

## 5.2. LE TECNICHE COSTRUTTIVE NELLA PRODUZIONE EDILIZIA

---

Il presente capitolo ha la finalità di illustrare i principali prodotti presenti sul mercato che risultino utili all'elaborazione e alla definizione delle soluzioni tecnologiche proposte. La selezione che viene illustrata di seguito ha un valore indicativo e non esaustivo poiché le soluzioni di dettaglio che sono state elaborate possono essere integrate o adattate secondo le specifiche esigenze del singolo fruitore finale. I materiali e le caratteristiche dimensionali possono variare e conseguentemente anche la scelta dei modelli e dei prodotti impiegati.

La scelta dei prodotti illustrati di seguito, non ha, inoltre, alcun obbligo di scelta come prodotto o marchio, la proposta è da intendersi puramente esemplificativa ed utile per il tipo di soluzione elaborata.

All'inizio di ciascuna scheda di presentazione del prodotto si evidenziano e vengono richiamati i nodi costruttivi in cui il prodotto o il sistema illustrato è stato utilizzato come riferimento.

Per ciascun prodotto, a lato di una breve descrizione (tratta dalle note e dalle informazioni delle schede tecniche e commerciali fornite dal produttore), è stata inserita un'immagine crittografica di riferimento, ovvero un codice a barre bidimensionale (QR Code) che permette di collegarsi direttamente con il sito internet di riferimento per il prodotto analizzato. In didascalia viene altresì riportato l'indirizzo del sito di riferimento in forma classica, come collegamento ipertestuale.

L'ordine di presentazione dei prodotti è alfabetico in riferimento al nome del produttore.

## 5.2.1. Granulato di fondazione in vetrocellulare - BACCHI

### 5.2.1.1. Applicazione

#### Nodo PARETE/SOLAIO CONTRO-TERRA

GFv.02-Cb solaio con parete perimetrale contro-terra con isolante esterno

GFv.04-Bb solaio con parete perimetrale contro-terra con isolante intermedio

GFv.06-Ab solaio con parete perimetrale contro-terra con isolante interno

### 5.2.1.2. Descrizione

Costipando il vetro cellulare (meccanicamente con una piastra vibrante) è possibile realizzare una platea di fondazione perfettamente isolata termicamente, asciutta e priva di umidità poiché il vetro cellulare diventa una barriera alla risalita capillare.

Non ci sono complicazioni di esecuzione, anzi il vetro cellulare è facile da gestire là dove c'è passaggio di impianti e altre tubazioni.

L'immagine illustra una possibile stratigrafia di dettaglio:

1. terreno
2. geotessuto minimo 150 g/m<sup>2</sup>
3. granulato in vetro cellulare
4. tubo microforato in previsione della linea di drenaggio
5. elemento di contenimento per il getto in cls
6. platea in calcestruzzo
7. parete perimetrale
8. isolamento parete perimetrale
9. massetto o pannello isolante per impianto radiante
10. finitura interna



<http://www.bioedilapulia.it/wp-content/uploads/GRANULATI-VETRO-CELLULARE.pdf>



Figura 5.46. Platea di fondazione in vetrocellulare

### 5.2.1.3. Caratteristiche principali

- Resistente alla compressione: Milioni di cellule in vetro conferiscono al vetro cellulare un'eccellente resistenza alla compressione. I grani del granulato in vetro cellulare quando vengono posati si incastrano tra di loro e garantiscono al materiale una straordinaria stabilità;
- A cellula chiusa/anticapillare: Le cellule chiuse rendono il grano assolutamente impermeabile all'acqua. La capillarità è pertanto esclusa;
- Coibente: L'aria racchiusa all'interno delle cellule è alla base delle eccellenti qualità coibenti di questo aggregato leggero.
- Lavorabile: La facilità di impiego e di lavorazione, nonché l'idoneità ad essere utilizzato nei cantieri, rappresentano indiscutibili vantaggi. A queste caratteristiche si deve un notevole risparmio di tempo e di denaro;
- Durevole: Imprescrittibile, resistente all'invecchiamento, agli agenti chimici nonché a insetti e altri animali;
- Riciclabile / riutilizzabile: E' realizzato con vetro riciclato al 100% e può essere riutilizzato o riciclato sempre;
- Inerte: non assorbe né emette sostanze;
- Drenante: Una volta posato, presenta spazi vuoti per il 30 – 35%, che hanno un effetto anticapillare e deviano l'acqua in modo eccellente;
- Resistente al gelo: grazie alle cellule chiuse, è resistente al gelo;

- Stabilizzante: E' in grado di migliorare la capacità portante dei sottofondi instabili in virtù del suo peso leggero e del fatto che i singoli grani si incastrano tra loro;
- Ripartisce i carichi: Presenta un angolo di attrito interno elevato, provvedendo in tal modo a ripartire i carichi in maniera ottimale;
- Leggero / flessibile: A seconda della specifica, ha una densità apparente di soli 150 kg/mc che equivale ad 1/10 del peso della ghiaia;
- Ignifugo: Non brucia, appartiene alla classe di infiammabilità A1;
- Inodore.



Figura 5.47. Stratigrafia tipo

#### 5.2.1.4. Grandezze di riferimento

Valori di trasmittanza termica (U) rapportati allo spessore costipato:		
Spessore costipato al 30%	R	U (W/m <sup>2</sup> K)
cm 15	2,00	0,50
cm 19	2,50	0,40
cm 26	3,34	0,30
cm 39	5,00	0,20
cm 52	6,67	0,15

Tabella 5.1. Valori di trasmittanza termica

## 5.2.2. Cassonetto per avvolgibili Roka - BECK+HEUN -

### 5.2.2.1. Applicazioni

#### Nodo SERRAMENTO

\_Wu.01-C\_ parete con isolante esterno (con cassonetto)

\_Wu.02-B\_ parete con isolante intermedio (con cassonetto)

\_Wu.03-A\_ parete con isolante interno (con cassonetto)

### 5.2.2.2. Descrizione

Oltre alla protezione dal sole, dalla pioggia, dal rumore e dagli sguardi di estranei, gli avvolgibili devono soddisfare un grande numero di esigenze. Per questo motivo occorrono cassonetti innovativi. Nei cassonetti moderni, l'espressione: "efficienza energetica" ha un significato determinante.

I requisiti del cassonetto vengono adattati a ogni necessità di costruzione indipendentemente dalla struttura della facciata o dalla misura della muratura per trovare il giusto sistema per ogni stile.

Il modello di base ROKA-THERM ha forma sicura e stabile.

E' possibile scegliere ROKA-THERM con ispezione interna oppure chiuso su lato ambiente (RG) per un maggiore isolamento termico. E' inoltre possibile avere il sistema completo di isolamento termico come elemento autoportante con inserto Platinum. Grazie alla superficie predisposta, gli elementi sono facili da intonacare e da integrare alla facciata.



[HTTP://WWW.BECK-  
HEUN.DE/CASSONETTO-PER-  
AVVOLGIBILI-  
LEGGERO.119.0.HTML?&L=3](http://www.beck-heun.de/cassonetto-per-avvolgibili-leggero.119.0.html?&L=3)

### 5.2.2.3. Caratteristiche principali

· Il materiale

Materiale a particolare risparmio energetico, lo StyroporR è estremamente ecosostenibile e quindi molto adatto alla costruzione dei cassonetti Beck+Heun. Grazie alla schiuma rigida di polistirolo altamente isolante  $\lambda = 0,035 \text{ W/(mK)}$  – B1 e allo speciale processo di produzione, si raggiunge una qualità eccellente di isolamento e di protezione acustica.

· Alta efficienza energetica e acustica

I cassonetti per avvolgibili di Beck+Heun rispettano le caratteristiche dei ponti termici secondo il DIN 4108

I valori testati di isolamento acustico, dai 38 ai 50 dB, offrono la soluzione adeguata ad ogni situazione.

- Appoggio sulla muratura

Durante la fase di costruzione, i cassonetti per avvolgibili vengono applicati alla muratura facilmente e velocemente. La zona di appoggio può variare a seconda del tipo di azionamento e di cassonetto.

- Stabilità

L'elevata e duratura stabilità è la caratteristica che identifica i cassonetti Beck+Heun e sono anche muniti di gabbie robuste. Le lamiere profilate in acciaio rinforzano la struttura di base, fornendo una rigidità ancora maggiore.

- Profilo di rinforzo

Lo speciale profilo di rinforzo in PVC è integrato di serie nei cunei isolanti dei cassonetti per avvolgibili (RG) chiusi su lato ambiente e può essere equipaggiato di gabbia in acciaio. Serve al fissaggio del traverso della finestra e può contribuire alla sua stabilità.

- Integrabile alla facciata

L'integrazione invisibile dei cassonetti alla parete esterna la protegge dal degrado atmosferico e dallo sporco. Una funzionalità duratura è quindi assicurata. La struttura della facciata e la misura della muratura non hanno importanza. I sistemi di Beck+Heun si integrano completamente alla facciata.



Figura 5.48. Cassonetto in opera

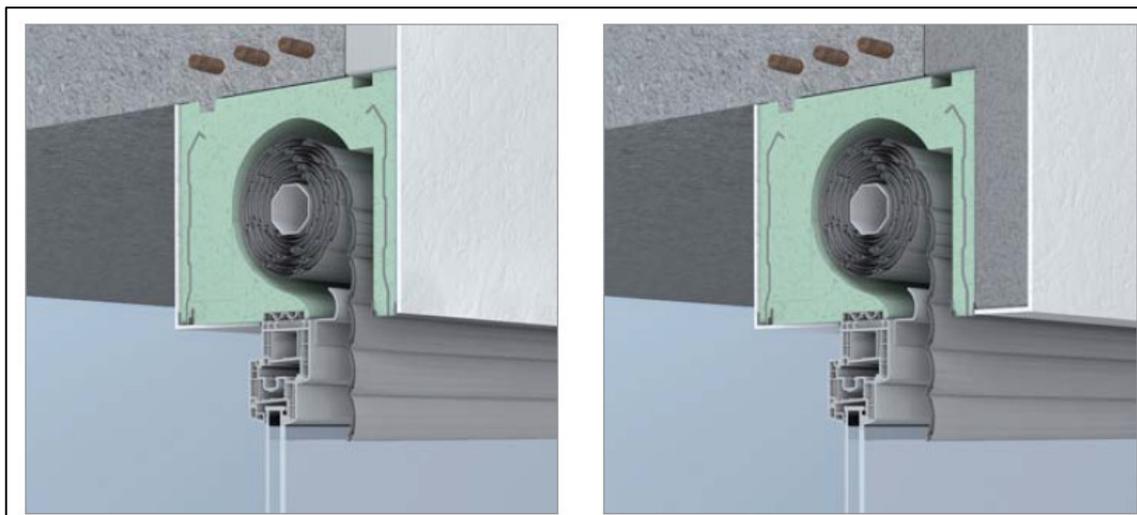


Figura 5.49. Cassonetto con anima metallica di rinforzo

### 5.2.2.4. Grandezze di riferimento

ROKA-THERM	ROKA-THERM 24	ROKA-THERM 28	ROKA-THERM 30	ROKA-THERM 34,5	ROKA-THERM 36,5
A. Larghezza cassonetto (mm)	240	280	300	345	365
B. Altezza cassonetto (mm)	250	250/300	250/300	250/300	250/300
C. Spessore lato interno (mm)	33	41	41	52	72
D. Larghezza fibers (mm)	180	212	232	266	266
E. Altezza fibers (mm)	185	185/235	185/235	185/235	185/235
F. Vetro antiscivolo (mm)	185	185/212	185/232	185/235	185/235
ROKA-THERM	Cassa da 3 mm in acciaio inossidabile				
ROKA-THERM-PLATINIUM®	Rifinitura PLATINIUM® con inserimento lamiera profilata in acciaio				
ROKA-THERM-RG	ROKA-THERM-RG 24	ROKA-THERM-RG 28	ROKA-THERM-RG 30	ROKA-THERM-RG 34,5	ROKA-THERM-RG 36,5
A. Larghezza cassonetto (mm)	240	280	300	345	365
B. Altezza cassonetto (mm)	250	250/300	250/300	250/300	250/300
C. Spessore lato interno (mm)	33	41	41	52	72
D. Larghezza cuneo isolante (mm)	100	132	152	186	186
E. Altezza cuneo isolante (mm)	25	25/35	25/35	25/35	25/35
F. Altezza fibers (mm)	191	191/231	191/231	191/231	191/231
G. Vetro antiscivolo (mm)	180	190/210	190/230	190/230	190/230
ROKA-THERM-RG	Standard rifinitura PLATINIUM® con inserimento lamiera profilata in acciaio				

Tabella 5.2. Principali grandezze di riferimento

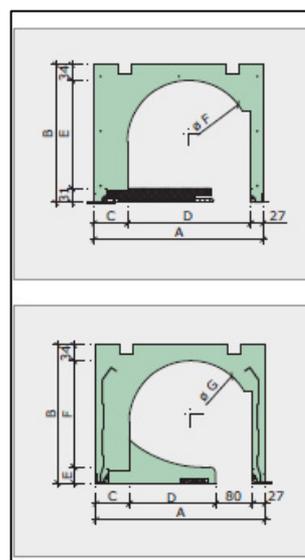


Figura 5.50. Sezione tipologica dell'elemento coibente

### 5.2.3. Davanzale/soglia con taglio termico DE FAVERI

#### 5.2.3.1. Applicazioni

##### Nodo BALCONE

\_Bv.01-C\_ parete con isolante esterno (con soglia) - soletta disgiunta

\_Bv.02-B\_ parete con isolante intermedio (con soglia) - soletta disgiunta

\_Bv.03-A\_ parete con isolante interno (con soglia) - soletta disgiunta

\_Bv.04-C\_ parete con isolante esterno (con soglia) - soletta con isolante esterno

\_Bv.05-B\_ parete con isolante intermedio (con soglia) - soletta con isolante esterno

##### Nodo SERRAMENTO

\_Wd.07-Ca parete con isolante esterno

\_Wd.09-Ba parete con isolante intermedio

\_Wd.10-Bb parete con isolante intermedio

\_Wd.11-Aa parete con isolante interno

\_Wd.12-Ab parete con isolante interno

#### 5.2.3.2. Descrizione

Elementi utili per il taglio termico per finestra/porta posata a filo muro o centro muro.

Il 4° LATO DF nasce per contrastare la perdita di flusso termico delle piane e delle soglie in corrispondenza degli infissi. Viene costruito su misura e opportunamente sagomato per facilitarne l'incollaggio.



[HTTP://WWW.DEFAVERI.IT/ITA/TAGLIO-TERMICO-DF-4-LATO-343.ASP](http://www.defaveri.it/ita/taglio-termico-df-4-lato-343.asp)



Figura 5.51. Dettaglio di soglia con taglio termico

### 5.2.3.3. *Caratteristiche principali*

1. realizzato con materiale "espanso DF";
2. densità pari a  $80 \text{ Kg/m}^3$ ;
3. conducibilità termica pari a  $0.037 \text{ W/mK}$ ;
4. su richiesta vengono fornite staffe per sorreggere la parte sporgente del marmo dalla muratura.

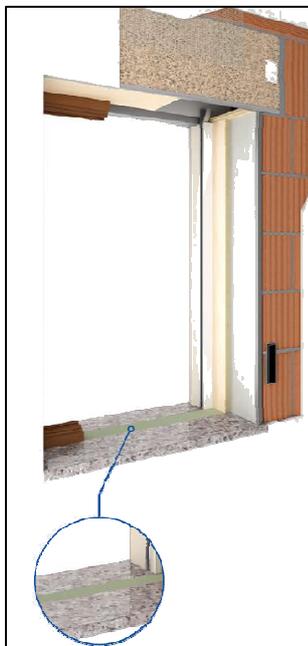


Figura 5.52. Taglio termico per davanzale con infisso in posizione mediana

## 5.2.4. Architrave isolato - EMIC

### 5.2.4.1. Applicazioni

#### **Nodo SERRAMENTO**

- \_Wu.01-C\_ parete con isolante esterno (con cassonetto)
- \_Wu.02-B\_ parete con isolante intermedio (con cassonetto)
- \_Wu.03-A\_ parete con isolante interno (con cassonetto)
- \_Wu.04-C\_ parete con isolante esterno
- \_Wu.05-B\_ parete con isolante intermedio
- \_Wu.06-A\_ parete con isolante interno

### 5.2.4.2. Descrizione

Klimatrave, a differenza del classico architrave con fondello in laterizio, riduce i ponti termici adiacenti all'infisso senza rinunciare alla necessaria resistenza meccanica, contribuendo ad evitare le dispersioni termiche in un punto cruciale della facciata dell'edificio, oltre ad eliminare il rischio di condense e muffe sulla parete interna.

Klimatrave è costituito da una parte di Styrodur C o similari, opportunamente sagomato, utilizzato come cassero a perdere in sostituzione del laterizio. Klimatrave può essere utilizzato sia come classico architrave su aperture o vani finestrati (con e senza falso telaio), sia per creare una cornice termicamente isolata da posizionare sul perimetro esterno della parete (a cui deve essere ancorata) e che servirà a sostenere l'infisso tramite apposite viti di fissaggio.

Indipendentemente dalla soluzione tecnica di isolamento che verrà decisa dal progettista (cappotto o intercapedine), Klimatrave deve essere posto nella parte fredda della parete (quindi verso l'esterno) e pertanto deve essere finito come un normale ponte termico corretto in opera, cioè deve essere rasato ed armato con rete utilizzando gli appositi paraspigoli annegati nella rasatura.



[HTTP://WWW.EMIC.IT/DOCS/WEB/EMIC/ENGINEV2.NSF/08F91BB670AC70A9C1257BE20030B91A/\\$FILE/KLIMATRAVE.PDF](http://www.emic.it/DOCS/WEB/EMIC/ENGINEV2.NSF/08F91BB670AC70A9C1257BE20030B91A/$FILE/KLIMATRAVE.PDF)

### 5.2.4.3. Caratteristiche principali

1. la posa di Klimatrave non si discosta da quella di un normale architrave, fatta salva l'accortezza di seguire le prescrizioni geometriche relative all'appoggio in corrispondenza delle spalle del vano. Considerando un carico distribuito pari a 200 kg/m, si consiglia (salvo diverse indicazioni) di prevedere una lunghezza di appoggio non inferiore a: 15 cm nel caso di luci di calcolo di 1 metro, 30 cm nel caso di luci di calcolo di 2 metri, 40 cm nel caso di luci di calcolo di 3 metri;
2. Styrodur C o similari è testato per sopportare carichi permanenti che inducano sforzi di compressione fino a 130 kPa (1,3 kg/cm<sup>2</sup>), garantendo uno schiacciamento inferiore al 2% dopo 50 anni.
3. il polistirene espanso estruso (XPS) di colore verde, è lo Styrodur C o similari, che associa bassi valori di conducibilità termica ( $\lambda$ ) ad alte resistenze meccaniche. La natura di Styrodur C permette di abbinare il prodotto in aderenza ai materiali isolanti di normale utilizzo;
4. Klimatrave presenta maggiore isolamento termico e maggiore leggerezza senza perdere resistenza meccanica.



