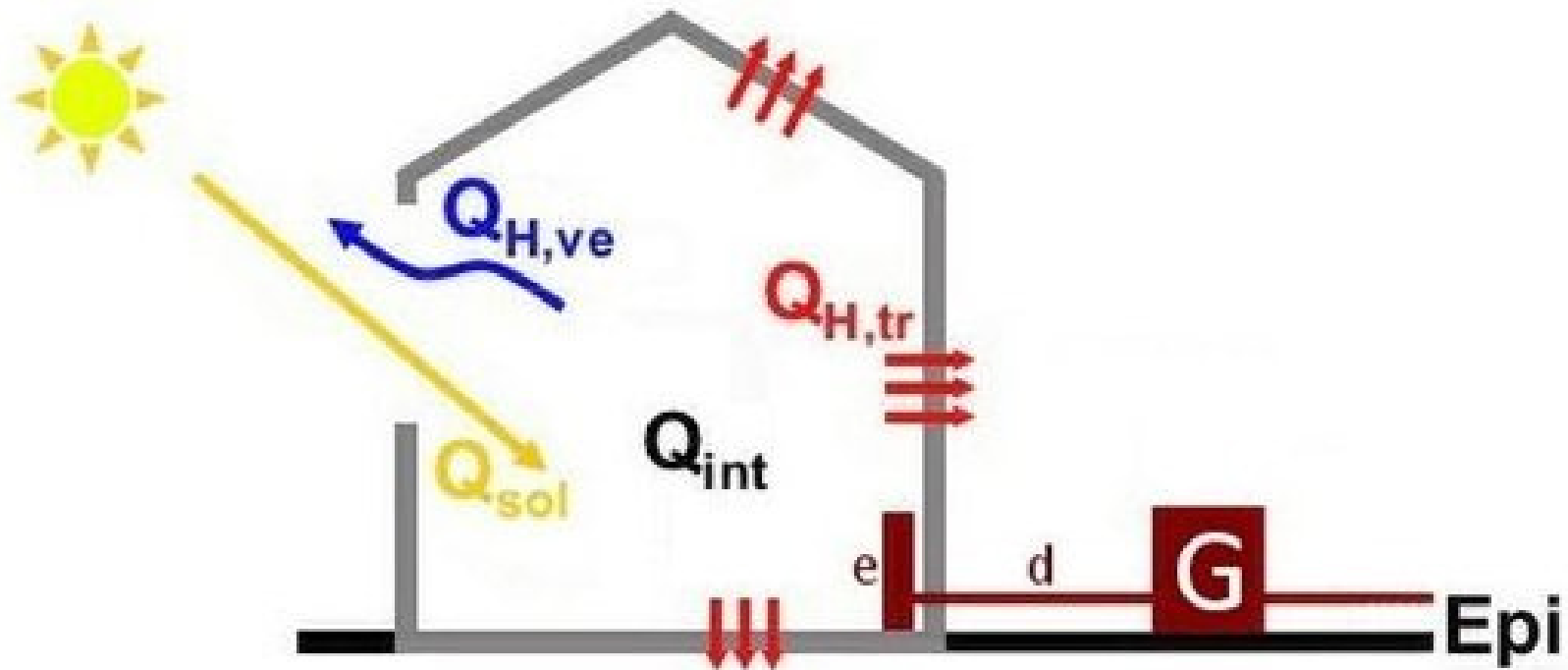



Efficienza energetica degli edifici e
valutazione della trasmittanza termica




Prof. Arch. Silvia Brunoro

silvia.brunoro@unife.it



In occasione del Rio Earth Summit del 1992 è stata stipulata la "**Convezione Quadro delle Nazioni Unite sui Cambiamenti Climatici**", con l'obiettivo di *"stabilizzare le concentrazioni nell'atmosfera dei gas ad effetto serra ad un livello tale da impedire pericolose interferenze di origine umana con il sistema climatico"*.

Per dare attuazione alla Convenzione, è stato redatto il **Protocollo di Kyoto** (1997), che impegna i Paesi industrializzati e quelli in economia di transizione, a ridurre le emissioni di gas serra, attraverso:

- 
- **la promozione dell'efficienza energetica**
 - **lo sviluppo di fonti rinnovabili di energia**
 - la protezione e l'estensione delle foreste
 - la promozione dell'agricoltura sostenibile
 - la limitazione e la riduzione della produzione di metano nelle discariche di rifiuti
 - misure fiscali appropriate per disincentivare le emissioni di gas serra.

**DIRETTIVA 2002/91/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO
del 16 dicembre 2002 sul rendimento energetico nell'edilizia**

L'obiettivo della Direttiva è di “[...] *promuovere uno strumento per il miglioramento del rendimento energetico degli edifici e la salvaguardia ambientale nella Comunità, tenendo conto delle condizioni locali e climatiche esterne, nonché delle prescrizioni per quanto riguarda il clima degli ambienti interni e l'efficacia sotto il profilo dei costi*” (art. 1).

Rendimento energetico di un edificio (Energy Performance of Building)

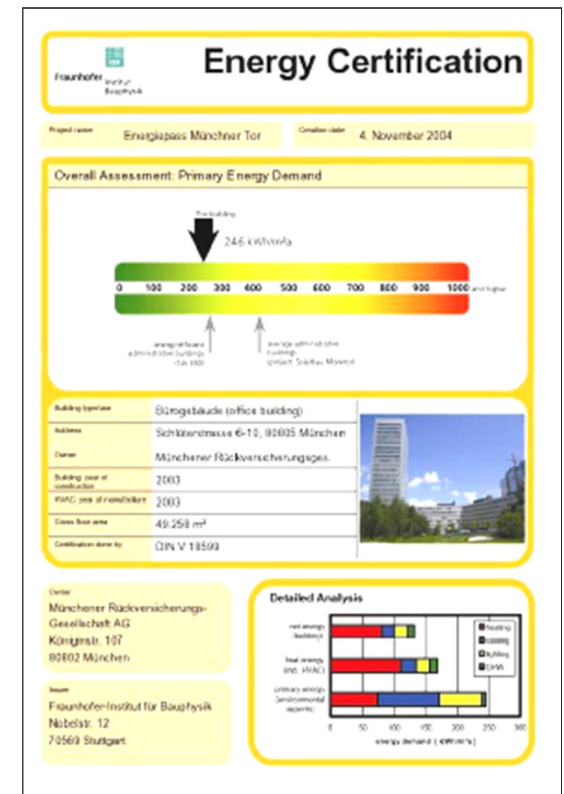
La definizione proposta considera per la prima volta la prestazione globale di un edificio, includendo tutti gli effettivi consumi (anche basati su un modello standard) tra cui la climatizzazione estiva e i consumi per l'illuminazione artificiale.

- Istituire una metodologia per un calcolo integrato delle prestazioni energetiche generali delle costruzioni;
- Definire i requisiti minimi di rendimento energetico per ciascuna nazione;
- Certificare il rendimento energetico per gli edifici di nuova costruzione e ristrutturazioni;
- Ottimizzare il funzionamento dei sistemi di riscaldamento e raffrescamento intergandoli con energie rinnovabili.

Misure di accompagnamento insufficienti

Non ancora pubblicate le Norme Tecniche Europee da parte del CEN (Comitato Europeo)

Possibili disomogeneità a livello nazionale





Ready for

2020?



PACCHETTO CLIMA – ENERGIA (2007)

OBIETTIVI UE AL 2020:

- Ridurre del 20% le emissioni di gas a effetto serra
- Aumentare al 20% l'uso di fonti rinnovabili

LA DIRETTIVA 2010/31/UE

Recepita dagli Stati membri entro il 9 luglio 2012

Risparmio energetico in edilizia inattuato (Introduzione, comma 7)

“E' necessario predisporre interventi più concreti al fine di realizzare il grande potenziale di risparmio energetico nell'edilizia, tuttora inattuato, e di ridurre l'ampio divario tra i risultati dei diversi Stati membri in questo settore.”

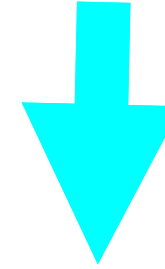
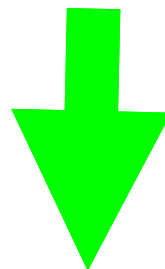
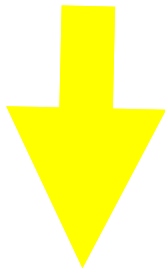


**PACCHETTO
CLIMA ENERGIA**

**RIDUZIONE DEL
20% DELLE
EMISSIONI DI GAS
SERRA**

**AUMENTO DEL 20%
DELL' ENERGIA
PRODOTTA DA FONTI
RINNOVABILI**

**AUMENTO DEL 20%
DELL' EFFICIENZA
DEGLI USI FINALI**



2010/31/UE

2018/844/EU

2009/28/UE

2012/27/UE

2010/30/UE

Osservatorio degli edifici a energia quasi zero (nZEB) in Italia

2016-2018



Ezilda Costanzo, Rossano Basili, Francesca Hugony, Monica Misceo
Rosilio Pallottelli, Fabio Zanghirella, Nicola Labia



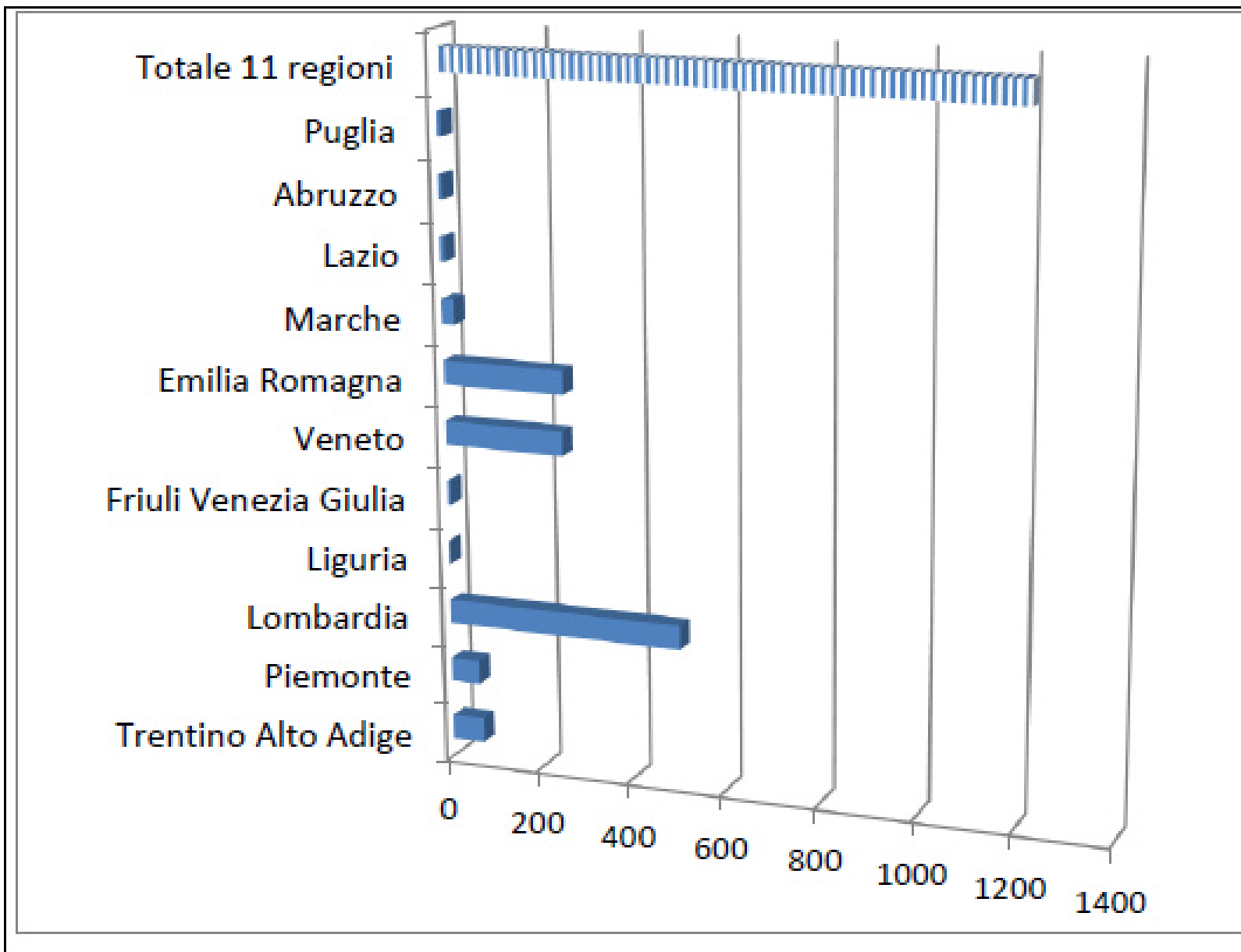


Figura 7. Numero di edifici nZEB in 11 regioni italiane (gennaio 2016- giugno 2018)

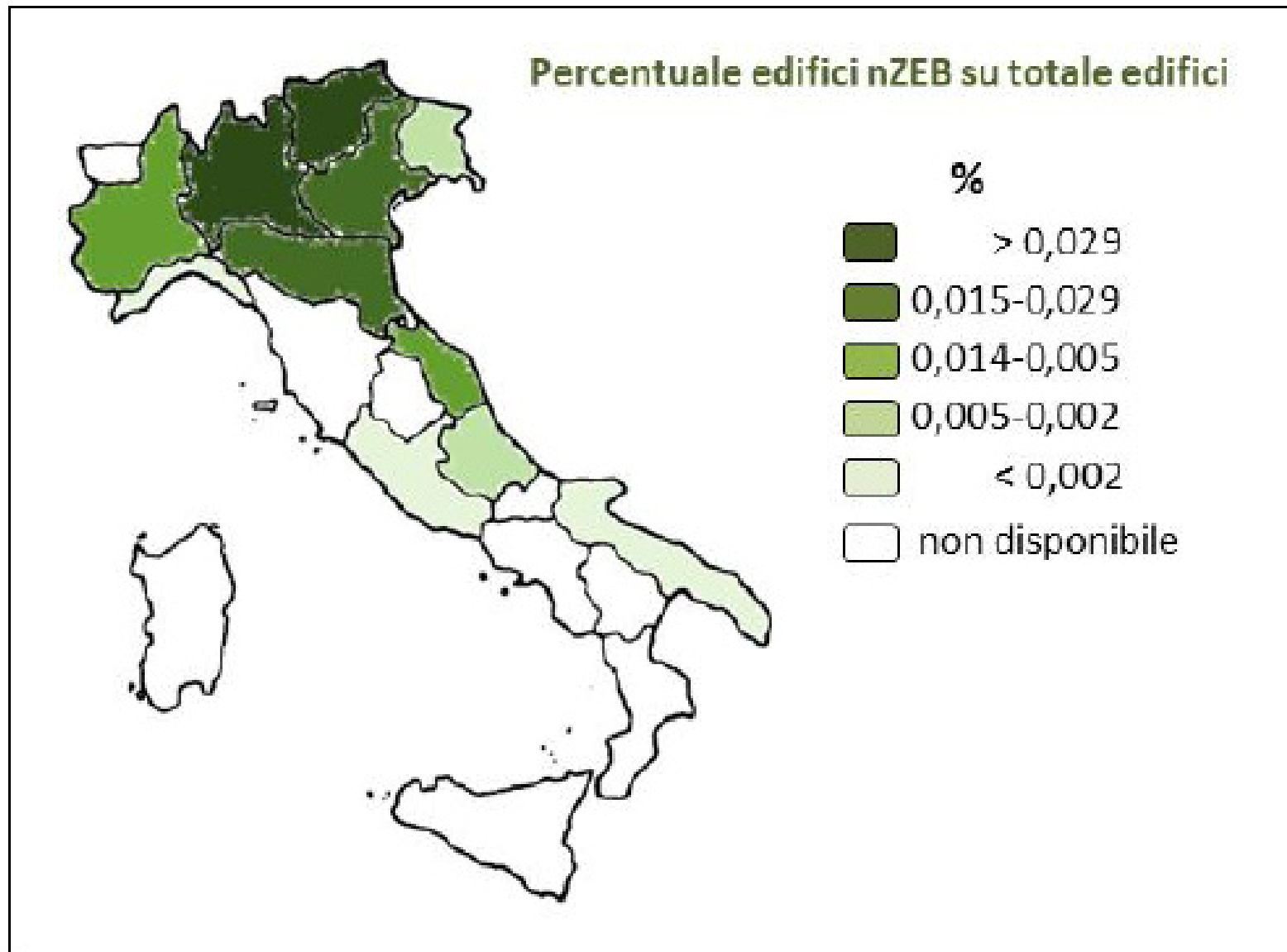


Figura 8. Percentuale (%) di edifici nZEB su totale edifici per regione (*al 30.06.2018)

La certificazione energetica e ambientale degli edifici come strumento di incentivazione di buone pratiche nel settore edile



PRESTAZIONE ENERGETICA GLOBALE



FABBRICATO

INVERNO

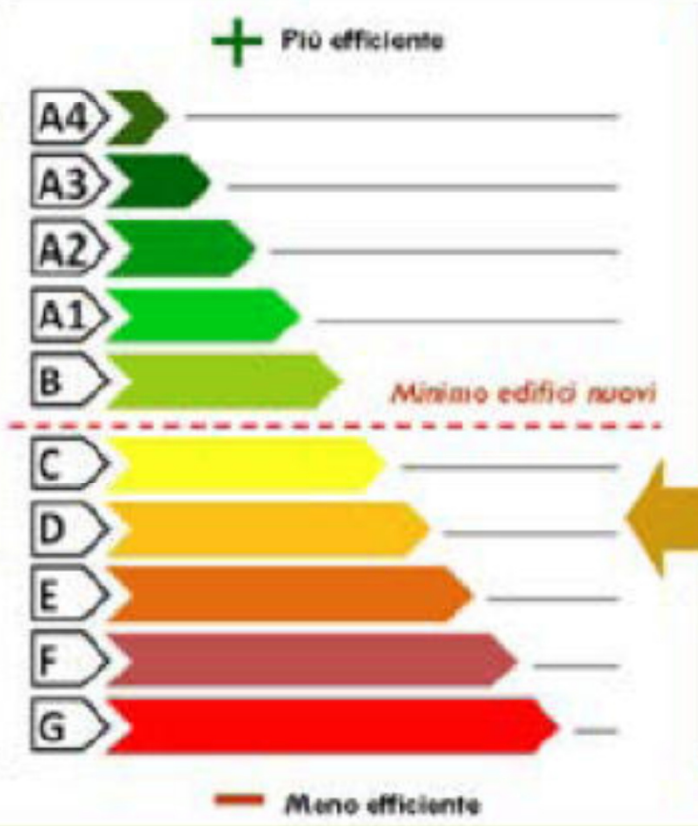
😊 😐 😞

FABBRICATO

ESTATE

😊 😐 😞

EDIFICIO A ENERGIA QUASI ZERO



CLASSE ENERGETICA

X

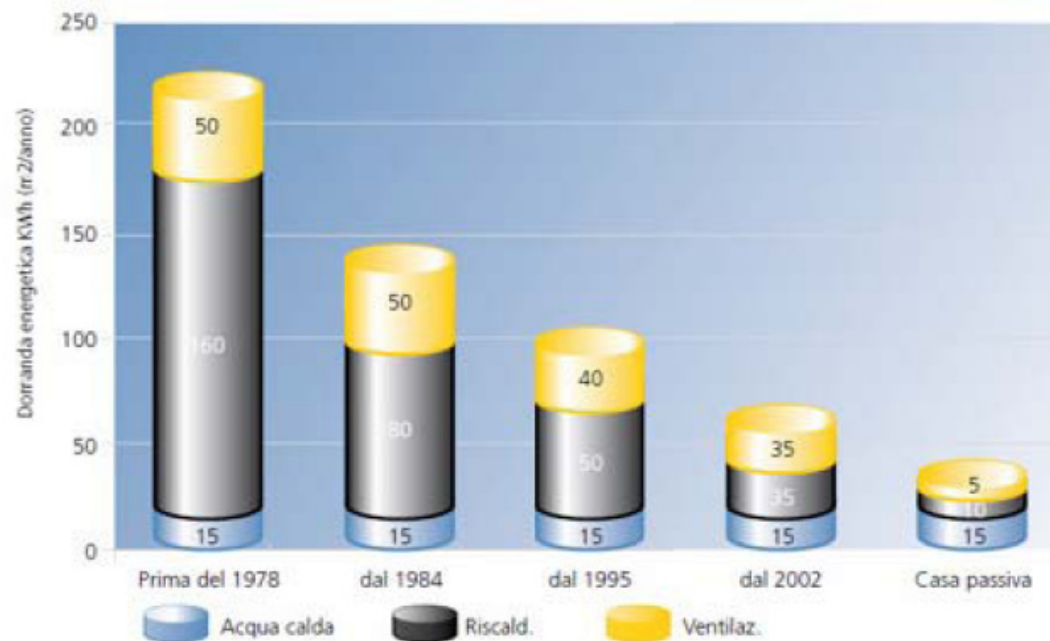
EP_{glnr}

kWh/m² anno

**Attuazione della direttiva 2002/91/CE (Poi 2010/31/EU, oggi 2018/844/EU)
relativa al rendimento energetico nell'edilizia
DECRETO REQUISITI MINIMI 26 06 2015**

PRESTAZIONE ENERGETICA DI UN EDIFICIO

quantità annua di **ENERGIA PRIMARIA** effettivamente (o previsionale, cioè derivante da ipotesi progettuali) consumata per soddisfare le esigenze energetiche di un edificio in ordine di: 1. climatizzazione invernale 2. climatizzazione estiva, 3. ACS, 4. ventilazione, e, attualmente solo per il settore terziario, 5. illuminazione, 6. impianti di movimentazione (ascensori e scale mobili). Si misura in **kWh/m²/anno** → valutazione del comfort interno



Quali sono le caratteristiche di un edificio ad elevata efficienza energetica?

