PRESTAZIONI ESTIVE DEGLI EDIFICI:

L'EPS E IL COMFORT ESTIVO

PRESTAZIONI ESTIVE. L' EPS E IL COMFORT ESTIVO

AIPE

INDICE

- **IL PROBLEMA «ESTIVO»**
- **LE PRESCRIZIONI LEGISLATIVE**
  - ventilazione
  - controllo solare
  - inerzia termica
  - fabbisogno energetico raffrescamento

- **PARAMETRI TERMICI DINAMICI:** esempi stratigrafie con EPS
  - strutture opache verticali
    (isolamento in intercapedine, cappotto, sistemi costruttivi SAAD)
  - strutture opache orizzontali e inclinate (tetti e solai)
- **CERTIFICARE LA QUALITA' ESTIVA**
- **L'INFLUENZA DEL COLORE DELLE PARETI**
- **IL COMFORT TERMICO: la Temperatura operante**

INQUADRAMENTO LEGISLATIVO ATTUALE

- **Direttiva 2002/91/CE**: (EPBD) Rendimento energetico nell'edilizia
- **Direttiva 2006/32/CE**: Efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici
- **DIRETTIVA 2010/31/CE: revisione EPBD → pone particolare attenzione alla prestazione estiva degli edifici**

D.Lgs 192/05
Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia

D.Lgs 311/06
Disposizioni correttive ed integrative al Dlgs 192

D.Lgs 115/08
Attuazione della direttiva 2006/32/CE relativa all'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici

D.Lgs 56/2010
"Modifiche ed integrazioni al decreto 30 maggio 2008, n. 115 e al D.lgs 192/05")

D.P.R. 59/09
Regolamento di attuazione dell'articolo 4, comma 1, lettere a) e b), del Dlgs 192
- sostituisce le disposizioni transitorie dell' **ALLEGATO I** del Dlgs 311/06 -

D.M. 26/06/2009
Linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici

↓

Disposizioni e valutazioni in merito al periodo estivo

Definizioni aggiuntive (art.2 – DPR 59/09)

Trasmittanza termica periodica YIE [W/m²K]:

Parametro che valuta la capacità di una struttura opaca di sfasare e attenuare il flusso termico che la attraversa nell'arco delle 24 ore, definita e determinata secondo UNI EN ISO 13786:2008

Sistemi filtranti, pellicole polimeriche autoadesive:

applicabili su vetri, sul lato interno o esterno, in grado di modificare una o più delle seguenti caratteristiche della superficie vetrata: trasmissione dell'energia solare, trasmissione ultravioletti, infrarossi, luce visibile.

Coperture a verde:

Coperture continue con sistema che utilizza specie vegetali in grado di adattarsi alle condizioni ambientali della copertura di un edificio.

Tali coperture sono realizzate tramite un sistema strutturale che prevede uno strato colturale opportuno sul quale radificano specie vegetali, con minimi interventi di manutenzione, coperture a verde estensivo, o con interventi di manutenzione media e alta, coperture a verde intensivo.

Nel periodo estivo…

… è sempre più richiesta una quantità di energia tale
da mantenere la temperatura di COMFORT negli ambienti abitati.

INTERVENTI PER EVITARE IL SURRISCALDAMENTO ESTIVO DEGLI AMBIENTI

Dlgs. 192/05 - D.P.R. 59/09

Il legislatore italiano, al fine di

- limitare il fabbisogno per la climatizzazione estiva e
- contenere la temperatura interna degli ambienti

propone delle regole adottando un approccio prescrittivo che focalizza l'attenzione su:

- controllo della ventilazione
  (ottimizzazione ventilazione naturale - eventuale ventilazione meccanica)
- controllo dell'irraggiamento
  (sistemi schermanti delle superfici vetrate - esterni o interni, sistemi filtranti)
- controllo delle caratteristiche inerziali delle strutture opache
  (massa sup, YIE, ϑ ,fa)
- controllo del bilancio energetico estivo (EPe,inv)

CONTROLLO VENTILAZIONE

Art. 4 comma 18 – c): ottimizzazione ventilazione naturale - eventuale ventilazione meccanica

«Utilizzare 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, è possibile prevedere l'impiego di sistemi di ventilazione meccanica….»

- Progettazione degli spazi esterni per la creazione di un microclima favorevole: interazione edificio – ambiente (per es. vegetazione, incanalare o sfruttare i venti e le brezze locali)
- Ventilazione naturale (trasversale, monolaterale, indotta dal sole)

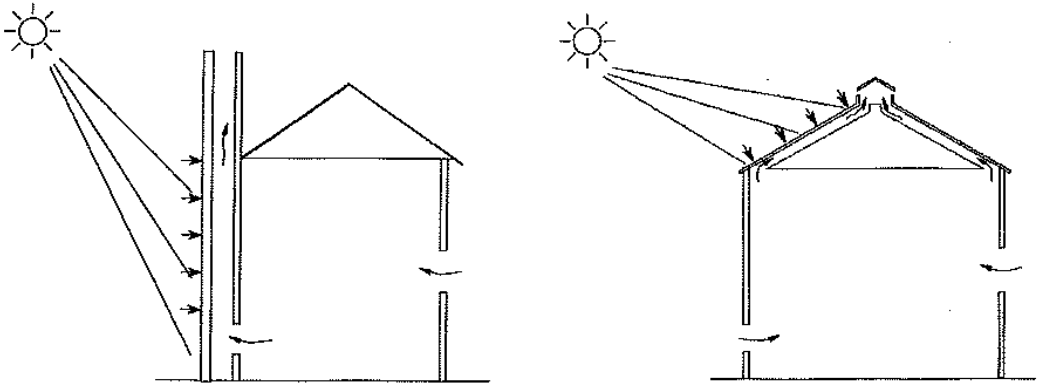


Figura 1.9 Schema per un camino e un tetto solare: l'energia del sole riscalda il collettore creando un gradiente di temperatura, lo squilibrio termico indotto favorisce il mantenimento di una variazione di pressione nelle zone dell'edificio e attiva la ventilazione naturale. Maggiore è l'irraggiamento solare e più significativo è il flusso d'aria generato dal sistema [Fonte: 3].

→ La ventilazione influisce anche sulla qualità dell'aria interna e quindi sulla salute degli occupanti.

CONTROLLO dell'IRRAGGIAMENTO - CONTROLLO SOLARE

- Art. 4 comma 18

Valutare puntualmente e documentare l'EFFICACIA dei sistemi schermanti delle superfici vetrate, esterni o interni, tali da ridurre l'apporto di calore per irraggiamento solare

- Art. 4 comma 19

SISTEMI SCHERMANTI ESTERNI: obbligatori per tutte le categorie di edifici (tranne E.6 ed E.8) sia per edifici di nuova costruzione che per ristrutturazioni totali di edifici
Le schermature possono essere omesse in presenza di superfici vetrate con fattore solare $g \leq 0,5$ (UNI EN 410)

- Art. 4 comma 20

Scelta tra SISTEMI SCHERMANTI o FILTRANTI per tutte le categorie di edifici (tranne E.6 ed E.8) nel caso di ristrutturazioni parziali o man. straord. (possibilità di impedimenti di natura tecnica-economica, da evidenziare)
Anche in questo caso in presenza di superfici vetrate con fattore solare $g \leq 0,5$ (UNI EN 410) il requisito è ottemperato.

schermature solari esterne: sistemi che, applicati all'esterno di una superficie vetrata trasparente permettono una modulazione variabile e controllata dei parametri energetici e ottico luminosi in risposta alle sollecitazioni solari.

Sistemi filtranti: pellicole polimeriche autoadesive applicabili su vetri, sul lato interno o esterno, in grado di modificare una o più delle seguenti caratteristiche della superficie vetrata: trasmissione dell'energia solare, trasmissione ultravioletti, infrarossi, luce visibile.

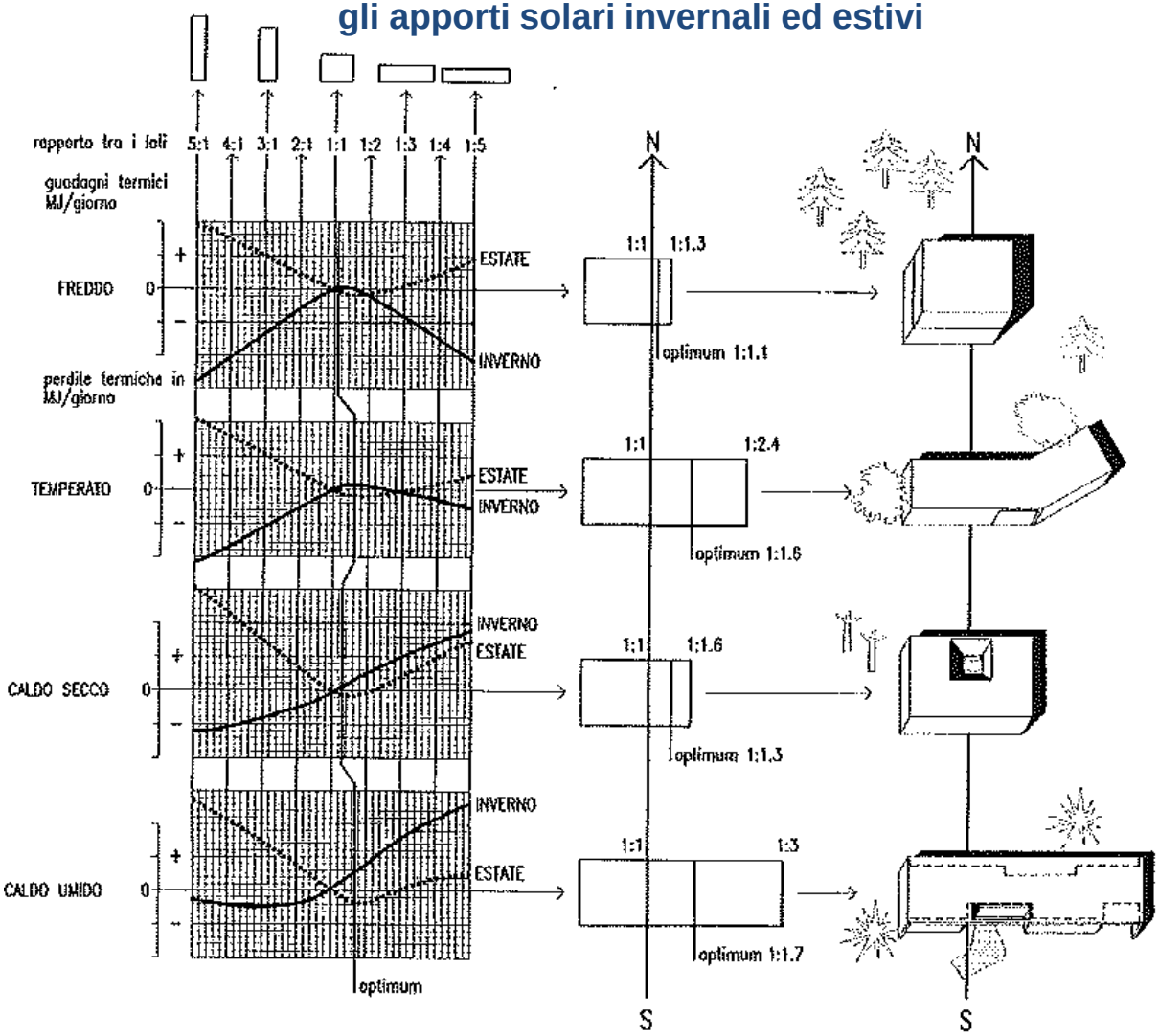
CONTROLLO dell'IRRAGGIAMENTO

Esemplificazione del rapporto tra condizioni climatiche e forma architettonica per ottimizzare gli apporti solari invernali ed estivi

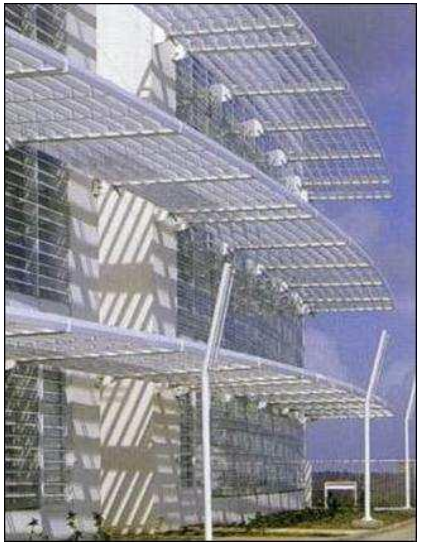
Per la protezione dai fattori climatici, uno dei più importanti approcci è considerare la morfologia achitettonica

