

GFA
Gruppo Fisica Tecnica Ambientale

**ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI
A.P.E. e nuova legislazione**

PROGETTAZIONE INTEGRATA
la corretta impostazione degli aspetti energetici

Relatore
Dott. Ing. Costantino Carlo Mastino

 Collegio Provinciale
Geometri e Geometri Laureati
di Cagliari

Col patrocinio
Collegio Provinciale Geometri e Geometri Laureati di Cagliari

PROGETTAZIONE INTEGRATA
la corretta impostazione degli aspetti energetici

STRUTTURE ENERGIA

ARCHITETTONICO ACUSTICA

COMPUTO ILLUMINAZIONE



GFA A.P.E. e nuova legislazione

Perché
gli edifici consumano
energia???

Si ritiene essere una corretta impostazione del problema, analizzare e valutare il risparmio ottenibile sul consumo energetico degli edifici considerando il questo consumo di energia sia necessario.

GFA

«COMFORT»





CONTROLLO DEL MICROCLIMA INTERNO COMFORT TERMICO

visivo

INVERNO

ESTATE



DIVERSE CONDIZIONI DI COMFORT = DIVERSE REAZIONI

ATTEGGIAMENTO MENTALE DI SODDISFAZIONE PER L'AMBIENTE DAL PUNTO DI VISTA TERMICO

PARAMETRI CHIAVE

- temperatura dell'aria
- umidità relativa
- velocità dell'aria
- tipo di abbigliamento
- attività fisica svolta
- temperatura media radiante

VALUTAZIONE LIVELLO di COMFORT

PMV Voto Medio Previsto

PPD Percentuale Prevista di Insoddisfatti



GFA

«COMFORT»

Il comfort oggi richiesto, assume un termine molto più ampio rispetto al passato,

**termo igrometrico
acustico
Visivo.....**

GFA

IL COMFORT TERMICO DIPENDE DA:

1. • Temperatura dell'aria
2. • Umidità relativa dell'aria (poco influente entro certi intervalli)
3. • Velocità dell'aria
4. • Temperatura delle superfici radianti
5. • Attività svolta

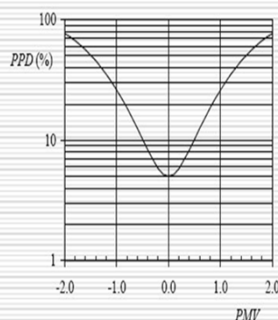
GFA igliamento

PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied) (= percentuale di insoddisfatti prevista)

La norma ISO 7730 raccomanda condizioni di comfort accettabili per valori di $PPD < 10\%$, dunque per

$$-0.5 < PMV < +0.5$$

Un ambiente dove 10-15 persone su 100 dichiarano di trovarsi a disagio è considerato confortevole dalla normativa vigente



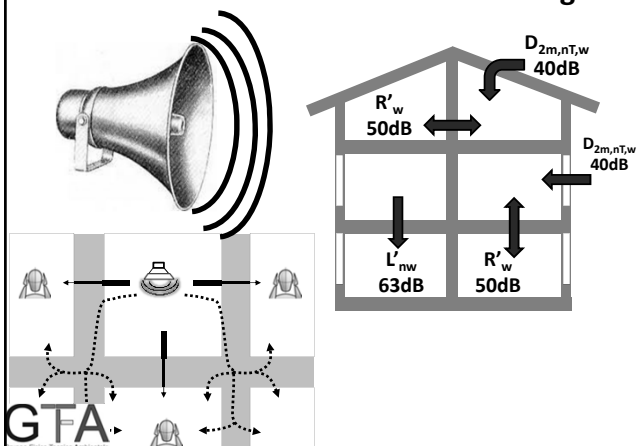
GTA

IL COMFORT ACUSTICO (alcuni aspetti) :

1. Velocità dell'aria (legata agli impianti)
2. Attività svolta o destinazione d'uso del locale
3. Contesto
4. Sensibilità delle persone che vivono in quel

GTAiente

Altre modalità di trasmissione di Energia



GTA

IL COMFORT VISIVO (alcuni aspetti) :

1. Orientamento dei vani
2. Attività svolta o destinazione d'uso del locale
3. Daylight Factor (D)
4. Tipologia dei vetri



