

3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La normativa nazionale di riferimento per le discontinuità dell'involucro è la norma UNI EN ISO 14683 che classifica e codifica i ponti termici fornendo una prima indicazione delle diverse tipologie e del loro coefficiente di dispersione termica lineica, cioè un coefficiente di correzione (Ψ) che tiene conto dell'influenza del ponte termico distribuito lungo una linea e è utilizzato per determinare il flusso di calore disperso attraverso il ponte termico analizzato. Minore quindi è il valore di Ψ , minore è la quantità di calore dispersa e di conseguenza migliore è la soluzione tecnica adottata.

Sulla base di questa classificazione esistono abaci e atlanti dei ponti termici che schematizzano e illustrano algoritmi di calcolo per l'individuazione del coefficiente di dispersione termica lineica.

3.1. RIFERIMENTI NORMATIVI E CALCOLO DEI PONTI TERMICI

3.1.1. Normative comunitarie e nazionali

Il quadro legislativo in materia di efficienza energetica è stato interessato negli ultimi anni da un forte dinamismo con molteplici riflessi pratici sulle modalità con cui gli edifici sono costruiti, riqualificati e gestiti.

Un ruolo fondamentale è stato svolto dalla Direttiva europea **DIRETTIVA EUROPEA 2002/91/CE** (abrogata dalla Direttiva europea 2010/31/UE) e dai relativi decreti nazionali di attuazione, ovvero:

- Decreto Legislativo 192/05;
- Decreto Legislativo 311/06;
- D.P.R. del 2 aprile 2009 n. 59.

La Direttiva europea 2002/91/CE ha introdotto una metodologia di calcolo del rendimento energetico integrato degli edifici imponendo requisiti minimi per fabbricati di nuova costruzione o esistenti di grande metratura, qualora sottoposti a ristrutturazioni. Tra i contenuti di maggiore rilievo ci sono:

la certificazione energetica, l'ispezione periodica della caldaia e degli impianti di climatizzazione.

L'Italia ha recepito la Direttiva con un proprio strumento legislativo: il decreto legislativo 192/05 mentre il decreto legislativo

311/06 ne ha riveduto e integrato i contenuti.

La più recente normativa a livello comunitario è la Direttiva del 19 maggio 2010: 2010/31/UE che promuove il miglioramento della prestazione energetica degli edifici all'interno dell'Unione Europea e valuta interventi al fine di evitare il surriscaldamento estivo alla luce di una crescente proliferazione degli impianti di condizionamento dell'aria: all'articolo 9 la direttiva auspica un numero crescente di edifici dalle prestazioni così dette a energia quasi zero.

**DIRETTIVA EUROPEA
2010/31/UE**

Il Decreto Legislativo 192/05 è l'attuazione della Direttiva europea 2002/91/CE relativo al rendimento energetico nell'edilizia; il Decreto si configura come un inquadramento normativo contenente principi di carattere generale rimandando gli aspetti operativi e di carattere applicativo ai successivi decreti di attuazione e alle linee guida nazionali per la certificazione energetica.

DECRETO LEGISLATIVO 192/05

Il D.P.R. del 2 aprile 2009 n. 59, che definisce le metodologie di calcolo e i requisiti minimi per la prestazione energetica degli edifici e degli impianti termici, costituisce il regolamento di attuazione dell'articolo 4 del Decreto Legislativo 192/05.

**D.P.R. DEL 2 APRILE 2009 N.
59**

In alcune regioni come in Emilia Romagna, in Lombardia ed in Piemonte la legislazione nazionale è stata affiancata o sostituita da normative locali.

Ai sensi del Decreto Legislativo 311/06 si devono verificare i requisiti precisi in termini di isolamento termico dei componenti che delimitano l'ambiente climatizzato. L'indagine sull'assenza di condensazione superficiale e la verifica di eventuali condensazioni interstiziali delle pareti, limitate alla quantità di rievaporabile, sono prescritte dal comma 8 dell'articolo 11 del presente decreto, in riferimento a tutte le categorie di edifici così come classificati in base alla destinazione d'uso all'articolo 3 del D.P.R. 412/93, eccezione fatta per la categoria E.8.

DECRETO LEGISLATIVO 311/06

Le strutture edilizie, opache e trasparenti, che costituiscono l'involucro, delimitando locali climatizzati, devono essere caratterizzate da valori di trasmittanza termica inferiore ai valori limite imposti dal Decreto Legislativo 311/06 in funzione della tipologia del componente edilizio esaminato e alle condizioni della zona climatica. La trasmittanza termica da considerare, per il confronto coi limiti di legge, coincide con quella del componente a

condizione che i ponti termici siano corretti. Il Decreto considera un ponte termico corretto quando la trasmittanza della parete fittizia non supera per più del 15% la trasmittanza termica della parete corrente.

Le norme UNI/TS 11300:2008 normano la prestazione energetica degli edifici; in particolare la prima parte è riferita alla determinazione del fabbisogno di energia primaria e ai rendimenti per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria. Tali norme rinviano la correzione dei ponti termici alla norma UNI EN ISO 14683, norma semplificata, che a sua volta rimanda alla norma UNI EN ISO 10211 per il calcolo analitico.

NORME UNI/TS 11300:2008

3.1.2. La norma UNI EN ISO 14683 - Inquadramento

Tra le due norme tecniche riguardanti i ponti termici in edilizia, il principale riferimento è la UNI EN ISO 14683:2008 (Ponti termici in edilizia -Coefficiente di trasmissione termica lineica - Metodi semplificati e valori di riferimento), la quale inquadra in maniera sintetica il tema, considerando le diverse possibilità. Per il calcolo più accurato di flussi termici e temperature superficiali si rimanda a metodi dettagliati (numerici) la cui applicazione deve essere effettuata secondo le prescrizioni e le procedure descritte nella UNI EN ISO 10211.

La UNI EN ISO 14683 definisce i requisiti relativi ai cataloghi di ponti termici, intesi come strumenti per la progettazione.

La parte più rilevante della norma, dal punto di vista applicativo, è costituita dall'Appendice A dove sono forniti valori di progetto della trasmittanza termica lineica per un insieme di tipologie di ponti termici comuni (circa ottanta casi): essi devono essere utilizzati quando l'effettivo valore di Ψ non è noto, ma anche quando non sono disponibili dettagli sul particolare ponte termico, o nel caso in cui un valore approssimato di Ψ sia appropriato per l'accuratezza richiesta nella determinazione della perdita totale di calore. La norma stessa specifica che tali valori di progetto sono validi solo per il calcolo del flusso termico (del quale rappresentano una sovrastima cautelativa) in corrispondenza della particolare configurazione, ma non devono essere utilizzati per valutazioni riguardo alla temperatura minima superficiale per evitare fenomeni di condensazione.

3.1.3. La norma UNI EN ISO 14683 - Classificazione e tipologie proposte

La norma fornisce una prima classificazione delle tipologie di ponte termico. In riferimento alla Figura seguente la lettera:

1. B indica i ponti termici di balconi o poggiali;
2. C indica i ponti termici negli angoli;
3. F indica i ponti termici dei pavimenti;
4. P indica i ponti termici determinati da pilastri;
5. R indica i ponti termici di copertura;
6. W indica i ponti termici dovuti alle finestre;
7. la sigla GF indica i ponti termici dovuti al terreno;
8. la sigla IW indica i ponti termici dovuti alle pareti interne.

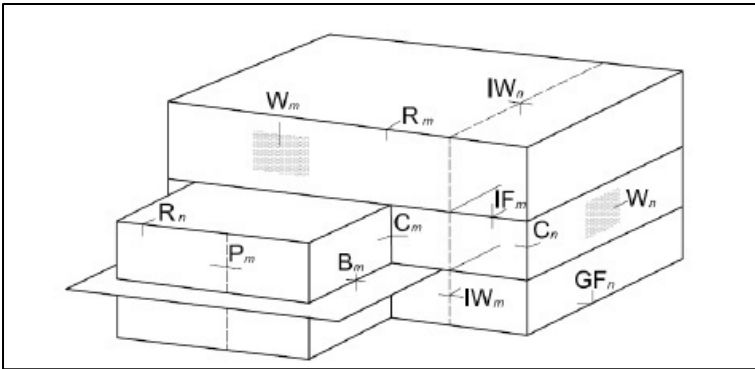


Figura 3.1. Schema di un edificio rappresentante le tipologie e le posizioni dei più comuni ponti termici

La norma fornisce valori di progetto di Ψ , arrotondati allo 0,05 [W/m K] più vicino, relativi a tre sistemi di valutazione delle dimensioni dell'edificio:

- dimensioni interne, misurate tra le superfici interne finite di ogni ambiente in un edificio (escluso quindi lo spessore delle partizioni interne);
- dimensioni interne totali, misurate tra le superfici interne finite degli elementi dell'edificio (incluso quindi lo spessore delle partizioni interne);
- dimensioni esterne, misurate tra le superfici esterne finite degli elementi esterni dell'edificio.

3.1.4. La norma UNI EN ISO 10211

Il secondo importante riferimento normativo è la norma UNI EN

ISO 10211.

La norma UNI EN ISO 10211-1 del 1998 è stata aggiornata nel 2008 solo in inglese. Oggetto della norma sono i ponti termici, i flussi termici, le temperature superficiali e i relativi metodi generali di calcolo. All'allegato G.2 della suddetta norma si analizzano le temperature interne ed esterne e la variabilità dell'umidità interna.

La norma UNI EN ISO 10211-2:2003 è solo in inglese e pone l'attenzione sui ponti termici lineari.

Le due parti della norma definiscono le specifiche dei modelli geometrici 3-D e 2-D di un dato ponte termico tridimensionale e bidimensionale rispettivamente, ai fini del calcolo numerico, dei flussi termici e delle temperature superficiali.

La norma include:

- le definizioni dei limiti del modello geometrico;
- le sue suddivisioni;
- le condizioni limite
- valori termici associati da utilizzare.

Sulla base delle indicazioni riportate nella norma, quindi, si può modellizzare la tipologia di ponte termico considerata, imponendo le condizioni al contorno ed eventualmente semplificando il modello da tri a bidimensionale. Alcune prescrizioni sul modello geometrico, ad esempio, specificano che esso dovrà includere gli elementi centrale e laterale del ponte e, se necessario, il terreno.