Figura 5.53. Klimatrave, architrave in cemento armato coibentata in polistirene espanso estruso



Figura 5.54. Klimatrave in un cantiere

Se utilizzato come semplice architrave Klimatrave può sostenere un carico distribuito superiore a 200 kg/m, ed essendo realizzato in calcestruzzo armato con un traliccio elettrosaldato, è idoneo sia per l'utilizzo su murature esterne sia su tramezzature interne.

Infatti un tale carico distribuito equivale ad una striscia di tamponamento di densità 800 kg/m<sup>3</sup>, di spessore 12 cm e alta 210 cm, quindi molto al di sopra delle normali condizioni di progetto in cui l'altezza del tamponamento sopra l'architrave arriva generalmente a 100-120 cm.



Figura 5.55. Klimatrave utilizzato come architrave coibentata

Un secondo utilizzo possibile di Klimatrave è quello di "cornice isolante": in questa applicazione, la sola utilizzata in Germania, Klimatrave viene posato, con la parte in calcestruzzo rivolta verso la parete, lungo tutto il perimetro esterno del vano, fissandolo alla parete con apposite viti a tutto filetto. In questo modo si realizza una cornice termicamente isolata a cui, con le stesse viti, viene poi direttamente fissato il serramento. La facciata può essere completata sia con un isolamento esterno a cappotto sia con un isolamento in intercapedine; in quest'ultimo caso, dopo il fissaggio dell'infisso, si completerà la posa dell'isolante e successivamente si procederà alla realizzazione della seconda parete in laterizio.



Figura 5.56. Klimatrave utilizzato come cornice isolante

#### 5.2.4.4. Grandezze di riferimento

Per una posa a regola d'arte dell'infisso si rimanda agli eventuali schemi di posa dei produttori; normalmente si consiglia di rimanere sopra i seguenti limiti:

- . interasse 'L' tra i punti di fissaggio:  $L \geq 700$  mm
- . distanza 'd' tra angolo e primo punto di fissaggio:  $100 \text{ mm} \leq d \leq 150$  mm. La profondità di avvitamento minima per le viti a tutto filetto dipende dalla tipologia di materiali da cui è composta la parete: a favore di sicurezza si consiglia di prevedere una profondità di avvitamento almeno pari a 120 mm utilizzando viti di diametro  $\varnothing 7.5$  mm(7). Gli elementi Klimatrave una volta posati devono essere meccanicamente stabili e tra loro perpendicolari, in modo da permettere la posa a regola d'arte del serramento.

## 5.2.5. Pannelli termoisolanti in legnomagnesite - ERACLIT

---

### 5.2.5.1. Applicazione

#### Nodo con PILASTRO

\_Po.02-B\_ parete con isolante intermedio (con pilastro isolato esternamente con risvolto laterale)

\_Po.03-B\_ parete con isolante intermedio (con pilastro isolato esternamente)

\_Po.04-B\_ parete con isolante intermedio (con pilastro isolato internamente con risvolto laterale)

\_Po.05-B\_ parete con isolante intermedio (con pilastro isolato internamente)

\_Po.06-A\_ parete con isolante interno

\_Po.07-B\_ parete con isolante intermedio (con pilastro isolato esternamente con risvolto laterale)

\_Po.08-B\_ parete con isolante intermedio (con pilastro isolato internamente con risvolto laterale)

#### Nodo ANGOLO

\_Co.02-B\_ pareti con isolante intermedio (con pilastro isolato esternamente)

\_Co.03-B\_ pareti con isolante intermedio (con pilastro isolato internamente)

#### Nodo SOLAIO-PARETE ESTERNA

IFv.01-C\_ parete (continua) con isolante esterno

IFv.02-B\_ parete (continua) con isolante intermedio (cordolo disgiuntore)

IFv.04-C\_ parete (aggetto) con isolante esterno

IFv.05-B\_ parete (aggetto) con isolante intermedio (cordolo disgiuntore)

#### Nodo BALCONE

\_Bv.01-C\_ parete con isolante esterno (con soglia) - soletta disgiunta

\_Bv.02-B\_ parete con isolante intermedio (con soglia) - soletta disgiunta

\_Bv.04-C\_ parete con isolante esterno (con soglia) - soletta con isolante esterno

\_Bv.05-B\_ parete con isolante intermedio (con soglia) - soletta con isolante esterno

\_Bv.06-C\_ parete con isolante esterno - soletta disgiunta

\_Bv.07-B\_ parete con isolante intermedio - soletta disgiunta

\_Bv.09-C\_ parete con isolante esterno - soletta con isolante esterno

\_Bv.10-B\_ parete con isolante intermedio - soletta con isolante esterno

\_Bv.11-C\_ parete con isolante esterno - soletta metallica esterna

\_Bv.12-B\_ parete con isolante intermedio - soletta metallica esterna

### **Nodo SERRAMENTO**

\_Wo.15-Ba parete con isolante intermedio

\_Wo.16-Bb parete con isolante intermedio

\_Wo.17-Aa parete con isolante interno

\_Wo.18-Ab parete con isolante interno

### **Nodo PARETE INTERNA-SOLAIO/PARETE ESTERNA**

IWv.01-A\_ parete verso ambiente non riscaldato e su copertura inclinata con isolante esterno

IWv.02-A\_ parete verso ambiente non riscaldato e su copertura orizzontale con isolante intermedio

IWv.03-A\_ parete verso ambiente non riscaldato e su copertura orizzontale con isolante interno

IWv.04-A\_ parete verso ambiente non riscaldato e su copertura inclinata con isolante interno

IWv.05-B\_ parete verso ambiente non riscaldato e su copertura orizzontale con isolante intermedio

IWv.06-B\_ parete verso ambiente non riscaldato e su copertura orizzontale con isolante interno

IWo.07-A\_ parete verso ambiente non riscaldato e parete con isolante esterno

IWo.08-A\_ parete verso ambiente non riscaldato e parete con isolante intermedio

IWo.09-A\_ parete verso ambiente non riscaldato e parete con isolante interno

#### *5.2.5.2. Descrizione*

I prodotti Eraclit sono in legnomagnesite. La legnomagnesite è lana di legno di pioppo mineralizzata con magnesite. Dal tipico aspetto caldo e materico, è robusta, resistente e naturale. Il processo produttivo ad alta temperatura in macchina continua consente di eliminare dalle fibre di legno le sostanze organiche



[HTTP://WWW.ERACLIT.BIZ/ERACLIT/INDE](http://www.eraclit.biz/eraclit/inde)

inflammabili e deperibili. Lo scheletro strutturale rimasto, costituito da lignina che è elastica, resistente e durevole, viene impregnato con la magnesite, che permea le fibre e contemporaneamente agisce da legante. Grazie a pressione e temperatura si realizza la mineralizzazione delle fibre del legno: questo processo, simile alla fossilizzazione naturale, conferisce ai pannelli buone caratteristiche termiche ed acustiche, oltre all'eccezionale comportamento al fuoco ed all'inalterabilità in opera per tempi lunghissimi, superiori alla normale vita dell'edificio.

X.HTML

I pannelli vengono principalmente utilizzati per isolamento dal calore, dal freddo e dal rumore. Particolarmente adatti per la correzione dei ponti termici nelle strutture orizzontali e verticali, nelle nicchie dei radiatori, per la realizzazione di isolamenti a cappotto, per la coibentazione termoacustica di tetti e piani piloty. Legano molto bene con i getti di calcestruzzo e sono un ottimo supporto per gli intonaci.

### 5.2.5.3. Caratteristiche principali

1. durabilità e costanza delle prestazioni nel tempo;
2. stabilità dimensionale;
3. resistenza meccanica;
4. resistenza chimica;
5. totale resistenza all'umidità (100% U.R.);
6. resistenza in ambienti "difficili": industrie, cucine, esterni, ecc;
7. ottimo comportamento al fuoco;
8. assenza di amianto ed altre fibre inorganiche;
9. assenza di componenti nocivi;
10. prodotti esclusivamente con materie prime naturali.

Spessore	mm	15	25	35	50	75
Dimensioni	mm	600 x 2000				
Peso	kg/m <sup>2</sup>	7,5	11,0	13,0	19,0	25,0
Unità di confezionamento	pezzi/pallet	65	44	32	22	15

Tabella 5.3. Principali dimensioni dei pannelli



Figura 5.57. Esempio applicativo con rivestimento di un pilastro



Figura 5.58. Gamma pannelli disponibili



Figura 5.59. Esempio applicativo di rivestimento di travi e pilastri perimetrali

#### 5.2.5.4. Grandezze di riferimento

Proprietà	Simbolo	Descrizione/Dati					Unità	Norma
		15	25	35	50	75		
Spessore	d	15	25	35	50	75	mm	-
Reazione al fuoco	-	Euroclasse B-s1,d0					-	UNI EN 13501-1
Valore dichiarato della resistenza termica	$R_D$	0,15	0,25	0,35	0,55	0,85	m <sup>2</sup> K/W	UNI EN 13168
Valore dichiarato della conducibilità termica	$\lambda_D$	0,088					W/mk	UNI EN 13168
Resistenza a compressione con schiacciamento del 10%	$\sigma_{10}$	≥ 500	≥ 300	≥ 300	≥ 300	≥ 200	kPa	UNI EN 826
Resistenza a flessione	$\sigma_b$	-	≥2200	≥1000	≥700	≥600	kPa	UNI EN 13168
Assorbimento d'acqua a breve termine	$W_p$	da 3,24 a 4,15					Kg/m <sup>2</sup>	UNI EN 1609 metodo di prova A
Fattore di resistenza alla diffusione del vapore acqueo	$\mu$	5					-	UNI EN 13168
Calore specifico	c	2,09					KJ/kgK	UNI EN 13168

Tabella 5.4. Principali dati tecnici di riferimento



Figura 5.60. Esempio applicativo con rivestimento di una trave

## 5.2.6. Avvolgibile - GRIESSER

---

### 5.2.6.1. Applicazioni

#### **Nodo SERRAMENTO**

\_Wu.01-C\_ parete con isolante esterno (con cassonetto)

\_Wu.02-B\_ parete con isolante intermedio (con cassonetto)

\_Wu.03-A\_ parete con isolante interno (con cassonetto)

### 5.2.6.2. Descrizione

Griesser propone un avvolgibile a pacchetto.

La posa dell'avvolgibile a pacchetto viene eseguita davanti alla finestra garantendo così un isolamento ottimale dell'ambiente. Il canale in lamiera termolaccata è allo stesso tempo sistema portante e un'efficace chiusura della nicchia. La conformazione dell'architrave è la stessa delle tende a lamelle, così da garantire una successiva sostituzione del prodotto. Continuo miglioramento e una tecnica di montaggio ottimale fanno del Rolpac un sistema d'avvolgibile competitivo per edifici nuovi e per il risanamento di facciate.

Gli avvolgibili, montati in un cassonetto a incasso, vengono prevalentemente installati in edifici di nuova costruzione.. Una volta sollevato, l'avvolgibile scompare all'interno della muratura restando così protetto dagli influssi climatici.



[HTTP://WWW.GRIESSER.IT/IT/PRODOTTI/](http://www.griesser.it/it/PRODOTTI/)

AVVOLGIBILI

### 5.2.6.3. Caratteristiche principali

1. sistema a incasso a risparmio di spazio, poiché le stecche non vengono arrotolate ma impacchettate;
2. maggiore luminosità grazie all'ampia distanza fra le stecche;
3. protezione del prodotto /sicurezza antisollevamento;
4. collegamento delle stecche;
5. cassetto superiore;
6. guida a scorrimento.



Figura 5.61. Sistema a nicchia



Figura 5.62. Avvolgibile a pacchetto a incasso in alluminio con stecche cave

### 5.2.6.4. Grandezze di riferimento

- $bk$  = larghezza esterno guida;
- $hl$  = altezza luce finita;
- $p$  = altezza del pacco;
- $gh$  = altezza totale ( $hl + p$ );
- $hs$  = altezza veletta;
- $hg$  = altezza della nicchia dell'arganello;
- $tn$  = profondità della nicchia.

Tutte le misure sono espresse in mm.

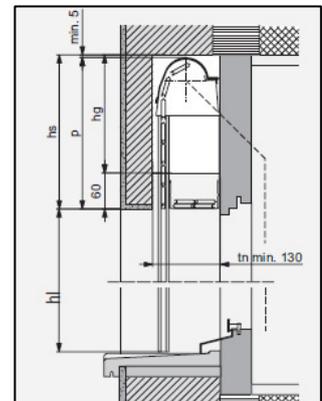


Figura 5.63. Sezione verticale: nicchia

## 5.2.7. Sistema a cappotto termico - KNAUF

---

### 5.2.7.1. Applicazione

#### **Nodo PARETE/SOLAIO CONTRO-TERRA**

GFv.01-Ca solaio con parete perimetrale contro-terra con isolante esterno

GFv.02-Cb solaio con parete perimetrale contro-terra con isolante esterno

#### **Nodo con PILASTRO**

\_Po.01-C\_ parete con isolante esterno

#### **Nodo ANGOLO**

\_Co.01-C\_ pareti con isolante esterno (con pilastro)

\_Co.05-C\_ pareti con isolante esterno

\_Co.08-D\_ pareti con isolante esterno e intermedio

\_Co.09-D\_ pareti con isolante interno e intermedio

#### **Nodo SOLAIO-PARETE ESTERNA**

IFv.01-C\_ parete (continua) con isolante esterno

IFv.04-C\_ parete (aggetto) con isolante esterno

IFv.06-D\_ parete (aggetto) con isolante interno e solaio con isolante esterno (cordolo disgiuntore)

#### **Nodo BALCONE**

\_Bv.01-C\_ parete con isolante esterno (con soglia) - soletta disgiunta

\_Bv.04-C\_ parete con isolante esterno (con soglia) - soletta con isolante esterno

\_Bv.06-C\_ parete con isolante esterno - soletta disgiunta

\_Bv.09-C\_ parete con isolante esterno - soletta con isolante esterno

\_Bv.11-C\_ parete con isolante esterno - soletta metallica esterna

#### **Nodo SERRAMENTO**

\_Wu.01-C\_ parete con isolante esterno (con cassonetto)

\_Wu.04-C\_ parete con isolante esterno

\_Wd.07-Ca\_ parete con isolante esterno

\_Wd.08-Cb\_ parete con isolante esterno

\_Wo.13-Ca\_ parete con isolante esterno

\_Wo.14-Cb\_ parete con isolante esterno

#### **Nodo PARETE INTERNA-SOLAIO/PARETE ESTERNA**

IWv.01-A\_ parete verso ambiente non riscaldato e su copertura

inclinata con isolante esterno

IWo.07-A\_ parete verso ambiente non riscaldato e parete con isolante esterno

IWo.10-B\_ parete verso ambiente non riscaldato e parete con isolante esterno

### Nodo COPERTURA

\_Rv.01-C\_ parete con isolante esterno e copertura inclinata con isolante esterno

\_Rv.02-C\_ parete con isolante esterno e copertura orizzontale con isolante intermedio

\_Rv.03-C\_ parete con isolante esterno e copertura orizzontale con isolante interno

\_Rv.10-C\_ parete con isolante esterno e copertura inclinata con isolante interno

#### 5.2.7.2. Descrizione

Il Sistema Cappotto Termico Knauf EPS è un sistema collaudato che prevede l'utilizzo di materiali isolanti in polistirolo espanso (EPS) per edifici esistenti e nuove costruzioni. I pannelli isolanti vengono incollati al sottofondo mediante una malta adesiva (collante SM700 / SM760) e, se necessario, ulteriormente tassellati.

Il Sistema Cappotto Termico Knauf può essere impiegato anche in edifici di altezza elevata (massimo 22 m; le prescrizioni relative alle altezze degli edifici dipendono dal regolamento edilizio locale e dalle norme nazionali), per altezze > 22 m consultare il Servizio Tecnico Knauf.

#### 5.2.7.3. Caratteristiche principali

Dalla tabella, grazie al valore della conducibilità termica e dello spessore del materiale isolante, è possibile ottenere la resistenza termica R.

La somma di tutte le resistenze termiche (intonaco, opera in muratura, materiali isolanti ecc.) viene sommata al valore di 0,17 (m<sup>2</sup>K)/W di entrambe le resistenze liminari, interna ed esterna. Dal valore reciproco della somma si ottiene il valore U.



[HTTP://WWW.KNAUF.IT/BACKOFFICE/USERFILES/FILES/DOCUMENTI/ALLEGATI/228/\[8542\]P321%20SISTEMA%20CAPPOTTO%20TERMICO%20KNAUF.PDF](http://www.knauf.it/backoffice/userfiles/files/documenti/allegati/228/[8542]P321%20SISTEMA%20CAPPOTTO%20TERMICO%20KNAUF.PDF)

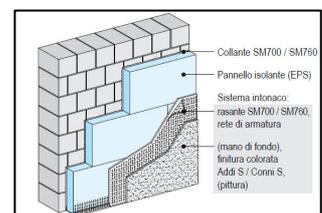


Figura 5.64. Dettaglio del sistema a cappotto

Isolamento termico											
Materiale isolante	Resistenza termica R (m <sup>2</sup> K)/W										
	Spessore materiale isolante d in mm										
	30	40	50	60	80	100	120	140	160	180	200
EPS 100 grigio	0,96	1,29	1,61	1,93	2,58	3,22	3,87	4,51	5,16	5,80	6,45
EPS 100 bianco	0,83	1,11	1,38	1,66	2,22	2,77	3,33	3,88	4,44	5,00	5,55
EPS 120 bianco	0,83	1,11	1,42	1,66	2,22	2,77	3,33	3,82	4,44	5,00	5,55
EPS 200 bianco	0,91	1,21	1,51	1,82	2,42	3,03	3,63	4,24	4,85	5,45	6,06

Tabella 5.5. Valori di isolamento termico

Caratteristiche del materiale isolante					
Materiale isolante	Valore della conducibilità termica $\lambda$ W/(mK)	Dimensioni b x l mm	Reazione al fuoco conformemente alla norma UNI EN 13501-1 e DIN 4102-1	$\mu$	Spessore disponibile d mm
EPS 100 bianco	0,036	500 x 1000	E	30/70	30 - 200
EPS 120 bianco	0,035				
EPS 100 grigio	0,031				
<b>Zoccolatura</b>					
EPS 200 bianco	0,033	500 x 1000	E	30/70	30 - 200

Tabella 5.6. Caratteristiche dei pannelli isolanti

**Premesse**

- Tutti i dettagli costruttivi ed esecutivi devono essere chiariti prima dell'esecuzione dei lavori;
- la preparazione necessaria del sottofondo deve essere fatta in base al tipo di supporto presente e deve essere dettagliatamente prescritta nel capitolato;
- il sottofondo deve possedere una planarità conforme alla norma DIN 18202. Le irregolarità fino a 10 mm (solo nel caso di sistemi solamente incollati) possono essere ovviate con l'utilizzo di malta adesiva. Le irregolarità fino a 20 mm possono essere livellate con malta adesiva. Irregolarità maggiori possono essere livellate mediante uno strato di intonaco.

