

**Collana:**  
**L'ISOLAMENTO TERMICO E**  
**ACUSTICO**

**VOL. 1**  
***I materiali isolanti***

*Guida all'approccio prestazionale  
per la scelta dei materiali isolanti*

**Matteo Borghi**  
**Valeria Erba**  
**Rossella Esposti**  
**Giorgio Galbusera**  
**Alessandro Panzeri**  
**Daniela Petrone**

Edito da TEP srl  
Via Savona 1/B, 20148 – Milano

Tutti i diritti sono riservati.  
Nessuna parte può essere riprodotta in alcun modo (comprese  
fotocopie e microfilm) senza il permesso dell'editore.

Prima edizione: Ottobre 2005  
Prima ristampa: Gennaio 2006  
Seconda ristampa: Giugno 2006  
Terza ristampa: Ottobre 2007  
Quarta ristampa: Marzo 2008  
Quinta ristampa: Settembre 2008  
Seconda edizione: Gennaio 2013

Stampa:  
Ingraph srl via Bologna 104/106  
20038 Seregno, Milano

Copertina: Susanna Mammi

---

## **INTRODUZIONE**

Il presente manuale non ha la pretesa di essere un testo di fisica tecnica sull'isolamento in edilizia, ma è stato pensato per diventare una guida "all'approccio prestazionale" per la scelta dei materiali isolanti. Infatti spesso ci sentiamo rivolgere la domanda:

*“Qual è il materiale isolante migliore di tutti?”*

Non esiste in assoluto un materiale migliore degli altri. Come è logico immaginare, per ogni applicazione si possono ipotizzare molteplici soluzioni che garantiscono la stessa prestazione: il miglior materiale isolante per ogni applicazione è quello che ha le caratteristiche adeguate alla prestazione prefissata.

Ad esempio per coibentare l'intercapedine di una struttura verticale, un materiale isolante con un'elevata resistenza a compressione è sprecato, pur garantendo la prestazione termica richiesta.

Con questo libro ci si prefigge anche di sottolineare l'importanza dell'isolamento che nell'ambito generale dell'efficienza energetica e della riduzione dei consumi, può essere considerato una vera e propria fonte rinnovabile, come indicato nelle linee guida della recente Strategia Energetica Nazionale (ottobre 2012). Quindi oggi più che mai è importante per un progettista saper governare le scelte legate alle tecniche di isolamento dell'involucro edilizio.

Rispetto alla prima edizione (2005) gli argomenti trattati e la gamma dei materiali presentati sono stati ampliati introducendo anche prodotti e tecnologie innovativi.

Le prime parti del manuale sono divise in funzione delle principali prestazioni: invernali, estive, igrotermiche, acustiche, di reazione al fuoco e di sostenibilità.

A seguire è presentata una serie completa di schede tecniche relative ai singoli materiali isolanti create col contributo tecnico di aziende produttrici di isolanti associate ad ANIT, che ringraziamo per la collaborazione. Le parti finali sono dedicate alla comprensione delle caratteristiche di prodotto riportate sui depliant commerciali e sulla marcatura CE.

Buona lettura, consultazione e proficuo uso professionale.

Gennaio 2013

---

---

# INDICE:

## INTRODUZIONE

## GRANDEZZE E UNITÀ DI MISURA

### PARTE 1: Prestazioni invernali

1.	INTRODUZIONE .....	2
2.	CENNI DI TEORIA DELLA TRASMISSIONE DEL CALORE .....	2
2.1	Conduzione .....	2
2.2	Convezione.....	3
2.3	Irraggiamento .....	4
2.4	Dispersioni termiche: teoria e formule di calcolo .....	5
2.5	Il calcolo della trasmittanza termica .....	7
3.	I MATERIALI ISOLANTI.....	8
4.	LA CONDUTTIVITÀ TERMICA .....	9
4.1	Conduttività di progetto $\lambda$ .....	11
4.2	Conduttività dichiarata $\lambda_D$ .....	12
4.3	Variazione di $\lambda$ in funzione della temperatura .....	14
4.4	Variazione di $\lambda$ in funzione dell'umidità.....	21
4.5	Variazione di $\lambda$ in funzione di spessore e densità .....	23
4.6	Variazione di $\lambda$ in funzione dell'invecchiamento .....	26
5.	LA RESISTENZA TERMICA .....	29
5.1	Resistenza termica di materiali omogenei.....	29
5.2	Resistenza termica di materiali non omogenei.....	30
5.3	Resistenze termiche superficiali $R_{si}$ ed $R_{se}$ .....	32
5.4	Resistenza termica di intercapedini d'aria .....	33
5.5	Resistenza termica per isolanti riflettenti .....	37

### PARTE 2: Prestazioni estive

1.	INTRODUZIONE .....	48
2.	ISOLAMENTO ESTIVO .....	48
2.1	Ciò che isola in l'inverno, isola anche in estate? .....	48
2.2	Il regime variabile estivo.....	49
3.	I PARAMETRI CHE DESCRIVONO IL PROBLEMA ESTIVO .....	51
3.1	Sollecitazioni esterne .....	52
3.2	Sollecitazioni interne.....	53
4.	CARATTERISTICHE ESTIVE DEI MATERIALI.....	54
4.1	Il calore specifico .....	54
4.2	La capacità termica delle strutture opache .....	55
4.3	La diffusività termica .....	56