I piani di taglio, ovvero i piani costruttivi che definiscono i contorni del modello 3-D o 2-D separandolo dal resto della costruzione, dovranno essere invece posizionati in corrispondenza di un piano di simmetria se questo dista meno di 1 m da un elemento centrale, o ad almeno 1 m da un elemento centrale se non ci sono piani di simmetria più vicini, o nel terreno.

3.1.5. Calcolo dei ponti termici

Per l'analisi dei ponti termici si possono utilizzare metodi di calcolo della trasmittanza termica lineica attraverso:

- un procedimento approssimativo;
- facendo uso di cataloghi dei ponti termici;
- con metodi matematici;
- utilizzando la termografia.

Per valutare in modo accurato la temperatura superficiale

interna dei ponti termici è necessario ricorrere all' analisi degli elementi finiti che permette, in funzione della geometria e dei materiali del nodo studiato, di evidenziare le linee di flusso termico, l'andamento delle isoterme e quindi il rischio di formazione di condensa.

La tabella seguente indica i gradi di incertezza previsti per Ψ in funzione di ciascun metodo di calcolo.

Metodi di calcolo	Incetezza prevista di Ψ
Calcolo numerico	$\pm 5\%$
Atlante dei ponti termici	$\pm 20\%$
Calcolo manuale	$\pm 20\%$
Valori di progetto	da 0% a + 50%

Tabella 3.1. Incetezza prevista nei metodi di calcolo dei ponti termici

Il calcolo numerico si esegue utilizzando appositi software che, basandosi sul metodo degli elementi finiti, calcolano il flusso termico attraverso un modello bidimensionale del ponte termico (cfr. 3.1.6). Dal valore del flusso così ottenuto si ricavano valori abbastanza accurati della trasmittanza lineica. Il calcolo del flusso termico deve essere eseguito secondo la norma UNI EN ISO 10211-1.

CALCOLO NUMERICO

La trasmittanza termica lineare Ψ può essere ricavata utilizzando la seguente equazione:

$$\Psi = L^{2D} - \sum(L_i \cdot U_i)$$

dove:

L^{2D} è il coefficiente di accoppiamento ottenuto dal calcolo bidimensionale agli elementi finiti dell'elemento di separazione tra interno ed esterno (comprendente il ponte termico);

U_i è la trasmittanza termica dell' i -esimo componente unidimensionale che separa i due ambienti considerati;

L_i è la lunghezza a cui è applicata la trasmittanza U_i .

Per quanto riguarda le lunghezze, deve essere specificato quali dimensioni si utilizzano interne oppure esterne, in accordo con i calcoli eseguiti per la dispersione termica globale.

Gli esempi riportati negli atlanti dei ponti termici (raccolte di dettagli precalcolati) hanno parametri fissi e non modificabili (materiali, dimensioni ecc...) per cui risultano essere meno flessibili rispetto ai calcoli numerici.

ATLANTI DEI PONTI TERMICI

Il nodo nell'atlante raramente corrisponde perfettamente a

quello che si vuole verificare e questo rende la determinazione di Ψ meno accurata. Per minimizzare il margine d'errore occorre scegliere, all'interno dei nodi proposti dall'atlante, il dettaglio più simile a quello che si sta analizzando, con dimensioni e proprietà termiche simili o termicamente meno favorevoli (per sicurezza nel calcolo).

I calcoli numerici su cui si basa il valore della trasmittanza termica lineica forniti dall'atlante devono essere condotti in accordo con la norma UNI EN ISO 10211-1. L'atlante deve fornire anche le seguenti informazioni:

- indicazioni chiare sull'ottenimento dei valori di Ψ a partire dai dati forniti dall'atlante;
- dimensioni del dettaglio considerato e valori della trasmittanza termica delle parti omogenee del dettaglio;
- resistenze superficiali interna ed esterna utilizzate per il calcolo dei valori forniti dall'atlante.

Esistono in letteratura numerosi metodi di calcolo manuale eseguibili con operazioni su calcolatrici o con semplici software. Tuttavia non si può fornire un'indicazione generale sulla correttezza di questi metodi poiché la maggior parte dei calcoli manuali si applica ad un solo tipo di ponte termico (ad esempio costruzioni con lamine metalliche). Per questo motivo un metodo di calcolo manuale può essere molto accurato nello specifico ambito di applicazione e molto poco accurato al di fuori di questo ambito.

CALCOLI MANUALI

I calcoli manuali devono fornire le seguenti indicazioni:

- tipologie dei dettagli strutturali ai quali si applicano;
- limiti dimensionali entro i quali il metodo è valido;
- limiti dei valori di conduttività termica dei materiali considerati;
- valori della resistenza termica da utilizzare;
- stima dell'accuratezza di calcolo e campo di applicabilità (per esempio errore massimo consentito).

La norma propone una gamma di valori tabulati di PSI, calcolati tenendo conto di parametri fortemente a favore di sicurezza¹.

VALORI TABULATI

I valori di Ψ sono forniti per ciascun nodo in base alla posizione dell'isolante (sul lato esterno, nella parte intermedia, sul lato interno e uniformemente distribuita nella struttura) e alle misure utilizzate,

¹ L'uso di questi valori, obbligatoriamente, comporta un rischio di errore piuttosto elevato (anche fino al 50%).

sono riportati nelle pagine della norma UNI EN ISO 14683 (cfr. 3.1.2 e 3.1.3).

I valori forniti dalle tabelle della norma sono:

- Ψ_i basato sulle dimensioni interne, ossia misurate tra le superfici interne finite di ogni ambiente dell'edificio, escluso lo spessore delle partizioni interne;
- Ψ_{io} basato sulle dimensioni totali interne, ossia misurate tra le superfici interne finite degli elementi dell'edificio, incluso lo spessore delle partizioni interne;
- Ψ_e basato sulle dimensioni esterne, ossia misurate tra le superfici esterne finite degli elementi dell'edificio.

3.1.6. Calcolo dei ponti termici con modelli bi-tridimensionali

Il modello geometrico tridimensionale dettagliato (3D della UNI EN ISO 10211-1) definisce il calcolo numerico sia dei flussi termici, per stimare le dispersioni termiche totali di un edificio, sia il calcolo delle temperature superficiali minime, per valutare il rischio di condensazione superficiale.

Presupposti per l'applicabilità della norma sono: condizioni termiche stazionarie, proprietà fisiche indipendenti dalle temperature, assenza di sorgenti di calore all'interno delle strutture edilizie. La norma UNI EN ISO 10211-1 può essere utilizzata anche per definire le trasmittanze lineiche e puntuali e i fattori di temperature superficiali.

I software in 3D aiutano nello svolgimento dei calcoli, ma richiedono un'eccessiva quantità di dati d'ingresso.

Il modello geometrico bidimensionale di un ponte termico lineare, oggetto della UNI EN ISO 10211-2, calcola la trasmittanza termica lineica del ponte termico lineare e il limite inferiore delle temperature minime superficiali. Pur fornendo valori accurati di temperature superficiali interne, può non tener conto della presenza all'interno dell'ambiente di altri ponti termici lineari o puntiformi, ottenendo così una temperatura superficiale più alta rispetto a quella reale, con conseguente possibile formazione di muffa. I risultati di calcolo sono più approssimativi rispetto al modello tridimensionale. Presupposti necessari per il calcolo bidimensionale sono:

- la presenza di un solo ponte termico e di uno o due ambienti

- termici esistenti adiacenti;
- le condizioni stazionarie;
- le proprietà fisiche indipendenti dalla temperatura;
- l'assenza di sorgenti di calore all'interno dell' elemento edilizio considerato.

Un secondo ambiente termico esterno si applica soltanto quando si calcolano le temperature superficiali: la temperatura in corrispondenza del piano di taglio oppure del terreno qualora questo faccia parte del modello geometrico ed esso rappresenta il secondo ambiente termico esterno.

3.1.7. Calcolo dei ponti termici per la Città di Torino

Di seguito si riporta un estratto dell'Ordine di servizio della Città di Torino n. 8/2012. In relazione ai contenuti della relazione tecnica di cui all'articolo 28, comma 1, della Legge 9 gennaio 1991, n. 10, diventa obbligatorio il calcolo dei coefficienti di scambio termico lineico e se ne precisano le modalità di calcolo ammesse.

Ai fini del calcolo dei parametri di trasmissione termica degli elementi dell'involucro edilizio e dei relativi coefficienti globali di scambio termico, e delle verifiche di conformità alla normativa regionale vigente in Piemonte (DGR 4 agosto 2009 n. 46-11968 – punto 1.3), **la valutazione dello scambio termico per trasmissione attraverso i ponti termici non può in nessun caso essere omessa.**

ORDINE DI SERVIZIO N. 8/2012

Ai sensi della normativa tecnica vigente (UNI/TS 11300-1) e delle norme tecniche ad essa correlate, ed ai sensi della norma regionale vigente (DGR. del 4 agosto 2009 n. 46-11968), **i ponti termici vanno inseriti considerando i relativi valori di trasmittanza termica lineica**, che possono essere calcolati:

- secondo la norma tecnica UNI EN ISO 14683, per i casi da essa previsti;
- utilizzando i valori contenuti in specifici atlanti dei ponti termici (es. l'Abaco dei ponti termici edito da CESTEC/CENED, ecc.) purché conformi alle norme UNI EN ISO 14683 e UNI EN ISO 10211;
- utilizzando i coefficienti di trasmissione termica lineica ricavati da idoneo software di calcolo agli elementi finiti conformi alla norma UNI EN ISO 10211 (es. software THERM sviluppato dal

Lawrence Berkeley National Laboratory -LBNL, ecc.).

In ogni caso, i valori dei coefficienti di trasmissione termica lineica dovranno essere coerenti con il sistema utilizzato per la valutazione delle dimensioni dell'edificio in oggetto (dimensioni interne, dimensioni interne totali o dimensioni esterne) come previsto dalla normativa tecnica vigente.

L'utilizzo di atlanti e di programmi di calcolo agli elementi finiti dovrà essere accompagnato da specifici dettagli costruttivi relativi ai ponti termici oggetto di valutazione, quotati e rappresentati in scala minima 1:20.