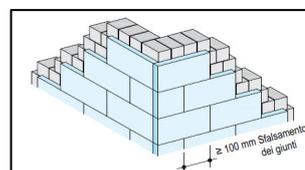


Figura 5.65. Posa sfalsata dei pannelli isolanti

### Posa dell'isolante

1. Montaggio dei profili di partenza
  - Montare il profilo di partenza per la zoccolatura in senso orizzontale e fissare con idonei tasselli ad interasse di circa 300 mm;
  - compensare le imperfezioni del sottofondo con appositi elementi di compensazione;
  - prevedere tagli ad angolo, corrispondenti agli spigoli esterni dei profili di partenza;
  - inserire profilo in plastica, con gocciolatoio e rete di armatura, sul profilo di partenza;
  - in caso di edifici alti ( $h > 22$  m) si dovrà posizionare un profilo di partenza ogni 6 m.
2. Incollaggio e posa del pannello isolante
  - Se sul sottofondo vi sono dei rivestimenti già presenti (come ad esempio vernici) è necessario verificare accuratamente la compatibilità con la malta adesiva;
  - nel caso di superfici che presentano materiale polveroso o tracce di disarmante, applicare il fissativo consolidante seguendo le relative istruzioni d'uso. Irregolarità fino ad un massimo di 10 mm / m possono essere livellate con Collante SM700 / SM760. Le irregolarità fino ad un massimo di 20 mm / m possono essere livellate con Collante SM700 / SM760; è necessario comunque tassellare
  - le irregolarità maggiori devono essere livellate con uno strato di intonaco, oppure con variazioni dello spessore della lastra isolante;
  - in seguito, dopo l'essiccazione, deve essere verificata la resistenza allo strappo dell'intonaco dai pannelli. Il collante non deve entrare all'interno dei giunti; tra il pannello isolante ed il supporto non deve circolare aria. Il pannello isolante deve essere fissato al supporto in maniera uniforme.
3. Incollaggio sui bordi dell'edificio
  - Le lastre isolanti devono essere incollate partendo dal basso con uno sfalsamento dei giunti  $\geq 100$  mm (si consiglia sfalsamento dei giunti a metà lunghezza della lastra - schema tasselli). In caso di incollaggio a macchina, le lastre isolanti devono essere pressate spingendole nel collante;
  - le lastre isolanti fino ad uno spessore di 200 mm possono essere posate senza dentatura dell'angolo; a partire da 220 mm

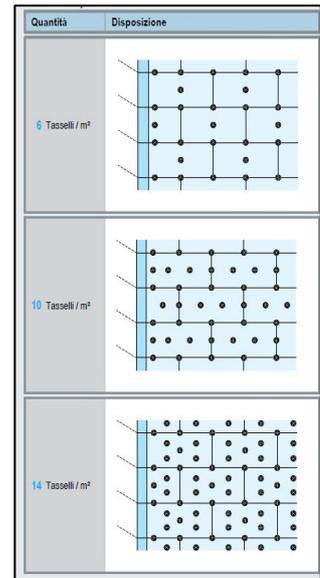


Figura 5.66. Incollaggio lastre

eseguire la posa con dentatura dell'angolo.

#### 4. Tasselli

- Dopo l'indurimento del collante si può iniziare con la tassellatura. Tutti i collegamenti devono essere resistenti all'acqua battente e realizzati usando, ad esempio, un nastro impermeabilizzante per giunti;
- i lavori interni di intonacatura e di posa del massetto devono essere conclusi per tempo e gli elementi costruttivi devono essere sufficientemente asciutti per evitare accumuli di umidità;
- durante la fase di lavorazione, essiccazione e presa, la temperatura dell'ambiente, del sottofondo e del materiale non deve essere inferiore a + 5 °C;
- l'influsso negativo di agenti atmosferici, come le alte temperature, il vento oppure l'irraggiamento solare diretto, possono variare le caratteristiche di lavorazione. Sono raccomandati provvedimenti aggiuntivi, ad esempio l'uso di teli ombreggianti;
- l'acqua utilizzata deve raggiungere al massimo +30 °C;
- utilizzare trapano a percussione per pareti in calcestruzzo o di mattoni pieni. I fori non devono danneggiare l'armatura del calcestruzzo;
- profondità fori = lunghezza tasselli + 10/15 mm;
- i fori devono essere puliti prima di inserire il tassello;
- è necessario attendere almeno 2 giorni dall'incollaggio dei pannelli isolanti, prima di procedere alla successiva rasatura superficiale con rete;
- la temperatura del sottofondo durante l'inserimento dei tasselli deve essere  $\geq 0$  °C;
- l'irraggiamento solare diretto sui tasselli e sulla lastra isolante può durare sei settimane al massimo.

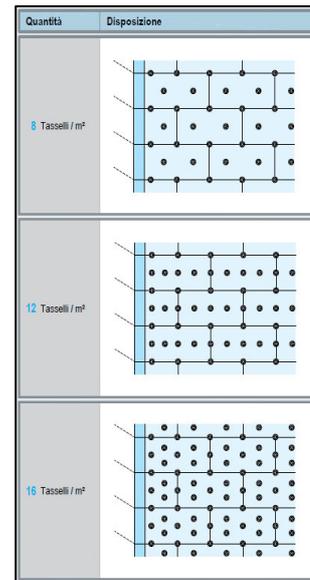


Figura 5.67. Incollaggio lastre

#### Posa del sistema intonaco

#### 5. Intonaco

- L'imbotte delle finestre o aperture deve essere armato su tutta la superficie. Collocare quindi gli angolari in rete 100 a filo e a piombo; applicare la malta di armatura SM700 in spessore di 7 millimetri (SM 760 5 mm) e lisciare. Inserire diagonalmente a tutti gli angoli delle aperture;
- nella malta fresca, la rete a freccia 3D oppure strisce in rete di

circa 300 x 500 mm, cominciando direttamente dall'angolo;

- inserire su tutta la superficie la rete di armatura 4x4 mm, sormontando i giunti minimo di 100 mm, fresco su fresco, nel terzo più esterno dello strato di malta;
  - evitare di lisciare eccessivamente lo strato di finitura per escludere un arricchimento di particelle e la formazione di una pellicola sinterizzata sulla superficie;
  - tempo di asciugatura minimo: 24h / mm di spessore prima di applicare qualsiasi rivestimento ulteriore;
  - le eventuali irregolarità della superficie rimaste dopo l'essiccazione devono essere eliminate con, ad esempio, una spatola.
6. Pittura a base di resina siliconica
- Verniciare con una sola mano per finiture colorate;
  - mescolare con cura il contenuto del recipiente;
  - la consistenza di lavorazione può essere regolata con l'aggiunta di acqua seguendo le indicazioni della scheda tecnica relativa;
  - applicare con una spatola priva di ruggine e lavorare con frattazzo in pvc o in pu;
  - verificare che il tono di colore di tutti i recipienti sia corretto prima di iniziare la lavorazione;
  - prestare attenzione alla omogeneità di distribuzione della granulometria;
  - per evitare discontinuità nell'aspetto della finitura prevedere un numero sufficiente di applicatori su ogni piano dell'impalcatura;
  - lavorare fresco su fresco e non tornare a lavorare su superfici già pronte; evitare interruzioni di lavoro su superfici continue, lavorare sempre su superfici delimitate;
  - tutti i prodotti qui menzionati sono formulati in modo da non sporcarsi rapidamente;
  - è praticamente esclusa una perdita della funzione tecnica da parte dell'intonaco superiore e finitura del colore dovuta ad una crescita di micro organismi sulla superficie, come alghe e funghi.

Gli angoli interni di architravi / intradossi devono essere armati con strisce di rete oppure con apposita rete a freccia 3D.

Diagonalmente, a tutti gli angoli delle aperture, deve essere collocata una freccia angolare in rete oppure strisce di rete di

armatura .

Particolare importanza assume la cura dei dettagli costruttivi in prossimità della finestra e delle aperture.

E' infatti di fondamentale importanza l'utilizzo di idonei componenti ed accessori che garantiscano protezione e continuità al sistema cappotto termico.

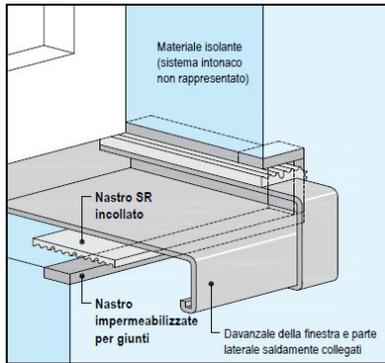


Figura 5.68. Dettaglio davanzale

Le lastre isolanti incassate nel terreno vengono tagliate obliquamente nel lato inferiore e collocate nello strato di armatura. Lo strato di armatura deve arrivare fino al sottofondo. Dopo l'essiccazione dell'intonaco superiore nelle zone a contatto con il terreno deve eseguirsi un'impermeabilizzazione con la zoccolatura a tenuta (minimo 50 mm sopra il bordo superiore del terreno), che deve chiudersi in corrispondenza del fabbricato (circa 50-100 mm di sovrapposizione). Dopo l'essiccazione, come protezione meccanica, è necessario collocare anche una guaina a nodini accoppiata con tessuto.

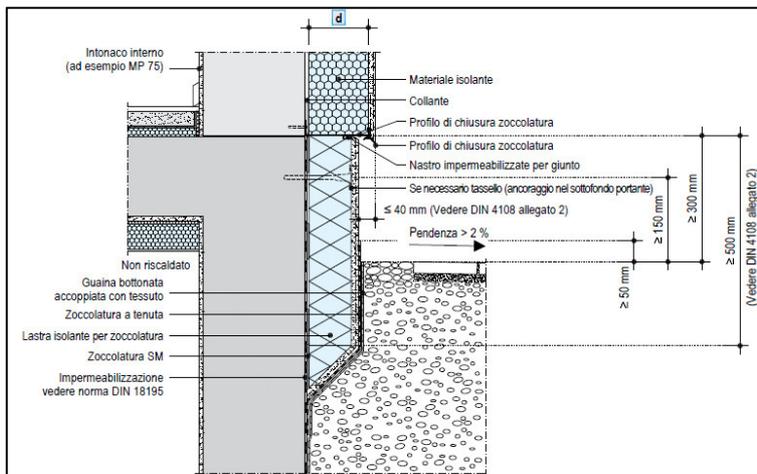


Figura 5.69. Dettaglio: nodo di fondazione con zoccolatura rientrante

Lo strato di armatura e l'intonaco superiore terminano approssimativamente 200 - 300 mm al di sotto del bordo superiore del terreno. Dopo l'essiccazione dell'intonaco superiore nell'area a contatto con il terreno è necessario realizzare una impermeabilizzazione con la zoccolatura a tenuta (minimo 50 - 100 mm al di sopra della lastra isolante perimetrale non rivestita). Come protezione meccanica è necessario collocare anche, dopo l'essiccazione, una guaina a nodini accoppiata con tessuto.

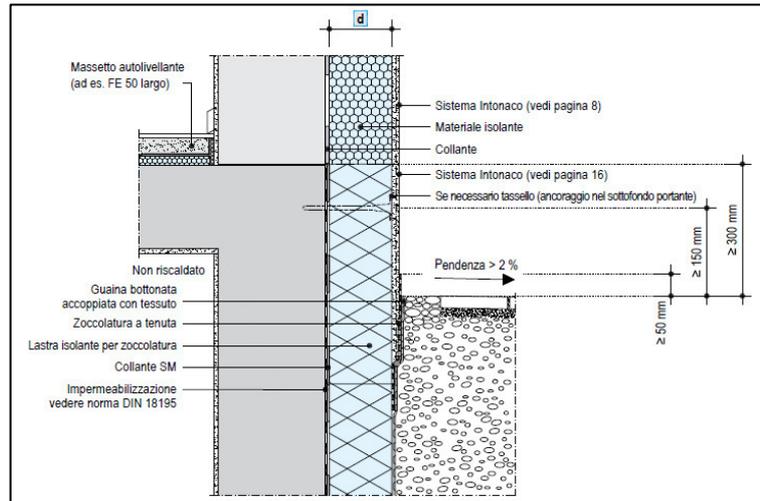


Figura 5.70. Dettaglio: nodo di fondazione con zoccolatura continua

## 5.2.8. Blocchi in laterizio con isolante integrato - POROTON con perlite

### 5.2.8.1. Applicazione

#### Nodo PARETE/SOLAIO CONTRO-TERRA

GFv.01-Ca solaio con parete perimetrale contro-terra con isolante esterno

GFv.02-Cb solaio con parete perimetrale contro-terra con isolante esterno

### 5.2.8.2. Descrizione

Mattoni con isolante integrato

Si tratta di mattoni con isolante per murature monostrato che vengono successivamente completati iniettando nei fori materiale isolante (per esempio polistirene caricato con grafite) per prestazioni termiche molto elevate anche con spessori contenuti.

Le caratteristiche dei blocchi POROTON® con isolante integrato corrispondono, per quanto attiene le caratteristiche geometrico-fisiche, a quelle dei laterizi di partenza su cui viene eseguita la lavorazione di inserimento dell'isolante.



[HTTP://WWW.TOPHAUS.COM/BAUSTOFF](http://www.tophaus.com/baustoff)  
E/ITALIEN/PARETE-  
MASSICIA/MONOLITICO-PASSIVHAUS-  
BLOCCHI-PIENI/

### 5.2.8.3. Caratteristiche principali

<b>Poroton- T9 con PERLITE</b>		
<b>DATI TECNICI</b>	<b>365 mm</b>	<b>300 mm</b>
Peso blocco cad. (kg/pz.)	11,3	13,7
Peso di calcolo (kN/m <sup>2</sup> )	7,5	7
Resistenza media alla compressione (N/mm <sup>2</sup> )	> 6	> 6
Compressione ammissibile (MN/m <sup>2</sup> )	0,7	0,7
Conducibilità termica λ (W/mK)	0,09	0,09
Valore U (W/m <sup>2</sup> K) con intonaco termoisolante	0,28	0,23
Foratura %	55-60	55-60
Potere fonoisolante indicativo	n.d.	46
Fabbisogno pz./m <sup>2</sup>	16	16
248 x 300 x 249 mm conf. 54 pz./pacco - 1944 pz./bilico art. 08526		
248 x 365 x 249 mm conf. 48 pz./pacco - 1832 pz./bilico art. 08527		

Tabella 5.7. Dati tecnici

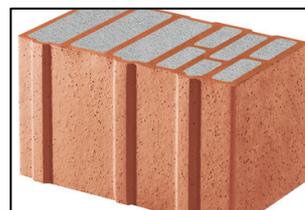


Figura 5.71. Mattone Poroton T9 con perlite

Una soluzione per diminuire e correggere il ponte termico di fondazione è quella di inserire un corso in mattoni con caratteristiche termiche migliori. Ciò può essere agevolmente adottato nelle murature di tamponamento, interponendo un elemento in vetro cellulare o un mattone in calcestruzzo autoclavato, ma non è applicabile nel caso di muratura portante ordinaria o armata in quanto la fragilità di questi elementi comprometterebbe il funzionamento strutturale della muratura.

Si propone quindi il blocco Poroton con perlite sfusa nei primi due corsi di muratura. Questo dettaglio, semplice da applicare in cantiere, ma efficace, consente di ridurre la conduttività verticale della base della muratura ed inserire quindi un'elevata resistenza termica tra la fondazione e la muratura perimetrale soprastante.



Figura 5.72. Poroton con perlite in un muro di fondazione



Figura 5.73. Poroton con perlite in un muro di fondazione

## 5.2.9. Dissuasori termici per balconi e mensole - SCHOCK

### 5.2.9.1. Applicazione

#### Nodo SOLAIO-PARETE ESTERNA

IFv.02-B\_ parete (continua) con isolante intermedio (cordolo disgiuntore)

IFv.03-A\_ parete (continua) con isolante interno (cordolo disgiuntore)

IFv.05-B\_ parete (aggetto) con isolante intermedio (cordolo disgiuntore)

IFv.06-D\_ parete (aggetto) con isolante interno e solaio con isolante esterno (cordolo disgiuntore)

#### Nodo BALCONE

\_Bv.01-C\_ parete con isolante esterno (con soglia) - soletta disgiunta

\_Bv.02-B\_ parete con isolante intermedio (con soglia) - soletta disgiunta

\_Bv.03-A\_ parete con isolante interno (con soglia) - soletta disgiunta

\_Bv.06-C\_ parete con isolante esterno - soletta disgiunta

\_Bv.07-B\_ parete con isolante intermedio - soletta disgiunta

\_Bv.08-A\_ parete con isolante interno - soletta disgiunta

\_Bv.11-C\_ parete con isolante esterno - soletta metallica esterna

\_Bv.12-B\_ parete con isolante intermedio - soletta metallica esterna

### 5.2.9.2. Descrizione

Nell'edilizia residenziale, i balconi a sbalzo continuano a costituire un elemento importante che aumenta la qualità abitativa. Se la soletta del balcone viene inserita nell'edificio riscaldato senza un'adeguata separazione termica, in corrispondenza di questo passaggio si determina un classico ponte termico. Schöck Isokorb® evita che nella facciata si crei questo punto debole. Tanto più efficace è l'isolamento termico realizzato dall'Isokorb® in corrispondenza di questo punto di giunzione, quanto più basso è il rischio di formazione di condensa, muffa e conseguenti danni strutturali. Inoltre, il flusso di calore e quindi la perdita di energia vengono ridotti. L'isolamento termico ottimale dell'Isokorb® è



[HTTP://WWW.SCHOECK.IT/IT/PRODOTTI/ELEMENTI-COSTRUTTIVI-A-SBALZO-7](http://www.schoeck.it/it/PRODOTTI/ELEMENTI-COSTRUTTIVI-A-SBALZO-7)

garantito da uno strato isolante di polistirolo espanso ad alte prestazioni e privo di CFC, combinato con acciaio inox. In particolare, tenendo conto degli elevati requisiti della normativa sul risparmio energetico, l'elemento Schöck costituisce una soluzione sicura, che fornisce anche chiari vantaggi in termini di montaggio, essendo facilmente inseribile tra le armature strutturali. L'elemento Isokorb assolve anche una funzione portante. In funzione delle molteplici applicazioni edilizie, è disponibile in diverse versioni per il collegamento calcestruzzo armato-calcestruzzo armato, calcestruzzo armato-acciaio e acciaio-acciaio.

