

RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA CON MATERIALI NATURALI: SOLUZIONI A CONFRONTO IN UN'ESPERIENZA DIDATTICA.

di

* Elena Montacchini, Maria Cristina Azzolino, Angela Lacirignola

Introduzione

Il dibattito sul tema della riqualificazione energetica del patrimonio edilizio esistente e delle soluzioni tecnologiche da adottare per migliorarne le prestazioni coinvolge da anni professionisti, imprese e università. Una delle ragioni è legata all'età e alle caratteristiche proprie di tale patrimonio che presenta ponti termici nei nodi strutturali e dispersioni dall'involucro e dai serramenti che comportano elevate perdite annue di energia per garantire condizioni di comfort interno.

Gli interventi di riqualificazione si concentrano prevalentemente sull'involucro edilizio, attraverso il quale, con un incremento delle sole prestazioni di isolamento termico, è possibile abbattere il fabbisogno energetico del 30-50% [Gaspari, 2012].

Focalizzando quindi l'attenzione sull'isolamento termico, per la scelta della tipologia specifica di prodotto è necessario considerare le prestazioni energetiche e tecnologiche degli isolanti nell'intero ciclo di vita [Giordano, 2010].

Questo contributo, in particolare, vuole indagare le prestazioni offerte dagli isolanti naturali - che stanno riscontrando un crescente interesse da parte dei professionisti che vogliono orientare le loro scelte progettuali verso materiali ecocompatibili - attraverso la descrizione di una attività didattica indirizzata a valutarne l'applicabilità nell'ambito della riqualificazione edilizia.

Innanzitutto cosa intendiamo per isolanti naturali? La letteratura scientifica propone diverse modalità di classificazione, a partire dall'o-

rigine del materiale, dalla sua composizione e struttura, dal processo produttivo.

Il termine naturale è in questo contesto utilizzato nell'accezione di "prodotto di origine naturale (animale, vegetale o minerale), ovvero, non di sintesi chimica, che derivi da materiali rinnovabili, che non emetta sostanze inquinanti per l'ambiente e dannose per l'uomo, che sia riciclabile o biodegradabile e che richieda un basso contenuto di energia per l'intero suo ciclo di vita" [Fassi et al., 2009].

Gli isolanti naturali tra tradizione e innovazione: un'esperienza didattica

Il contributo riporta i risultati di un'esperienza didattica - il Workshop introduttivo *Costruire con materiali naturali: tecniche tradizionali e soluzioni innovative* - svolta nell'ambito delle lauree magistrali in architettura al Politecnico di Torino e finalizzata ad approfondire il tema dell'uso dei materiali naturali nelle costruzioni.

I workshop introduttivi, destinati ciascuno ad un numero massimo di 25 studenti, vengono organizzati per gli iscritti alle tre lauree magistrali (Architettura per il Restauro e Valorizzazione del Patrimonio, Architettura per il progetto sostenibile, Architettura Costruzione Città), con l'obiettivo di coinvolgerli in attività didattiche innovative su temi che interessano aspetti diversi dell'architettura, dalla rappresentazione alla progettazione, dalla tecnologia alla fisica tecnica. Sono attività concentrate in una settimana, all'inizio dell'anno accademico e cercano di indirizzare gli studenti verso tematiche specifiche che possano suscitare il loro interesse e essere

oggetto di approfondimenti successivi anche all'interno di una tesi di laurea o di un tirocinio. In particolare, in questo workshop, si è voluto focalizzare l'attenzione sui materiali isolanti naturali per offrire agli studenti l'opportunità di testare soluzioni, pacchetti tecnologici, talvolta già impiegati in passato, nell'ambito di quella che possiamo definire architettura spontanea, e che oggi possono trovare impieghi anche innovativi nella riqualificazione del patrimonio esistente.

Attraverso attività seminariali, visite in cantiere, attività pratiche di laboratorio, sono state presentate e messe a confronto soluzioni tecniche che utilizzano materiali di origine naturale come la paglia, la canapa, la terra cruda; le modalità di posa in opera; le prestazioni dal punto di vista energetico e tecnologico.

I seminari tecnici con le aziende hanno fornito il punto di vista di chi produce e deve inserirsi in un mercato dell'edilizia in continua evoluzione;

i progettisti hanno presentato le loro esperienze di lavoro in cui hanno adottato questi materiali mettendo in evidenza punti di forza e criticità; le visite in cantiere sono state utili per poter constatare in modo diretto le caratteristiche di posa in opera e le modalità di gestione dei materiali all'interno del cantiere stesso; le attività di *learning by doing* in laboratorio hanno consentito di effettuare esperienze pratiche di assemblaggio; in ultimo, le attività di simulazione termoigrometrica e l'analisi delle banche dati hanno permesso la valutazione delle prestazioni energetiche dei materiali.

