



2 — L'isolamento termico di edifici esistenti

Analizzando il ruolo dell'involucro di un edificio, oltre a quello strutturale e di protezione, rappresenta l'interfaccia tra l'ambiente esterno, che cambia con il ciclo delle stagioni e con le ore del giorno, e l'ambiente interno. Nella stratigrafia dell'involucro edilizio, l'isolamento si oppone al passaggio del flusso di calore da un ambiente più caldo a uno più freddo (uscente in inverno ed entrante nel periodo estivo) e proprio per questa sua caratteristica rappresenta la più grande resistenza termica fra tutti gli strati che compongono l'edificio.

L'importanza dell'isolamento nel contenimento dei consumi energetici, oltre a portare vantaggi all'utente in termini di risparmio sulle bollette e sui consumi, rappresenta anche l'opportunità per ridurre le emissioni in atmosfera. In un articolo dell'arch. Edward Mazria (Mazria, 2003) viene posta la domanda su chi può realmente controllare il termostato globale del pianeta, in quanto l'accesso a questo strumento è precluso. La risposta fornita da Mazria è l'architetto, nel senso ampio del termine come colui che progetta e dimensiona correttamente l'involucro di un edificio.

I modelli di riferimento per l'isolamento termico provengono dal Nord Europa, regioni dove per condizioni climatiche l'esperienza ha avuto maggior opportunità di affermarsi attraverso studi e ricerche sulle case passive. Il clima di quelle zone, molto rigido durante l'anno, ha portato alla realizzazione di abitazioni molto isolate per difendersi dal freddo il cui modello è stato portato anche alle nostre latitudini per contrastare il passaggio di calore attraverso la chiusura.

Il territorio italiano, in base alla sua varietà climatica (clima alpino, clima mediterraneo), è stato suddiviso in 5 zone climatiche con differenti caratteristiche che devono essere tenute in considerazione durante la progettazione. Analizzando i consumi energetici alle differenti latitudini, (Clemente e Piermattei, 2012) ci si accorge della diversità tra il clima alpino e il clima mediterraneo: al nord i consumi prevalenti dovuti al riscaldamento invernale, al sud per il raffrescamento estivo. Questo comporta una differente progettazione dell'isolamento delle abitazioni perché si deve tenere conto dell'inerzia termica che il materiale possiede per isolare e ritardare il passaggio del calore attraverso

l'involucro.

2.1 Gli isolanti nella storia

In un certo senso la storia dell'isolamento termico non ha una data precisa di nascita, ma fin dall'antichità le popolazioni usavano accorgimenti e i materiali a loro disposizione per proteggersi dagli agenti meteorologici. Ad esempio, le popolazioni preistoriche costruivano le loro abitazioni temporanee con gli stessi materiali usati per i vestiti (es. pelli di animali, lana, derivati di origine vegetale, ...), ma con il cambio dello stile di vita in popolazioni stanziali adottarono altri materiali che permettessero di avere un'abitazione duratura (es. legno, pietra e terra) (Bozsaky, 2010).

Alla fine del 19° secolo, ci fu uno sviluppo nelle costruzioni dato dall'utilizzo di materiali emergenti (es. ferro, acciaio, strutture in vetro, calcestruzzo) che necessitarono l'impiego di materiali isolanti per contenere le perdite di calore e l'alta domanda di energia per il riscaldamento. Infatti, nel periodo tra il 1870 e il 1950, i materiali isolanti utilizzati erano quelli di origine naturale (canna, sughero, lana di legno, cellulosa, ...) e con lo sviluppo dell'industria iniziò il grande sviluppo dell'isolamento. I primi prodotti derivati dalla produzione industriale furono l'amianto, la lana di roccia, la fibra di vetro, il vetro cellulare, argilla espansa e la perlite.

A partire dagli anni '50 e '60 del Novecento l'industria dell'isolamento dalla disponibilità di processi produttivi si è spostata verso le fibre di sintesi causando una perdita di mercato di quelle naturali (Lu et al., 2013). Con la crescita economica e la crescente richiesta di abitazioni più confortevoli hanno permesso la crescita del mercato degli isolanti provenienti dalla refrigerazione e dai trasporti (Conti et al, 2008; Lotz, 2006). In questi anni, aumenta la produzione di lana di vetro e di roccia e si diffondono il polistirene e il poliuretano espanso.