L'utilizzo degli atlanti dei ponti termici dovrà inoltre essere accompagnato, per ogni ponte termico preso in esame, dalla verifica dell'appartenenza dei singoli parametri significativi per il calcolo dei coefficienti di trasmissione termica lineica, al campo di applicazione previsto dalla validazione dello stesso atlante.

Al fine di facilitare il controllo da parte degli Uffici preposti, dovrà inoltre essere riportato il nome dell'atlante utilizzato, stralcio della relativa copertina e stralcio delle schede utilizzate ai fini della determinazione dei coefficienti di trasmissione termica lineica.

Al fine di facilitare il controllo da parte degli Uffici preposti, dovranno essere allegate tavole grafiche (piante e sezioni), contenenti la localizzazione ed individuazione univoca tramite codice identificativo alfanumerico, dei singoli ponti termici inseriti nel calcolo del fabbisogno energetico dell'edificio, il quale dovrà essere esplicitato ad un livello di dettaglio adeguato per consentire la verifica del loro corretto inserimento.

3.2. CLASSI ESIGENZIALI E REQUISITI PRESTAZIONALI IN EDILIZIA: UNI 8290

La UNI 8290 consente una ordinata e organica scomposizione di un sistema edilizio in più livelli, con regole omogenee.

La normativa UNI 8290 si suddivide in tre parti:

1. UNI 8290-1:1981 Edilizia residenziale. Sistema tecnologico. Classificazione e terminologia.
2. UNI 8290-2:1983 Edilizia residenziale. Sistema tecnologico. Analisi dei requisiti.
3. UNI 8290-3:1987 Edilizia residenziale. Sistema tecnologico. Analisi degli agenti.

La finalità del lavoro consiste nell'articolare un elenco di voci secondo la logica delle opere compiute, al fine di permettere sia stime analitiche che stime elementari.

Nello specifico sono state analizzate le prime due parti al fine di ricreare una classificazione ed individuare i requisiti principali attinenti alle unità tecnologiche individuate.

La concezione normativa su base esigenziale e prestazionale presuppone che siano opportunamente individuati gli oggetti di cui le norme trattano.

UNI 8290-1:1981

La norma fornisce, nel campo dell'edilizia residenziale, la classificazione e l'articolazione delle unità tecnologiche e degli elementi tecnici nei quali è scomposto il sistema tecnologico.

Scopo della norma è quello di unificare la terminologia da impiegare nelle attività normative, programmatiche, progettuali, operative e di comunicazione.

La norma stabilisce i criteri e la terminologia necessari per classificare i diversi elementi che compongono il Sistema tecnologico. I criteri adottati si fondano su principi di omogeneità. La scomposizione del sistema presenta quattro livelli, dando luogo a quattro insiemi denominati:

- classi di unità tecnologiche (primo livello);
- unità tecnologiche (secondo livello);
- classi di elementi tecnici (terzo livello);
- elementi tecnici (quarto livello).

Scopo della norma è di fornire un elenco dei principali requisiti del sistema tecnologico al fine di unificare l'esposizione delle attività

UNI 8290-2:1983

normative, programmatiche, progettuali, operative e di comunicazione relative al processo edilizio, e definire il quadro di riferimento dei requisiti rispetto agli agenti che li motivano, alle esigenze a cui sono trasposti e al sistema tecnologico a cui sono riferiti.

La norma stabilisce i criteri di identificazione dei requisiti, elencandone alcuni relativi al sistema tecnologico, ma possono essere individuati altri elementi per un particolare scopo specifico. La condizione fondamentale che deve possedere un requisito è di essere:

- una trasposizione a livello tecnico di un'esigenza;
- riferito ad un particolare elemento del sistema edilizio;
- riferito ad un particolare agente che li motiva;
- riferito ad una particolare condizione d'uso;
- quantificato con un sistema di parametri.

La lista dei requisiti individuati dalla norma è costituita da 63 elementi.

Per esigenza si intende ciò che di necessità si chiede per il normale svolgimento di una attività o di una funzione dell'utente. **ESIGENZA**

Le esigenze vengono espresse dal committente/utente.

Le esigenze vengono classificate e raggruppate in base a classi di esigenze:

- Sicurezza (incolumità, difesa e prevenzione di danni accidentali);
- Benessere (adeguatezza dell'ambiente interno alla vita, salute e attività svolte);
- Fruibilità (attitudine ad essere utilizzato per le attività previste);
- Aspetto (estetica, percezione);
- Gestione (economia in fase di esercizio);
- Integrabilità (connessione tra gli elementi del sistema edilizio);
- Salvaguardia dell'ambiente (sostenibilità su scala locale e globale).

Il requisito è la trasposizione di un'esigenza in caratteristiche del sistema costruttivo. Un requisito si riferisce: **REQUISITO**

- a determinate condizioni d'uso;
- ad un determinato oggetto.

Il progettista ha il compito di trasporre le esigenze del committente/utilizzatore in requisiti del progetto tenendo conto

anche di fattori normativi, tecnologici ed economici.

Con prestazione si intende il comportamento dell'organismo edilizio o di un suo componente in determinate condizioni ambientali, di uso o di sollecitazione. **PRESTAZIONE**

La capacità di prestazione è la definizione qualitativa della prestazione desiderata dell'organismo edilizio o di un suo componente.

La specifica di prestazione è il valore di un attributo che indica in maniera precisa e univoca la prestazione desiderata dell'organismo edilizio o di un suo componente.

Quindi, in conclusione:

- il progettista rileva le esigenze degli utenti e dei committenti;
- il progettista definisce i requisiti che soddisfano le esigenze;
- il progettista definisce le specifiche di prestazione degli elementi;
- la qualità dell'edificio è la sua capacità di soddisfare le esigenze degli utenti e dei committenti, attraverso le sue prestazioni.

**ESIGENZA, REQUISITO,
PRESTAZIONE E QUALITÀ**

Lo schema gerarchico proposto dalla normativa risulta pertanto: **SCHEMA GERARCHICO**

0. Classe esigenziale

A. Classe di requisito

a) Requisito

- Descrizione

Di seguito lo schema dettagliato delle classi esigenziali e dei requisiti che si sono usati come base per definire le specifiche di prestazione dei nodi dei ponti termici studiati.

1. Sicurezza
 - A. di stabilità
 - a) affidabilità
 - Attitudine a garantire, in condizioni di normale utilizzo, livelli prestazionali costanti nel tempo.
 - b) resistenza meccanica alle azioni dinamiche
 - Capacità di resistere, nelle condizioni di esercizio, alle sollecitazioni dinamiche agenti, evitando il prodursi di deformazioni, cedimenti e/o rotture.
 - c) resistenza meccanica alle azioni statiche
 - Capacità di resistere, nelle condizioni di esercizio, alle sollecitazioni statiche agenti, evitando il prodursi di deformazioni, cedimenti e/o rotture.
 - B. al fuoco
 - a) assenza di emissioni di sostanze nocive
 - Attitudine a non produrre e/o emettere sostanze nocive (tossiche, irritanti, corrosive).
 - b) resistenza al fuoco
 - Si intende la capacità durante un incendio di mantenere inalterate le proprie caratteristiche d'esercizio per un tempo limite utile alla messa in sicurezza degli occupanti.
2. Benessere
 - A. termico ed igrometrico
 - a) controllo della condensazione interstiziale
 - Attitudine ad evitare la formazione di acqua di condensa all'interno degli elementi.
 - b) controllo della condensazione superficiale
 - Attitudine ad evitare la formazione di condensa sulla superficie degli elementi.
 - c) controllo dell'inerzia termica
 - Attitudine ad attenuare entro opportuni valori l'ampiezza di oscillazione della temperatura e a ritardarne di una opportuna entità l'effetto.
 - d) isolamento termico
 - Capacità di garantire adeguata resistenza al flusso di calore, dall'esterno all'interno e viceversa, assicurando il benessere termico.
 - B. acustico
 - a) assorbimento
 - Attitudine di un oggetto a trasformare parte dell'energia di una radiazione sonora su di esso incidente, in altre forme di energia.
 - b) isolamento acustico
 - Capacità di garantire adeguata resistenza alle emissioni di rumore, dall'esterno all'interno e viceversa, assicurando il benessere acustico.
3. Integrabilità
 - A. degli elementi tecnici
 - a) integrazione dimensionale
 - Capacità di un elemento o di un componente di poter essere, in parte o totalmente, integrato dimensionalmente in un sistema già esistente per garantire prestazioni migliorate.
 - b) sostituibilità
 - Capacità di un elemento di garantire la possibilità di effettuare sostituzioni di parti e/o elementi, e garantire le prestazioni originarie.
4. Gestione
 - A. di manutenibilità
 - a) anigroscopicità
 - Capacità degli elementi di non essere soggetti a mutamenti di dimensione, comportamento e morfologia in seguito all'assorbimento e/o al contatto con acqua.
 - b) facilità d'intervento
 - Attitudine a garantire facili condizioni di intervento per ispezioni, manutenzioni e/o lavori.
 - c) resistenza al gelo
 - Capacità di mantenere inalterate le proprie caratteristiche e non subire degni o modifiche dimensionali-funzionali a seguito della formazione di ghiaccio così come anche durante la fase di disgelo.
 - d) resistenza all'irraggiamento
 - Attitudine a non subire mutamenti di aspetto e caratteristiche chimico-fisiche a causa dell'esposizione all'energia raggiante.

4. STRUMENTI DI CALCOLO DEL COEFFICIENTE DI DISPERSIONE TERMICA LINEICA E TECNICHE COSTRUTTIVE

Sulla base della classificazione della norma UNI EN ISO 14683 (cfr. Capitolo 3) esistono abaci e atlanti dei ponti termici che schematizzano e illustrano algoritmi di calcolo per l'individuazione del coefficiente di dispersione termica lineica Ψ .

Gli abaci e gli atlanti più rilevanti e significativi nell'ambito della ricerca sono presentati all'interno del capitolo illustrandone le peculiarità e i possibili punti critici.