Il lavoro degli studenti: progetto e simulazione

A conclusione del workshop è stata proposta una esercitazione in cui si chiedeva agli studenti di impiegare i materiali di origine naturale in un intervento di riqualificazione energetica dell'esistente e



Figura 1: Attività di tipo seminariale in azienda e in aula



Figura 2: Attività pratiche in cantiere e in laboratorio

simularne le prestazioni fisico tecniche.

Nella prima fase di lavoro hanno approfondito, attraverso lo studio della letteratura tematica e delle schede tecniche dei produttori, le prestazioni, i nodi tecnologici e le modalità di impiego di uno o più materiali a loro scelta. Successivamente hanno definito la stratigrafia dell'intervento e simulato il comportamento termoigrometrico utilizzando il software della Suite Anit PAN 7.1.

Nella fase finale di interpretazione dei risultati hanno confrontato i valori prestazionali calcolati e la fattibilità tecnica dell'intervento in relazione agli spessori necessari e alle modalità di cantiere e posa in opera. Non è stata richiesta la valutazione economica delle soluzioni progettuali proposte.

Come oggetto di analisi è stato scelto un edificio 'tipo' realizzato nel nord Italia negli anni Sessanta-Settanta del Novecento, periodo in cui gli edifici venivano costruiti, per la maggior parte, con struttura portante in cemento armato e chiusure verticali di tamponamento in laterizi forati prive di isolamento termico.

Nello specifico è stata fornita la stratigrafia di una parete perimetrale a cassavuota di un edificio residenziale monofamiliare in zona climatica E (DPR 412 26/8/1993).

A partire dalla stratigrafia data gli studenti hanno proposto diverse soluzioni tecnologiche di isolamento termico impiegando paglia, canapa, sughero e terra, all'esterno, all'interno o in intercapedine, e per ognuna hanno calcolato la trasmittanza termica U [W/m^2K], la trasmittanza termica periodica Y_{ie} [W/m^2K], lo sfasamento [h] ed effettuata la verifica del rischio muffa e della condensa superficiale e interstiziale.

Nella fase di calcolo, con l'obiettivo di riuscire a valutare più soluzioni nel poco tempo a disposizione, sono state concesse alcune semplificazioni: l'intervento ha riguardato la sola parete perimetrale esposta a sud e non l'intero involucro edilizio; il calcolo della trasmittanza termica è stato eseguito senza includere l'effetto dei ponti termici.

Per contro è stato chiesto il confronto con il valore di trasmittanza termica limite più restrittivo richiesto a partire dal 1° gennaio 2021 (DM 26/06/2015, appendice B, tabella 1), anche in considerazione del fatto che sarà il parametro che gli studenti dovranno rispettare nella loro professione futura.

Per i materiali non presenti nella banca dati del software, i valori di densità ρ [kg/m^3], conducibilità termica λ [W/mK], fattore di resistenza

