 MPa	0,91 MPa	0,77 MPa	1,24 MPa	1,45 MPa
	Recupero dopo 1 minuto: 92,90 %	Recupero dopo 1 minuto: 92,4 %	Recupero dopo 1 minuto: 93,6 %	Recupero dopo 1 minuto: 92,5 %	Recupero dopo 1 minuto: 91,5 %
	Recupero dopo 1 ora: 95,1 %	Recupero dopo 1 ora: 94,6 %	Recupero dopo 1 ora: 95,7 %	Recupero dopo 1 ora: 94,5 %	Recupero dopo 1 ora: 93,7 %
Resistenza a compressione (a 1 mm di deformazione)	Recupero dopo 24 ore: 96,0 %	Recupero dopo 24 ore: 95,4 %	Recupero dopo 24 ore: 96,3 %	Recupero dopo 24 ore: 95,1 %	Recupero dopo 24 ore: 94,4 %
	0,05 MPa	0,07 MPa	0,08 MPa	0,05 MPa	0,17 MPa
Resistenza a trazione parallela alle facce.	0,11 MPa	0,16 MPa	0,12 MPa	0,35 MPa	0,61 MPa

Tabella 6. Schema riassuntivo dei valori medi delle variazioni dimensionali dei cinque pannelli in esame sottoposti a 4 diversi trattamenti.

PROVA	PANNELLI DI SUGHERO BIONDO AGGLOMERATO				
	A	B	C	D	E
Controllo delle variazioni dimensionali <i>Trattamento in cella climatica per 10 giorni a</i> <i>T = (23 ± 2) °C e Ur = (70 ± 7) %.</i>	Lunghezza: 0,1 % Larghezza: 0,1 % Spessore: 0,1 %	Lunghezza: 0,0 % Larghezza: 0,0 % Spessore: 0,1 %	Lunghezza: 0,2 % Larghezza: 0,1 % Spessore: 0,1 %	Lunghezza: 0,1 % Larghezza: 0,1 % Spessore: 0,1 %	Lunghezza: 0,2 % Larghezza: 0,1 % Spessore: 0,2 %
Controllo delle variazioni dimensionali <i>Trattamento in cella climatica per 10 giorni a</i> <i>T = (60 ± 2) °C e Ur = (65 ± 7) %.</i>	Lunghezza: 0,1 % Larghezza: 0,1 % Spessore: 1,5 %	Lunghezza: 0,1 % Larghezza: 0,0 % Spessore: 1,6 %	Lunghezza: 0,2 % Larghezza: 0,3 % Spessore: 1,1 %	Lunghezza: 0,1 % Larghezza: 0,1 % Spessore: 1,0 %	Lunghezza: 0,6 % Larghezza: 0,5 % Spessore: 0,4 %
Controllo delle variazioni dimensionali <i>Trattamento in stufa ventilata per 10 giorni a</i> <i>T = (40 ± 2) °C.</i>	Lunghezza: 0,4 % Larghezza: 0,3 % Spessore: 0,1 %	Lunghezza: 0,3 % Larghezza: 0,4 % Spessore: 0,2 %	Lunghezza: 0,1 % Larghezza: 0,1 % Spessore: 0,1 %	Lunghezza: 0,3 % Larghezza: 0,4 % Spessore: 0,4 %	Lunghezza: 0,7 % Larghezza: 0,7 % Spessore: 0,7 %
Controllo delle variazioni dimensionali <i>Trattamento in stufa ventilata per 10 giorni a</i> <i>T = (60 ± 2) °C.</i>	Lunghezza: 0,4 % Larghezza: 0,4 % Spessore: 0,4 %	Lunghezza: 0,4 % Larghezza: 0,4 % Spessore: 0,2 %	Lunghezza: 0,1 % Larghezza: 0,0 % Spessore: 0,2 %	Lunghezza: 0,6 % Larghezza: 0,5 % Spessore: 0,8 %	Lunghezza: 1,0 % Larghezza: 1,1 % Spessore: 1,2 %

Nessuno dei pannelli sottoposti alla prova di resistenza all'acqua bollente ha mostrato disaggregazione dell'agglomerato.

Gli spessori dei pannelli A, B, C e D sono compresi nell'intervallo 50÷60 mm richiesto dai progettisti, mentre, il pannello E ha uno spessore inferiore.

Le masse volumiche risultano crescenti dal pannello A al pannello E.

I valori di conduttività termica rientrano nell'intervallo richiesto per tutti i pannelli ma nessuno di questi garantisce uno sfasamento termico maggiore o uguale a 2 ore come richiesto.

Riguardo la resistenza a compressione al 50% di deformazione i pannelli D ed E presentano i valori più alti. Il maggior recupero dimensionale dopo questa compressione è stato registrato per il pannello C, mentre, il recupero minore si è avuto per il pannello E.

La maggior resistenza a compressione a 1 mm di deformazione è stata registrata per il pannello E.

