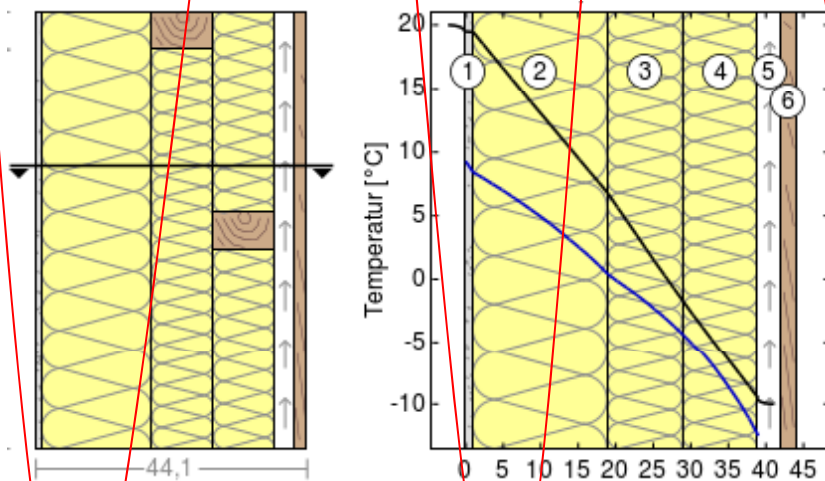
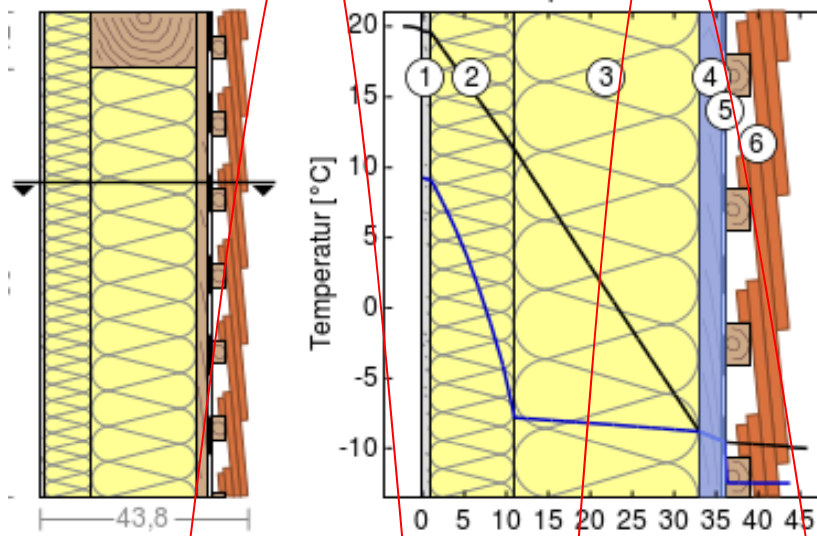


# Aspetti della fisica tecnica

Günther Gantioler



# LA FISICA TECNICA DEGLI EDIFICI IN LEGNO



1

Günther Gantioler, TBZ

## Programma

- Esempi di edifici in legno a basso consumo energetico
- Prestazione energetica
- I 92, certificazione energetica e finanziaria
- Dal calcolo alla realtà: progettazione vx certificazione
- Ponti termici nella casa di legno?
- Diffusione al vapore e tenuta all'aria
- Surriscaldamento estivo:
  - massa/massa termica/massa termica dinamica
  - riduzione ampiezza e spostamento fase
  - ore surriscaldate
  - bilancio dinamico

2

Günther Gantioler, TBZ



3

Günther Gantioler, TBZ



Tecnica e concetto energetico: Gantioler Günther / Controllo e fisica tecnica: Günther Gantioler

4

Günther Gantioler, TBZ



CBC 3 litri Köllensperger, Bolzano (BZ), 2004



Architetto: Arch. Köllensperger / Controllo tenuta all'aria: Günther Gantioler

CBC -0,5 litri Casa Energyplus Jahti, Sciaves (BZ), 2005



Progettazione: Arch. Hofer; Committente: Immobiliare Jahti, Progetto energetico: TBZ, Günther Gantioler



CBC 6 litri Marchetti, Germignaga (VA), 2006



Quartiere CBC 5 litri CEV-Acqua Azzurra, Treviso (TV), 2006





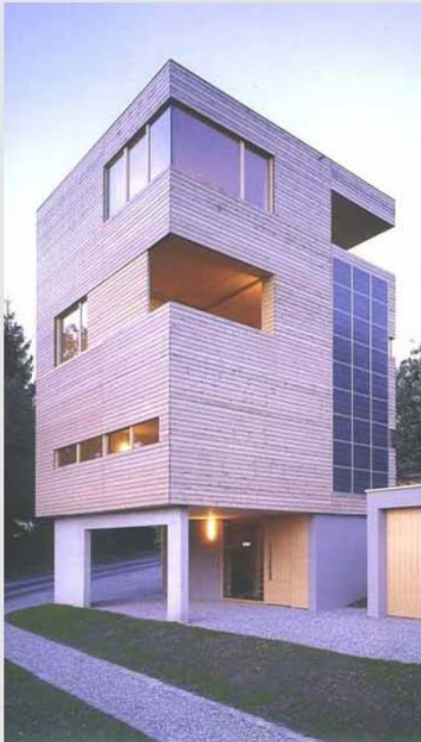


Progettazione: Arch. Azzolini; Committente: Azzolini Marino



Architetto: Dr.Arch.Gruber Thomas / Progetto energetico: TBZ, Gantioler Günther

## Edifici in legno : generalità



- Prestazioni termiche
- Spessori ridotti
- Immagine complessiva
- Flessibilità strutturale, compositiva ed estetica
- Prefabbricabilità
- Trasportabilità
- Costi
- Reversibilità impiantistica
- ecocompatibilità

## Prestazioni di comfort di edifici

„Compiti“ di un'edificio:

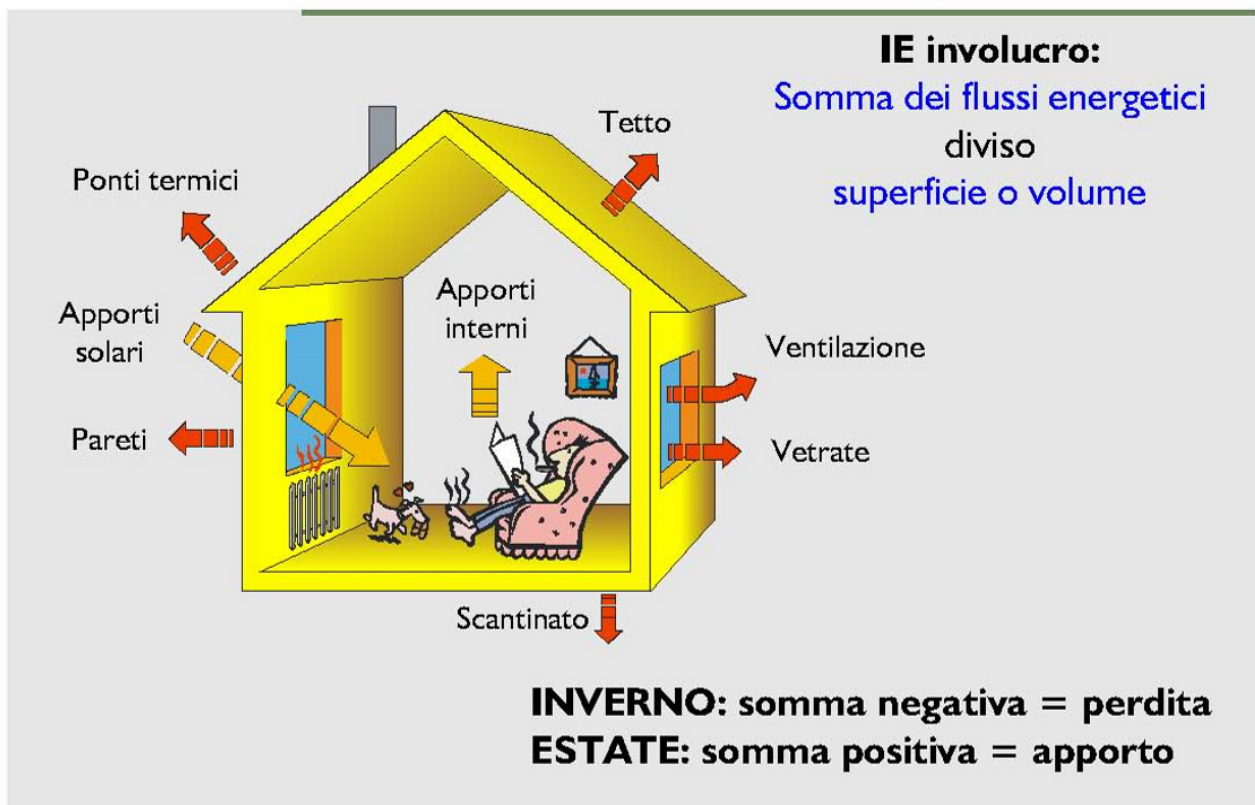
**Protezione contro pioggia, vento e temperature/umidità esterne NON COMFORT (inverno/estate)**

- Requisiti livello A: sicurezza strutturale, impermeabilizzazione, antincendio
- Requisiti livello B: situazione termoisometrica (invernale ed estiva) e acustica

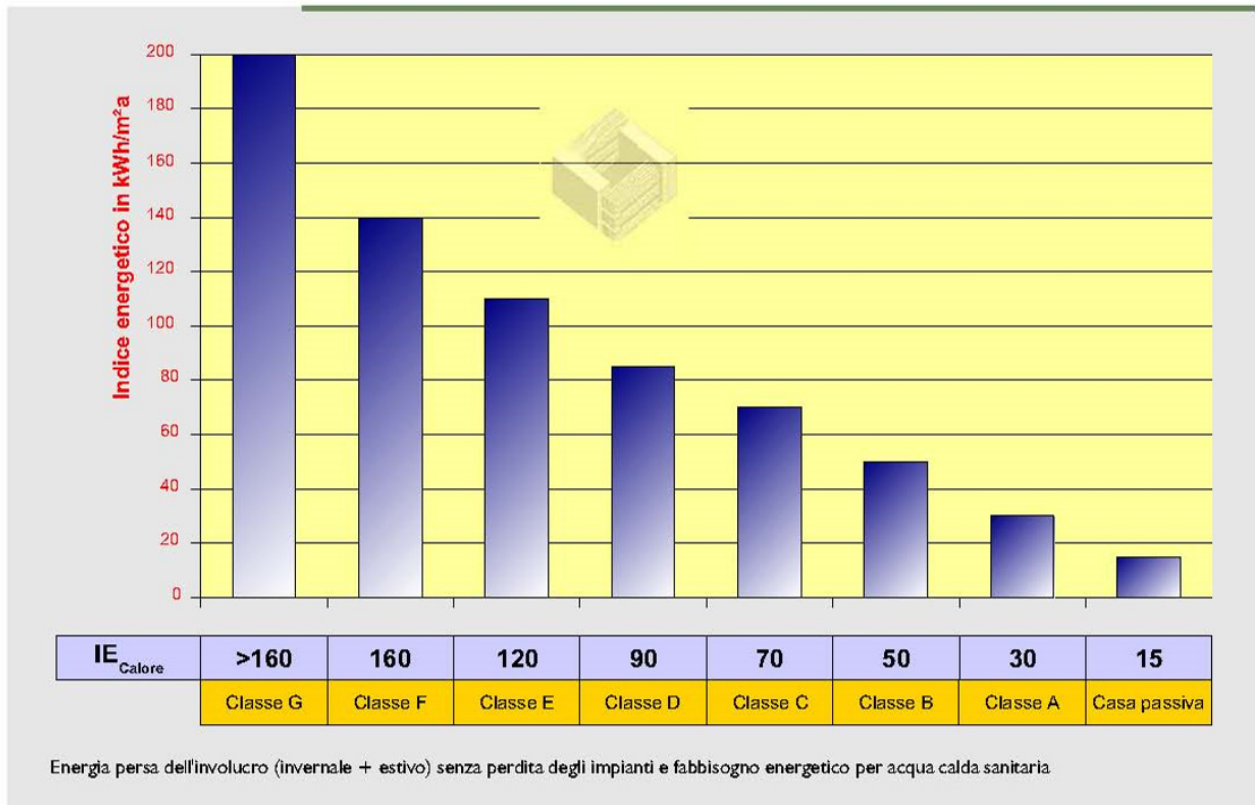


Esempio tetto:

- Protezione contro pioggia, vento e temperature/umidità esterne NON COMFORT (inverno/estate)
- Requisiti livello A: impermeabilizzazione, sicurezza strutturale, antincendio
- Requisiti livello B: situazione termoigrometrica e acustica



## Livelli di prestazione energetica



## Comfort e prestazione termica: vecchio



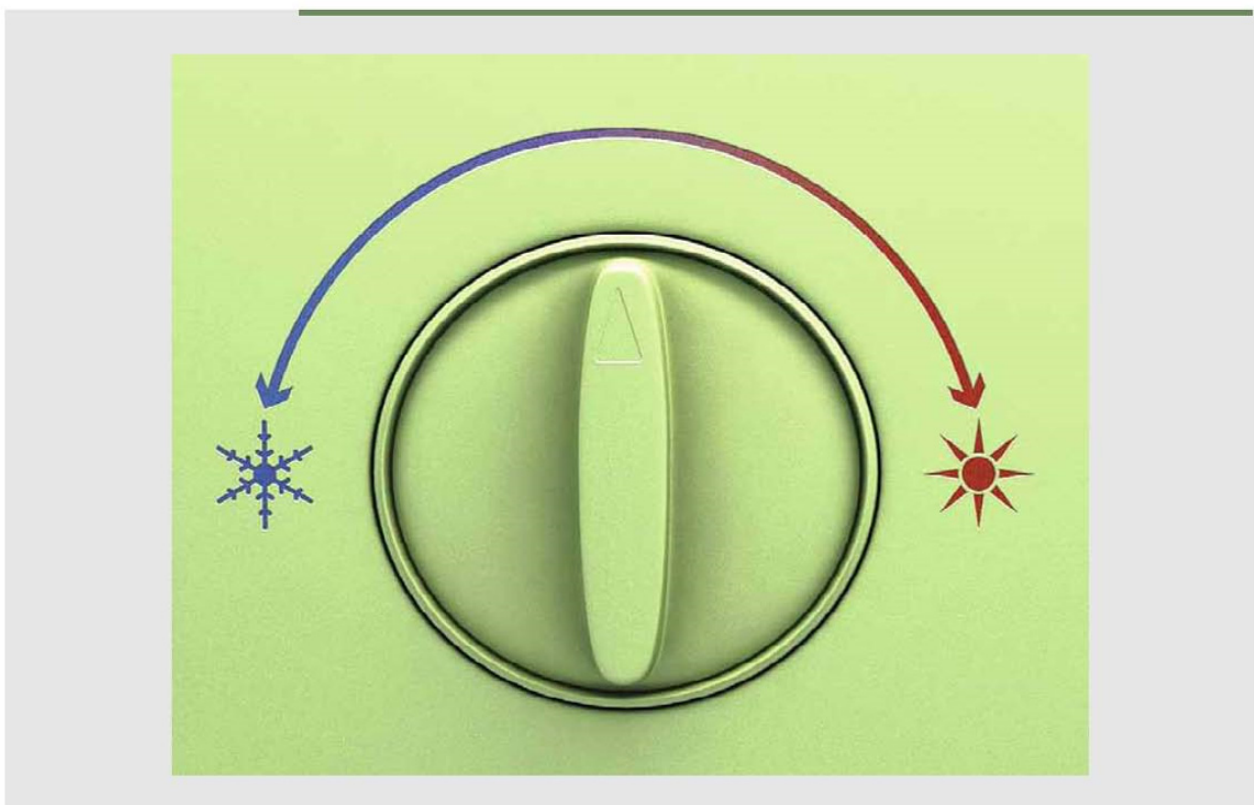
## Comfort e prestazione termica: nuovo



17

Günther Gantioler, TBZ

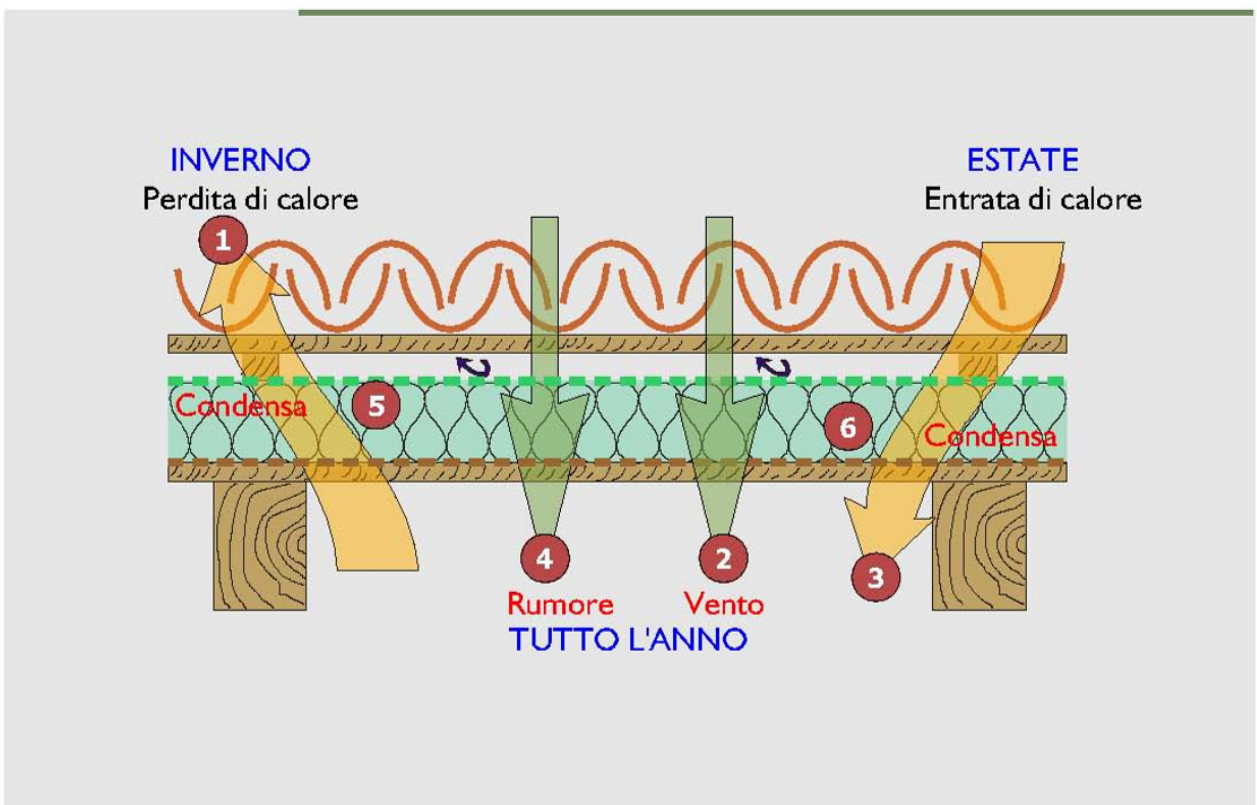
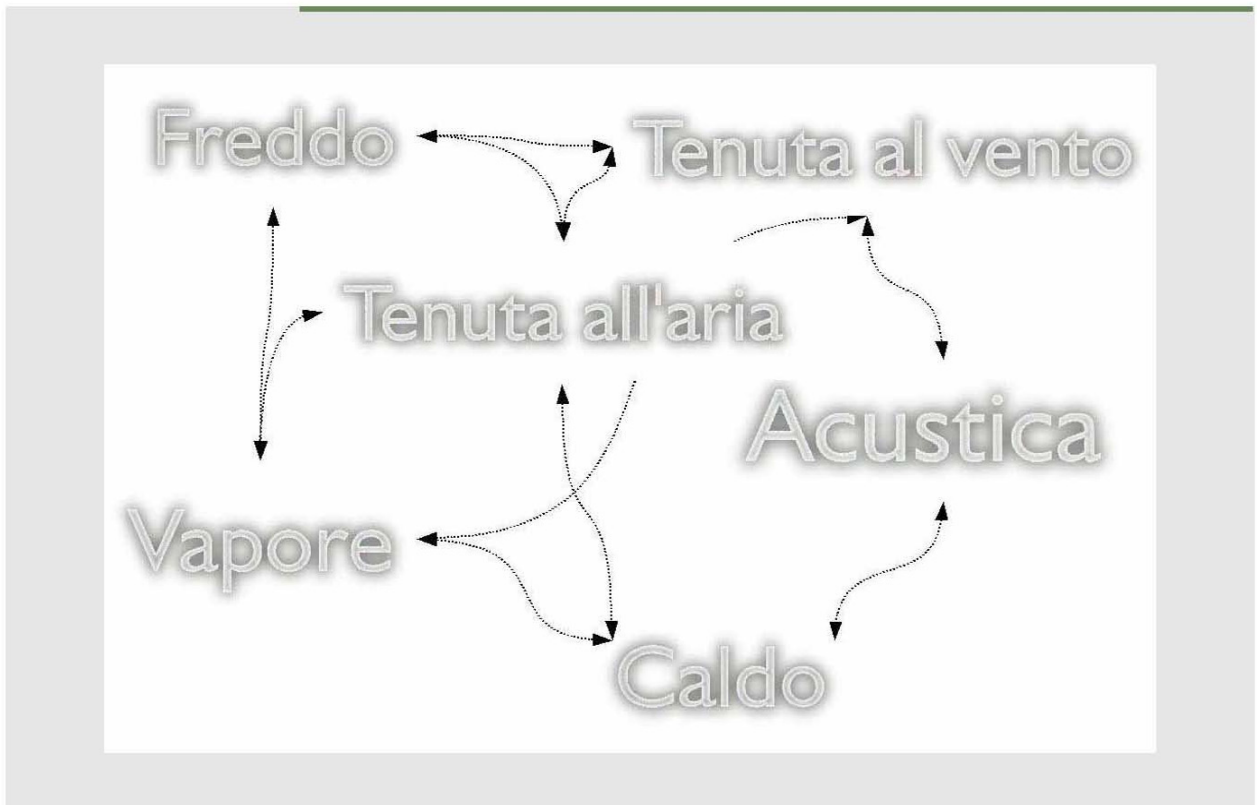
## COMFORT