L' ottimizzazione degli apporti solari invernali ed estivi è legata a:
- **analisi microclima locale**
- **analisi sito**
- **posizione, orientamento, forma edificio**
- **distribuzione interna degli spazi**
- **distribuzione e tipologia chiusure trasparenti**

Anche la vegetazione può rappresentare una schermatura solare (caducifoglie)



CONTROLLO dell'IRRAGGIAMENTO - CONTROLLO SOLARE



Sistemi schermanti

- fissi
- mobili (regolazione automatica in base alla radiazione solare incidente)
- aggetti verticali, orizzontali (frangisole, doghe)
- vegetazione (caducifoglie)
- edifici adiacenti

In assenza di indicazioni nazionali per definire in modo oggettivo l'efficacia delle schermature, si può prendere a riferimento il metodo proposto dalla REGIONE LOMBARDIA
Art. 5.4 DGR VIII/8745 e successive precisazioni
(metodologia per il calcolo del **fattore d'ombreggiamento medio giornaliero relativo allo schermo x e all'elemento trasparente y** tenendo conto dell'intensità della radiazione solare diretta, orientamento elemento trasparente da verificare, ombre portate dall'edificio)

ESTATE	INVERNO
RIDUZIONE DEL 70% DELL'IRRADIAZIONE SOLARE MASSIMA SULLE SUPERFICI TRASPARENTI	CONSENTIRE IL COMPLETO UTILIZZO DELLA MASSIMA IRRADIAZIONE SOLARE INCIDENTE
posizione del sole e radiazione solare incidente alle ore 11, 13, 15, 17 del 21 luglio	Posizione del sole e radiazione solare incidente alle ore 10, 12, 14 del 21 dicembre

CONTROLLO FABBISOGNO ENERGETICO DI RAFFRESCAMENTO

Verifica **EPe,invol**

La prestazione energetica per il raffrescamento estivo dell'involucro edilizio è pari al rapporto tra il fabbisogno annuo di energia termica per il raffrescamento dell'edificio e:

- la superficie utile dell'edificio per gli edifici residenziali
- il volume per gli edifici con altre destinazioni d'uso

→ **EPe,inv ≤ EPe,inv limite** in base alle zone climatiche (2 gruppi) e alle destinazioni d'uso

	EPe,invol Edifici classe E1 Esclusi collegi, conventi, caserme	**EPe,invol** Per tutti gli altri edifici
Zona climatica A , B	**40 KWh/m²**	**14 KWh/m³**
Zona climatica C, D, E, F	**30 KWh/m²**	**10 KWh/m³**

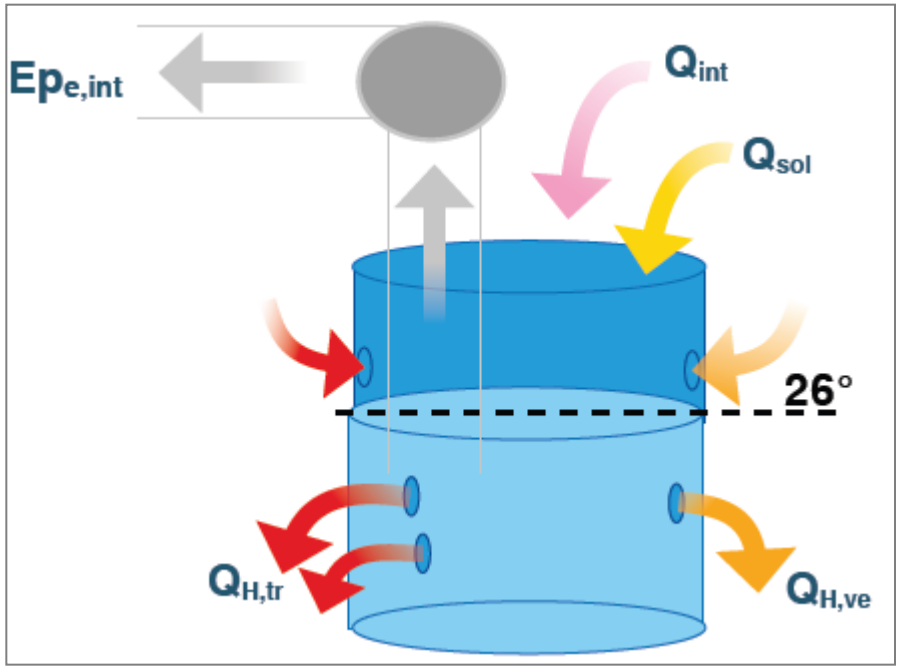
Epe,invol è indipendenti dalle caratteristiche morfologiche dei fabbricati (il grado di compattezza dell'edificio rappresentato dal rapporto S/V)

Fabbisogno energia termica per il raffrescamento: calcolato secondo UNI/TS 11300-1 ed è la quantità di calore da sottrarre per mantenere l'ambiente climatizzato alla temperatura di progetto (il parametro non riguarda l'intero sistema edifico-impianto)

Temperatura interna di regolazione (set point) per la stagione di raffrescamento: temperatura di progetto estiva 26°C per tutti gli edifici ad esclusione di piscine e saune (28°C) e palestre (24°C)

Periodo di raffrescamento: la stagione non è definita a priori come nel caso invernale

Bilancio energetico in condizioni estive di un edificio in regime semi-stazionario



Il calcolo tiene conto degli apporti solari sulle superficie trasparenti e opache, della temperatura dell'aria esterna, delle sorgenti interne, della ventilazione e delle caratteristiche termiche delle strutture.

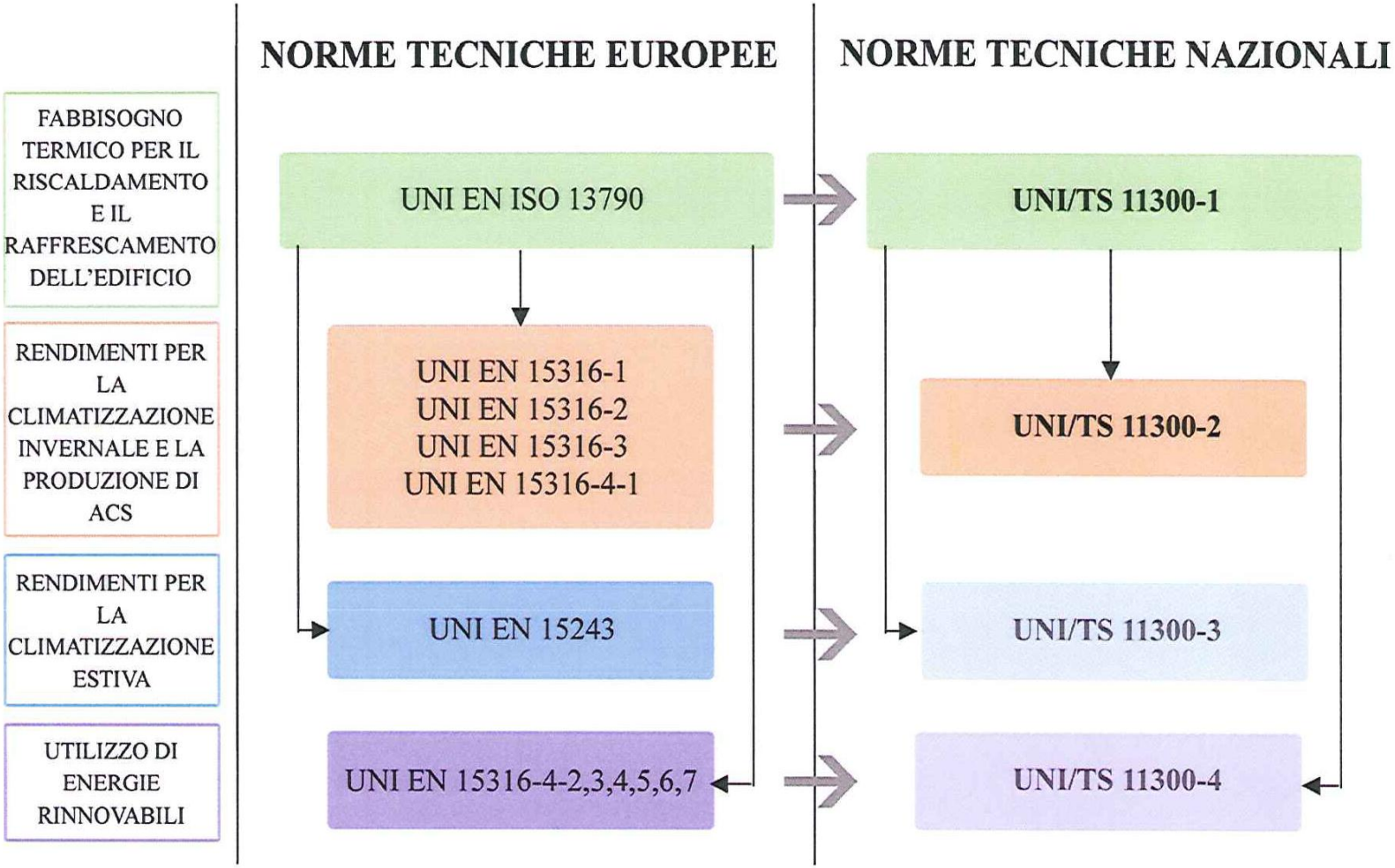
UNI TS 11300-1 → metodologia di calcolo in **regime semi-stazionario**:

- il metodo non permette di valutare direttamente le caratteristiche dinamiche dei componenti opachi dell'involucro e il relativo contributo che sono in grado di offrire al comportamento energetico dell'edificio, ma considera solo gli effetti di isolamento termico rappresentati da U [W/m²K].

le componenti impiantistiche, contrariamente alle analoghe verifiche in fase invernale, non vengono considerate nelle valutazioni

METODOLOGIE DI CALCOLO

per le prestazioni energetiche degli edifici e degli impianti



METODOLOGIE DI CALCOLO

per le prestazioni energetiche degli edifici e degli impianti

- **UNI/TS 11300 - 1 (maggio 2008 + EC 1-2010)** REV 2012

Prestazioni energetiche degli edifici – Determinazione del fabbisogno di energia dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale

- **UNI/TS 11300 - 2 (maggio 2008)** REV 2012

Prestazioni energetiche degli edifici – Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria

- **UNI/TS 11300 - 3 (marzo 2010)**

Prestazioni energetiche degli edifici – Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione estiva

- **UNI/TS 11300 - 4 (maggio 2012)** NEW ←

Prestazioni energetiche degli edifici – Utilizzo di energie rinnovabili e di altri metodi di generazione per climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitari

→ permette di valutare il risparmio di energia primaria ottenibile utilizzando energie rinnovabili ed altri metodi di generazioni per riscaldamento e acs, teleriscaldamento…)