Negli ultimi anni, con i problemi derivati dal riscaldamento globale e la campagna di diminuzione delle emissioni di anidride carbonica, i materiali naturali (es. cellulosa, paglia, lana di legno, lana di pecora, sughero, ...) hanno avuto una riscoperta, ma non una grande diffusione, e si è iniziato a sperimentare nuovi materiali isolanti (es. materiali trasparenti, materiali a cambiamento di fase, isolamento nano cellulare, vacuum).

Analizzando gli isolanti dal punto di vista industriale, la loro produzione è relativamente recente (poco più di un secolo) e di seguito vengono riportate le tappe fondamentali relative alla produzione:

- isolanti naturali: sughero (produzione primo pannello nel 1870), paglia (produzione pannello di paglia compressa¹ anni '30 - '40 del Novecento), fibra di legno (produzione pannello nel 1908²), cellulosa (inizio utilizzo negli anni '20 del Novecento in Scandinavia)
- isolanti di origine industriale: lana di roccia (inventata nel 1897 in America), lana di vetro (introdotta come materiale isolante sul mercato nel 1938), vetro cellulare (primi brevetti negli anni '30 del Novecento e inizio

¹Brevetto di Theodor Dieden in Svezia nel 1935 e sviluppato negli anni '40 del Novecento da Torsen Mossesson con il nome di Stramit (www.stramit.co.uk)

²Il pannello fu realizzato da Heraklith Company in Austria usando magnesite e cemento come adesivi ((Bozsaky, 2010)

produzione a larga scala nel 1943 in America), perlite (anni '50 del Novecento diffusione sul mercato di isolanti), argilla espansa (brevetto nel 1918 e diffusione in Europa negli anni '40 del Novecento)

- isolanti di origine plastica: polistirene (produzione³ anni '40 del Novecento), polistirene espanso (produzione pannello⁴ anni '50 del Novecento), poliuretano (produzione primo pannello 1954)

Se si analizza il mercato dei materiali isolanti è possibile riscontrare che la maggior diffusione degli isolanti è la seguente: 55% prodotti di origine minerale, 40% prodotti di sintesi e 5% materiali naturali (Bozsaky, 2010).

2.2 Gli interventi sull'esistente

Analizzando i dati forniti dall'Enea (RAEE, 2013) per quanto riguarda gli interventi su edifici esistenti realizzati usufruendo delle detrazioni fiscali, in Piemonte nell'anno 2011 il 58% ha riguardato la sostituzione degli infissi, il 29% la sostituzione dell'impianto di climatizzazione, il 9% l'installazione di pannelli solari e circa il 3% la coibentazione di chiusure opache. I lavori sulle chiusure opache, più impegnativi rispetto agli altri, rappresentano però il miglior modo per rendere energeticamente efficiente l'edificio e ridurre i consumi dell'edificio data la grande resistenza termica e lo sviluppo dell'intervento sull'edificio.

Gli interventi di adeguamento di una chiusura esistente devono essere valutati e progettati attentamente in modo da evitare il problema della formazione di condensa interstiziale. Infatti, questo fenomeno rappresenta un punto critico in una chiusura isolata perché l'inserimento di uno strato isolante può ridurre o non consentire la permeabilità al vapore tra i vari strati edilizi. La diffusione del vapore è un fenomeno naturale che favorisce la migrazione del vapore acqueo da ambienti con maggior contenuto verso ambienti con minore contenuto. Risulta molto presente nella stagione invernale dove la differenza tra gli ambienti riscaldati e l'ambiente esterno è molto elevata. Se non si tiene in considerazione questo fenomeno durante la progettazione è possibile che con il tempo possano verificarsi danni alla chiusura esistente dovuti al formarsi e successivo ristagno di umidità con formazione di muffe e perdita della funzionalità e capacità termica del sistema isolante (se non idrofugo). Per quanto riguarda una chiusura esistente, gli interventi di isolamento possono essere realizzati secondo queste modalità:

- *dall'esterno*: soluzione più efficace perché il calore prodotto all'interno rimane più a lungo nell'edificio e in estate previene l'eccessivo riscaldamento. Attraverso questa soluzione si evitano i ponti termici e il lavoro viene realizzato senza interferire con gli utenti che vivono nell'edificio.
- *in intercapedine*: utilizza l'eventuale intercapedine presente nel muro. Al suo interno possono essere inseriti diversi tipi di isolante (es. granuli, fiocchi) che necessitano, in alcuni casi, il controllo del compattamento del materiale per colmare eventuali vuoti che si sono creati.
- *dall'interno*: ideale per gli interventi su edifici in cui non è possibile agire sulla facciata (es. edifici storici) o nei casi di isolamento localizzato di

³Messa sul mercato del pannello della compagnia Styrofoam

⁴Messa sul mercato del pannello con il nome di Styropor dalla azienda BASF

unità abitative senza intervenire su tutto il fabbricato (es. appartamenti). Questa soluzione influisce sulla perdita di spazio interno dei locali, che si riscaldano più rapidamente raggiungendo in meno tempo le condizioni di comfort.

2.2.1 Alcuni esempi

Per quanto riguarda l'isolamento dall'interno, spesso viene utilizzato in edifici (es. edifici tutelati, parti di edifici) in cui non è possibile intervenire dall'esterno per quanto riguarda la riqualificazione energetica attraverso l'isolamento dall'esterno. Ad esempio, uno studio (Ascione *et al.*, 2011) riporta il caso della riqualificazione energetica del Palazzo dell'Aquila Bosco-Lucarelli, edificio storico a Benevento utilizzato dall'Università del Sannio. Oltre a interventi su impianti (elettrici e termici), sulle finestre esistenti e sulla variazione di temperatura all'interno dei locali è stato realizzato un intervento sulla chiusura verticale opaca attraverso l'utilizzo di un intonaco termico inserito all'interno (area interessata dall'intervento circa 600 mq). La collocazione di 5 cm di intonaco termico sulla chiusura esistente di 60 cm ha permesso di ridurre la trasmittanza da 0.80 W/m²K a 0.56 W/m²K. Analizzando i consumi dell'edificio, questa tipologia di isolamento ha permesso di ridurre mensilmente di circa il 9% la richiesta di gas per il riscaldamento dei locali in cui è stato eseguito l'intervento.

Un altro esempio di isolamento dall'interno inserito in un edificio industriale è la riqualificazione energetica della zona espositiva di Nova Civitas presso la Fondazione Pistoletto a Biella. Le pareti perimetrali, originariamente realizzate in mattoni pieni a quattro teste, sono state risanate e isolate con un cappotto interno in pannelli in sughero espanso bruno di 8 cm al quale è stato applicato un impianto di riscaldamento radiante a bassa temperatura in rame e successivamente rivestito da un doppio strato di intonaco di argilla dello spessore di 3 cm. All'esterno la chiusura è stata intonacata con un intonaco a calce naturale e complessivamente ha una trasmittanza di 0.32 W/m²K. (figura 2.1 – foto a destra)

Durante la frequenza al dottorato è stato possibile partecipare a una ricerca universitaria riguardante l'isolamento (progetto I.I.I. Isolamento Interno Innovativo⁵) applicato all'interno su edifici esistenti. Il progetto prevedeva lo studio e la sperimentazione di un pannello preassemblato in cui erano integrati l'isolamento termico e acustico, il sistema di riscaldamento e la finitura esterna⁶. Il pannello, pensato per l'installazione a parete attraverso un fissaggio a secco e con la possibilità della reversibilità nel tempo, è un sistema di riscaldamento a parete in cui viene integrato l'isolamento passivo con il contributo attivo del riscaldamento a bassa temperatura. Gli aspetti rilevanti di questo sistema sono: il preassemblamento dei pannelli in laboratorio per controllare meglio le varie fasi e ottenere un prodotto finito pronto per il montaggio a secco; la diminuzione delle attività da effettuare all'interno dei locali oggetto di intervento