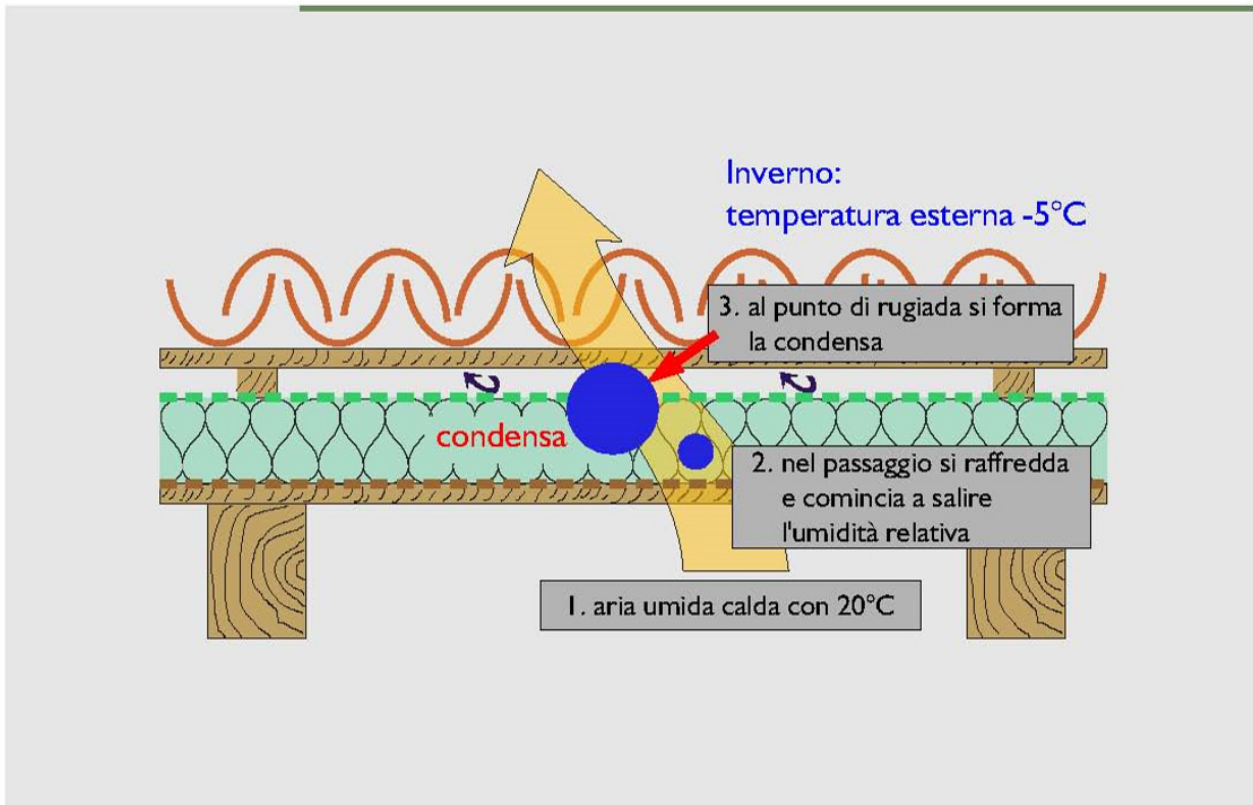
18

Günther Gantioler, TBZ





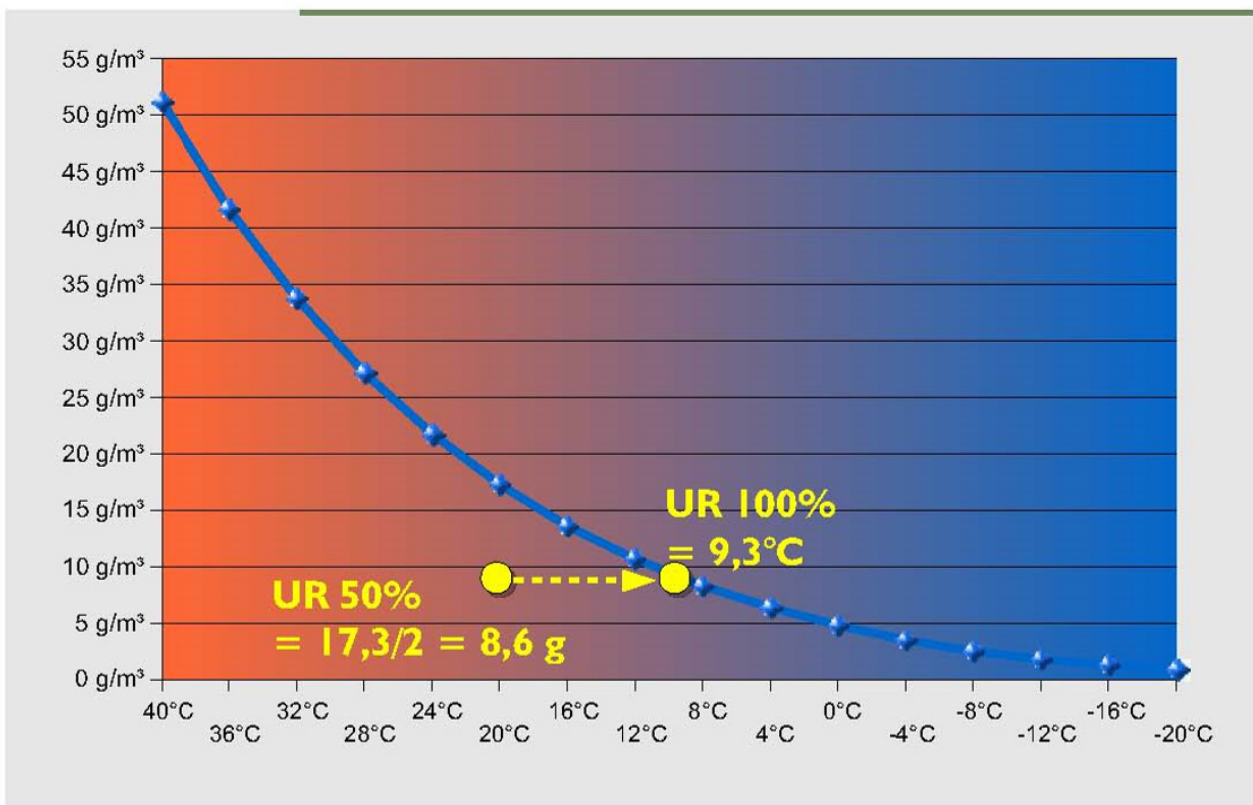
## Condensazione nel tetto



21

Günther Gantioler, TBZ

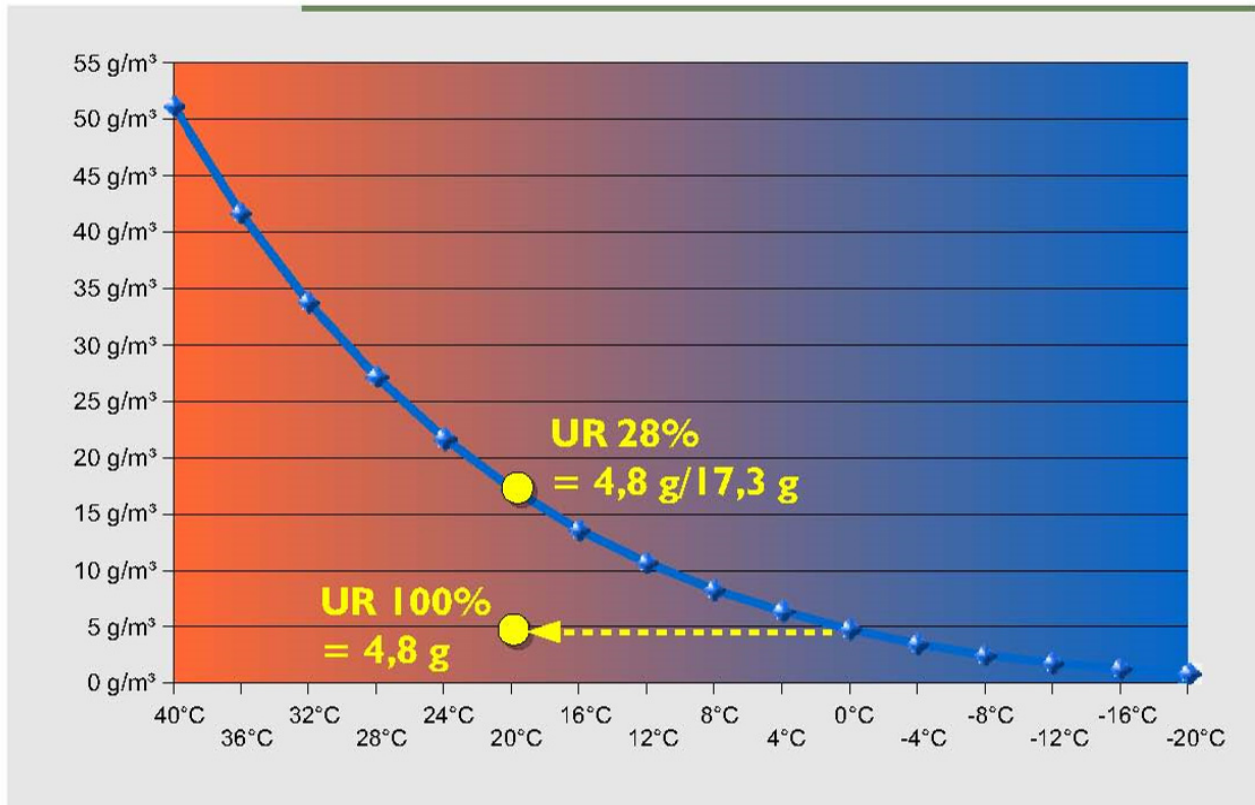
## Condensazione nel tetto



22

Günther Gantioler, TBZ

## Condensazione nel tetto



## Condensazione nel tetto

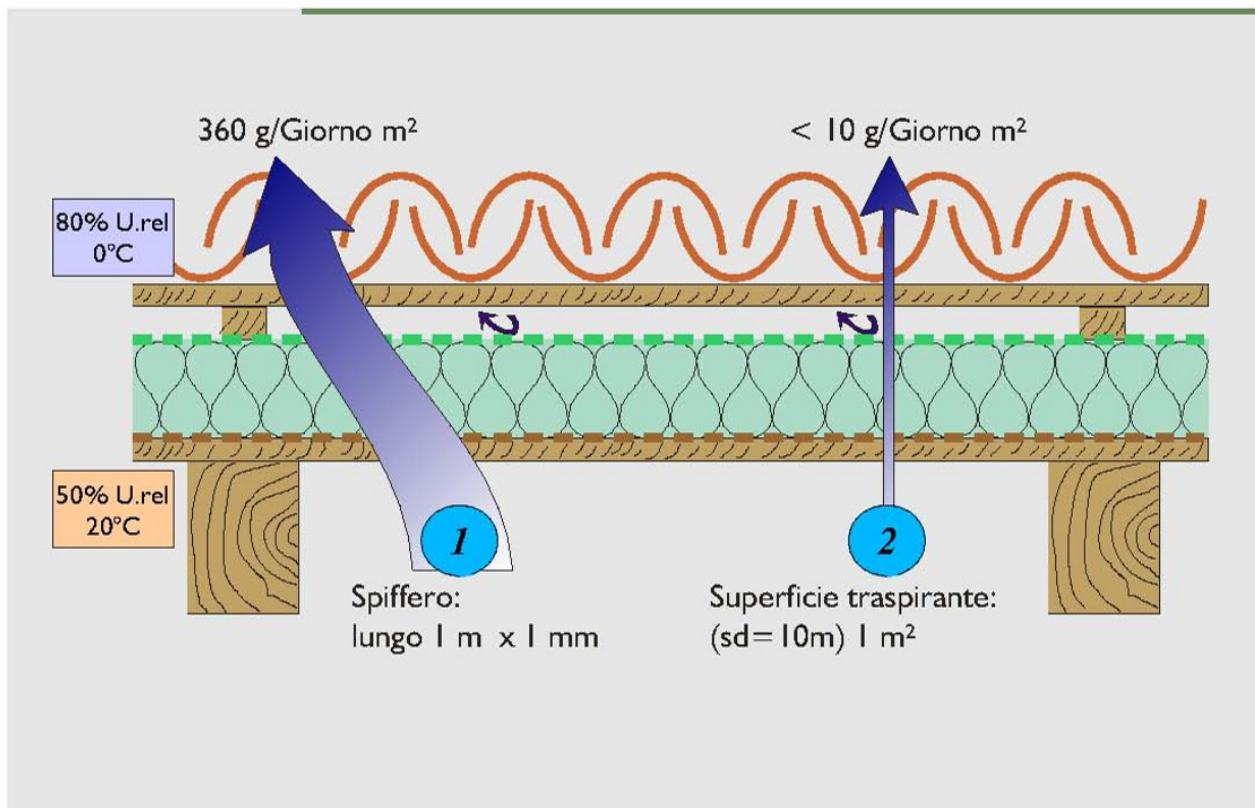
Quantità limite di condensa ammissibile *UNI EN ISO 13788:2003*

Materiale	Densità [kg/m <sup>3</sup> ]	Q <sub>amm</sub> [g/m <sup>2</sup> ]	Mc [g/m <sup>2</sup> ]	d [m]	r [kg/m <sup>3</sup> ]	
Laterizi	600 - 2.000	<= 500	condense	spessore	densità	
Calcestruzzi	400 - 2.400	<= 500	360	0,020	600	
Legnami e derivati	500 - 800	<= 30 r d	675	0,015	1500	
Intonaci e malte	600 - 2.000	<= 30 r d				
Fibre di natura organica:			condense	spessore	densità	
- con collanti resistenti all'acqua	300 - 700	<= 20 r d	1.920	0,160	600	
- con collanti non resistenti all'acqua	300 - 700	<= 5 r d	1.200	0,160	1500	
			condense	spessore	densità	lambda
Fibre minerali	10 - 150	<= 5.000 r d (l/(1-1,7l))	412	0,160	12	0,040
Materie plastiche cellulari	10 - 80	<= 5.000 r d (l/(1-1,7l))	423	0,080	20	0,032

Tetto ventilato, fibra di legno 16 cm, freno al vapore interno, telo traspirante estemo, TN  
 Tetto ventilato, fibra di legno 16 cm, senza freno interno, carta catramata estemo, TN  
 Tetto ventilato, fibra di legno 8 cm, senza freno interno, carta catramata estemo, TN  
 Tetto ventilato, lana di roccia 8 cm, senza freno interno, carta catramata estemo, TN

condense	limite	
0	1.200	0%
224	1.200	19%
296	600	49%
404	206	196%





Attenzione al microclima:

- poco soleggiamento; lato nord
- fiume vicino con umidità
- poco vento

**Dlgs 192/DL 311: legge sul risparmio energetico 02.02.2007**

- sostituisce la legge 10/91
- definisce le regole di calcolo per il fabbisogno energetico di edifici
- definisce i limiti per il permesso edilizio del comune
- definisce le sanzioni
- definisce il metodo di controllo
- prescrive un sistema di certificazione energetica per edifici
- liberalizza il sistema di certificazione energetica

**Finanziaria 2007**

- contributi per la ristrutturazione (se si raggiungono prestazioni termiche migliori)
- contributi per la nuova costruzione (> 10.000 m<sup>3</sup>; 50% FEP)

Soggetto	Ommissione	Sanzione
Progettista	Relazione tecnica non conforme	30% parcella
Progettista	Certificazione falsa	70% parcella + segnalazione ordine
Direttore lavori	Ommesso deposito asseverazione	50% parcella
Direttore lavori	Asseverazione falsa	5.000 € + segnalazione ordine
Proprietario o conduttore	Norme esercizio impianti	500 – 3.000 €
Amministratore o terzo	Norme esercizio impianti	500 – 3.000 €
Manutentore	Verifiche e relazione non conformi	1.000 – 6.000 € + segnalazione CCIA
Costruttore	Certificazione energetica	5.000 – 30.000 €

- Progettista: deve rilasciare al committente un rapporto tecnico o un attestato di certificazione o di qualificazione energetica dell'edificio
- Il direttore lavori deve presentare al Comune una dichiarazione di asseverazione alla fine dei lavori
- Il contratto di vendita è nullo, se l'edificio non rientra nei limiti richiesti

La 192/05 offre due versioni di calcolo dei limiti minimi richiesti per il permesso edilizio:

• metodo **limiti U**

- (se il rapporto della superficie complessiva delle parti trasparenti e la superficie utile calpestabile è minore di 0,18)

- Viene attribuito il valore  $FEP_{limite}$  massimo consentito per il caso specifico

• metodo **FEP** (più complicato)