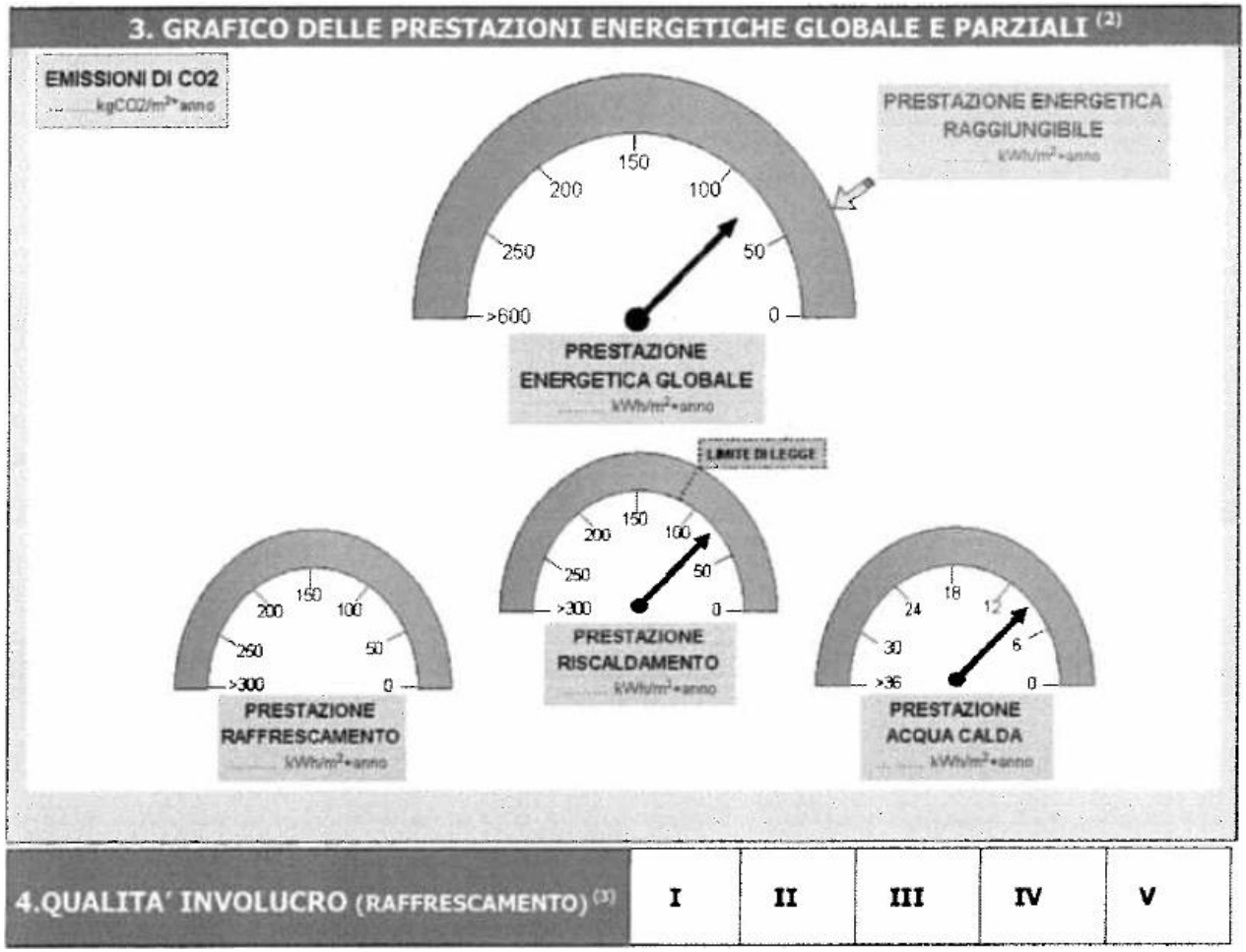
CLASSIFICARE LA QUALITA' ESTIVA
LINEE GUIDA NAZIONALI - DM 26 GIUGNO 2009

$$EPgl = EPi + EPacs + EPe + EPill$$

↓

nella fase di avvio:

EPgl = EPi + EPacs



CLASSIFICARE LA QUALITA' ESTIVA - LINEE GUIDA NAZIONALI – DM 26 GIUGNO 2009

- **Metodo EPe,invol** (indice di prestazione termica per il raffrescamento) - metodo UNI/TS 11300-1

$EP_{e,invol}$	PRESTAZIONI	QUALITÀ PRESTAZIONALE
$EP_{e,invol} < 10$	ottime	I
$10 \leq EP_{e,invol} < 20$	buone	II
$20 \leq EP_{e,invol} < 30$	medie	III
$30 \leq EP_{e,invol} < 40$	sufficienti	IV
$EP_{e,invol} \geq 40$	mediocri	V

- Metodo basato su **parametri qualitativi** - Norma di riferimento: UNI EN ISO 13786

Metodo alternativo per edifici esistenti con superficie utile < 1000 m2

Sfasamento (ore)	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
$S \leq 6$	$f_a \geq 0,6$	mediocri	V

Nei casi in cui le coppie di parametri caratterizzanti l'edificio non rientrano coerentemente negli intervalli fissati in tabella, per la classificazione prevale il valore dello sfasamento

CONTROLLO INERZIA TERMICA

Per le località nelle quali il valore medio mensile dell'irradianza sul piano orizzontale **Im,s >= 290 W/m²** (ad esclusione della zona F e ad eccezione categorie E5, E6, E7, E8) si richiede:

PER TUTTE LE STRUTTURE **OPACHE VERTICALI**, AD ESCLUSIONE DI QUELLE NEL QUADRANTE N / N–O / N-E, ALMENO UNA DELLE SEGUENTI CONDIZIONI:

1. valore di massa superficiale Ms >230 Kg/m2
2. modulo della trasmittanza termica periodica **YIE < 0,12 [W/m²K]**

PER TUTTE LE STRUTTURE **OPACHE ORIZZONTALI E INCLINATE**:

modulo YIE < 0,20 [W/m²K]

→ Il DPR 59/09 introduce «nuovi» parametri più idonei a caratterizzare il comportamento estivo in quanto descrive la reazione di un elemento edilizio ad una sollecitazione termica variabile nel tempo,
La YIE permette di definire in maniera più completa, rispetto alla massa frontale, l'INERZIA TERMICA di un componente

YIE [W/m2K]
definita secondo UNI EN ISO 13786
Mette in relazione la variazione del flusso termico sulla superficie esterna del componente edilizio con la conseguente variazione di temperatura sul lato interno dello stesso

REGIME ESTIVO e INERZIA TERMICA

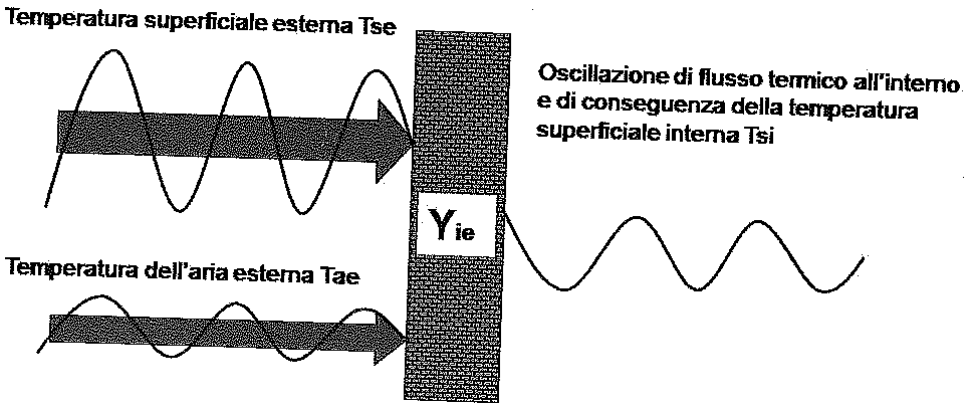
L'inerzia termica è una proprietà che influenza il comportamento termico dinamico della parete, cioè la capacità di reagire a sollecitazioni di temperatura variabili nel corso del tempo.

→ Questo requisito è tanto più importante quanto più elevata l'escursione giornaliera dei carichi interni (apporti interni variabili, grandi superfici vetrate non schermate).

Gli elementi di tamponamento dell'edificio, siano essi pareti o coperture, sono sempre soggette a sollecitazioni termiche che provocano un flusso di calore variabile nel tempo.

- Nel periodo invernale: condizioni stazionarie, temperature e flussi di calore possono essere considerati costanti → U
- In estate: le condizioni al contorno sono variabili (temperatura aria esterna e irraggiamento solare) per cui la struttura deve quindi essere analizzata con una **modalità «dinamica»**

L'andamento giornaliero delle temperature esterne in estate può essere modellizzato tramite un'onda termica sinusoidale con periodo di 24 h che oscilla tra valori minimi e massimi



INERZIA TERMICA: capacità di accumulare calore e di cederlo in tempi successivi

in edilizia misura l'attitudine della parete a ridurre (smorzamento) e ritardare (sfasamento) l'effetto di sollecitazioni dinamiche sul carico termico dell'ambiente, ovvero il flusso termico che la attraversa nell'arco delle 24 ore

Sfasamento ϑ [h]:

- periodo di tempo (in ore) che intercorre fra la massima ampiezza dell'onda termica esterna e la massima ampiezza dell'onda termica interna (ovvero indicala differenza di tempo fra l'ora in cui si registra la massima temperatura sulla superficie esterna della struttura e l'ora in cui si registra la massima temperatura sulla superficie interna della stessa)
- definisce la capacità della struttura di ritardare il passaggio dell'onda termica dall'esterno all'interno (rappresenta il ritardo con cui l'elemento rilascia verso l'ambiente interno il calore accumulato)

ϑ è direttamente proporzionale alla capacità termica ed inversamente proporzionale alla conduttività, in particolare tanto più alta è la capacità quanto più lento sarà l'ingresso del calore, al contrario, tanto più alta è la conduttività quanto minore sarà il tempo necessario affinché il calore attraversi la struttura.

Fattore di attenuazione fa [-]: $f_a = \frac{Y_{IE}}{U}$

rapporto tra la massima ampiezza dell'onda termica sulla superficie interna e la massima ampiezza dell'onda termica sulla superficie esterna

(indica la riduzione dei picchi massimi, ovvero la diminuzione d'ampiezza che subisce l'onda termica nel passare attraverso il componente e quindi la riduzione della temperatura operato dalla struttura nel tempo)

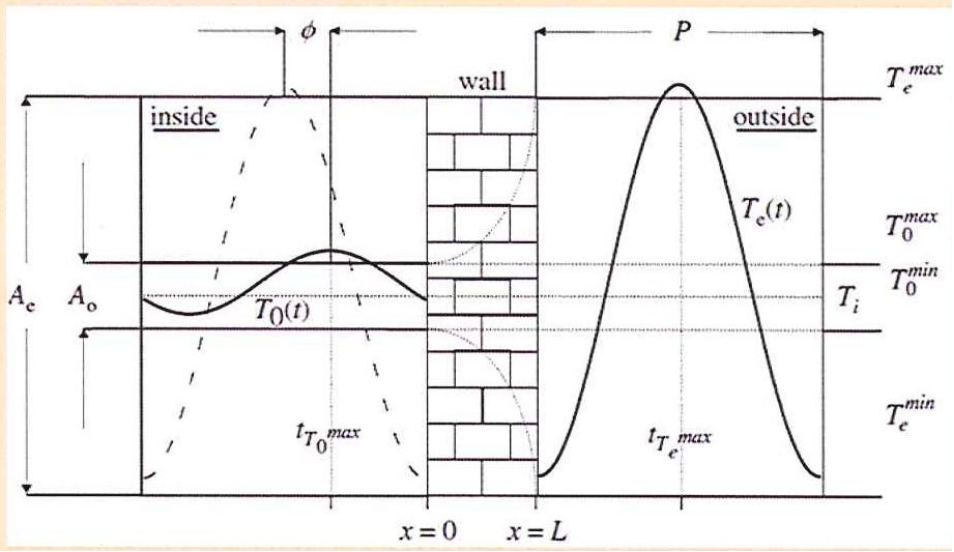
PRESTAZIONI ESTIVE. L' EPS E IL COMFORT ESTIVO

AIPE

Ripercussioni pratiche sul sistema edificio-impianto:

- la riduzione dei valori di temperatura all'interno permette il dimensionamento d'impianti con potenza ridotta e quindi minore consumo;
- con valori ottimali di sfasamento il calore entrerà nelle ore notturne durante le quali può essere smaltito con ricambi di aria, quando la temperatura è meno severa

→ sfruttamento della ventilazione notturna e delle correnti d'aria per la rimozione del calore accumulato dalle superfici.



L'inerzia termica di un componente è legata alla sua capacità di accumulo (massa), ma anche allo stesso isolamento termico.

A parità di Ms e di U, la trasmittanza termica periodica varia anche in funzione della tipologia costruttiva (stratigrafia, posizione dell'isolante → da cui dipende principalmente l'attenuazione)

Yie = f (spessore, λ, ρ, capacità termica, stratigrafia**)**

Una struttura con valori ottimali di YIEM riesce a contenere gli effetti derivanti dall'oscillazione della T sup. est. causati dall'irraggiamento solare e dalla Temperatura dell'aria esterna

CONCLUSIONI (inerzia termica – YIE)

L'inerzia termica può essere praticamente definita come l'effetto combinato dell'accumulo termico e della resistenza termica della struttura. Queste due caratteristiche dipendono dalla massa frontale della parete e dalla conduttività dei materiali che la costituiscono.

Il valore della trasmittanza termica periodica dipende sia dalla **capacità di accumulo termico**, sia dal **grado di isolamento termico** della parete: pertanto il limite di YIE lascia al progettista la scelta tra agire sull'isolamento o sulla massa:
La soluzione tecnica migliore da adottare per una stratigrafia è quindi scegliere un sistema dotato contemporaneamente di sufficiente massa e bassa conduttività senza prediligere soltanto una di queste caratteristiche → analisi dinamica tramite YIE
In particolare all'aumentare della capacità cresce la quantità di energia immagazzinata e al diminuire della conduttività decresce anche la velocità con cui il calore viene ceduto.