<b>Materiale Isolante</b>	polistirolo espanso EPS-W25
<b>Acciaio Inossidabile</b>	materiale 1.4571 con grado di indurimento K700 (DIN 17440) – limite snervamento 600 N/mm <sup>2</sup>
<b>Acciaio nervato per CIs</b>	BST 500 risp. 550
<b>Supporti di spinta</b>	Modulo PE-HD riempito di CIs ad elevata resistenza a compressione armato con microfibre in acciaio
<b>Saldature</b>	conformi alle DIN 1919
<b>Profilo piatto in acciaio</b>	conforme alle DIN 1910 ovvero ÖNORM B 4300-7

Tabella 5.8. Caratteristiche tecniche dei materiali

### 5.2.9.3. Caratteristiche principali

Schöck Isokorb® offre agli specialisti dell'edilizia una contromisura efficace contro i ponti termici per gli elementi a sbalzo. Schöck Isokorb® crea una barriera termica fra gli elementi costruttivi e, al contempo, assolve una funzione statica. Per questo è considerato un elemento isolante portante.

Schöck Isokorb® tipo A-K con modulo HTE: elemento isolante per balconi con sporgenza libera. Trasmette momenti flettenti e forze di taglio in modo monoassiale. Grazie al dispositivo di armatura periferica e di sospensione, integrato di serie, si evitano le staffe ad innesto o il reticolato altrimenti necessario sul lato balcone. I momenti di torsione non vengono trasmessi.

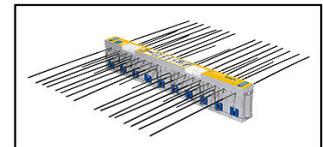


Figura 5.75. Isokorb A-K

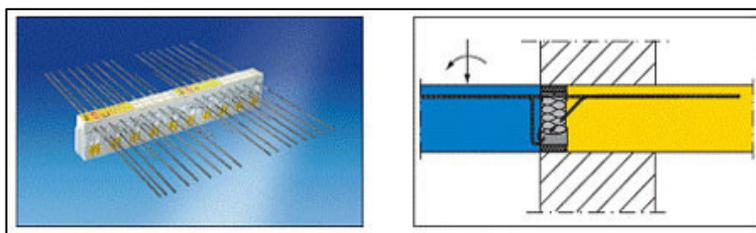


Figura 5.74. Isokorb A-K

Schöck Isokorb® tipo A-K WO con modulo HTE - Collegamento a muri di cemento armato, è un elemento isolante portante per balconi/tettoie con sporgenza libera e collegamento a muro verso l'alto.

I tipi di elementi Isokorb® con differenza di quota vengono forniti con modulo HTE (reggispinta in microcalcestruzzo ad alta resistenza rinforzato con microfibre d'acciaio).

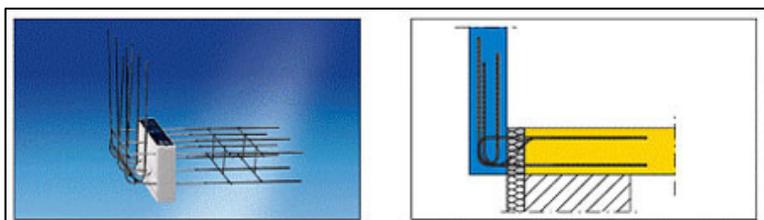


Figura 5.76. Isokorb A-K WO

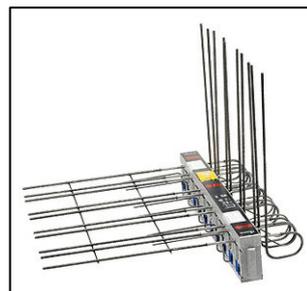


Figura 5.77. Isokorb A-K WO

Schöck Isokorb® tipo O: Elemento isolante per mensole del solaio, come appoggio dei rivestimenti (connessione puntuale). La distanza dell'elemento è scelta a seconda dei rispettivi requisiti statici. Le zone intermedie sono coibentate in opera.

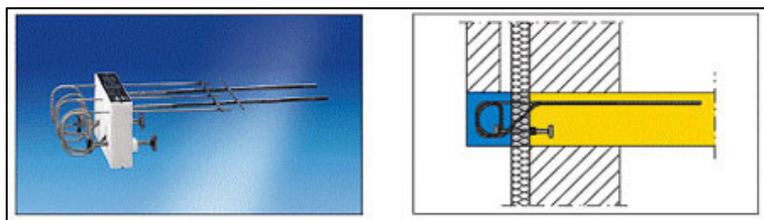


Figura 5.78. Isokorb A-O

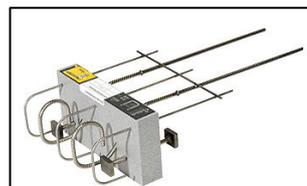


Figura 5.79. Isokorb A-O

Schöck Isokorb® tipo A-S: Elemento isolante per travi a sbalzo/mensole da parete.

E' concepito per l'isolamento di travi a sbalzo. Serve per la trasmissione precisa di momenti flettenti e forze di taglio elevati. Il dimensionamento avviene a seconda dei requisiti statici.

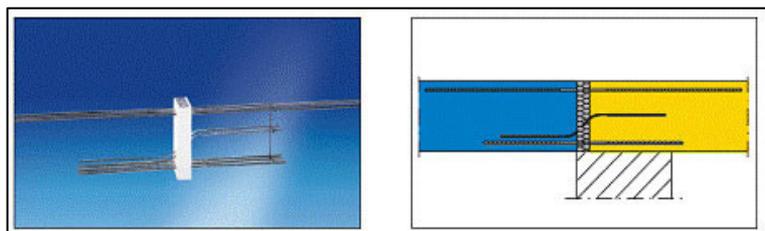


Figura 5.80. Isokorb A-S

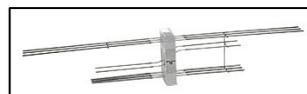


Figura 5.81. Isokorb A-S

Per la separazione calcestruzzo/acciaio:

- consente il collegamento termoisolante delle costruzioni in acciaio a componenti in calcestruzzo armato;
- possiede un elevato grado di prefabbricazione;
- riduce al minimo i tempi di montaggio in cantiere.

I componenti esposti alle intemperie sono realizzati in acciaio inossidabile, quindi resistenti alla corrosione.

Schöck Isokorb® tipo KS: elemento isolante per costruzioni in acciaio con sporgenza libera;

è possibile realizzare un collegamento termoisolato di travi in acciaio con sporgenza libera a solai in calcestruzzo armato.



Figura 5.83. Isokorb KS

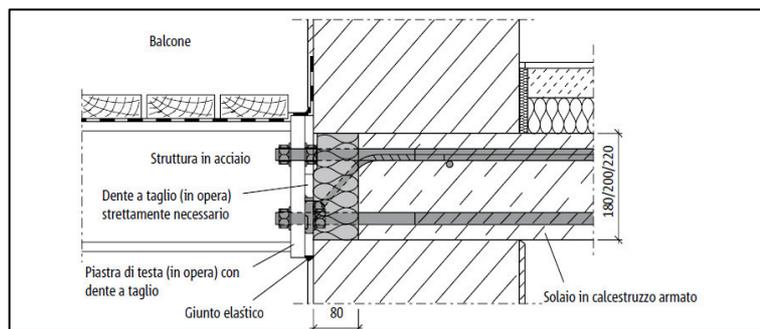


Figura 5.82. Isokorb KS

## 5.2.10. Serramenti in alluminio - SCHUCO -

### 5.2.10.1. Applicazioni

#### Nodo SERRAMENTO

- \_Wu.01-C\_ parete con isolante esterno (con cassonetto)
- \_Wu.02-B\_ parete con isolante intermedio (con cassonetto)
- \_Wu.03-A\_ parete con isolante interno (con cassonetto)
- \_Wd.07-Ca\_ parete con isolante esterno
- \_Wd.09-Ba\_ parete con isolante intermedio
- \_Wd.11-Aa\_ parete con isolante interno

### 5.2.10.2. Descrizione

Le numerose varianti di sistema e l'ampio assortimento di accessori sono la base per una progettazione ricca di idee.

Il serramento in alluminio versatile e funzionale "allround" presenta caratteristiche di gran pregio e è isolato termicamente; gode inoltre degli imbattibili vantaggi dell'alluminio: durevolezza, stabilità e robustezza, sottili sezioni in vista e numerose possibilità di progettazione - tutto ciò anche per finestre di grandi dimensioni.

### 5.2.10.3. Caratteristiche principali

#### 1. Energia

Schüco AWS 65 offre un isolamento termico migliorato con una profondità di 65 mm. Un valore- $U$  medio di  $2,2 \text{ W/m}^2\text{K}$  permette di risparmiare energia preziosa e, di conseguenza, di contenere i costi di riscaldamento. Questo straordinario valore viene raggiunto grazie ad una sezione isolante più ampia e ad una guarnizione centrale ottimizzata della camera cava.

#### 2. Sicurezza

Grazie alle apparecchiature a scomparsa o, più precisamente, al controllo della chiusura con l'apparecchiatura TipTronic, aumenta la sicurezza contro intrusioni esterne.

A seconda delle apparecchiature installate e delle vetrate, le finestre a battente soddisfano, in caso di urto, i requisiti della classe di resistenza WK3.

#### 3. Comfort

Le ridotte dimensioni del telaio, dell'anta e del montante rendono possibile un'alta superficie vetrata: la maggiore trasparenza e luminosità raggiunta negli spazi abitativi permette di



[HTTP://WWW.SCHUECO.COM/WEB/IT/PRI  
VATKUNDEN/FENSTER\\_UND\\_TUEREN/P  
RODUCTS/FINESTRE/SISTEMI\\_IN\\_ALLUM  
INIO/SCHUECO\\_AWS\\_65](http://www.schueco.com/web/it/pri-vatkunden/fenster_und_tueren/products/finestre/sistemi_in_alluminio/schueco_aws_65)

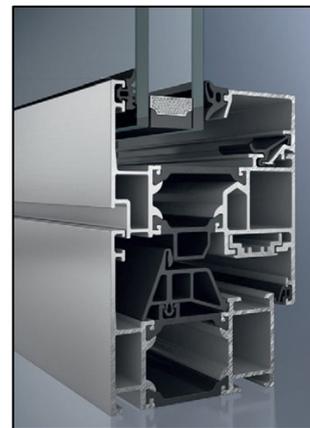


Figura 5.84. Sezione serramento in alluminio a taglio termico

aumentare il comfort.

Un ulteriore vantaggio per il benessere è raggiunto con il sistema di guarnizioni ottimizzato nel profilo della finestra che, garantisce, oltre ad un buon isolamento termico, anche un elevato isolamento acustico e protezione contro gli agenti atmosferici.

Per poter adattare nel migliore modo il comfort delle finestre alle singole esigenze e necessità, è a disposizione una scelta tra quasi tutte le modalità di apertura in uso.

#### 4. Design

Con la serie di base ricca di varianti Schüco AWS 65 è possibile realizzare soluzioni di finestre attraenti e tagliate su misura, per es. con tonalità di colore diverse tra gli esterni e gli interni.

Grazie alla sua profondità di soli 65 mm, la serie di finestre Schüco AWS 65 è versatile e combinabile con soluzioni variegata di porte e ante.

#### 5.2.10.4. Grandezze di riferimento

Test	Normative Standard	Valori Value	Test
Isolamento termico	UNI EN ISO 10077-2	$U_f = 2,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ <sup>1)</sup>	Thermal insulation
Isolamento acustico	UNI EN 20140	fino a up to SSK 5	Noise reduction
Antieffrazione	UNI V ENV 1627	WK3	Burglar resistance
Tenuta alla pioggia battente	UNI EN 12208	Classe Class 9a	Watertightness
Permeabilità all'aria	UNI EN 12207	Classe Class 4	Air permeability
Resistenza al carico del vento	UNI EN 12210	Classe Class C5/B5	Wind resistance

Tabella 5.9. Dati principali

## 5.2.11. Davanzale per sistema a cappotto – STO-

### 5.2.11.1. Applicazioni

#### Nodo SERRAMENTO

\_Wd..08-Cb parete con isolante esterno

### 5.2.11.2. Descrizione

STO propone davanzali per sistemi di isolamento termico a cappotto.

Il davanzale STOFentra Profi rappresenta l'evoluzione del davanzale tradizionale: specificatamente progettato per i sistemi di isolamento termico a cappotto; il prodotto combina funzionalità ed estetica.

Completamente sigillato su tutti i lati, il davanzale STOFentra Profi presenta elevata resistenza alla dilatazione termica ed è completamente impermeabile, in grado quindi di resistere alle diverse sollecitazioni in base alle condizioni atmosferiche esterne.

Il davanzale StoFentra Profi è progettato specificamente per la realizzazione di sistemi di isolamento termico per facciate: può essere quindi installato facilmente in cantiere e ordinato su misura in base alle esigenze specifiche.



[HTTP://WWW.STOITALIA.IT/125856\\_IT-INNOVAZIONI-DAVANZALI\\_STOFENTRA\\_PER\\_SISTEMI\\_A\\_CAPPOTTO.HTM](http://www.stoitalia.it/125856_IT-INNOVAZIONI-DAVANZALI_STOFENTRA_PER_SISTEMI_A_CAPPOTTO.HTM)

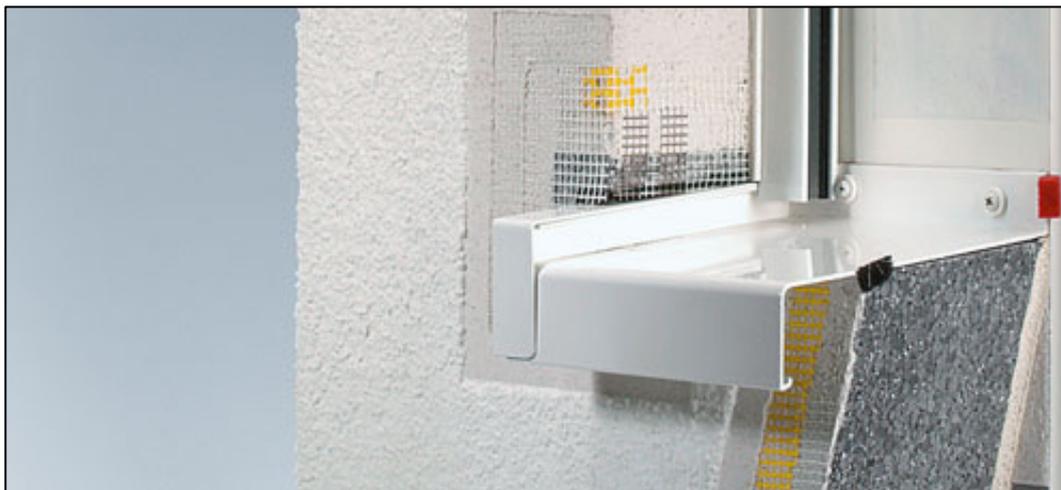


Figura 5.85. Dettaglio del davanzale con stratigrafia del rivestimento a cappotto

### 5.2.11.3. Caratteristiche principali

1. elemento a tenuta stagna, saldato su tutti i lati;
2. impermeabile;
3. resistente alle sollecitazioni atmosferiche e alla corrosione;
4. resistente a dilatazione termica;
5. disponibile in diversi formati, in base all'oggetto;
6. davanzali in conformità con i requisiti richiesti dall'omologazione generale edilizia per l'isolamento termico;
7. fornitura completa di mensole di supporto e viti di collegamento all'infisso.

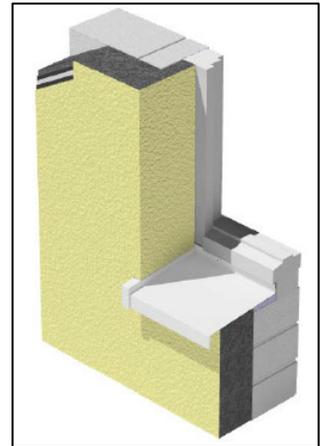


Figura 5.86. Davanzale per rivestimento a cappotto

## 6. STRUMENTI DI OTTIMIZZAZIONE

---

*La fase produttiva della ricerca si basa su una proposta di classificazione e codifica dei nodi di discontinuità e si sviluppa in uno strumento per l'ottimizzazione delle soluzioni tecnologiche di dettaglio.*

*Si propone una matrice con funzione di prospetto riassuntivo e di confronto generale per l'intera sequenza dei nodi indicati e, per ciascun nodo, la ricerca offre uno strumento composto da una soluzione grafica del dettaglio tecnico corredata da una scheda di calcolo e da una scheda tipologico-prestazionale.*

*Lo studio propone un prontuario di soluzioni costruttive di dettaglio presentate in forma di schede grafico prestazionali.*

*Il prodotto illustrato è significativo per le grandi famiglie di discontinuità, pur non avendo una valenza esaustiva; ma grazie alla possibilità di implementazione e versatilità di utilizzo in funzione delle specifiche esigenze del fruitore finale, è facilmente esportabile ed assimilabile fornendo un utile supporto sia in fase di progettazione che realizzativa.*

### 6.1. PROPOSTA DI CLASSIFICAZIONE E DI CODIFICA

---

Il materiale bibliografico raccolto, i risultati delle indagini conoscitive nei cantieri, lo studio e l'analisi della documentazione collezionata, durante le fasi di ricerca precedenti, hanno creato la base su cui sviluppare una classificazione e una codifica più approfondita dei nodi tipologici di discontinuità dell'involucro. **LA CLASSIFICAZIONE**

La classificazione proposta si basa:

- su elementi caratterizzanti il nodo;
- sulla posizione dell'isolante, all'interno dell'elemento edilizio;
- sul tipo di materiale isolante utilizzato.