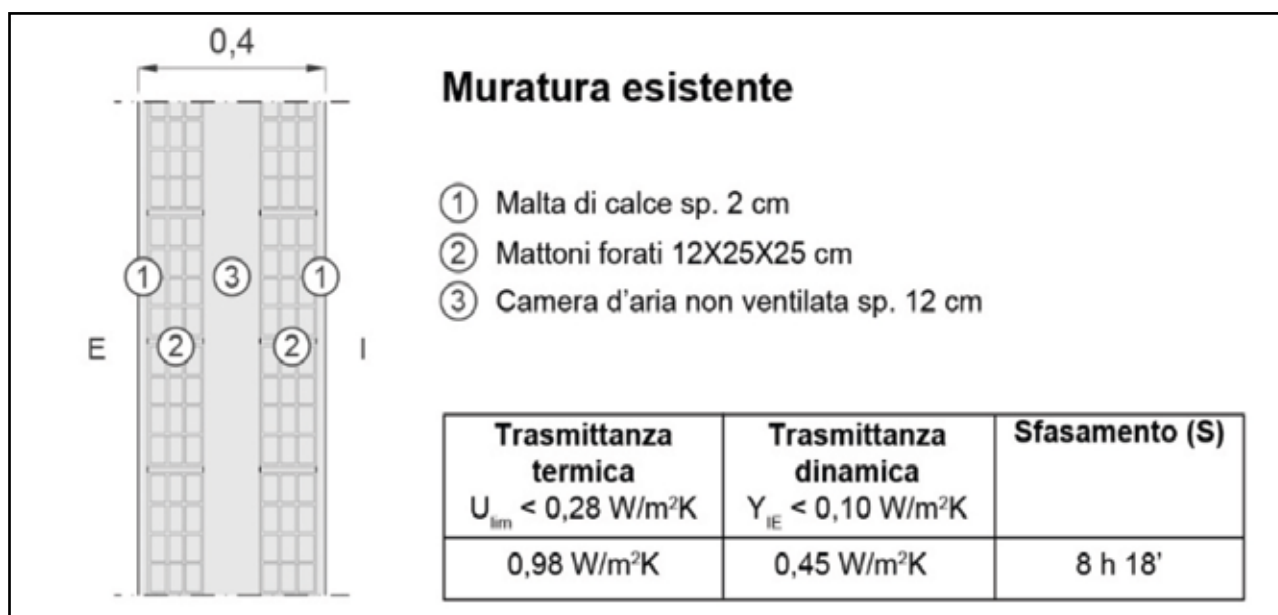


Figura 3: Stratigrafia parete perimetrale esistente

	Press. Est.	Interf. 1	Interf. 2	Interf. 3	Interf. 4	Interf. 5	Interf. 6	Interf. 7	Interf. 8	Interf. 9	Interf. 10	Press. Int.
ottobre	1435.6	1444.1	1466.5	1513.4	1561.7	1611.3	1662.2	1714.6	1768.4	1823.7	1880.5	2298.4
	1174.8	1177.1	1182.5	1186.2	1189.8	1193.5	1197.1	1200.7	1204.4	1208.0	1211.7	1547.4
novembre	997.7	1003.3	1031.4	1091.3	1154.1	1220.2	1289.5	1362.3	1438.7	1518.8	1602.8	2271.0
	920.1	923.7	932.0	937.5	943.1	948.6	954.2	959.8	965.3	970.9	976.4	1488.6
dicembre	749.8	755.6	784.4	846.7	913.4	984.6	1060.6	1141.8	1228.4	1320.7	1419.0	2250.7
	650.9	655.4	665.8	672.8	679.8	686.8	693.8	700.8	707.8	714.8	721.8	1366.1
gennaio	674.6	680.3	709.0	771.1	837.9	909.8	987.1	1070.2	1159.3	1254.9	1357.3	2243.4
	555.0	559.7	571.0	578.5	586.0	593.5	601.0	608.5	616.0	623.5	631.1	1323.1
febbraio	771.5	777.3	806.2	868.5	934.9	1005.9	1081.5	1162.0	1247.8	1339.1	1436.3	2252.7
	614.6	618.9	629.2	636.0	642.9	649.7	656.6	663.4	670.3	677.1	684.0	1315.2
marzo	1102.6	1108.0	1135.2	1192.9	1253.0	1315.9	1381.5	1450.0	1521.4	1595.9	1673.5	2278.4
	883.7	886.9	894.4	899.5	904.5	909.6	914.6	919.7	924.7	929.7	934.8	1399.6
aprile	1406.6	1411.3	1434.3	1482.4	1532.1	1583.1	1635.7	1689.7	1745.4	1802.6	1861.5	2296.6
	929.1	931.5	937.1	940.9	944.7	948.4	952.2	956.0	959.7	963.5	967.3	1314.3
maggio	2064.2	2064.2	2064.2	2064.2	2064.2	2064.2	2064.2	2064.2	2064.2	2064.2	2064.2	2064.2
	1349.0	1350.1	1352.6	1354.2	1355.9	1357.6	1359.2	1360.9	1362.6	1364.3	1365.9	1519.6
giugno	2666.9	2666.9	2666.9	2666.9	2666.9	2666.9	2666.9	2666.9	2666.9	2666.9	2666.9	2666.9
	1608.8	1609.4	1610.8	1611.8	1612.8	1613.8	1614.8	1615.7	1616.7	1617.7	1618.7	1708.8
luglio	2918.8	2918.8	2918.8	2918.8	2918.8	2918.8	2918.8	2918.8	2918.8	2918.8	2918.8	2918.8
	1577.0	1577.7	1579.1	1580.1	1581.1	1582.0	1583.0	1584.0	1585.0	1586.0	1586.9	1677.0
agosto	2737.3	2737.3	2737.3	2737.3	2737.3	2737.3	2737.3	2737.3	2737.3	2737.3	2737.3	2737.3
	1994.1	1994.7	1996.2	1997.2	1998.1	1999.1	2000.1	2001.1	2002.0	2003.0	2004.0	2094.1
settembre	2216.3	2216.3	2216.3	2216.3	2216.3	2216.3	2216.3	2216.3	2216.3	2216.3	2216.3	2216.3
	1651.3	1652.1	1654.0	1655.2	1656.5	1657.8	1659.1	1660.3	1661.6	1662.9	1664.2	1781.6