↓

DENER - Programma di calcolo AIPE

CALCOLO DEI PARAMETRI TERMICI DINAMICI DEI COMPONENTI EDILIZI

DENER - Programma di calcolo AIPE

CALCOLO DEI PARAMETRI TERMICI DINAMICI DEI COMPONENTI EDILIZI

EN ISO 13786:2007

Prestazione termica dei componenti per edilizia. Caratteristiche termiche dinamiche. Metodi di calcolo

DATI IN INGRESSO

- Tipo di componente (chiusura verticale, chiusura orizzontale inferiore …)
- Spessore s
- Massa volumica ρ
- Calore specifico Cp
- Conducibilità termica λ

  o Resistenza termica R

} per ogni strato del componente

valori EPS considerati
cs = 1450 J/KgK (UNI EN 10456)
λ = 0,034 W/mK
ρ = 20 Kg/m3

- **TRASMITTANZA TERMICA PERIODICA**
- **FATTORE DI ATTENUAZIONE**
- **SFASAMENTO**

Isolamento in intercapedine

INSERIMENTO DATI

Tipo di componente	Chiusura verticale

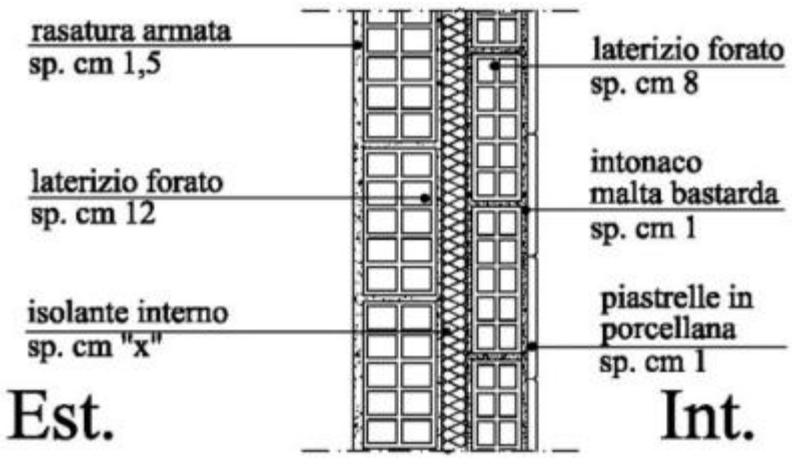
Stratigrafia (int-est)		s [cm]	ρ [kg/m³]	c [J/kg°C]	λ [W/m°C]	R [m²°C/W]	opz. λ→R
Strato liminare interno						0,13	
I	intonaco interno	1,5	1800	910	0,900		
II	laterizio interno	12,0	800	840	0,230		
III	EPS	8,0	20	1450	0,033		
IV	laterizio esterno	8,0	800	840	0,180		
V	intonaco esterno	2,0	1800	910	0,900		
VI							
VII							
VIII							
IX							
X							
Strato liminare esterno						0,04	

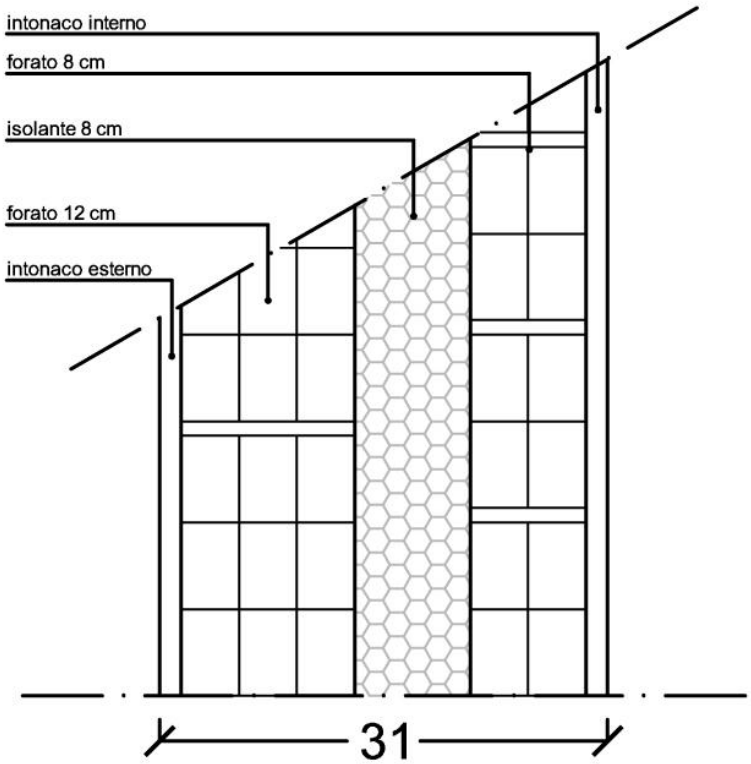
RISULTATI

Parametro	Modulo	Sfasamento
Ammettenza termica interna (Y_i)	3,484 W/(m²K)	2,48 h
Ammettenza termica esterna (Y_{ee})	4,664 W/(m²K)	3,92 h
Trasmittanza termica periodica (Y_{ie})	0,006 W/(m²K)	-10,13 h
Capacità termica areica interna (κ_i)	49,2 kJ/(m²K)	
Capacità termica areica esterna (κ_e)	65,3 kJ/(m²K)	
Resistenza termica (R)	3,599 (m²K)/W	
Trasmittanza termica (U)	0,278 W/(m²K)	
Fattore di attenuazione (f)	0,346	

Spessore (s)	31,5 cm	
Massa superficiale (m)	225 kg/m²	
Sfasamento (φ)	10,13 h	

PARETE DOPPIA - ISOLAMENTO IN INTERCAPEDINE

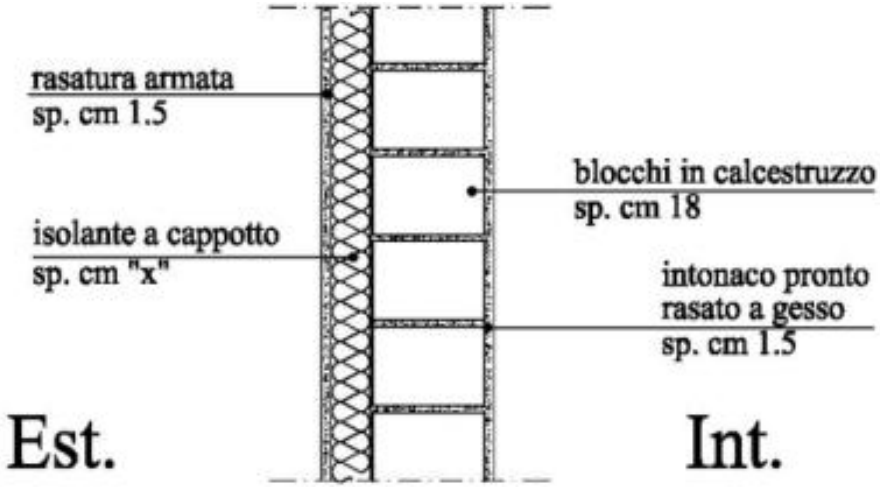




U = 0,28 W/m²K
Y_{IE} = 0,096 W/m²K
Sfasamento = 10,13 h
Fattore di attenuazione = 0,35
Massa superficiale = 225 Kg/m²

ISOLAMENTO A CAPPOTTO

	stratigrafia	Spessore (cm)
E	Intonaco per K8	1
	EPS	10
	Laterizio per esterno	20
I	Intonaco interno	1,5



U = 0,25 W/m²K
Y_{IE} = 0,05 W/m²K
Sfasamento = 10 h
Fattore di attenuazione: 0,20
Massa superficiale = 197 Kg/m²
Spessore tot 33 cm

PRESTAZIONI ESTIVE. L' EPS E IL COMFORT ESTIVO

AIPE

esempio sistema costruttivo ad armatura diffusa (SAAD):

PARETE VERTICALE PER STRUTTURA PORTANTE:

Impiego di pannelli (elementi-cassero) di grandi dimensioni

	stratigrafia	Spessore (cm)
E	Intonaco esterno	1,5
	EPS	12
	CLS	20
	EPS	6
I	cartongesso	1,2

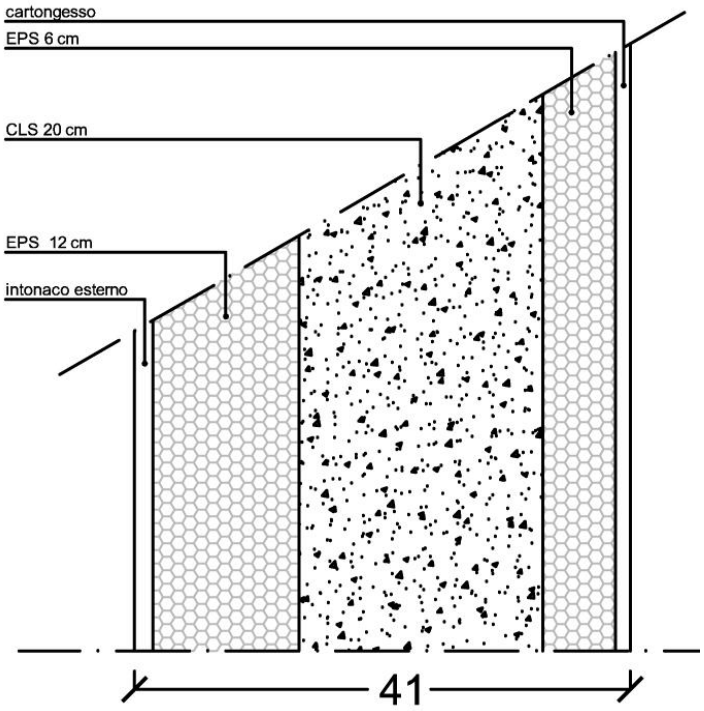
U = 0,17 W/m²K

Y_{IE} = 0,003 W/m²K

Sfasamento = 13,57 h

Fattore di attenuazione = 0,019

Massa superficiale = 460 Kg/m²

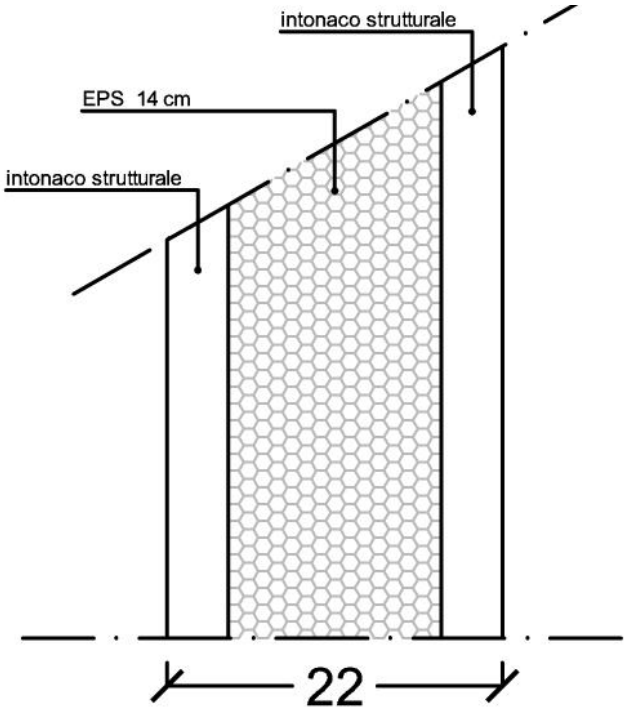


esempio sistema costruttivo ad armatura diffusa (SAAD):

PARETE VERTICALE PER STRUTTURA PORTANTE:

Parete con pannello singolo modulare di grandi dimensioni

	stratigrafia	Spessore (cm)
E	Intonaco strutturale	4
	EPS	14
I	Intonaco strutturale	4