GTA

Illuminazione Diurna

Il coefficiente di illuminazione diurna alcuni valori

Ambienti	D (%) non minore di	Raccomandazioni
cucine	2	su almeno il 50% dell'area del pavimento (minimo 4,50 m ²)
soggiorni	1	su almeno il 50% dell'area del pavimento (minimo 7 m ²)
stanze da letto	0,5	su almeno il 75% dell'area del pavimento (minimo 5,50 m ²)
scuole	2	in tutte le aule e nelle cucine
ospedali	1	nelle camere di degenza
sale da disegno	6	sui tavoli da disegno
copisterie	2	sul resto dell'area
officine	4	su tutta l'area di lavoro
industrie	3÷6	secondo se prevale l'illuminazione laterale o dall'alto
edifici pubblici	5	
uffici	1	con illuminazione laterale a 3,6 m dalla finestra
	2	con illuminazione dall'alto su tutta l'area

GTA

Progettare o Riquilificare un edificio dal punto di vista energetico significa quindi:

garantire che gli ambienti offrano condizioni di comfort agli occupanti riducendo al minimo la quantità di energia necessaria affinché questo

GTA_{nqa}.

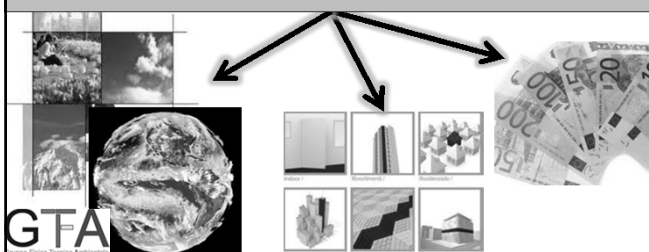
Progettare o Riqualificare un edificio dal punto di vista energetico e ambientale sta ad indicare:

condizioni di comfort

- *riducendo al minimo l'energia necessaria;*
- *riducendo al minimo l'impatto sull'ambiente.*

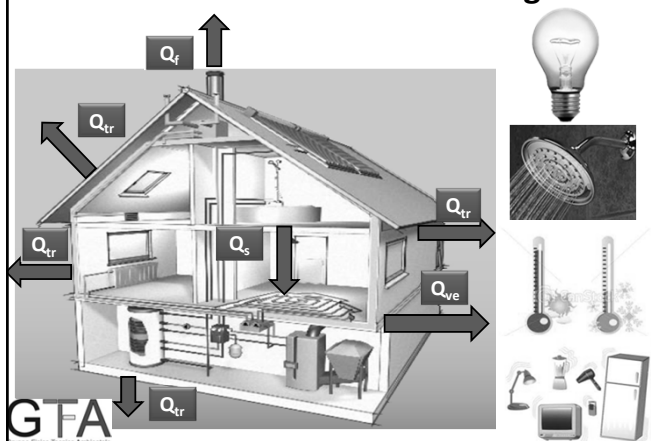
GFA

Nel progettare nuovi edifici o riqualificare dal punto di vista energetico vecchi edifici, bisognerà tener conto dei diversi aspetti, fra cui **località climatica, destinazioni d'uso e aspetti economici**, per poter simulare delle ipotesi d'intervento fattibili