Associazioni di categoria come consorzi di produttori o collegi costruttori forniscono linee guida e manuali specifici sui temi e sulle particolari aree di competenza. Il tema delle discontinuità nell'involucro edilizio ha un carattere trasversale e pertinente a ciascuno dei settori imprenditoriali indagati seppure con rilevanze differenti.

Pubblicazioni di tipo accademico e scientifiche a cavallo tra il quadro legislativo, in continua evoluzione, il mondo della progettazione e quello della realizzazione forniscono indicazioni generali, con approfondimenti puntuali su particolari aspetti, sia nell'energetica che nell'architettura tecnica. Entrambe queste discipline, che spesso sono però considerate separatamente, contribuiscono a definire caratteristiche prestazionali e a fornire indicazioni grafiche fondamentali per la progettazione e l'ottimizzazione delle discontinuità.

Ulteriore fonte di informazione sono le banche dati e gli studi specialistici consultati attraverso la risorsa telematica. Nello specifico vengono analizzate le estensioni digitali, più ricche e in costante aggiornamento, di due testi cartacei prodotti da associazioni di categoria. Questo tipo di risorsa, oltre a fornire informazioni teoriche e di carattere generale richiama e propone esempi applicativi e pratici con riferimenti a casi studio o prodotti specifici esistenti e di facile riscontro.

Nei paragrafi seguenti sono illustrati nel dettaglio i differenti strumenti di calcolo e i manuali presenti sull'attuale mercato odierno.

Per ciascuna sezione un QR-Code rimanda alla versione digitale del documento o comunque al sito internet di riferimento da cui trarre tutte le informazioni per reperire la copia cartacea.

4.1. ABACI ED ATLANTI DI CALCOLO DEL COEFFICIENTE DI DISPERSIONE – Ψ -

4.1.1. L'Atlante nazionale dei ponti termici

L'atlante, edito da Edilclima, per ciascuna classe di ponte termico individua alcune casistiche, fornendone valori tabellari precalcolati secondo la norma UNI EN ISO 10211 in riferimento alle diverse caratteristiche dimensionali.

In particolare, viene fornita una scheda che contiene il modello geometrico del ponte termico analizzato, l'andamento qualitativo delle isoterme e delle linee di flusso e i valori di trasmittanza termica lineare calcolati ψ in funzione dei parametri progettuali individuati.

Di seguito, si propone la struttura di una "scheda tipo" accompagnata dalla descrizione delle singole parti di cui è composta, al fine di renderne più agevole la comprensione e, l'eventuale utilizzo dell'Atlante.



HTTP://WWW.EDILCLIMA.IT/IT/
 PRODOTTI/SCHEDA.PHP?ID=
 11184

SCHEDA TIPO

CODICE: R1 - Giunto parete con isolamento esterno - copertura

Parametri di ingresso

$S_{cop} = 15-20-25$ cm
 $S_{mur} = 20-30-40$ cm
 $\lambda_{mur} = 0,25-0,50-0,90$ W/(m·K)
 $\lambda_{iso} = 2,0$ W/(m·K)
 $\lambda_{cop} = 0,05-0,10$ W/(m·K)
 $U_{p, parete e copertura} = 0,60-0,80-0,90-0,10-0,30-0,20-0,10$ W/(m²·K)
 $U_{p, parete} = 0,70-0,60-0,50-0,40-0,30-0,20-0,10$ W/(m²·K)

Solaio di copertura di spessore 15 cm

$U_{p, parete e copertura}$ [W/(m²·K)]	Muratura di spessore 20 cm			Muratura di spessore 30 cm			Muratura di spessore 40 cm					
	$\lambda_{muratura}$ [W/(m·K)]	0,25	0,50	0,90	$\lambda_{muratura}$ [W/(m·K)]	0,25	0,50	0,90	$\lambda_{muratura}$ [W/(m·K)]	0,25	0,50	0,90
0,70	0,22	0,21	0,22	0,12	0,08	0,09			-0,04	-0,03		
0,60	0,26	0,25	0,27	0,15	0,13	0,14			0,02	0,04		
0,50	0,29	0,29	0,30	0,19	0,18	0,20	0,10	0,10	0,08	0,10		
0,40	0,32	0,32	0,34	0,22	0,22	0,24	0,14	0,13	0,13	0,16		
0,30	0,34	0,34	0,36	0,25	0,26	0,28	0,18	0,18	0,21	0,24		
0,20	0,33	0,34	0,35	0,27	0,27	0,29	0,21	0,22	0,24	0,24		
0,10	0,27	0,27	0,28	0,23	0,23	0,24	0,20	0,20	0,22	0,22		

Solaio di copertura di spessore 20 cm

$U_{p, parete e copertura}$ [W/(m²·K)]	Muratura di spessore 20 cm			Muratura di spessore 30 cm			Muratura di spessore 40 cm					
	$\lambda_{muratura}$ [W/(m·K)]	0,25	0,50	0,90	$\lambda_{muratura}$ [W/(m·K)]	0,25	0,50	0,90	$\lambda_{muratura}$ [W/(m·K)]	0,25	0,50	0,90
0,70	0,29	0,27	0,29	0,18	0,14	0,15			0,01	0,02		
0,60	0,34	0,32	0,34	0,21	0,19	0,20			0,08	0,09		
0,50	0,36	0,37	0,38	0,24	0,23	0,26	0,17	0,14	0,16	0,16		
0,40	0,41	0,41	0,42	0,27	0,30	0,32	0,22	0,20	0,22	0,22		
0,30	0,44	0,44	0,45	0,30	0,34	0,36	0,26	0,26	0,28	0,28		
0,20	0,43	0,43	0,44	0,33	0,36	0,36	0,29	0,30	0,32	0,32		
0,10	0,37	0,37	0,38	0,31	0,31	0,32	0,27	0,28	0,29	0,29		

Solaio di copertura di spessore 25 cm

$U_{p, parete e copertura}$ [W/(m²·K)]	Muratura di spessore 20 cm			Muratura di spessore 30 cm			Muratura di spessore 40 cm					
	$\lambda_{muratura}$ [W/(m·K)]	0,25	0,50	0,90	$\lambda_{muratura}$ [W/(m·K)]	0,25	0,50	0,90	$\lambda_{muratura}$ [W/(m·K)]	0,25	0,50	0,90
0,70	0,35	0,33	0,34	0,23	0,18	0,18			0,05	0,05		
0,60	0,40	0,39	0,40	0,27	0,24	0,25			0,12	0,13		
0,50	0,45	0,44	0,45	0,33	0,31	0,32	0,23	0,19	0,21	0,21		
0,40	0,49	0,49	0,50	0,38	0,37	0,38	0,28	0,26	0,28	0,28		
0,30	0,52	0,52	0,53	0,42	0,41	0,43	0,33	0,32	0,35	0,35		
0,20	0,52	0,52	0,53	0,44	0,44	0,45	0,37	0,37	0,39	0,39		
0,10	0,44	0,43	0,44	0,39	0,39	0,40	0,34	0,34	0,36	0,36		

Figura 4.1. Scheda tipo



Figura 4.2. Copertina dell'Atlante

Nella sezione A della scheda è rappresentato il modello geometrico di ponte termico oggetto di studio con l'indicazione del sistema di dimensioni utilizzato per il calcolo della trasmittanza termica lineare (in arancione, lungo la superficie esterna del modello geometrico). I valori di trasmittanza termica lineare per ogni ponte termico sono stati calcolati considerando le dimensioni esterne secondo la definizione dettata dalla UNI EN ISO 13789.

SEZIONE A

Nella sezione B è riportata una rappresentazione modellistica del ponte termico in cui sono evidenziate le linee isoterme (a colori) e di flusso termico (linee di colore nero) attraverso cui è possibile evincere, da un punto di vista qualitativo, le zone interessate dalla maggiore dispersione di energia termica attraverso il ponte termico. In particolare, le dispersioni termiche maggiori sono individuate dove le linee di flusso sono caratterizzate da una densità maggiore.

SEZIONE B

Nella sezione C è riportato l'elenco dei parametri di ingresso (fissi e variabili) con la relativa unità di misura; per ognuno dei quali è indicato il valore numerico e l'intervallo considerato per le simulazioni effettuate per il calcolo della trasmittanza termica lineare. Ogni parametro progettuale variabile è inoltre richiamato in figura (sezione A).

SEZIONE C

Nella sezione D sono riportate le tabelle con i valori di trasmittanza termica lineare per il ponte termico oggetto di studio in funzione dei valori dei parametri di ingresso.

SEZIONE D

Il libro è corredato dal software Thermal Bridge Evaluator che consente l'agevole utilizzo dell'Atlante attraverso l'individuazione grafica della tipologia di ponte termico e l'interpolazione dei dati di trasmittanza termica lineare tabulati.

THERMAL BRIDGE EVALUATOR

Di seguito si riporta un esempio di videata di input dei dati.

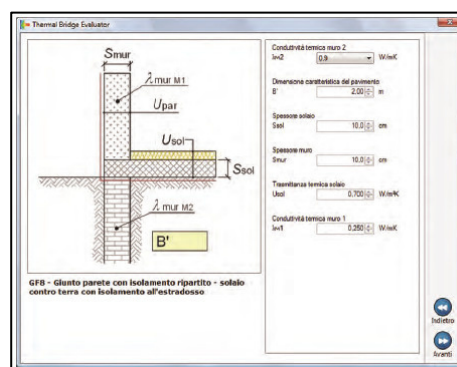


Figura 4.3. Thermal Bridge Evaluator

4.1.2. L'Abaco dei ponti termici

La valutazione quantitativa dei ponti termici costituisce una fase delicata della certificazione energetica degli edifici, nella quale anche il certificatore più esperto si scontra con calcoli complessi ed elaborati senza poter usufruire di un supporto adeguato nella letteratura scientifica sia italiana sia internazionale.

L'Abaco, edito da CENED (Certificazione ENergetica degli EDifici), che sulla base di schemi grafici semplificati, propone algoritmi di calcolo validi solo per alcuni campi di esistenza, al di fuori dei quali i risultati ottenuti non sono attendibili.

Il lavoro si propone dunque, l'obiettivo di fornire uno strumento semplice e flessibile per la determinazione delle dispersioni termiche causate dai ponti termici, adattabile alle diverse tipologie di costruzioni e di materiali edili.