U = 0,22 W/m²K

Y_{IE} = 0,16 W/m²K

Sfasamento = 5,31 h

Fattore di attenuazione: 0,72

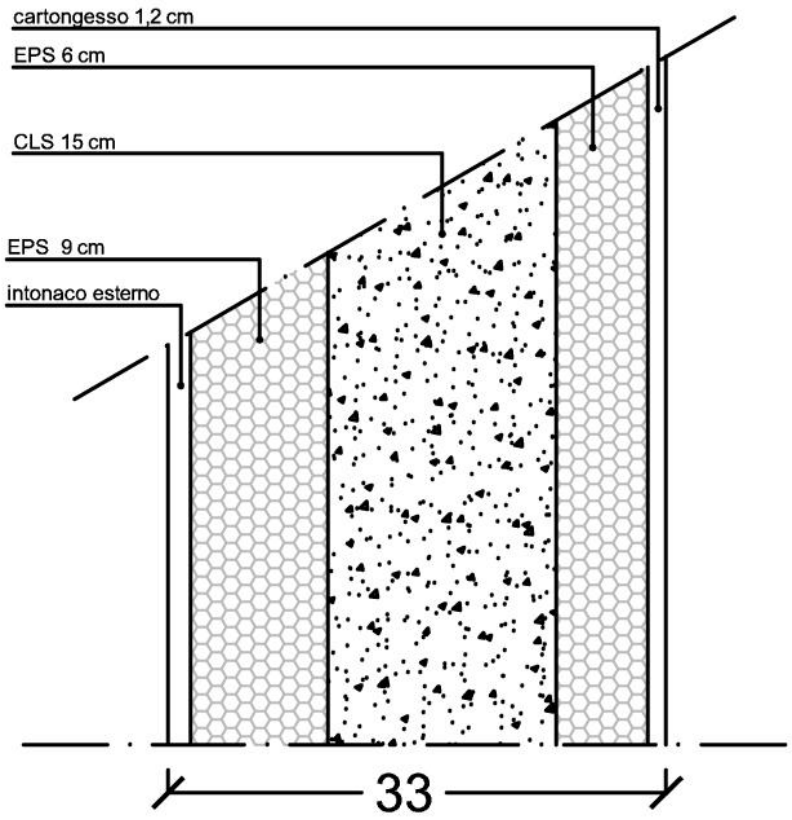
Massa superficiale = 171 Kg/m²

esempio sistema costruttivo ad armatura diffusa (SAAD):

PARETE VERTICALE PER STRUTTURA PORTANTE:

Impiego di elementi-cassero con moduli a incastro di piccole dimensioni

	stratigrafia	Spessore (cm)
E	Intonaco esterno	1,5
	EPS	9
	CLS	15
	EPS	6
I	cartongesso	1,2



U = 0,20 W/m²K

Y_{IE} = 0,007 W/m²K

Sfasamento = 10,91 h

Fattore di attenuazione = 0,036

Massa superficiale = 355 Kg/m²

PRESTAZIONI ESTIVE. L' EPS E IL COMFORT ESTIVO

AIPE

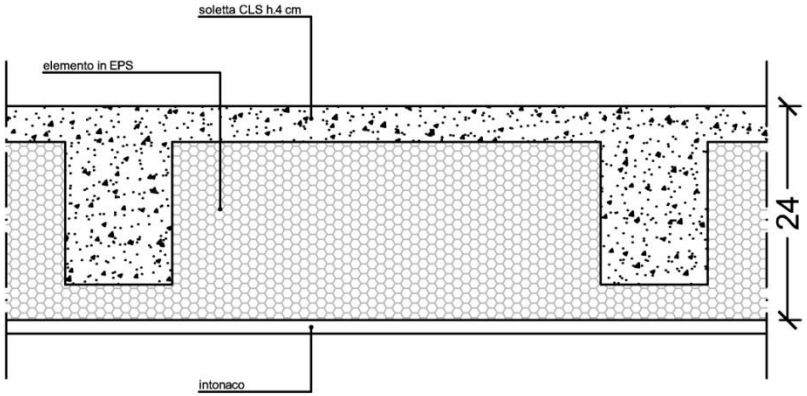
Sulla base della tradizione costruttiva delle aree geografiche del nostro Paese, sono state analizzate alcune delle stratigrafie più rappresentative:

Campione	Interno — Esempi di strutture analizzate per COPERTURE — Esterno	M Kg/m²	U W/m²K	Yie W/m²K
1	Lamiera grecata 10/10 – **10 cm EPS 25 Kg/m³** - Lamiera grecata 10/10	13	0.325	0.323
2	Lamiera grecata 10/10 – **16 cm EPS 25 Kg/m3** - Lamiera grecata 10/10	15	0.206	0.200
3	Cartongesso 2 cm – **14 cm EPS 25 Kg/m3** - intercapedine 5 cm - Lamiera grecata 10/10	27	0.198	0.192
4	Cartongesso 2 cm – **16 cm EPS 25 Kg/m3** - Lamiera grecata 10/10	37	0.18	0.172
5	Legno 2,5 cm - **13 cm EPS 25 Kg/m3** - intercapedine 5cm – legno 2,5cm - manto impermeabile	45	0.224	0.182
6	Intonaco – laterizio 24 cm - **5 cm EPS 25 Kg/m3** – rivestimento esterno	199	0.501	0.079
7	Intonaco – laterizio 24 cm - **10 cm EPS 25 Kg/m3** – rivestimento esterno	200	0.288	0.041
8	Intonaco – laterizio 24 cm - **10 cm EPS 25 Kg/m3** – film protettivo – tegola marsigliese	227	0.277	0.039

Le verifiche progettuali sono state eseguite utilizzando i programmi di calcolo AIPE, realizzati con il contributo del Politecnico di Torino- DENER (Prof. Vincenzo Corrado), basandosi sulla norma UNI EN ISO 13786 per la determinazione dei parametri termodinamici dei componenti per l'edilizia

SOLAI

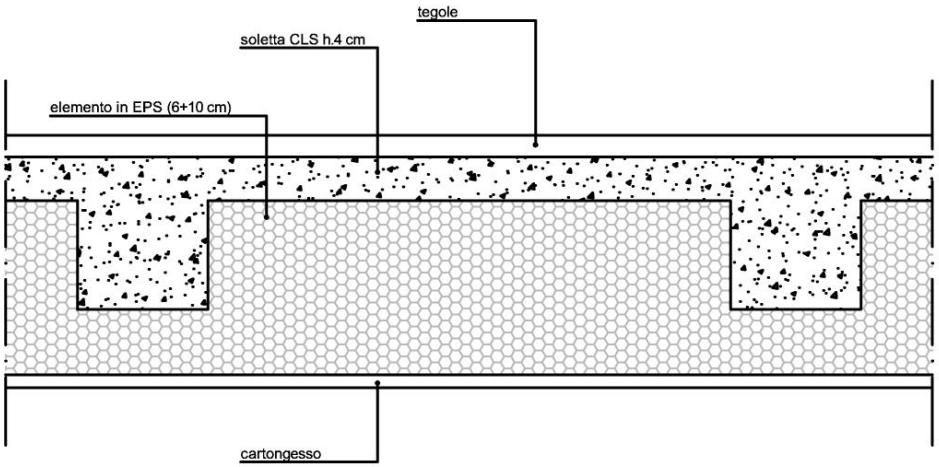
solaio H 24 con elementi di alleggerimento in EPS e finitura dell'intradosso con intonaco



stratigrafia	Spessore (cm)
Soletta CLS	4
Elemento in EPS (spessore totale: 4+16=20)	20
intonaco	1,5

U = 0,16 W/m²K
Y_{IE} = 0, 11 W/m²K
Sfasamento = 6 h
Massa superficiale = 115 Kg/m²

esempio sistema costruttivo ad armatura diffusa (SAAD): Copertura

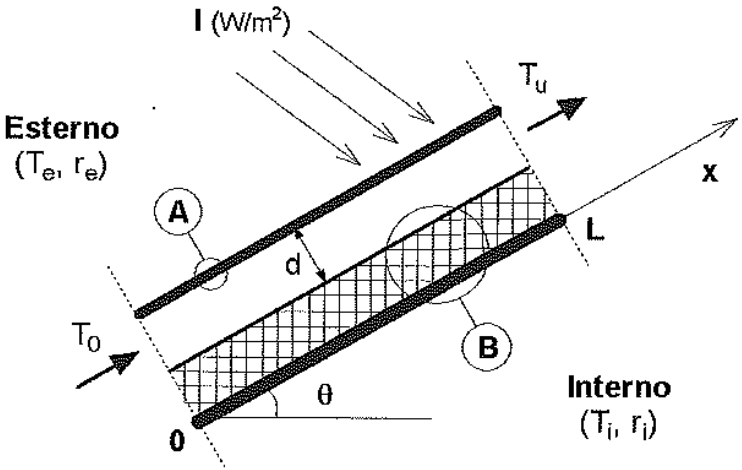


	stratigrafia	Spessore (cm)
E	Tegole	2
	Soletta CLS	4
	elemento EPS (spessore totale: 6+10=16)	16
I	cartongesso	1,5

→

U = 0,21 W/m²K
Y_{IE} = 0,18 W/m²K
Sfasamento = 5 h
Massa superficiale = 150 Kg/m²
Spessore tot 24 cm

Copertura ventilata



	stratigrafia	Spessore (cm)
I	Legno OSB	2
	EPS	15
	Legno OSB	2
	Intercapedine ventilata	10
E	Manto di copertura	1,3

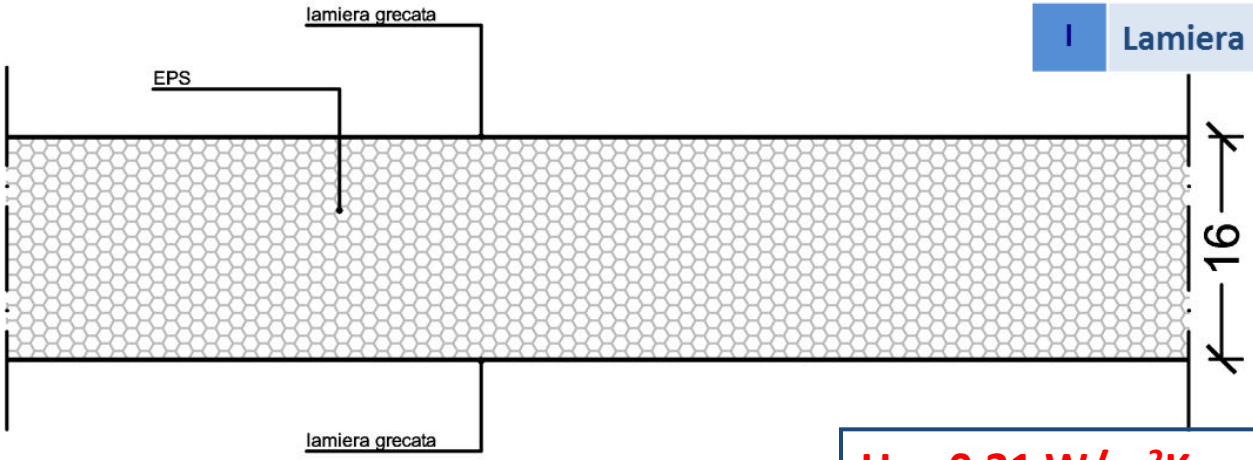
U = 0,18 W/m²K
Y_{IE} = 0,12 W/m²K
Sfasamento = 6 h
Fattore di attenuazione = 0,66
Massa superficiale = 53 Kg/m²
Spessore tot 30 cm

→ Strato di microventilazione sottotegola (s< 5cm): elementi isolanti sagomati in EPS che svolgono anche la funzione di strato di supporto

esempio sistema costruttivo ad armatura diffusa (SAAD):

Copertura di un sottotetto non abitabile

	stratigrafia	Spessore (cm)
E	Lamiera grecata	0,1
	EPS	16
I	Lamiera grecata	0,1



U = 0,21 W/m²K

Y_{IE} = 0,20W/m²K

Sfasamento = 2 h

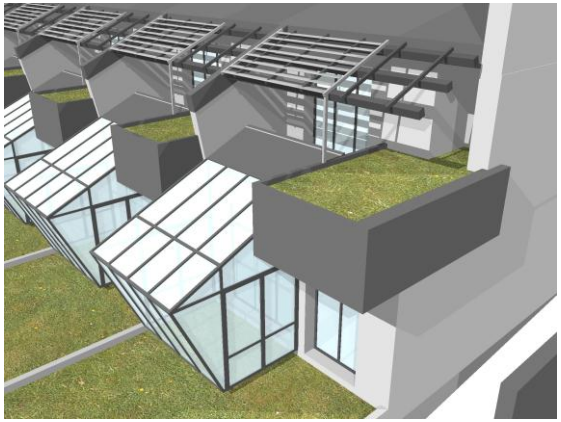
Massa superficiale = 9 Kg/m²

Fattore di attenuazione = 0,99

(formazione condensa nel solo mese di gennaio, ma nella quantità rievaporabile conformemente a quanto prescritto dal DPR 59/09)