- calcolo del calore perso per trasmissione  $Q_T$

- calcolo del calore perso per ventilazione  $Q_V$

- calcolo dell'apporto interno di calore  $Q_I$

- calcolo dell'apporto solare di calore  $Q_S$

- calcolo del fattore d'utilizzazione degli apporto  $\eta_u$

- calcolo del rendimento globale dell'impianto di riscaldamento  $\eta_g$

Resistenza superficiale interna  $R_{si}$  **0,10** Resistenza superficiale esterna  $R_{se}$  **0,10** **Elements**  
 Ascendente Ventilato ascendente

nr	Stratigrafia 1 dall'interno verso l'esterno	$\lambda$ [W/mK]	Stratigrafia 2	$\lambda$ [W/mK]	s [cm]	D [m²K/W]
1	Tavolato	0,130			2,0	0,15
2	Freno al vapore sd = 2 m				0,1	
3	Fibra di legno	0,040			16,0	4,00
4	Telo traspirante sd = 0,04 m				0,1	
5	Ventilazione				4,0	
6	Listello portategola				3,0	
7	Tegola				2,0	
8						
9						
Percentuale superficie stratigrafia 2					<b>27,2</b>	<b>0,20</b>

Somma

Trasmittanza U [W/m²K]: **0,230**

Resistenza termica R [m²K/W]: **4,354**

errore 0%

Limite U finanziaria 2007 [W/m²K]: **0,55**

	U	FEP	
Limite 311/06 01.01.06	<b>0,60</b>	<b>0,78</b>	W/m²K
Limite 311/06 01.01.08	<b>0,42</b>	<b>0,55</b>	W/m²K
Limite 311/06 01.01.10	<b>0,38</b>	<b>0,49</b>	W/m²K



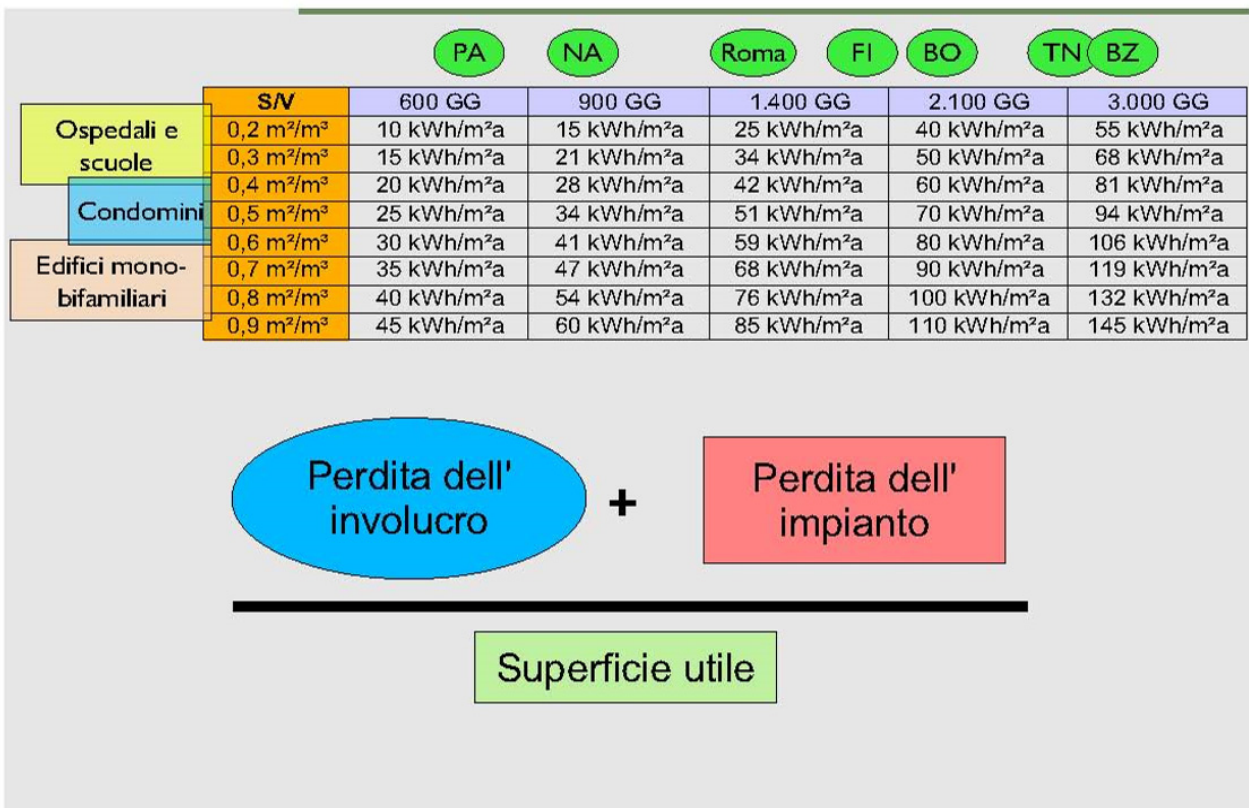
## Limiti U: metodo semplificato

Limiti U 311 – metodo semplificato						
<b>C1.01.2006</b>	600	601	901	1.401	2.101	3.001
Pareti	0,85	0,64	0,57	0,50	0,46	0,44
Coperture	0,80	0,60	0,55	0,46	0,43	0,41
Pavimenti	0,80	0,60	0,55	0,46	0,43	0,41
Serramenti	5,50	4,00	3,30	3,10	2,80	2,40
Vetri	5,00	4,00	3,00	2,60	2,40	2,30
<b>C1.01.2008</b>	600	601	901	1.401	2.101	3.001
Pareti	0,72	0,54	0,46	0,40	0,37	0,35
Coperture	0,42	0,42	0,42	0,35	0,32	0,31
Pavimenti	0,74	0,55	0,49	0,41	0,38	0,36
Serramenti	5,00	3,60	3,00	2,80	2,50	2,20
Vetri	4,50	3,40	2,30	2,10	1,90	1,70
<b>C1.01.2010</b>	600	601	901	1.401	2.101	3.001
Pareti	0,62	0,48	0,40	0,36	0,34	0,33
Coperture	0,38	0,38	0,38	0,32	0,30	0,29
Pavimenti	0,65	0,49	0,42	0,36	0,33	0,32
Serramenti	4,60	3,00	2,60	2,40	2,20	2,10
Vetri	3,70	2,70	2,10	1,90	1,70	1,30

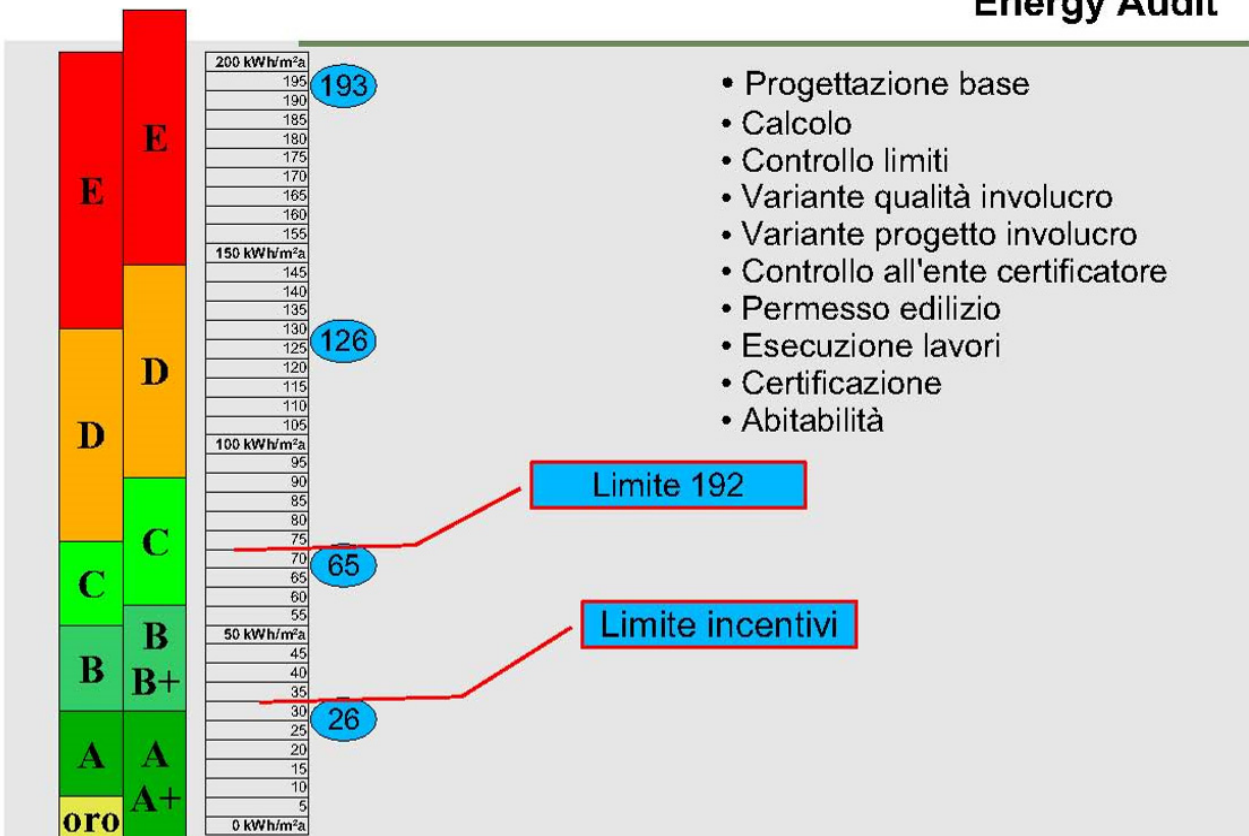
## Limiti U: per rientrare nella detrazione IRPEF

Valori U limite per l'accesso alla detrazione IRPEF 55% 2007					
Tabella 3 dell'art. 1, comma 345, della finanziaria 2007					
	Zona climatica	Strutture opache verticali	Strutture opache orizzontali		Finestre comprensive di infissi
			Pavimenti	Copertura	
600	A	0,72	0,74	0,42	5,00
601	B	0,54	0,55	0,42	3,60
901	C	0,46	0,49	0,42	3,00
1.401	D	0,40	0,41	0,35	2,80
2.101	E	0,37	0,38	0,32	2,50
3.001	F	0,35	0,36	0,31	2,20

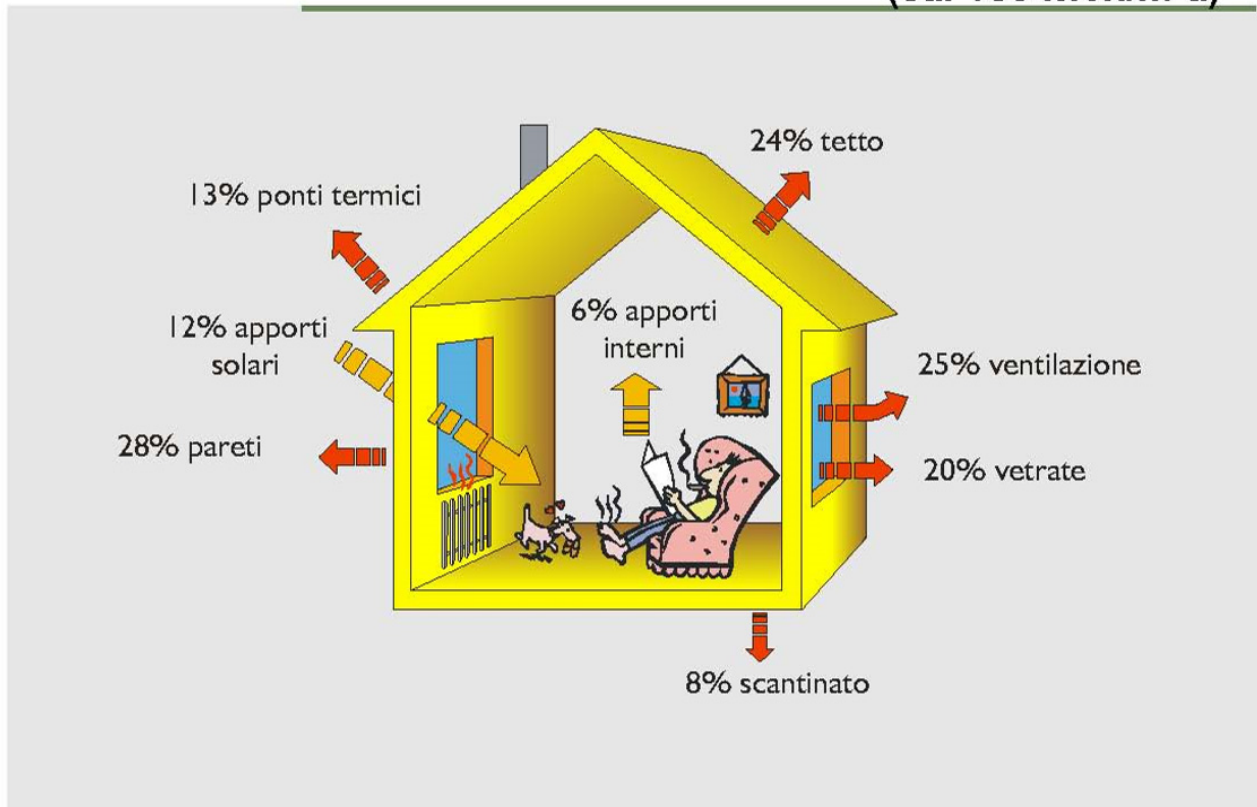
### Decreto 192: limiti FEP fino al Gennaio 2008



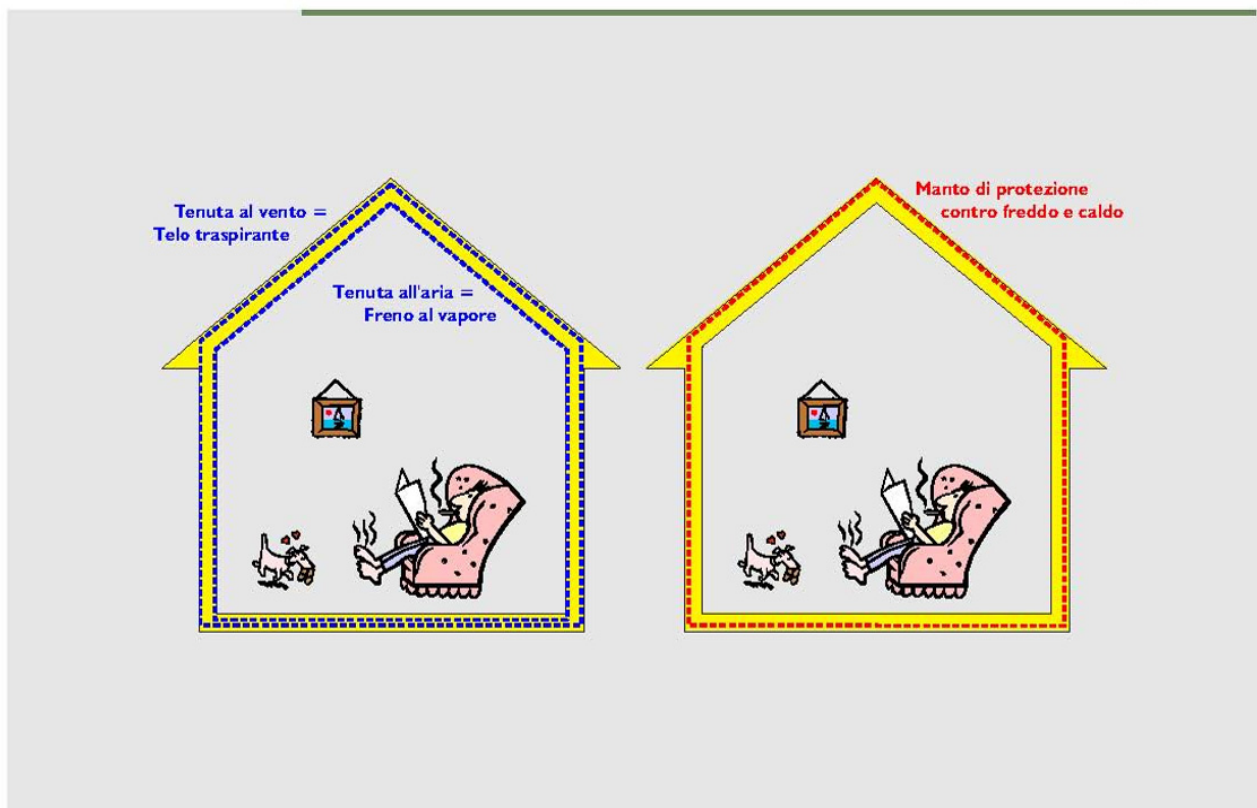
### Energy Audit



### Bilancio energetico edifici tipo (ca. 150 kWh/m<sup>2</sup>a)

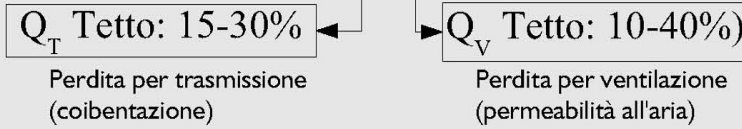


### Protezione integrale





$$Q_h = \text{Perdita di calore invernale} = (Q_T + Q_V) - k_u \cdot (Q_S + Q_I) \quad [kWh/a]$$



$$Q_{T \text{ Tetto}} = U \cdot S \cdot \text{Gradigiorno} \cdot \frac{24}{1.000} \quad [kWh/a]$$

$$Q_{V \text{ Tetto}} = n_{(1-5)} \cdot V \cdot c_{\text{aria}} \cdot \text{Gradigiorno} \cdot \frac{24}{1.000} \quad [kWh/a]$$

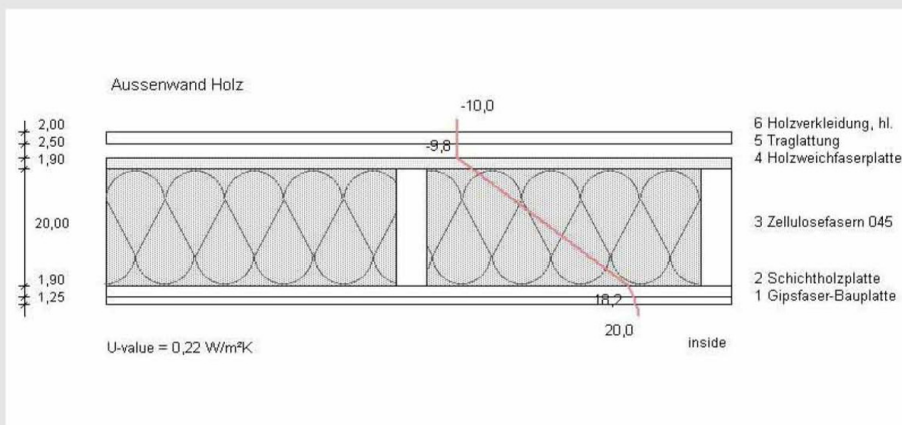
Superficie	Materiali	Spessore [cm]	U-value	Superficie [m²]	Q-value	Superficie [m²]	Q-value	Superficie [m²]	Q-value
1	Travertino	0,15							
2	Panico di legno p.a. - USB - Puccino								
3	Isolare in legno	0,04							
4	Isolare in legno p.a. - USB - classico								
5	Controllata								
6	Isolare in porcellana								
7	Isolare								
8									
Permeabilità a vapori d'acqua						Permeabilità a vapori d'acqua			
Valore U				0,426	[W/m²K]				