La disciplina regionale (Regione Lombardia) in materia di efficienza energetica degli edifici, dopo la prima fase di applicazione, ha raggiunto, oggi, una formulazione stabile.

In quest'ambito, l'Associazione regionale dei costruttori edili lombardi ha collaborato con la Regione sia in fase di definizione della disciplina, che, successivamente, durante l'applicazione della stessa, allo scopo di concorrere al raggiungimento di una normativa che fosse il più possibile chiara e applicabile per gli operatori.

In questa attività si inserisce il lavoro svolto per l'elaborazione dell'Abaco, frutto dell'impegno condiviso di Politecnico di Milano, Cestec S.p.A. e Associazione regionale dei costruttori edili lombardi.

L'Abaco dei ponti termici, frutto della collaborazione tecnica con ANCE Lombardia e Politecnico di Milano, nasce dall'esigenza di offrire un supporto concreto al lavoro dei certificatori e dei professionisti e rientra nel programma di formazione e aggiornamento continuo ai fini di una più efficace ed omogenea attuazione delle norme sul rendimento energetico in edilizia.

Le schede proposte contengono una schematizzazione della tipologia di ponte termico, contenente anche le indicazioni sulle misure caratteristiche da usare per la valutazione della trasmittanza termica lineare, accompagnata da una descrizione sintetica della tipologia.



[HTTP://WWW.CENED.IT/C/DOCUMENT_LIBRARY/GET_FILE?P_L_ID=7554957&FOLDERID=7293235&NAME=DLFE-33204.PDF](http://www.cened.it/C/DOCUMENT_LIBRARY/GET_FILE?P_L_ID=7554957&FOLDERID=7293235&NAME=DLFE-33204.PDF)

OBIETTIVI

GENESI

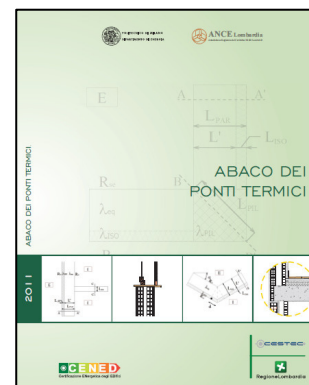


Figura 4.4. Copertina dell'Abaco

LE SCHEDE



Figura 4.5. Schema grafico di una scheda tipo

Oltre all'immagine e alla descrizione, nella scheda è riportata una correlazione per il calcolo della trasmittanza termica lineare, accompagnata dalla descrizione dei parametri da usare per il calcolo, dagli intervalli di validità della correlazione e dall'incertezza associata alla stima.

TRASMITTANZA TERMICA LINEARE	
Riferita alle dimensioni esterne	$\psi_E = 0.695 - 0.0635 \cdot U^* + 2.231 \cdot S_{PIL} \left(\frac{W}{m \cdot K} \right)$
Riferita alle dimensioni interne	$\psi_I = 0.695 - 0.0635 \cdot U^* + 2.231 \cdot S_{PIL} \left(\frac{W}{m \cdot K} \right)$
Con:	
Trasmittanza adimensionale	$U^* = \frac{U_{PIL}}{U_{PAR}}$
Trasmittanza del pilastro	$U_{PIL} = \frac{1}{R_{si} + \frac{L_{PIL}}{\lambda_{PIL}} + R_{se}} \left(\frac{W}{m^2 \cdot K} \right)$
Trasmittanza della parete	$U_{PAR} = \frac{1}{R_{si} + \frac{L'}{\lambda_{eq}} + \frac{L_{ISO}}{\lambda_{ISO}} + R_{se}} \left(\frac{W}{m^2 \cdot K} \right)$
Campo di validità	$5.29 \leq U^* \leq 12.14 \quad 0.30 \leq S_{PIL} \leq 0.50 \text{ (m)} \quad 0.23 \leq \lambda_{eq} \leq 0.81 \left(\frac{W}{m \cdot K} \right)$
Intervallo di confidenza	$IC_E^{95\%} = \pm 0.09 \left(\frac{W}{m \cdot K} \right) \quad IC_I^{95\%} = \pm 0.09 \left(\frac{W}{m \cdot K} \right)$

Figura 4.6. Formule e campo di validità per una scheda tipo

4.1.3. Le Catalogue des ponts thermiques

Il catalogo sviluppato dall'OFEN di Zurigo (Dipartimento dell'Energia e dell'Ambiente) offre valori tabellari, sviluppati su una casistica più ampia e in riferimento anche a edilizia non tradizionale (semiprefabbricato o mista in cemento-acciaio).

Ciascuna tabella di dettaglio fornisce i valori del coefficiente lineico Ψ e di quello puntuale χ , in funzione dei differenti tipi di isolamento. La tabella è valida per condizioni standard di calcolo specificate nel riquadro posizionato sotto lo schema grafico. In alcuni casi, è possibile trovare ulteriori specifiche nella tabella suppletiva denominata "Majorations".

Incrociando i due parametri caratteristici della tabella principale si ottiene il valore del coefficiente ricercato. I valori di partenza della tabella sono i valori delle trasmittanze termiche degli elementi adiacenti tra cui, anche quelli delle finestre.

I dettagli tipologici dei diversi ponti termici sono illustrati dagli schemi grafici ad essi associati. Quando i valori riportati in tabella sono validi per un solo tipo di ponte termico, il disegno evidenzia l'isolamento colorato e il muro di riferimento è campito in modo continuo. Se la campitura del muro è tratteggiata, significa, allora, che i valori riportati in tabella sono validi per differenti tipi di muratura.

Per determinare il coefficiente di ponte termico, per le diverse varianti possibili, è necessario aggiungere il valore di base della tabella e il corrispondente aumento ad esso associato.

Sintesi delle condizioni più importanti per l' utilizzo del Catalogo:

1. i valori di Ψ sono validi solo per il campo di esistenza indicato. I valori e i calcoli proposti si riferiscono sempre alle dimensioni esterne, e i calcoli e le misure per valutare la perdita di energia termica devono essere effettuati secondo gli stessi riferimenti;
2. i valori di χ indicati non garantiscono l'assenza dell'insorgere di problemi di degrado dei materiali della costruzione.

Il Catalogo, in lingua francese, per le tipologie di ponte termico proposte fornisce una classificazione alfanumerica in funzione del gruppo, tipo e ordine di appartenenza. L'immagine seguente illustra un esempio della classificazione proposta.



HTTP://WWW.VD.CH/FILEADMIN/
USER_UPLOAD/THEMES/
ENVIRONNEMENT/ENERGIE/
FICHIERS_PDF/CALCUL_PONT
_THERMIQUES.PDF

CONDIZIONI DI UTILIZZO

CLASSIFICAZIONE

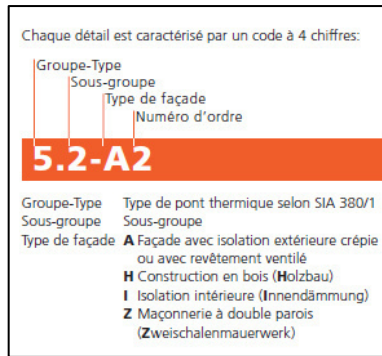


Figura 4.7. Esempio di classificazione alfanumerica

L'esempio seguente mostra come leggere una "tabella tipo" *METODO DI UTILIZZO* estratta dal Catalogo.

Non isolé, avec isolation sous bord de dalle, mur en béton armé

1.2-12

Valeur U paroi en W/(m ² · K)	Valeur U toiture, en W/(m ² · K)				Valeur Ψ en W/(m · K)	
0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	
0.15	0.30	0.28	0.25	0.23	0.21	0.18
0.20	0.34	0.32	0.29	0.27	0.24	0.21
0.25	0.32	0.31	0.28	0.26	0.23	0.21
0.30	0.31	0.30	0.28	0.26	0.23	0.21
0.35	0.29	0.29	0.26	0.25	0.22	0.20
0.40	0.26	0.26	0.24	0.23	0.20	0.18

Conditions standard
Dalle ép. 20 cm

Majoration
Dalle ép. 18 cm - 0.03 W/(m · K)
4 Dalle ép. 22 cm + 0.03 W/(m · K)
Dalle ép. 24 cm + 0.06 W/(m · K)

3 $\Psi = 0.31 + 0.03 = 0.34 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$

Figura 4.8. Esempio di lettura di una "tabella tipo"

I numeri in figura forniscono l'ordine metodologico da seguire per ottenere il risultato cercato:

1. Nel caso illustrato, per determinare il valore di Ψ , è necessario dapprima ricercare lo schema grafico corrispondente che maggiormente raffigura la tipologia costruttiva utilizzata. In questo caso si tratta di una copertura orizzontale con falda in aggetto;
2. determinati i valori di trasmittanza della partizione orizzontale (tetto) e di quella verticale (parete) si scelgono i valori tabellati che più si avvicinano ai valori reali degli elementi considerati;
3. l'intersezione in tabella (riga con colonna) dei due valori di partenza fornisce un valore di base del coefficiente Ψ ;
4. i calcoli in condizioni standard sono stati effettuati per uno spessore della soletta di 20 cm. Il caso considerato prevede che la soletta sia di 22 cm, il che richiede una maggiorazione prevista nella tabella "Majorations";
5. sommando i valori desunti dalle due tabelle si ottiene il coefficiente Ψ complessivo pari a 0,34 [W/mK].

4.2. CODICI E GUIDE DI BUONA PRATICA

4.2.1. Ponti termici – Analisi e ipotesi risolutive

Il volume illustra e analizza sotto i diversi aspetti il tema dei ponti termici. Considerando che il ponte termico è un elemento importante nel comportamento energetico dell'edificio è indispensabile: individuarlo, calcolarlo e correggerlo per evitare surriscaldamenti o raffreddamenti, con conseguenze di dilatazione o umidità.

La trasmittanza termica è alla base di ogni isolamento. Attualmente l'attenzione alla riduzione dei consumi e delle emissioni in atmosfera è particolarmente sentita, in quanto l'involucro edilizio è divenuto protagonista dell'architettura ecosostenibile.