Le famiglie tipologiche di discontinuità dell'involucro individuate sono otto e la codifica si basa sulla norma UNI EN ISO 14683, fornendo, inoltre, un ordine e una gerarchizzazione spaziale (partendo dal basso e andando verso l'alto in un edificio tipo): **LA CODIFICA**

1. GF indica i ponti termici dovuti al terreno;
2. \_P indica i ponti termici determinati da pilastri;
3. \_C indica i ponti termici negli angoli;
4. IF indica i ponti termici dei pavimenti;
5. \_B indica i ponti termici di balconi o poggiali;
6. \_W indica i ponti termici dovuti ai serramenti;

7. IW indica i ponti termici dovuti alle pareti interne.
8. \_R indica i ponti termici di copertura.

La norma UNI EN ISO 14683 ha origini anglosassoni e le iniziali delle famiglie tipologiche di nodo derivano dal nome inglese: ad esempio "C" che rappresenta l'angolo deriva dall'analogo nome inglese "corner". Inoltre, la norma propone una sigla mutevole di una o due lettere, rendendo il codice di lunghezza variabile e inapplicabile nel caso di standardizzazione per l'inserimento in database o elenchi digitali a spazi fissi. La codifica proposta prevede l'impiego di 9 spazi fissi.

L'ordine di codifica suggerito all'interno del presente testo segue la collocazione spaziale delle discontinuità all'interno dell'edificio, partendo dalla base a contatto col terreno fino alla copertura del tetto. L'immagine seguente individua, in un generico edificio tipo, la posizione dei nodi di ponte termico e ne fornisce le possibili variabili geometriche riscontrabili nella pratica edilizia comune.

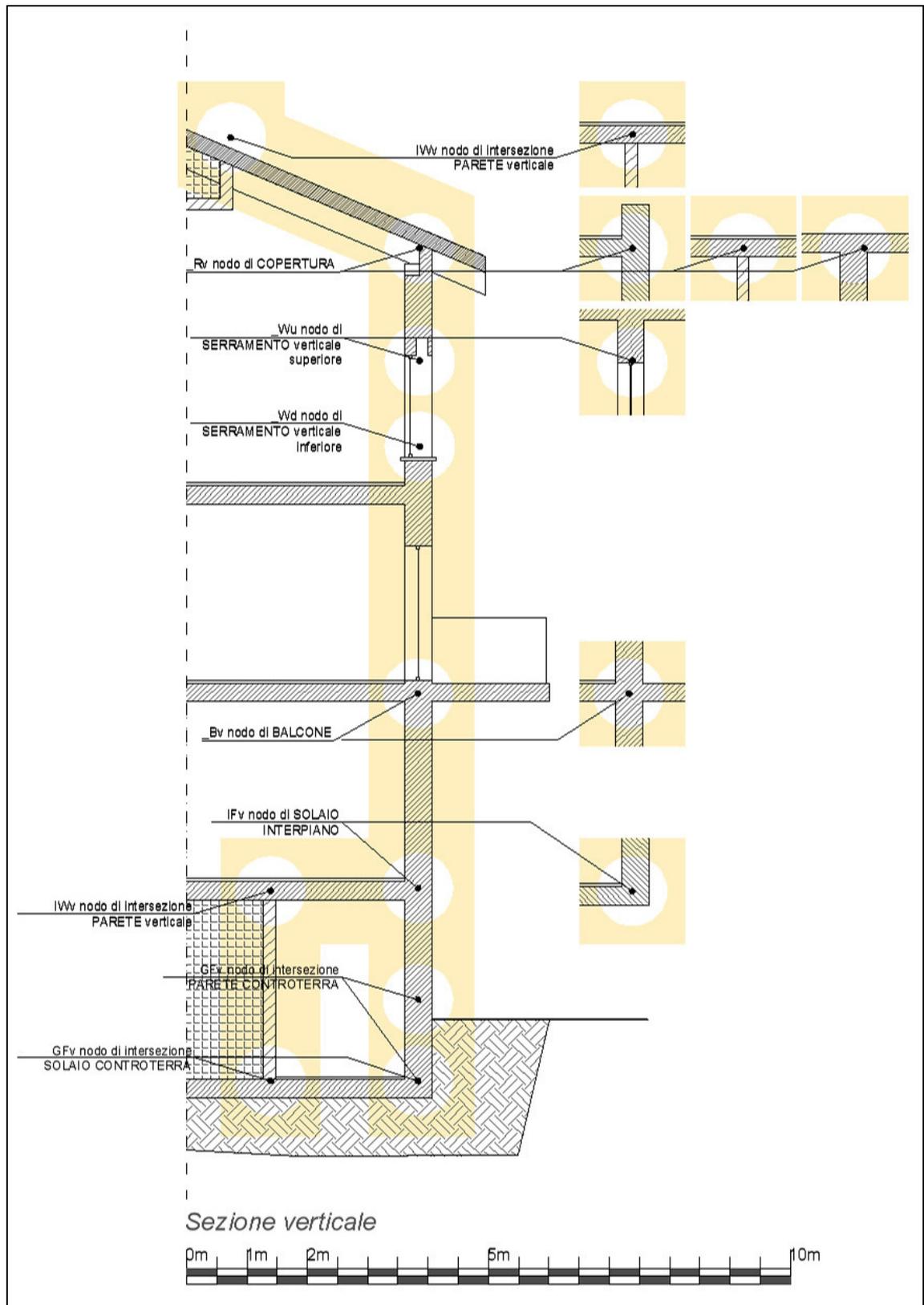


Figura 6.1. Mappa e codifica delle famiglie tipologiche di discontinuità per la sezione verticale

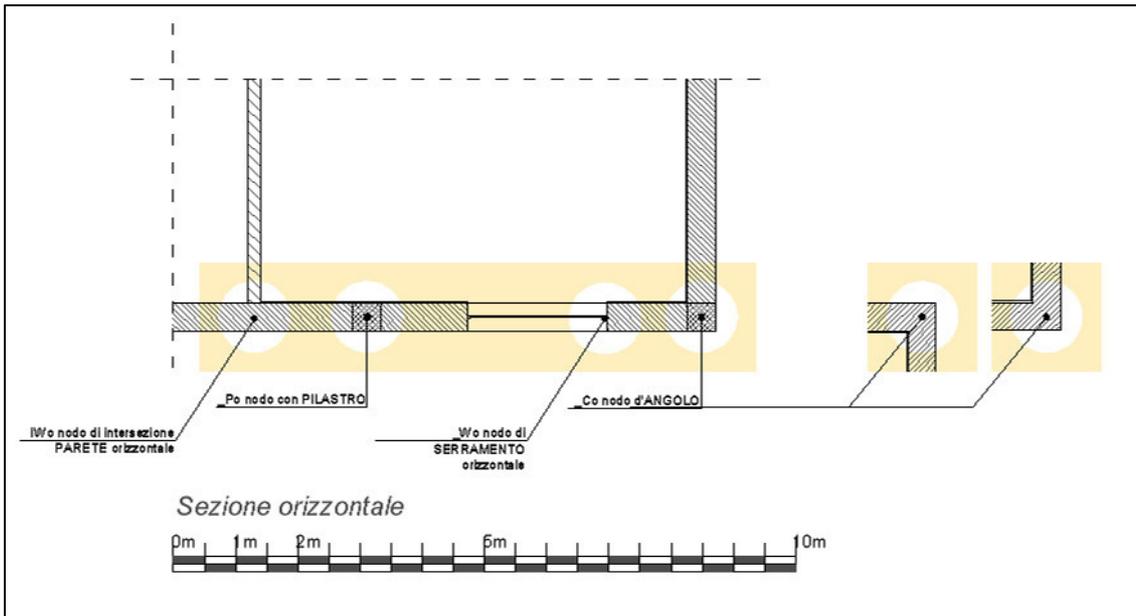
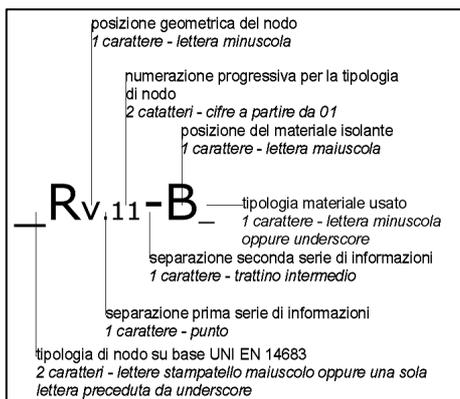


Figura 6.2. Mappa e codifica delle famiglie tipologiche di discontinuità per la sezione orizzontale

Il codice alfanumerico identificativo di ciascun dettaglio costruttivo proposto comprende:

- la sigla basata sulla normativa (cfr 3.1.3);
- la tipologia di sezione (orizzontale o verticale);
- il numero d'ordine sequenziale;
- la posizione spaziale dell'isolante principale;
- l'eventuale cambio di materiale coibente impiegato senza variarne la posizione o la conformazione.



ESEMPIO DI CODIFICA  
PROPOSTA E DI LETTURA

Figura 6.3. Esempio di codifica proposta - 9 caratteri totali

Riassumendo le possibili variabili presenti all'interno del codice identificativo sono:

- famiglia tipologica basata sulla UNI EN ISO 14683:

1. GF indica i ponti termici dovuti al terreno;
  2. \_P indica i ponti termici determinati da pilastri;
  3. \_C indica i ponti termici negli angoli;
  4. IF indica i ponti termici dei pavimenti;
  5. \_B indica i ponti termici di balconi o poggiali;
  6. \_W indica i ponti termici dovuti ai serramenti;
  7. IW indica i ponti termici dovuti alle pareti interne.
  8. \_R indica i ponti termici di copertura;
- posizione geometrica del nodo:
    1. d indica, in una sezione verticale, la zona in basso;
    2. o indica una sezione orizzontale;
    3. u indica, in una sezione verticale, la zona in alto;
    4. v indica una sezione verticale;
  - posizione del materiale isolante:
    1. A indica l'isolamento sul lato interno dell'involucro;
    2. B indica l'isolamento in posizione intermedia o nell'intercapedine dell'involucro;
    3. C indica l'isolamento sul lato esterno dell'involucro;
    4. D indica l'isolamento in posizione variabile rispetto all'involucro.

La codifica di ciascun nodo è univoca ed identica per ciascuna scheda proposta; ciò significa che la stessa nomenclatura è riportata e riproposta per tutti i livelli di dettaglio: da quello più generale della matrice di confronto a quello più discorsivo delle schede delle prescrizioni tecniche in modo da mantenere un'anagrafica continua del nodo e renderlo facilmente rintracciabile sotto i diversi scenari di studio. **CODIFICA UNIVOCA**

## 6.2. MATRICE PRESTAZIONALE DI CONFRONTO ED INDICATORI DI PRIORITÀ

In un'ottica di analisi integrata e sinergica degli aspetti termici con quelli costruttivi generali il campo di indagine si è ampliato alla individuazione e allo studio dei requisiti prestazionali tipici dei nodi costruttivi. Dallo studio della norma UNI 8290 sono state estrapolate le classi esigenziali utili per le discontinuità dell'involucro edilizio:

Le classi esigenziali individuate sono:

1. sicurezza, in termini di stabilità strutturale e di resistenza al fuoco;
2. benessere ambientale, secondo aspetti termo-igrometrici e acustici;
3. integrabilità geometrica e materica;
4. gestione nel tempo, in termini di manutenibilità.

**Ciascuna classe esigenziale è composta da sottolivelli di requisiti prestazionali che, incrociati con ciascun nodo tipologico originano celle di una matrice prestazionale di riferimento.**

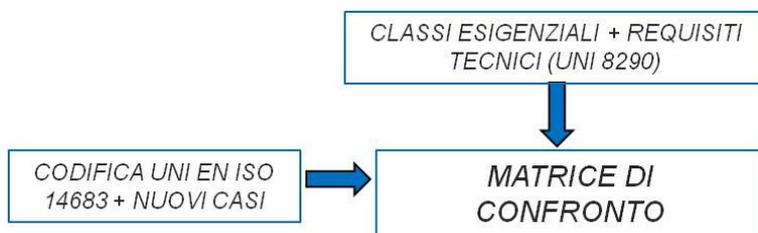


Figura 6.4. Incrocio per la matrice di confronto

Per ciascuna cella matriciale si propone un livello qualitativo di attenzione: la suddivisione si divide in tre gradi, con una distinzione di tipo cromatico, che indicano l'importanza del singolo requisito prestazionale per lo specifico dettaglio analizzato:

### LIVELLI DI ATTENZIONE

- **rosso**: livello di attenzione alto (priorità della prestazione associata a quel requisito sugli altri);
- **giallo**: livello di attenzione medio (prestazione associata al requisito di media rilevanza);
- **verde**: livello di attenzione basso (prestazione associata al requisito di importanza scarsa o intrinsecamente raggiunta senza particolari prescrizioni tecniche).

La classificazione è di tipo qualitativo e non quantitativo poiché non è possibile individuare per ogni requisito un indicatore prestazionale univoco a cui associare un preciso valore numerico di riferimento.

Il confronto tra gli elementi costituenti la matrice può essere effettuato sia in funzione di un singolo requisito, ovvero confrontando due o più nodi tipologici (confronto in verticale); oppure concentrando l'attenzione su un solo nodo tipologico ma analizzandolo sotto diversi aspetti al fine di raggiungere un equilibrio tra le diverse prescrizioni per raggiungere il livello prestazionale desiderato (confronto in orizzontale).

#### TIPI DI CONFRONTO

A titolo esemplificativo si riporta il confronto eseguito secondo le quattro diverse classi esigenziali per due nodi tipologici di intersezione tra parete esterna e solaio:

- IFv.01-C\_ parete (continua) con isolante esterno;
- IFv.02-B\_ parete (continua) con isolante intermedio (cordolo disgiuntore).

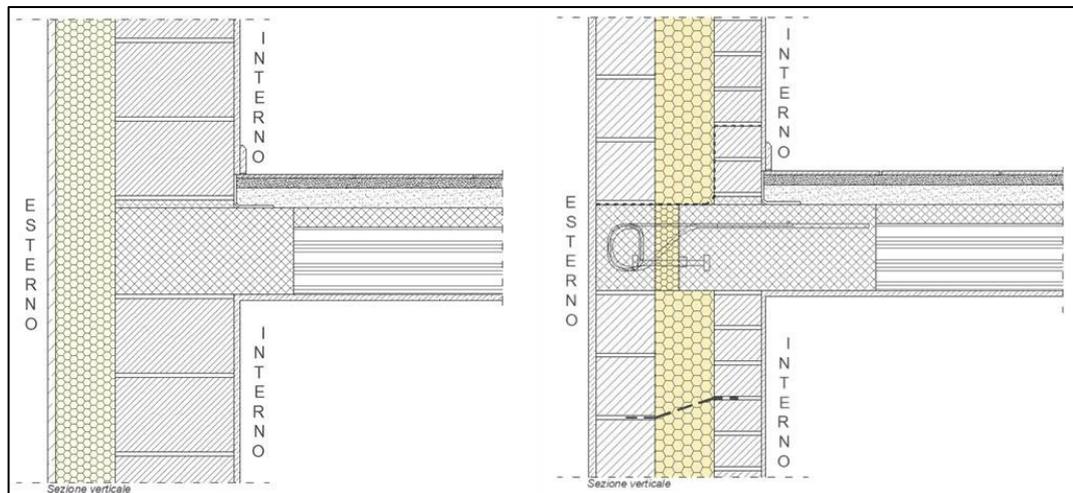


Figura 6.5. Confronto di due nodi tipologici

Sicurezza					
di stabilità			al fuoco		
affidabilità	resistenza meccanica alle azioni dinamiche	resistenza meccanica alle azioni statiche	assenza di emissioni di sostanze nocive	resistenza al fuoco	
Attitudine a garantire, in condizioni di normale utilizzo, livelli prestazionali costanti nel tempo.	Capacità di resistere, nelle condizioni di esercizio, alle sollecitazioni dinamiche agenti, evitando il prodursi di deformazioni, cedimenti e/o rotture.	Capacità di resistere, nelle condizioni di esercizio, alle sollecitazioni statiche agenti, evitando il prodursi di deformazioni, cedimenti e/o rotture.	Attitudine a non produrre e/o emettere sostanze nocive (tossiche, irritanti, corrosive).	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.	

Figura 6.6. Confronto per il requisito prestazionale di sicurezza

Il secondo nodo, che presenta un disgiuntore termico interposto **REQUISITO DI SICUREZZA** nella trave in cemento armato presenta un alto grado di attenzione poiché, se non correttamente progettato e posato in opera, può rivelarsi un indebolimento strutturale e, compromettere il comportamento statico e portante della struttura.

Benessere					
termico ed igrometrico				acustico	
controllo della condensazione interstiziale	controllo della condensazione superficiale	controllo dell'inerzia termica	isolamento termico	assorbimento	isolamento acustico
Attitudine ad evitare la formazione di acqua di condensa all'interno degli elementi.	Attitudine ad evitare la formazione di condensa sulla superficie degli elementi.	Attitudine ad attenuare entro opportuni valori l'ampiezza di oscillazione della temperatura e a ritardarne di una opportuna entità l'effetto.	Capacità di garantire adeguata resistenza al flusso di calore, dall'esterno all'interno e viceversa, assicurando il benessere termico.	Attitudine di un oggetto a trasformare parte dell'energia di una radiazione sonora su di esso incidente, in altre forme di energia.	Capacità di garantire adeguata resistenza alle emissioni di rumore, dall'esterno all'interno e viceversa, assicurando il benessere acustico.

Figura 6.7. Confronto per il requisito prestazionale di benessere

Dal punto di vista del benessere termico ed igrometrico il primo **REQUISITO DI BENESSERE** nodo, con rivestimento esterno a cappotto, fornisce una coibentazione ottimale garantendo la continuità di isolamento e,

pertanto, anche la totale separazione termica tra ambiente interno riscaldato ed ambiente esterno freddo.