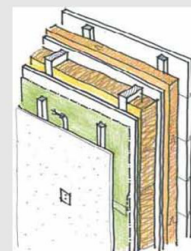
**Calcolo U (progettazione)**

**Test BowerDoor (esecuzione)**

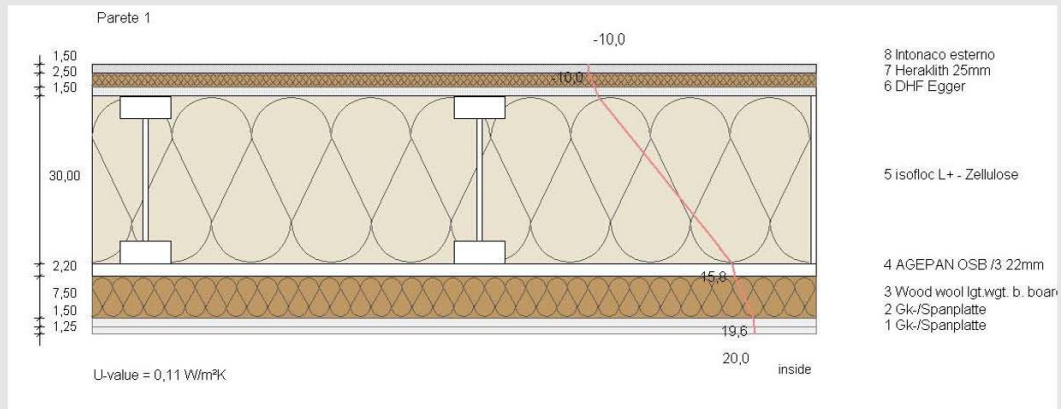
Pareti in legno : sistemi a setto intelaiato



**U=0,22 W/(m²K)**

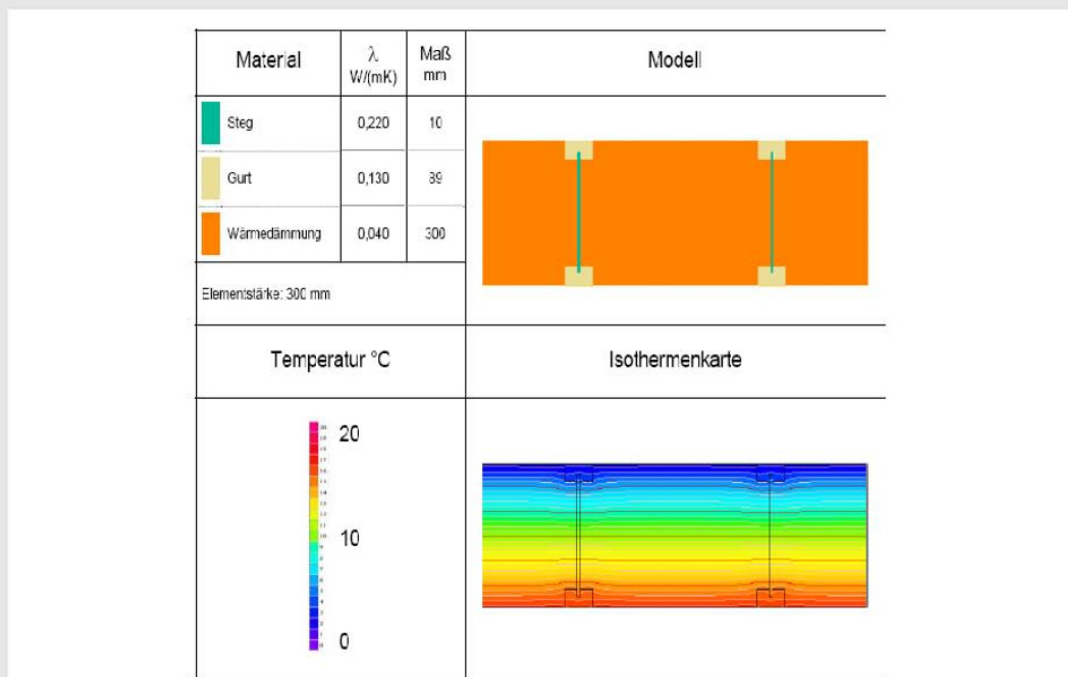


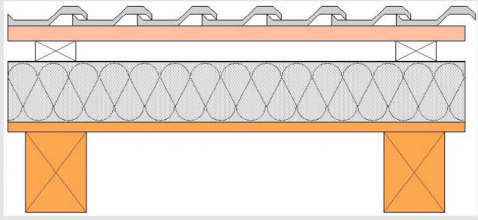
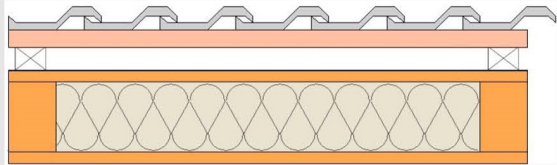
## Pareti in legno : sistemi FJI o TJI



**U=0,12 W/(m²K)**

## Calcolo U: pareti in legno

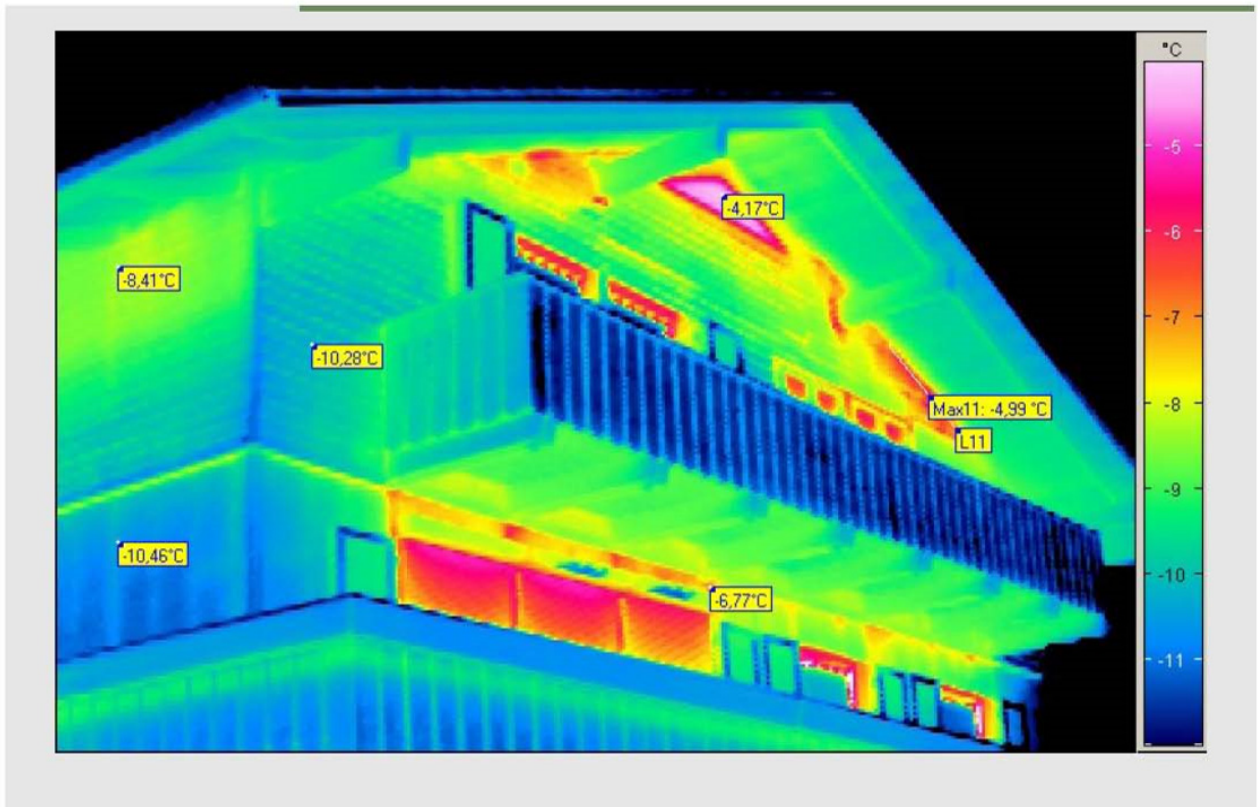


<i>Tipologia coibente sopra le travi</i>		<i>Classe CasaClima</i>	<i>Spessore coibente</i>
	C	9-15 cm	
	B	15-26 cm	
	A	19-39 cm	
	Esempio con coibentazione: Fibra di legno $\lambda = 0,04 \text{ W/mK}$		
<i>Tipologia coibente tra le travi</i>		<i>Classe CasaClima</i>	<i>Spessore coibente</i>
	C	11-19 cm	
	B	19-34 cm	
	A	24-51 cm	
	Esempio con coibentazione: Cellulosa soffiata $\lambda = 0,04 \text{ W/mK}$		

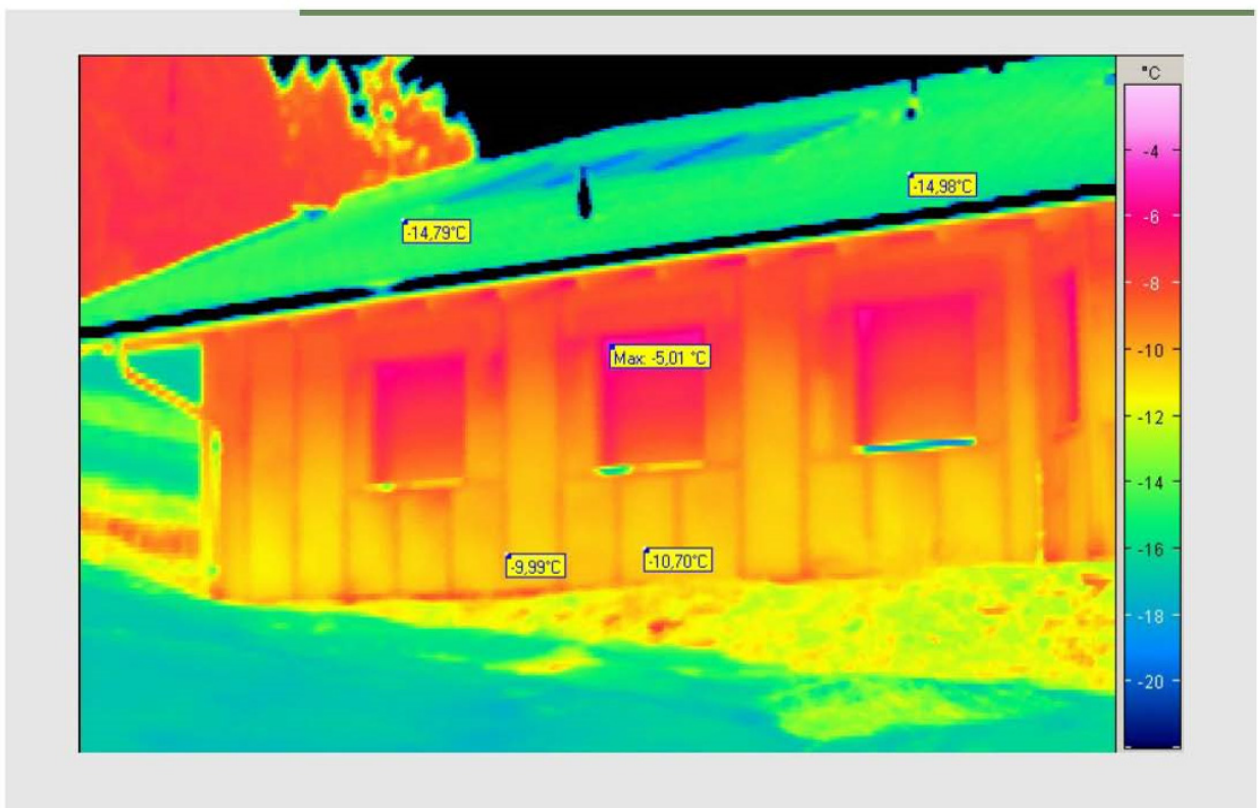


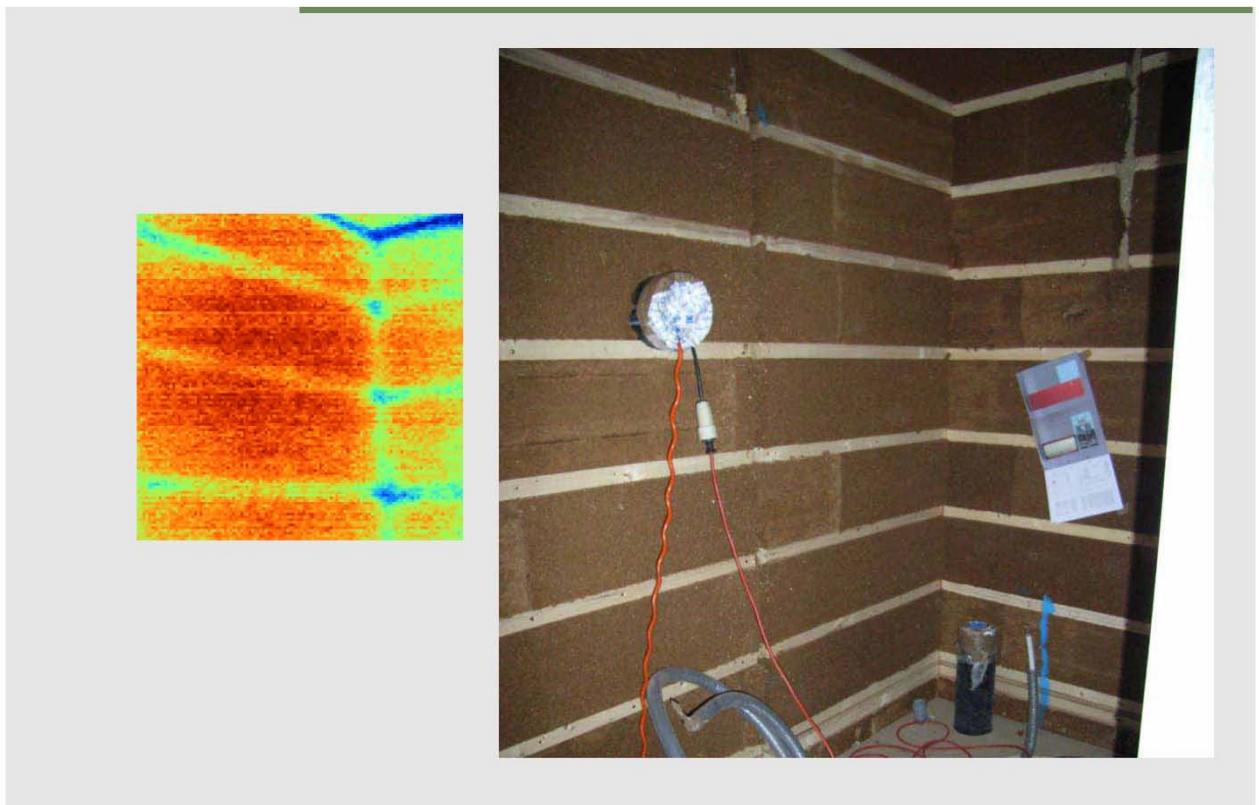
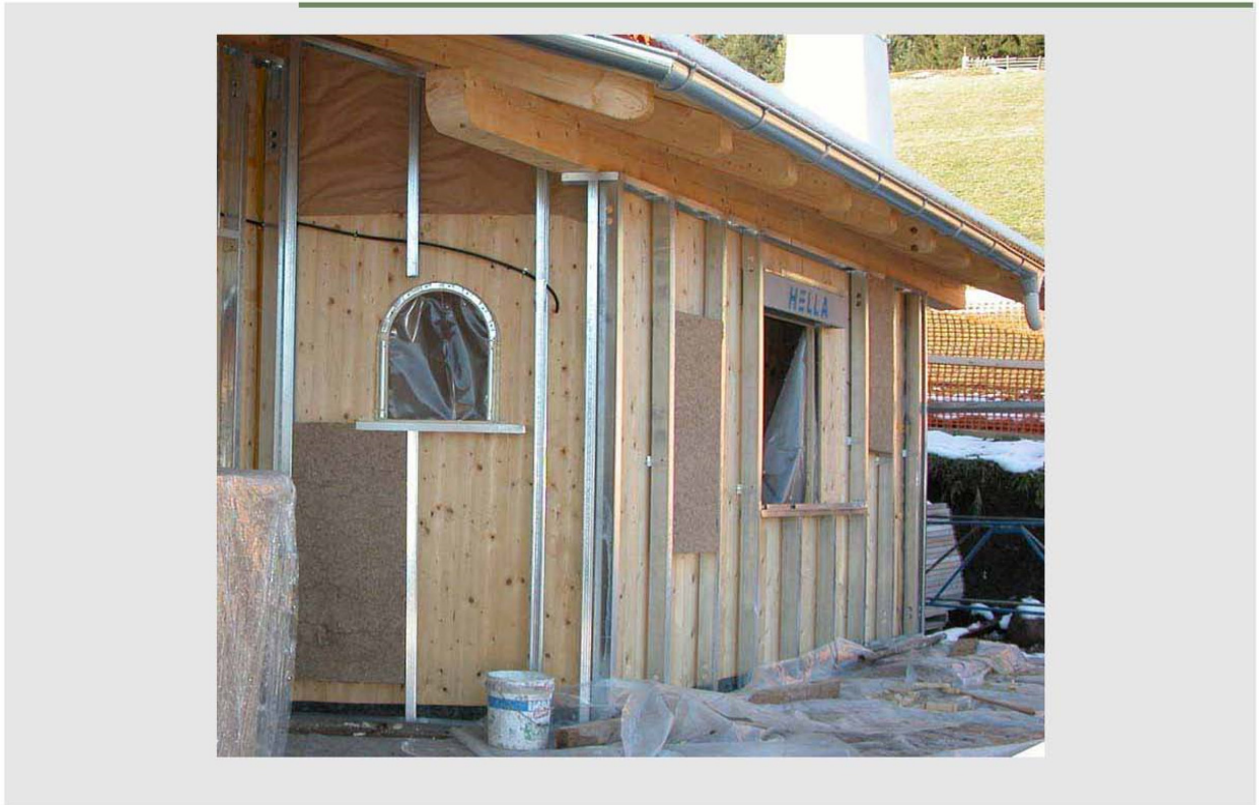