Isolamento termico

Serramenti ad alte prestazioni

Tenuta all'aria
(non stagna-capacità di traspirare)

Ventilazione controllata

Correzione ponti termici

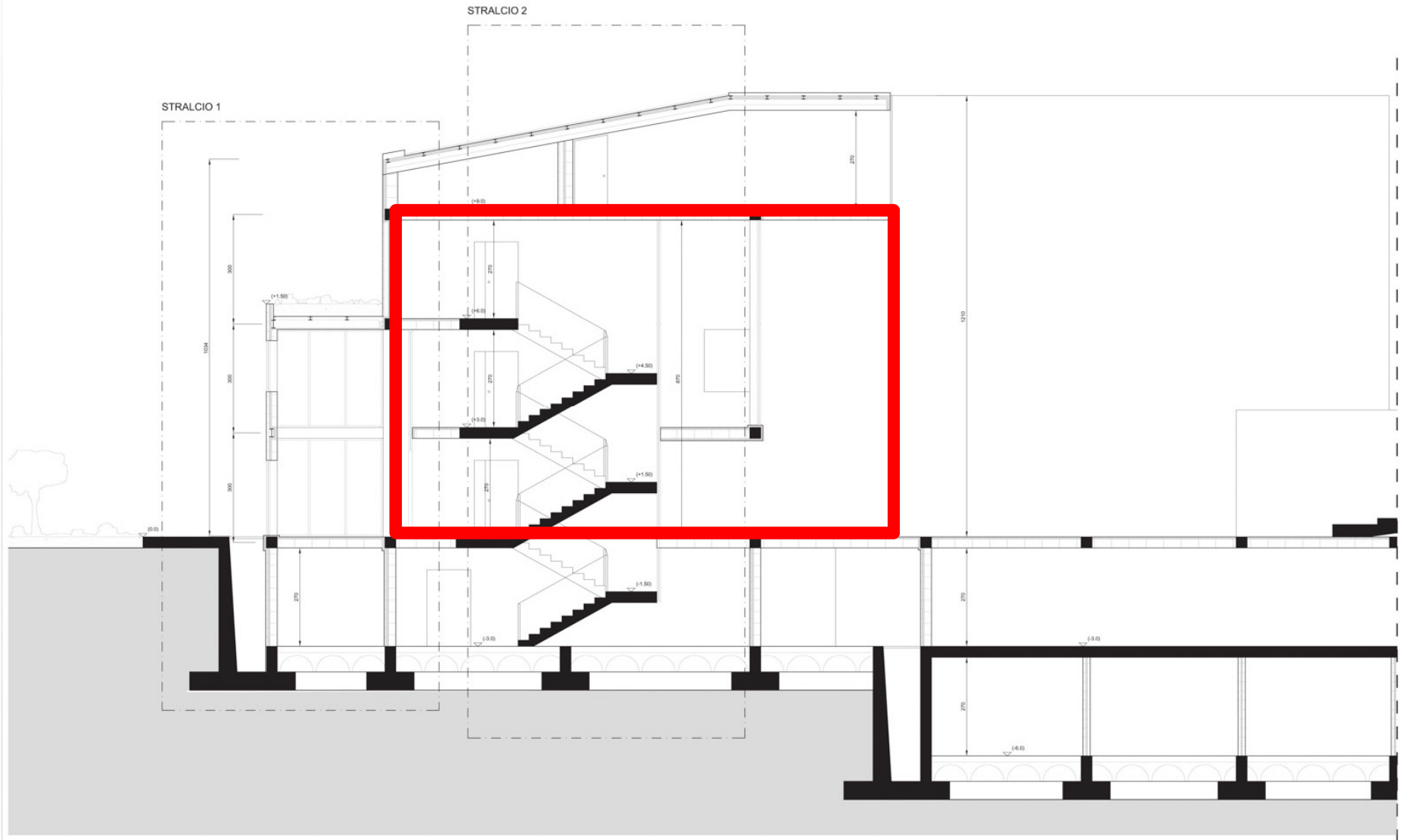
Massa/inerzia termica



Geometria

Ombreggiamento

Orientamento



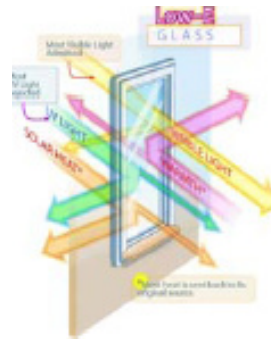
NZEB, Soluzioni Tecniche



Isolamento



Inerzia termica



Vetri performanti



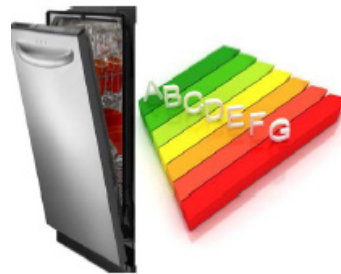
Daylighting



Controllo solare



HVAC



Elettrodomestici



Building Control Automation



Illuminazione artificiale



Fotovoltaico



Solare Termico



Microeolico

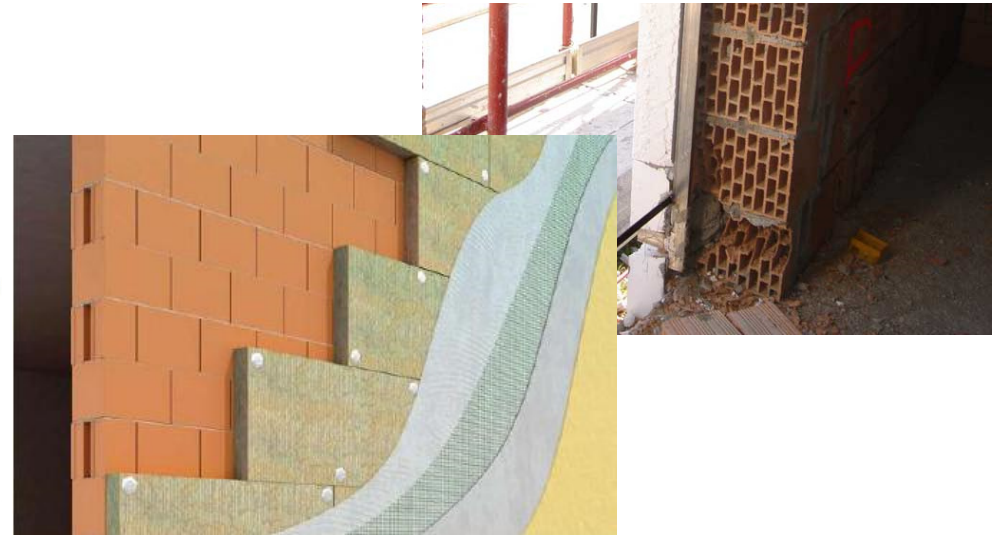
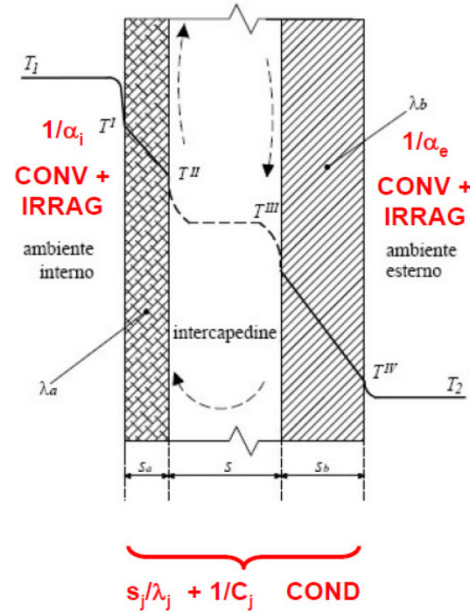


Biomasse

IL RUOLO DELL'INVOLUCRO - INVERNO

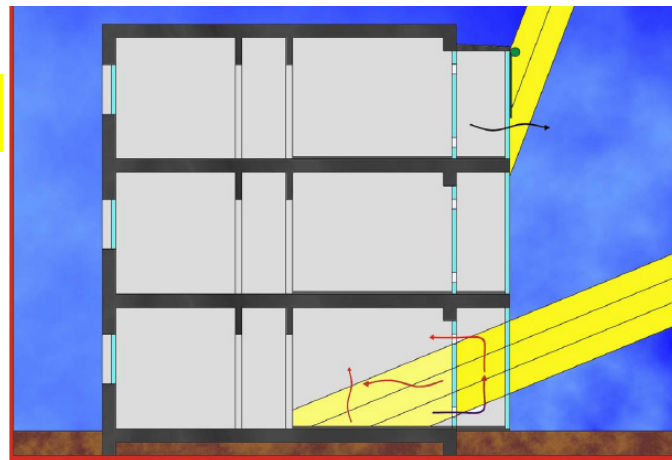
ISOLARE

Protezione dal freddo



GUADAGNARE

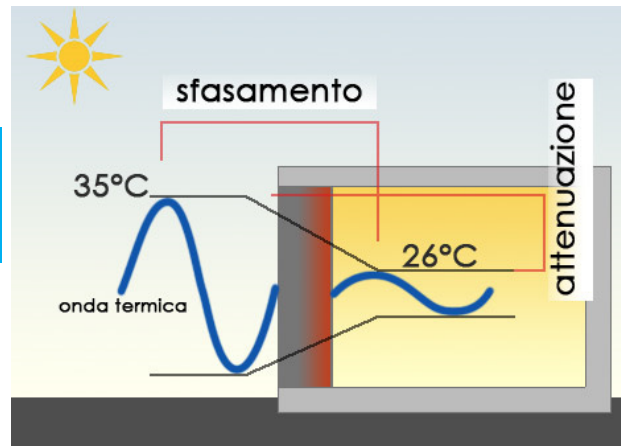
Accumulo energia solare



IL RUOLO DELL'INVOLUCRO - ESTATE

RAFFRESCARE ATTENUARE

Inerzia
Ventilazione
passiva



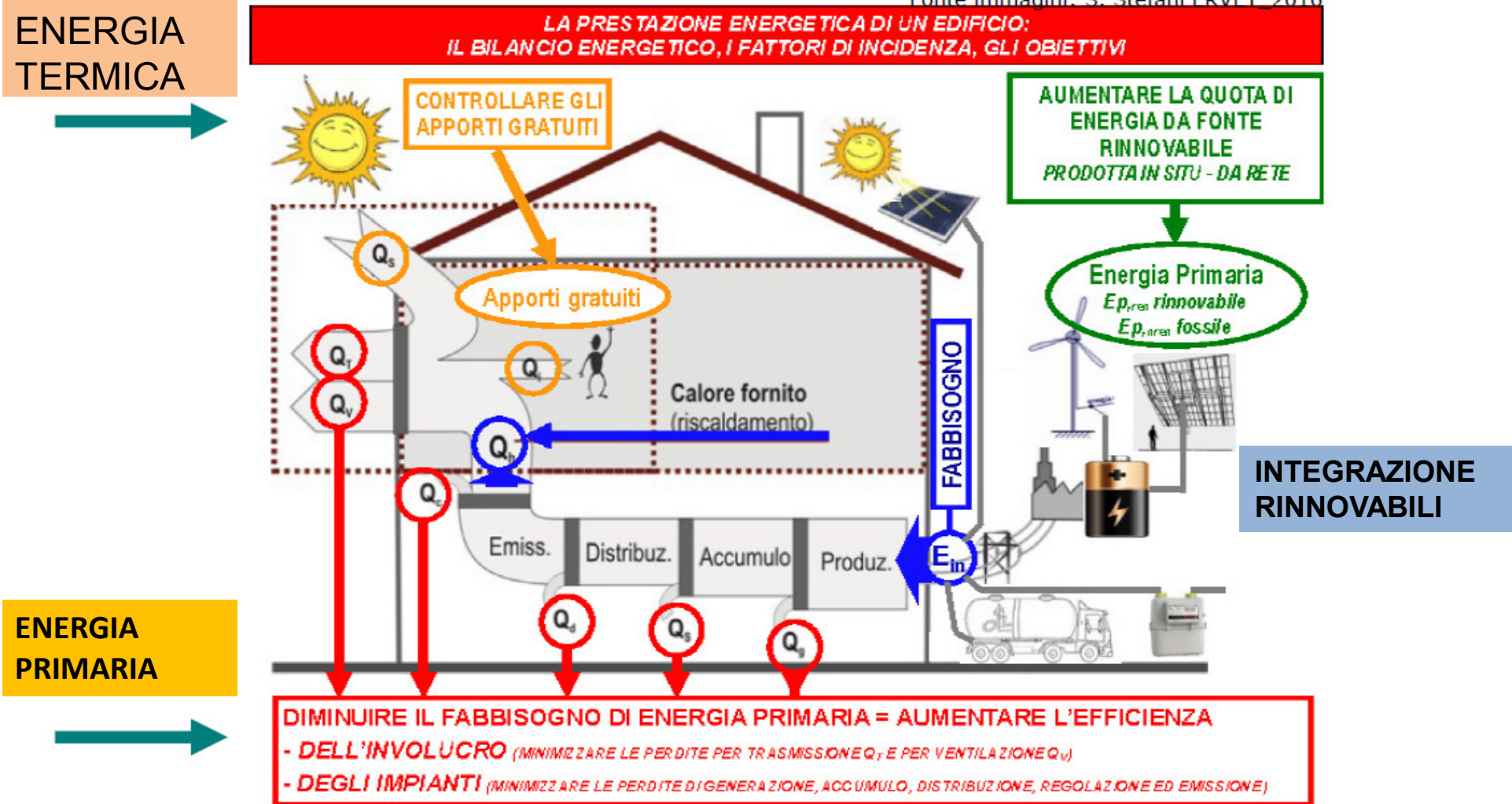
SCHERMARE

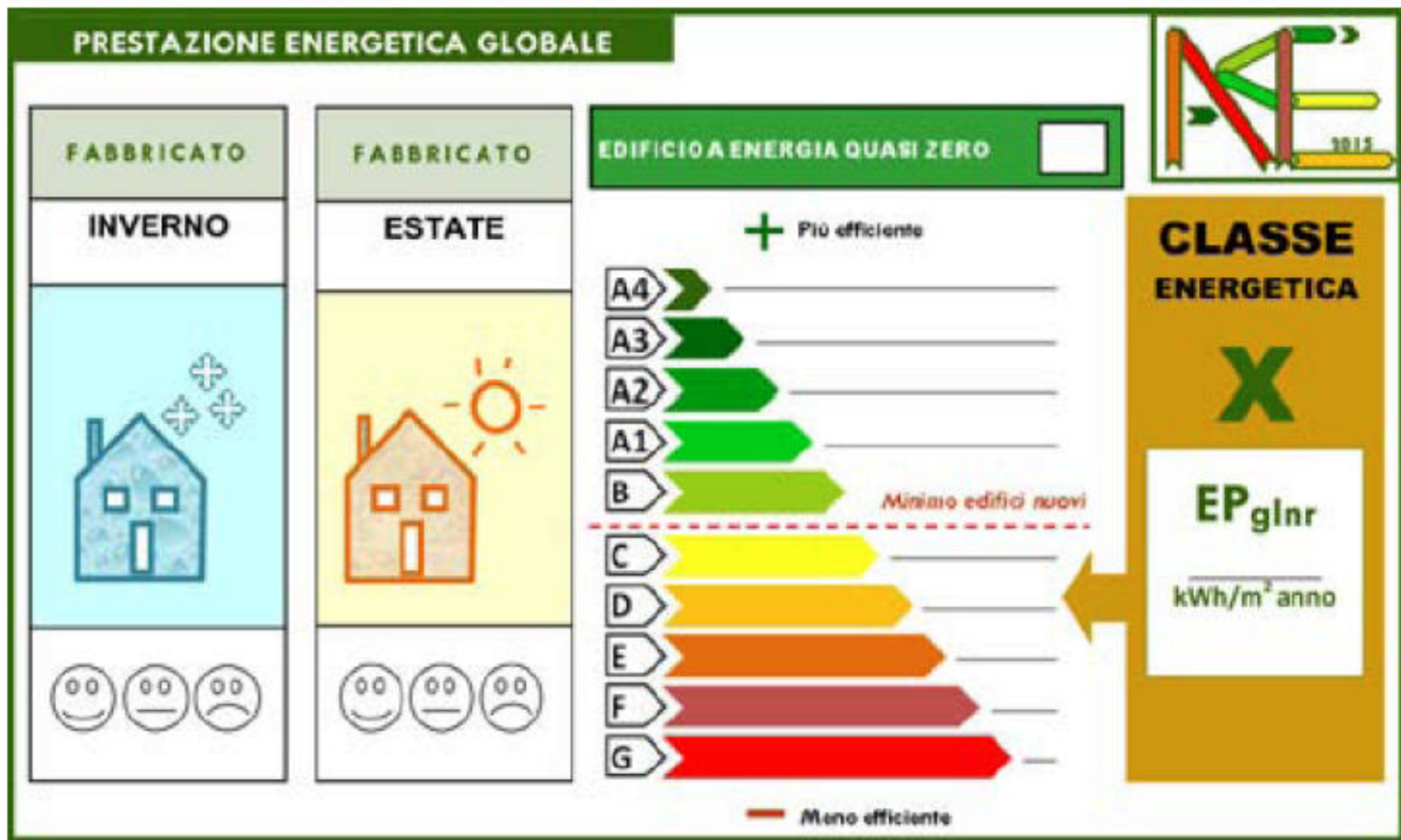
Controllo
solare



SISTEMA EDIFICIO - IMPIANTO

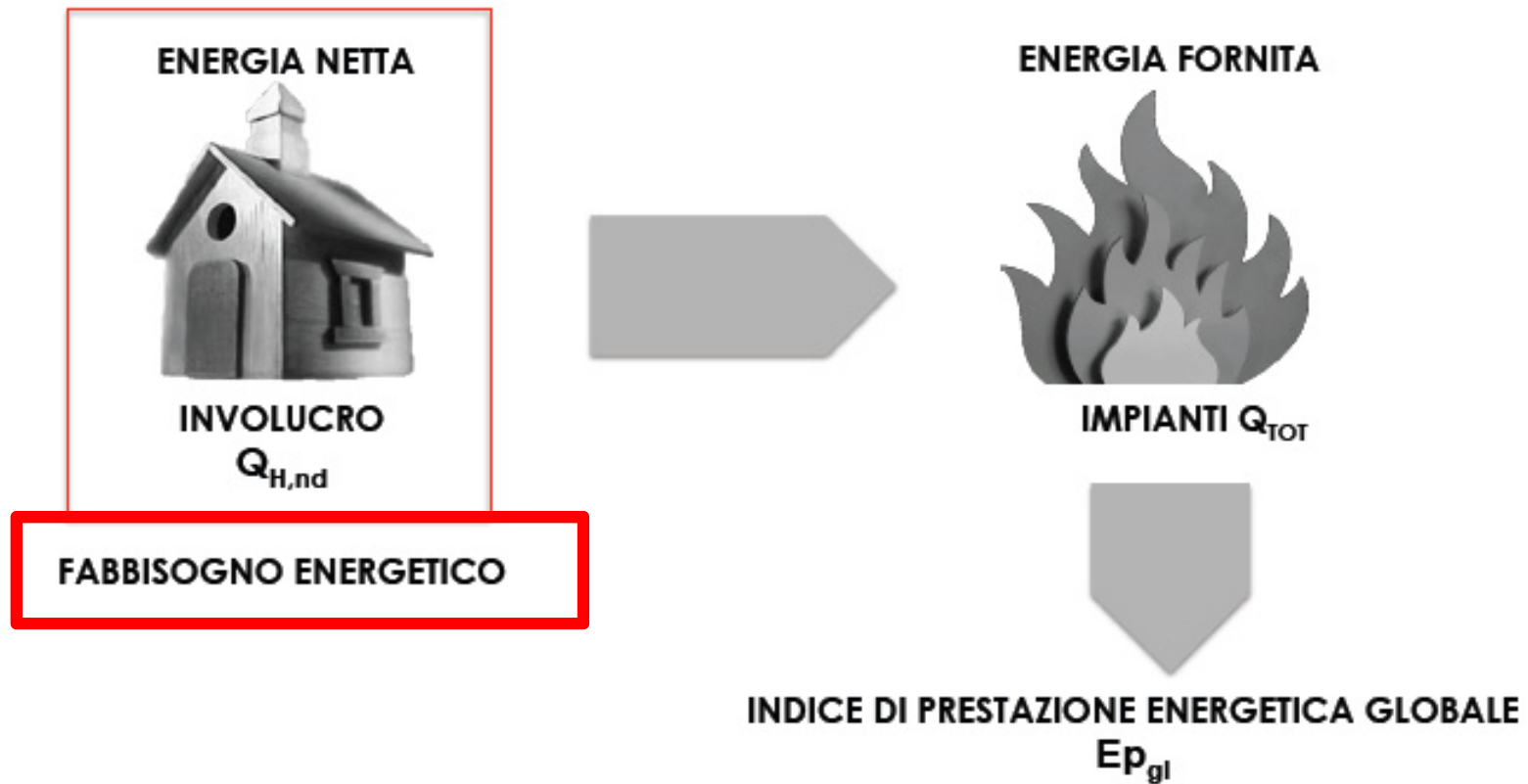
Fonte immagini: S. Stefani ERVET_2016



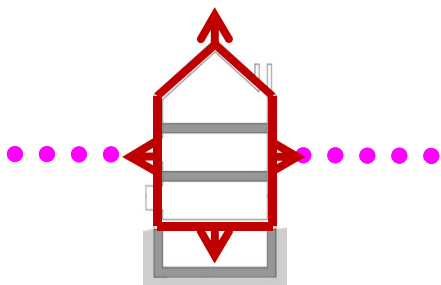


EP = INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA GLOBALE

IL SISTEMA EDIFICIO - IMPIANTO

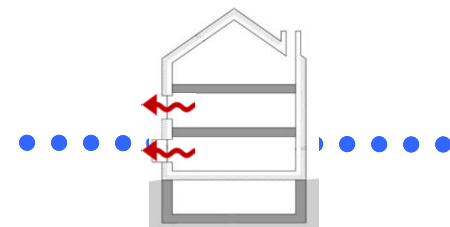


DISPERSIONI



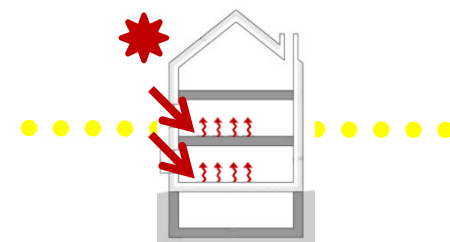
di calore per trasmissione
(trasmittanza U, ponti termici ecc.)