La sempre crescente consapevolezza dell'impatto ambientale, delle politiche energetiche adottate fino ad oggi, ha focalizzato sempre più l'attenzione del pubblico italiano al contenimento dei consumi energetici e all'utilizzo delle fonti rinnovabili. Le prestazioni energetiche degli edifici, di cui si tracciarono le linee principali nella direttiva dell'Unione Europea sul "Rendimento energetico degli edifici", sono oggi il primo step da affrontare per direzionare correttamente l'edilizia verso l'architettura ecosostenibile.

Il testo ha il valore aggiunto di formule, definizioni, tavole grafiche, schemi, tabelle, immagini, esempi concreti, al fine di guidare il lettore alla miglior interpretazione.

Un saggio destinato a chi opera nel settore delle costruzioni edili e degli impianti termici: progettisti, direttori dei lavori, imprese e certificatori; necessario anche per gli studenti universitari e degli istituti tecnici con specializzazione in termotecnica, edilizia, energia. Un valido aiuto sia di studio che di lavoro.



[HTTP://WWW.DARIOFLACCOVITO.
IT/LIBRO.PHP/PONTI-TERMICI-
DF0069_C694](http://www.darioflaccovito.it/libro.php/ponti-termici-df0069_c694)

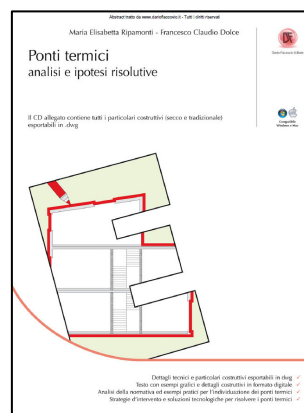


Figura 4.9. Copertina de "Ponti termici - analisi e ipotesi risolutive"

4.2.2. I ponti termici in edilizia - Studio, calcolo e modalità di eliminazione

La guida offre una panoramica dettagliata delle modalità per l'identificazione, il calcolo e l'eliminazione dei ponti termici negli edifici.

Questo volume, con un approccio scientifico, fornisce una rassegna minuziosa e ampia delle modalità per l'identificazione, il calcolo e l'eliminazione dei ponti termici negli edifici, elementi spesso sottovalutati e la cui presenza si può tradurre, a edificio realizzato, in una consistente riduzione dell'efficienza energetica rispetto alle attese.

Il volume mette a disposizione e spiega le nozioni occorrenti per comprendere i metodi di calcolo, anche tramite l'utilizzo di piattaforme informatiche, ed esamina gli errori più frequenti in fase progettuale e costruttiva e le altre cause che comportano la formazione di ponti termici.

Sono illustrate le più comuni tipologie di ponti termici, per le quali si propongono soluzioni in opera, con l'esame dettagliato di caratteristiche, proprietà ed utilizzi dei materiali coibenti in commercio.

In calce all'opera sono fornite le tabelle di conduttività di tutti i materiali da costruzione ed altri dati e tabelle di frequente utilizzo, con la possibilità anche di scaricare dettagli progettuali, dati tecnici ed analisi strumentali dei ponti termici analizzati.

Si tratta di una guida agile e utile per la formazione e informazione dei tecnici del settore edilizio ed energetico, che aiuta ad individuare le soluzioni più adatte ed i materiali più idonei da utilizzare per evitare il deterioramento delle strutture e la formazione di muffe, ed aumentare l'efficienza energetica e la salubrità interna dei locali.



[HTTP://LTSHOP.](http://LTSHOP)

LEGISLAZIONETECNICA

.IT/SCHEDAPRODOTTO.

ASP?ID_CATAL=264



Figura 4.10. Copertina de "I ponti termici in edilizia"

4.3. MANUALI DI BUONA PRATICA

4.3.1. Manuale di igrotermia e ponti termici

L'Associazione Nazionale per l'Isolamento Termico ed Acustico - ANIT - propone una collana di manuali con approfondimenti specifici sui temi di acustica e termici. Sono di particolare importanza ai fini della ricerca, i manuali su "I materiali isolanti" e sull'"Igrotermia e ponti termici" che illustrano le principali grandezze termo-fisiche e il comportamento termo-igrometrico dei più comuni materiali isolanti in edilizia.

L'approccio è di tipo teorico con pochi riferimenti a casi specifici, ma si illustrano le peculiarità dei materiali che possono essere impiegati nei progetti edilizi.

Il primo libro della collana: "I materiali isolanti" è dedicato all'approfondimento sui materiali isolanti.

Il testo descrive le caratteristiche tecniche dei materiali sotto i vari punti di vista (isolamento termico, reazione al fuoco, marcatura CE, ecc.) per promuovere un approccio "prestazionale" alla scelta del prodotto più idoneo alle proprie esigenze progettuali.

Il volume propone anche 27 schede di materiali isolanti con le relative caratteristiche principali.

Il quarto volume della collana: "Igrotermia e ponti termici" riprende e aggiorna la prima edizione del 2009, proponendosi come una guida completa all'analisi igrotermica degli edifici.

Dopo il ritorno in auge della consapevolezza collettiva circa l'importanza del contenimento dei consumi energetici degli edifici, si assiste in questi anni a un secondo risveglio riguardante il tema contenuto in questo volume: l'importanza della progettazione igrotermica. L'argomento assume un ruolo fondamentale per almeno tre aspetti: l'esigenza di un alto livello di comfort degli spazi abitati, il rispetto delle verifiche di legge e la garanzia di non incappare in contenziosi a intervento ultimato.

Gli altri volumi della collana sono: Vol.2: "Guida alla nuova Legge 10"; Vol.3: "Manuale di acustica edilizia"; Vol.5: "Prestazioni estive degli edifici"; Vol. 6: "La classificazione acustica delle unità immobiliari".



[HTTP://WWW.ANIT.IT/VOLUMI-ISOLAMENTO-TERMICO-ACUSTICO](http://www.anit.it/volumi-isolamento-termico-acustico)



Figura 4.11.
Copertina de "I materiali isolanti"

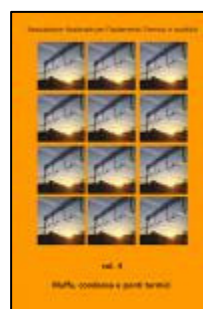


Figura 4.12.
Copertina de "Igrotermia e ponti termici"

4.3.2. Manuale per l'applicazione del Sistema a Cappotto

La posa in opera svolge un ruolo fondamentale nella qualità finale dell'isolamento termico integrale. Per questo, con la sinergia tra i tecnici sul campo e l'esperienza consolidata delle aziende associate alla EAE (European Association for ETICS, la massima autorità europea in fatto di Sistemi a Cappotto), il Consorzio Cortexa ha pubblicato il nuovo Manuale di Applicazione del Sistema a Cappotto. La nuova edizione si basa sulle linee guida europee definite dall'EAE nel primo Manuale di Applicazione Europeo mai realizzato prima, sulla base delle ETICS (External Thermal Insulation Composite Systems).

Integrato con le normative nazionali focalizzate sulle esigenze locali, il Manuale di Applicazione del Sistema a Cappotto Cortexa è uno strumento di lavoro rivolto a tutti coloro che intendono realizzare un Sistema a Cappotto seguendo gli standard qualitativi europei.



[HTTP://WWW.CORTEXA.IT/
IMAGES/PDF/MANUALE_
CORTEXA2012_21.PDF](http://www.cortexa.it/images/pdf/manuale_cortexa2012_21.pdf)



Figura 4.13. Logo CORTEXA

Le linee guida illustrate nel manuale si focalizzano sul concetto di qualità ai diversi livelli. Promuovono la qualità come filo conduttore nell'intero processo creativo: dall'idea progettuale fino alle fasi di realizzazione dell'opera passando dalla produzione e dalla scelta di materiali di qualità. Pertanto qualità significa anche attenzione al dettaglio e cura dei particolari esecutivi. Le discontinuità sono tipiche dei nodi di dettaglio e quindi, punti cruciali su cui intervenire per implementare e rendere un intervento qualitativamente migliore. Il manuale, che ha valenza di carattere europea, presenta una serie di riferimenti normativi e prescrittivi corredati da esempi grafici esemplificativi dei nodi di raccordi più caratteristici come: intersezione tra involucro opaco e trasparente, tra copertura e involucro verticale e tra fondazioni e involucro perimetrale.

**LA QUALITÀ COME FILO
CONDUTTORE**

4.3.3. Prontuario Informativo e Formativo

Il "Prontuario Informativo e Formativo" della impresa Area Costruzioni è nato con lo scopo di informare e formare gli operatori tecnici edili che lavorano nei cantieri dell'impresa.

Ha carattere divulgativo, indaga gli errori, con immagini tratte da cantieri, ne illustra le possibili soluzioni della buona pratica costruttiva, ne evidenzia le criticità e le azioni di intervento per risolverle in maniera ottimale.

Anche in questo manuale, come nel testo divulgato da Cortexa, si nota l'importanza della qualità, intesa sia come buona pratica costruttiva che sicurezza per i lavoratori. La programmazione e la pianificazione degli interventi in cantiere favoriscono la sicurezza degli operatori e la rapidità realizzativa



[HTTP://WWW.AREA-COSTRUZIONI.IT/INDEX.ASP](http://www.area-costruzioni.it/index.asp)

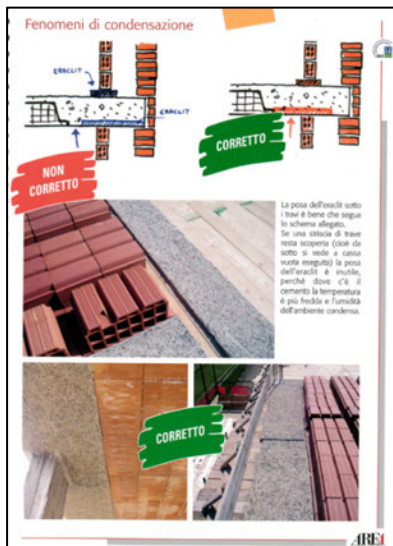


Figura 4.14. Scheda tipo del Prontuario

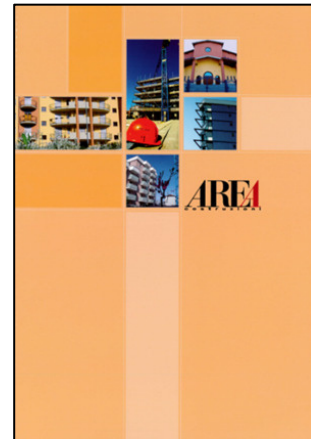


Figura 4.15. Copertina del Prontuario

La società divulgatrice Area Costruzioni, operante come impresa edile su tutto il territorio nazionale, utilizza l'opuscolo oltre che con fini divulgativi anche internamente come strumento per la formazione del personale tecnico di recente assunzione.