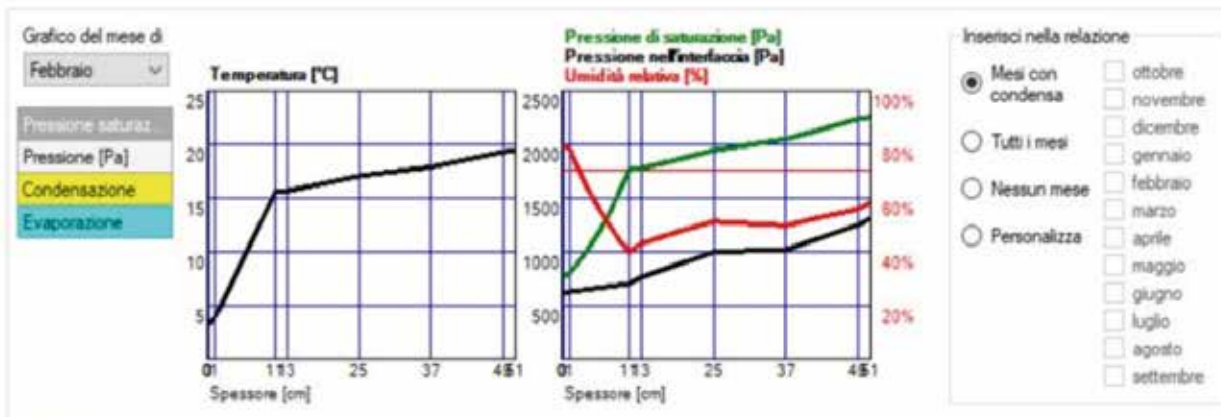


Figura 4: Software PAN 7.1: esempio di verifica del rischio muffa e della condensa superficiale e interstiziale

al vapore μ [-], calore specifico c [J/kgK], sono stati desunti dalle schede tecniche o dalla letteratura ai fini dell'esercitazione.

Si riportano di seguito alcune delle soluzioni proposte con i relativi valori di trasmittanza termica e sfasamento calcolati. I dati dei materiali isolanti utilizzati sono i seguenti:

- Pannello isolante in canapa: $\lambda_D=0.039$ W/mK, $\rho= 98$ kg/m³, $\mu=4$, $c=2300$ J/kgK; fonte dei dati: marcature CE del prodotto

- Isolante in calce canapa in intercapedine: $\lambda_D=0.050$ W/mK, $\rho= 160$ kg/m³, $\mu=5$, $c=1700$ J/kgK; fonte dei dati: marcature CE del prodotto

- Pannello isolante in sughero: $\lambda_D=0.039$ W/mK, $\rho= 110$ kg/m³, $\mu=20$, $c=1900$ J/kgK; fonte dei dati: marcature CE del prodotto

- Sughero granulato tostato in intercapedine: $\lambda_D=0.041$ W/mK, $\rho= 70$ kg/m³, $\mu=3$, $c=1900$ J/kgK; fonte dei dati: marcature CE del prodotto

- Pannelli in fibra di canapa: $\lambda_D=0.040$ W/mK, $\rho= 40$ kg/m³, $\mu=2$, $c=2300$ J/kgK; fonte dei dati: marcature CE del prodotto

- Lastra in terra cruda: $\lambda_D=0.350$ W/mK, $\rho= 1600$ kg/m³, $\mu=7.5$, $c=1100$ J/kgK; fonte dei dati: marcature CE del prodotto

0,51

Pannelli in fibra di canapa: cappotto esterno

- ① Intonaco e strato di finitura in calce-canapa sp. 1,3 cm
- ② Pannello isolante in canapa sp. 10 cm