⁵Ricerca regionale del Polo di Innovazione Polight, finanziata dalla Regione Piemonte che supporta la collocazione e lo scambio di competenze tra imprese regionali (in particolare PMI) e i centri di ricerca. La ricerca è stata realizzata dal Politecnico di Torino, coordinata dal prof. Gianfranco Cavaglià e riguarda l'isolamento dall'interno con la diretta applicazione in cantiere

⁶È stato sviluppato come reinterpretazione di tecniche usate nel campo del trasporto del freddo associate a sistemi di raffrescamento e riscaldamento con pannelli radianti a pavimento (Caltabiano *et al.*, 2013) (Cavaglià *et al.*, 2013)



Figura 2.1: intervento di isolamento dall'esterno di edificio esistente in cui viene evidenziato l'isolamento esterno applicato sulla facciata principale dell'abitazione (Germania del Nord) (A.R. Bertorello, 27 agosto 2010); a destra: modello al vero della chiusura verticale della zona espositiva di Nova Civitas – Fondazione Pistoletto (Biella) isolata dall'interno con lastre di sughero (A.R. Bertorello, 28 ottobre 2011)

anche in presenza degli utenti; la possibilità di progettazione della finitura superficiale secondo le varie opzioni con l'eventualità di cambiarla nel tempo senza intervenire sull'isolamento; la possibilità di usare moduli standard di piccole dimensioni riducendo l'uso di pezzi speciali e la possibilità di connettere il sistema radiante all'impianto esistente. A questi aspetti oggettivamente di miglioramento prestazionale, si deve aggiungere, e non dimenticare, la difficoltà per la realizzazione della continuità prestazionale delle pareti.

L'isolamento termico nei casi visti precedentemente era utilizzato per diminuire le dispersioni energetiche durante il periodo di riscaldamento ma, ad esempio, nei paesi caldi viene utilizzato per ridurre il surriscaldamento degli ambienti interni e i consumi energetici per il raffrescamento nel periodo estivo di edifici esistenti realizzati negli ultimi anni. In uno studio (Friess *et al.*, 2012), viene riportato il caso dell'isolamento esterno di una villa a Dubai realizzata con una chiusura verticale esterna di 25.5 cm in mattoni di cemento. In questo territorio, il clima è umido e caldo⁷ e durante il periodo estivo si raggiungono picchi elevati di richiesta per l'energia elettrica per alimentare i condizionatori. Per ovviare a questo, il Governo ha emanato un decreto per ridurre la dispersione termica in cui viene stabilito un limite massimo di trasmittanza della chiusura pari a 0.57 W/m² K. Nello studio viene riportato che applicando un isolante in EPS con spessore di 50 mm alla chiusura esistente si ottiene una riduzione del 24.5% del consumo energetico mentre se si utilizza uno spessore di 160 mm si ottiene una riduzione del 30%.

⁷Durante il periodo invernale le temperature diurne si aggirano sui 24° C mentre in inverno scendono sui 14° C. In estate le temperature diurne superano i 40° C mentre raggiungono i 30° C durante la notte (Friess *et al.*, 2012)



Figura 2.2: Esploso del pannello isolante con elementi radianti (Politecnico di Torino - DIST, 06 giugno 2013) e installazione pannelli isolanti radianti presso il caso studio dell'Hotel in piazza Carlina a Torino (Politecnico di Torino - DIST, 28.02.13)

2.3 Isolamento termico degli edifici: gli isolanti di origine vegetale

La Comunità Europea ha imposto obiettivi vincolanti per il 20% della quota di energia derivante da fonti rinnovabili entro il 2020. In uno studio, viene riportato che il contributo maggiore delle fonti di energia rinnovabili deriva dalla biomassa⁸ per il 63% coprendo una vasta gamma di prodotti, sottoprodotti e rifiuti provenienti dal settore agricolo e forestale ed è stata definita dalla Comunità Europea: ... *la parte biodegradabile dei prodotti, rifiuti e residui provenienti dall'agricoltura (comprendente sostanze vegetali e sostanze animali), dalla silvicoltura e dalle industrie connesse, nonché la parte biodegradabile di rifiuti industriali e urbani* ... (EC, 2005). Questi materiali sono a basso costo, eco-sostenibili, riciclabili, non tossici (Oliva e Courgey, 2010) (Lu *et al.*, 2013) e la maggior parte di questi per essere utilizzati come isolamento devono essere trattati con prodotti che ritardano l'innescò del fuoco (es. sali di ammonio o sali di boro) e ne migliorano il loro comportamento prestazionale (Sutton *et al.*, 2011) (Fassi e Maina, 2009).

