

**UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CAGLIARI**



**FACOLTÁ DI INGEGNERIA E ARCHITETTURA**



**Laurea in Architettura**

**DICAAR**

**Laboratorio Integrato di Progettazione Tecnologica (Modulo di Termofisica dell'edificio)**

**a.a. 2017-2018**

Il fabbisogno energetico – apporti gratuiti e ventilazione (Numero di slide 1 - 40)

*Docente: ROBERTO RICCIU*

## **GLI APPORTI DI CALORE INTERNI :**

- **metabolismo degli occupanti**
  - **apparecchiature elettriche**
- **provenienti dal sistema di distribuzione e di scarico dell'acqua.**
- **delle apparecchiature per l'illuminazione (da valutare con molta cura per non commettere errori)**

## **GLI APPORTI DI CALORE ESTERNI:**

- **attraverso i componenti finestrati**
- **attraverso i componenti opachi**

# Il fabbisogno energetico

Oggi giorno gli **apporti di calore**, soprattutto quelli solari, stanno diventando sempre più **importanti** e in alcune tipologie edilizie, come le case passive, e costituiscono la fonte primaria di energia per l'edificio.

I fabbisogni di energia termica per riscaldamento e raffrescamento si calcolano, per ogni zona dell'edificio e per ogni mese, come:

$$Q_{H,nd} = Q_{H,ht} - \eta_{H,gn} \times Q_{gn} = (Q_{H,tr} + Q_{H,ve}) - \eta_{H,gn} \times (Q_{int} + Q_{sol})$$

$$Q_{C,nd} = Q_{gn} - \eta_{C,ls} \times Q_{C,ht} = (Q_{int} + Q_{sol}) - \eta_{C,ls} \times (Q_{C,tr} + Q_{C,ve})$$

Fabbisogni netti di energia termica

- riscaldamento ( $Q_{H,nd}$ )
- raffrescamento ( $Q_{C,nd}$ );
  
- $Q_{H,gn}$  è il fattore di utilizzazione degli apporti termici;
- $Q_{C,ls}$  è il fattore di utilizzazione delle dispersioni termiche
- $Q_{gn}$  sono gli apporti termici totali
- $Q_{H/C,tr}$  è lo scambio termico per trasmissione
- $Q_{H/C,ve}$  è lo scambio termico per ventilazione

# Il fabbisogno energetico

Oggi giorno gli **apporti di calore**, soprattutto quelli solari, stanno diventando sempre più **importanti** e in alcune tipologie edilizie, come le case passive, e costituiscono la fonte primaria di energia per l'edificio.

I fabbisogni di energia termica per riscaldamento e raffrescamento si calcolano, per ogni zona dell'edificio e per ogni mese, come:

$$Q_{H,nd} = Q_{H,ht} - \eta_{H,gn} \times Q_{gn} = (Q_{H,tr} + Q_{H,ve}) - \eta_{H,gn} \times (Q_{int} + Q_{sol})$$

$$Q_{C,nd} = Q_{gn} - \eta_{C,ls} \times Q_{C,ht} = (Q_{int} + Q_{sol}) - \eta_{C,ls} \times (Q_{C,tr} + Q_{C,ve})$$

***Non tutti gli apporti gratuiti riescono ad essere sfruttati ai fini del bilancio energetico***, ma si ha un fattore di utilizzazione (che sostanzialmente va a ridurre gli apporti termici, considerando il comportamento dinamico dell'edificio)

# Il fabbisogno energetico

Oggi giorno gli **apporti di calore**, soprattutto quelli solari, stanno diventando sempre più **importanti** e in alcune tipologie edilizie, come le case passive, costituiscono la fonte primaria di energia per l'edificio.