DISPERSIONI



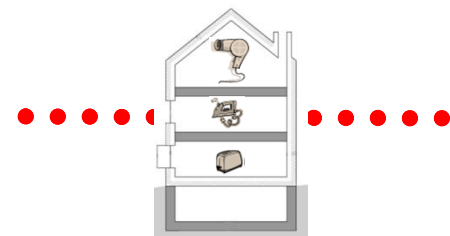
di calore per ventilazione
(VMC, tenuta all'aria ecc)

GUADAGNI



termici solari
(orientamento, sistemi passivi es. serre)

GUADAGNI



per carichi interni
(dipende dalla destinazione d'uso dell'edificio)

Fabbisogno termico dell'edificio
ENERGIA NETTA SISTEMA INVOLUCRO

METODOLOGIA DI CALCOLO

- Norma tecnica UNI TS 11300
- Parte 1: Calcolo del fabbisogno di energia netta/utile
O TERMICA (SOLO INVOLUCRO)

Fabbisogno di energia netta:

$$Q_{H,nd} = Q_{H,tr} + Q_{H,ve} - n_{H,nd} * (Q_{sol} + Q_{int}) \quad [kWh/m^2]$$

$Q_{H,nd}$: fabbisogno di energia netta dell'edificio (invernale o estivo);

$Q_{H,tr}$: perdite di energia termica per trasmissione;

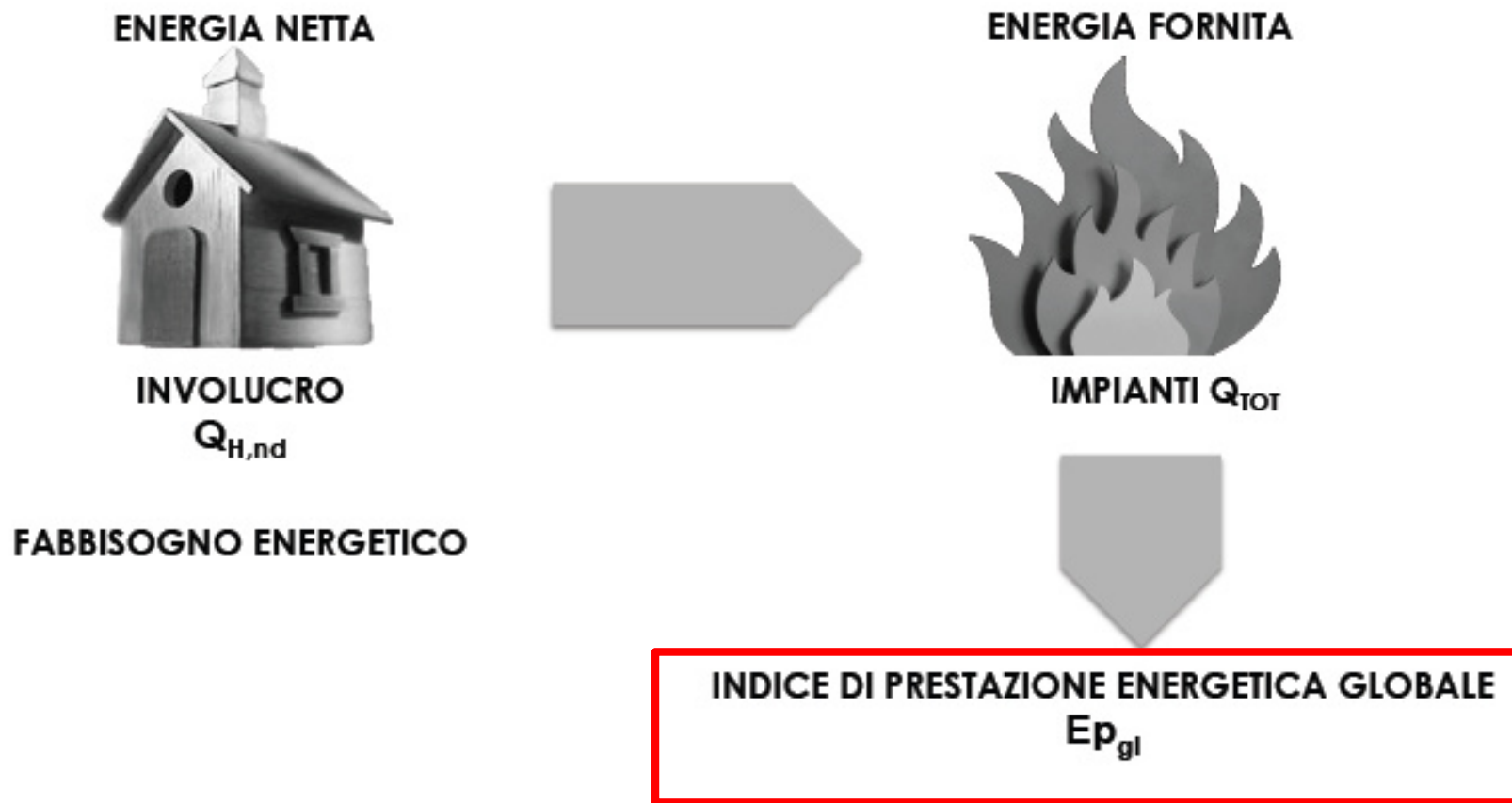
$Q_{H,ve}$: perdite di energia termica per ventilazione;

$n_{H,nd}$: fattore di utilizzazione degli apporti termici

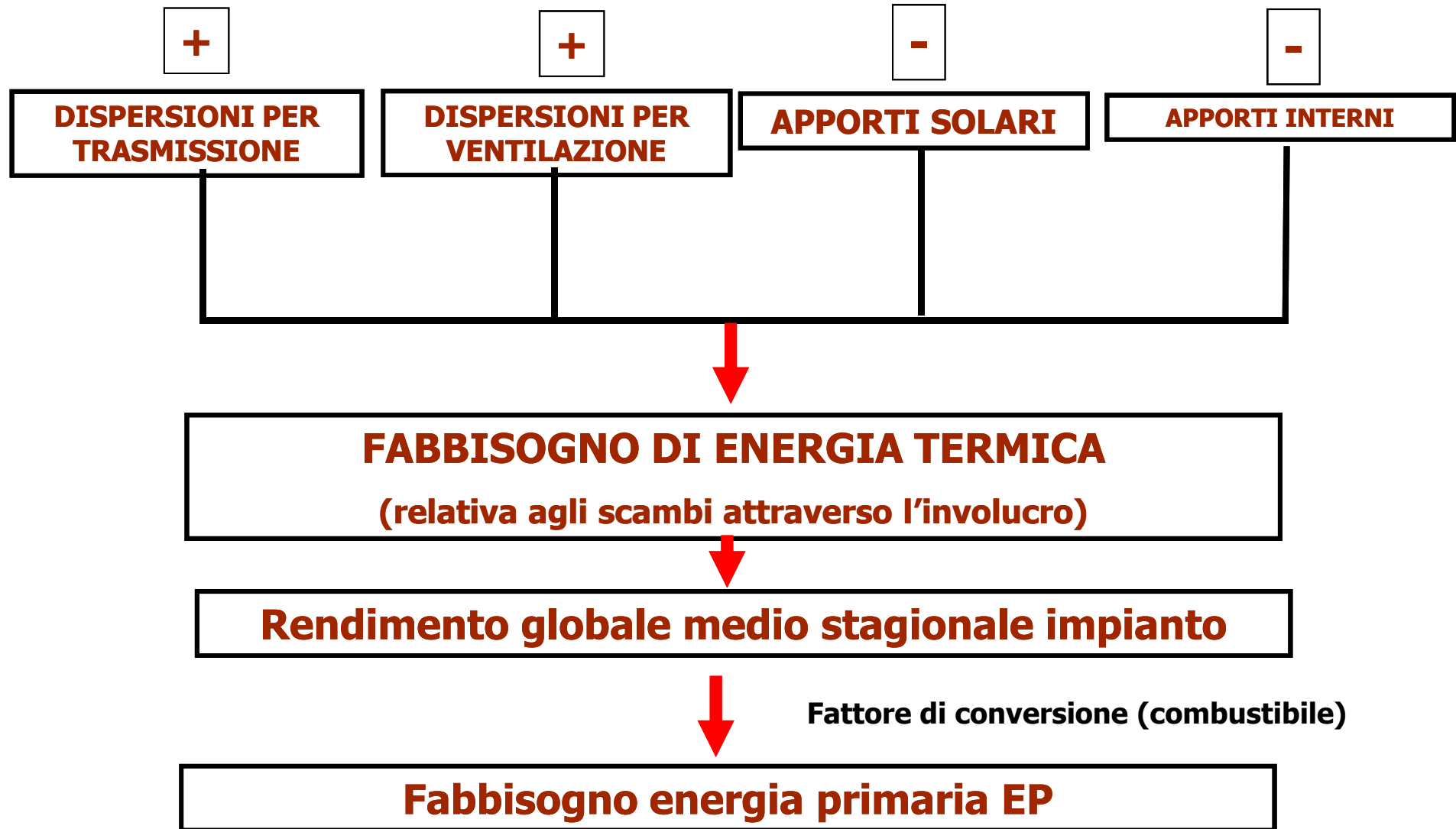
Q_{sol} : guadagni termici solari gratuiti;

Q_{int} : guadagni termici interni gratuiti;

IL SISTEMA EDIFICIO - IMPIANTO



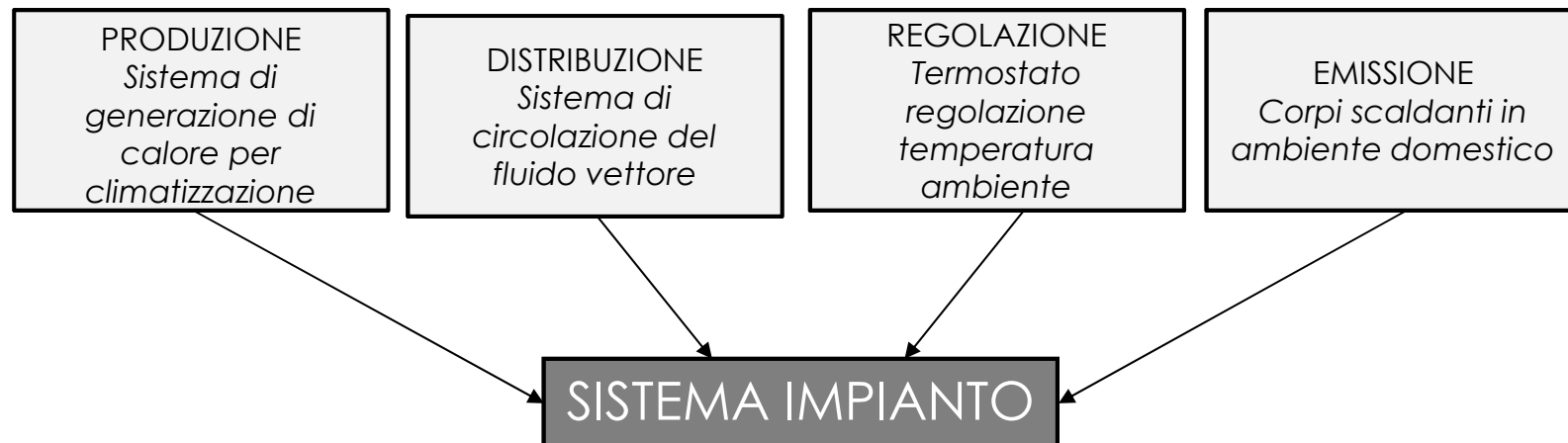
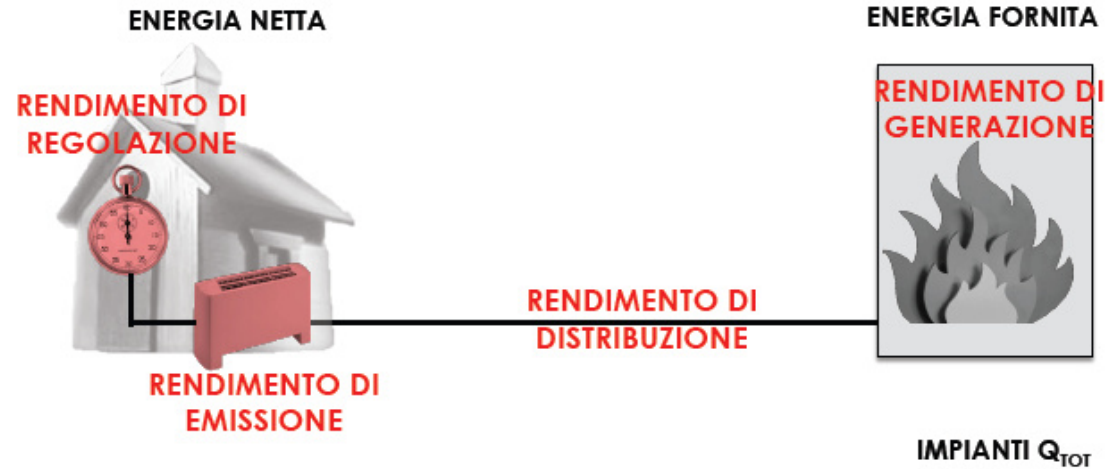
BILANCIO ENERGETICO DELL' EDIFICIO



RENDIMENTO MEDIO STAGIONALE IMPIANTO

CALCOLO DELLE PERDITE DI ENERGIA DELLE VARIE SEZIONI CHE COMPONGONO L'IMPIANTO

$\dot{\eta}_p$ rendimento di produzione
 $\dot{\eta}_d$ rendimento di distribuzione
 $\dot{\eta}_r$ rendimento di regolazione
 $\dot{\eta}_e$ rendimento di emissione



PARAMETRI DA INSERIRE

COP minimo della pompa di calore (1)	1,4	adim.
Rendimento della caldaia a gas (2)	85	%
Costo pompa di calore + installazione	4000	€
Costo caldaia a gas + installazione	1000	€
Durata prevista di tali impianti (3)	20	anni
Spesa annua di gas da bolletta (4)	1500	€

DATI FORNITI IN USCITA

COP fisso della caldaia a gas	0,85	adim.
Risparmio di gas PdC vs caldaia	39	%
Spesa annua di gas con la PdC	911	€
Risparmio annuo gas conseguito	589	€
Sovraccosto annuo della PdC (5)	150	€
Risparmio annuo netto sovraccosto	439	€
Tempo di rientro maggior spesa (5)	7	anni



VS



(1) In realtà il COP non è fisso e varia soprattutto con la temperatura esterna. Quindi qui va inserito il COP medio stagionale, se noto, oppure il COP dichiarato dal produttore, valido in un certo range di temperature.

(2) Possiamo ricavarlo dal libretto di impianto della nostra caldaia a gas, poiché viene misurato nel controllo periodico dei fumi. Per una caldaia a gas a condensazione si può adottare un rendimento di circa il 98%.

(3) Normalmente, per questi impianti si considera una durata di vita di 20 anni, perciò questo è il valore da adottare. In casi personali del tutto eccezionali può aver senso adottare valori più bassi dello standard.

(4) Risulta quindi comprensiva di imposte e quant'altro. Dato che di solito comprende circa un 10% relativo al cucinare, si suggerisce di inserire qui la spesa annua per il gas da bolletta decurtata di circa il 10%.

(5) Si tratta del costo della pompa di calore e della relativa installazione spalmato sull'arco di tempo corrispondente alla loro durata prevista, ad es. 20 anni, per determinare un "costo annuo" aggiuntivo ai consumi.

(6) Il tempo di rientro è il singolo parametro più importante per valutare la bontà di un investimento. In breve, valori più alti di 10 sono da evitare, tra 5 e 10 da valutare con attenzione, inferiori a 5 sono molto buoni.

UNIONE EUROPEA ► **Direttiva 2002/91/CE**
"Rendimento energetico nell'edilizia"
detta anche EPBD
Energy Performance Buildings Directive

► **ITALIA** ► **DLgs 192/05**

UNIONE EUROPEA ► **Direttiva 2010/31/UE**
EPBD2, in vigore dal 9 luglio 2010

► **ITALIA** ► **D.L. 63/13**
convertito in legge il
3 agosto 2013 dalla
Legge 90/13



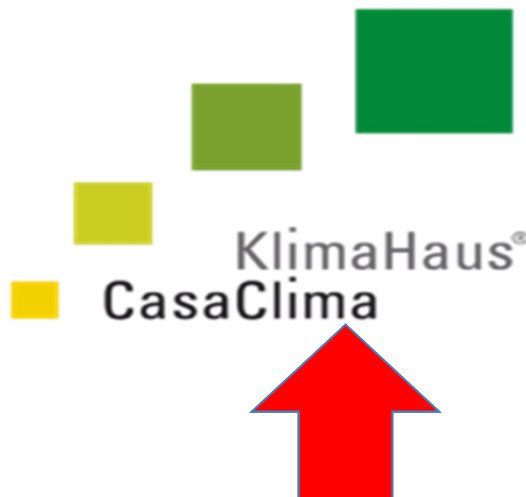
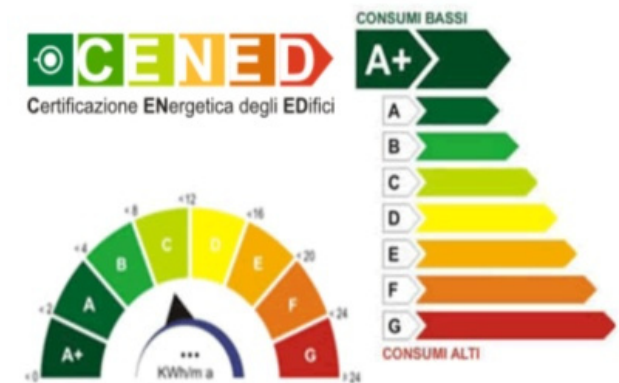
L'ultimo atto dell'evoluzione legislativa nazionale riguarda la pubblicazione a luglio 2015 del decreto attuativo della Legge 90/13

Decreto Ministeriale del 26 giugno 2015.

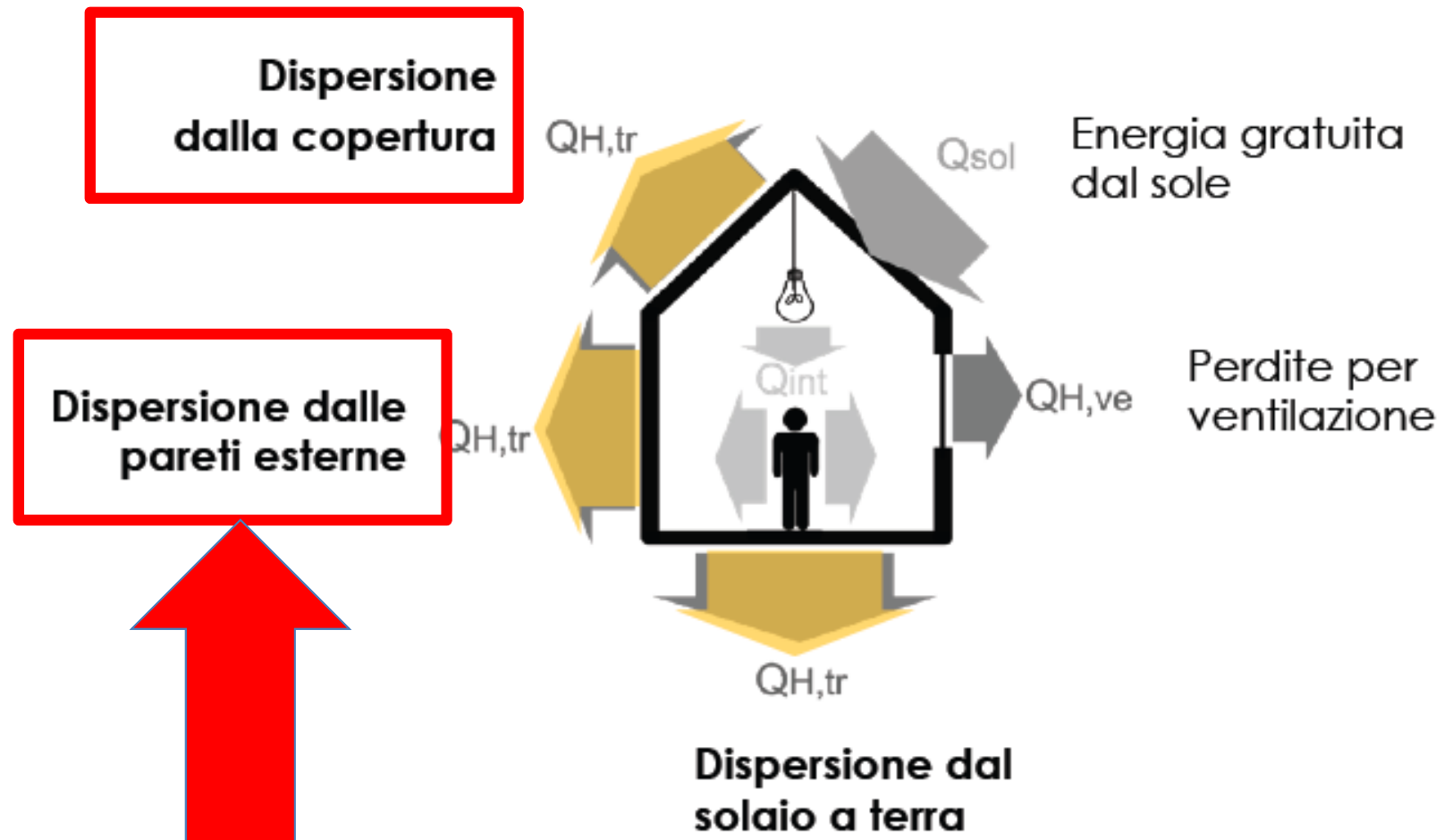
PRINCIPALI STRUMENTI DI ANALISI ENERGETICA

METODI DI SIMULAZIONE STAZIONARIA

Metodi semplificati che determinano i carichi energetici dovuti alla climatizzazione invernale degli ambienti come media tra le perdite e gli apporti di calore su base mensile. Valore medio annuo (Kwh mq a). CALCOLO STANDARD SULLA BASE DI NORME UNI TS 11300



COMPORTAMENTO ENERGETICO DELL'INVOLUCRO



Trasmittanza termica

La **trasmittanza termica U** (vedi norma UNI EN ISO 6946) **si definisce come il flusso di calore che attraversa una superficie unitaria sottoposta a differenza di temperatura pari ad un grado Kelvin (o Celsius)** ed è legata alle caratteristiche del materiale che costituisce la struttura e alle condizioni di scambio termico liminare.

