

Materiali naturali per l'efficienza energetica negli edifici

Il patrimonio edilizio mondiale raddoppierà entro il 2060 e per contrastare i cambiamenti climatici, sarà cruciale abbattere le emissioni di gas serra nella realizzazione di edifici nuovi o negli interventi di riqualificazione. Nell'ambito del progetto SOS, l'ENEA sta sperimentando lo sviluppo di pannelli strutturali multifunzionali, eco-sostenibili e 'intelligenti' basati sull'utilizzo di materiali naturali di origine vegetale o animale come la canapa o la lana che consentono di ridurre fortemente la CO₂ in sostituzione di quelli di origine petrolchimica.

DOI 10.12910/EAI2020-079

di Vincenza A.M. Luprano, Responsabile Scientifico ENEA del progetto SOS; Patrizia Aversa, Laboratorio Controlli Non Distruttivi e Monitoraggi Indoor; Tommaso Marcianò, Laboratorio Polimeri; Anna Mevoli, Laboratorio materiali funzionali e tecnologie per applicazioni sostenibili; Monica Schioppa, Laboratorio Analisi Termiche, ENEA

Abitazioni e capannoni producono l'11% delle emissioni globali di CO₂, pari al 40% del totale, già nel processo di costruzione e durante l'intero ciclo di vita dell'edificio. Il resto è prodotto dalla loro gestione, dall'energia utilizzata per riscaldare, raffreddare e illuminare. Cercare di abbattere le emissioni nella fase pre-uso degli edifici è, quindi, cruciale, per la mitigazione dei cambiamenti climatici, poiché si prevede che, con le nuove costruzioni, il patrimonio edilizio mondiale raddoppierà entro il 2060. L'altra necessità è quella di riqualificare gli edifici secondo alti standard di efficienza energetica, utilizzando quanto più possibile materiali a basso impatto ambientale in grado anche di migliorare la qualità della vita degli utilizzatori finali. Il quadro normativo spinge verso l'utilizzo di prodotti sostenibili che portano gli operatori economici ad adeguarsi alle nuove richieste dei committenti sia nella PA sia nei privati. Si rende quindi quanto mai urgente rivedere l'attuale modello produttivo del settore delle costruzioni per migliorare la gestione dell'intera

catena del valore e del relativo flusso di rifiuti [1]. È fondamentale adeguarsi già nella fase di design prevedendo l'utilizzo di materiali riciclati, materie prime seconde provenienti anche da altri settori produttivi, possibilmente vicini territorialmente. Questo permetterebbe il cambio di modello produttivo da lineare a circolare, garantendo un minor impatto ambientale nella produzione e nell'utilizzo degli edifici.

Materiali, prodotti e processi eco-innovativi

In quest'ottica si inserisce il progetto di ricerca e sperimentazione industriale SOS "Materiali avanzati ed eco-sostenibili per applicazioni in Smart Operating Shelter" che ha l'obiettivo di sviluppare materiali avanzati ed eco-sostenibili per pannelli strutturali multifunzionali, 'intelligenti' e riconfigurabili, per shelter sanitari mobili, ovvero strutture ospedaliere chirurgiche ibride trasportabili, pronte per l'impiego in poche ore dall'arrivo, senza necessità di personale specializzato per il montaggio. Le strutture sono pensate per garantire continuità di funzionamento

agli ospedali nei casi di ristrutturazione, programmata e non, dei blocchi operatori, nei casi di inagibilità temporanea delle sale operatorie e nelle emergenze. Il progetto SOS, iniziato nel 2018, è ormai alle battute conclusive ed è in atto la realizzazione di un dimostratore di shelter in cui vengono utilizzati, come coibentanti, materiali naturali e sostenibili utilizzando materie prime seconde finalizzate a garantire risparmio energetico e comfort abitativo su cui verranno effettuati ulteriori studi microclimatici. Di seguito è riportato il contributo ENEA al progetto riguardante lo sviluppo e studio di prodotti e processi eco-innovativi (materiali naturali di origine vegetale come la canapa o di origine animale come la lana ad esempio), nonché lo sviluppo di nuovi modelli di business e consumo. Una delle finalità del progetto SOS, che vede come capofila la società leccese R.I. SpA, è la riprogettazione degli shelter anche dal punto di vista dei materiali, cercando di sostituire quelli di origine petrolchimica con materiali eco-sostenibili e a basso impatto ambientale. Oltre a consentire l'utilizzo di pannelli