Per il secondo nodo la tipologia e lo spessore di isolante posti in intercapedine e nel disgiuntore termico variano. L'importanza di un corretto dimensionamento e di un adeguato posizionamento dei materiali isolanti sono fondamentali per ottenere una prestazione termica elevata e continuativa per tutta la lunghezza dell'isolamento. Questo tipo di conformazione richiede una maggiore attenzione sia dal punto di vista progettuale, sia nella scelta dei diversi materiali coibenti e nel loro accoppiamento, e anche un'attenzione durante la posa in opera per evitare discontinuità o interruzioni del coibente.

La famiglia tipologica di intersezione tra solaio e parete esterna non presenta la necessità di particolari requisiti acustici e pertanto il livello di attenzione si può considerare di media importanza.

<b>Integrabilità degli elementi tecnici</b>	
<b>integrazione dimensionale</b>	<b>sostituibilità</b>
Capacità di un elemento o di un componente di poter essere, in parte o totalmente, integrato dimensionalmente in un sistema già esistente onde garantire prestazioni migliorate.	Capacità di un elemento di garantire la possibilità di effettuare sostituzioni di parti e/o elementi, onde garantire le prestazioni originarie.
	

Figura 6.8. Confronto per il requisito di integrabilità dimensionale

Analogamente a quanto descritto per il paragrafo di benessere termo-igrometrico, il secondo nodo presentato richiede in fase operativa maggiori accorgimenti e attenzioni dal punto di vista costruttivo poiché, per il benessere termico, è necessario raggiungere l'integrabilità dimensionale e materica espresse da questa classe esigenziale.

Risulta evidente, in questo caso, come le classi esigenziali e i relativi requisiti prestazionali siano interconnessi fra loro e che l'ottenimento di uno renda necessario il raggiungimento anche dell'altro.

#### REQUISITO DI INTEGRABILITÀ

Gestione di manutenibilità				
	anigroscopicità	facilità d'intervento	resistenza al gelo	resistenza all'irraggiamento
	Capacità degli elementi di non essere soggetti a mutamenti di dimensione, comportamento e morfologia in seguito all'assorbimento e/o al contatto con acqua.	Attitudine a garantire facili condizioni di intervento per ispezioni, manutenzioni e/o lavori.	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.	Attitudine a non subire mutamenti di aspetto e caratteristiche chimico-fisiche a causa dell'esposizione all'energia raggiante.

Figura 6.9. Confronto per il requisito di gestione nel tempo

In questa ultima sezione del confronto l'attenzione si focalizza sulla vita dell'elemento edilizio e sulla gestione dal punto di vista manutentivo e sulla durabilità dei componenti edilizi esposti all'azione degli agenti atmosferici.

**REQUISITO DI GESTIONE**

Entrambe le soluzioni analizzate non richiedono interventi costanti e periodici e pertanto non è indispensabile richiedere un alto livello prestazionale.

Nelle sezioni precedenti il livello di attenzione massimo ricadeva sul secondo nodo, ora accade il contrario, poiché il sistema esterno a cappotto risulta maggiormente esposto agli agenti atmosferici e alle sollecitazioni esterne, quindi i requisiti ad esso associati dovranno avere la priorità rispetto ad altri.

La matrice, ricavata da un foglio di calcolo excel si può modificare ed editare inserendo, eventualmente, altre classi esigenziali o requisiti specifici per le esigenze del singolo operatore.

**All'inizio della sezione applicativa in cui sono presentate tutte le schede relative ai nodi tipologici studiati è inserita anche la matrice prestazione di confronto complessiva.**

**MATRICE PRESTAZIONALE COMPLESSIVA**

La matrice fornisce un quadro generale del lavoro svolto, e che è utile per il fruitore (progettista oppure direttore di cantiere) che, in fase progettuale o realizzativa, deve controllare i diversi aspetti prestazionali degli elementi tecnici utilizzati.

### 6.3. INTRODUZIONE ALL'USO DELLE SCHEDE

I risultati contenuti all'interno di queste schede sono il frutto delle analisi conoscitive e dei sopralluoghi in cantiere, e anche il prodotto di progettazione ed elaborazioni individuali sviluppate durante il periodo di ricerca.

Di seguito si riporta un'immagine di confronto fra una foto scattata durante un'indagine in un cantiere, in riferimento alla coibentazione di un pilastro, ed uno schema grafico rappresentativo eseguito durante la fase di proposta di soluzioni di ottimizzazione delle discontinuità d'involucro. La posizione dell'isolamento è evidenziata dal colore giallo.

*DAL CANTIERE ALLA  
PROGETTAZIONE E  
ALL'OTTIMIZZAZIONE*

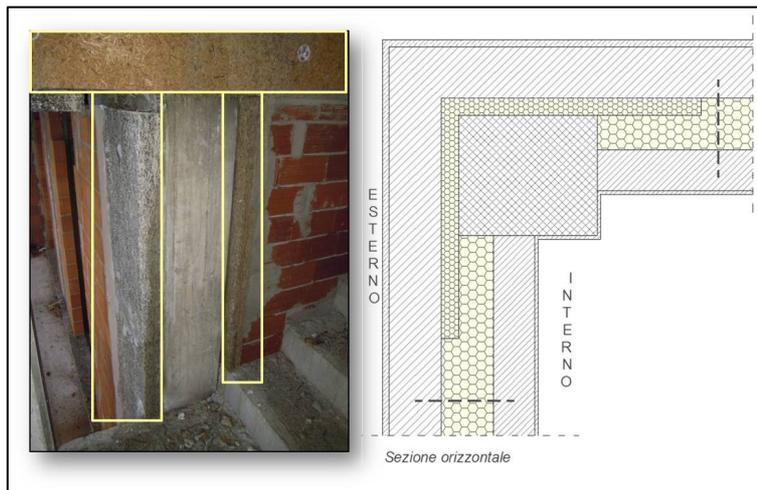


Figura 6.10. Confronto tra un dettaglio in opera ed uno elaborato progettualmente

**Si ricorda e si evidenzia che il metodo e l'approccio all'elaborazione dei risultati utilizzati sono analoghi per ciascun tipo di nodo proposto.**

*APPROCCIO METODOLOGICO  
UNIVOCO*

Durante la seguente descrizione dettagliata delle fasi costituenti le diverse schede di approfondimento si è preferito prendere ad esempio tipologie differenti di nodi, invece di illustrare l'intero processo di un singolo nodo, per dare una più ampia panoramica delle tipologie studiate .

Nella sezione dedicata alle soluzioni tecniche studiate il materiale è organizzato seguendo l'ordine delle famiglie tipologiche e dei rispettivi nodi e, per ciascun nodo, nell'ordine, sono fornite:

- la scheda grafica con la soluzione tecnica di dettaglio;
- la scheda di calcolo del coefficiente di dispersione termica lineica;
- la scheda tipologica delle specifiche e delle prescrizioni tecniche dei requisiti essenziali.

## 6.4. SCHEDE DI SOLUZIONI TECNICHE DI DETTAGLIO

Ciascuna soluzione grafica di rappresentazione di dettaglio è corredata da indicazioni di tipo funzionale e materico per i principali elementi o sistemi componenti il particolare costruttivo. La continuità di isolamento è evidenziata con una campitura tenue di colore giallo, in modo da avere un istantaneo riscontro visivo per la separazione tra ambiente interno ed esterno dal punto di vista termico.

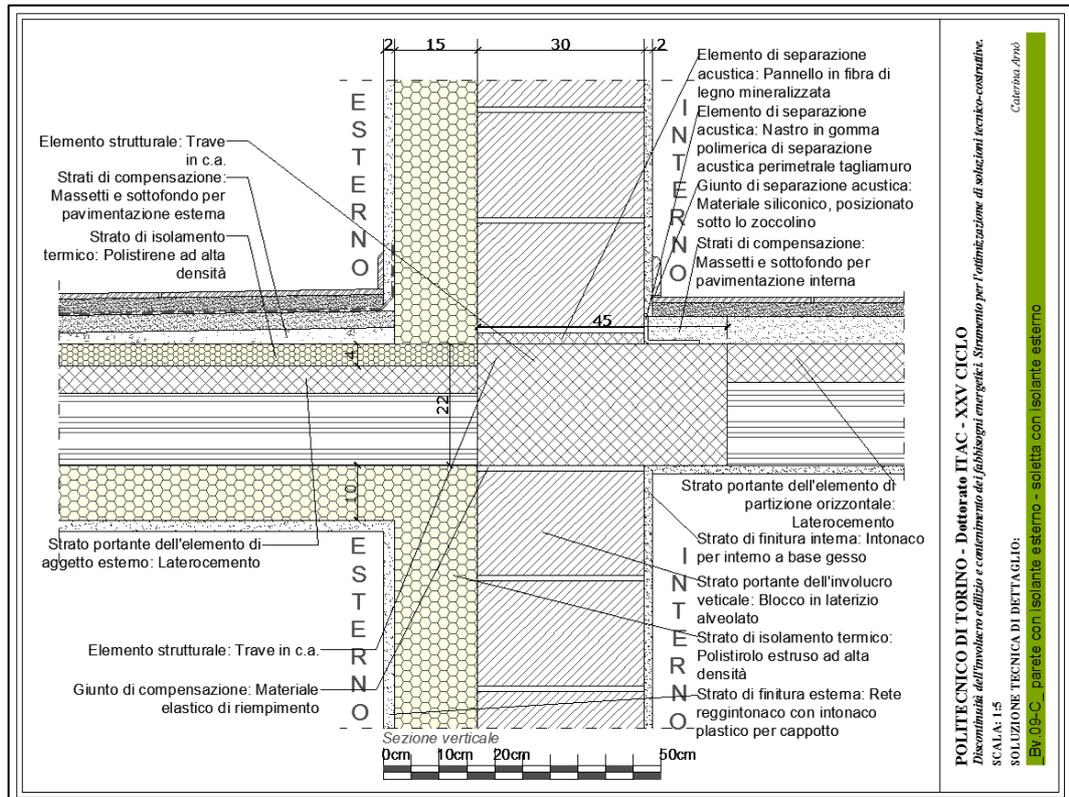


Figura 6.11. Esempio di scheda tecnica di dettaglio

Durante la fase di elaborazione delle soluzioni grafiche, in parallelo, è stata eseguita una ricerca per individuare i principali prodotti, presenti sul mercato, utili all'elaborazione e alla definizione delle soluzioni tecnologiche proposte. Sebbene si tratti di materiali o prodotti specifici, le soluzioni di dettaglio elaborate possono essere integrate o adattate secondo le particolari esigenze del singolo fruitore finale, poiché i materiali e le caratteristiche dimensionali possono variare e, conseguentemente, anche la scelta dei modelli

e dei prodotti impiegati (cfr. 5.2)<sup>1</sup>.

Il nodo preso ad esempio è: **\_Bv.09-C\_ parete con isolante esterno - soletta con isolante esterno.**

La scheda è strutturata in modo da evidenziare i differenti componenti costruttivi fornendo la classificazione funzionale e il tipo di materiale utilizzato.

Gli elementi di maggiore rilevanza sono quotati: come ad esempio lo spessore dell'isolante e le dimensioni della trave strutturale.

La scala di rappresentazione è di "1:5", ma è stata comunque riportata una scala grafica di riferimento nel caso in cui le schede siano stampate o riprodotte senza rispettare le impostazioni originali al fine di garantire sempre un'informazione dimensionale coerente.

La scheda riporta il codice identificativo univoco del singolo nodo di dettaglio e il richiamo cromatico specifico della famiglia di discontinuità. Questo tipo di riconoscimento è riproposto per ogni scheda che analizza i differenti aspetti dei nodi tipologici.

---

<sup>1</sup> Per ciascun prodotto, ritenuto significativo, si riporta una breve descrizione, un'immagine di riferimento e un codice a barre bidimensionale (QR Code) che permette di collegarsi direttamente con il sito internet di riferimento per il prodotto utilizzato.

## 6.5. SCHEDE DI CALCOLO DEL COEFFICIENTE DI DISPERSIONE TERMICA LINEICA

---

Le schede di calcolo evidenziano le caratteristiche termo-fisiche principali.

Sono strutturate in modo da apparire quasi del tutto automatiche; ovvero un menù a tendina permette di selezionare i materiali che compongono e caratterizzano il dettaglio studiato e attraverso algoritmi a cascata si ottengono i valori delle principali grandezze termo-fisiche.

Se il caso studiato rientra nel campo di validità delle funzioni proposte dall'Abaco dei ponti termici del CENED la scheda prevede anche una sezione dedicata in cui si ottengono i valori del coefficiente di trasmissione lineica.

**ABACO DEI PONTI TERMICI  
CENED**

Parallelamente al calcolo secondo l'Abaco CENED, che non sempre risulta applicabile a causa delle limitazioni imposte dal campo di validità, tutte le soluzioni proposte sono state studiate anche con l'utilizzo di un software per la modellazione agli elementi finiti.

E' stato utilizzato il software Therm 6.3, sviluppato da LBNL, che è scaricabile liberamente dal sito internet<sup>2</sup>.

**MODELLO AGLI ELEMENTI FINITI**

La modellazione agli elementi finiti tramite il programma della LBNL, THERM 6.3 visualizza l'andamento delle curve isoterme all'interno del modello schematizzato da cui si desume come la temperatura e il flusso termico varino all'interno dei singoli componenti.

In particolare, con l'utilizzo di questo programma, si può verificare che la temperatura superficiale in corrispondenza degli angoli interni (che in genere rappresentano i punti critici di un edificio) o nelle zone di discontinuità materica (zona del ponte termico) sia superiore a 12°C evitando, così, la formazione di muffe o condensa.

Inoltre, il software consente anche di creare ed esportare immagini con una simulazione del flusso termico con rappresentazione colorimetrica. Questo tipo di elaborazione risulta

**CONFRONTO CON  
TERMOGRAFIE**

---

<sup>2</sup> <http://windows.lbl.gov/software/therm/6/>

particolarmente utile se la si vuole confrontare con indagini sul campo eseguite mediante analisi termografiche su un manufatto esistente al fine di raffrontare i dati prodotti con la simulazione su base di progetto con quelli dedotti dalle misurazioni sull'edificio reale in uso.

Di seguito sono illustrati, a titolo esemplificativo, i calcoli per l'ottenimento del coefficiente di trasmissione termica lineica. Per offrire una panoramica più ampia sulla versatilità delle schede proposte, si illustra il percorso di calcolo attraverso le schede automatizzate per l'Abaco CENED in riferimento ad un nodo di intersezione tra solaio e parete esterna. La procedura di calcolo con l'utilizzo del modello agli elementi finiti fa riferimento, per contro, ad un nodo d'angolo.

### 6.5.1. Calcolo del coefficiente $\Psi$ secondo l'Abaco CENED

Il nodo preso ad esempio è: **IFv.03-A\_ parete (continua) con isolante interno (cordolo disgiuntore).**

Questa prima parte della scheda di calcolo, riferita alla valutazione del coefficiente di dispersione termica calcolato con l'utilizzo di un abaco si suddivide principalmente in:

1. richiamo grafico rappresentativo del dettaglio tecnico;
2. caratterizzazione (semiautomatica) dimensionale e materica con definizione dei parametri fisico-tecnici specifici;
3. calcolo (automatico) delle grandezze fisiche principali:
  - spessore totale -  $S_p$  - [m];
  - volume totale -  $V$  - [m<sup>3</sup>];
  - massa totale -  $M$  - [kg];
  - peso totale -  $P$  - [N];
  - resistenza termica totale -  $R$  - [m<sup>2</sup>K/W];
  - trasmittanza termica totale -  $U$  - [W/m<sup>2</sup>K];
  - lunghezza equivalente -  $L_{eq}$  - [m];
  - conduttività termica equivalente -  $C_{eq}$  - [m<sup>2</sup>K/W];
  - conducibilità termica equivalente -  $\lambda_{eq}$  - [W/mK];
  - trasmittanza adimensionale -  $U^*$  - [-].
4. controllo e verifica che i parametri calcolati rientrino nel campo di validità proposto dall'Abaco;
5. calcolo (automatico) del coefficiente di dispersione termica

lineica secondo gli algoritmi proposti dall'Abaco.

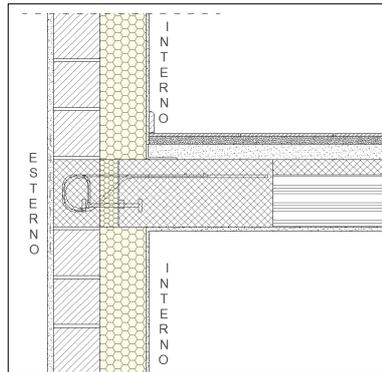


Figura 6.12. Richiamo grafico del dettaglio costruttivo analizzato

#### FASE 1: RICHIAMO GRAFICO

Il disegno proposto si riferisce alla soluzione di rappresentazione definita nella scheda grafica dedicata. Il disegno richiama solo la morfologia del nodo costruttivo e non ne riporta le indicazioni dimensionali e materiche per una questione di chiarezza e di facilità di lettura.

La scelta di richiamare, seppur solo con valenza indicativa, il dettaglio grafico deriva anche dalle prescrizioni imposte dall'OdS n. 8/2012 della Città di Torino che impongono una corrispondenza e un richiamo univoco tra i dettagli grafici e i calcoli ad essi associati (cfr. 3.1.7).

NOTA 1: Il dettaglio grafico proposto intende indicare la tipologia funzionale del nodo studiato. I riferimenti grafici hanno valenza indicativa e non esaustiva. Le singole caratteristiche dei materiali possono variare in base alle specifiche esigenze di calcolo.

In riferimento alla geometria e alla composizione del nodo tipologico si procede alla definizione delle caratteristiche dimensionali e materiche degli elementi che costituiscono l'elemento studiato.

#### FASE 2: CARATTERIZZAZIONE DIMENSIONALE

Nel caso in oggetto sono definite le stratigrafie della parete e della trave. Ciascuna stratigrafia per ogni singolo strato di materiale utilizzato riporta:

- spessore -  $s$  - [m];
- lunghezza -  $h$  - [m];
- larghezza -  $l$  - [m];
- densità -  $d$  - [kg/m<sup>3</sup>];

- conducibilità termica -  $\lambda$  - [W/mK];
- peso specifico -  $\rho$ <sup>3</sup> - [kg];
- resistenza termica -  $r$  - [m<sup>2</sup>K/W].