Essa si assume pari all'inverso della sommatoria delle resistenze termiche degli strati che compongono la superficie considerata, ovvero:

$$U = \frac{1}{\sum R_i} \text{ [W/°K]}$$

La **resistenza termica R** è definita come il rapporto tra lo spessore s dello strato considerato e la sua conducibilità termica λ :

$$R = \frac{s}{\lambda} \text{ [°K/W]}$$

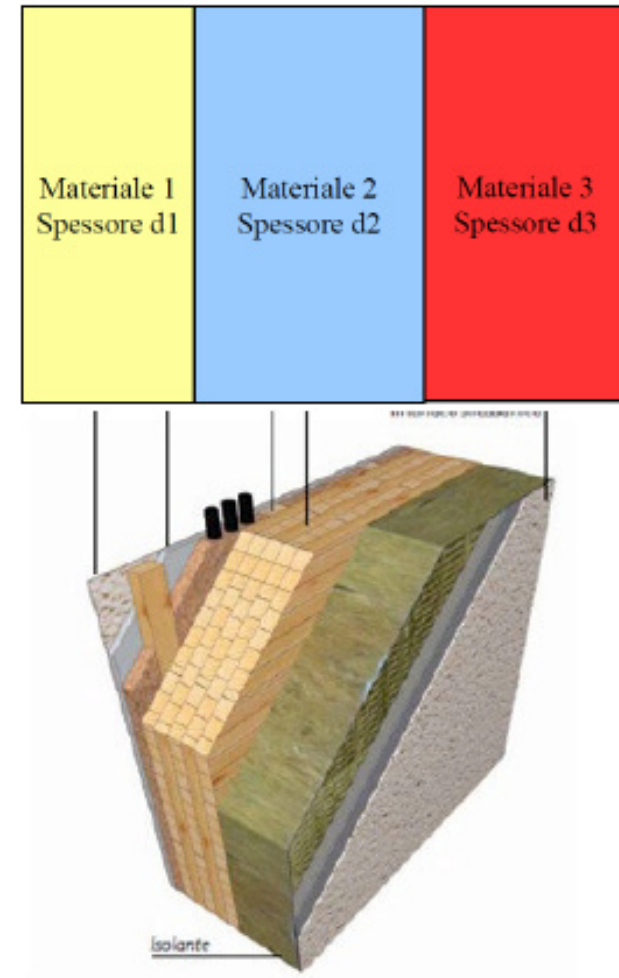
Trasmittanza termica

La resistenza termica di una parete composta da più strati sarà la somma delle resistenze termiche di ciascun strato.

La trasmittanza termica della parete è l'inverso della sua resistenza:

$$U = \frac{1}{\sum R_i} \text{ [W/}^\circ\text{K]}$$

$$U = \frac{1}{R_{se} + \frac{s_1}{\lambda_1} + \frac{s_2}{\lambda_2} + \frac{s_3}{\lambda_3} + \dots + \frac{s_n}{\lambda_n} + R_{si}}$$



NORMA ITALIANA	Materiali e prodotti per edilizia Proprietà igrometriche Valori tabulati di progetto	UNI EN 12524
		SETTEMBRE 2001
	Building materials and products Hygrothermal properties Tabulated design values	
CLASSIFICAZIONE ICS	91.100.01; 91.120.10	
SOMMARIO	La norma fornisce valori di progetto sotto forma di tabelle per i calcoli di scambio termico e di vapore, per materiali e prodotti termicamente omogenei comunemente utilizzati nelle costruzioni edilizie. Essa fornisce inoltre valori che permettono il calcolo e la conversione di valori termici di progetto per diverse condizioni ambientali.	
RELAZIONI NAZIONALI		
RELAZIONI INTERNAZIONALI	= EN 12524:2000 La presente norma è la versione ufficiale in lingua italiana della norma europea EN 12524 (edizione aprile 2000).	
ORGANO COMPETENTE	CTI - Comitato Termotecnico Italiano	
RATIFICA	Presidente dell'UNI, delibera del 16 luglio 2001	

NORMA EUROPEA



Sace Cork srl
Via dell'Industria 47
63010 Capodarco di Fermo (AP)
Tel.0734/640631 Fax: 0734/640750
<http://www.sacepaludi.it>
email: edilizia@sacepaludi.it



Sace Cork srl
Via dell'Industria 47
63010 Capodarco di Fermo (AP)
Tel.0734/640631 Fax: 0734/640750
<http://www.sacepaludi.it>
email: edilizia@sacepaludi.it

Scheda Tecnica BlackCork: sughero "bruno" agglomerato naturalmente



DESCRIZIONE PRODOTTO:

Panelli di sughero "bruno" autoespanso per l'isolamento termico ed acustico degli edifici: ideale in soluzioni a **cappotto**, in **intercapedine** o sotto i **tetti**.

Il conglomerato di sughero espanso è un materiale **naturale al 100 %** fabbricato dalla corteccia della sughera, poi ridotta in granuli, surriscaldata e compattata in blocchi, utilizzando unicamente la Suberina (resina presente nel sughero) come elemento collante ed aggregatore dei granuli.

Il pannello in sughero "bruno" è un materiale **impareggiabile** utilizzabile anche in **bioarchitettura** per l'unicità e la **stabilità** delle sue caratteristiche termiche.

CARATTERISTICHE FISICHE

Materiale	Sughero espanso puro in pannelli secondo le norme UNI EN 13170 e UNI EN 13172
Dimensioni esterne	Lunghezza mm 1000 x Larghezza mm 500 con tolleranze dimensionali UNI T ₁ - L ₁ - W ₁
Spessori disponibili	20 mm, 30 mm, 40 mm, 50 mm, 60 mm, 80 mm, 100 mm Altri spessori a richiesta fino a 330 mm
Imballo	Confezionato in cellophane riciclabile termoretraibile elettrosaldato a bordi

CARATTERISTICHE TECNICHE

Massa Volumica (ρ)	108 ÷ 120 Kg/m ³
Carico di rottura per trazione	0,6 ÷ 0,9 Kg/cm ²
Carico di rottura per flessione	1,25 ÷ 2,31 Kg/cm ²
Resistenza alla compressione	1,24 ÷ 1,59 Kg/cm ²
Calore specifico	1,67 KJ/Kg °K
Coefficiente di dilatazione termica (α 20°C)	25 ÷ 50 x 10 ⁻⁶
Temperatura di uso	200 ÷ 130 °C
Resistenza alla diffusione del vapore acqueo (μ)	5 ÷ 30
Modulo di elasticità	5 N/mm ²
Rigidità dinamica (spessore 50 mm)	126 N/cm ²
Affioramento acustico (spessore 40 mm)	0,29 ÷ 0,33 dB(A-500 Hz)
Conducibilità termica λ (a 10°)	0,0375 ÷ 0,0363 W/m °K

Resistenza termica R (m ² K/W)	0,267	0,534	0,801	1,068	1,335	1,602	1,869	2,136	2,403
	10 mm	20 mm	30 mm	40 mm	50 mm	60 mm	70 mm	80 mm	90 mm

ALTRE CARATTERISTICHE

Proprietà: Non si deforma in acqua bollente, buona resistenza agli attacchi degli agenti chimici, elastico, antiumidità, imputrescibile, stabile nel tempo e inattaccabile da insetti, parassiti e roditori

Certificazioni: unico con certificazione UNI EN 13170

APPLICAZIONI PRINCIPALI

	Isolamento dall'interno	Isolamento dall'esterno	Isolamento intercapedine	isolamento acustico
Parete perimetrale	*	*	*	
Parete interna			*	*
Parete controterra			*	
Copertura piana ispezionabile	+			
Copertura piana pedonabile	*			
Copertura piana carabile	*			
Copertura piana giardino	*			
Copertura a falda struttura continua	+	*		
Copertura a falda struttura discontinua	+	*		
Solai	+			*
Cassonetti per avvolgibili	*			
Divisori alloggi				*
Impianti industriali				*
Celle frigorifere	*			

Conducibilità termica λ (a 10°) 0,0375 ÷ 0,0363 W/m °K

Gruppo di un materiale o applicazione	Massa volumica ρ kg/m ³	Conducibilità termica di progetto λ W/(m · K)	Capacità termica specifica C_p J/(kg · K)	Fattore di resistenza al vapore d'acqua μ	
				campo secco	campo umido
Intonaci e rivestimenti					
Intonaco isolante di gesso	600	0,18	1 000	10	6
Intonaco di gesso	1 000	0,40	1 000	10	6
"	1 300	0,57	1 000	10	6
Gesso e sabbia	1 600	0,80	1 000	10	6
Calce e sabbia	1 600	0,80	1 000	10	6
Cemento e sabbia	1 800	1,00	1 000	10	6
Terra					
Creta o argilla	1 200 - 1 800	1,5	1 670 - 2 500	50	50
Sabbia e ghiaia	1 700 - 2 200	2,0	910 - 1 180	50	50

UNI 12524:2001

Gruppo di un materiale o applicazione	Massa volumica ρ kg/m ³	Conduktivita termica di progetto λ W/(m · K)	Capacità termica specifica C_p J/(kg · K)	Fattore di resistenza al vapore d'acqua μ	
				campo secco	campo umido
Materie plastiche compatte					
Acrilico	1 050	0,20	1 500	10 000	10 000
Policarbonato	1 200	0,20	1 200	5 000	5 000
Politetrafluoroetilene (PTFE)	2 200	0,25	1 000	10 000	10 000
Policloruro di vinile (PVC)	1 390	0,17	900	50 000	50 000
Polimetilmetacrilato (PMMA)	1 180	0,18	1 500	50 000	50 000
Poliacetato	1 410	0,30	1 400	100 000	100 000
Poliammide (nylon)	1 150	0,25	1 600	50 000	50 000
Poliammide 6.6 con 25% di fibra di vetro	1 450	0,30	1 600	50 000	50 000
Polietilene/politene, alta massa volumica	980	0,50	1 800	100 000	100 000
Polietilene/politene, bassa massa volumica	920	0,33	2 200	100 000	100 000
Polistirene	1 050	0,16	1 300	100 000	100 000
Polipropilene	910	0,22	1 800	10 000	10 000
Polipropilene con 25% di fibra di vetro	1 200	0,25	1 800	10 000	10 000
Poliuretano (PU)	1 200	0,25	1 800	6 000	6 000
Resine epossidiche	1 200	0,20	1 400	10 000	10 000
Resine fenoliche	1 300	0,30	1 700	100 000	100 000
Resine poliestere	1 400	0,19	1 200	10 000	10 000

UNI 12524:2001

Gruppo di un materiale o applicazione	Massa volumica ρ kg/m ³	Conduktività termica di progetto λ W/(m · K)	Capacità termica specifica C_p J/(kg · K)	Fattore di resistenza al vapore d'acqua μ	
				campo secco	campo umido
Piastrelle (Altro)					
Ceramica/porcellana	2 300	1,3	840		∞
Plastica	1 000	0,20	1 000	10 000	10 000
Legname ^{c)}					
	500	0,13	1 600	50	20
	700	0,18	1 600	200	50
Pannelli a base di legno ^{c)}					
Compensato ^{d)}					
▪	300	0,09	1 600	150	50
▪	500	0,13	1 600	200	70
▪	700	0,17	1 600	220	90
▪	1 000	0,24	1 600	250	110
Pannello truciolare con leganti in cemento	1 200	0,23	1 500	50	30
Pannello truciolare					
▪	300	0,10	1 700	50	10
▪	600	0,14	1 700	50	15
▪	900	0,18	1 700	50	20
Tavole a fibre orientate (OSB)	650	0,13	1 700	50	30
Pannelli di fibre, incluso MDF ^{e)}					
▪	250	0,07	1 700	5	2
▪	400	0,10	1 700	10	5
▪	600	0,14	1 700	20	12
▪	800	0,18	1 700	30	20

UNI 12524:2001

Pannelli da costruzione	Lambda	Densità
	(W/mK)	(kg/m³)
Cartongesso	0,21	900
P.Ili in fibre di legno porosi	0,06	200
semiduri	0,10	650
duri	0,15	1000
P.Ili in trucioli in legno con collante	0,16	700
mineralizzati	0,26	1250
P.Ili in legno compensato	0,44	600
P.Ili in fibrocemento	0,6	2000
P.Ili in lana di legno mineralizzato	0,093	400
P.Ili in terra cruda	0,14	500
P.Ili in canna	0,055	190
P.Ili in paglia	0,09	340
P.Ili in polistirene con cemento	0,07	140

Fonte: Agenzia CasaClima

Materiali isolanti	Lambda	Densità
	(W/mK)	(kg/m³)
Cotone	0,04	20 - 40
Vermiculite espansa	0,07	90
Argilla espansa	0,09	350
Polietilene espanso in lastre	0,04	30
Polistirene espanso in lastre	0,04	20
Polistirene estruso in lastre	0,035	35
Materassino in lino	0,04	30
Lana di vetro	0,04	20
Canapa	0,045	25
Truciolli di legno	0,05	100
P.Ili extraporosi in fibra di legno (130)	0,04	130
P.Ili porosi in fibra di legno (190)	0,045	190
P.Ili porosi in fibra di legno con bitume oppure lattice	0,06	270
P.Ili in lana di legno mineralizzati	0,093	400
P.Ili di calcio silicato	0,06	250

Fonte: Agenzia CasaClima

	Lambda	Peso specifico
Materie prime	(W/mK)	(kg/mc)
Acciaio	60	7800
Rame	380	8900
Alluminio	200	2800
Vetro	0,8	2500
Vetro acrilico (plexiglas)	0,19	1180
Guaine di polietilene, bitume, ecc.	0,26	1700
Acciaio Ni-Cr inossidabile	13	7700
Legno di conifere – flusso di calore trasversale alla fibra	0,13	fino a 500
Legno di conifere – flusso di calore lungo la fibra	0,22	fino a 500
Legno di latifoglie	0,18	fino a 800

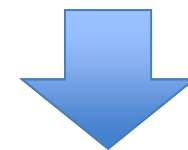
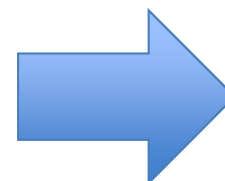
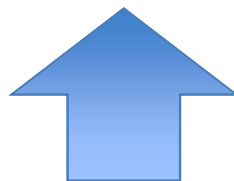
Materiali da Muratura	Lambda (W/mK)	Peso specifico (kg/mc)
Blocchi con argilla espansa	0,18	800
Blocchi cavi con argilla espansa	0,22	650
Blocchi cavi con scorie da altoforno, tufo, ecc.	0,6	1500
Blocchi cavi con lana di legno mineralizzato	0,45	fino a 1500
Mattone facciavista Klinker	1	1800
Mattone pieno	0,7	fino a 1600
Mattone forato	0,36	1200
Tramezza in laterizio	0,36	1100
Mattone forato porizzato	0,25	800
Mattone forato porizzato leggero murato con malta isolante	0,18	650
Blocco "cassero" in laterizio	0,55	fino a 1700
Muratura in pietra	2,3	fino a 2600
Blocchi cellulari autoclavati	0,11	fino a 400
Blocchi cellulari autoclavati	0,14	fino a 500
Blocchi cellulari autoclavati	0,16	fino a 600
Blocchi cellulari autoclavati	0,24	fino a 800
Terra cruda tipo Pisè	1	fino a 2000
Terra cruda alleggerita	0,36	fino a 1200
Terra cruda alleggerita 600-800 kg	0,24	fino a 800
Cemento armato	2,3	2400
Calcestruzzo	1,6	1800
Calcestruzzo alleggerito con argilla espansa	0,45	1100
Calcestruzzo alleggerito con argilla esp. > 1100 kg	0,7	fino a 1700
Solai con travetti e blocchi in laterizio + caldaia	(0,8)	1200-1600
Solai con travetti e blocchi cemento + caldaia	(0,8)	1200-1600
Solai con travetti e blocchi in laterizio poroso	(0,67)	900-1200
Solai a pannelli cavi in c.a. 360kg/mq	(1,33)	1800
Solai a pannelli cavi in c.a. 280kg/mq	(1,0)	1400
Solai a lastre in c.a. con blocchi in polistirene e caldaia 4-12-4	0,6	1670
Solai a lastre in c.a. con blocchi in polistirene e caldaia 4-8-4	0,64	1670
Solai a lastre in c.a. con blocchi in polistirene e caldaia 4-16-4	0,58	1670

UNI 10351 ARIA FERMA $\lambda = 0,026$

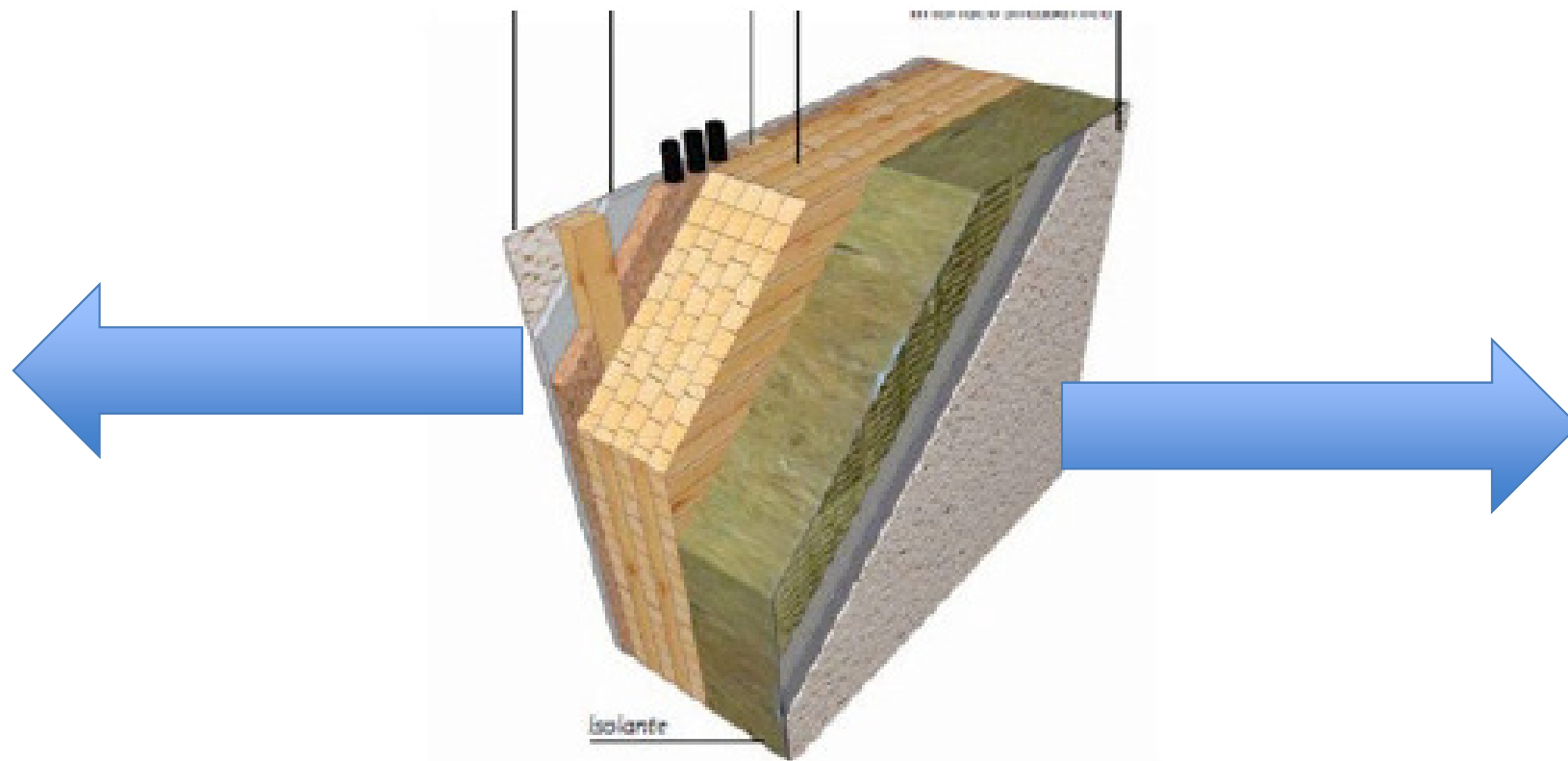
UNI EN ISO 6946:2008

Tabella 10.2: Resistenza termica di intercapedini convenzionali (intercapedine non ventilata e superfici ad alta emissività), da UNI EN ISO 6946:2008. I valori intermedi possono essere ottenuti per interpolazione lineare.