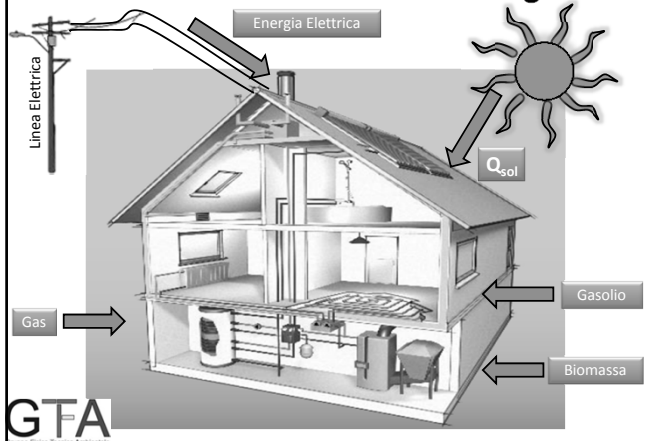
GFA

Gli edifici "Consumano" Energia



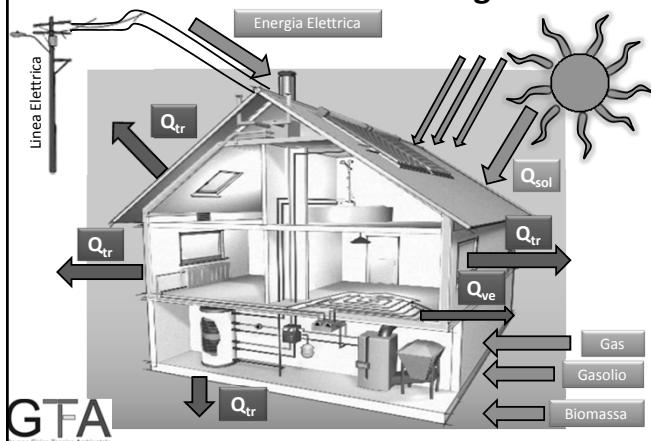
GFA

Gli edifici "Consumano" Energia



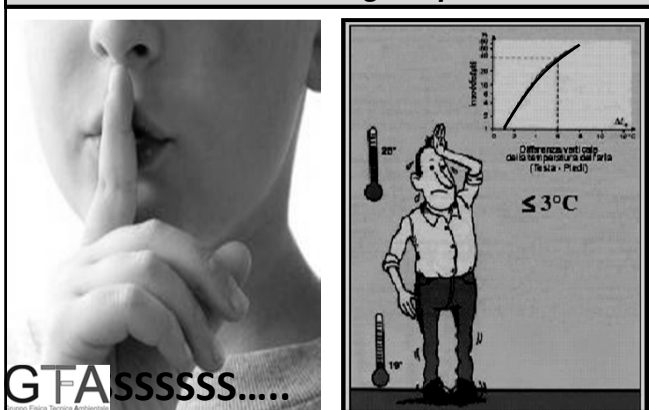
GFA

Gli edifici Consumano Energia !!!!!

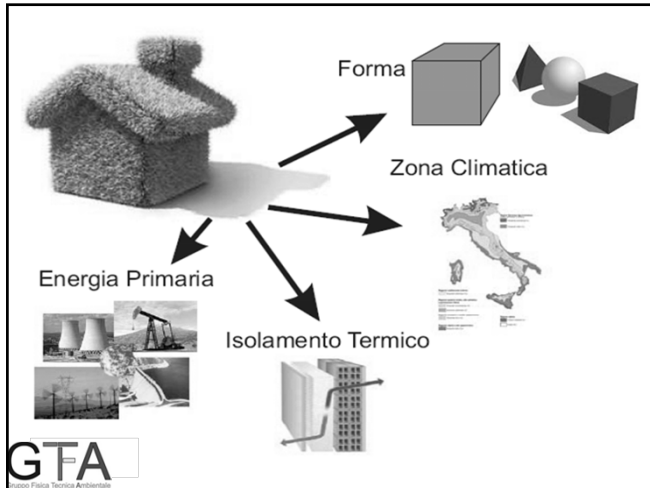


GFA

Alcune considerazioni sull'involucro e gli impianti



GFA



RENDIMENTO Edificio-Impianto/i					
Edificio	Impianto/i				
		1	2	3	4
	1	1*1	2*1	3*1	4*1
	2	1*2	2*2	3*2	4*2
	3	1*3	2*3	3*3	4*3
	4	1*4	2*4	3*4	4*4

GTA

Tempo di Risposta Impianti -Involucro Alcune Considerazioni

•Involucro massivo

Quanto tempo impiega
l'involucro a portarsi in
temperatura

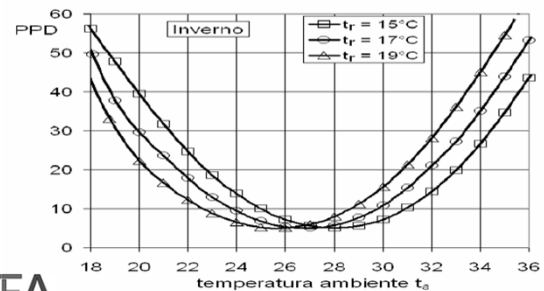
$$t_0 = \frac{h_c \cdot T_A + h_r \cdot T_r}{h_c + h_r}$$