I fabbisogni di energia termica per riscaldamento e raffrescamento si calcolano, per ogni zona dell'edificio e per ogni mese, come:

$$Q_{H,nd} = Q_{H,ht} - \eta_{H,gn} \times Q_{gn} = (Q_{H,tr} + Q_{H,ve}) - \eta_{H,gn} \times (Q_{int} + Q_{sol})$$

$$Q_{C,nd} = Q_{gn} - \eta_{C,ls} \times Q_{C,ht} = (Q_{int} + Q_{sol}) - \eta_{C,ls} \times (Q_{C,tr} + Q_{C,ve})$$

***Non tutti gli apporti gratuiti riescono ad essere sfruttati ai fini del bilancio energetico***, ma si ha un fattore di utilizzazione (che sostanzialmente va a ridurre gli apporti termici, considerando il comportamento dinamico dell'edificio)

# Il fabbisogno energetico

## Gli apporti di calore interni

Includono qualunque forma di energia in modo calore generato nello spazio riscaldato dalle ***sorgenti interne diverse dal sistema di riscaldamento***, per esempio:

- ✓ gli apporti dovuti al ***metabolismo degli occupanti***, il quale dipende dal tipo di attività svolta nella zona termica trattata, dalla media delle persone presenti,
- ✓ il consumo di calore dovuto alle ***apparecchiature elettriche*** e agli apparecchi di illuminazione;
- ✓ gli apporti netti ***provenienti dal sistema di distribuzione e di scarico dell'acqua***.

# Il fabbisogno energetico

Per ogni zona dell'edificio e per ogni mese, gli apporti termici si calcolano con la:

$$Q_{int} = \left\{ \sum_k \Phi_{int,mn,k} \right\} \times t + \left\{ \sum_l (1 - b_{tr,l}) \Phi_{int,mn,u,l} \right\} \times t$$

Dove:

✓ la sommatoria si riferisce ai flussi entranti/generati nella zona climatizzata e negli ambienti non climatizzati

✓  $b_{tr,l}$  è il fattore di riduzione per l'ambiente non climatizzato avente la sorgente di calore interna  $l$ -esima

✓  $\Phi_{int,mn,k}$  è il flusso termico prodotto dalla  $k$ -esima sorgente di calore interna, mediato sul tempo;

✓  $\Phi_{int,mn,u,l}$  è il flusso termico prodotto dalla  $l$ -esima sorgente di calore interna nell'ambiente non climatizzato adiacente  $u$ , mediato sul tempo

# Il fabbisogno energetico

## Gli apporti di calore interni

$b_{tr,x}$  è il fattore di correzione dello scambio termico tra ambienti climatizzato e non climatizzato, diverso da 1 nel caso in cui la temperatura di quest'ultimo sia diversa da quella dell'ambiente esterno. Si ha:

$$b_{tr,x} = \frac{H_{ue}}{H_{iu} + H_{ue}}$$

dove:

✓  $H_{iu}$  è il coefficiente globale di scambio termico tra l'ambiente climatizzato e l'ambiente non climatizzato;

✓  $H_{ue}$  è il coefficiente globale di scambio termico tra l'ambiente non climatizzato e l'ambiente esterno.

Per gli edifici esistenti, in assenza di dati di progetto attendibili o comunque di informazioni più precise, i valori del fattore  $b_{tr,x}$  si possono assumere dal prospetto seguente:

# Il fabbisogno energetico

Fattore di correzione  $b_{tr,x}$

Ambiente confinante	$b_{tr,x}$
Ambiente	
- con una parete esterna	0,4
- senza serramenti esterni e con almeno due pareti esterne	0,5
- con serramenti esterni e con almeno due pareti esterne (per esempio autorimesse)	0,6
- con tre pareti esterne (per esempio vani scala esterni)	0,8
Piano interrato o seminterrato	
- senza finestre o serramenti esterni	0,5
- con finestre o serramenti esterni	0,8
Sottotetto	
- tasso di ventilazione del sottotetto elevato (per esempio tetti ricoperti con tegole o altri materiali di copertura discontinua) senza rivestimento con feltro o assito	1,0
- altro tetto non isolato	0,9
- tetto isolato	0,7
Aree interne di circolazione (senza muri esterni e con tasso di ricambio d'aria minore di $0,5 \text{ h}^{-1}$ )	0,0
Aree interne di circolazione liberamente ventilate (rapporto tra l'area delle aperture e volume dell'ambiente maggiore di $0,005 \text{ m}^2/\text{m}^3$ )	1,0

