

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

VOL.4
***Muffa, condensa
e ponti termici***

*Guida completa
all'analisi igrotermica degli edifici*

Rossella Esposti
Giorgio Galbusera
Alessandro Panzeri
Claudia Salani

Edito da TEP srl
Via Savona 1/B, 20144 – 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 2009
Prima ristampa: Marzo 2010
Seconda ristampa: Dicembre 2010
Seconda edizione: Gennaio 2014

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

Copertina: Susanna Mammi
Coordinamento scientifico ed editoriale: Giorgio Galbusera

INTRODUZIONE

Stiamo assistendo in questi anni a un secondo risveglio della coscienza progettuale.

Il primo, ormai consolidato, riguarda la consapevolezza collettiva circa l'importanza della progettazione energetica: nessun intervento in ambito edilizio, di nuova costruzione o su un edificio esistente, oggi può escludere una riflessione sull'efficienza energetica. Questo perché esistono regole severe dedicate che non si possono più dimenticare, ma soprattutto perché si è diffusa nel mercato la sensibilità per il contenimento dei consumi, per il risparmio energetico e in generale per la sostenibilità ambientale.

Il secondo risveglio a cui stiamo assistendo è una conseguenza del primo e riguarda proprio il tema di questo volume, ovvero l'analisi igrotermica degli edifici.

L'importanza del controllo delle prestazioni igrotermiche sta assumendo ormai un ruolo cruciale con conseguenze riguardanti tre aspetti fondamentali:

1. il raggiungimento di un alto livello di comfort degli spazi abitati,
2. il rispetto delle verifiche di legge,
3. la garanzia di non incappare in contenziosi a intervento ultimato.

Proprio come è successo in ambito energetico la consapevolezza su questi argomenti si sta sviluppando partendo dalla presa di coscienza dei requisiti minimi obbligatori (come il controllo della condensa superficiale e interstiziale), per passare poi allo studio della prassi sulla buona “regola d’arte” (riguardante ad esempio il rischio di formazione di muffa), per finire all’approfondimento attraverso strumenti sempre più avanzati (è il caso della valutazione igrotermica in regime dinamico).

La prima parte del libro, che riprende e aggiorna la prima edizione (datata 2009), è dedicata all’analisi delle regole di base per una corretta progettazione igrotermica, ovvero a come governare i fenomeni di rischio condensa superficiale, muffa e condensa interstiziale. La seconda parte invece propone un interessante approfondimento sull’analisi dinamica degli stessi fenomeni in accordo con una normativa più sofisticata (ovvero la norma UNI EN 15026:2008). Nella terza parte si affronta il tema dei ponti termici col duplice obiettivo di capire come si possono analizzare correttamente e come si possono correggere. Infine nella quarta parte è proposta una riflessione sulle modalità di diagnosi corredata da una guida all’intervento e alla soluzione dei problemi riscontrati.

Ci auguriamo di aver creato una guida pratica per tutti coloro che sono interessati alla progettazione e alla diagnosi igrotermica

Buona lettura, consultazione e proficuo uso professionale.

Gennaio 2014

INDICE:

INTRODUZIONE

PARTE 1: “Igrotermia in regime stazionario”

Rossella Esposti e Giorgio Galbusera

1.	INTRODUZIONE	4
2.	MIGRAZIONE DEL VAPORE NELLE STRUTTURE	4
2.1	Aria umida	5
2.2	Il diagramma psicrometrico	7
3.	GRANDEZZE E UNITÀ DI MISURA	9
3.1	Umidità assoluta x	9
3.2	Pressione di vapore P_{vap}	9
3.3	Pressione di saturazione P_{sat}	9
3.4	Umidità relativa UR	9
3.5	Temperatura di rugiada.....	10
3.6	Permeabilità al vapore δ	11
3.7	Fattore di resistenza al vapore μ	11
3.8	Spessore equivalente d’aria Sd	12
4.	INQUADRAMENTO LEGISLATIVO E NORMATIVO	13
4.1	Cosa prescrive la legge	13
4.2	Rischio di condensazione superficiale	15
4.3	Rischio di formazione di muffa	20
4.4	Rischio di condensa interstiziale	24
4.5	Verifica del tempo di asciugatura	32
	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	34

PARTE 2: “Igrotermia in regime dinamico”