Oltre alle riunioni periodiche, effettuate tra i tecnici dell'ufficio, docenti e professionisti specializzati nei vari settori sono chiamati, quasi mensilmente, per lezioni di approfondimento.

Il personale riceve una prima formazione basilare già al momento dell'assunzione. Durante i primi mesi la formazione continua, con l'affiancamento del personale più anziano ed esperto ai nuovi assunti.

4.4. BANCHE DATI TELEMATICHE

4.4.1. ANIT – Isola on line

Per ottenere specifiche prestazioni di isolamento occorrono materiali e soluzioni tecnologiche adeguate.

La pagina interattiva Isola On-Line è lo strumento realizzato da ANIT per la scelta di materiali e sistemi per l'isolamento termico e acustico degli edifici. L'utente, attraverso un semplice percorso guidato, visualizza un elenco di prodotti delle Aziende associate ANIT, suddivisi in base alla tipologia di intervento.

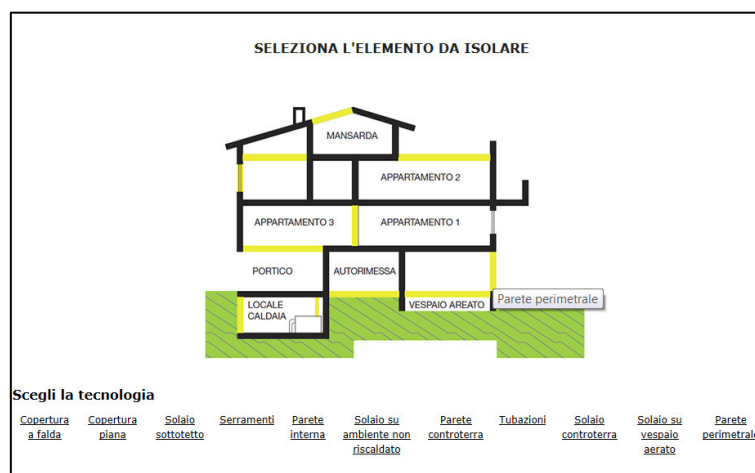
Isola On-Line non fornisce indicazioni in merito alle caratteristiche e alle prestazioni dei prodotti. La scelta di uno specifico materiale o sistema è di esclusiva competenza e responsabilità dell'utente.

È di fondamentale importanza posare in opera in modo corretto i sistemi costruttivi scelti. Si raccomanda quindi di realizzare un progetto previsionale e di seguire le indicazioni di posa fornite dai produttori.

Le immagini seguenti, a titolo di esempio, mostrano la sequenza del percorso guidato per ottenere la lista dei prodotti specifici più idonei per il dettaglio studiato. Nello specifico si individua quale materiale isolante da interporre in un'intercapedine di una parete perimetrale d'involucro.



[HTTP://ISOLAONLINE.
ANIT.IT/TERMICA](http://isolaonline.anit.it/termica)



ELEMENTO EDILIZIO

Figura 4.16. Scelta dell'elemento edilizio

La sezione Isola On-Line, all'interno del sito internet di Anit, prevede due filoni di approfondimento: uno per l'isolamento

acustico e l'altro per quello termico.

Di seguito si illustra la schermata iniziale della sezione Isola On-Line per l'isolamento termico.

L'utente seleziona col cursore i diversi elementi, disegnati in giallo o elencati in basso, costituenti l'involucro edilizio. Nel caso presentato è presa in esame una parete perimetrale.

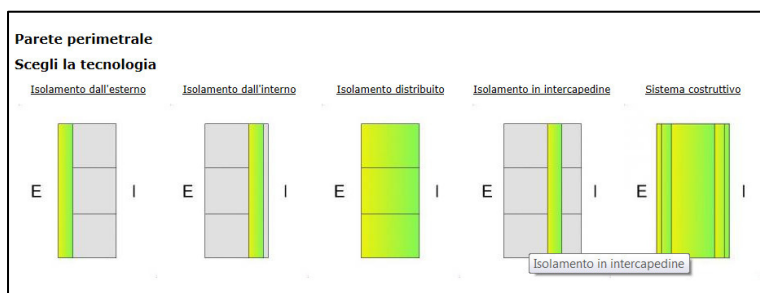


Figura 4.17. Scelta della tecnologia costruttiva

TECNOLOGIA COSTRUTTIVA

Individuato il componente edilizio, l'applicazione, in base alla tipologia analizzata, propone la scelta tra le differenti tecnologie costruttive in funzione della posizione dell'elemento di isolamento termico.

Ad esempio: per la parete perimetrale l'opzione è per la tecnologia di isolamento termico posto in intercapedine.

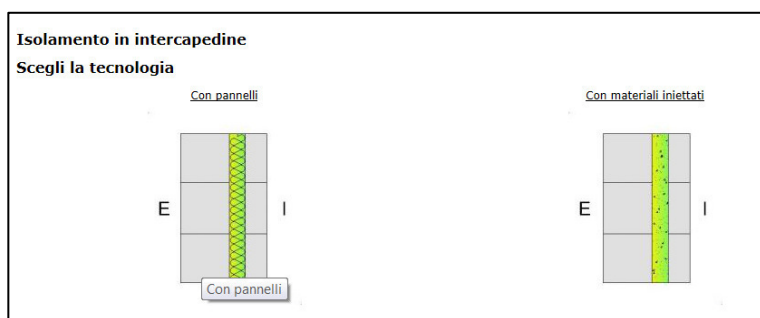


Figura 4.18. Scelta della tipologia di isolamento

TIPOLOGIA DI ISOLAMENTO

Analogamente a quanto già avvenuto in precedenza anche in questa sezione è necessario scegliere la tipologia di isolamento che si desidera utilizzare.

Come illustrato nell'immagine la scelta è caratterizzata dal tipo di materiale e dalla conseguente posa in opera. Materiale rigido prevede l'impiego di pannelli e la posa a secco, mentre materiale sfuso prevede operazioni di insufflaggio.

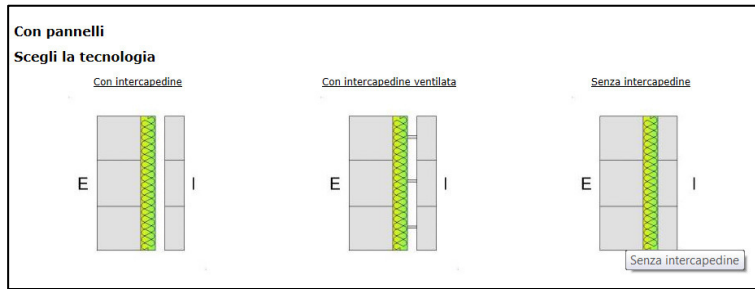


Figura 4.19. Scelta della tipologia in opera dell'elemento isolante

TIPOLOGIA IN OPERA

Scegliendo la tipologia di isolamento a pannelli rigidi o semirigidi l'applicazione propone tre possibili tipologie di posa in opera: con intercapedine di aria (non ventilata), con intercapedine di aria ventilata, senza intercapedine.

Con la terza opzione, ovvero quella con l'isolamento a pannelli posto in intercapedine muraria senza cassavuota l'applicazione propone uno schema grafico riassuntivo e ad esso associato una selezione di prodotti.

I prodotti sono elencati sia in base al materiale che in riferimento all'azienda produttrice con il relativo collegamento ipertestuale al sito internet di riferimento. Nel caso in cui l'utente sia orientato verso uno specifico produttore l'applicativo fornisce la possibilità di filtrare i risultati secondo le aziende produttrici.

SOLUZIONE TECNOLOGICA FINALE

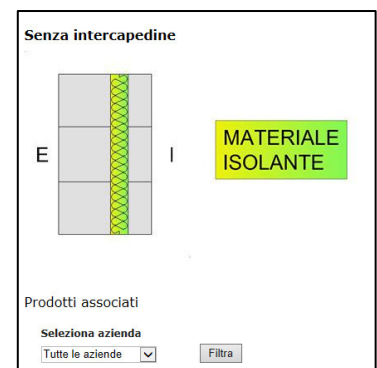


Figura 4.20. Schema grafico della soluzione tecnologica scelta

Materiale isolante	Azienda	Sito web
Neopor	Basf Italia	http://www.basf.it
Styrodur	Basf Italia	http://www.basf.it
Elastopor - Elastopir	Basf Italia	http://www.basf.it
Biocap (solo lastre)	Bioisotherm	http://www.bioisotherm.com
Celenit N	Celenit	http://www.celanit.com
Celenit LSC	Celenit	http://www.celanit.com
Celenit FL/150	Celenit	http://www.celanit.com
Isolteco	Editteco	http://www.editteco.it
Pannelli EPS classe 100	Editteco	http://www.editteco.it
Fermacell Powerpanel	Fermacell	http://www.fermacell.it
Ecosilver 150	Fortlan-DIBi	http://www.fortlan-dibi.it
Tervol DP7	Fortlan-DIBi	http://www.fortlan-dibi.it
Saglan FA LIGHT P	Fortlan-DIBi	http://www.fortlan-dibi.it
Saglan SB 55 P	Fortlan-DIBi	http://www.fortlan-dibi.it
Isoroccia® 110	Knauf	http://www.knauf.it
Isoroccia70	Knauf	http://www.knauf.it
Isoroccia 40	Knauf	http://www.knauf.it
Ekovetro® P	Knauf	http://www.knauf.it
Ekovetro® R	Knauf	http://www.knauf.it
Ekovetro® R	Knauf	http://www.knauf.it
Sintherm FR	Manifattura Maiano	http://www.maiano.it
Sintherm EVO	Manifattura Maiano	http://www.maiano.it
Recycletherm Km0	Manifattura Maiano	http://www.maiano.it
Recotherm-PL	Manifattura Maiano	http://www.maiano.it
Naturtherm-CA	Manifattura Maiano	http://www.maiano.it
Naturtherm KE	Manifattura Maiano	http://www.maiano.it
Naturtherm-WO	Manifattura Maiano	http://www.maiano.it
Isonat	Ovattificio Alpino	http://www.ovattificioalpino.com
Tecnodren	Ovattificio Alpino	http://www.ovattificioalpino.com
Isopet	Ovattificio Alpino	http://www.ovattificioalpino.com
Ecoten RUF	Proind	http://www.ecoten.it

Figura 4.21. Elenco dei prodotti e produttori associati alla soluzione tecnologica scelta

DATABASE PRODOTTI

4.4.2. Cortexa

Cortexa, il consorzio italiano per la cultura del Sistema a Cappotto, unisce sotto lo stesso marchio molteplici aziende del settore sfruttando la loro esperienza pluriennale.