# Il fabbisogno energetico

## Entità degli apporti interni - Valutazione di progetto o standard

Nei casi di valutazione di progetto o di valutazione standard gli apporti termici interni sono espressi, per gli edifici diversi dalle abitazioni, in funzione della destinazione d'uso

### Dati convenzionali relativi all'utenza

Categoria di edificio	Destinazione d'uso	Apporti medi globali
		W/m <sup>2</sup>
E.1 (3)	Edifici adibiti ad albergo, pensione ed attività similari	6
E.2	Edifici adibiti a uffici e assimilabili	6
E.3	Edifici adibiti a ospedali, cliniche o case di cura e assimilabili	8
E.4 (1)	Cinema e teatri, sale di riunione per congressi	8
E.4 (2)	Mostre, musei e biblioteche, luoghi di culto	8
E.4 (3)	Bar, ristoranti, sale da ballo	10
E.5	Edifici adibiti ad attività commerciali e assimilabili	8
E.6 (1)	Piscine, saune e assimilabili	10
E.6 (2)	Palestre e assimilabili	5
E.6 (3)	Servizi di supporto alle attività sportive	4
E.7	Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili	4
E.8	Edifici adibiti ad attività industriali ed artigianali e assimilabili	6

# Il fabbisogno energetico

## Entità degli apporti interni - Valutazione di progetto o standard

Per gli edifici di categoria E.1 (abitazioni), aventi superficie utile di pavimento,  $A_f$ , minore o uguale a  $170 \text{ m}^2$ , il valore globale degli apporti interni, espresso in W, è ricavato come

$$\Phi_{\text{int}} = 5,294 \times A_f - 0,01557 \times A_f^2$$

Per superficie utile di pavimento  $> 170 \text{ m}^2$  il valore di  $\Phi_{\text{int}}$  è pari a  $450 \text{ W}$ .

### Area netta di pavimento

In assenza di informazioni sull'area netta di pavimento, al fine di determinare gli apporti termici interni, l'area climatizzata (netta) di ciascuna zona termica può essere ottenuta moltiplicando la corrispondente area lorda per un fattore  $f_n$ , ricavabile in funzione dello spessore medio delle pareti esterne,  $d_m$ :

$$f_n = 0,9761 - 0,3055 \times d_m$$

### Apporti all'interno di ambienti non climatizzati

In assenza di informazioni che ne dimostrino la rilevanza, è lecito trascurare l'effetto degli apporti termici prodotti all'interno di ambienti non climatizzati.

# Il fabbisogno energetico

## Entità degli apporti interni - Valutazione adattata all'utenza

Per calcoli aventi scopi differenti da quello standard possono essere utilizzati dati diversi a seconda dello scopo del calcolo. La **UNI TS 11300** fornisce valori tipici degli apporti interni medi per diverse destinazioni d'uso, applicabili sia in condizioni invernali che estive, distinguendo tra:

- apporti globali;
- apporti dagli occupanti;
- apporti dalle apparecchiature

## Apporti globali

Le sorgenti di energia termica presenti all'interno di uno spazio chiuso sono in genere dovute a **occupanti**, **acqua sanitaria reflua**, **apparecchiature elettriche**, di **illuminazione** e di **cottura**.

Gli apporti interni di calore derivanti dalla presenza di queste sorgenti sono ricavati in funzione della destinazione d'uso dei locali, in base ai valori riportati nei prospetti 9 e 10.