Soluzioni tecnologiche - costruttive in supporto alla «problematica estiva»

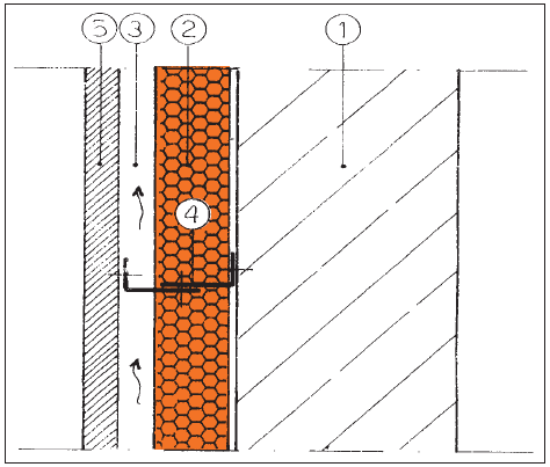
- Verde di facciata - verde parietale
- Serre bioclimatiche
- tetti verdi (UNI 11235)
- tetti ventilati
- pareti ventilate (UNI 11018)
- ……



LE FACCIATE VENTILATE

La gestione di una semplice «camera d'aria», sia per pareti che per coperture, rappresenta una soluzione «intelligente» per creare l'inerzia termica ottimale per le innumerevoli situazioni climatiche verificabili (periodo invernale ed estivo)

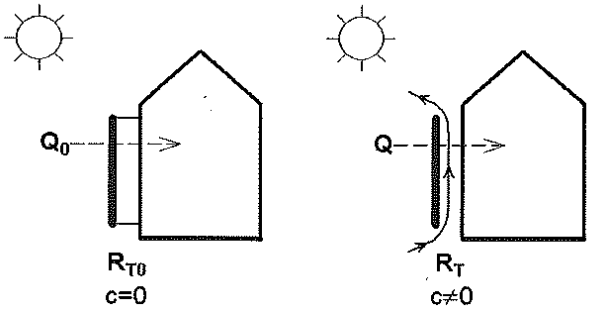
L' intercapedine d'aria: (spessori variabili da 5 a 30 cm)
E' consigliabile munire di serrande di regolazione le aperture di presa dell'aria dell'intercapedine di ventilazione;
(modalità variabili al variare delle esigenze)
.



LE PARETI VENTILATE

UNI EN ISO 6946: norma di riferimento con criteri per il dimensionamento di massima delle aperture di presa e di uscita dell'aria dall'intercapedine di ventilazione individuando il metodo per il calcolo della resistenza termica delle intercapedini d'aria. Si identificano 3 tipologie:

intercapedini non ventilate (chiuse) - debolmente ventilate - fortemente ventilate



Il sistema di isolamento a facciata ventilata comporta una notevole riduzione del carico termico in entrata, creando condizioni di comfort ambientale maggiori rispetto a quelle determinate da una differente disposizione della stratificazione funzionale.

- maggiore smorzamento dell'onda termica, dovuto alla posizione esterna dello strato isolante;
- possibile attenuazione del coefficiente di assorbimento, prevedendo l'impiego di uno strato di rivestimento di tipo riflettente (parzialmente o totalmente);
- riduzione del flusso in entrata, per effetto del lavaggio termico operato dalla lama d'aria.

- Il risparmio energetico aumenta nettamente al crescere della portata d'aria di ventilazione.
- Le pareti ventilate risultano, dal punto di vista energetico, tanto **più convenienti quanto maggiore è l'irraggiamento solare.**
- L'impiego di facciate e coperture ventilate consente di ottenere, nella climatizzazione estiva, **risparmi energetici anche superiori al 40%.**

L'INFLUENZA DEL COLORE DELLE PARETI

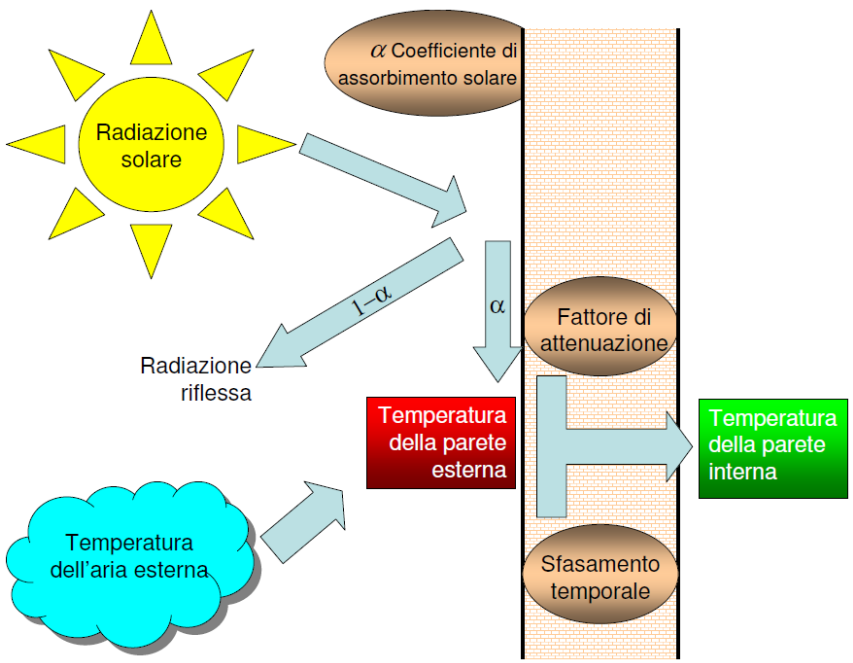
La UNI 10375 permette di calcolare in regime non stazionario la temperatura interna degli ambienti durante il periodo estivo in assenza di impianto di climatizzazione.
→ calcolo basato sul metodo delle ammettenza per valutare il carico termico dell'ambiente, partendo dal flusso di calore che attraversa la parete all'ora t

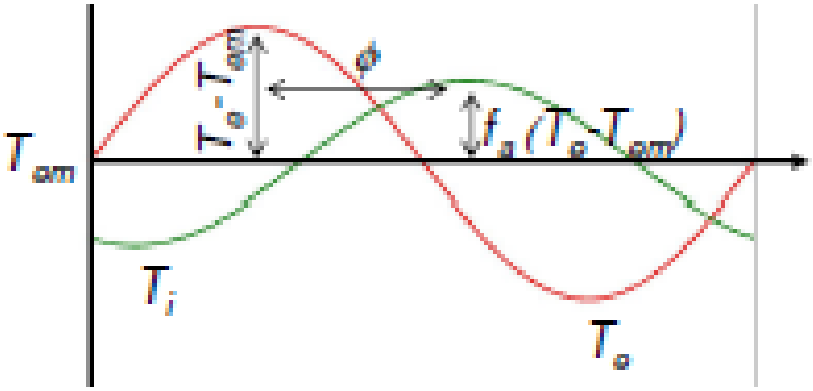
$$\emptyset = U \cdot A\left[\left(T_{e,t-\varphi} - T_{em}\right) \cdot f_a + T_{em}\right] \longrightarrow$$

temperatura superficiale esterna (temperatura sole-aria):

$$T_e(t) = T_{ae}(t) + \alpha\, I(t) / h_e$$

- T*ae(t)* temperatura dell'aria esterna all'ora *t*
- *I(t)* irradianza solare all'ora *t*
- *he* coefficiente superficiale di scambio termico
- α coefficiente di assorbimento





L'INFLUENZA DEL COLORE DELLE PARETI

$$T_e(t) = T_{ae}(t) + \alpha\, I(t) / h_e$$

Colore della superficie esterna	Coefficiente di assorbimento α [-]
chiaro	0,3
medio	0,6
scuro	0,9

Esempio stratigrafia considerata:

	materiale	Spessore [cm]	λ [W/mK]	Massa superficiale [Kg/m²]	Cs [J/Kg K]
I	Intonaco in calce	1,5	0,7	36	**0,2**
	Laterizio alveolato	30	0,94	2	**0,2**
	EPS	8	0,039	208	**0,3**
E	Intonaco cemento sabbia calce per esterno	**2**	**0,9**	**27**	**0,2**

Valori del flusso termico e della Temperatura superficiale esterna al variare di α:

α [-]	α ·(I_t/h_e) [°C]	$\vartheta_{e,t}$ [°C]	Δ rispetto ad α=0.3 [%]	Φop,t [W]	Δ rispetto ad α=0.3 [%]
0,3	11,19	29,59	-	6,289	-
0,6	22,39	40,79	37,8	6,837	8,7
0,9	33,58	51,98	75,6	7,387	17,4

LA FILOSOFIA del BENESSERE

Il comfort ambientale - invernale ed estivo -
si identifica con il benessere psicofisico delle persone

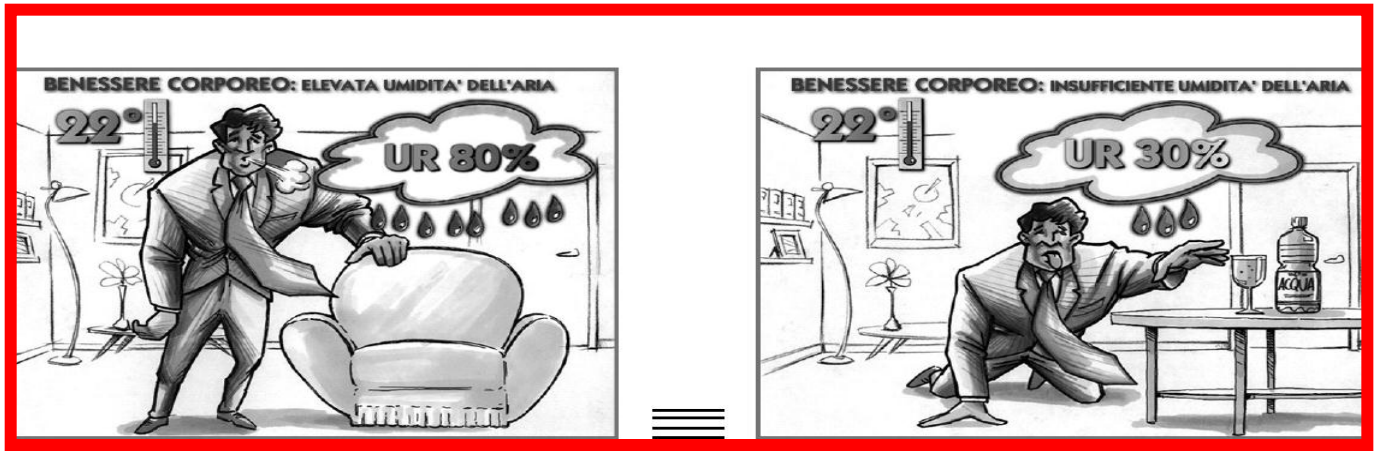
COMFORT TERMICO

"atteggiamento mentale di soddisfazione per l'ambiente dal punto di vista termico"

Il comfort termico ambientale viene percepito dall'utente in modo diverso a seconda dell'attività svolta e della organizzazione degli spazi.