In base alla tipologia di componente edilizio studiato sono anche riportati i coefficienti di scambio termico liminare, interno ed esterno (cfr.2.2.2)

Il calcolo di questi parametri caratteristici è semiautomatico; ovvero l'utente si limita a scegliere il materiale costituente lo strato considerato e ad inserire i primi tre dati dimensionali (spessore, lunghezza e larghezza). Per facilità di lettura e rapidità di inserimento le caselle con una campitura grigia sono le uniche caselle in cui è necessario imputare i dati; le altre caselle a sfondo neutro sono completate in automatico a cascata, una volta inseriti i dati di partenza.

NOTA 2: L'utente deve inserire i dati solo nelle caselle campite in grigio, i risultati sono compilati in automatico ed i dati più sensibili sono evidenziati in grassetto.

Per la scelta dei materiali e le caratteristiche fisico-tecniche il file di calcolo è stato integrato con un database comprendente i maggiori e più comuni materiali edili, sia tradizionali, sia di tipo bio-edilizio.

**FASE 2: CARATTERIZZAZIONE  
MATERICA**

La creazione del database è avvenuta durante la fase conoscitiva e di indagine nei cantieri ed è proseguita con la ricerca dei prodotti specifici sul mercato utilizzati per realizzare le soluzioni grafiche di dettaglio (cfr. 6.4).

**DATABASE DEI MATERIALI**

Il database richiama:

- conducibilità termica -  $\lambda$  - [W/mK];
- peso specifico -  $\rho$  - [kg].

Queste due grandezze permettono di calcolare gli altri dati caratteristici: prima del singolo strato del materiale, poi dell'intero elemento edilizio.

Il database, per una questione di leggibilità interna del programma utilizzato (Excel 2007) ha richiesto che i nomi dei materiali fossero scritti senza spazi interni. Per ovviare a questo tipo di inconveniente ogni singola parola inizia con la lettera maiuscola.

---

<sup>3</sup> Con la dicitura "peso specifico -  $\rho$ " si intende la massa del materiale avente come unità di misura i chilogrammi [kg]. Il "Peso totale - P" (cfr. Figura 6.14) è inteso come forza peso con unità di misura i Newton [N].

Questa base dati di riferimento è composta da circa 120 voci, che sono implementabili e modificabili in funzione delle esigenze dell'utente che utilizza il foglio di calcolo.

N°	STRATIGRAFIA parete	spessore	lunghezza	larghezza	densità	cond. termica	peso	resist. termica
	Nome materiale	s	h	l	d	$\lambda$	p	r
		[m]	[m]	[m]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[W/mK]	[kg]	[m <sup>2</sup> K/W]
E	Rse							0,040
01	IntonacoCalce	0,020	3,00	1,00	1600	0,800	96,000	0,025
02	BlocchiConArgillaEspansa	0,200	3,00	1,00	800	0,180	480,000	1,111
03	PolistireneEspansoLastre	0,150	3,00	1,00	20	0,040	9,000	3,750
04	IntonacoCalceGesso	0,010	3,00	1,00	1500	0,700	45,000	0,014
I	IntonacoCalceGesso							0,130
	IntonacoCalce							
	IntonacoCalceCemento							
	IntonacoCemento							
	IntonacoPlasticoPerCappotto							
	IntonacoTermoisolanteConPerliteF							
	IntonacoTermoisolanteConPerliteF							
	LanaDiPecora							

Figura 6.13. Stratigrafia delle pareti considerata con scelta del materiale dal database

A seguito della definizione della geometria e dei materiali che costituiscono la stratigrafia il foglio di calcolo elabora automaticamente i risultati delle grandezze fisiche principali<sup>4</sup>.

**FASE 3: CALCOLO DELLE  
GRANDEZZE FISICHE  
PRINCIPALI**

Si sottolinea che per quanto riguarda il calcolo delle grandezze equivalenti:

- lunghezza equivalente -  $L_{eq}$  - [m], è intesa come la somma di tutti gli spessori della stratigrafia ad eccezione dello spessore del materiale isolante;
- conduttività termica equivalente -  $C_{eq}$  - [m<sup>2</sup>K/W], è intesa come la somma delle resistenze termiche specifiche dei singoli materiali ad eccezione di quella del materiale isolante, al netto dei coefficienti liminari;
- conducibilità termica equivalente -  $\lambda_{eq}$  - [W/mK], è intesa come il prodotto tra la lunghezza equivalente e la conduttività termica equivalente.

Spessore totale - Sp	[m]	0,380
Volume - V	[m <sup>3</sup> ]	1,140
Massa totale - M	[kg]	630
<b>Peso totale - P</b>	<b>[N]</b>	<b>6180</b>
Resistenza termica totale - R	[m <sup>2</sup> K/W]	5,070
<b>Trasmittanza termica totale - U</b>	<b>[W/m<sup>2</sup>K]</b>	<b>0,197</b>
Lunghezza equivalente - L	[m]	0,230
Conduttività termica equivalente - C	[W/m <sup>2</sup> K]	1,150
Conducibilità termica equivalente - $\lambda_{eq}$	[W/mK]	0,265

Figura 6.14. Calcolo delle grandezze fisiche per la stratigrafia proposta

<sup>4</sup> Le grandezze fisiche di maggiore rilevanza sono evidenziate, nella scheda di calcolo, in grassetto per una maggiore visibilità.

Analogamente si procede alla definizione e al calcolo per la stratigrafia inerente la trave.

Anche in questo caso il calcolo, una volta scelta la tipologia di materiale e le caratteristiche dimensionali, è automatico e il risultato finale della trasmittanza termica compare immediatamente.

N°	STRATIGRAFIA trave	spessore	lunghezza	larghezza	densità	cond. termica	peso	resist. termica
	Nome materiale	s	h	l	d	λ	p	r
		[m]	[m]	[m]	[kg/m³]	[W/mK]	[kg]	[m²K/W]
E	Rse							0,040
01	IntonacoCalce	0,020	3,00	1,00	1600	0,800	96,000	0,025
02	MattoneForato	0,100	3,00	1,00	1200	0,360	360,000	0,278
03	CementoArmato	0,100	3,00	1,00	2400	2,300	720,000	0,043
04	Poliuretano	0,080	3,00	1,00	30	0,030	7,200	2,667
05	CementoArmato	0,080	3,00	1,00	2400	2,300	576,000	0,035
I	Rsi							0,130
	Spessore totale - Sp	[m]	0,380					
	Resistenza termica totale - R	[m²K/W]	3,218					
	<b>Trasmittanza termica totale - U</b>	<b>[W/mqK]</b>	<b>0,311</b>					

Figura 6.15. Stratigrafia e calcolo per la trave

Dal rapporto tra le due trasmittanze: quella della parete e quella della trave si ottiene un valore adimensionale il cui valore deve essere compreso in un campo di validità affinché si possa applicare l'algoritmo di calcolo proposto dall'abaco per ottenere il coefficiente di trasmissione termica lineica.

<b>Trasmittanza adimensionale - U*</b>	<b>[-]</b>	<b>1,576</b>
<b>Conducibilità termica equivalente - λeq</b>	<b>[W/mK]</b>	<b>0,265</b>
<b>Calcolo del coefficiente di trasmissione termica lineica secondo l'abaco Cened</b>		
Riferita alle dimensioni esterne	$\psi_E = 0.112 + 0.428 \cdot U^* - \frac{0.127}{\lambda_{eq}} \left( \frac{W}{m \cdot K} \right)$	
Riferita alle dimensioni interne	$\psi_I = -0.290 + 1.015 \cdot U^* - \frac{0.219}{\lambda_{eq}} \left( \frac{W}{m \cdot K} \right)$	
Campo di validità	$1.08 \leq U^* \leq 1.62 \quad 0.23 \leq \lambda_{eq} \leq 0.81 \left( \frac{W}{m \cdot K} \right)$	
<b>Trasmittanza termica lineica riferita a dimensioni esterne - ψe</b>	<b>[W/mK]</b>	<b>0,08</b>
<b>Trasmittanza termica lineica riferita a dimensioni interne - ψi</b>	<b>[W/mK]</b>	<b>0,48</b>

Figura 6.16. Calcolo del coefficiente di dispersione termica lineica secondo l'abaco Cened

Nello specifico caso analizzato i due valori da confrontare e per cui è necessario rispettare il campo di validità sono:

- la trasmittanza termica adimensionale U\*;
- la conducibilità termica equivalente λeq.

**FASE 4: VERIFICA DEL CAMPO DI VALIDITÀ**

L'immagine seguente illustra i due valori calcolati e i rispettivi campi di validità. Rispettando i suddetti campi è possibile applicare le formule per il calcolo dei coefficienti.

L'Abaco fornisce due differenti formule poiché i calcoli di dispersione termica globale possono essere eseguiti in riferimento al perimetro dell'ambiente riscaldato al netto dell'involucro (calcolo riferito alle dimensioni interne) oppure al lordo dell'involucro (calcolo riferito alle dimensioni esterne). Questa duplicità di calcolo è prevista dalle norme UNI/TS 11300; inoltre la stessa UNI EN ISO 14683 prevede la possibilità di scegliere se riferirsi alle dimensioni interne o esterne (cfr. 3.1.3).

**FASE 5: CALCOLO DEL  
COEFFICIENTE  $\Psi$**

Confrontando i valori tabellari proposti dalla norma UNI EN ISO 14683, la tipologia di nodo più simile a quello analizzato è il nodo IF7 che, come illustrato nell'immagine seguente, propone un coefficiente di trasmissione lineica interno di 0,80 [W/mK] mentre con un calcolo più dettagliato con l'utilizzo della formula proposta dall'abaco si ottiene un coefficiente di 0,48 [W/mK], cioè con una riduzione della stima di dispersione di circa il 40%.

**CONFRONTO CON LA NORMA  
UNI EN ISO 14683**

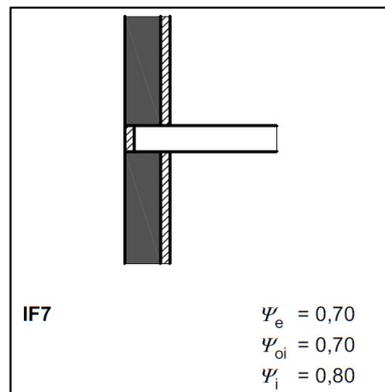


Figura 6.17. . Coefficiente lineico secondo UNI EN ISO 14683

### 6.5.2. Calcolo del coefficiente $\Psi$ con THERM 6.3

Il nodo considerato è: **\_Co.01-C\_ pareti con isolante esterno (con pilastro).**

Questa seconda parte della scheda di calcolo, riferita alla modellazione del nodo costruttivo con l'ausilio di un software agli elementi finiti si suddivide principalmente in:

1. schematizzazione grafica del dettaglio tecnico analizzato

- rispettando i limiti dimensionali imposti dalla norma UNI 10211 e salvataggio in formato .dxf;
2. importazione del disegno nel programma di calcolo Therm 6.3;
  3. creazione, seguendo la geometria e le dimensioni del disegno importato, del modello agli elementi finiti;
  4. scelta dei materiali costituenti il nodo con le caratteristiche fisico-tecniche specifiche;
  5. definizione delle condizioni al contorno di temperatura per gli scambi termici;
  6. scelta di un riferimento per il calcolo delle trasmittanze e dei flussi termici;
  7. simulazione di calcolo e acquisizione dei risultati ottenuti con Therm 6.3:
    - $\Delta T$ , ovvero la differenza di temperatura tra l'ambiente riscaldato e l'esterno<sup>5</sup>;
    - $L_e$ , ovvero la lunghezza di riferimento attraverso la quale avviene la dispersione di calore;
    - $U_{factor}$ , ovvero la trasmittanza termica dell'intero componente edilizio comprensiva del contributo disperdente del ponte termico;
  8. trasferimento dei risultati ottenuti all'interno del foglio di calcolo e stima del coefficiente di dispersione termica lineica.

E' importante precisare che il software agli elementi finiti Therm 6.3 non permette di ottenere direttamente il valore del coefficiente agli elementi finiti ma, fornisce un valore di una trasmittanza [W/mK] che considera il contributo disperdente sia dell'elemento omogeneo (parete, solaio, copertura ecc...) che della discontinuità dovuta al ponte termico. Per ottenere il coefficiente di dispersione termica lineica occorre sottrarre alla trasmittanza complessiva il contributo della trasmittanza dell'elemento omogeneo (ad esempio una parete) e dividerlo per la lunghezza di riferimento attraverso la quale avviene la dispersione di calore.

*DA THERM A EXCEL*

Le formule seguenti sintetizzano le operazioni automatizzate all'interno del foglio di calcolo.

L'utente dovrà solamente inserire all'interno delle celle con campitura grigia i dati ricavati dalla simulazione agli elementi finiti.

---

<sup>5</sup> Le temperature considerate sono stazionarie e i valori assunti sono quelli standard di progetto (per l'interno 20° C e per l'esterno, considerando la località di Torino, -8°C). Per gli ambienti non riscaldati o per il terreno è stata assunta convenzionalmente la temperatura di 10°C.

$$F_{ideale} = \Delta T * \sum_i^N (L_{ie} * U_i) [W / m]$$

$$F_{reale} = \Delta T * L_e * U_{factor} [W / m]$$

$$L_{2D} = F_{reale} / \Delta T = L_e * U_{factor} [W / mK]$$

$$\Psi_e = L_{2D} - \sum_i^N (L_{ie} * U_i) = L_e * U_{factor} - \sum_i^N (L_{ie} * U_i) [W / mK]$$

Dove:

1.  $F_{ideale}$  è il flusso termico disperso in condizioni di omogeneità dell'elemento edilizio (ad esempio una parete con stratigrafia omogenea e continuità materica);
2.  $F_{reale}$  è il flusso termico disperso in condizioni reali, ovvero con la presenza della discontinuità che causa un ponte termico e pertanto una variazione di flusso rispetto alle condizioni ideali (ad esempio una parete con un pilastro interno) (cfr. Figura 2.3);
3.  $L^{2D}$  è il coefficiente di accoppiamento ottenuto dal calcolo bidimensionale agli elementi finiti dell'elemento di separazione tra interno ed esterno (comprendente il ponte termico) (cfr. 3.1.5);
4.  $\Psi_e$  è il coefficiente di dispersione termica lineica basato sulle dimensioni esterne, ossia misurate tra le superfici esterne finite degli elementi dell'edificio.

Di seguito, al fine di dare una maggiore chiarezza applicativa, sono illustrate e commentate, a titolo esemplificativo, le principali operazioni svolte per ciascuna fase.

Per la modellazione dapprima, si è scelto il dettaglio da verificare; copiandone la porzione del file di disegno (.dwg) su un nuovo file salvandolo in formato .dxf.

**FASE 1 SCHEMATIZZAZIONE  
GRAFICA E SALVATAGGIO IN  
DXF 2000/LT2000**

Le varie operazioni eseguite per preparare il file all'importazione su Therm sono state:

1. eliminazione di: quote, scritte, blocchi secondari e campiture lasciando solamente le linee principali componenti il disegno;
2. conversione di eventuali linee curve approssimandole con linee spezzate;
3. pulizia del file da layer non utilizzati, usando il comando "\_purge" poiché facilmente Therm genera errori di visualizzazione. Si consiglia di utilizzare per il disegno solamente il Layer "0";

4. creazione di almeno 1m di parete, o vetro, o comunque una distanza di tre volte superiore rispetto allo spessore dell'elemento sezionato, dal nodo di cui si sta effettuando l'analisi (il ponte termico è stato mantenuto centrale rispetto al disegno), per evitare che le curve isoterme siano falsate<sup>6</sup>;
5. conversione del file in mm;
6. esplosione di tutte le linee, polilinee e blocchi principali;
7. salvataggio e chiusura del file, una volta completato, nel formato DXF 2000/LT2000 (\*.dxf).

Avviato il programma Therm 6.3, mediante il comando **FASE 2: AVVIO DI THERM 6.3** "Underlay" è stato importato il file .dxf precedentemente creato; visualizzando come sfondo il disegno che serve come traccia per la creazione del modello agli elementi finiti.

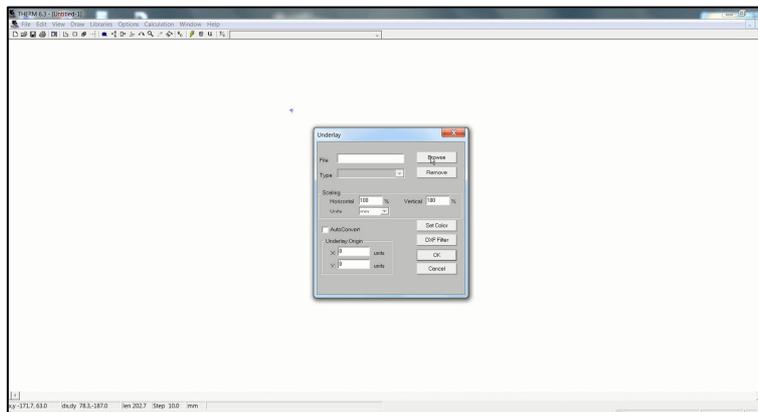


Figura 6.18. Comando "Underlay" per importare il disegno come base in Therm

Ottenuta la base su cui creare il disegno e salvato il file di **FASE 3: CREAZIONE DEL MODELLO AGLI ELEMENTI FINITI** Therm, si procede alla schematizzazione del modello ricalcando il disegno .dxf. Il file di Therm ha lo stesso nome del nodo tipologico secondo la classificazione univoca descritta in precedenza.

I passaggi fondamentali sono:

1. utilizzare i due comandi disegna: quello per le aree rettangolari e quello per le area spezzate qualsiasi;
2. ricalcare il disegno sottostante prestando attenzione a selezionare sempre ogni vertice di incontro tra una linea e l'altra, in caso contrario, il programma notifica subito un errore del tipo: "Overlapping regions are not allowed" (ciò significa che esistono regioni, per quanto infinitesimali, che si sovrappongono ed invalidano la modellazione impedendo la

<sup>6</sup> Cfr. NORMA EUROPEA UNI 10211:2008. Paragrafo 5. Modeling of the construction.

prosecuzione del lavoro) che in genere è molto frequente, soprattutto quando ci sono punti molto ravvicinati. Per ridurre al minimo la possibilità di commettere questo tipo di errore si consiglia di utilizzare lo zoom ad ingrandimento massimo (ctrl+tasto destro del mouse). **Non è importante scegliere il materiale con cui lucidare il disegno poiché è possibile modificarlo in seguito;**

3. ricalcare tutti gli elementi<sup>7</sup>.