Riguardo la resistenza a trazione parallela alle facce, i pannelli A, B e C presentano valori medi compresi fra 0,11 e 0,16 MPa. I valori medi più alti si registrano per i pannelli D ed E, rispettivamente, 0,35 e 0,61 MPa.

Riguardo le variazioni dimensionali i trattamenti più critici sono risultati quello in cella climatica per 10 giorni a $T = (60 \pm 2) ^\circ\text{C}$ e $U_r = (65 \pm 7) \%$ e quello in stufa ventilata per 10 giorni a $T = (60 \pm 2) ^\circ\text{C}$.

In particolare, dopo il trattamento in cella climatica lo spessore dei provini A, B, C e D ha registrato variazioni comprese tra 1,0 e 1,6 %, mentre, le altre dimensioni lineari hanno registrato variazioni comprese tra 0 e 0,3 %. Per il pannello E si registrano variazioni dimensionali dello spessore inferiori a quelle degli altri pannelli (0,4%). Per le altre dimensioni lineari questo pannello registra variazioni doppie rispetto agli altri pannelli. (0,5-0,6%).

Dopo il trattamento in stufa ventilata il pannello C registra le minori variazioni delle dimensioni lineari. In particolare la lunghezza, la larghezza e lo spessore variano, rispettivamente, di 0,1%, 0% e 0,2%. Il pannello E, invece, dopo questo trattamento,

registra le variazioni dimensionali più alte con valori di lunghezza, larghezza e spessore, rispettivamente, di 1%, 1,1% e 1,2%.

Conclusioni

La caratterizzazione dei pannelli di sughero agglomerato presi in esame nel presente lavoro ha messo in evidenza che i pannelli C, D ed E hanno registrato i migliori risultati rispetto ai prodotti A e B. Riguardo lo sfasamento temporale nessuno dei pannelli raggiunge l'intervallo richiesto di 2 ore. Si può osservare, tuttavia, che i pannelli C, D ed E potrebbero raggiungere questo sfasamento termico se lo spessore da 45-50 mm fosse portato a 70 mm.

Ringraziamenti

Hanno partecipato al progetto i Sigg.ri Annamaria Inzaina, Mauro Maciocco, Roberta Manuedda e Gavino Saba che si ringraziano per la fattiva collaborazione nello svolgimento delle attività di competenza.

Riferimenti Bibliografici

[Roberta Dragone](#). “Milano: nasce l’area Porta Nuova” (Internet) - 15/06/2007 (consultato il 14 Dicembre 2012). Disponibile all’indirizzo: <http://www.edilportale.com>.

[Roberta Dragone](#). “Milano Porta Nuova: affidati 200 mln di lavori” (Internet) - 07/04/2010 (consultato il 14 Dicembre 2012). Disponibile all’indirizzo: <http://www.edilportale.com>.

Porta-nuova.com (Internet). Disponibile all’indirizzo: <http://www.porta-nuova.com>.

L. Agnoletto, P. Brunello, N. Torbol, R. Zecchin, *Metodo semplificato per la valutazione del comportamento termico degli edifici in regime periodico stabilizzato, Risparmio di energia nel riscaldamento degli edifici*, n° 3, C.N.R. – PEG, 1980.

L. De Santoli, *Fisica Tecnica Ambientale*, Vol. 2, CEA, Milano.

Metodica interna SSS 042 - SGQ 04/2003 – 00 “Controllo del contenuto di umidità”.

Metodica interna SSS 043 - SGQ 04/2003 – 00 “Controllo massa volumica”.

Metodica interna SSS 045 - SGQ 04/2003 – 00 “Resistenza all’acqua bollente”.

Metodica interna SSS 041 - SGQ 04/2003 – 00 “Resistenza a flessione”.

Metodica interna SSS 039 - SGQ 06/2012 – 01 “Resistenza alla compressione (deformazione al 50 %) e recupero”.

Metodica interna SSS 040 - SGQ 06/2012 – 01 “Resistenza a compressione (1 mm di deformazione)”.

Metodica interna SSS 038 - SGQ 04/2003 – 00 “Resistenza a trazione parallela delle facce”.

Metodica interna SSS 050 - SGQ 04/2003 – 00 “Controllo delle variazioni dimensionali”.

UNI EN 12667:2002 “Prestazione termica dei materiali e dei prodotti per edilizia. Determinazione della resistenza termica con il metodo della piastra calda con anello di guardia e con il metodo del termoflussimetro. Prodotti con alta e media resistenza termica”.

ISO 9869:1994 “Thermal insulation – Building elements - In-situ measurement of thermal resistance and thermal transmittance”.

UNI EN ISO 13786:2008 “Prestazione termica dei componenti per edilizia - Caratteristiche termiche dinamiche - Metodi di calcolo”.

UNI EN ISO 6946:2008 “Componenti ed elementi per edilizia - Resistenza termica e trasmittanza termica - Metodo di calcolo”.

UNI EN 15603:2008 “Prestazione energetica degli edifici - Consumo energetico globale e definizione dei metodi di valutazione energetica”.