# Il fabbisogno energetico

## Entità degli apporti interni - Valutazione adattata all'utenza

Profili temporali degli apporti termici dagli occupanti e dalle apparecchiature (edifici residenziali)

Giorni	Ore	Soggiorno e cucina ( $\Phi_{\text{int,Oc}} + \Phi_{\text{int,A}}/A_f$ ) W/m <sup>2</sup>	Altre aree climatizzate (per esempio stanza da letto) ( $\Phi_{\text{int,Oc}} + \Phi_{\text{int,A}}/A_f$ ) W/m <sup>2</sup>
Lunedì - Venerdì	07.00 - 17.00	8,0	1,0
	17.00 - 23.00	20,0	1,0
	23.00 - 07.00	2,0	6,0
	Media	9,0	2,67
Sabato - Domenica	07.00 - 17.00	8,0	2,0
	17.00 - 23.00	20,0	4,0
	23.00 - 07.00	2,0	6,0
	Media	9,0	3,83
Media		9,0	3,0

# Il fabbisogno energetico

## Entità degli apporti interni - Valutazione adattata all'utenza

Profili temporali degli apporti termici dagli occupanti e dalle apparecchiature (edifici adibiti ad uffici)

Giorni	Ore	Ambienti ufficio (60% della superficie utile di pavimento) $(\Phi_{\text{int,Oc}} + \Phi_{\text{int,A}})/A_f$ W/m <sup>2</sup>	Altre stanze, atri, corridoi (40% della superficie utile di pavimento) $(\Phi_{\text{int,Oc}} + \Phi_{\text{int,A}})/A_f$ W/m <sup>2</sup>
Lunedì - Venerdì	07.00 - 17.00	20,0	8,0
	17.00 - 23.00	2,0	1,0
	23.00 - 07.00	2,0	1,0
	Media	9,50	3,92
Sabato - Domenica	07.00 - 17.00	2,0	1,0
	17.00 - 23.00	2,0	1,0
	23.00 - 07.00	2,0	1,0
	Media	2,0	1,0
Media		7,4	3,1
$(\Phi_{\text{int,Oc}} + \Phi_{\text{int,A}})/A_f$ è il flusso termico dalle persone e dalle apparecchiature, in W; $A_f$ è la superficie utile di pavimento.			

# Il fabbisogno energetico

## Apporti medi degli occupanti

Gli apporti interni medi di calore derivanti dalla presenza degli occupanti sono ricavati in funzione della destinazione d'uso dei locali, in base ai valori riportati nel prospetto

Apporti termici degli occupanti; valori globali in funzione della densità di occupazione (edifici non residenziali)

Classe di densità di occupazione	m <sup>2</sup> di superficie utile di pavimento per persona	Fattore di simultaneità	$\frac{\Phi_{\text{int,Oc}}}{A_f}$ W/m <sup>2</sup>
I	1,0	0,15	15
II	2,5	0,25	10
III	5,5	0,27	5
IV	14	0,42	3
V	20	0,40	2

$\Phi_{\text{int,Oc}}$  è il flusso termico dalle persone, in W;  
 $A_f$  è la superficie utile di pavimento.

# Il fabbisogno energetico

## Apporti medi degli occupanti

Nella pratica impiantistica l'introduzione del **fattore di contemporaneità** per l'affollamento trova la sua motivazione nel fatto che è comunque difficile che il numero max di persone previste sia effettivamente presente e qualora lo fosse si abbia certezza sul num. realmente presente ad un dato istante e sul tipo di attività che si sta svolgendo.

Apporti termici degli occupanti; valori globali in funzione della densità di occupazione (edifici non residenziali)

Classe di densità di occupazione	m <sup>2</sup> di superficie utile di pavimento per persona	Fattore di simultaneità	$\frac{\Phi_{int,Oc}}{A_f}$ W/m <sup>2</sup>
I	1,0	0,15	15
II	2,5	0,25	10
III	5,5	0,27	5
IV	14	0,42	3
V	20	0,40	2

$\Phi_{int,Oc}$  è il flusso termico dalle persone, in W;  
 $A_f$  è la superficie utile di pavimento.