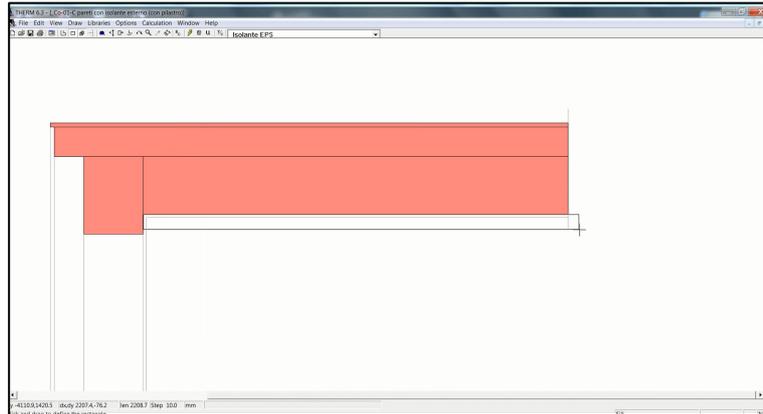


Figura 6.19. Creazione del modello ricalcando il disegno importato

Una volta modellate tutte le aree si assegnano gli specifici materiali a ciascun elemento. **FASE 4: SCELTA DEI MATERIALI**

Il programma ha una libreria dei materiali basata sui più comuni prodotti tipici statunitensi (il programma è di origine U.S.A.); può essere implementata con la creazione e l'inserimento di nuovi materiali. Per ogni materiale utilizzato che si inserisce all'interno del modello è necessario conoscerne:

- la conducibilità termica -  $\lambda$  - [W/mK];
- l'emissività -  $\varepsilon$  - [-] (per materiali comuni lasciare il valore 0,9 proposto di base dal programma).

<sup>7</sup> Eccezione fatta per il vetro che è importato già pronto dal programma Window sempre della LBNL.

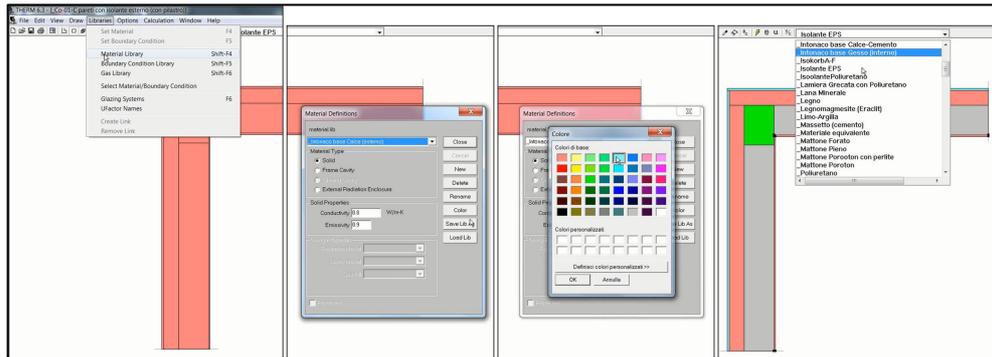


Figura 6.20. Sequenza per la creazione e per l'assegnazione di un materiale dalla libreria dei materiali

I nuovi materiali inseriti hanno l'emissività dedotta dal database creato nel foglio di calcolo e descritto in precedenza (cfr. 6.5.1). Nello specifico i materiali di nuova creazione hanno un "\_" iniziale davanti al nome per essere facilmente individuati rispetto alla base dati proposta di default dal programma.

Durante la creazione di un nuovo materiale, o anche per un materiale esistente, si può decidere il colore di riferimento da assegnare. Non essendoci una codifica cromatica predefinita, è stato proposto, indicativamente che la gamma di colori caldi sia utilizzata per materiali coibenti e quella dei colori freddi per materiali a maggiore dispersione termica.

	Alluminio a taglio termico		Isolante eps/xps		Mattone pieno
	Aria (ferma)		Isolante lana minerale		Mattone poroton
	Cemento armato (c.a.)		Legno		Mattone poroton con perlite
	Ceramica (gres)		Legnomagnesite		Roccia
	Gomma		Terreno		Sottofondo
	Intonaco base calce (esterno)		Massetto (cls)		Vetro
	Intonaco base gesso (interno)		Mattone forato		Vetrocellulare

Figura 6.21. Legenda dei materiali

Analogamente per quanto già svolto nella definizione dei materiali, si procede alla definizione delle condizioni al contorno (Boundary Conditions Library). Per la definizione di nuove condizioni al contorno, rispetto a quelle già proposte da programma, è necessario conoscere:

- la temperatura  $T$  [ $^{\circ}C$ ];
- il coefficiente liminare  $R_{Si/e}$  [ $W/m^2K$ ] (cfr. Tabella 2.1).

Anche in questo caso le nuove condizioni al contorno create hanno un "\_" che precede il nome. La tabella seguente riassume le differenti condizioni al contorno create per l'analisi dei diversi nodi

**FASE 5: BOUNDARY CONDITIONS**

tipologici.

NOME	T [°C]	R <sub>si/e</sub> [W/m <sup>2</sup> K]
_Esterno	-8 °C	25 W/m <sup>2</sup> K
_Interno non riscaldato	10 °C	7,7 W/m <sup>2</sup> K
_Interno-parete	20 °C	7,7 W/m <sup>2</sup> K
_Interno-pavimento	20 °C	5,88 W/m <sup>2</sup> K
_Interno-solaio	20 °C	10 W/m <sup>2</sup> K
_Terreno	10 °C	-

Tabella 6.1. Riepilogo delle Boundary Conditions

Le condizioni al contorno degli infissi sono impostate nel programma Window prima di importare il serramento all'interno del file di Therm.

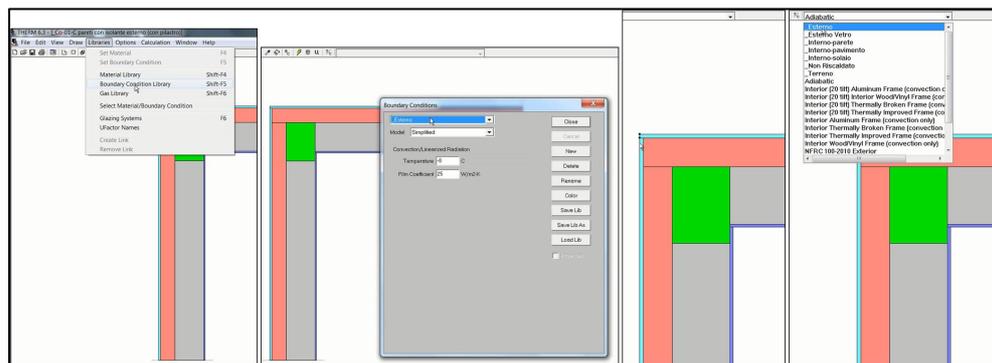


Figura 6.22. Sequenza per la creazione e per l'assegnazione di condizioni al contorno

Tra un materiale e l'altro le condizioni sono considerate adiabatiche (impostazione di base già proposta dal software), quindi, non avvengono scambi di calore con l'ambiente circostante (aria).

Impostate le condizioni al contorno si procede con l'assegnazione di una  $U_{\text{factor}}$  di riferimento secondo le esigenze specifiche di calcolo; ovvero si può decidere di procedere alla simulazione secondo le dimensioni interne oppure esterne dell'involucro, come già previsto dalla norma UNI EN ISO 14683.

Per coerenza tutti i calcoli proposti sono stati sviluppati secondo le dimensioni esterne, ad eccezione degli scambi termici verso il terreno in cui ci si riferisce alla dimensione interna dell'involucro e non a quella, meno significativa, a contatto col terreno.

**FASE 6: ASSEGNAZIONE DEI RIFERIMENTI -  $U_{\text{FACTOR}}$**

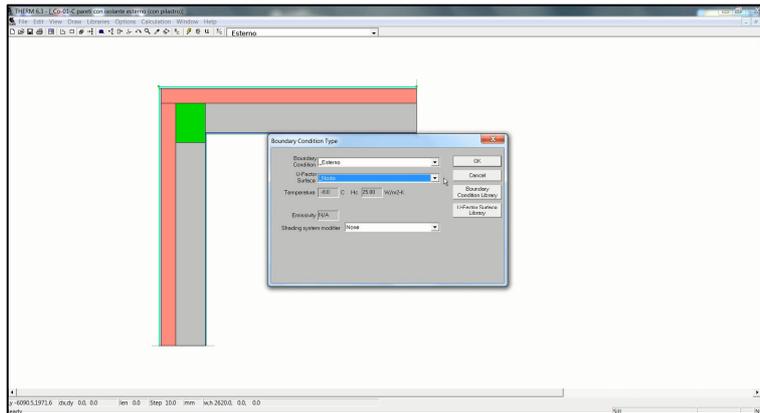


Figura 6.23. Assegnazione della Ufactor esterna

Ai fini di un immediato confronto è possibile creare due porzioni di parete attigue, una comprensiva del ponte termico ed una porzione di parete omogenea di riferimento a cui assegnare un secondo  $U_{\text{factor}}$  di riferimento per una condizione ideale di parete con flusso di calore disperso costante. Il valore di questa trasmittanza di riferimento, se i calcoli e la modellazione sono avvenuti in maniera esatta, deve coincidere con i calcoli eseguiti col foglio di calcolo durante la definizione della stratigrafia (cfr. Figura 6.14).

Una volta definite tutte le  $U_{\text{factor}}$  necessarie si può procedere alla simulazione di calcolo. Il programma completato, fornisce l'andamento delle isoterme e i valori di Ufactor in riferimento all'asse di dispersione considerato.

#### FASE 7: SIMULAZIONE DI CALCOLO E RISULTATI

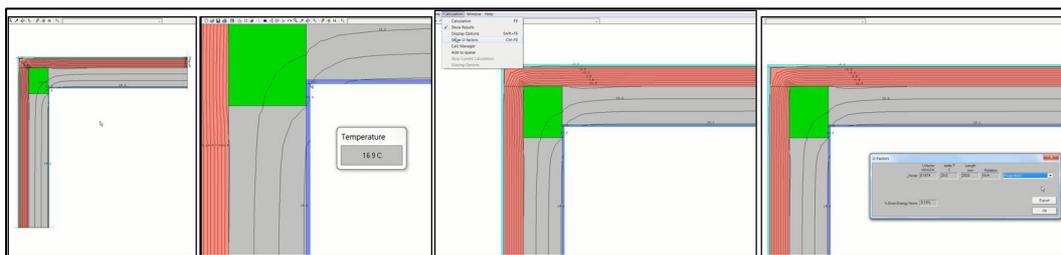


Figura 6.24. Simulazione di calcolo

Esistono molteplici opzioni di visualizzazione dei risultati ottenuti. Il più significativo è quello della simulazione colorimetrica in riferimento alle dispersioni termiche che permette di percepire immediatamente le concentrazioni di flusso e di conseguenza le perdite di calore. Questo tipo di rappresentazione è simile, e pertanto comparabile con le analisi termografiche.

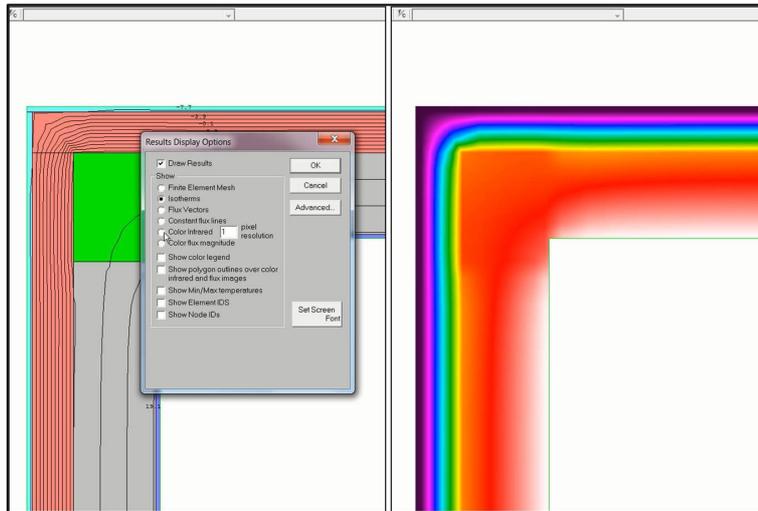


Figura 6.25. Rappresentazione colorimetrica delle temperature

Completata la simulazione, e ottenuti i risultati: questi sono riportati nella scheda di calcolo insieme ad un'immagine riepilogativa del modello creato.

FASE 8: DA THERM A EXCEL

La figura seguente riassume i valori di calcolo ottenuti da Therm (celle grigie) e quelli dall'automatizzazione del foglio secondo le formule illustrate al paragrafo 6.5.2.

Il coefficiente di dispersione globale, riferito sia alla parete in posizione verticale che a quella orizzontale, è ottenuto dalla media pesata di ciascuna dispersione.

*Di seguito si riporta il coefficiente calcolato rispetto al perimetro esterno d'involucro.*

lunghezza esterna	delta termico	trasm.za termica ideale	flusso termico ideale	trasm.za termica globale	flusso termico reale	coeff. acc.mento termico	coeff. disp. termica
$L_e$	$\Delta T$	$U_c$	$F_{ideale}$	$U_{factor}$	$F_{reale}$	$L_{2D}$	$\Psi_e$
[m]	[K]	[W/m <sup>2</sup> K]	[W/m]	[W/m <sup>2</sup> K]	[W/m]	[W/mK]	[W/mK]
<i>Coefficiente di dispersione termica secondo l'asse orizzontale</i>							
2,63	28	0,1623	11,95	0,1679	12,36	4,70	0,01
<i>Coefficiente di dispersione termica secondo l'asse verticale</i>							
2,63	28	0,1623	11,95	0,1679	12,36	4,70	0,01
<i>Coefficiente di dispersione termica secondo la lunghezza globale</i>							
5,26	28	0,1623	23,90	0,1679	24,73	4,70	0,03

Figura 6.26. Calcolo del coefficiente di dispersione dai risultati ottenuti con Therm

## 6.6. SCHEDE TIPOLOGICHE DELLE SPECIFICHE E DELLE PRESCRIZIONI TECNICHE DEI REQUISITI ESIGENZIALI

---

La terza ed ultima parte costituente il prodotto della ricerca è una sintesi complessiva ed è composta, per ciascun dettaglio costruttivo, da una scheda tipologica che fornisce: indicazioni tecnico-costruttive (con riferimento all'organizzazione proposta dalla matrice prestazionale di confronto) e che presenta al suo interno sia i dati grafici del disegno che i valori numerici ricavati dalla scheda di calcolo.

A completamento della scheda tipologica si aggiungono indicazioni di tipo prescrittivo e indicazioni di posa, desunte in parte anche dalle note dei produttori dei materiali scelti.

*SINTASSI PRESCRITTIVA*

La scheda si articola in tre sezioni:

*ORGANIZZAZIONE DEI*

- un richiamo di tipo grafico simile alla scheda tecnica di dettaglio;
- un breve descrizione del dettaglio analizzato con un'immagine tratta dalle indagini in cantiere, o estratta dalle note tecniche fornite dai produttori dei materiali proposti per la realizzazione del nodo.
- un corpo centrale che, suddiviso secondo i differenti requisiti per le singole classi esigenziali, offre prescrizioni e specifiche tecnico-prestazionali;
  - una parte conclusiva che indica la sequenza e la metodologia di posa per realizzare il nodo costruttivo analizzato, evidenziandone livelli di attenzione particolare o eventuali criticità.

*CONTENUTI*

Queste schede tipologiche, oltre a racchiudere e riprendere le informazioni già contenute all'interno delle schede analizzate ai paragrafi precedenti, approfondiscono prescrizioni di capitolato tecnico e di manuale di posa in opera.

*COMPLETA AUTONOMIA DELLE SCHEDE*

La ripetizione di risultati già illustrati con sezioni dedicate è giustificata dalla diversa finalità e dalla totale autonomia e autosussistenza di queste schede tipologiche, le quali si possono incorporare ed integrare in documenti di progetto quali relazioni tecniche e anche in capitolati prestazionali.

Per una completa autonomia di queste schede sono inclusi sia i dettagli grafici sia i risultati di calcolo già ottenuti in precedenza.

A titolo esemplificativo, la tabella seguente riferita al nodo tipologico di infisso:

**\_Wo.16-Bb parete con isolante intermedio** richiama e confronta i risultati del coefficiente termico desunti o calcolati secondo i diversi metodi di calcolo: partendo dal metodo più approssimativo della norma UNI EN ISO 14684 ed arrivando a quello più dettagliato della simulazione agli elementi finiti, passando per l'Abaco dei ponti termici CENED e l'Atlante Edilclima.

UNI EN ISO 14683	ABACO CESTEC/CENED	ATLANTE EDILCLIMA	SOFTWARE THERM 6.3
0,00	0,06	0,01	0,07

Tabella 6.2. Confronto dei valori del Tabella coefficiente di dispersione termica lineica secondo i diversi metodi di calcolo

I valori riportati in tabella non coincidono perfettamente poiché i metodi di calcolo hanno livelli di accuratezza differenti e quindi il risultato può differire, pur restando sempre nello stesso ordine di grandezza.

Un'altra caratteristica presente all'interno di questa scheda tipologica sono le indicazioni di posa in opera, fornite sia sotto forma descrittiva che come sequenza numerica in un'immagine di riferimento.

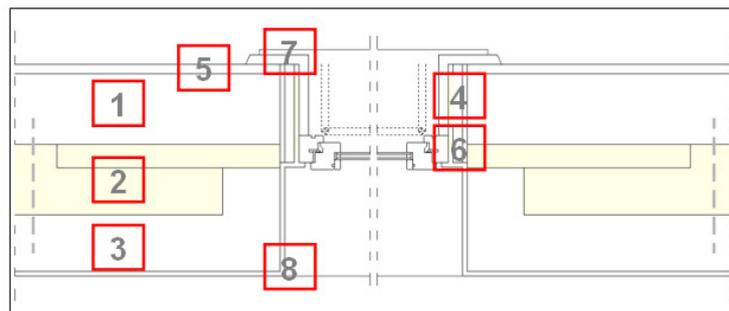


Figura 6.27. Indicazioni di posa in opera

Come per le schede precedenti anche queste schede si possono implementare e/o modificare in funzione delle esigenze specifiche del fruitore finale.

**INTEGRABILITÀ E  
PERSONALIZZAZIONE DEL  
PRODOTTO**