•Involucro leggero

GTA

MASSA SUPERFICIALE E CAPACITÀ TERMICA ALCUNE CONSIDERAZIONI

Disagio termico locale



τ costante di tempo termica

$$\tau = \frac{C_m / 3600}{H_{tr,adj} + H_{ve,adj}}$$

$$C_m = \sum \kappa_j \times A_j$$

C_m

è la capacità termica interna

dove:

κ_j è la capacità termica interna per unità di area dell'elemento edilizio j , con spessore efficace massimo secondo normativa espressa $[\text{J}/\text{m}^2\text{K}]$;
 A_j è l'area dell'elemento j , espressa in $[\text{m}^2]$

ESEMPIO

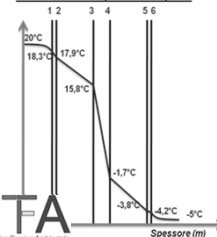
Period of the variations	1 hour	1 day	1 week
imum effective thickness	20 mm	100 mm	250 mm

GTA

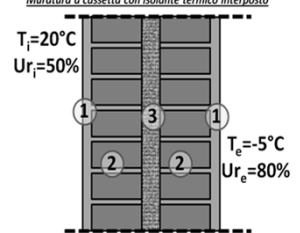
Massa Superficiale e Capacità Termica

Conoscere il solo Valore «U»
non è sufficiente

Andamento delle temperature nella parete



Muratura a cassetta con isolante termico interposto



Massa Superficiale e Capacità Termica Alcune Considerazioni

Aria umida

Massa volumica
 $\rho \approx 1,2 \text{ [kg/m}^3\text{]}$
 Calore specifico aria secca
 $C_{pa} = 1005 \text{ [J/(kgK)]}$
 Calore specifico vapor d'acqua
 $C_{pv} = 1875 \text{ [J/(kgK)]}$

Capacità Termica aria secca

$$\rho \times C_{pa} = 1.206 \text{ [J/(m}^3\text{K)]}$$

Intonaco

(Calce-Cemento)

Massa volumica
 $\rho \approx 1800 \text{ [kg/m}^3\text{]}$
 Calore specifico aria secca
 $C_p \approx 840 \text{ [J/(kgK)]}$

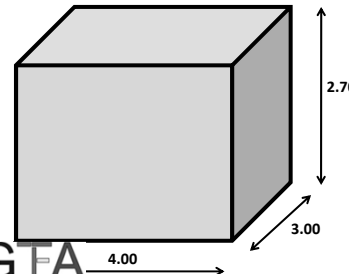
Capacità Termica Intonaco

$$\rho \times C_p \approx 15.070 \text{ [J/(m}^3\text{K)]}$$

GFA

Massa Superficiale e Capacità Termica Alcune Considerazioni

Consideriamo un ambiente:



$$\text{Volume} = 32.4 \text{ m}^3$$

$$C = 39.074,00 \text{ [J/K]}$$

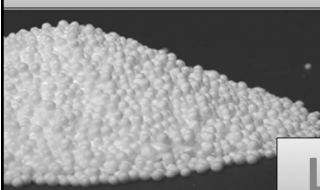
$$\text{Superficie} = 67.2 \text{ m}^2$$

$$C = 1.012.677,00 \text{ [J/K]}$$

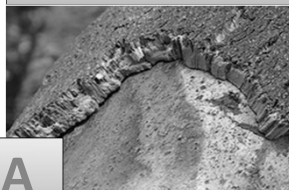
$$\text{Rapporto } 1:26$$

GFA

EPS



SUGHERO



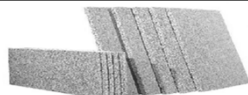
LCA

LANA DI PECORA



Intonaco Termoisolante

PANNELLI IN FIBRA DI LEGNO



GFA

Trasmittanza termica periodica «Yie»

GFA

progettazione e ottimizzazione dell'involucro edilizio

Approfondimento sulla trasmittanza termica periodica

Trasmittanza termica

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum_n \frac{s_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_e}}$$