# Il fabbisogno energetico

## Apporti interni medi delle apparecchiature per illuminazione

Gli apporti interni medi di calore derivanti dal funzionamento delle apparecchiature per illuminazione richiedono, unitamente a quelli dovuti alle persone, un'attenta valutazione, in quanto una non corretta individuazione degli stessi potrebbe portare a commettere errori anche sostanziali nella stima dei carichi ambiente.

Nelle **lampade incandescenti** una parte della potenza assorbita (10% circa) è trasformata in energia luminosa, mentre la rimanente porzione la ritroviamo sotto forma di calore dissipato nell'ambiente per radiazione (80%), convezione e conduzione (10%).

Le **lampade fluorescenti** trasformano in energia luminosa circa il 25% di ciò che assorbono, un altro 25% lo scambiano per irraggiamento ed il rimanente 50% per convezione e conduzione. In aggiunta a questo occorre considerare, per tali lampade, una maggiorazione del 25% per effetto del calore dissipato nel reattore-starter.

Un valore abbastanza utilizzato per la stima dei carichi dovuti all'illuminazione è **12 W/m<sup>2</sup>**, valore che può salire anche a **20W/m<sup>2</sup>** in assenza di dati precisi.

Si ricorda, comunque, che tali valori possono portare a sovrastimare o sottostimare l'effettiva entità dei carichi presenti in ambiente. Quindi, prima di utilizzare tali valori, **verificare sempre l'attendibilità degli stessi.**

# Il fabbisogno energetico

## Apporti interni medi delle «altre» apparecchiature

Macchine fotocopiatrici, computer, stampanti, etc., possono introdurre mediamente un contributo di  $20 \div 25 \text{ W/m}^2$  che può arrivare fino a  $40 \div 45 \text{ W/m}^2$  nel caso in cui, ad esempio, si abbia un'alta densità di computer.

A ciò occorre aggiungere i carichi sviluppati in ambiente da motori elettrici eventualmente presenti e quelli comunque generati da eventuali altre sorgenti in relazione alla destinazione d'uso dei locali.

# Il fabbisogno energetico

## Apporti interni medi delle apparecchiature

Gli apporti interni medi di calore derivanti dal funzionamento delle apparecchiature sono ricavati in funzione della destinazione d'uso dei locali, in base ai valori riportati nel prospetto

Apporti termici delle apparecchiature; valori globali in funzione della categoria di edificio (edifici non residenziali)

Categoria di edificio	Apporto termico delle apparecchiature durante il periodo di funzionamento $\Phi_{\text{int,A}}/A_f$ W/m <sup>2</sup>	Simultaneità $f_A$	Apporto termico medio delle apparecchiature $\Phi_{\text{int,A}}/A_f$ W/m <sup>2</sup>
Uffici	15	0,20	3
Attività scolastiche	5	0,15	1
Cura della salute, attività clinica	8	0,50	4
Cura della salute, attività non clinica	15	0,20	3
Servizi di approvvigionamento	10	0,25	3
Esercizi commerciali	10	0,25	3
Luoghi di riunione	5	0,20	1
Alberghi e pensioni	4	0,50	2
Penitenziari	4	0,50	2
Attività sportive	4	0,25	1

$\Phi_{\text{int,A}}$  è il flusso termico delle apparecchiature, in W;  
 $A_f$  è la superficie utile di pavimento.

# Il fabbisogno energetico

## GLI APPORTI ESTERNI ATTRAVERSO I COMPONENTI FINESTRATI

**TABELLA 6** (Appendice A)

Valore del **fattore di trasmissione solare** totale  $g_{gl+sh}$  per componenti finestrati con orientamento da Est a Ovest passando per Sud

Zona climatica	$g_{gl+sh}$ [-]	
	Dal 1° ottobre 2015	Dal 1° gennaio 2019/2021
Tutte	0,35	0,35