Trasmittanza termica $U_{lim} < 0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$	Trasmittanza dinamica $Y_{IE} < 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$	Sfasamento (S)
0,27 W/m ² K	0,03 W/m ² K	13 h 55'

0,5

**Pannelli in fibra di canapa: cappotto esterno
Calce-canapa: insufflaggio in intercapedine**

- ① Intonaco e strato di finitura in calce-canapa sp. 1,3 cm
- ② Pannello isolante in canapa sp. 10 cm
- ③ Isolante in calce canapa in intercapedine sp. 12 cm

Trasmittanza termica $U_{lim} < 0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$	Trasmittanza dinamica $Y_{IE} < 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$	Sfasamento (S)
0,23 W/m ² K	0,01 W/m ² K	17 h 29'

0,53

Pannelli in fibra di canapa: cappotto interno

- ① Pannello isolante in canapa sp. 12 cm
- ② Intonaco e strato di finitura in calce-canapa sp. 1,3 cm

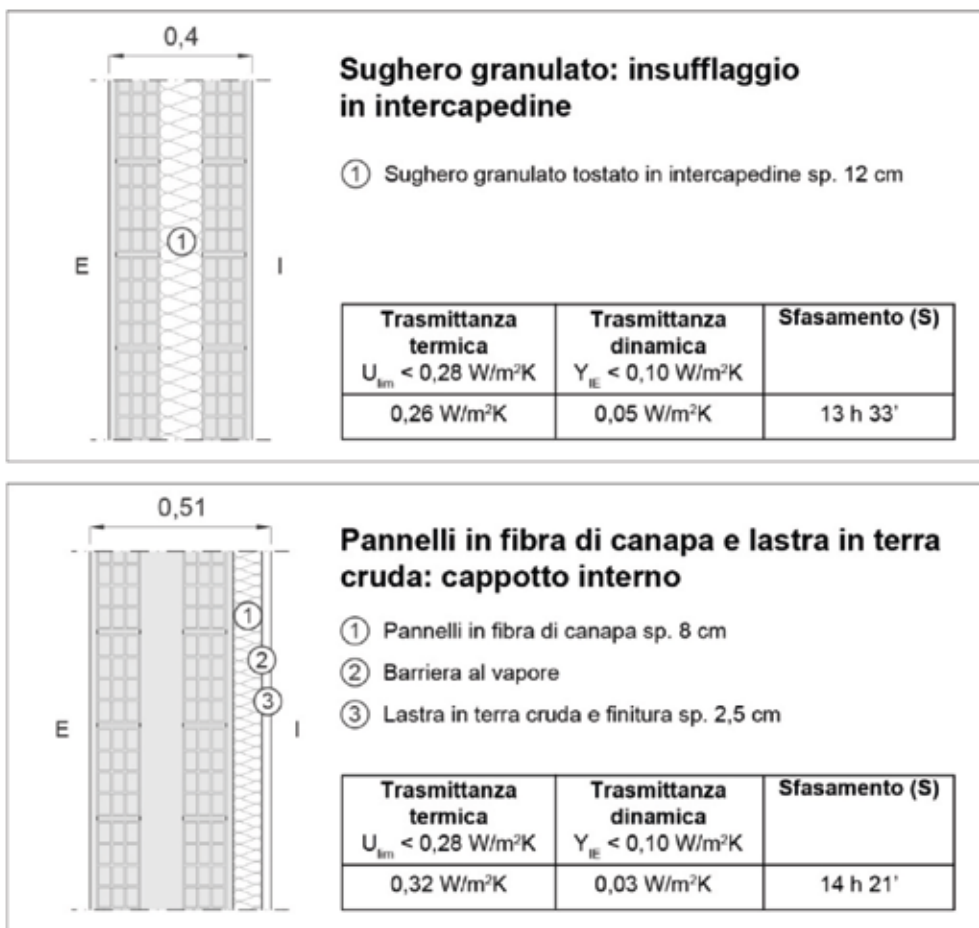
Trasmittanza termica $U_{lim} < 0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$	Trasmittanza dinamica $Y_{IE} < 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$	Sfasamento (S)
0,24 W/m ² K	0,03 W/m ² K	14 h 3'

0,64

Pannelli in sughero: cappotto esterno

- ① Malta di calce sp. 2 cm
- ② Collante con microgranuli di sughero sp. 1 cm
- ③ Pannello isolante in sughero sp. 20 cm


Trasmittanza termica $U_{lim} < 0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$	Trasmittanza dinamica $Y_{IE} < 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$	Sfasamento (S)
0,16 W/m ² K	0,01 W/m ² K	20 h 41'