termoisolanti di origine naturale nella parte esterna della pannellatura (Figura 1, punto 2), le attività dell'ENEA sono state rivolte alla sostituzione del core isolante interno al pannello sandwich progettato dal consorzio CETMA (Figura 1, punto 4). Un'indagine di mercato tra le maggiori aziende italiane produttrici di isolanti naturali ha evidenziato numerose soluzioni commerciali già impiegate nel settore della riqualificazione edilizia, con eccellenti caratteristiche tecniche e di isolamento termo-acustico. I materiali isolanti naturali realizzati sia in fibre vegetali (canapa e kenaf) che animali (lana di pecora) si discostano tra loro sia per contenuto e tipo di fibra, che per le caratteristiche tecniche quali densità, dimensioni dei pannelli, conducibilità termica ed infiammabilità. I pannelli isolanti più idonei ai requisiti progettuali, sono stati selezionati in base alla densità, conducibilità termica ed infiammabilità (Tabella 1).

È noto infatti che i pannelli isolanti di origine sintetica sono dotati di bassi valori di densità e di conducibilità termica e inoltre risultano generalmente infiammabili. I test di infiammabilità condotti sui campioni di isolanti totalmente naturali hanno evidenziato invece, una elevata capacità di autoestinguenza. **Dalla stima dei dati relativi alla carbon footprint, in termini di impatto ambientale emerge che gli isolanti naturali consentono un risparmio medio di CO₂ del 75% rispetto a quelli di origine petrolchimica (kg CO₂ eq. per ogni kg di materiale utilizzato). Inoltre, gli isolanti a base di fibre di canapa risultano essere durevoli nel tempo oltre che riciclabili al 100%. Dall'analisi dei costi emerge che rispetto ai prodotti commerciali in PUR l'utilizzo di pannelli in fibre vegetali comporti una riduzione dei costi dal 15% al 35% e dal 40% al 70%, nel caso di quelli in fibre animali.**

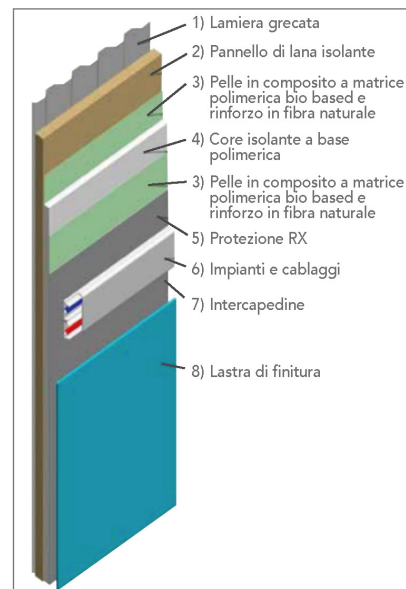


Fig. 1 Progetto della pannellatura esterna dello shelter. La parete del perimetro esterno dello shelter è stata progettata da R.I. SpA, capofila del progetto

Materiale (composizione %)	Densità (kg/m ³)	Conducibilità termica (W/m·K)	Trasmittanza termica (W/m ² ·K)	Reazione al fuoco UNI EN ISO 13501-1
CANAPA (97% canapa e 3% fibre tessili di riciclo)	50	0,031	0,47	E
KENAF e CANAPA (85% kenaf-canapa e 15% PEs)	20	0,041	0,6	F
CANAPA e KENAF (80% canapa-kenaf. bio e 20% PEs)	30	0,047	0,69	B2
CANAPA (85% canapa e 15% PEs)	30	0,04	0,6	E
CANAPA E LANA DI PECORA (50% canapa e 50% lana di pecora)	130	0,038	n.d.	n.d.
LANA DI PECORA (100% lana di pecora)	30	0,032	0,49	B2
LANA DI PECORA (85% lana di pecora e 15% PEs)	20	0,038	0,57	E
LANA DI PECORA (75% lana di pecora e 25% PEs)	19	0,038	0,57	E
LANA DI PECORA (100% lana di pecora)	120	0,04	n.d.	n.d.
PUR (poliuretano)	40	0,022	0,36	F