### PARTE 3: Prestazioni igrotermiche

1.	INTRODUZIONE .....	60
2.	LA MIGRAZIONE DEL VAPORE NELLE STRUTTURE .....	60
2.1	Trasmissione del calore e trasmissione del vapore .....	61
3.	I PARAMETRI IGROTERMICI.....	62
3.1	Permeabilità al vapore $\delta$ .....	62

---

3.2	Fattore di resistenza al vapore $\mu$ .....	62
3.3	Spessore equivalente d'aria $S_d$ .....	63
4.	IL MODELLO DI GLASER .....	64
4.1	Descrizione sintetica del metodo di Glaser.....	64
5.	MODELLI IN REGIME VARIABILE .....	66
5.1	I limiti del modello di Glaser .....	66
5.2	Igoscopia in regime variabile.....	66
5.3	Caratteristiche dei materiali .....	68

## **PARTE 4: Prestazioni acustiche**

1.	INTRODUZIONE .....	73
2.	CARATTERISTICHE ACUSTICHE DEI MATERIALI.....	74
2.1	Resistenza al flusso d'aria (R).....	74
2.2	Rigidità dinamica .....	75
2.3	Spessore e comprimibilità (c) di materiali anticalpestio.....	77
2.4	Scorrimento viscoso (creep) a compressione dei materiali isolanti.....	78
2.5	Correlazioni tra rigidità, comprimibilità e scorrimento viscoso .....	79
2.6	Assorbimento acustico in camera riverberante .....	80
3.	PRESTAZIONI DELLE STRUTTURE EDILI .....	81
3.1	Potere fonoisolante (R) .....	81
3.2	Livello di rumore di calpestio di un solaio (L) .....	82
3.3	Riduzione del livello di rumore da calpestio ( $\Delta L$ ).....	83
3.4	Incremento di isolamento ai rumori aerei ( $\Delta R$ ) .....	81

## **PARTE 5: Reazione al fuoco**

1.	INTRODUZIONE .....	86
2.	SICUREZZA E INCENDIO.....	86
2.1	Requisito di sicurezza e marcatura CE.....	86
2.2	Comportamento all'incendio.....	87
3.	REAZIONE AL FUOCO.....	90
3.1	La classificazione europea .....	90
3.2	Classi e metodi di prova di comportamento al fuoco.....	92
3.3	Reazione al fuoco in "end use condition" .....	100
3.4	Reazione al fuoco e prevenzione incendi.....	101
4.	REQUISITI DI SICUREZZA ANTINCENDIO DELLE FACCIATE.....	103
5.	MATERIALI ISOLANTI E FOTOVOLTAICO.....	105
6.	DOCUMENTI LEGISLATIVI DI RIFERIMENTO.....	108

## **PARTE 6: Sostenibilità e altre caratteristiche**

1.	IL CONCETTO DI sostenibilità in edilizia.....	111
1.1	Sostenibilità di un materiale.....	111
1.2	Ciclo di vita di un prodotto: metodo LCA .....	111
1.3	Struttura di una LCA.....	112
1.4	Etichette e dichiarazioni ambientali .....	113
1.5	Strumenti per valutare la sostenibilità in edilizia.....	114
1.6	I materiali nei protocolli di valutazione della sostenibilità .....	114
1.7	I materiali isolanti nel protocollo ITACA.....	114
1.8	I materiali isolanti nel protocollo LEED .....	116
2.	ALTRE CARATTERISTICHE .....	119

---

2.1	Tolleranze dimensionali .....	119
2.2	Stabilità dimensionale in specifiche condizioni T e UR .....	119
2.3	Stabilità dimensionale in condizioni di compressione .....	120
2.4	Resistenza a compressione al 10% .....	120
2.5	Resistenza a trazione perpendicolare alle facce .....	120
2.6	Resistenza a flessione.....	120
2.7	Resistenza a carico concentrato .....	121
2.8	Assorbimento d'acqua per diffusione .....	121
2.9	Assorbimento d'acqua per immersione.....	121
2.10	Resistenza al gelo – disgelo .....	122
2.11	Compatibilità con altri materiali .....	122

## **SCHEDE DEI MATERIALI: INDICE PER IMMAGINI**

### **PARTE 7: Schede dei materiali**

INTRODUZIONE .....	128
SCHEDE DEI MATERIALI .....	129

### **PARTE 8: Commercializzazione e marcatura CE**

1. MATERIALI ISOLANTI: REGOLE EUROPEE E NAZIONALI.....	180
1.1 La legge 10/91 e il DM 02/04/1998 .....	181
1.2 La direttiva europea CPD.....	182
2. I MATERIALI ISOLANTI E LE NORME ARMONIZZATE .....	183
2.1 Isolanti soggetti alla marcatura CE .....	183
2.2 I contenuti di una norma di prodotto.....	184
2.3 Isolanti non soggetti alla marcatura CE. ....	185
2.4 Corretta commercializzazione dei materiali isolanti $\lambda_D$ .....	185
2.5 Nuova direttiva prodotti da costruzione.....	186

---