Conclusioni

La discussione finale e collettiva dell'esperienza ha confermato la valenza formativa di questo tipo di workshop basati sul coinvolgimento diretto di aziende e professionisti e sulla conoscenza materica dei prodotti impiegati in edilizia in un'ottica di *learning by doing*. Dal punto di vista didattico gli studenti hanno potuto ampliare la casistica di materiali isolanti da impiegare nei progetti durante le lauree magistrali e nella loro professione futura, rafforzare le loro competenze imparando a leggere le schede tecniche e a selezionare i dati utili in relazione all'impiego, acquisire capacità tecniche di utilizzo di un software di simulazione e di interpretazione dei risultati. È stato così raggiunto l'obiettivo formativo di condurre gli studenti ad approcciarsi al progetto in maniera consapevole e a valutare l'efficacia di una soluzione tenendo in conto una pluralità di parametri.

Dal punto di vista della ricerca l'implementazione delle soluzioni tecnologiche potrebbe essere la premessa per la costruzione di una banca dati

che possa servire come strumento per indirizzare le scelte progettuali attraverso la comparazione di diverse opzioni valutate nelle loro prestazioni tecnologiche ed energetiche. 

** Elena Montacchini,
 Dipartimento di Architettura e Design,
 Politecnico di Torino.*

*Maria Cristina Azzolino,
 Laboratorio di Analisi e Modellazione
 dei Sistemi Ambientali (LAMSA),
 Dipartimento di Architettura e Design,
 Politecnico di Torino.*

*Angela Lacirignola
 Laboratorio Sistemi Tecnologici Innovativi (LaSTIn),
 Dipartimento di Architettura e Design,
 Politecnico di Torino,*

Studenti partecipanti

Abi Khaled Federica, Alovisi Francesco, Beccari Cecilia, Benigno Alessandra, Calorio Federico,

Cerutti Alessia, Crisumma Alice, Di Lisa Andrea, Gardellini Lorenzo, Giardino Sara, Guastalegname Chiara, Guttero Andrea, Manca Alessandra Andrea, Marotta Daniele Dominique, Marvelli Alessio, Masiero Gabriele, Massucco Chiara, Mele Antonio, Menegon Elena, Monaco Christian, Moscardo Gloria, Mussino Alessandro, Rosselli Francesco, Soro Valentina, Uleri Francesca

Bibliografia

Alessandro Fassi, Laura Maina, *L'isolamento ecoefficiente: guida all'uso dei materiali naturali*. Edizione Ambiente, Milano, 2009.

Jacopo Gaspari, *Trasformare l'involucro: la strategia dell'addizione nel progetto di recupero*. Monfalcone (GO), Edicom Edizioni, 2012.

Roberto Giordano, *I prodotti per l'edilizia sostenibile*. Sistemi Editoriali, Napoli, 2010.

Matteo Borghi, Valeria Erba, Rossella Esposti, Giorgio Galbusera, Alessandro Panzeri, Daniela Petrone, *I materiali isolanti. Guida all'approccio prestazionale per la scelta dei materiali isolanti*, Collana L'isolamento termico e acustico vol.1, TEP s.r.l., Milano, 2013

Riferimenti legislativi

Decreto Interministeriale 26 giugno 2015

Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici.

Decreto Ministero dello Sviluppo Economico 26 giugno 2009

Linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici

UNI 10351:2015. Materiali da costruzione. Conduttività termica e permeabilità al vapore

UNI/TR 11552:2014. Abaco delle strutture costituenti l'involucro opaco degli edifici - Parametri termofisici

UNI EN ISO 13788:2013 Prestazione igrotermica dei componenti e degli elementi per edilizia - Temperatura superficiale interna per evitare l'umidità superficiale critica e la condensazione interstiziale - Metodi di calcolo

UNI EN ISO 10456:2008. Materiali e prodotti per edilizia - Proprietà igrometriche - Valori tabulati di progetto e procedimenti per la determinazione dei valori termici dichiarati e di progetto

UNI EN ISO 6946:2008. Componenti edilizi ed elementi per l'edilizia. Resistenza termica e trasmittanza termica. Metodo di calcolo.

UNI EN ISO 13786:2008. Prestazione termica dei componenti per l'edilizia. Caratteristiche termiche dinamiche. Metodi di calcolo.

Rielaborazioni grafiche

Andrea Gruppo