Spessore dell'intercapedine d'aria (mm)	Resistenza termica (m^2K/W) a seconda direzione del flusso di calore		
	ascendente	orizzontale	discendente
0	0,00	0,00	0,00
5	0,11	0,11	0,11
7	0,13	0,13	0,13
10	0,15	0,15	0,15
15	0,16	0,17	0,17
25	0,16	0,18	0,19
50	0,16	0,18	0,21
100	0,16	0,18	0,22
300	0,16	0,18	0,23

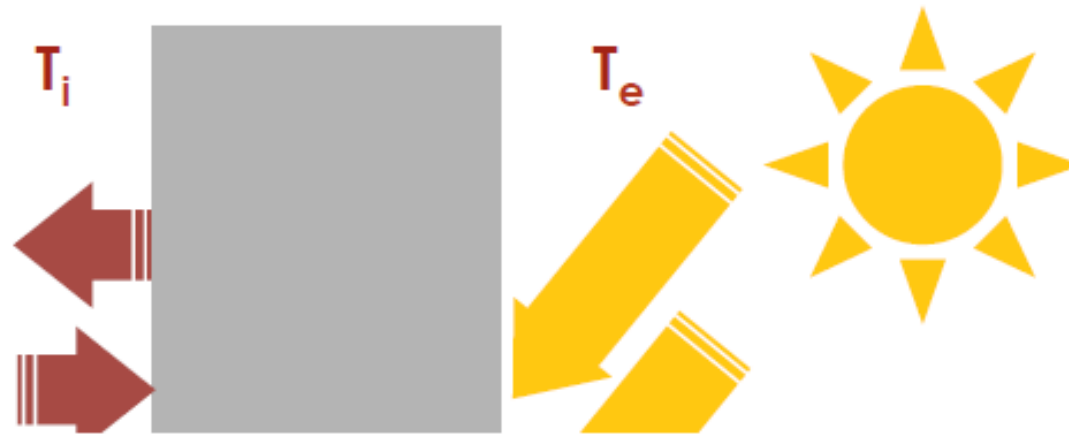


$$U = \frac{1}{R_{se} + \frac{s_1}{\lambda_1} + \frac{s_2}{\lambda_2} + \frac{s_3}{\lambda_3} + \dots + \frac{s_n}{\lambda_n} + R_{si}}$$



Resistenza termica superficiale ($R_{si} - R_{se}$) [m^2K/W]

Indica l'interazione tra la chiusura e gli scambi superficiali in relazione all'irraggiamento e alla convezione causata da movimenti di aria. La resistenza superficiale è maggiore quando la superficie irradia poco e l'aria è calma.



La resistenza dipende da diversi fattori:

ambientali, perché è differente se l'ambiente è confinato o no;

morfologiche, perché è differente se la superficie di contatto con l'elemento è piana o no;

tecniche, perché varia in funzione dell'emissività della superficie

Resistenza termica superficiale ($R_{si} - R_{se}$) [m^2K/W]

È un fattore da **sommare** al calcolo della resistenza totale del componente edilizio. Indica l'interazione tra la chiusura e gli scambi superficiali in relazione all'irraggiamento e alla convezione causata da movimenti di aria. La resistenza superficiale è maggiore quando la superficie irradia poco e l'aria è calma.

Le resistenze termiche superficiali R_{si} (per interni) e R_{se} (per esterni) indicano i passaggi termici dall'aria ambientale alla superficie interna dell'elemento edile, nonché dalla superficie esterna dell'elemento edile all'aria esterna, in relazione alla direzione del flusso termico (ascendente, orizzontale o discendente).

	Parete a contatto con l'esterno			Parete a contatto con locale chiuso		
	Ascendente	Orizzontale	Discendente	Ascendente	Orizzontale	Discendente
R_{si}	0,10	0,13	0,17	0,10	0,13	0,17
R_{se}	0,04	0,04	0,04	0,10	0,13	0,17

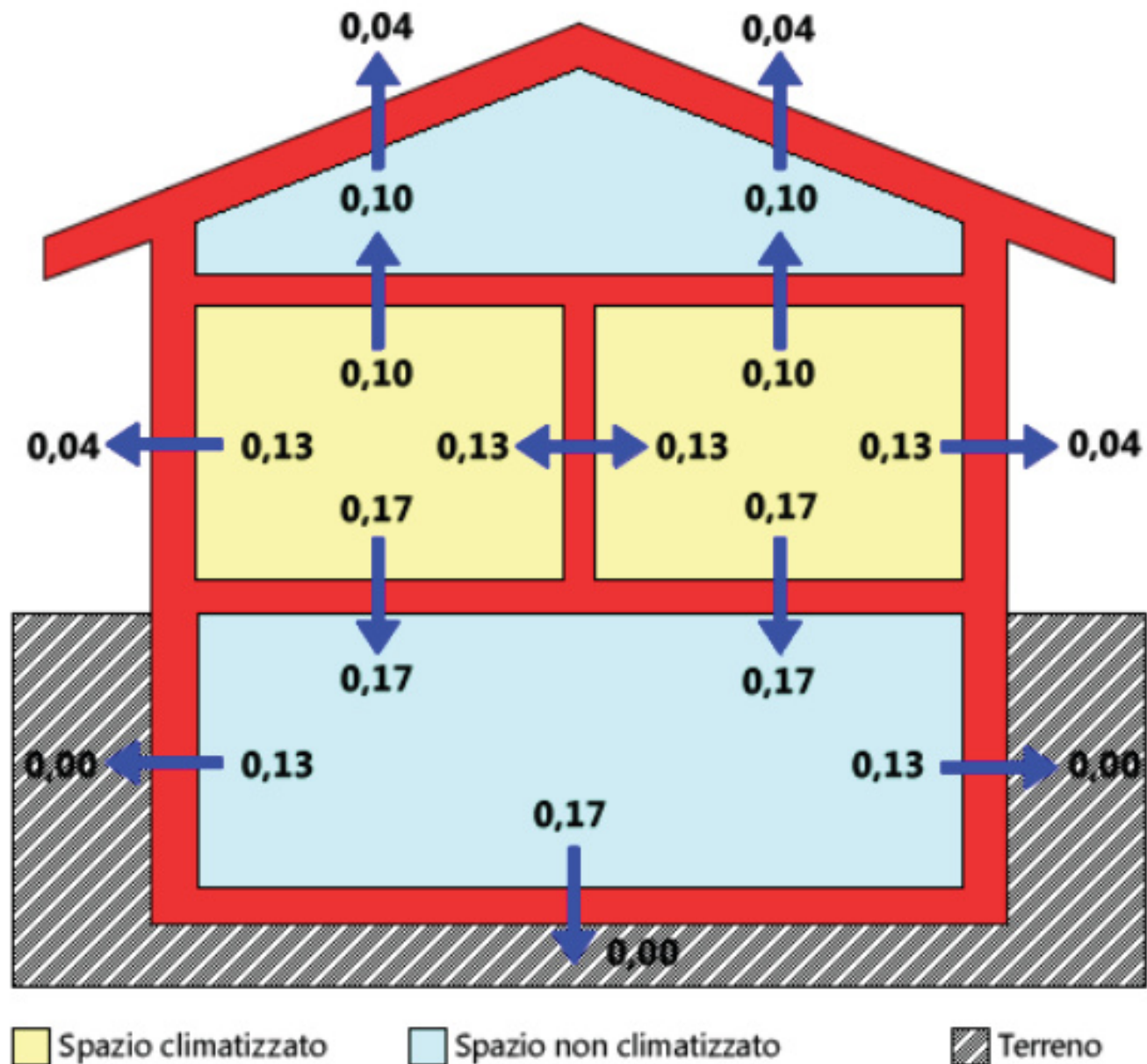
I valori riportati sotto "orizzontale" si applicano a flussi termici inclinati fino a $\pm 30^\circ$ sul piano orizzontale.

COPERTURA

PARETE

SOLAIO SU SPAZIO APERTO

Resistenza termica superficiale ($R_{si} - R_{se}$) [m^2K/W]



**COEFFICIENTE GLOBALE DI SCAMBIO TERMICO
O TRASMITTANZA TERMICA (U O K)**

[W/m²K]

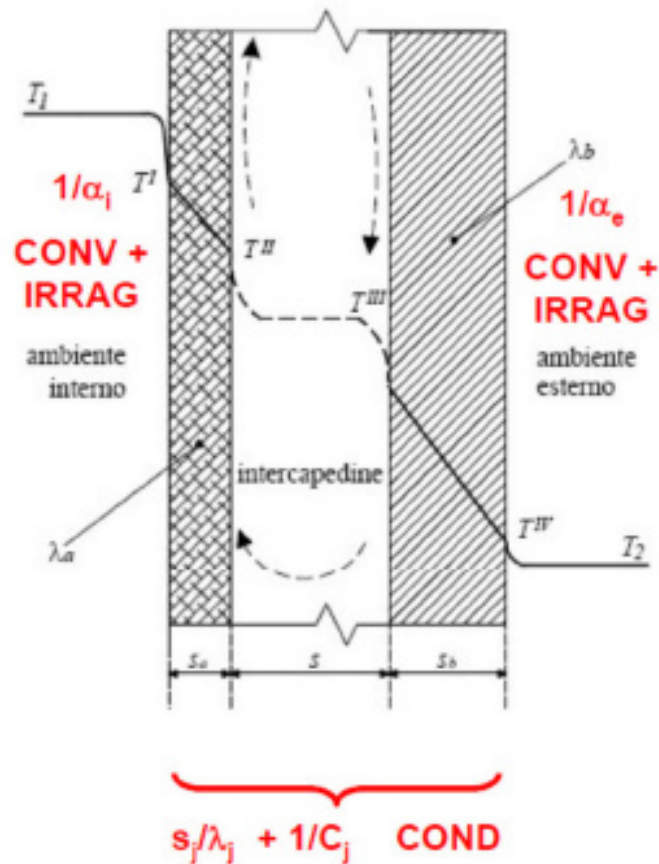
Rappresenta il flusso di calore che passa attraverso una elemento edilizio per m² di superficie della parete e per grado K di differenza tra la temperatura interna ad un locale e la temperatura esterna o del locale contiguo.

La trasmittanza termica è legata alle caratteristiche del materiale che costituisce la struttura e alle condizioni di scambio termico liminare e si assume pari all'inverso della sommatoria delle resistenze termiche degli strati.

$$U = \frac{1}{R} = \frac{1}{R_{si} + \underbrace{s_1/\lambda_1}_{R_1} + \underbrace{s_2/\lambda_2}_{R_2} + \dots + \underbrace{s_n/\lambda_n}_{R_n} + R_{se}}$$

CHIUSURE OPACHE- COMPORTAMENTO TERMO ENERGETICO IN REGIME STAZIONARIO

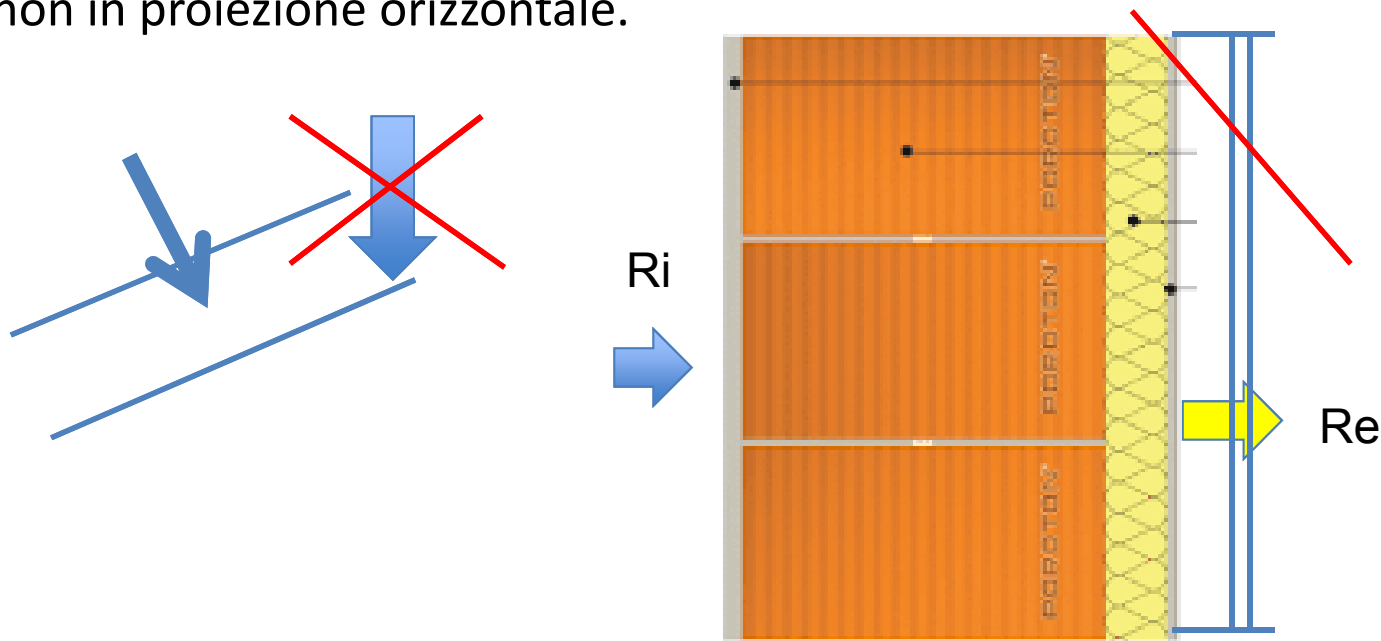
TRASMITTANZA TERMICA DI UNA PARETE U (W/m² K)

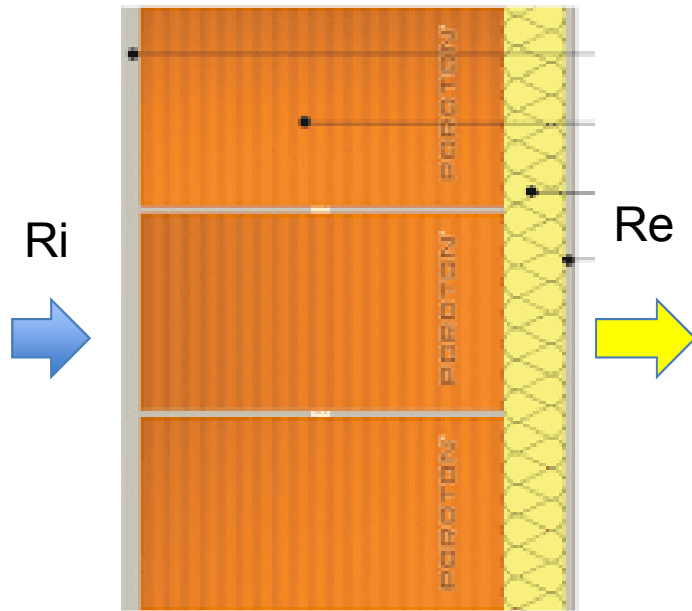


$$U = \frac{1}{R} = \frac{1}{R_{si} + \underbrace{s_1/\lambda_1}_{R_1} + \underbrace{s_2/\lambda_2}_{R_2} + \dots + \underbrace{s_n/\lambda_n}_{R_n} + R_{se}}$$

Calcolo della trasmittanza termica

1. Tutti gli **strati sottili** (freni/barriere al vapore, telo antivento, guaine impermeabilizzanti, ecc.) hanno spessori talmente irrisoni da non modificare sostanzialmente la trasmittanza termica e, pertanto, **non vanno considerati**.
2. Ogni volta che è presente un'intercapedine ventilata, il conteggio degli strati si ferma **allo strato precedente all'intercapedine**.
3. Se nell'intercapedine c'è **aria ferma**, lo strato va conteggiato nel totale, con la relativa resistenza termica.
4. Le **coperture a falda** vanno considerate nella sezione perpendicolare alla pendenza e non in proiezione orizzontale.





$R_i = 0,13$

1 Intonaco interno spessore 0,015 m $\lambda = 0,9$ W/mK

2 Laterizio porizzato spessore 0,30 m $\lambda = 0,257$

W/mK

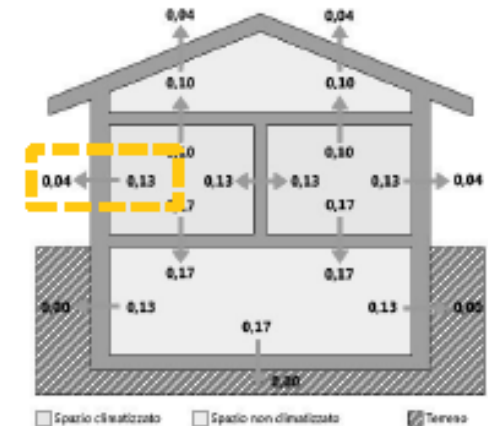
3 Isolamento con cappotto esterno in EPS spessore 0,10 m $\lambda = 0,03$ W/mK

4 Rasatura da cappotto esterno spessore 0,005 m $\lambda = 0,9$ W/mK

$R_e = 0,04$

CHIUSURA VERTICALE

1



$$0,13 + (0,015/0,9) + (0,30/0,257) + (0,10/0,03) + (0,005/0,9) + 0,04$$

$$U = \frac{1}{4,52} = 0,22 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Valori secondo normativa vigente (DM 26/6/15 “ Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici”)

Trasmittanza termica U delle strutture opache verticali, verso l'esterno, gli ambienti non climatizzati o contro terra:



Zona climatica	U (W/m ² K)	
	2015 ⁽¹⁾	2019/2021 ⁽²⁾
A e B	0,45	0,43
C	0,38	0,34
D	0,34	0,29
E	0,30	0,26
F	0,28	0,24



Trasmittanza termica U delle strutture opache orizzontali o inclinate di copertura, verso l'esterno e gli ambienti non climatizzati:

Zona climatica	U (W/m ² K)	
	2015 ⁽¹⁾	2019/2021 ⁽²⁾
A e B	0,38	0,35
C	0,36	0,33
D	0,30	0,26
E	0,25	0,22
F	0,23	0,20

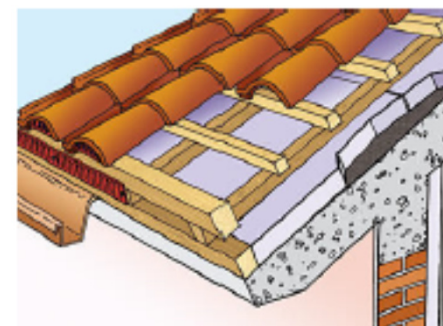


TABELLA 5 (Appendice A)

Trasmittanza termica U delle strutture opache verticali e orizzontali di separazione tra edifici o unità immobiliari confinanti

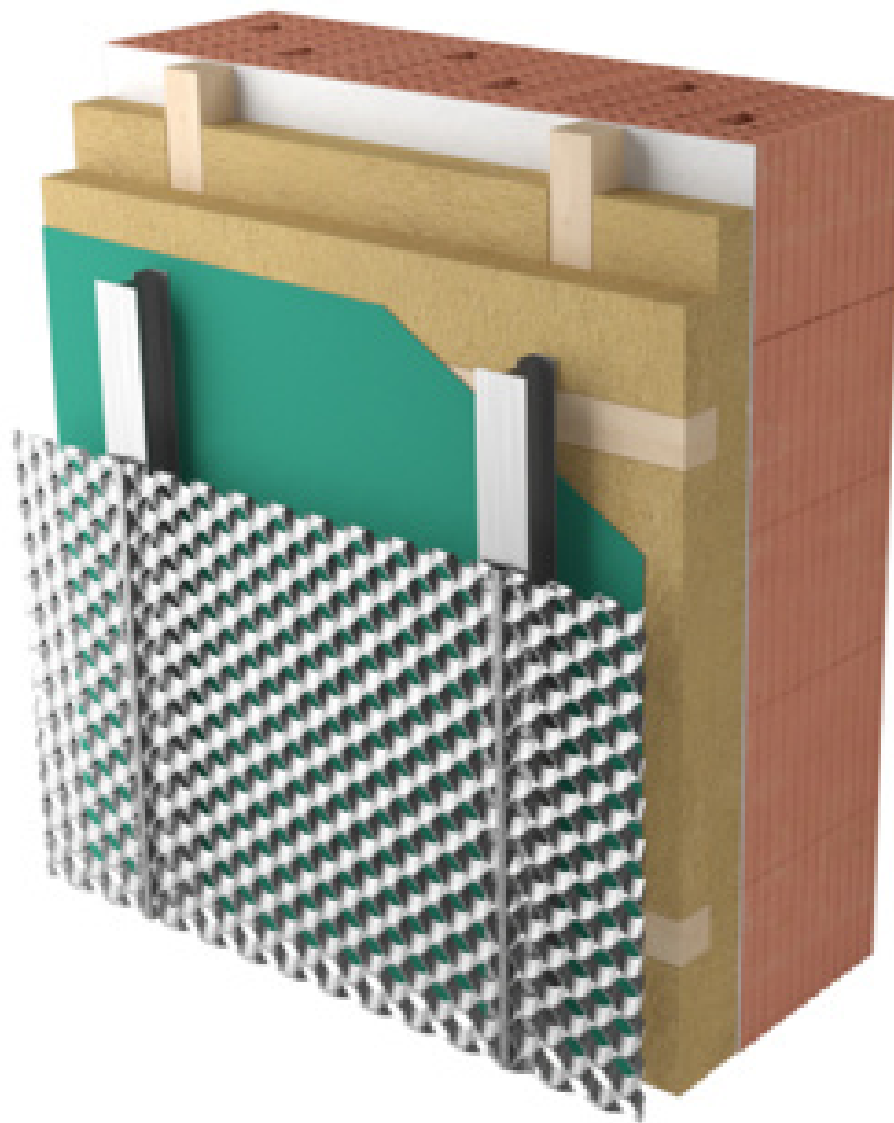
Zona climatica	U_{irr} [W/m ² K]	
	Dal 1° ottobre 2015	Dal 1° gennaio 2019/2021
Tutte	0,8	0,8

CALCOLO DELLA TRASMITTANZA PONDERATA STRATI NON OMOGENEI

1. Tutti gli **strati sottili** (freni/barriere al vapore, telo antivento, guaine impermeabilizzanti, ecc.) hanno spessori talmente irrisori da non modificare sostanzialmente la trasmittanza termica e, pertanto, **non vanno considerati**.
2. Ogni volta che è presente un'**intercapedine ventilata**, il conteggio degli strati si ferma **allo strato precedente all'intercapedine**.
3. Se nell'intercapedine c'è **aria ferma**, lo strato va conteggiato nel totale, con la relativa resistenza termica.
4. Le **coperture a falda** vanno considerate nella sezione perpendicolare alla pendenza e non in proiezione orizzontale.
5. Ogni volta che ci sono delle **listellature** di compartimentazione dell'isolante, la trasmittanza finale della chiusura **è pari alla media ponderata delle trasmittanze di tutte le sezioni con differente resistenza**.