L'isolamento con fibre naturali di origine vegetali offre una buona diffusione al vapore essendo traspirabile. È importante notare che la traspirabilità non è solo una caratteristica della permeabilità al vapore ma anche dell'igroscopicità⁹ e della capillarità¹⁰. Analizzando le fibre vegetali, la capillarità dipende dalla tipologia del materiale in analisi e dalla sua struttura (Sutton *et al.*, 2011).

La produzione di questo tipologia di isolamento non è molto diffusa sul mercato ma negli ultimi anni sta avendo un incremento dettato prevalentemente da credenziali sostenibili associate a questi prodotti (Zach *et al.*, 2013). Ad esempio, in Germania la produzione è salita da 1% al 6% in 20 anni (anni '80 del Novecento - inizi del 21° secolo) (Danner, 2008)

⁸La biomassa comprende alberi, seminativi, colture, alghe, residui agricoli e forestali, fanghi di depurazione, di concimi, sottoprodotti industriali e la frazione organica dei rifiuti urbani e rifiuti solidi. (EC, 2005)

⁹Capacità del materiale di assorbire e rilasciare umidità dall'atmosfera in relazione al cambiamento di umidità relativa

¹⁰Capacità in un liquido di assorbire e rilasciare l'acqua

L'energia consumata nella produzione degli isolanti a base vegetale dipende dalla loro lavorazione. Infatti, in uno studio sul ciclo di vita di alcuni materiali di isolamento in cui sono stati comparati un pannello di Isonat¹¹ e un pannello in lana minerale è stato possibile verificare che l'energia impiegata nella produzione dei pannelli era maggiore in quello di origine vegetale (263 MJ rispetto a 150 MJ della lana minerale). Analizzando invece le emissioni di CO₂ risultano essere minore nell'Isonat (2.72 Kg Co₂ eq rispetto a 8.72 Kg Co₂ eq della lana minerale). Quest'ultimo dato, per quanto riguarda l'isolamento vegetale, fa riferimento sia alla CO₂ immagazzinata durante la crescita delle piante sia dall'impatto derivato dall'uso di poliestere come legante delle fibre e dalla sua produzione (Norton *et al.*, 2009).

L'energia grigia di un isolante solitamente non viene ritenuta importante durante la scelta, anche se rappresenta un punto importante perché molte volte viene ripagata rispetto all'energia utilizzata durante l'uso. Tuttavia quando si confrontano isolanti simili per l'efficienza termica (es. lana di pecora e lana minerale) sarebbe interessante valutare l'incidenza del costo di fabbricazione, del costo energetico e analizzare lo smaltimento a fine vita del materiale scelto. Molto spesso ci sono anche questioni legate alla biodiversità che non vengono considerate durante l'analisi delle caratteristiche dell'isolamento. Tutti questi impatti ambientali stanno aumentando l'interesse su materiali da costruzione di origine naturale provenienti da fonti rinnovabili con un basso impatto ambientale (Kymalainen e Sjoberg, 2008). In uno studio (Wright, 2010) viene comparato un isolamento realizzato con calce-canapa con un isolamento in lana minerale applicato internamente a una chiusura in muratura piena attraverso un monitoraggio in situ. Dai dati ottenuti, oltre a questo, è stato calcolato il contenuto di carbonio dei due isolanti se si dovessero isolare le murature dell'edificio per un'area di 50 mq circa: per la calce canapa sarebbe di -4 kgCo₂mq mentre per l'isolamento in lana minerale sarebbe di 903.5 kgCo₂mq. Questo dato risulta interessante e risulterebbe significativo se la soluzione fosse utilizzata in modo diffuso e ridurre le emissioni di CO₂.

Nel proseguimento della ricerca verrà analizzato l'impiego della paglia come isolante termico di edifici esistenti.

¹¹ Pannello isolante in materiale a base di canapa e cotone riciclato (www.isonat.com)