# Il fabbisogno energetico

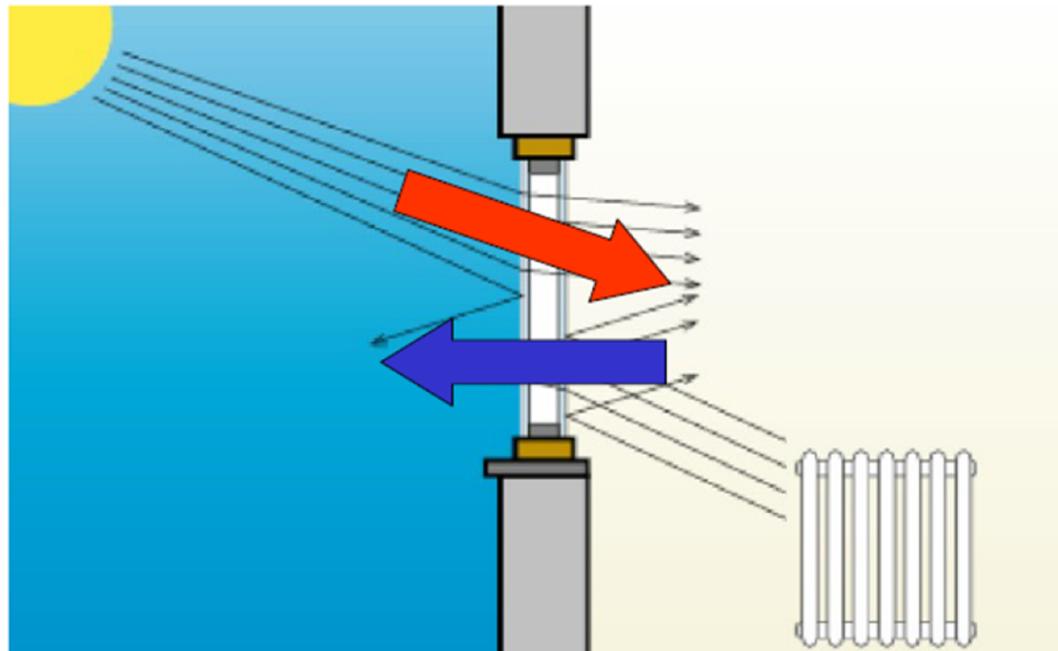
## GLI APPORTI ESTERNI ATTRAVERSO I COMPONENTI FINESTRATI

### Componenti finestrati di involucro

Attraverso le superfici vetrate in regime invernale avvengono due modalità di scambio di calore:



- Apporto di energia dall'esterno verso l'interno  **g**



# Il fabbisogno energetico

## Calcolo degli apporti termici (UNI/TS 11300-1)

*Apporti termici solari:*

$$Q_{\text{sol}} = \left\{ \sum_k \Phi_{\text{sol,mn,k}} \right\} \times t + \left\{ \sum_l (1 - b_{\text{tr,l}}) \Phi_{\text{sol,mn,u,l}} \right\} \times t$$

$b_{\text{tr,l}}$  è il fattore di riduzione per l'ambiente non climatizzato avente la sorgente di calore interna  $l$ -esima oppure il flusso termico  $l$ -esimo di origine solare;

$\Phi_{\text{sol,mn,k}}$  è il flusso termico  $k$ -esimo di origine solare, mediato sul tempo;

$\Phi_{\text{sol,mn,u,l}}$  è il flusso termico  $l$ -esimo di origine solare nell'ambiente non climatizzato adiacente  $u$ , mediato sul tempo.

$t$  è la durata del mese considerato.

# Il fabbisogno energetico

## Calcolo degli apporti termici (UNI/TS 11300-1)

...con flusso termico di origine solare valutato come:

è l'irradianza solare media mensile, sulla superficie  $k$ -esima, con dato orientamento e angolo d'inclinazione sul piano orizzontale.