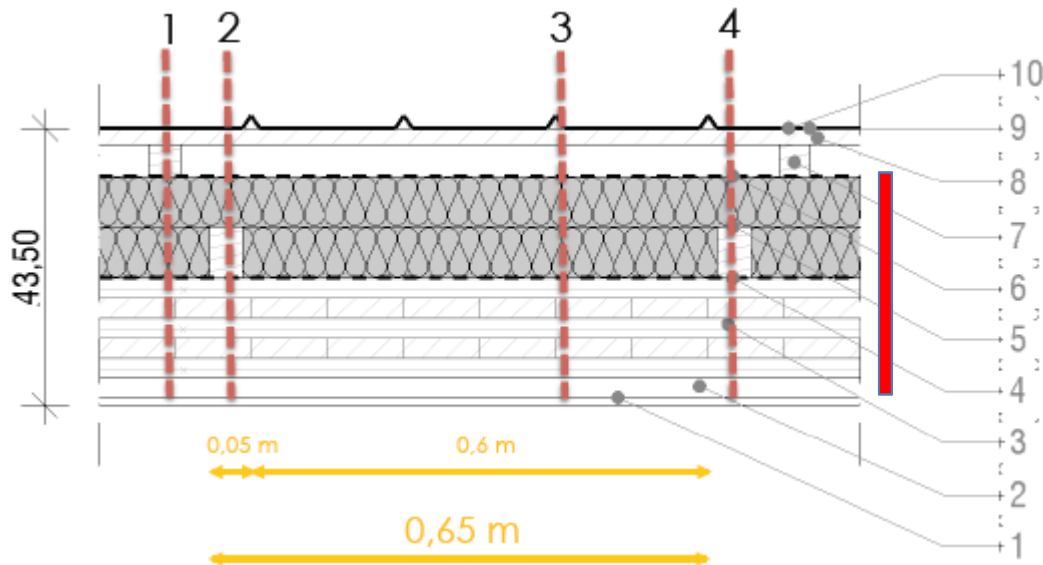






Calcolo della trasmittanza termica di copertura ventilata

1) Chiusura inclinata superiore con doppio isolamento e ventilazione

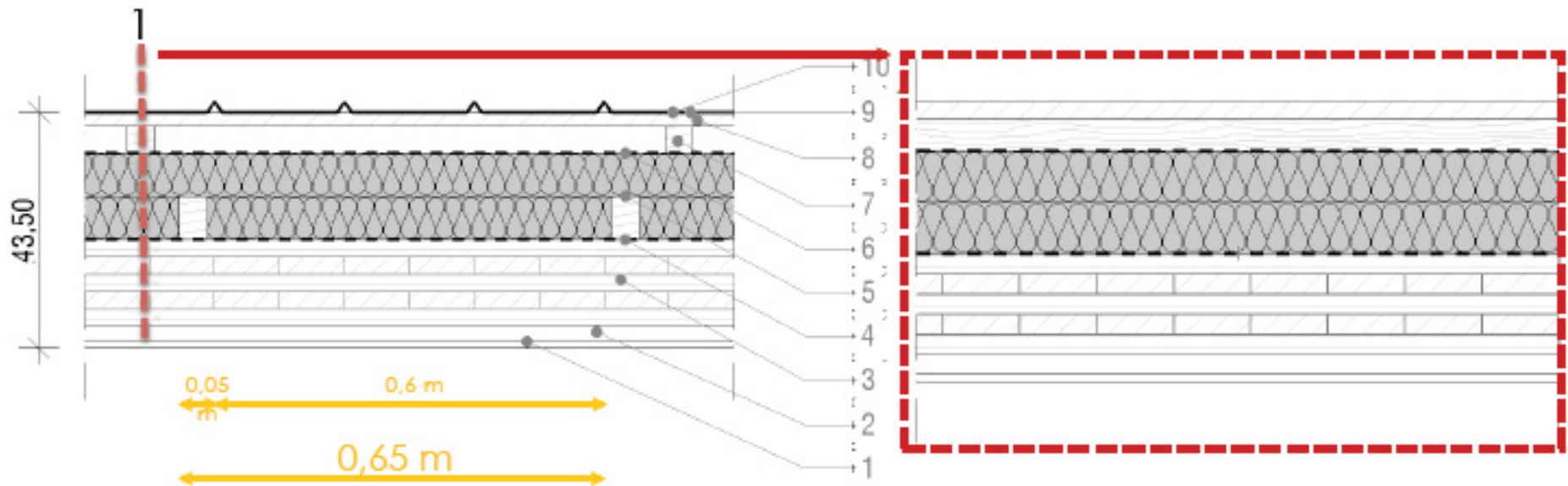


1. Pannello in cartongesso, 1,5 cm
2. Intercapedine impiantistica su supporto di montanti in alluminio, 3 cm
3. Pannello in legno lamellare multistrato (tipo x-lam), 14 cm
4. Barriera al vapore
5. Isolante termico, 8+8 cm con listelli 5x8
6. telo antivento
7. Intercapedine **ventilata** con listellatura per pendenza, 5 x 5 cm variabili
8. Pannello OSB, 2,5 cm
9. Guaina impermeabilizzante
10. Manto di copertura in lamiera metallica

1. Reperire di ogni materiale/stratigrafia i valori di λ e relativo spessore in metri.

2. Calcolare quindi la resistenza termica R di ogni strato: $R = s / \lambda$

Sezione omogenea: isolante + isolante

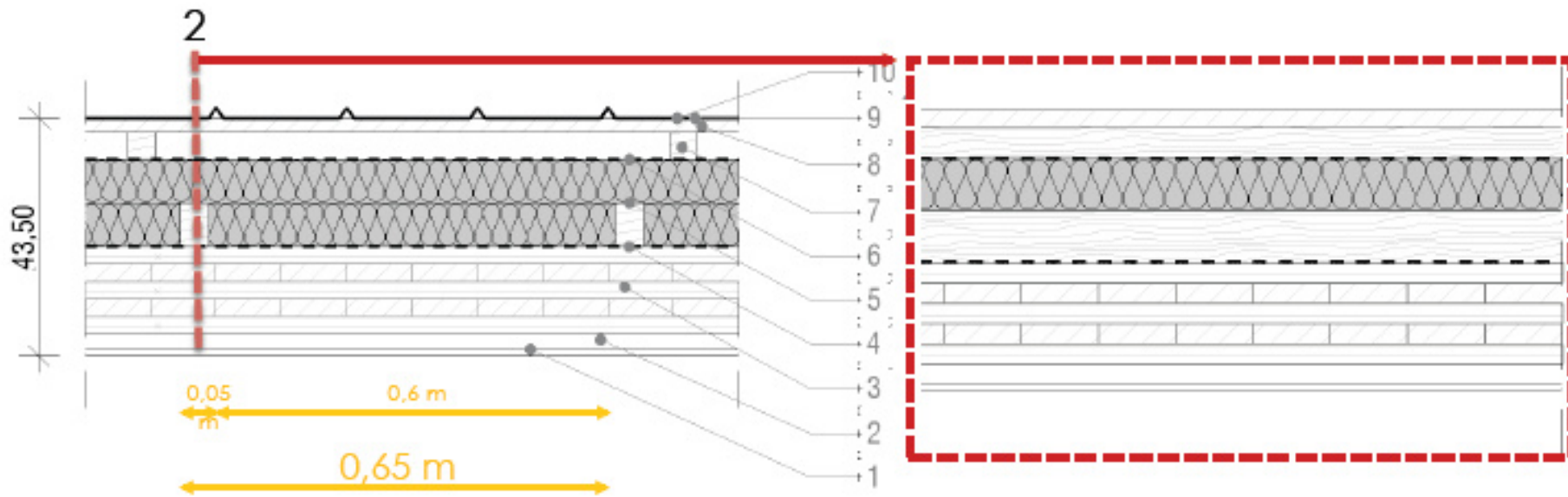


Ri cartongesso X lam isolante isolante Re

$$R_1 = 0,10 + 0,015/0,21 + 0,14/0,12 + 0,08/0,04 + 0,08/0,04 + 0,04 = \mathbf{5,30 \text{ m}^2\text{K/W}}$$

$$U_1 = 1/R_1 = \mathbf{0,19 \text{ W/m}^2\text{K}}$$

Sezione disomogenea: travetto + isolante

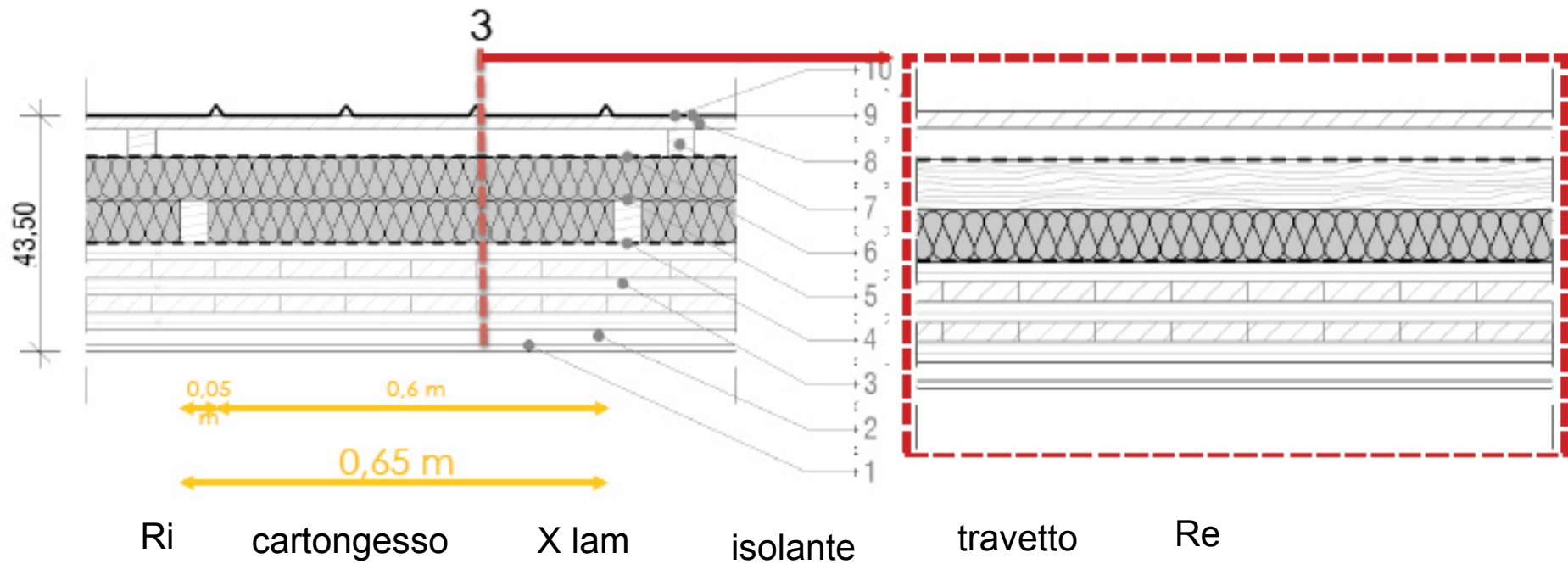


Ri cartongesso X lam travetto isolante Re

$$R_2 = 0,10 + 0,015/0,21 + 0,14/0,12 + 0,08/0,13 + 0,08/0,04 + 0,04 = \mathbf{3,98 \text{ m}^2\text{K/W}}$$

$$U_2 = 1/R_2 = \mathbf{0,25 \text{ W/m}^2\text{K}}$$

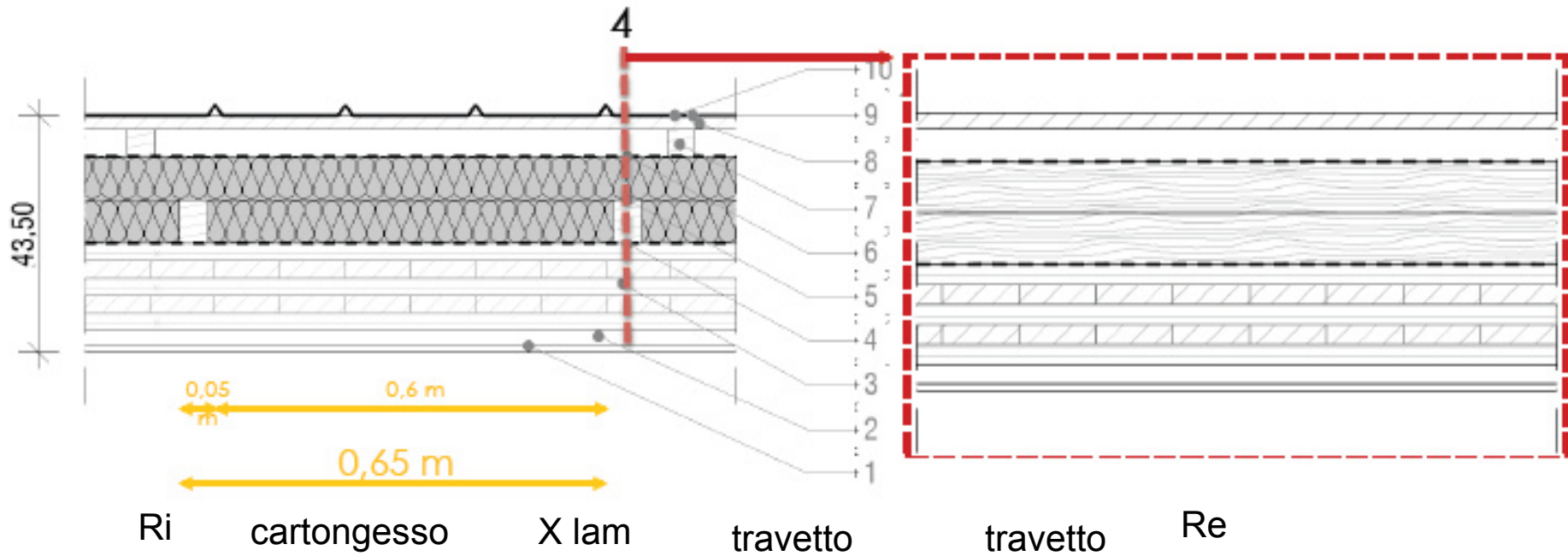
Sezione disomogenea: travetto + isolante



$$R_3 = 0,10 + 0,015/0,21 + 0,14/0,12 + 0,08/0,04 + 0,08/0,13 + 0,04 = \mathbf{3,98 \text{ m}^2\text{K/W}}$$

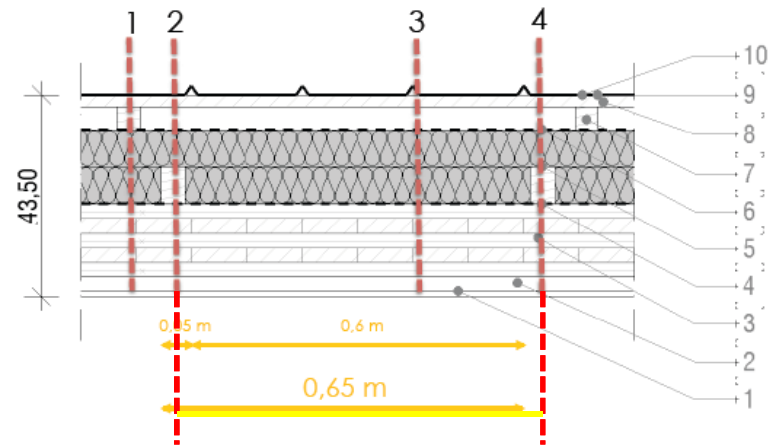
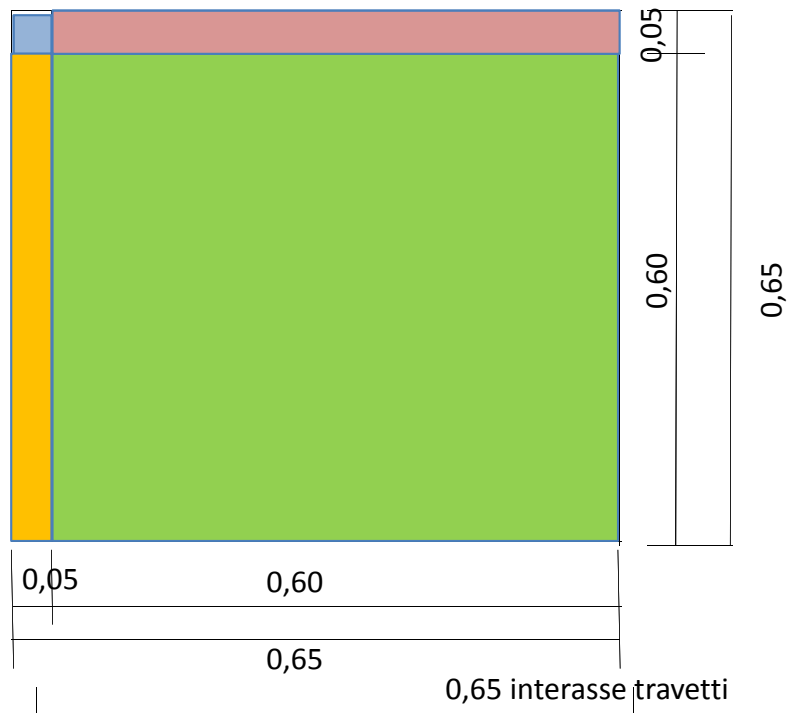
$$U_3 = 1/R_3 = \mathbf{0,25 \text{ W/m}^2\text{K}}$$

Sezione omogenea: travetto + travetto



$$R_4 = 0,10 + 0,015/0,21 + 0,14/0,12 + 0,08/0,13 + 0,08/0,13 + 0,04 = \mathbf{2,59 \text{ m}^2\text{K/W}}$$

$$U_4 = 1/R_4 = \mathbf{0,38 \text{ W/m}^2\text{K}}$$



**DEFINIZIONE DELLE PERCENTUALI I
INCIDENZA DI CIASCUNA SEZIONE
DELLA CHIUSURA SUPERIORE**

**AREA TOTALE INTERESSATA
 $0,65 \times 0,65 = 0,42 \text{ m}^2$**

- Sezione 1:** $0,60 \times 0,60 = 0,36 \text{ m}^2 > 85,71\% (0,36 : 0,42) = \times 100 > 36/0,42 = 85,71)$
- Sezione 2:** $0,05 \times 0,60 = 0,03 \text{ m}^2 > 7,14\% (0,03 : 0,42) = \times 100 > 3/0,42 = 7,14)$
- Sezione 3:** $0,05 \times 0,60 = 0,03 \text{ m}^2 > 7,14\% (0,03 : 0,42) \times : 100 > 3/0,42 = 7,14)$
- Sezione 4:** $0,05 \times 0,05 = 0,0025 \text{ m}^2 > 0,59\% (0,0025 : 0,42) \times 100 > 0,25/0,42 = 0,59)$

(85,71+7,14 + 7,14 + 0,59 = 100!!)