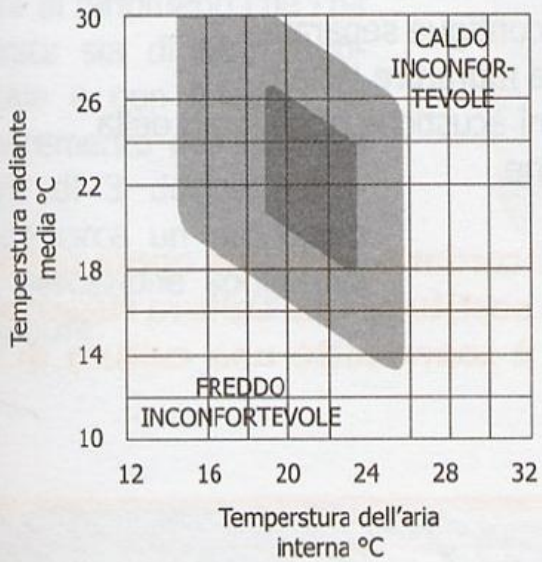
I parametri principali che influenzano il benessere termico possono essere così riassunti:

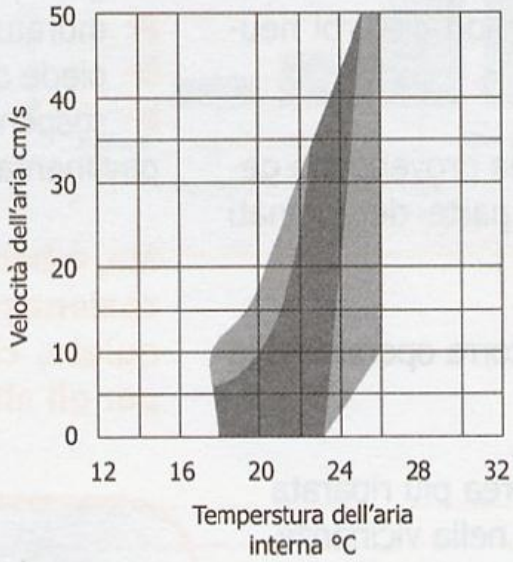
- temperatura aria interna
- temperatura media radiante
- velocità dell'aria
- umidità relativa
- attività (metabolismo)
- abbigliamento
- fattori soggettivi

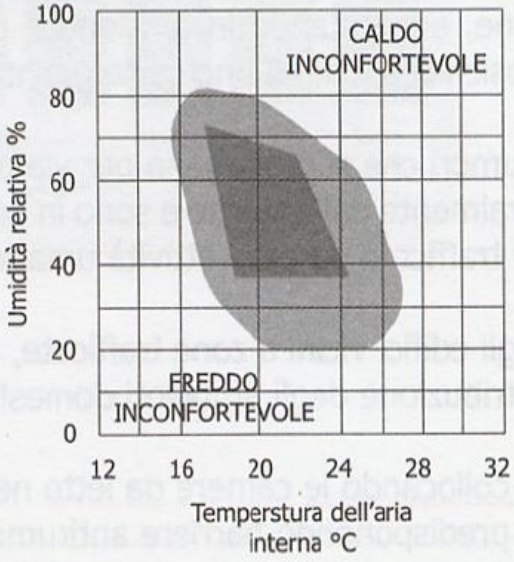


- **Ventilazione**
  - fino a 0.30 m/s: impercettibile
  - 0.25-0.50 m/s: piacevole
  - 0.50-1.00 m/s: piacevole sensazione di aria in movimento
  - 1.00-1.50 m/s: corrente d'aria tollerabile
  - oltre 1.50 m/s: fastidiosa

- **Umidità Relativa**
  - UR < 20%; secchezza delle mucose e pericolo di infezione
  - UR > 70%: sensazione di malessere
  - UR = 100% impossibilità di rinfrescamento evaporativo







PRESTAZIONI ESTIVE. L' EPS E IL COMFORT ESTIVO

AIPE

- **Temperatura aria interna (Tai)**

- **Temperatura media radiante (TMR):** temperatura media, pesata su ciascuna area, delle temperature delle superfici interne delle pareti che formano l'involucro edilizio (tiene conto dell'irraggiamento solare incidente e degli scambi termici radiativi)

Per valutare il comfort termico all'interno di un ambiente:

TEMPERATURA OPERANTE

$$T_o(t) = \frac{T_{ai}(t) + T_{mr}(t)}{2}$$

Durante il periodo estivo, per attività esercitate all'interno di tipologie residenziali e di terziario con attività fisica molto modesta, si possono considerare le seguenti situazioni ambientali:

- $24.5°C < T_o < 27.5\ °C$ condizioni ottimali o idonee
- $27.5°C < T_o < 29.0\ °C$ condizioni abbastanza disagevoli
- $29.0°C < T_o < 30.5\ °C$ condizioni molto disagevoli
- $30.5°C < T_o$ condizioni proibitive

→ L' allegato energetico ambientale della città di Firenze prescrive che il valore massimo della T_0 dell'ambiente più sfavorito calcolata in assenza di impianti di climatizzazione non deve superare il valore massimo della temperatura esterna

VALUTAZIONE DELLA TEMPERATURA OPERANTE: procedure normate

- EN ISO 13791 (criteri generali e procedure di validazione)
- EN ISO 13792 Metodi semplificati (analogo elettrico, metodo ammettenze)
- **UNI 10375** Metodo di calcolo della temperatura interna estiva degli ambenti (in assenza di impianto di climatizzazione)

Contrariamente alle norme europee definisce un metodo di calcolo, che coincide con il metodo delle ammettenze riportato come esempio nella EN 13792

- Regime transitorio orario (To calcolata per ogni ora)
- Procedimento basato su bilancio dei flussi termici entranti e uscenti
- metodo pensato per valutare la Ti di un solo ambiente ma esistono software che permettono il calcolo con più zone termiche

Valutazione del comfort termico

- Si ricorre quindi a sperimentazioni di tipo statistico per esprimere una valutazione numerica delle condizioni ambientali a cui corrispondono sensazioni di benessere termico: valutazione del grado di soddisfazione di gruppi di persone all'interno di ambienti variamente climatizzati, intente ad una certa attività e con un determinato abbigliamento.

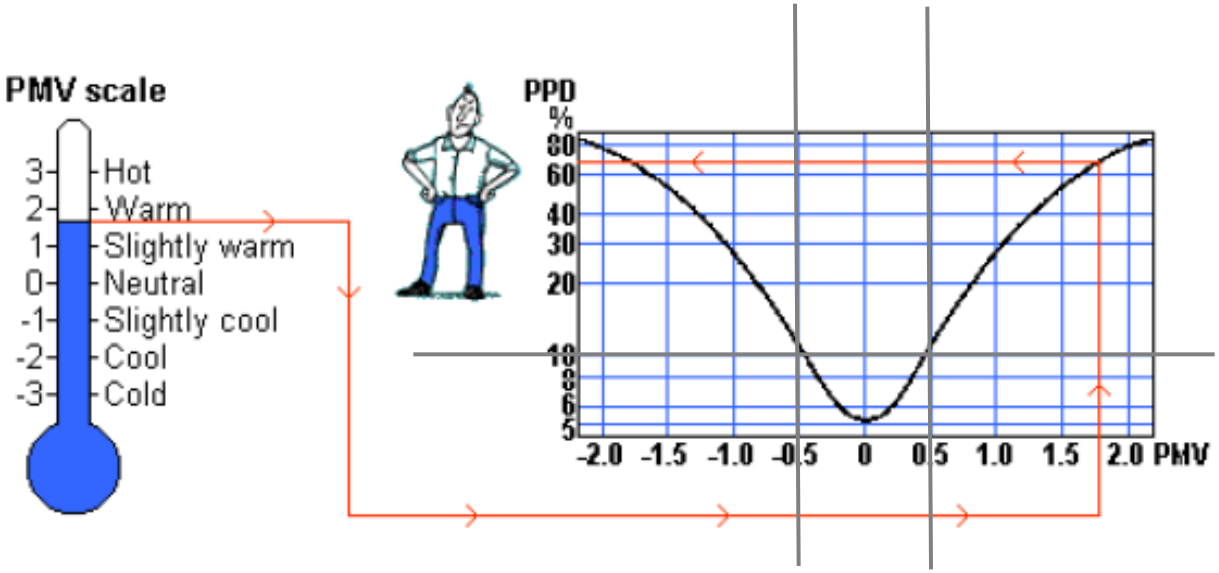
- Uno dei metodi più utilizzati è il «**modello PMV**» sviluppato da P.O. **Fanger**
  - → PMV: voto medio previsto (Predicted Mean Vote);
  - → PPD: percentuale di persone non soddisfatte (Predicted Percentage of Dissatisfied).

Essendo un modello statistico legato alla soggettività il diagramma risultante è di tipo gaussiano con un 5 % dei soggetti non d'accordo sulla condizione di neutralità.

- Norma **UNI EN ISO 7730** per la valutazione del confort termico in un ambiente:

condizioni di comfort accettabili per valori di PPD<10%, dunque per

-0.5 < PMV < +0.5



AIPE

Associazione Italiana Polistirene Espanso

www.aipe.biz

Via M. A. Colonna, 46 - 20149 Milano

Tel. 02 33606529 fax. 02 33606604

Numero Verde

800101303

A livello internazionale l'AIPE rappresenta l'Italia in seno all' **EUMEPS, European Manufacturers of Expanded polystyrene,** organizzazione europea che raggruppa le associazioni nazionali dei produttori di EPS

EUMEPS

Sistemi costruttivi Ad armatura diffusa – SISTEMI SAAD

I sistemi ad armatura diffusa

- *Sono innovativi sistemi costruttivi rispetto alle tradizionali metodologie .*
- Permettono di realizzare edifici con una struttura a setti portanti utilizzando «casseri a rimanere» in EPS
- coniugano la resistenza meccanica del calcestruzzo gettato in opera con la capacità di isolamento termico dell'EPS, allo scopo di creare strutture portanti ad armatura diffusa

4 vantaggi considerati prioritari nello scenario attuale del processo edificatorio:

- creare edifici SICURI, AFFIDABILI ed EFFICIENTI
- Realizzare l'opera in tempi brevi
- Ottenere edifici di elevate prestazioni a costi sostenibili
- rispettare l'ambiente e l'utente finale

Sistemi costruttivi Ad armatura diffusa – SISTEMI SAAD

I sistemi costruttivi ad armatura diffusa permettono di realizzare strutture con la tecnica dei setti portanti isolanti: si costruiscono così edifici che garantiscono il rispetto delle norme e dei regolamenti nazionali vigenti in termini di:

- sisma: ottimo comportamento alle sollecitazione dovute al terremoto
- termica: ottimo isolamento
- acustica: miglior isolamento ai rumori esterni
- termoigrometria: assenza condensa superficiale e interstiziale
- fuoco: eccellente reazione al fuoco
- marcatura CE dell'elemento "isolante termico"
- cantieri: - economia nei costi di costruzione e nei costi di gestione del cantiere
  - sicurezza secondo D.L.gs. 81/2008
- Velocità di realizzazione dell'opera: semplicità delle operazioni di montaggio per cui riduzione dei costi e delle tempistiche

I SISTEMI SAAD

SISTEMI AD ARMATURA DIFFUSA

- I sistemi SAAD rispondono ai requisiti imposti dalla progettazione antisismica
  → le pareti portanti in conglomerato cementizio armato gettato in opera sono caratterizzate da superiori capacità portanti, sia nei confronti dei carichi verticali (gravità) che nei confronti dei carichi orizzontali (vento e sisma), se paragonati alle più tradizionali pareti in muratura o telai a travi e pilastri

- L'EPS nei sistemi SAAD diviene elemento multifunzionale: l'impiego come cassero a rimanere permette , in primis, il rispetto delle prescrizioni in materia di risparmio energetico in edilizia dettate dal D.lgs 192/05 e s.m.i. (D.lgs. 311/06 – DPR 59/09 - D.lgs. 56/2010)

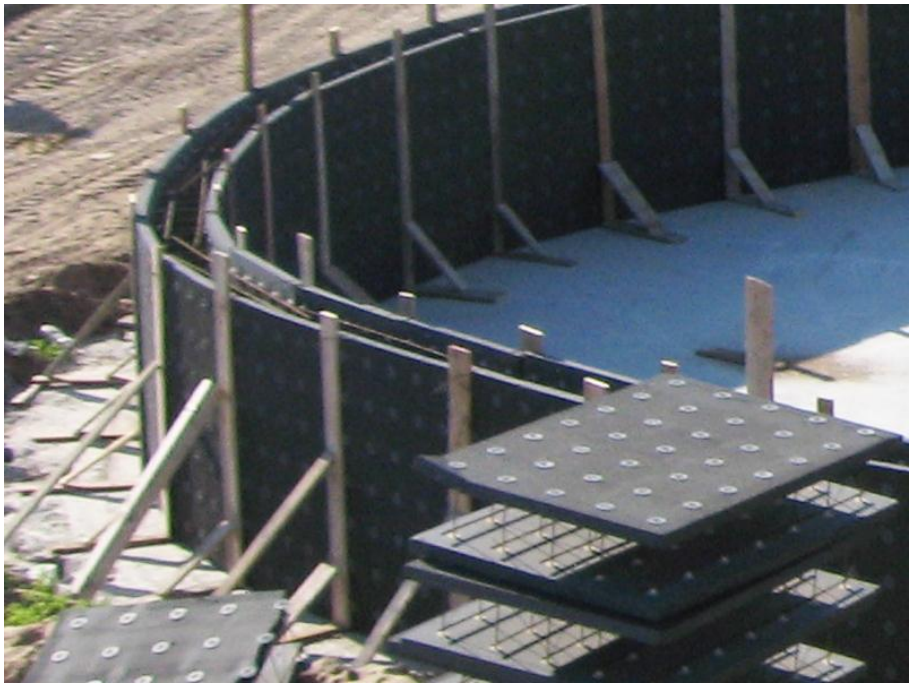
PRESTAZIONI ESTIVE. L' EPS E IL COMFORT ESTIVO