# Ponti termici: edificio di legno a telaio



# Telaio esterno



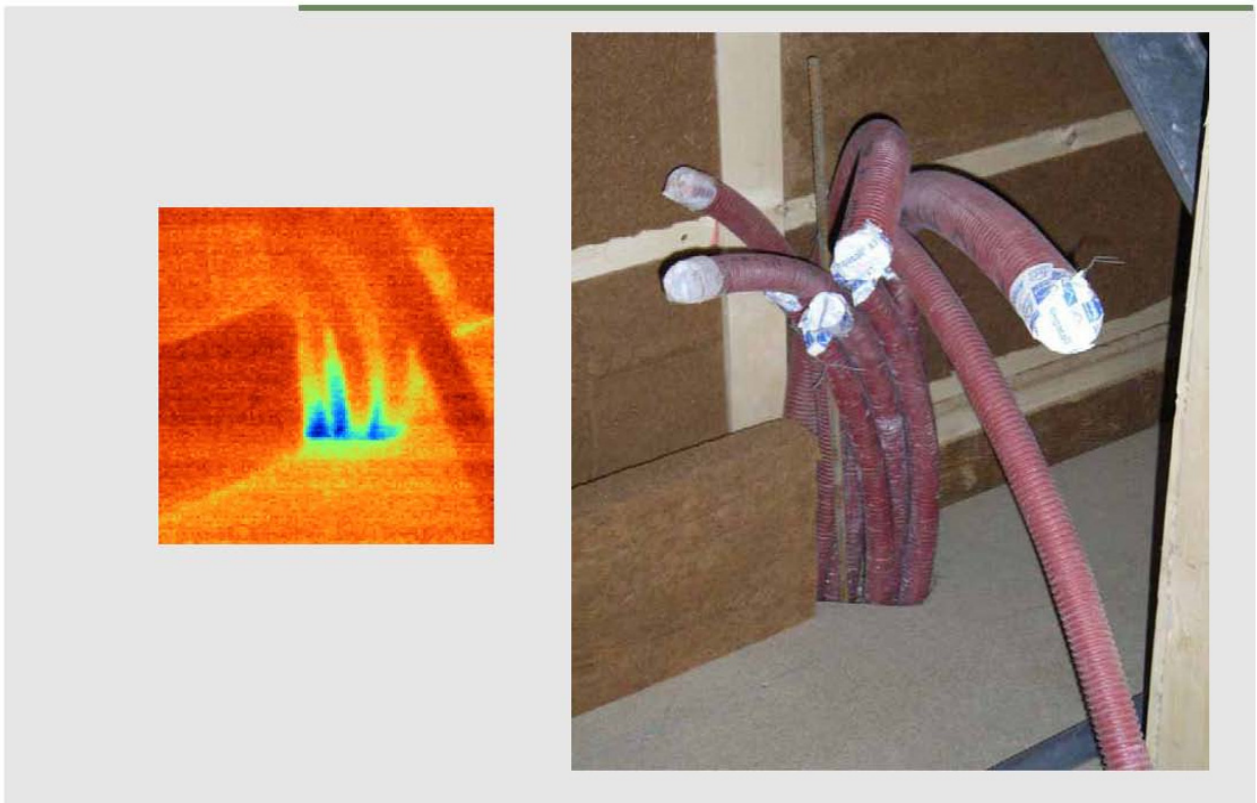






47

Günther Gantioler, TBZ

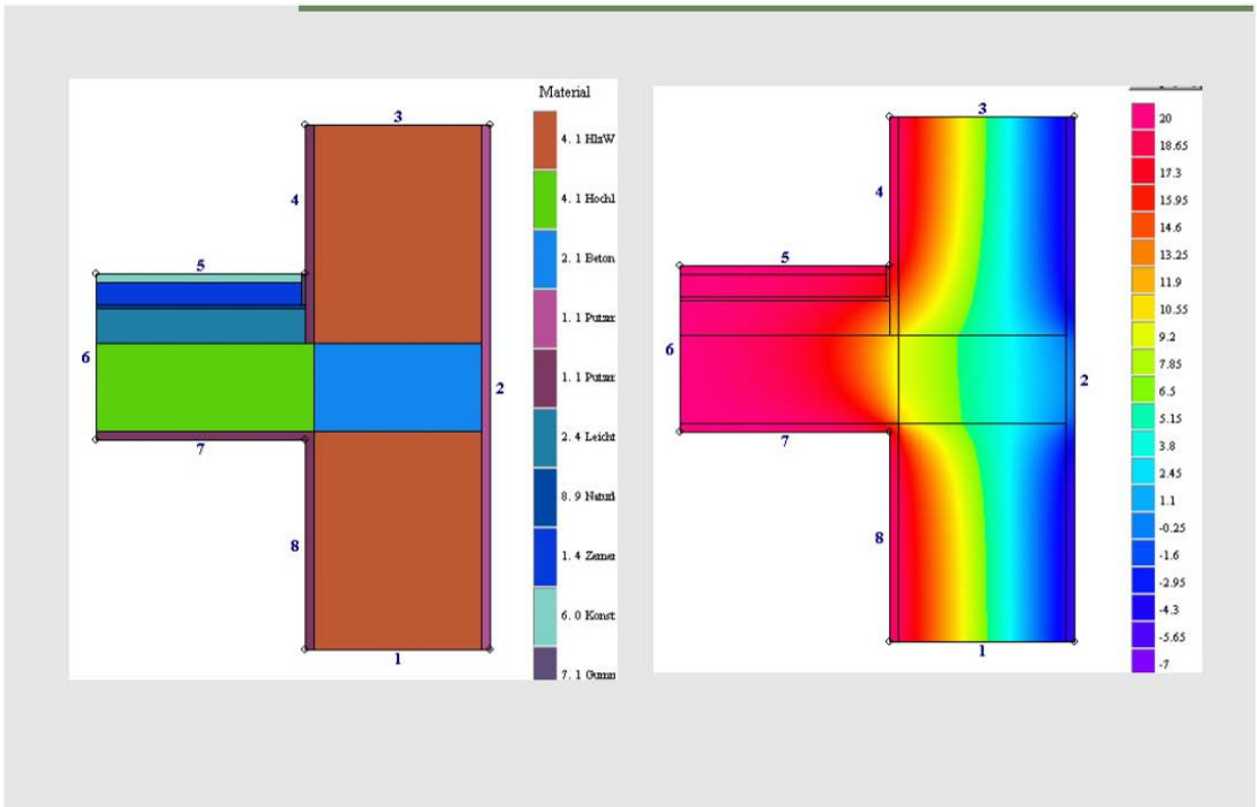


48

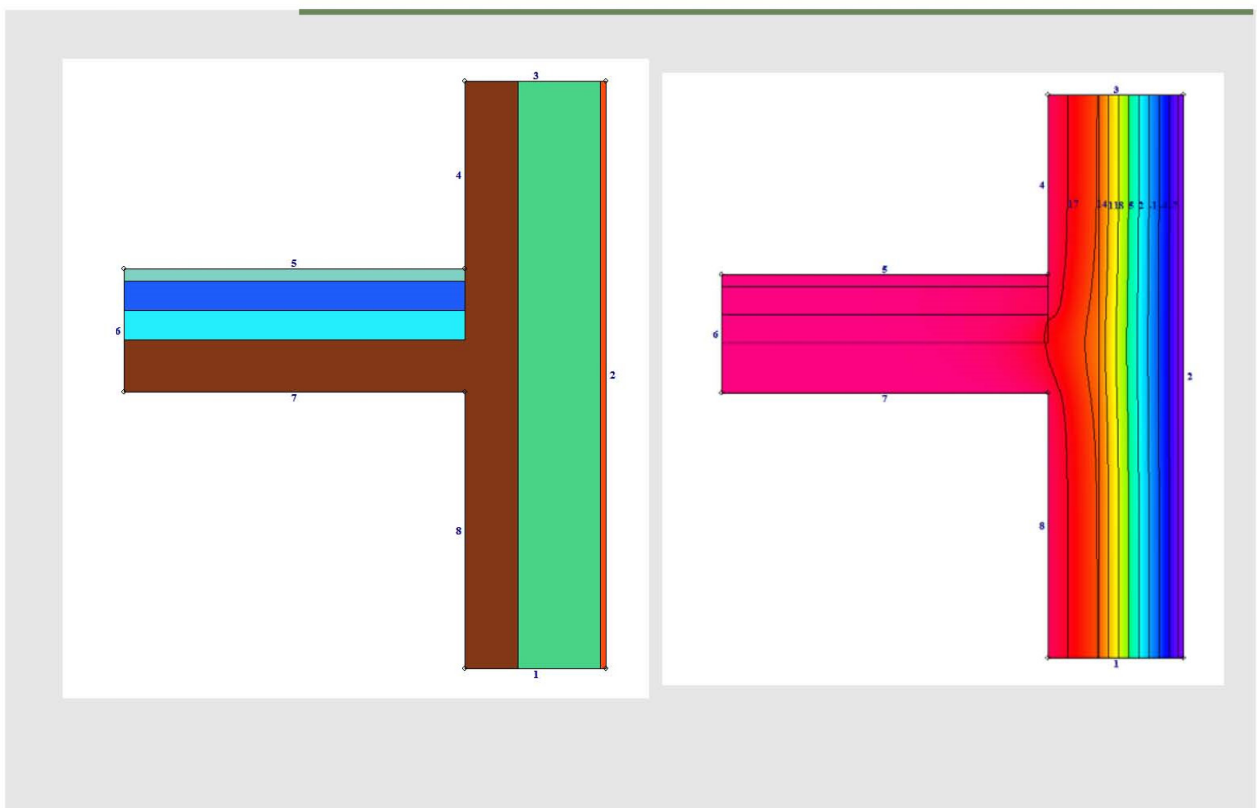
Günther Gantioler, TBZ

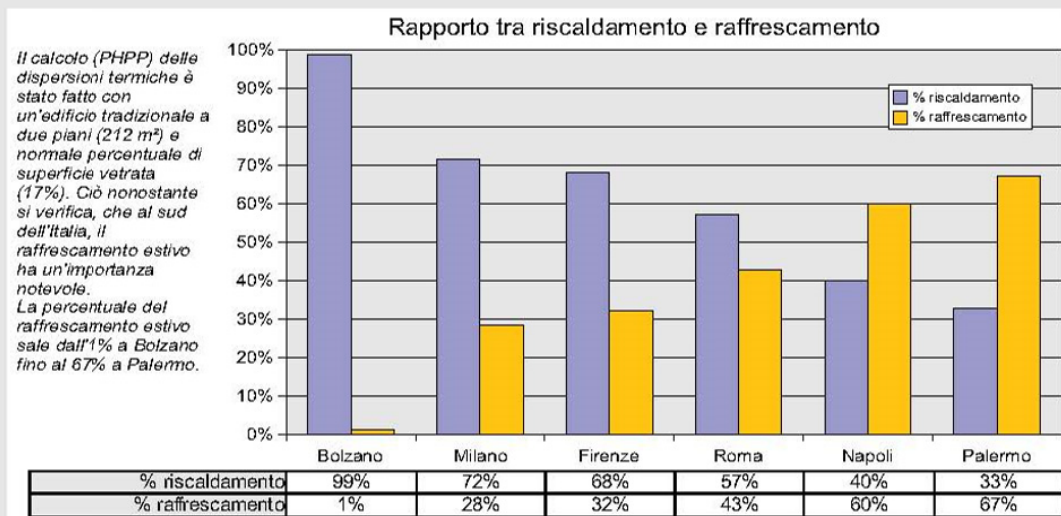


# Ponte termico cordolo tradizionale



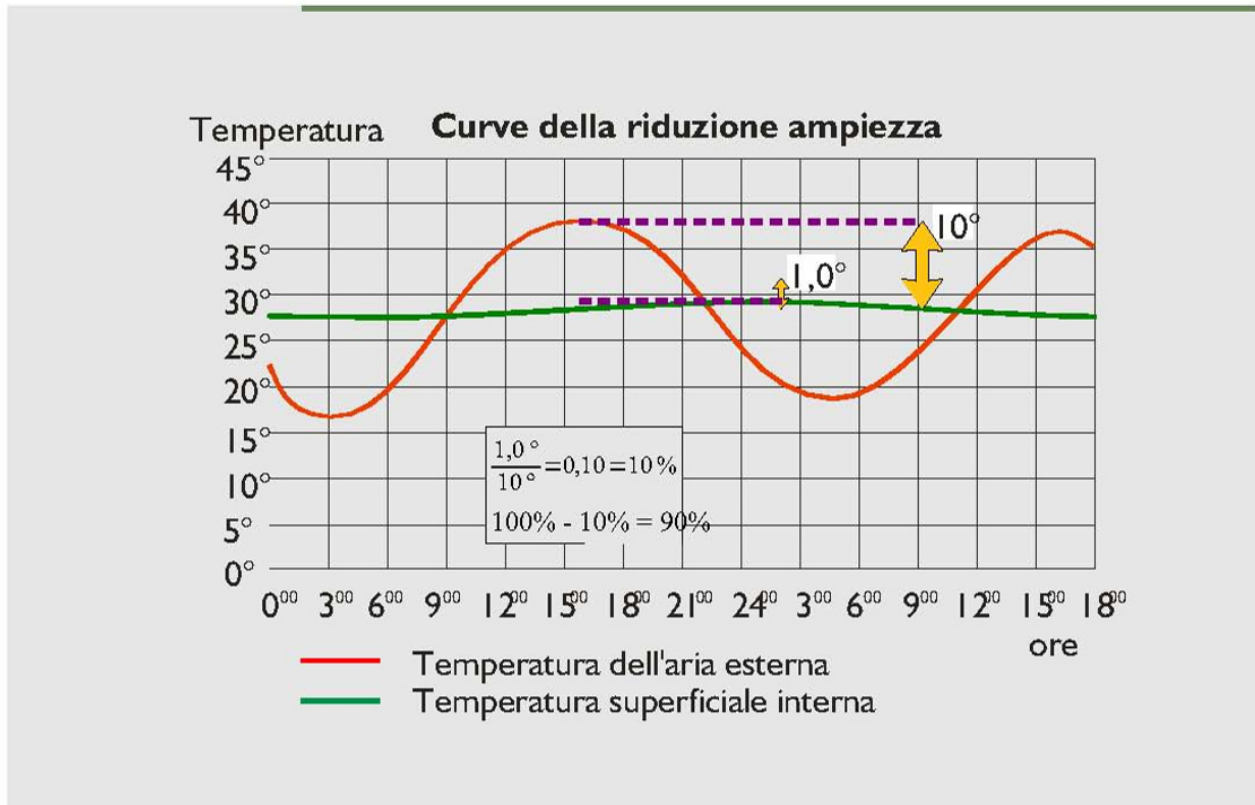
# Ponte termico cordolo del solaio legno



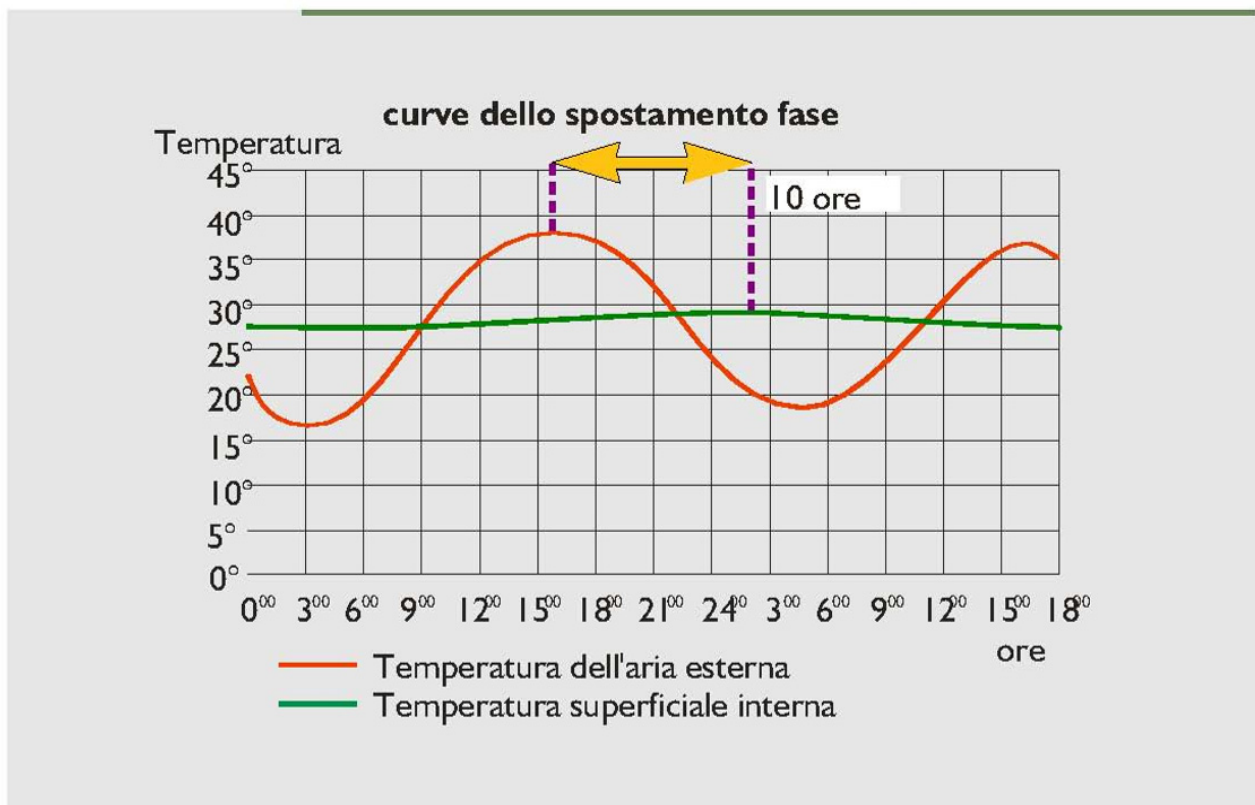


- Passaggio di calore negli elementi costruttivi: riduzione ampiezza e spostamento fase calcolo a matrice (Heindl) p.e. Daemmwerk [www.bauphysik-software.de](http://www.bauphysik-software.de)
- Calcolo della percentuale di ore surriscaldate sopra 25° (26°): stima comfort interno p.e. PHPP [www.passiv.de](http://www.passiv.de)
- Calcolo delle masse termiche / costanti di tempo UNI EN 13790 (UNI EN 832)
- Calcolo delle oscillazioni dinamiche di temperature UNI EN ISO 13786
- Simulazioni dinamiche

### Estate 1: riduzione ampiezza



### Estate 2: spostamento fase





Allegato I; art. 9:

1-2-2007 Supplemento ordinario alla GAZZETTA UFFICIALE Serie generale - n. 26

nuova costruzione e nel caso di ristrutturazioni di edifici esistenti di cui all'articolo 3, comma 2, lettere a), b) e c), punto I, quest'ultimo limitatamente alle ristrutturazioni totali:

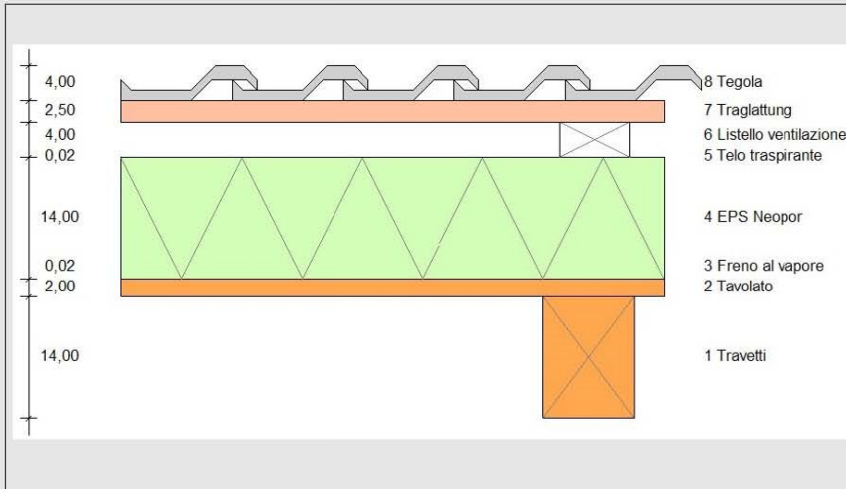
- a) valuta puntualmente e documenta l'efficacia dei sistemi schermanti delle superfici vetrate, esterni o interni, tali da ridurre l'apporto di calore per irraggiamento solare;
- b) verifica, in tutte le zone climatiche ad esclusione della F, per le località nelle quali il valore medio mensile dell'irradianza sul piano orizzontale, nel mese di massima insolazione estiva,  $I_{m,s}$ , sia maggiore o uguale a  $290 \text{ W/m}^2$ , che il valore della massa superficiale  $M_s$  delle pareti opache verticali, orizzontali o inclinate sia superiore a  $230 \text{ kg/m}^2$ ;
- c) utilizza al meglio le condizioni ambientali esterne e le caratteristiche distributive degli spazi per favorire la ventilazione naturale dell'edificio; nel caso che il ricorso a tale ventilazione non sia efficace, può prevedere l'impiego di sistemi di ventilazione meccanica nel rispetto del comma 13, articolo 5, decreto del Presidente della Repubblica 26 agosto 1993, n. 412.

Gli effetti positivi che si ottengono con il rispetto dei valori di massa superficiale delle pareti opache previsti alla lettera b), possono essere raggiunti, in alternativa, con l'utilizzo di tecniche e materiali, anche innovativi, che permettano di contenere le oscillazioni della temperatura degli ambienti in funzione dell'andamento dell'irraggiamento solare. In tal caso deve essere prodotta una adeguata documentazione e certificazione delle tecnologie e dei materiali che ne attesti l'equivalenza con le predette disposizioni.