Cortexa è socio fondatore di EAE, l'Associazione Europea per il Sistema di Isolamento a Cappotto.



HTTP://WWW.CORTEXA.IT/IT/

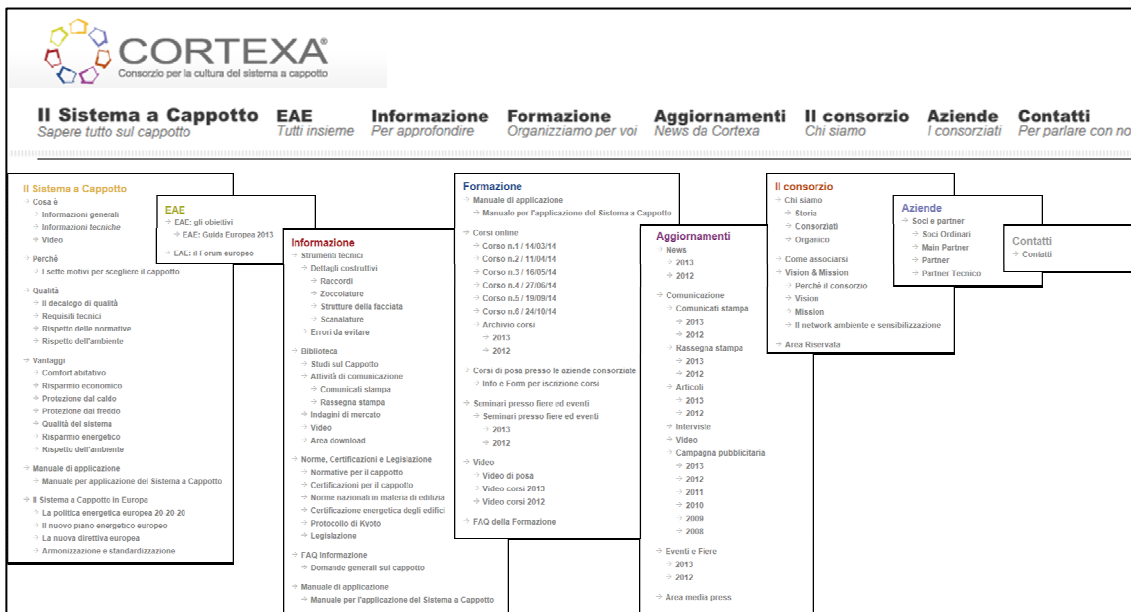


Figura 4.22. Organizzazione e contenuti della piattaforma digitale Cortexa

Il Consorzio si propone di diffondere la cultura dell'isolamento a cappotto, mettendo a disposizione le conoscenze delle aziende associate per assicurare al mercato un alto standard tecnologico finalizzato al conseguimento di obiettivi come: risparmio energetico e vantaggi economici, termici, strutturali e di durata nel tempo.

LA CULTURA DELL'ISOLAMENTO A CAPPOTTO

L'esperienza del gruppo di aziende consorziate garantisce controlli completi sui singoli componenti e sull'applicazione dei prodotti, consulenze tecniche qualificate, e continua assistenza in cantiere.

Il Consorzio, fornisce inoltre, una formazione continua agli specialisti del settore, per diffondere la conoscenza e, offre qualità anche nella fase diagnostica, progettuale ed esecutiva dell'installazione del Sistema a Cappotto.

Tutte le aziende associate a Cortexa vantano più di 30 anni di **SOCI FONDATORI** esperienza nel settore garantendo prodotti ad alta affidabilità e qualità. Le aziende fondatrici, fortemente specializzate nel settore della protezione termica integrale e costantemente impegnate ad investire in formazione e ricerca nel campo dell'isolamento termico in edilizia, migliorano continuamente i propri prodotti e la propria offerta. Mettono anche a disposizione un servizio di consulenza e di assistenza specializzata in cantiere, oltre ad una gamma completa ed organizzata di sistemi professionali per l'isolamento termico.

I consorziati si distinguono in:

A. Soci Ordinari:

- Alligator Italia;
- Baunit Italia;
- Caparol Italiana;
- Ivas - Industria Vernici;
- Röfix;
- Settef;
- Sigma Coatings;
- Sto Italia;
- Viero;
- Waler;

B. Main Partner:

- BASF;
- Knauf Insulation;
- Rockwool;
- Stiferite;
- Eni Versalis;

C. Partner:

- Dosteba;
- EJOT;
- TESA;

D. Partner Tecnico:

- AIPE.

4.4.3. Construction21

Construction21 è una piattaforma collaborativa dedicata a tutti i professionisti attivi nel settore dell'edilizia sostenibile. Gli utenti attivi possono scambiarsi informazioni e feedback, sviluppare la loro rete e impegnarsi nelle community tematiche. L'accesso al Sito è totalmente gratuito e il contenuto è sviluppato dagli utenti e moderato da esperti riconosciuti.



HTTP://WWW.CONSTRUCTION
21.EU/ITALIA/

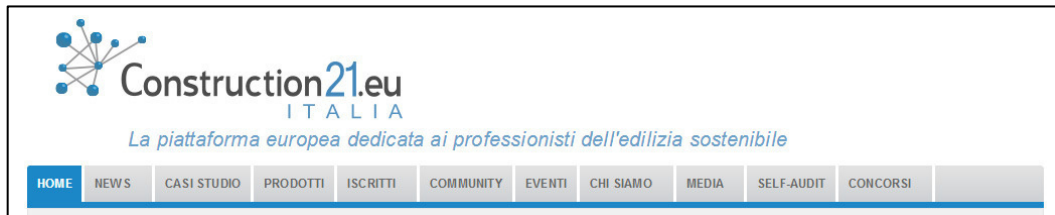


Figura 4.23. Suddivisione delle diverse sezioni della piattaforma Construction21

Nel 2012 Construction21 ha lanciato sei piattaforme nazionali in Francia, Germania, Italia, Lituania, Romania e Spagna. Le piattaforme sono collegate tra loro tramite una piattaforma centrale in inglese collegata a Build Up, il sito web europeo dedicato all'efficienza energetica negli edifici. I collegamenti diretti permettono ad ogni utente di accedere facilmente alle informazioni dalle diverse piattaforme sviluppate da ciascun Paese.

OBIETTIVI E CONTENUTI

A partire dal 2013, Construction21 si diffonde in tutta Europa con l'obiettivo di diventare il primo strumento comune per l'edilizia sostenibile in Europa entro 5 anni. Il progetto è fortemente sostenuto dall'Unione Europea attraverso il programma "Energia intelligente per l'Europa" (EIE) con due obiettivi principali: più rapida diffusione delle buone pratiche di green building, e contribuire al decollo economico del settore. Al progetto collaborano organizzazioni e molteplici partner in ogni Paese per assicurare l'adeguamento ai mercati nazionali. I partner italiani sono:

- Associazione Nazionale Costruttori Edili - ANCE;
- Unioncamere del Veneto;
- Associazione delle organizzazioni di ingegneria, di architettura e di consulenza tecnico-economica - OICE;
- REte Nazionale delle Agenzie Energetiche Locali - RENAEL;
- ANDIL;
- Politecnico di Torino - Dipartimento di Ingegneria Strutturale, Edile e Geotecnica.

4.5. CONSIDERAZIONI

Gli strumenti di calcolo e i testi di approfondimento fino a qui illustrati sono da intendersi nel loro complesso come base conoscitiva e di apprendimento. Ciascuna sezione illustrata, ha permesso di approfondire e specificare i diversi aspetti della tematica studiata: analizzando il problema sia dal punto di vista teorico che da quello applicativo e pratico.

Dall'analisi del materiale indagato, però, si evince che nessun testo propone un approccio di tipo ergotecnico¹, fornendo cioè non solo le specifiche caratteristiche tecniche del prodotto o del dettaglio ma, indicandone anche l'impiego e l'utilizzo in un contesto più ampio come quello della posa in opera durante la fase realizzativa. E, confrontando inoltre, le caratteristiche termiche con quelle prestazionali, utili a soddisfare le esigenze costruttive come ad esempio la stabilità strutturale e la durabilità nel tempo.

Le risorse delle informazioni e il livello di approfondimento variano al cambiare del tipo di fonte bibliografica consultata. Ciascuna informazione utilizzata va considerata in riferimento al contesto di utilizzo e al tipo di utenza a cui è rivolta.

Ad esempio, un manuale di buona pratica costruttiva offre un livello di accuratezza di dettaglio inferiore rispetto ad uno studio approfondito proposto in una guida tecnica specifica per l'isolamento a cappotto. Entrambi i riferimenti offrono informazioni utili:

- il primo per l'approccio metodologico e la schematizzazione procedurale nella posa in opera degli elementi;
- il secondo per il dettaglio e l'accuratezza nel descrivere i materiali e i prodotti utilizzati nel costruire il sistema tecnologico.

¹ Metodo di analisi e strumenti operativi per la pianificazione delle fasi produttive del processo edilizio, in rapporto alle fasi decisionali e progettuali del processo medesimo, basandosi su un approccio interdisciplinare quale premessa e garanzia della qualità del prodotto finale (edificio).