Ponderare la trasmittanza

$$U1 = 0,19 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$U2 = 0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$U3 = 0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$U4 = 0,38 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Sezione 1: 85,71%

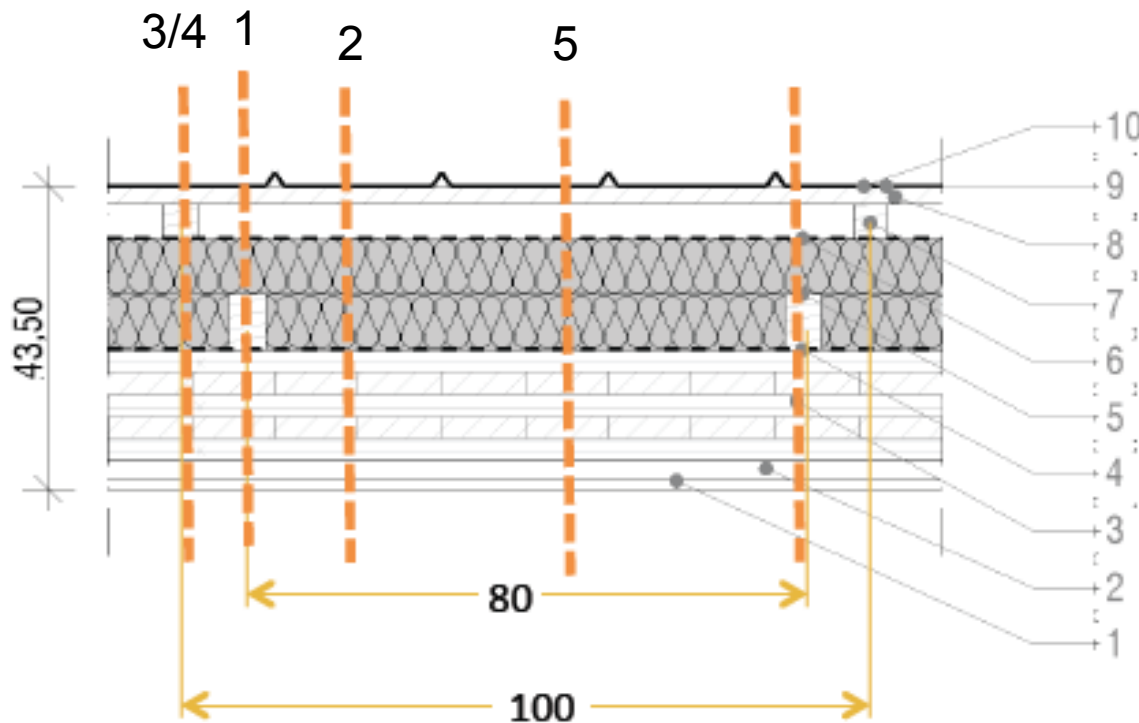
Sezione 2: 7,14%

Sezione 3: 7,14%

Sezione 4: 0,59%

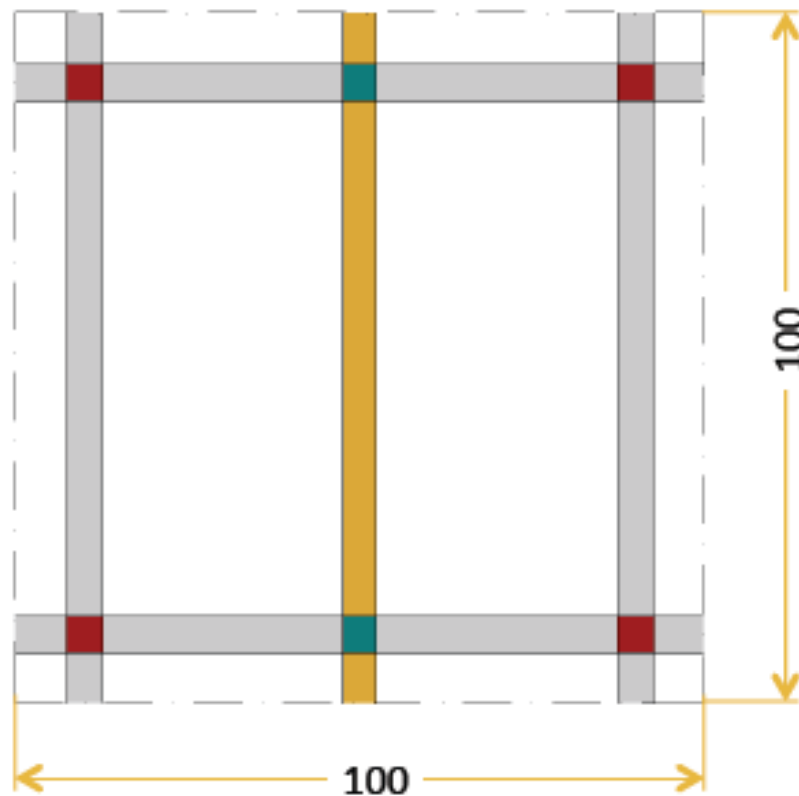
CALCOLO DELLA TRASMITTANZA DEL PACCHETTO PONDERATA

U1 X Sez 1	U2 X Sez 2	U3 X Sez 3	U4 X Sez 4	
$U_p = \frac{(0,19 \times 85,71) + (0,25 \times 7,14) + (0,25 \times 7,14) + (0,38 \times 0,59)}{100}$				= 0.20 W/m²K
16,28	1,785	1,785	0,2242	
$\frac{\quad}{100}$				



PACCHETTO DI COPERTURA CON CAMERA D'ARIA NON VENTILATA

1. Pannello in cartongesso, 1,5 cm
2. Intercapedine impiantistica su supporto di montanti in alluminio, 3 cm
3. Pannello in legno lamellare multistrato (tipo x-lam), 14 cm
4. Barriera al vapore
5. Isolante termico, 8+8 cm con listelli 5x8
6. telo antivento
7. Intercapedine **chiusa (non ventilata)** con listellatura per pendenza, 5 x 5 cm variabili
8. Pannello OSB, 2,5 cm
9. Guaina impermeabilizzante
10. Manto di copertura in lamiera metallica



- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

Sezione 1: listello semplice fra coibente

Sezione 2: listelli fra coibente incrociati

Sezione 3: listello per pendenza sotto manto

Sezione 4: intersezione listello pendenza e listello coibente

Sezione 5: solo coibente

Sezione 1: $(0,05 \times 1 \times 4) - (0,05 \times 0,05 \times 4 \times 2 \text{strati}) - (0,05 \times 0,05 \times 2) = 0,175$

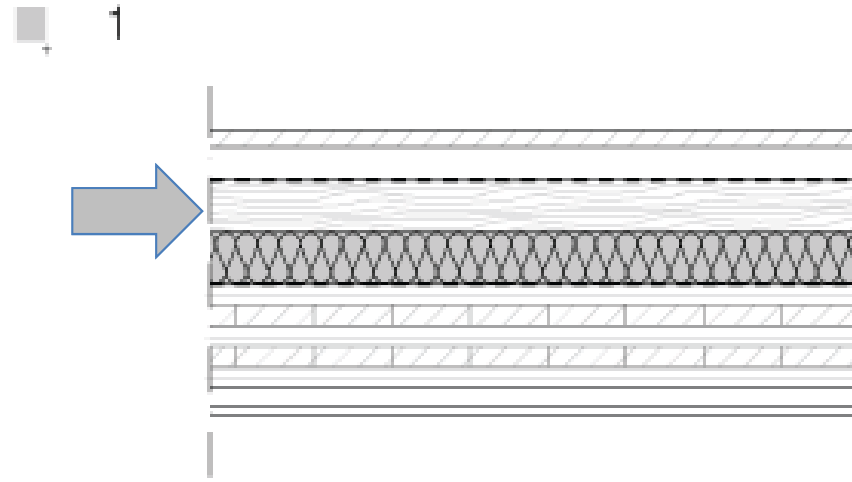
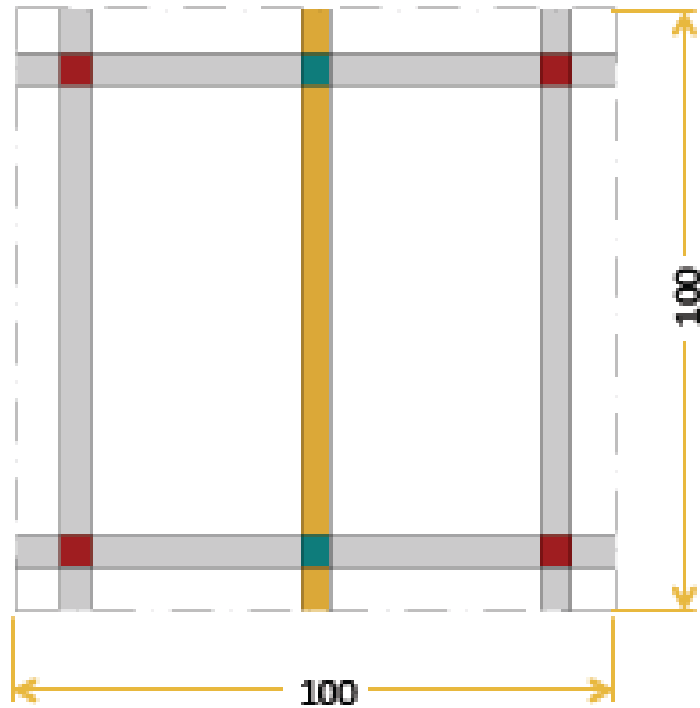
Sezione 2: $0,05 \times 0,05 \times 4 = 0,01$

Sezione 3: $(0,05 \times 1) - (0,05 \times 0,05 \times 2) = 0,045$

Sezione 4: $0,05 \times 0,05 \times 2 = 0,0025 \times 2 = 0,05$

Sezione 5: $1 - (0,05 \times 1 \times 5) + (0,05 \times 0,05 \times 6) = 0,765$

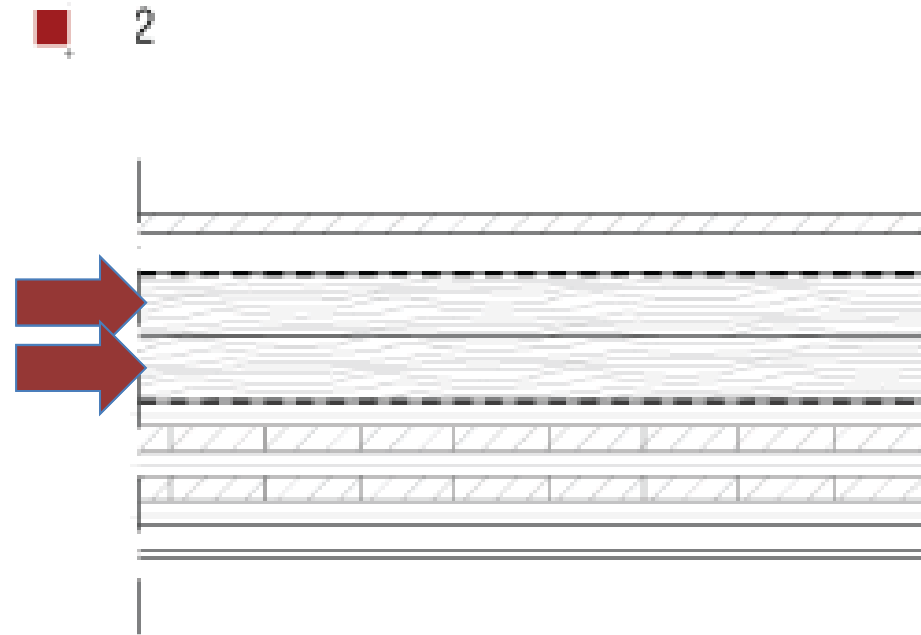
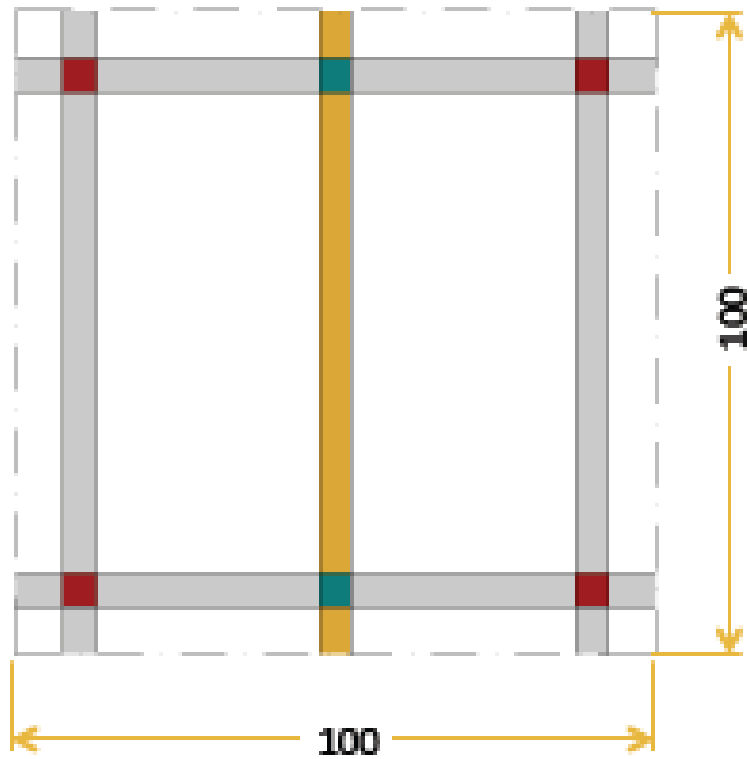
= 1



Sezione 1: listello semplice fra coibente

$$U_1 = 1/R_{si} + R_1 + R_2 + R_3 + R_n + R_{se} = 0,182 \text{ W/m}^2\text{K}$$

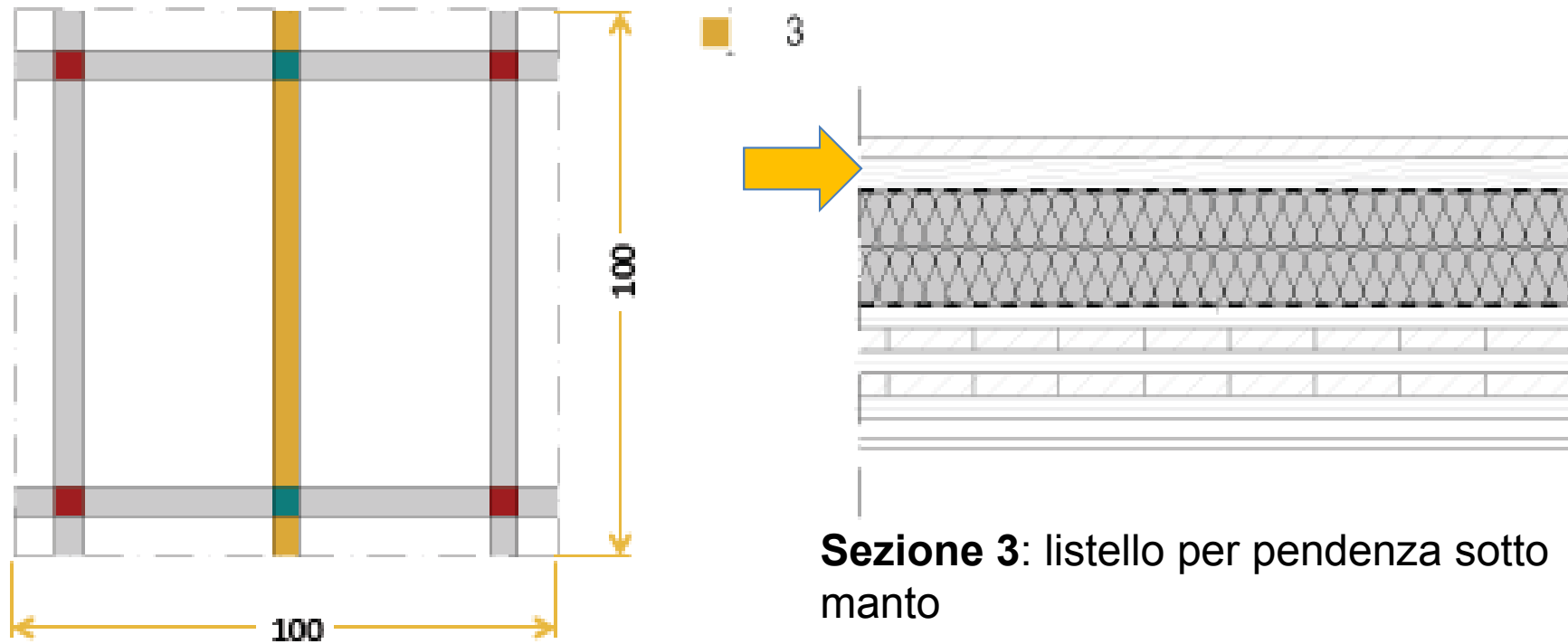
$$\text{SEZIONE 1: } (0,05 \times 1 \times 4) - (0,05 \times 0,05 \times 4 \times 2 \text{ strati}) - (0,05 \times 0,05 \times 2) = 0,175$$



Sezione 2: listelli fra coibente incrociati

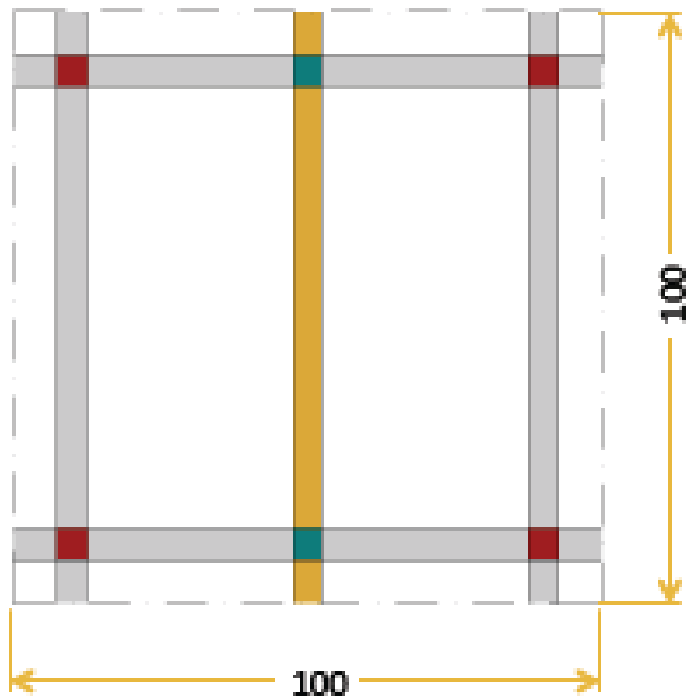
$$U_2 = 1/R_{si} + R_1 + R_2 + R_3 + R_n + R_{se} = 0,244 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$\text{SEZIONE 2: } 0,05 \times 0,05 \times 4 = 0,01$$

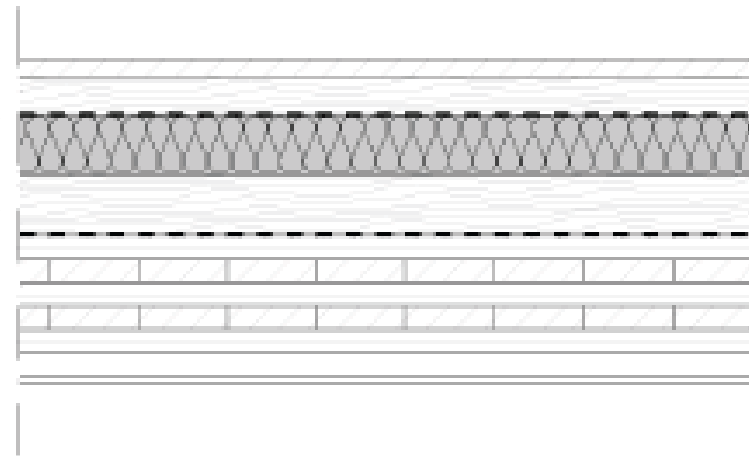


$$U_3 = 1/R_{si} + R_1 + R_2 + R_3 + R_n + R_{se} = 0,188 \text{ W/m}^2\text{K}$$

SEZIONE 3: $(0,05 \times 1) + (0,05 \times 0,05 \times 2) = 0,045$



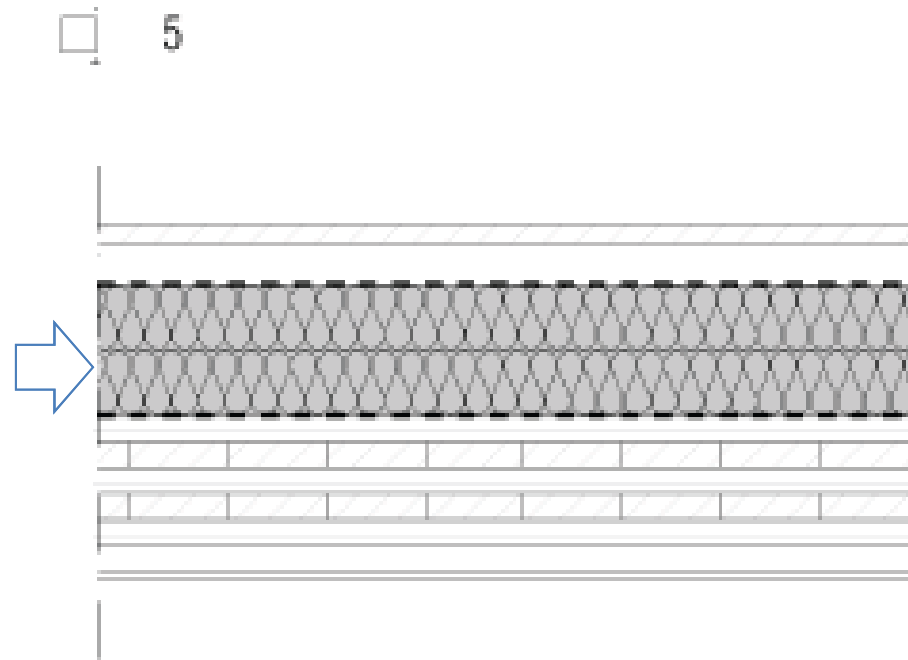
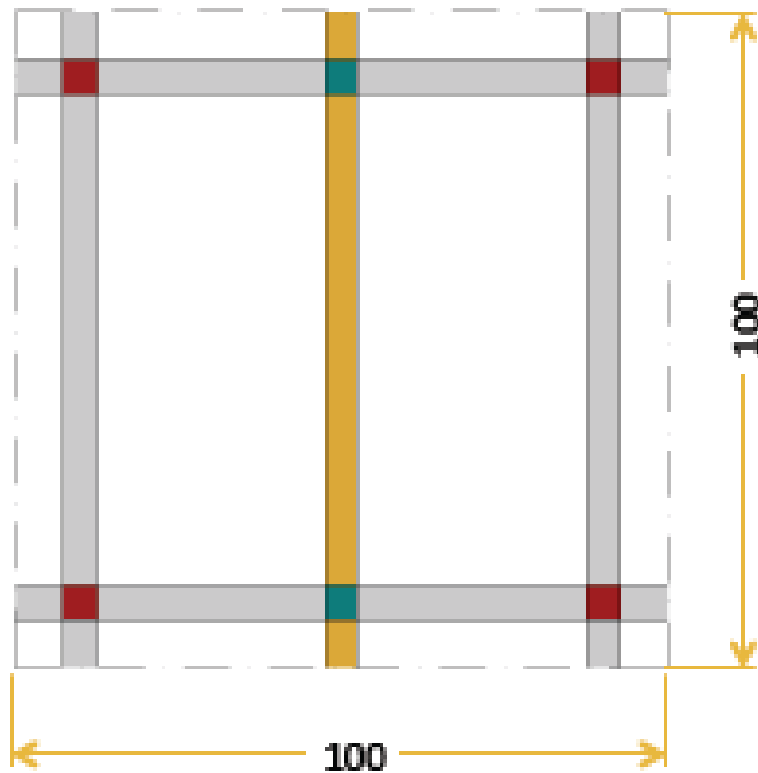
■ 4



Sezione 4: intersezione listello pendenza e listello coibente

$$U_4 = 1/R_{si} + R_1 + R_2 + R_3 + R_n + R_{se} = 0,170 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$\text{SEZIONE 4: } 0,05 \times 0,05 \times 2 = 0,005$$