Trasmittanza Termica Periodica

$$\delta = \sqrt{\frac{\lambda T}{\rho C_p}}$$

profondità di penetrazione periodica

Massa volumica

Calore specifico

hor := 3600-s
 day := 86400
 week := 604800-s
 year := 31536000-s

GFA

progettazione e ottimizzazione dell'involucro edilizio

Approfondimento sulla trasmittanza termica periodica

Il rapporto tra lo spessore dello strato e la profondità di penetrazione

$$\xi = \frac{d}{\delta}$$

Matrice di trasferimento di calore di uno strato omogeneo

$$\mathbf{Z} = \begin{pmatrix} \hat{\theta}_2 \\ \hat{q}_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Z_{11} & Z_{12} \\ Z_{21} & Z_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \hat{\theta}_1 \\ \hat{q}_1 \end{pmatrix}$$

GFA

progettazione e ottimizzazione dell'involucro edilizio

Approfondimento sulla trasmittanza termica periodica

Calcolo degli elementi della matrice

$$Z_{11} = Z_{22} = \cosh(\xi) \cos(\xi) + i \sinh(\xi) \sin(\xi);$$

$$Z_{12} = -\frac{\delta}{2\lambda} \left[\sinh(\xi) \cos(\xi) - \cosh(\xi) \sin(\xi) + j \left[\sinh(\xi) \cos(\xi) + \cosh(\xi) \sin(\xi) \right] \right];$$

$$Z_{21} = -\frac{\lambda}{\delta} \left[\sinh(\xi) \cos(\xi) - \cosh(\xi) \sin(\xi) + j \left[\sinh(\xi) \cos(\xi) + \cosh(\xi) \sin(\xi) \right] \right];$$

Sono grandezze complesse

Matrice di trasferimento del calore di un componente edilizio

$$Z = \begin{pmatrix} Z_{11} & Z_{12} \\ Z_{21} & Z_{22} \end{pmatrix} = Z_N Z_{N-1} \dots Z_3 Z_2 Z_1$$

GFA progettazione e ottimizzazione dell'involucro edilizio

Approfondimento sulla trasmittanza termica periodica

Trasmittanza termica periodica

$$Z = \begin{pmatrix} Z_{11} & Z_{12} \\ Z_{21} & Z_{22} \end{pmatrix}$$

Per Ottenere Y_{12} richiamato nella normativa
Si esegue il modulo di Y_{12}

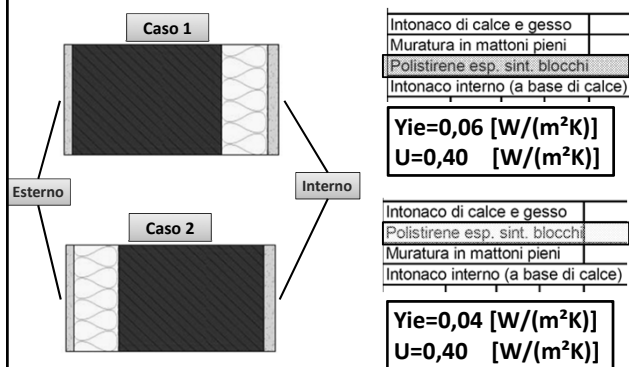
$$Y_{12} = -\frac{1}{Z_{12}}$$

$$|Y_{12}|$$

Pareti verticali opache < 0,12 [W/(m²K)]
Strutture orizzontali / inclinate opache < 0,20 [W/(m²K)]

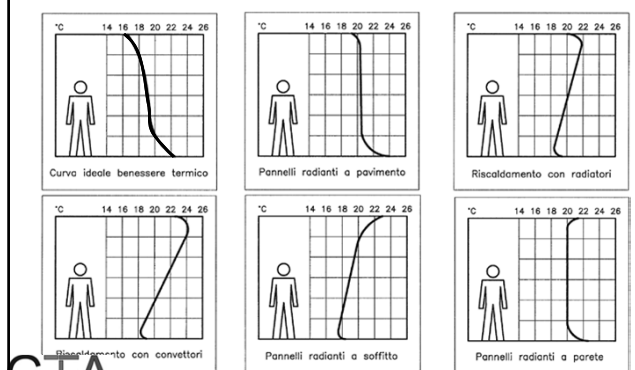
GFA progettazione e ottimizzazione dell'involucro edilizio