DL 311 legge „massa“: province coinvolte

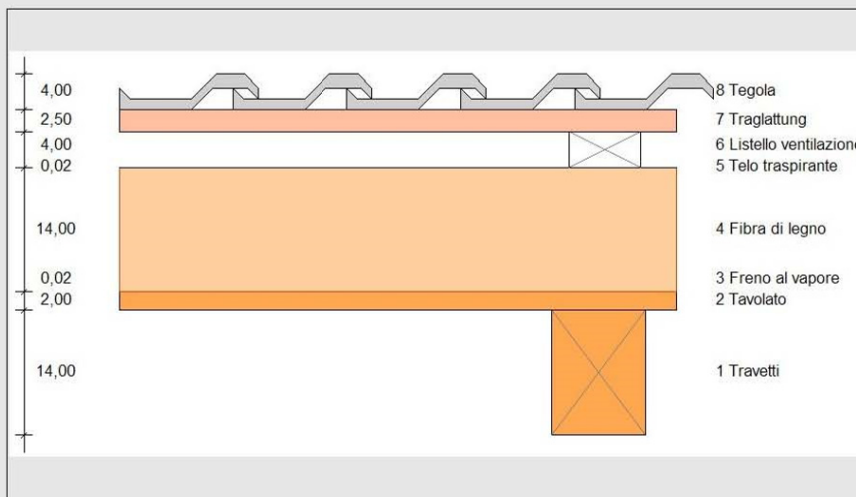
Regione/Provincia	I Mmax	Regione/Provincia	I Mmax	Regione/Provincia	I Mmax	Regione/Provincia	I Mmax
<b>Abruzzo</b>		<b>Lazio</b>		<b>Piemonte</b>		<b>Toscana</b>	
Chieti	306 W/m²	Frosinone	300 W/m²	Alessandria	262 W/m²	Arezzo	267 W/m²
L'Aquila	273 W/m²	Latina	316 W/m²	Asti	260 W/m²	Firenze	296 W/m²
Pescara	302 W/m²	Rieti	270 W/m²	Biella		Grosseto	314 W/m²
Teramo	297 W/m²	Roma	314 W/m²	Cuneo	235 W/m²	Livorno	303 W/m²
<b>Basilicata</b>		Viterbo	287 W/m²	Novara	281 W/m²	Lucca	286 W/m²
Matera	307 W/m²	<b>Liguria</b>		Torino	272 W/m²	Massa-Carrara	294 W/m²
Potenza	301 W/m²	Genova	287 W/m²	Verbania S. Ossola		Pisa	301 W/m²
<b>Calabria</b>		Imperia	306 W/m²	Vercelli	282 W/m²	Pistoia	266 W/m²
Catanzaro	317 W/m²	La Spezia	299 W/m²	<b>Puglia</b>		Prato	
Cosenza	334 W/m²	Savona	274 W/m²	Bari	331 W/m²	Siena	282 W/m²
Crotone		<b>Lombardia</b>		Barletta-Andria-Trani		<b>Trentino-Alto Adige</b>	
Ragusa Calabria	318 W/m²	Bergamo	259 W/m²	Brindisi	317 W/m²	Bolzano/Bozen	260 W/m²
Vibo Valentia		Brescia	282 W/m²	Foggia	308 W/m²	Trento	285 W/m²
<b>Campania</b>		Como	256 W/m²	Lecce	315 W/m²	<b>Umbria</b>	
Avellino	311 W/m²	Cremona	289 W/m²	Taranto	325 W/m²	Perugia	295 W/m²
Benevento	306 W/m²	Lecco		<b>Sardegna</b>		Terni	278 W/m²
Caserta	301 W/m²	Lodi		Cagliari	316 W/m²	<b>Valle d'Aosta</b>	
Napoli	315 W/m²	Mantova	286 W/m²	Carbonia-Iglesias		Aosta	243 W/m²
Salerno	275 W/m²	Milano	278 W/m²	Medio Campidano		<b>Veneto</b>	
<b>Emilia-Romagna</b>		Monza e Brianza		Nuoro	324 W/m²	Belluno	253 W/m²
Bologna	296 W/m²	Pavia	287 W/m²	Ogliastra		Padova	249 W/m²
Ferrara	277 W/m²	Sondrio	259 W/m²	Olbia-Tempio		Rovigo	300 W/m²
Forlì-Cesena	308 W/m²	Varese	255 W/m²	Oristano	319 W/m²	Treviso	284 W/m²
Modena	289 W/m²	<b>Marche</b>		Sassari	325 W/m²	Venezia	314 W/m²
Parma	304 W/m²	Ancona	301 W/m²	<b>Sicilia</b>		Verona	250 W/m²
Piacenza	295 W/m²	Ascoli Piceno	296 W/m²	Agrigento	343 W/m²	Vicenza	256 W/m²
Ravenna	293 W/m²	Fermo		Caltanissetta	326 W/m²		
Ragusa Emilia	294 W/m²	Macerata	294 W/m²	Catania	326 W/m²		
Rimini		Pesaro e Urbino	294 W/m²	Enna	331 W/m²		
<b>Friuli-Venezia Giulia</b>		<b>Molise</b>		Messina	315 W/m²		
Gorizia	266 W/m²	Campobasso	307 W/m²	Palermo	323 W/m²		
Pordenone	255 W/m²	Isernia	292 W/m²	Ragusa	309 W/m²		
Trieste	270 W/m²			Siracusa	323 W/m²		
Udine	255 W/m²			Trapani	334 W/m²		

## Tavolato con espanso



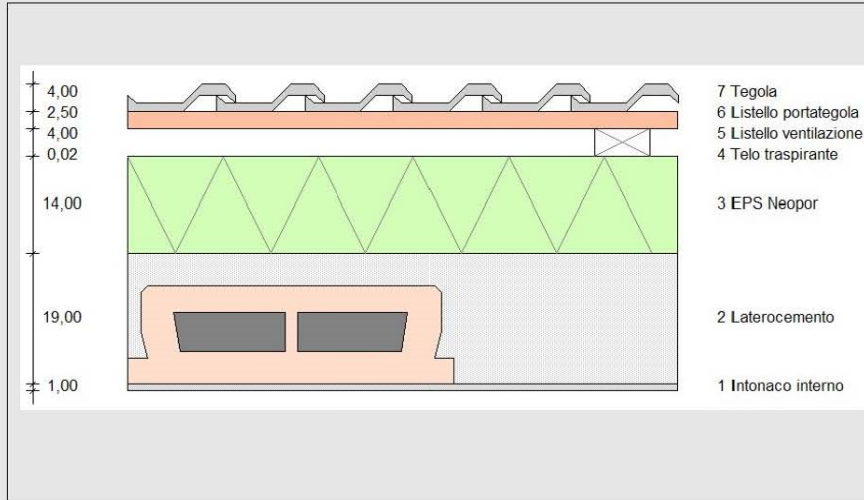
Tetto 1: tavolato con EPS	
Trasmittanza U	0,268 W/m <sup>2</sup> K
Sfasamento	6,6 ore
Riduz. amp.	89%
Cond. acc.	0,9 g/m <sup>2</sup>
sd	5,7 m
Cap.term. interna	6,9 Wh/kgK
Cap.term. esterna	0,8 Wh/kgK
Peso sup.	100 kg/m <sup>2</sup>

## Tavolato con fibra di legno



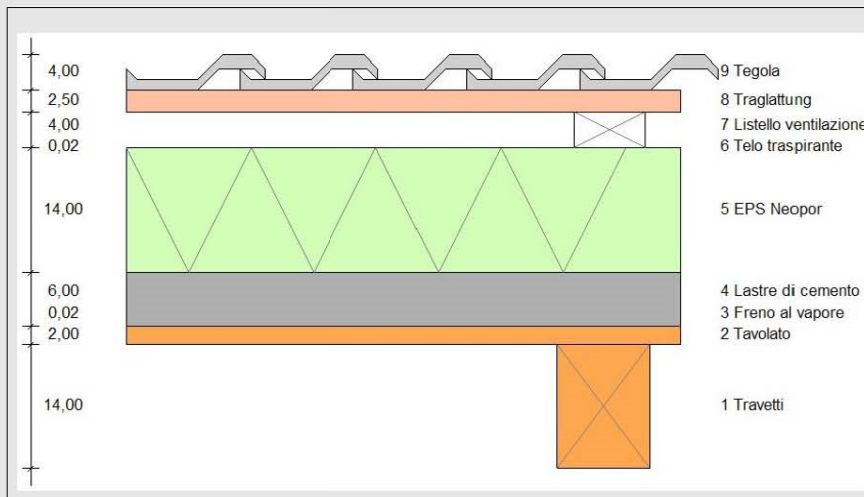
Tetto 2: tavolato con fibra di legno	
Trasmittanza U	0,264 W/m <sup>2</sup> K
Sfasamento	11,6 ore
Riduz. amp.	94%
Cond. acc.	0,9 g/m <sup>2</sup>
sd	3,6 m
Cap.term. interna	8,6 Wh/kgK
Cap.term. esterna	4,2 Wh/kgK
Peso sup.	120 kg/m <sup>2</sup>

## Laterocemento con espanso



Tetto 3: laterocemento con EPS	
Trasmittanza U	0,202 W/m <sup>2</sup> K
Sfasamento	9,7 ore
Riduz. amp.	99%
Cond. acc. sd	169 g/m <sup>2</sup>
Cap.term. interna	5,7 m
Cap.term. esterna	20,8 Wh/kgK
Peso sup.	1,1 Wh/kgK
	345 kg/m <sup>2</sup>

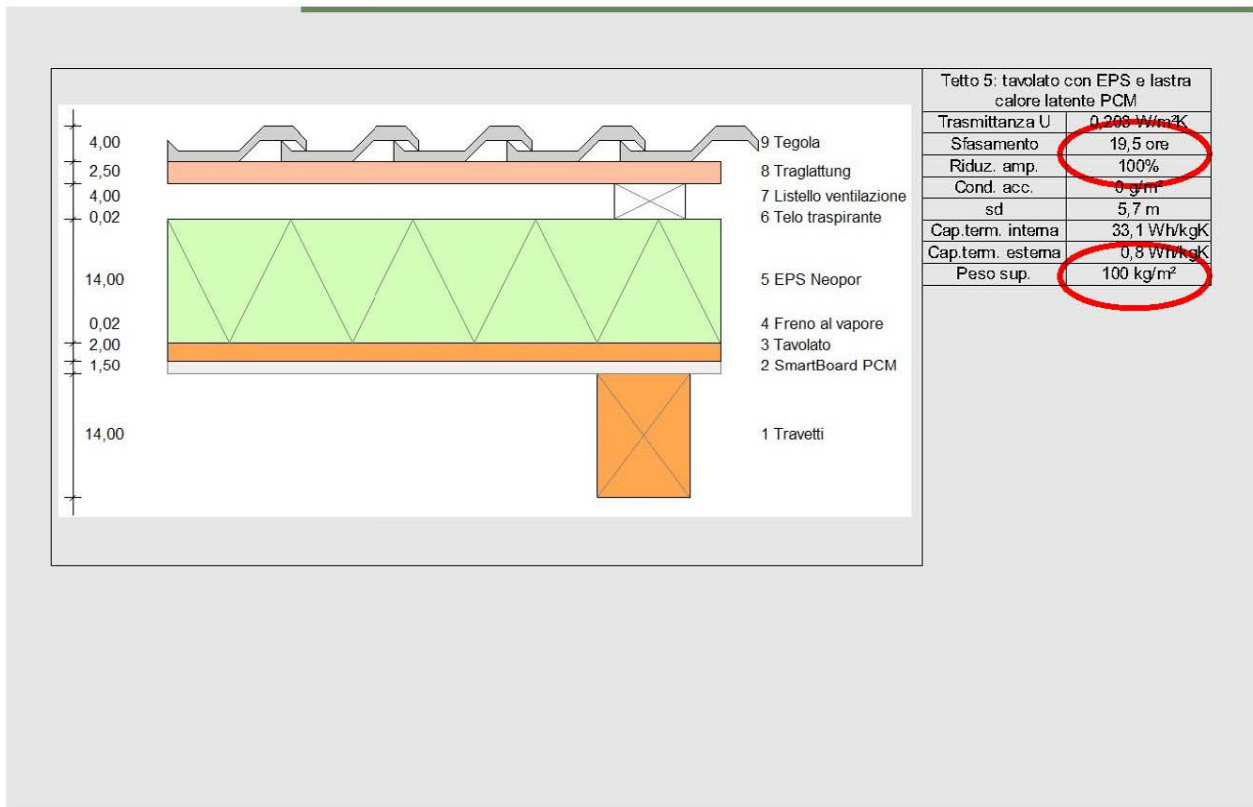
## Tavolato con eps e cemento



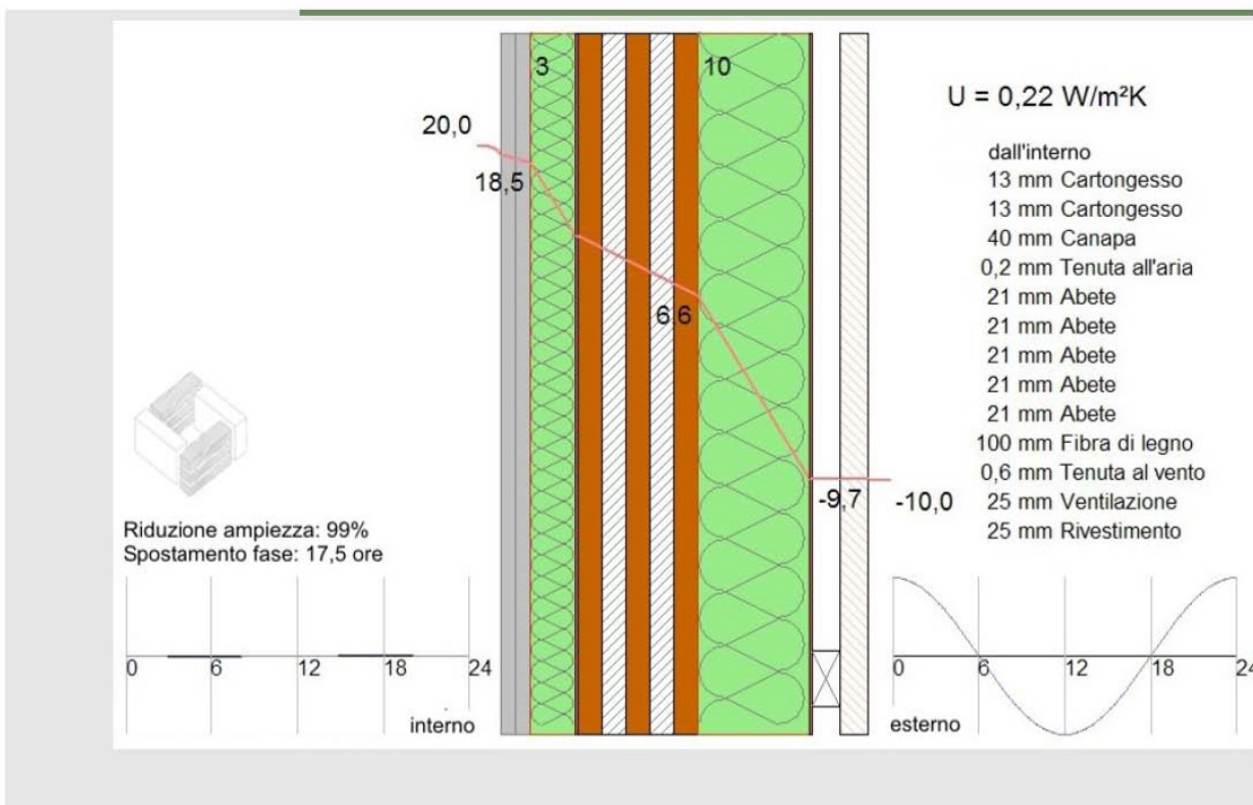
Tetto 4: tavolato con EPS e lastre di cemento	
Trasmittanza U	0,208 W/m <sup>2</sup> K
Sfasamento	7,6 ore
Riduz. amp.	98%
Cond. acc. sd	8 g/m <sup>2</sup>
Cap.term. interna	9,9 m
Cap.term. esterna	14,7 Wh/kgK
Peso sup.	1,1 Wh/kgK
	232 kg/m <sup>2</sup>



## Tavolato con eps e PCM



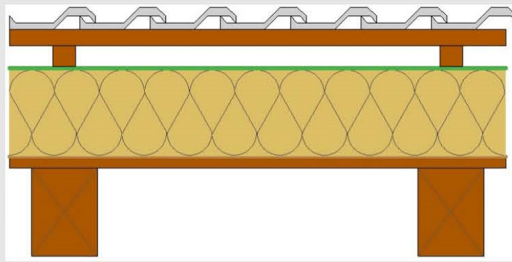
## Parete esterna tipo 1



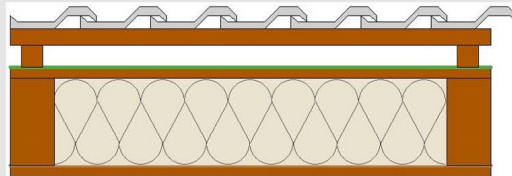


Konstruktion	Dämmstoffstärke	Amplitudendämpf. [%]	Phasenverschieb. [h]
Dämmstoff: <b>Holzfaserdämmung</b> 	4 cm	60%	5,2
	8 cm	82%	7,7
	12 cm	91%	10,3
	16 cm	95%	12,9
	20 cm	98%	15,6
Dämmstoff: <b>Expandiertes Polystyrol</b> 	4 cm	55%	4,5
	8 cm	75%	5,5
	12 cm	84%	6,2
	16 cm	88%	6,9
	20 cm	91%	7,7
Dämmstoff: <b>Altpapierschnitzel</b> 	4 cm	61%	5,4
	8 cm	79%	6,8
	12 cm	87%	8,1
	16 cm	91%	9,6
	20 cm	94%	11,1
Dämmstoff: <b>Glaswolle</b> 	4 cm	60%	5,1
	8 cm	77%	5,9
	12 cm	84%	6,4
	16 cm	88%	6,8
	20 cm	90%	7,1