Tab. 1 Confronto tra pannelli isolanti in fibre naturali e pannelli in schiuma PUR: caratteristiche tecniche

La scelta dei materiali in un'ottica di bioeconomia circolare

Per selezionare i materiali naturali coibentanti più idonei alla sostituzione di quelli di origine petrolchimica, si è partiti dallo studio del loro intero ciclo e della loro provenienza, in modo da costruire insieme alle imprese del territorio un approccio virtuoso di economia circolare quanto più possibile a km 0. **I materiali individuati sono stati canapa e lana** ma per la sperimentazione nello shelter si è scelta la lana che, se non ritirata presso l'allevamento di ovini, deve essere smaltita come rifiuto speciale, con forti oneri economici e di gestione per l'allevatore.

Il pannello in lana inoltre non contiene fibre polimeriche di supporto, per cui, a fine vita, è direttamente compostabile. In Italia la lana sucida, ovvero sporca e grezza proveniente dalla tosa annuale, necessaria per il benessere dell'animale, produce in generale lana grossolana con fibra di bassa qualità (rispetto ad esempio, alle fibre finissime provenienti dall'Australia e dall'Argentina), non adatta al settore tessile tradizionale per cui trova impiego in settori tecnici alternativi, quali ad esempio la produzione di feltri o pannelli isolanti. Il nodo cruciale della filiera della lana pugliese è il lavaggio perché gli aspetti legati alle operazioni di lavaggio, cardatura e filatura della lana, per imposizioni normative e per assenza, al momento, di realtà operanti sul territorio regionale, sono stati affidati fuori regione [2].

Per questo motivo, nell'ambito di alcuni progetti regionali si è cercato di promuovere la nascita di un centro di raccolta, selezione e commercializzazione di lana su scala nazionale, con allargamento dell'intero bacino di approvvigionamento al Sud d'Italia e favorire la collaborazione tra realtà extra-regionali già operanti per il trasferimento tecnologico, creando innovazione nel settore delle costruzioni e riqualificazioni edilizie, in chiave sostenibile.

Proprietà dei materiali naturali: la conducibilità termica

Nei laboratori del Centro Ricerche ENEA di Brindisi sono stati testati i materiali naturali per studiarne alcune proprietà chimico fisiche funzionali al loro utilizzo negli shelter; qui di seguito si riportano, in particolare, i risultati delle misure di conducibilità termica e reazione al fuoco. Nello specifico, è stato condotto uno studio sugli effetti di un invecchiamento accelerato in camera climatica, secondo la norma UNI EN 14509:2014 appendice B [3] per valutare se e come un deperimento dei materiali isolanti naturali possa modificare il loro potere di isolamento termico. Lo studio è stato realizzato su differenti pannelli commerciali costituiti esclusivamente da lana di pecora. L'invecchiamento dei pannelli isolanti è stato condotto in camera climatica con un ciclo di circa 3 mesi in regime controllato, a temperatura costante di 90 °C ed umidità costante del 15%. Durante il ciclo di invecchiamento i provini (Figura 2) sono stati monitorati mensilmente relativamente agli andamenti della densità, della morfologia e della conducibilità valutata seguendo le indicazioni della UNI EN ISO 22007-1:2018 e UNI EN ISO 22007-2:2015 [4-5]. Dai risultati delle prove effettuate, gli effetti indotti dall'invecchiamento accelerato fanno osservare una sostanziale invariabilità della conducibilità termica e della densità dei materiali investigati. Nello specifico si registra una variazione del valore di conducibilità compreso tra il 2 e il 5% ed una variazione di den-



Fig. 2 Provini in camera climatica

sità non superiore al 10%. Infine l'analisi morfologica dei provini a fine ciclo evidenzia comportamenti differenti per prodotto, da un leggero infeltrimento delle fibre per alcuni, fino ad una marcata esfoliazione, infragilimento e imbrunimento delle fibre per altri, già a temperature superiori ai 50 °C.