Sezione 5: solo coibente

$$U5 = 1/R_{si} + R1 + R2 + R3 + Rn + Rse = 0,146 \text{ W/m}^2\text{K}$$

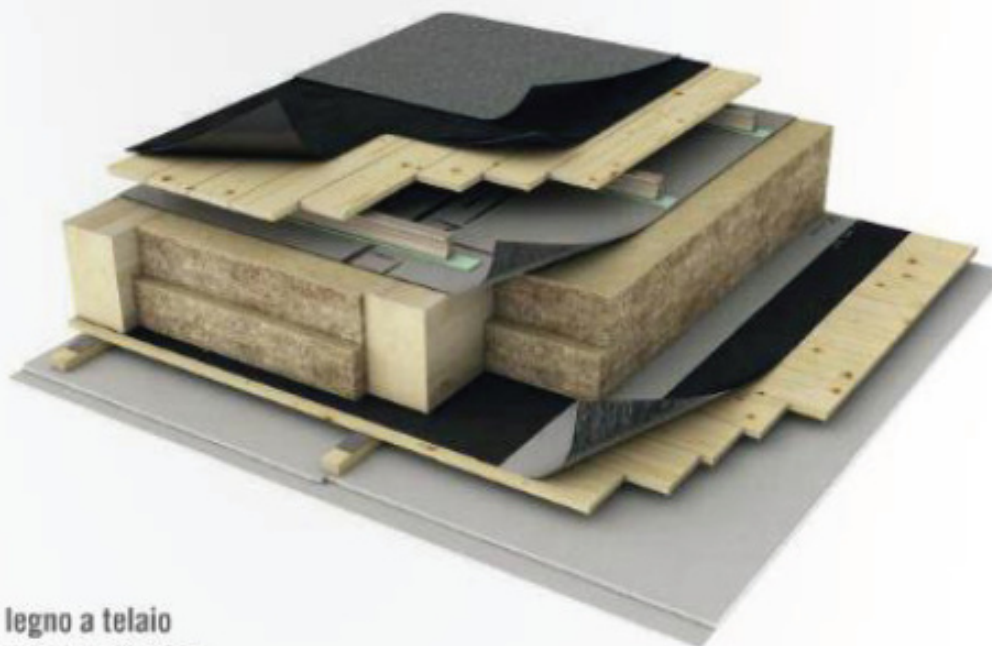
$$\text{SEZIONE 5: } 1 - (0,05 \times 1 \times 5) + (0,05 \times 0,05 \times 6) = 1 - 0,25 + 0,015 = 0,765$$

MOLTIPLICARE TRASMITTANZA PER SEZIONE CORRISPONDENTE
PER OTTENERE LA MEDI PONDERATA

$$\mathbf{U_{tot}} = (0,175 \times 0,182 \text{ W/m}^2\text{K}) + (0,01 \times 0,244 \text{ W/m}^2\text{K}) \\ + (0,045 \times 0,188 \text{ W/m}^2\text{K}) + (0,005 \times 0,170 \text{ W/m}^2\text{K}) + \\ (0,765 \times 0,146 \text{ W/m}^2\text{K})$$

$$= \\ \mathbf{0,155} \\ \mathbf{W/m^2K}$$

Tetto piano in legno a telaio
Caratteristiche fisico-costruttive
 protezione dal fuoco (REI) 60
 trasmittanza termica U **0,17 W/m²K**
 sfasamento Φ **6,04 h**
 potere fonoisolante R_w^* **45-47 dB**
 * prestazione teorica da laboratorio



Tetto piano in legno a telaio
Caratteristiche termo-fisiche

Stratigrafia dall'esterno	λ (W/mK)	μ (min-max)	ρ (kg/m³)	c (kJ/kg)
Membrana bituminosa autoadesiva ardesiata (3 mm)	0,20	84000	1167	4,20
Membrana bituminosa autoadesiva (3 mm)	0,20	100000	1000	4,20
Assito in abete di legno (24 mm)	0,13	50	500	1,60
Listellatura in abete (60 mm)	0,13	50	500	1,60
Viti e accessori per isolamento				
Membrana traspirante	0,30	-	-	1,80
Travi portanti (200 mm)	0,13	50	500	1,60
Isolamento tra le travi in lana di vetro (200 mm)	0,04	1	40-50	1,03
Assito in legno di abete (20 mm)	0,13	50	500	1,60
Freno vapore	0,30	-	-	1,80
Guarnizione elastica per profili				
Listellatura in abete (24 mm)	0,13	50	500	1,60
Lastra in cartongesso (25 mm)	0,25	10	800	1,05

Tetto inclinato ventilato con struttura in travi a vista

Caratteristiche fisico-costruttive

protezione dal fuoco (REI) 30

trasmissione termica U 0,14 W/m²K

sfasamento Φ 12,09 h

potere fonoisolante R_w* 46-48 dB

* prestazione teorica da laboratorio



Tetto inclinato ventilato con struttura in travi a vista

Caratteristiche termo-fisiche

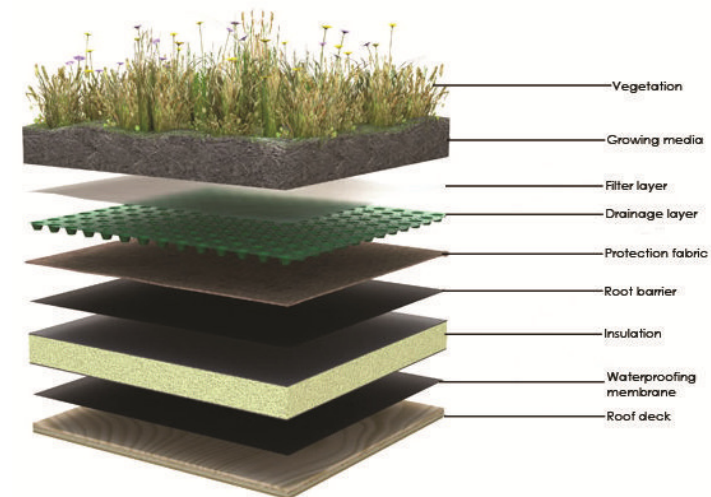
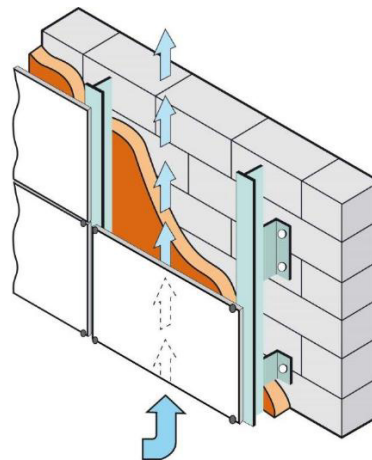
Stratigrafia dall'esterno	λ (W/mK)	μ (min-max)	ρ (kg/m ³)	c (kJ/kg)
Tegole in cemento o laterizio	-	-	2100	-
Controlistellatura in abete (40 mm)	0,13	50	500	1,60
Listellatura in abete per microventilazione (40 mm)	0,13	50	500	1,60
Membrana traspirante	0,30	-	-	1,80
Isolamento in lana di roccia (260 mm)	0,04	1	180	1,03
Freno vapore	0,30	-	-	1,80
Assito in abete (24 mm)	0,13	50	500	1,60
Travi portanti (240 mm)	0,13	50	500	1,60

Capacità termica [kg/m²]

È la massa per unità di superficie delle pareti opache

Rappresenta il parametro principale che **caratterizza il comportamento dinamico della parete in relazione allo sfasamento dell'onda termica** dovuta agli apporti termici solari e all'irraggiamento termico.

Gli effetti positivi che si ottengono con il rispetto di **adeguati valori di massa superficiale** delle pareti opache possono essere raggiunti, in alternativa, con l'utilizzo di tecniche e materiali, anche innovativi, che permettono di contenere le oscillazioni della temperatura degli ambienti in funzione dell'andamento dell'irraggiamento solare.



CALORE SPECIFICO DI MATERIALI ISOLANTI

Materiale isolante	Capacità termica specifica (J/kgK)	Conduttività termica (W/(mK))
Climacell (fiocchi di cellulosa)	2544	0,038
Polistirolo	1450	0,035
Estrusi EPS	1260	0,034
Lana di Vetro	1030	0,041
Lana di Roccia	1030	0,037
Argilla Espansa	1000	0,110



L'inerzia termica descrive **la reazione alle oscillazioni dello scambio di calore**

Se l'inerzia termica è alta, l'ambiente interno rimane prossimo alla condizione di stato stazionario;

Se l'inerzia termica è bassa, l'interno varia con la variazione degli scambi.

L'inerzia termica dipende:

**Dai materiali che costituiscono l'involucro e dalla loro successione stratigrafica
Dal peso dei solai e delle partizioni interne a contatto con l'aria interna**

I **benefici** dell'inerzia termica sono:

Ridurre il surriscaldamento in estate ed evitare o diminuire il bisogno di raffrescamento attraverso dispositivi meccanici

Beneficiare degli apporti solari in inverno, soprattutto nel caso di uso continuativo dei locali.

Sfasamento φ : consente di valutare il ritardo della trasmissione negli ambienti interni delle variazioni del gradiente termico estivo

Per ottenere condizioni di sufficiente benessere lo sfasamento non dovrebbe essere inferiore a 8 ore, condizioni ottimali si verificano con periodi di 12 ore e più



Dipende dalla capacità termica specifica (**c**) del materiale e dalla sua massa (**ms**), e dalla **conducibilità termica** (λ)

E, ovviamente, DALLO SPESSORE!

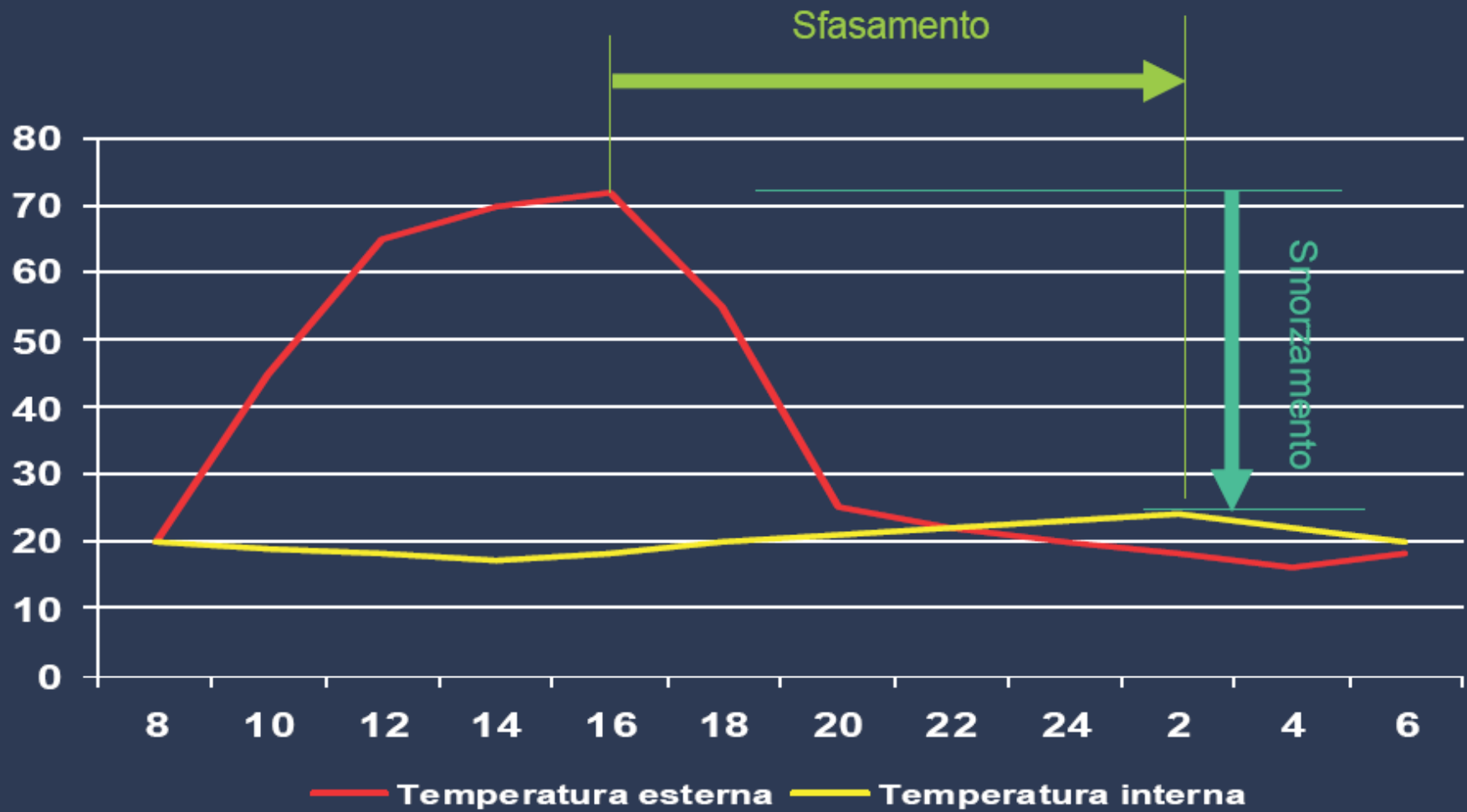
Smorzamento f_a : qualifica la riduzione di ampiezza dell'onda termica nel passaggio dall'esterno all'interno dell'ambiente attraverso la struttura in esame



Dipende dalla capacità isolante del materiale

Il riferimento normativo per il calcolo di questi fattori è la **UNI EN ISO 13786:2001**

COMFORT ESTIVO



TRASMITTANZA TERMICA PERIODICA UNI EN ISO 13786:2008

YIE (W/m²K), è il parametro che valuta la capacità di una parete opaca di sfasare ed attenuare il flusso termico che la attraversa nell'arco delle 24 ore.

Rappresenta l'equivalente estivo della trasmittanza termica U utilizzata d'inverno, nel senso che viene utilizzata come parametro rappresentativo del comportamento di un elemento di involucro nel periodo estivo. Inoltre è il parametro che permette al progettista la scelta tra agire sull'isolamento o sulla massa.

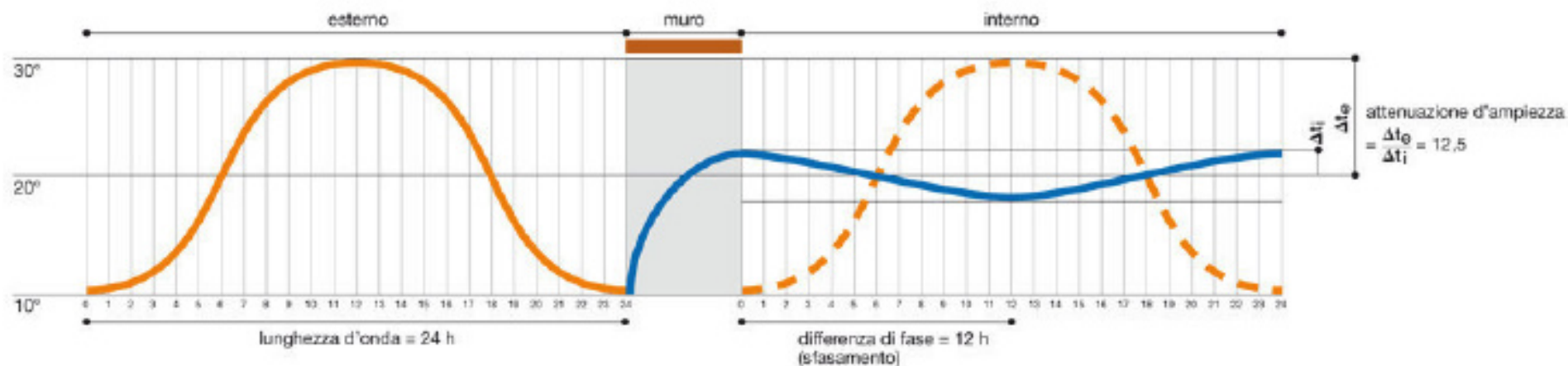
$$Y_{ie} = f \times U \quad [W/(m^2 \cdot K)]$$

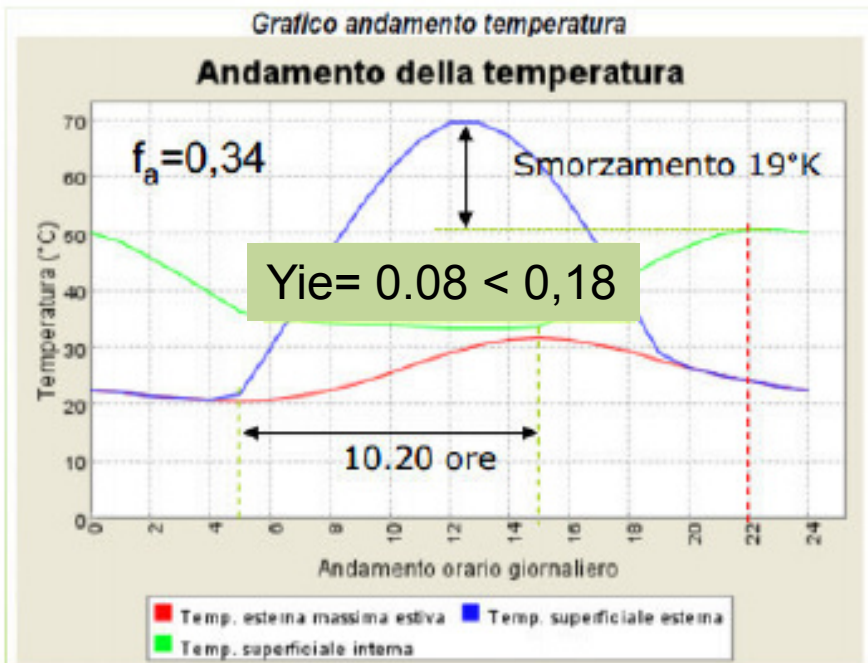
f = fattore di attenuazione o di decremento

$$Y_{IE} < 0,12 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{K};$$

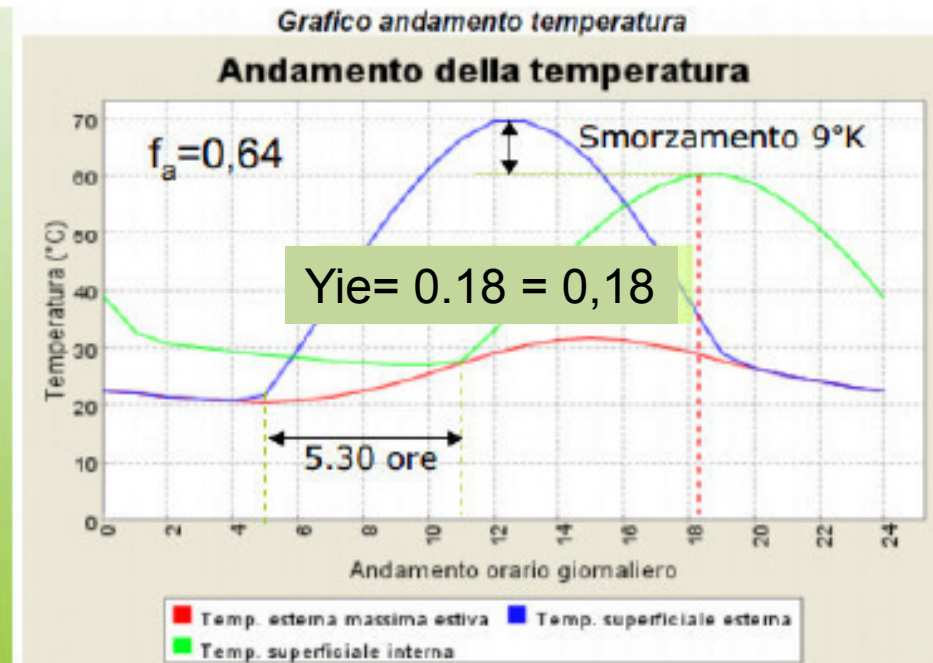
Valori secondo normativa vigente (DM 26 giugno 2009 - Linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici)

Sfasamento (h)	Attenuazione	Prestazioni	Qualità prestazionale
$S > 12$	$F_a < 0,15$	Ottime	I
$12 \geq S > 10$	$0,15 \leq F_a < 0,30$	Buone	II
$10 \geq S > 8$	$0,30 \leq F_a < 0,40$	Medie	III
$8 \geq S > 6$	$0,40 \leq F_a < 0,60$	Sufficienti	IV
$S \geq 6$	$F_a \leq 0,60$	Mediocri	V





Sfasamento termico di una copertura lignea isolata con 14 cm di **fibra di legno**:
sfasamento 10.20 ore - $U= 0,26W/°K$



Sfasamento termico di una copertura lignea isolata con 14 cm di **lana di vetro**:
sfasamento 5.30 ore - $U= 0,26W/°K$

La nuova impostazione del DM 26/06/2015 prevede che, tenendo fermi i limiti di trasmittanza termica (U) nelle varie zone climatiche e i valori di irradianza al suolo, già previsti dal D.Lgs. 192/05, si valutino parametri e prestazioni diverse per le pareti e le coperture che si trovano in tutte quelle aree con irradianza maggiore di 290 W/m² nel mese di massima insolazione (ad esclusione della zona climatica F):

Per pareti verticali, non orientate a Nord, Nord/Ovest, Nord/Est, il progettista può scegliere se adottare strutture dotate di **massa superficiale superiore ai 230 kg/m²** o strutture caratterizzate da un valore di **trasmittanza termica periodica < 0.10 W/m²K**.

Per pareti opache orizzontali ed inclinate è invece previsto il solo rispetto del limite della **trasmittanza termica periodica < 0.18 W/m²K**.

- ✓ In tutte quelle zone (le aree più fredde) che non superano il limite di irradianza di 290 W/m^2 , posso costruire strutture pesanti o strutture leggere, senza tenere in alcuna considerazione il correttivo del valore di trasmittanza termica periodica su esposto; in altri termini l'unico valore di cui dovrò tenere conto nel calcolo progettuale è il valore limite 2010 della trasmittanza a seconda del tipo di struttura e della mia zona climatica.
- ✓ Nelle aree con irradianza superiore a 290 W/m^2 , se costruisco una parete pesante (cioè con massa superiore a 230 kg/m^2), non devo tenere conto del correttivo del valore di trasmittanza termica periodica, ma solo del valore limite 2010 della trasmittanza termica (U) a seconda del tipo di struttura e della mia zona climatica.
- ✓ Nelle aree con irradianza superiore a 290 W/m^2 , se costruisco una parete leggera (cioè con massa inferiore a 230 kg/m^2), allora devo tenere conto del correttivo della trasmittanza termica periodica, che deve essere $< 0.10 \text{ W/m}^2\text{K}$, oltre a rispettare il valore limite 2010 della trasmittanza termica (U).
- ✓ Nelle aree con irradianza superiore a 290 W/m^2 , se costruisco una copertura, leggera o pesante che sia, oltre a tenere in conto il valore limite 2010 della trasmittanza termica (U), devo anche applicare il correttivo della trasmittanza termica periodica, che dovrà essere $< 0.18 \text{ W/m}^2\text{K}$.