Giorgio Galbusera e Claudia Salani

1.	INTRODUZIONE	36
2.	DAL REGIME STAZIONARIO AL REGIME DINAMICO	36
2.1	I limiti del modello di Glaser (UNI EN ISO 13788)	36
2.2	Igrosopia in regime dinamico (UNI EN 15026)	37
2.3	Quando passare all’analisi dinamica?.....	38
3.	MODELLO FISICO E CARATTERISTICHE IGROSCOPICHE.....	39
3.1	Introduzione	39
3.2	Meccanismi di migrazione del vapore	40
3.3	Modello di calcolo	43
3.4	Caratteristiche dei materiali	45
3.5	La funzione dell’equilibrio igroscopico w	46
3.6	Coefficiente di trasporto liquido Dw	47
3.7	Influenza dell’umidità sulla conduttività termica λ	49
3.8	Influenza dell’umidità sul fattore μ	50
4.	CONDIZIONI AL CONTORNO	52
4.1	Dati climatici esterni.....	52
4.2	Dati climatici interni	53

5.	ESEMPIO D'ANALISI IN REGIME DINAMICO.....	56
5.1	Valutazioni in regime stazionario.....	57
5.2	Valutazioni in regime dinamico	59
5.3	Confronto dei risultati e conclusioni	63
	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	64

PARTE 3: “Ponti termici”

Rossella Esposti, Giorgio Galbusera e Alessandro Panzeri

1.	L'ANALISI DEI PONTI TERMICI	66
1.1	L'importanza dei ponti termici	66
1.2	Definizione di ponte termico	68
1.3	Ponti termici nel calcolo del fabbisogno energetico.....	69
1.4	Ponti termici nel calcolo della trasmittanza termica.....	70
2.	LA VALUTAZIONE ENERGETICA DEL COEFFICIENTE ψ	72
2.1	Il significato di ψ secondo UNI EN ISO 14683	72
2.2	I contenuti della norma UNI EN ISO 10211	75
2.3	La valutazione del coefficiente lineico	79
3.	STRUMENTI DI CALCOLO	80
3.1	Metodi di calcolo e incertezza prevista	80
3.2	Il software IRIS	82
3.3	Il software THERM	86
4.	INTERVENTI PER LA CORREZIONE DEI PONTI TERMICI	89
4.1	Ponti termici strutturali (travi, pilastri ecc.)	89
4.2	Pilastri d'angolo.....	90
4.3	Ponti termici parete/serramento.....	91
4.4	Cassonetti per avvolgibili	91
4.5	Ponti termici su aggetti e balconi	92
4.6	Piano pilotis	92
4.7	Fondazioni e ambienti non riscaldati	93
4.8	Attacco della copertura piana	94
4.9	Attacco della copertura a falda	94
	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	95

PARTE 4: “Diagnosi igrotermica e contenziosi”

Alessandro Panzeri

1.	COME IMPOSTARE LA DIAGNOSI IGROTERMICA	97
1.1	Premessa	97
1.2	Interpretare il quesito del giudice	98
1.3	Raccolta dati	100
1.4	Indagini	102
1.5	Soggetti coinvolti.....	103
1.6	Errori e cause	105
1.7	Soluzioni.....	106
2.	ESEMPI DI DIAGNOSI	107
	Esempio 1: cattiva gestione dell'utenza	107
	Esempio 2: errori di progetto	118
	Esempio 3: errori di realizzazione.....	124

3.	VALUTAZIONE DEL COEFFICIENTE LINEICO IN OPERA	131
3.1	Coefficienti lineici senza correzione	132
3.2	Coefficienti lineici con ponte termico corretto.....	135
3.3	Conclusioni	136
	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	137

PARTE 5: “Appendici”

APPENDICE A

Franco Calvi e Michele Gaverini

	CONFRONTO DEI METODI PER LA VALTUAZIONE DEI PONTI TERMICI	139
A.1	Valutazione del coefficiente ψ	139
A.2	I ponti termici analizzati	140
A.3	Metodologie di calcolo e risultati	144
A.4	Conclusioni	147

APPENDICE B

Alessandro Panzeri

	IGROTERMIA PER ELEMENTI CONTROTERRA	148
B.1	Introduzione	148
B.2	Igrotermia contro terra.....	148

APPENDICE C

Valentina Raisa

	QUALITÀ DELL'ARIA INTERNA	151
C.1	Introduzione	151
C.2	Inquinamento dell'aria interna.....	151
C.3	I sintomi associati ad una scorretta qualità dell'aria.....	153
C.4	Le malattie collegate all'edificio	153
C.5	Il problema della ventilazione	154
C.6	Riferimenti bibliografici	162