Le prove di reazione al fuoco eseguite nel Laboratorio Polimeri del Centro ENEA di Brindisi sono state effettuate con l'ausilio di due attrezzature: cono calorimetro e infiammabilmetro. Il metodo ISO 5660 [6] utilizzato con il cono calorimetro (Figura 3) permette di misurare la velocità di rilascio del calore che evolve da un campione per unità di tempo e superficie (Heat Release Rate, (HRR) in kW/m²) sottoposto a irraggiamento costante e che brucia per auto-ignizione. I materiali sottoposti ai test ISO 5660 sono stati di due diverse tipologie:



Fig. 3 Prove di reazione al fuoco con il cono calorimetro (metodo ISO 5660) eseguite nel Laboratorio Polimeri del Centro ENEA di Brindisi

1. materiali di origine naturale quali: pannelli di lana di pecora 100% e pannelli di canapa/PEs da inserire nelle pannellature esterne dello shelter A (Figura 1, punto 2)
2. materiali “bio based” a base polimerica forniti in forma di sandwich (Figura 1, punto 4). Sono stati analizzati due sandwich: uno a base polimerica con un core di PET e ritardante alla fiamma (RF) e l'altro con core pressato di canapa/PEs; in entrambe i sandwich le “skins” (lamine esterne del pannello) sono state realizzate in più strati di tessuto di lino impregnati con resine termoindurenti biobased.

I risultati dei test effettuati con il cono calorimetrico sui pannelli di lana e di canapa sono in linea con i valori riportati in letteratura. Relativamente alle strutture sandwich i test han-

no evidenziato che quelli con core di canapa contribuiscono in misura minore a sostenere un incendio. Il test di prova al fuoco alla piccola fiamma (UNI 8456) effettuato con l'inflammabilmetro, simula la fase di innesco dell'incendio sul materiale. Dai risultati delle prove (UNI 8456) si evince che i pannelli 100% di lana di pecora, di canapa/PEs e di PET con RF sono di classe 1, mentre il pannello di poliuretano espanso è di classe 2.

Considerazione finale

Occorre infine evidenziare l'importanza che **università e istituti di ricerca producano studi e divulgino i risultati circa il comportamento chimico-fisico dei materiali innovativi per l'edilizia**. Questo settore ha, infatti, necessità di informazioni, dati, approfondimenti qualificati che supportino lo sviluppo di prodotti e processi a basso impatto

ambientale, nonché dello sviluppo di servizi, analisi di filiere, coinvolgimento di stakeholder e supporto a percorsi di progettazione di politiche efficaci.

Ringraziamenti

Le attività del progetto SOS sono state finanziate all'interno della programmazione FESR- FSE 2014-2020 del POR Puglia bando Innonetwork. Si ringrazia oltre al capofila R.I. SpA Group, tutto il gruppo di lavoro: Politecnico di Bari, CETMA SpA, Protom Goup SpA, Ena Consulting Srl, Me.Spo, Kinema Srl coordinato dal Responsabile Scientifico dr. S. Arbore. Si ringraziano inoltre, i colleghi ENEA A. Donatelli e R. Terzi che hanno partecipato al progetto. Inoltre, gli autori ringraziano il laboratorio ENEA di elettro-sintesi di Brindisi per l'utilizzo della strumentazione.

BIBLIOGRAFIA

1. F. Ceruti, A. Luciano, V.A.M. Luprano, “Ottimizzare la filiera della costruzione e demolizione”, in Energia, Ambiente e Innovazione (Set-Dic 2019), <https://doi.org/10.12910/EAI2019-055>
2. XXI CONGRESSO NAZIONALE S.I.P.A.O.C. (Foggia) - Società Italiana di Patologia ed Allevamento degli Ovini e dei Caprini (2014)
3. UNI EN 14509:2014 appendice B: Pannelli isolanti autoportanti a doppio rivestimento con paramenti metallici - Prodotti industriali
4. UNI EN ISO 22007-1:2018: Materie plastiche - Determinazione della conducibilità termica e della diffusività termica - Parte 1: Principi generali
5. UNI EN ISO 22007-2:2015: Materie plastiche - Determinazione della conducibilità termica e della diffusività termica - Parte 2: Metodo della sorgente piana transitoria (disco caldo)
6. ISO 5660-1:2015 Reaction-to-fire tests -- Heat release, smoke production and mass loss rate Heat release rate (cone calorimeter method) and smoke production rate (dynamic measurement)