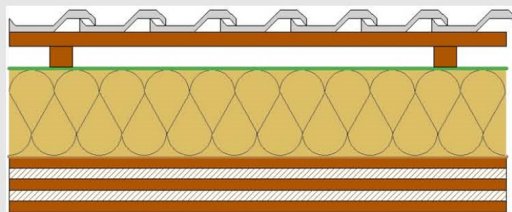
## Tetti per l'estate: tipologie



Riduzione ampiezza: **95%**  
Sfasamento: **12,9 h**



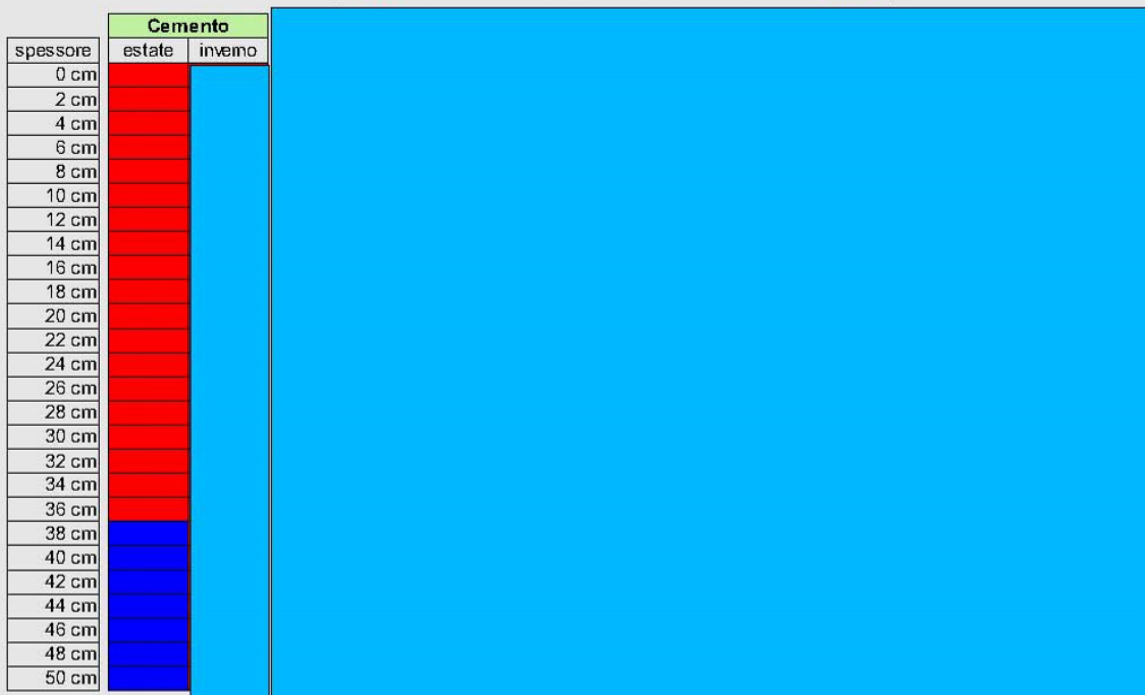
Riduzione ampiezza: **92%**  
Sfasamento: **10,8 h**



Riduzione ampiezza: **99%**  
Sfasamento: **17,8 h**

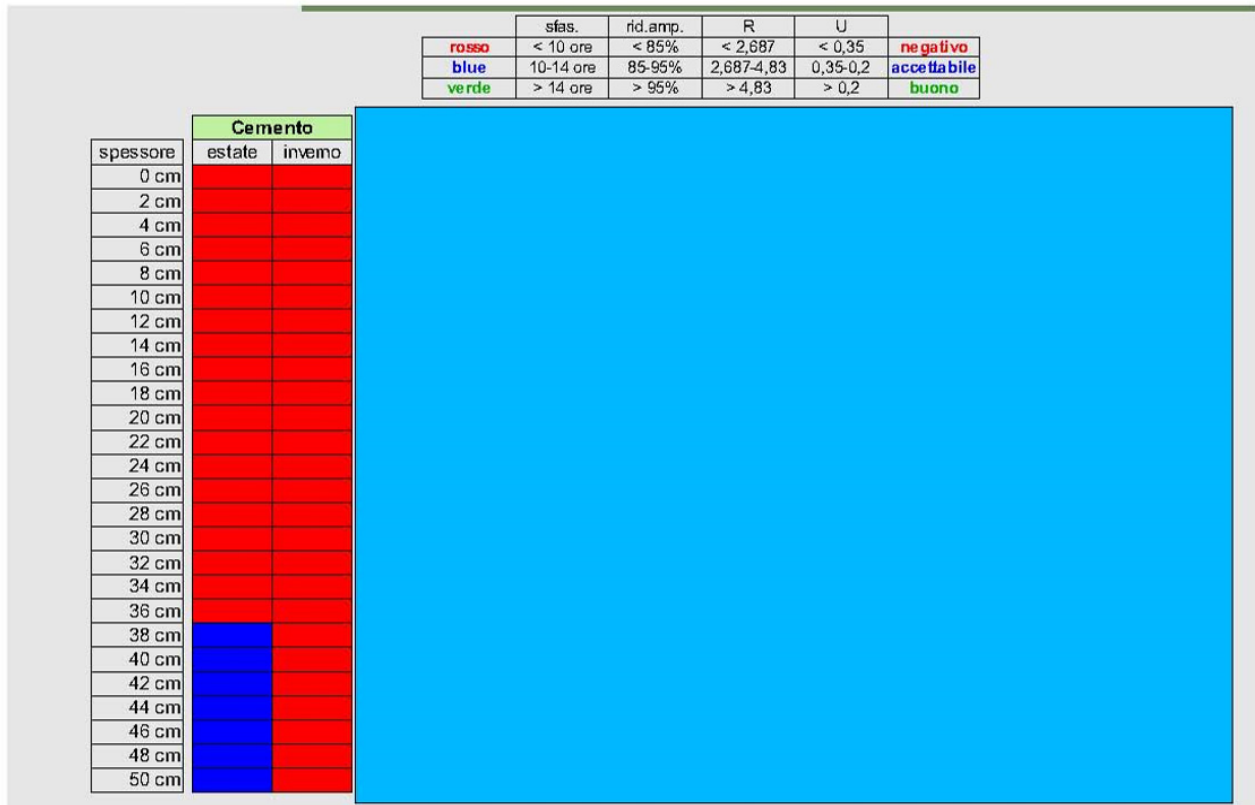
## Confronto prestazioni estate-inverno di materiali

	sfas.	rid.amp.	R	U	
rosso	< 10 ore	< 85%	< 2,687	< 0,35	negativo
blue	10-14 ore	85-95%	2,687-4,83	0,35-0,2	accettabile
verde	> 14 ore	> 95%	> 4,83	> 0,2	buono

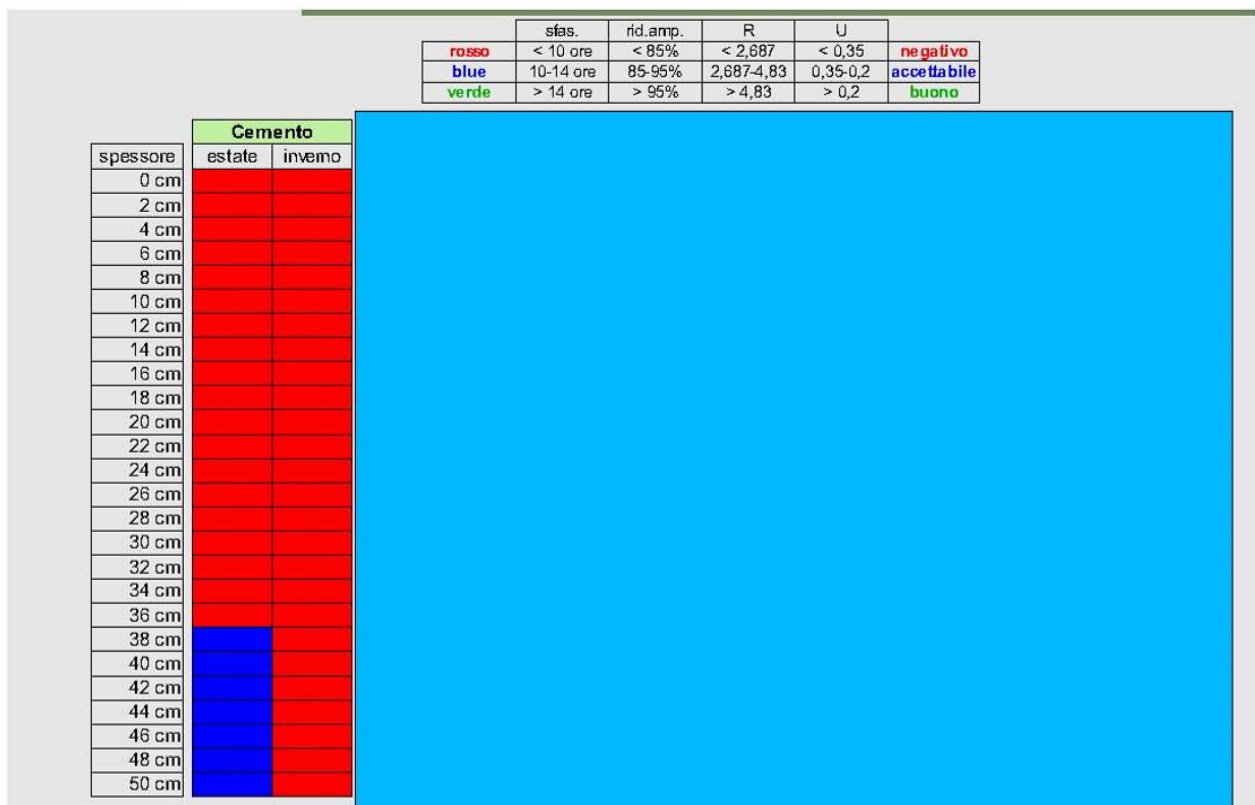




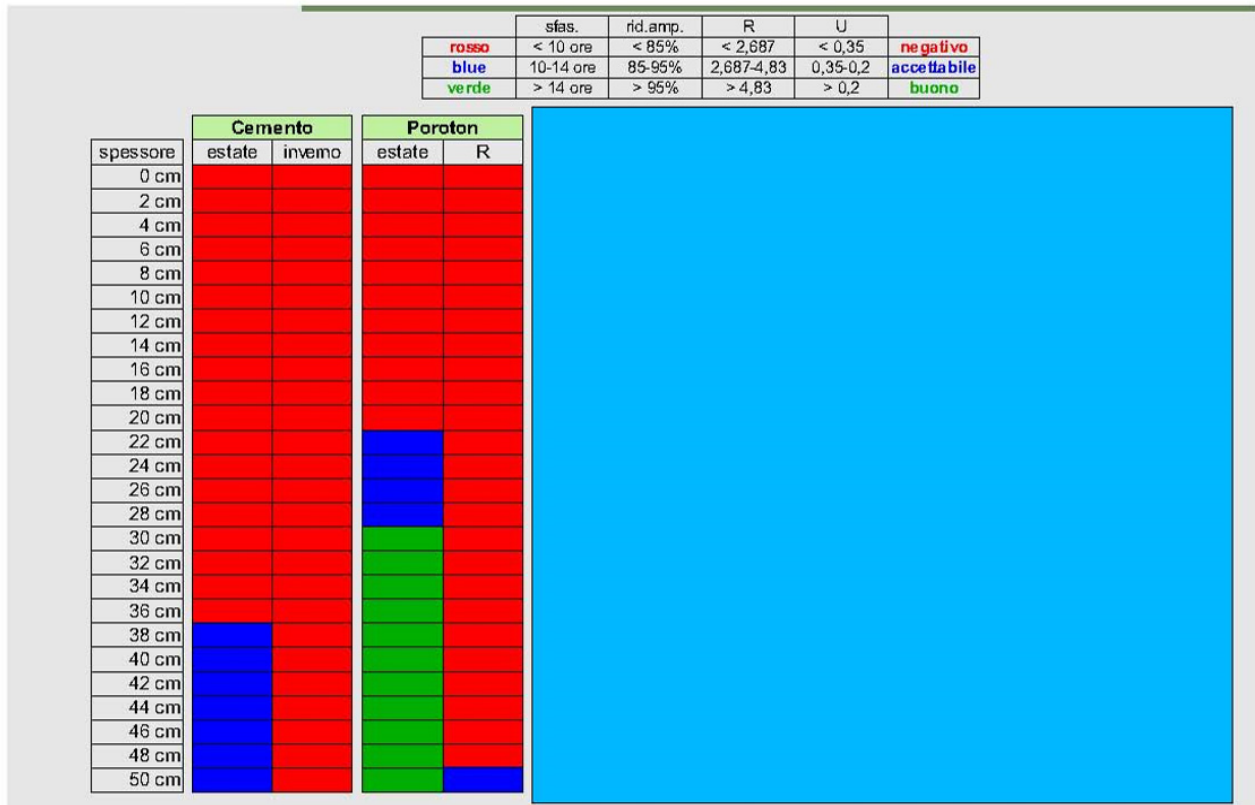
## Confronto prestazioni estate-inverno di materiali



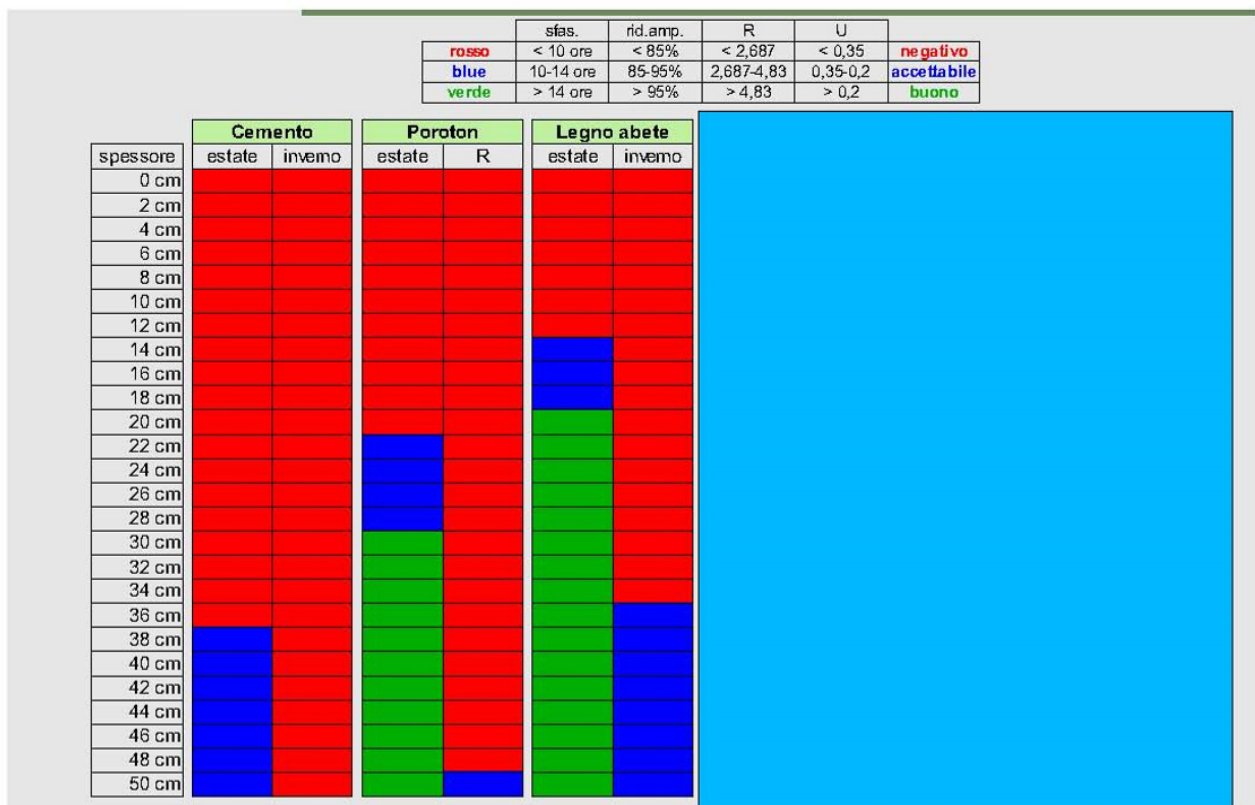
## Confronto prestazioni estate-inverno di materiali



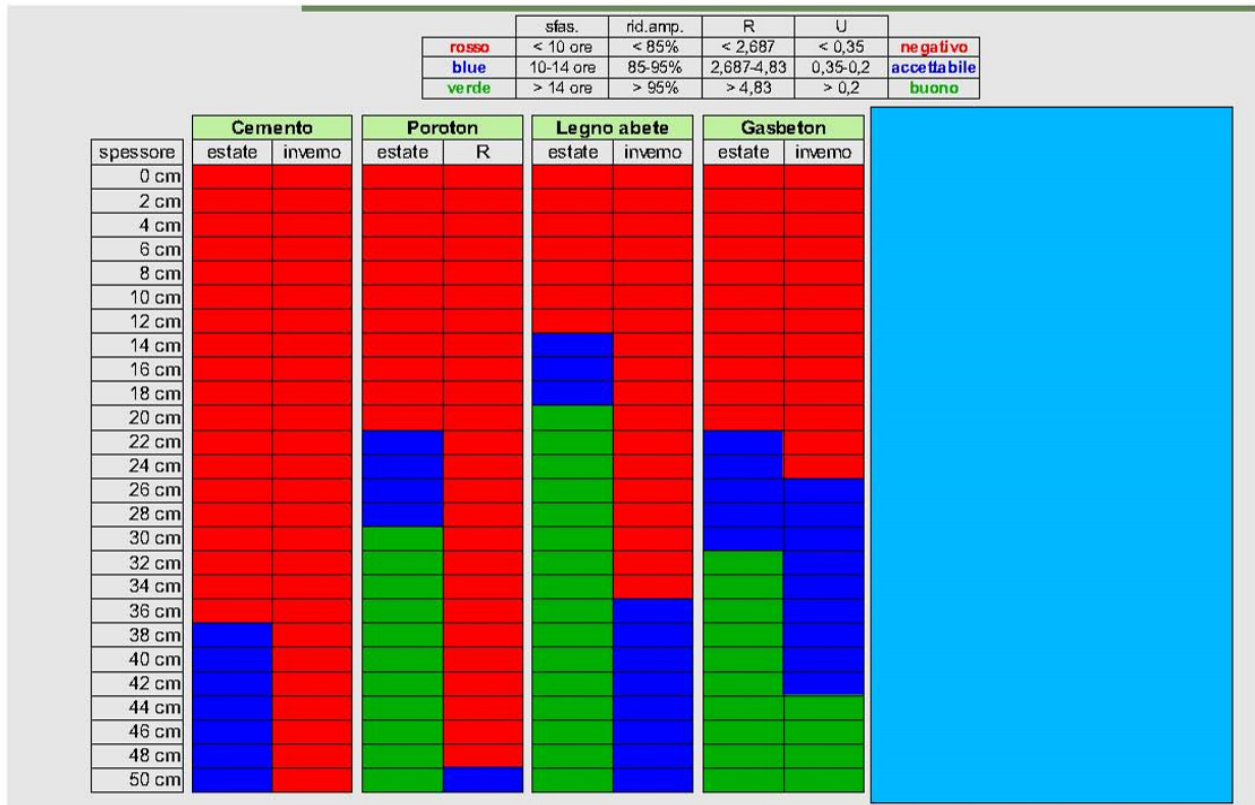
### Confronto prestazioni estate-inverno di materiali



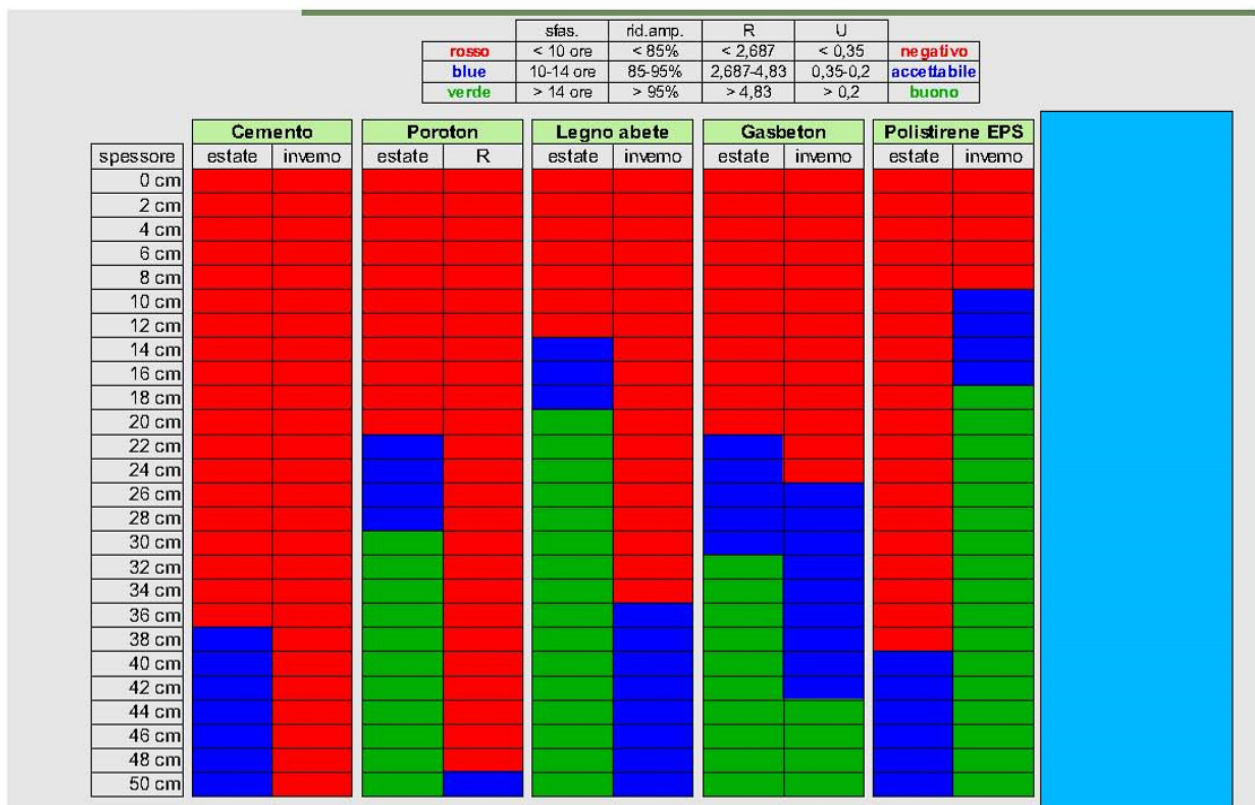
### Confronto prestazioni estate-inverno di materiali