Esempio



GFA progettazione e ottimizzazione dell'involucro edilizio

Sistemi di Emissione



GFA progettazione e ottimizzazione dell'involucro edilizio

Analisi soluzioni d'intervento

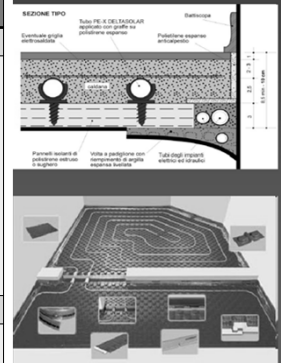
Analisi SWOT	
Punti di Forza	Punti di Debolezza
Resistenti, economici, design, discreta capacità di accumulo	Ingombro, discomfort radiante, nessun controllo sull'UR non accoppiabili a pannelli solari
Opportunità	Minacce
Facilmente installabili e facili da reperire	Alte temperature di esercizio alta perdita di exergia



GFA progettazione e ottimizzazione dell'involucro edilizio

Analisi Soluzioni D'intervento

Analisi SWOT	
Punti di Forza	Punti Di Debolezza
Possibilità di fare caldo e freddo Nessuna Manutenzione Bassa temperatura di Mandata Possibile Accoppiamento con caldaie a condensazione, PDC, S T Ridotti Effetti Convettivi	Tipologia di intervento Costo di Installazione Elevata Inerzia Regolazione Problematica
Opportunità	Minacce
Facilmente essere	Pericolo di condensa se mal progettato



GFA progettazione e ottimizzazione dell'involucro edilizio

Analisi Soluzioni D'intervento

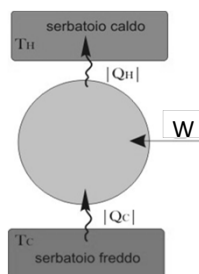
Analisi SWOT	
Punti di Forza	Punti Di Debolezza
Possibilità di Produrre energia termica calda e fredda	Ingombro
Rispondono Subito Al carico dell'utenza	Costo
Possibilità d'Incasto controsoffitti o pareti	Richiedono Manutenzione
	Cablaggi e consumo elettrico
	Rumorosi (alte velocità)
Opportunità	Minacce
Utilizzare Sorgenti di energia termica Locali	Costi di manutenzione



GTA

Soluzioni d'intervento

Sistemi di Generazione



$$\text{COP} = Q_h / W$$

GTA

Soluzioni d'intervento



Flusso energetico pompa di calore elettrica

GTA : pompe à chaleur électrique

Sistemi di Generazione

Pompe di calore ad acqua salina/acqua

Questo modello più frequente di pompa di calore utilizza acqua salina per assorbire calore dall'ambiente e trasferirlo all'acqua termica.

Raggiungono alti coefficienti di prestazione annuale tra 3,8 e 5,0.

GTA

Sistemi di Generazione

Pompe di calore ad acqua/acqua

Dato che questo modello costruttivo di pompa di calore utilizza quasi regolarmente un alto livello di temperatura della falda acquifera, **essa raggiunge il massimo di coefficiente di prestazione annuale di 4,0-5,0.**

GTA

Sistemi di Generazione

Pompe di calore ad aria/acqua

Alcuni modelli di pompe di calore sfruttano l'aria per assorbire calore dall'ambiente.

Possono raggiungere un coefficiente di prestazione annuale di 3,0 fino a 3,5 e si adattano particolarmente al risanamento del riscaldamento negli edifici.

GTA



GFA
Gruppo Fisica Tecnica Ambientale

**ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI
A.P.E. e nuova legislazione**

PROGETTAZIONE INTEGRATA
la corretta impostazione degli aspetti energetici

Relatore
Dott. Ing. Costantino Carlo Mastino

 Collegio Provinciale
Geometri e Geometri Laureati
di Cagliari

Col patrocinio
Collegio Provinciale Geometri e Geometri Laureati di Cagliari

GFA
Gruppo Fisica Tecnica Ambientale