AIPE

SISTEMI SAAD – sistemi a blocchetti per muri esterni

Applicazioni SAAD: PARETI VERTICALI

Applicazioni SAAD:
PARETI VERTICALI



Applicazioni SAAD:
PARETI VERTICALI

ELEMENTI PER SOLAI

ELEMENTI PER SOLAI

ELEMENTI PER SOLAI

COPERTURE

GRUPPO Saad
Sistemi ad armatura diffusa

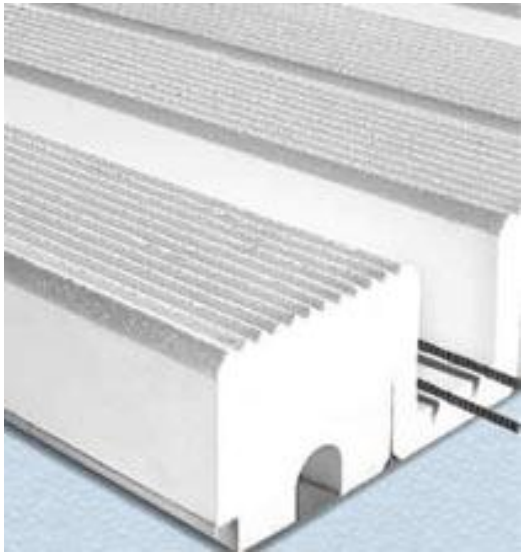
ELEMENTI PER SOLAI

AIPE

GRUPPO Saad

Sistemi ad armatura diffusa

ELEMENTI PER SOLAI



AIPE

GRUPPO Saad
Sistemi ad armatura diffusa

ELEMENTI PER SOLAI

AIPE

GRUPPO Saad
Sistemi ad armatura diffusa

ELEMENTI PER SOLAI

AIPE

REQUISITI ENERGETICI DEGLI EDIFICI (ALLEGATO C - Dlgs 311)

Strutture opache verticali Valori limite della trasmittanza termica U espressa in W/m2K			
Zona climatica	Dal 1 gennaio 2006 U (W/m^2K)	Dal 1 gennaio 2008 U (W/m^2K)	Dal 1 gennaio 2010 U (W/m^2K)
A	0.85	0.72	0.62
B	0.64	0.54	0.48
C	0.57	0.46	0.40
D	0.50	0.40	0.36
E	0.46	0.37	0.34
F	0.44	0.35	0.33

Rendimento globale medio stagionale dell'impianto termico Valori limiti in funzione della potenza utile nominale del generatore (Pn) espressa in KW	
Per Pn <1000 kW	$(\eta g) \geq (75+3\log Pn)\%$
Per Pn ≥1000 kW	$(\eta g) \geq 84\%$

Trasmittanza termica delle strutture opache orizzontali o inclinate

Coperture
Valori limite della trasmittanza termica U espressa in W/m2K

Zona climatica	Dal 1 gennaio 2006 U (W/m²K)	Dal 1 gennaio 2008 U (W/m²K)	Dal 1 gennaio 2010 U (W/m²K)
A	0.80	0.42	0.38
B	0.60	0.42	0.38
C	0.55	0.42	0.38
D	0.46	0.35	0.32
E	0.43	0.32	0.30
F	0.41	0.31	0.29

Pavimenti verso locali non riscaldati o verso l'esterno
Valori limite della trasmittanza termica U espressa in W/m2K

Zona climatica	DaL 1 gennaio 2006 U (W/m²K)	Dal1 gennaio 2008 U (W/m²K)	Dal 1 gennaio 2010 U (W/m²K)
A	0.80	0.74	0.65
B	0.60	0.55	0.49
C	0.55	0.49	0.42
D	0.46	0.41	0.36
E	0.43	0.38	0.33
F	0.41	0.36	0.32

Trasmittanza termica delle chiusure trasparenti

Chiusure trasparenti
Valori limite della trasmittanza termica U espressa in W/m2K

Zona climatica	Dal 1 gennaio 2006 U (W/m²K)	Dal 1 gennaio 2008 U (W/m²K)	Dal 1 gennaio 2010 U (W/m²K)
A	5.5	5.0	4.6
B	4.0	3.6	3.0
C	3.3	3.0	2.6
D	3.1	2.8	2.4
E	2.8	2.4	2.2
F	2.4	2.2	2.0

Vetri
Valori limite della trasmittanza termica U espressa in W/m2K

Zona climatica	Dal 1 gennaio 2006 U (W/m²K)	Dal 1 gennaio 2008 U (W/m²K)	Dal **1 luglio 2010** U (W/m²K)
A	5.0	4.5	3.7
B	4.0	3.4	2.7
C	3.0	2.3	2.1
D	2.6	2.1	1.9
E	2.4	1.9	1.7
F	2.3	1.7	1.3

- Programma di calcolo AIPE -

PRESTAZIONE IGROMETRICA DEI COMPONENTI EDILIZI

Metodo basato su **UNI EN ISO 13788**

- Condensazione superficiale
- Condensazione interstiziale (dovuta alla diffusione del vapore acqueo)

RISULTATI (fogli elettronici):

"VERIFICA SUPERFICIALE": indica il rischio di condensa superficiale su parete, utile per comprendere quando si hanno rischi di formazione di muffe o altri effetti negativi dell'umidità relativa critica. Si considerano i valori mensili da ottobre a aprile, che sono in genere, i più critici nell'arco dell'anno.

"VERIFICA INTERSTIZIALE": indica in quale interfaccia la pressione parziale del vapore raggiunge la pressione di saturazione, dando così origine a fenomeni di condensazione interstiziale

INSERIMENTO DATI

Inserimento dei dati climatici della località

UNI 10349

NOTA	Temperature medie esterna	Umidità relativa esterna	Pressione di saturazione	Pressione del vapore (parz.)
	[°C]	%		
Gennaio	2,8	92,5	747	691
Febbraio	4,4	75,0	836	627
Marzo	8,4	64,3	1102	708
Aprile	13,2	65,7	1517	997
Maggio	17,1	71,3	1949	1390
Giugno	21,6	65,4	2579	1686
Luglio	23,8	69,4	2947	2045
Agosto	23,2	72,0	2842	2046
Settembre	19,8	73,9	2308	1706
Ottobre	14,0	69,2	1598	1106
Novembre	8,2	87,5	1087	951
Dicembre	4,3	81,1	830	673

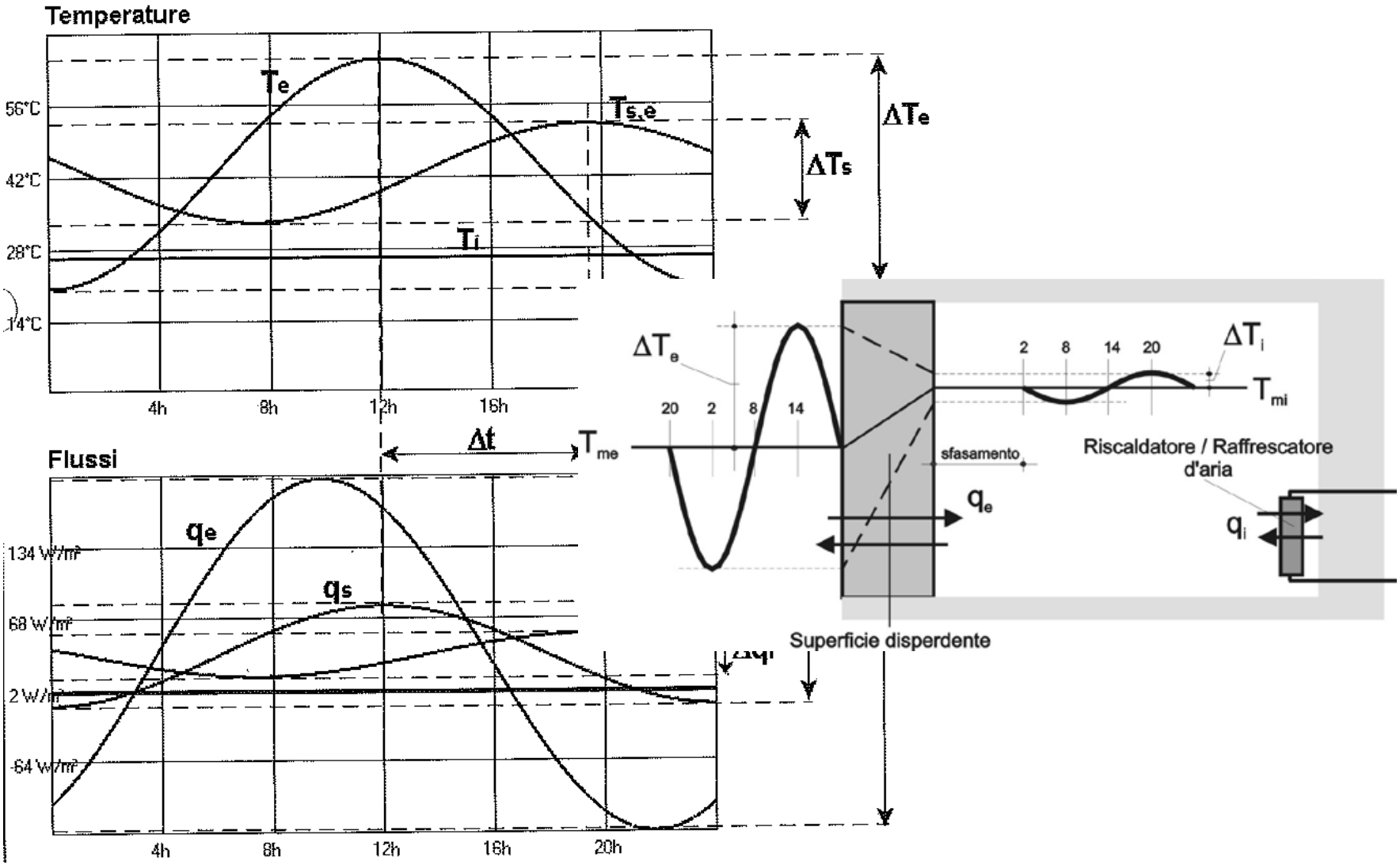
Inserimento dei dati ambientali interni

NOTA	Accensione riscaldamento	Temperatura interna	Umidità relativa
		°C	%
Gennaio	si	20	70
Febbraio	si	20	70
Marzo	si	20	70
Aprile	si	20	70
Maggio	no	18	70
Giugno	no	22	70
Luglio	no	24	70
Agosto	no	23	70
Settembre	no	20	70
Ottobre	si	20	70
Novembre	si	20	70
Dicembre	si	20	70

Inserimento dei dati strutturali della parete

N	Descrizione	Spessore	Conducibilità	Resistività al vapore	Densità	Resistenza termica	Spessore equivalente di aria per la diffuzione del vapore	Massa strato
	Nota sull'inserimento dei dati	d	λ	μ	ρ	Rt	Sd	M
		[m]	[W/mK]		kg/m³	[m²K/W]		kg/m²
1	strato laminare interno	-	-	1	-	0,250		-
2	tavelle in laterizio	0,060	0,360	40	1100	0,167	2,400	66
3	massetto cementizio	0,050	0,400	100	1200	0,125	5,000	60
4	guaina ardesiata barriera v.a.	0,001	0,400	100000	800	0,001	50,000	0,4
5	isolante EPS	0,060	0,031	50	20	1,935	3,000	1,2
6	tegole portoghesi	0,020	0,430	40	1400	0,047	0,800	28
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14	strato laminare esterno	-	-	1	-	0,040		-
Totale		0,191				2,565	61,200	156

UNI 10351		Valori di conduttività termica e permeabilità dei materiali e dei prodotti
UNI 10355		Valori di resistenza termica per murature e solai
UNI EN 12524	UNI EN ISO 10456	Conduttività termica e resistenza termica: valori di progetto
UNI EN 12524	UNI EN ISO 12572	Fattore di resistenza al vapore e spessore equivalente d'aria: valori di progetto
UNI EN ISO 6946		Calcolo della resistenza termica per strati d'aria
EPS		Polistirene espanso sinterizzato - Dati

PRESTAZIONI ESTIVE. L' EPS E IL COMFORT ESTIVO

AIPE