## Confronto prestazioni estate-inverno di materiali

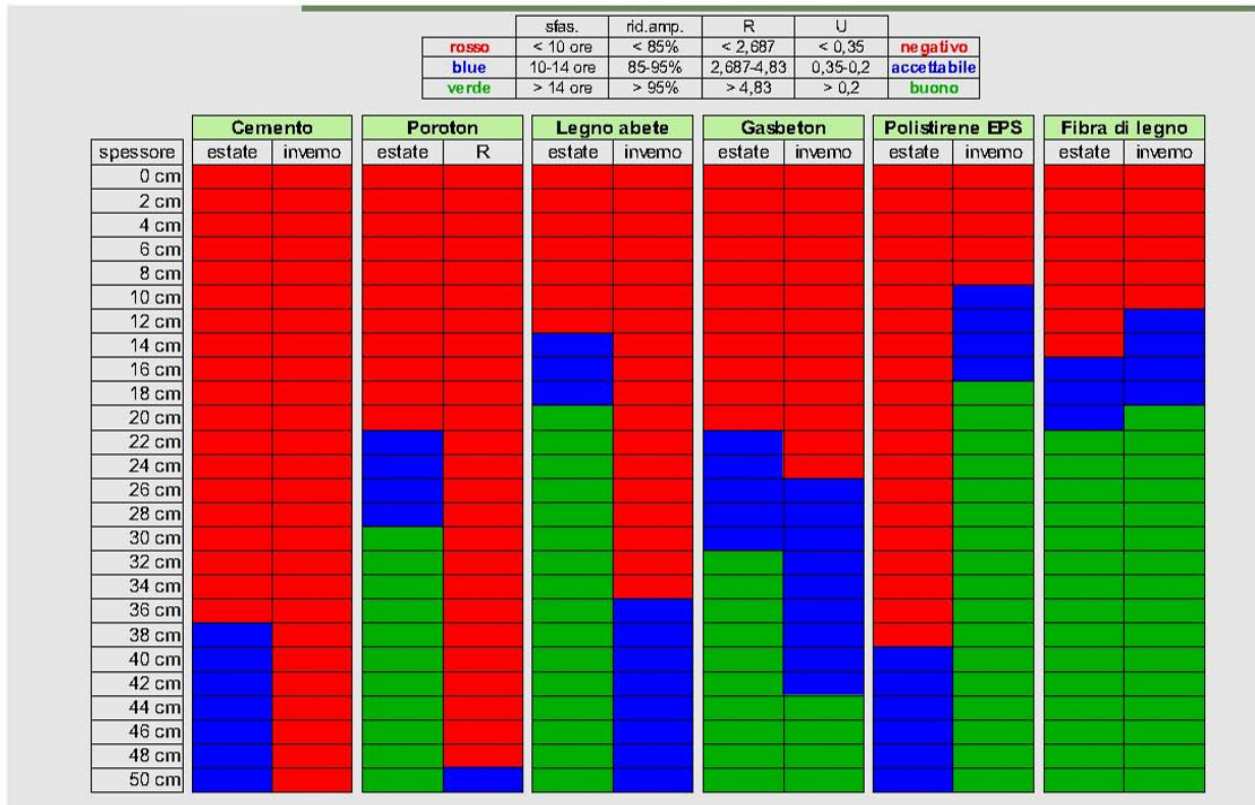


## Confronto prestazioni estate-inverno di materiali





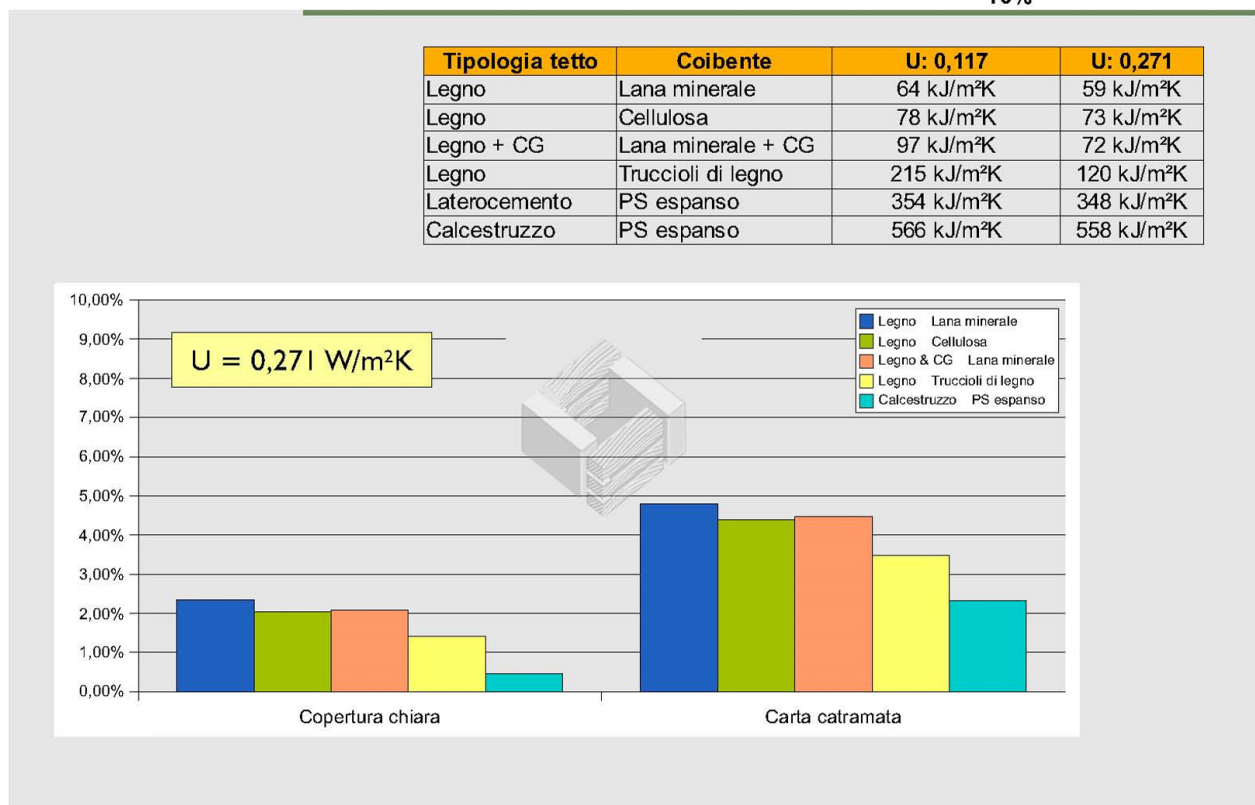
## Confronto prestazioni estate-inverno di materiali



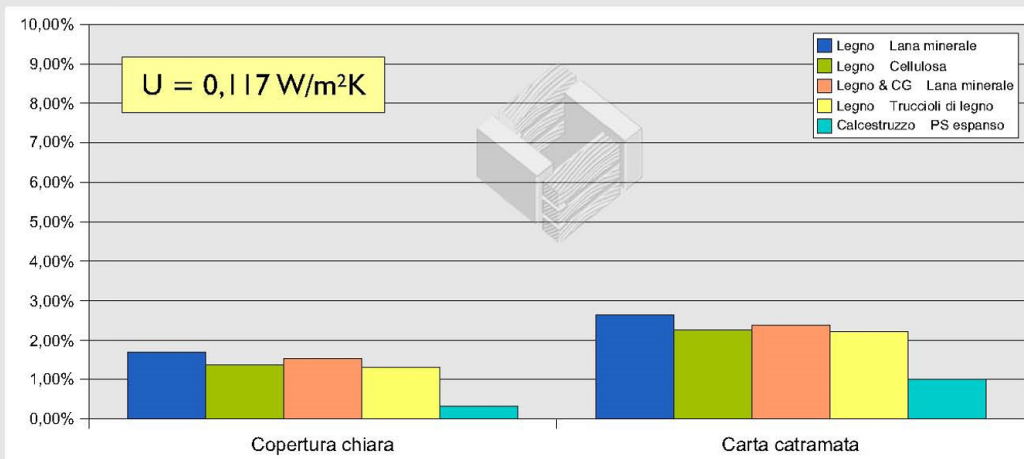
73

Günther Gantioler, TBZ

## OS<sub>10%</sub>: la massa



Tipologia tetto	Coibente	U: 0,117	U: 0,271
Legno	Lana minerale	64 kJ/m <sup>2</sup> K	59 kJ/m <sup>2</sup> K
Legno	Cellulosa	78 kJ/m <sup>2</sup> K	73 kJ/m <sup>2</sup> K
Legno + CG	Lana minerale + CG	97 kJ/m <sup>2</sup> K	72 kJ/m <sup>2</sup> K
Legno	Trucchioli di legno	215 kJ/m <sup>2</sup> K	120 kJ/m <sup>2</sup> K
Laterocemento	PS espanso	354 kJ/m <sup>2</sup> K	348 kJ/m <sup>2</sup> K
Calcestruzzo	PS espanso	566 kJ/m <sup>2</sup> K	558 kJ/m <sup>2</sup> K



Fonte: PHI, Dr. Feist

75

Günther Gantioler, TBZ



76

Günther Gantioler, TBZ

## Test Blower Door



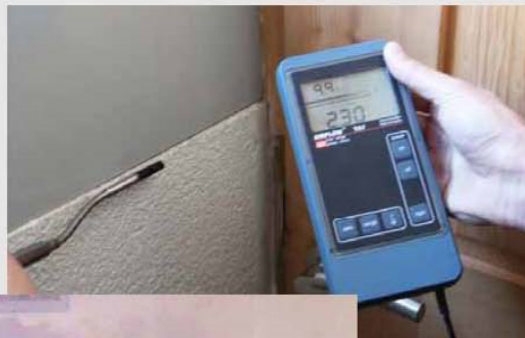
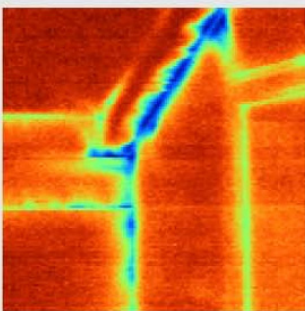
Si misura il valore

**n50**

per definire la tenuta  
all'aria di un'edificio.

UNI EN 13829: 2003

## Test permeabilità all'aria

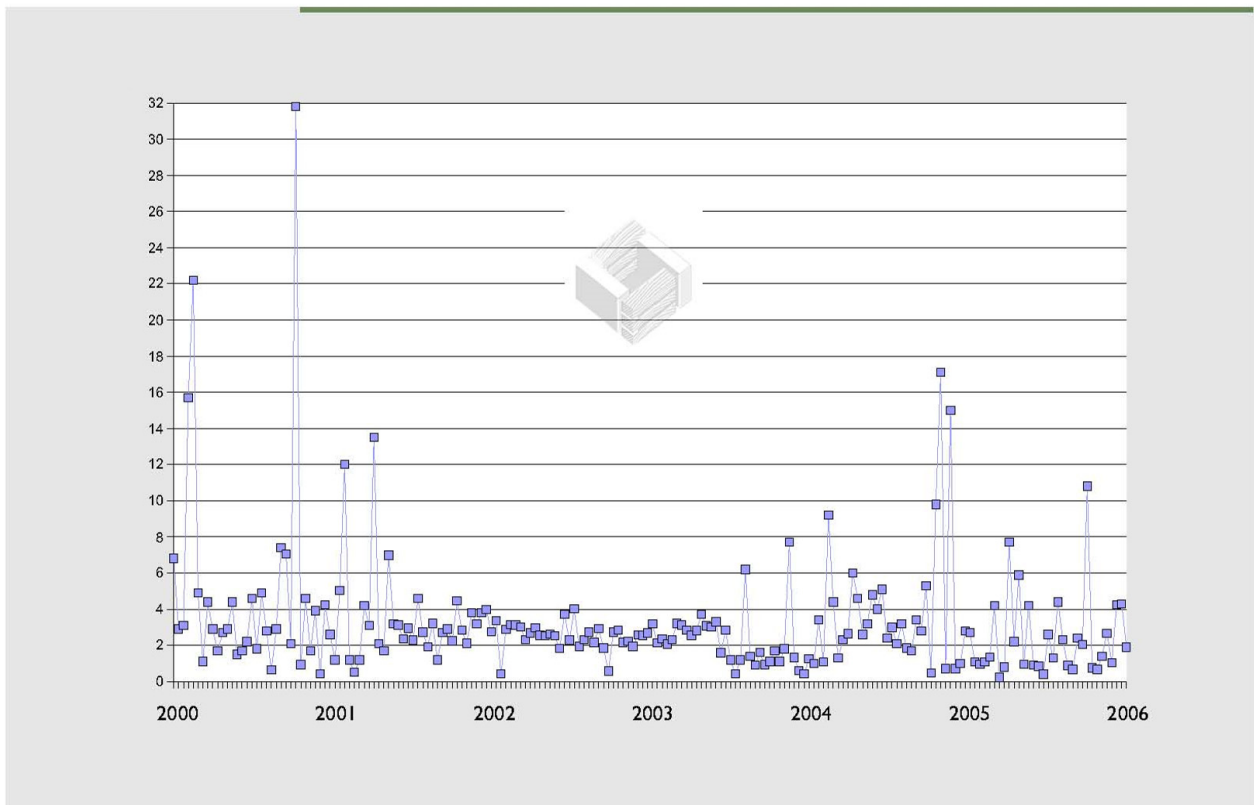




## Tenuta all'aria nelle case in legno

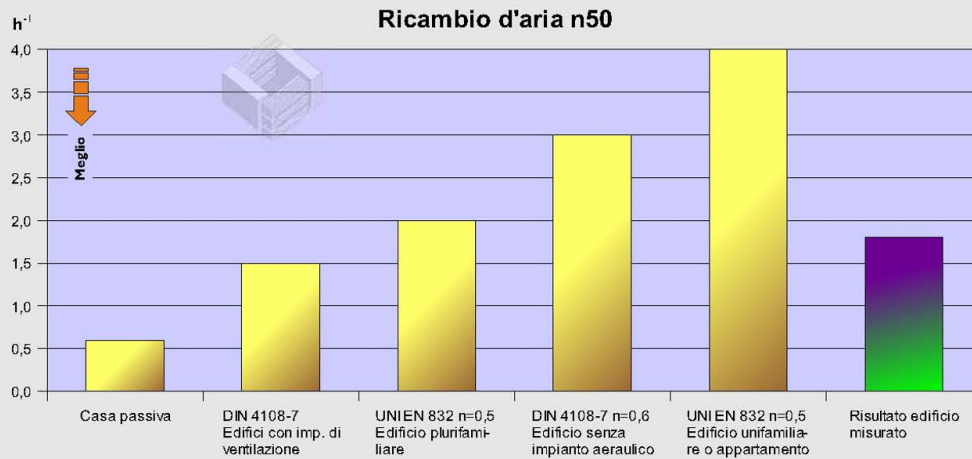


## Risultati dei test n50 TBZ

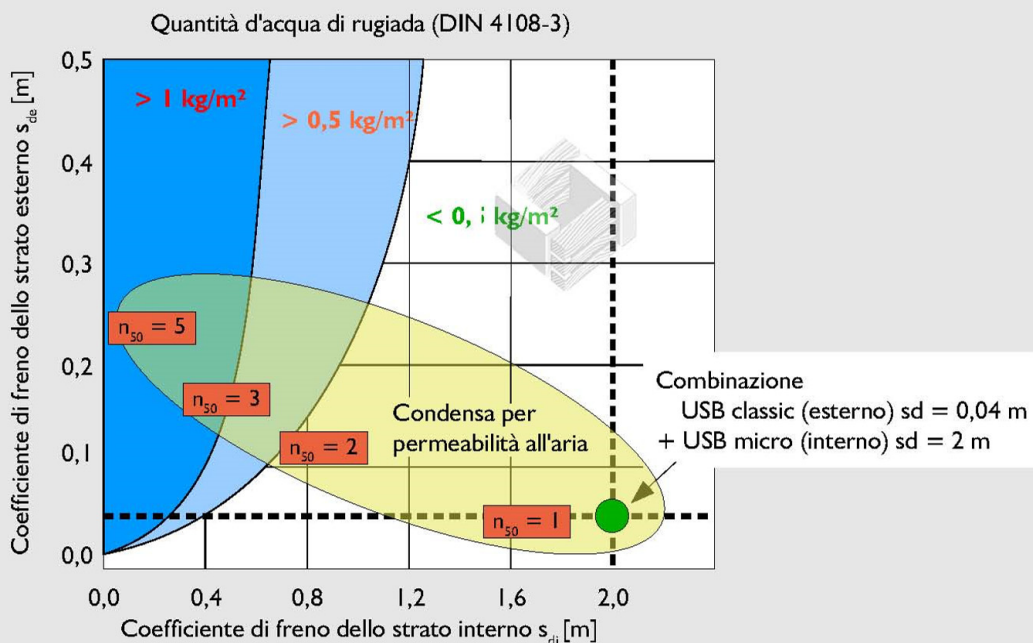


## BlowerDoor: valori n50 per n= 0,5

	<i>Casa passiva</i>	<i>DIN 4108-7</i> <i>Edifici con imp. di ventilazione</i>	<i>UNI EN 832</i> <i>n=0,5</i> <i>Edificio plurifamiliare</i>	<i>DIN 4108-7</i> <i>n=0,6</i> <i>Edificio senza impianto aerulico</i>	<i>UNI EN 832</i> <i>n=0,5</i> <i>Edificio unifamiliare o appartamento</i>	<i>Risultato edificio misurato</i>
<b>n50</b>	<b>0,6</b>	<b>1,5</b>	<b>2,0</b>	<b>3,0</b>	<b>4,0</b>	<b>1,8</b>



## Condense e tenute all'aria





## Günther Gantioler

TBZ - Centro di Fisica Edile

Via Maso della Pieve 60a, I-39100 Bolzano

Via Buozzi 71, I-41100 Modena

Tel: 0471 251701 Fax: 0471 252621

Web: [www.tbz.bz](http://www.tbz.bz) Email: [info@tbz.bz](mailto:info@tbz.bz)

**FISICA TECNICA CERTIFICAZIONI MISURE CORSI**