è il fattore di riduzione per ombreggiatura relativo ad elementi esterni per l'area di captazione solare effettiva della superficie  $k$ -esima;

$$\Phi_{\text{sol},k} = F_{\text{sh,ob},k} A_{\text{sol},k} I_{\text{sol},k}$$

è l'area di captazione solare effettiva della superficie  $k$ -esima con dato orientamento e angolo d'inclinazione sul piano orizzontale, nella zona o ambiente considerato;

# Il fabbisogno energetico

## Calcolo degli apporti termici (UNI/TS 11300-1)

- **L'area di captazione solare effettiva di un componente vetrato dell'involucro:**

$$A_{sol} = F_{sh,gl} g_{gl} (1 - F_F) A_{w,p}$$

$F_{sh,gl}$  è il fattore di riduzione degli apporti solari relativo all'utilizzo di schermature mobili;

$g_{gl}$  è la trasmittanza di energia solare della parte trasparente del componente;

$F_F$  è la frazione di area relativa al telaio, rapporto tra l'area proiettata del telaio e l'area proiettata totale del componente finestrato;

$A_{w,p}$  è l'area proiettata totale del componente vetrato (l'area del vano finestra).

- **L'area di captazione solare effettiva di una parte opaca dell'involucro edilizio:**

$$A_{sol} = \alpha_{sol,c} R_{se} U_c A_c$$

dove:

$\alpha_{sol,c}$  è il fattore di assorbimento solare del componente opaco;

$R_{se}$  è la resistenza termica superficiale esterna del componente opaco, determinato secondo la UNI EN ISO 6946;

$U_c$  è la trasmittanza termica del componente opaco;

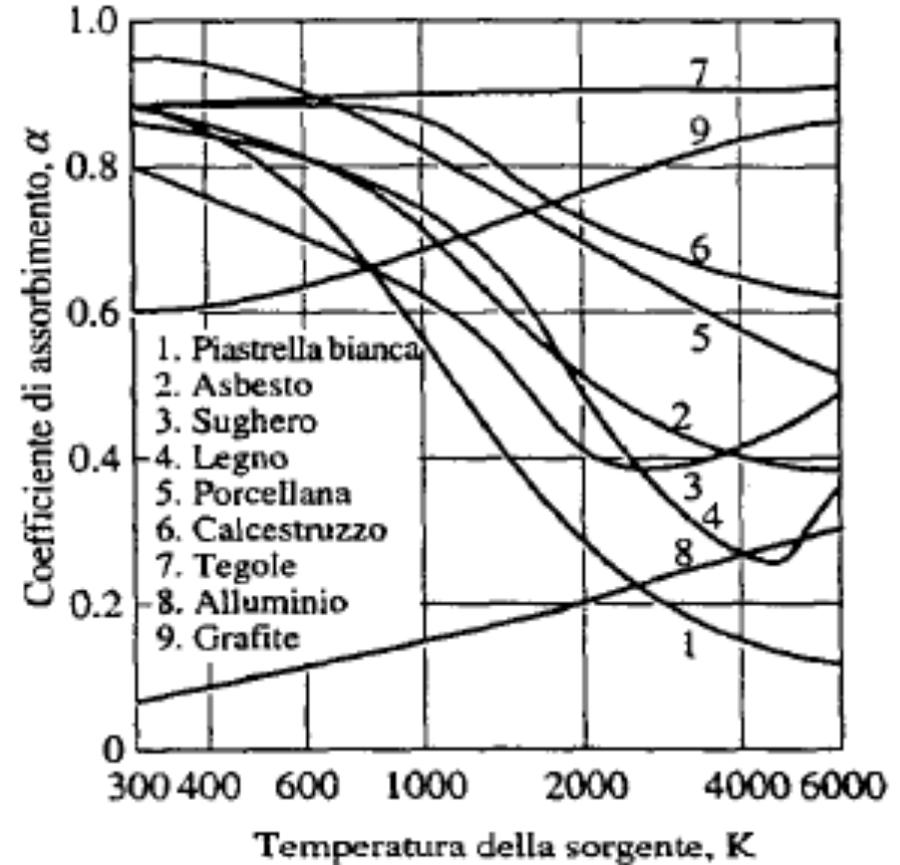
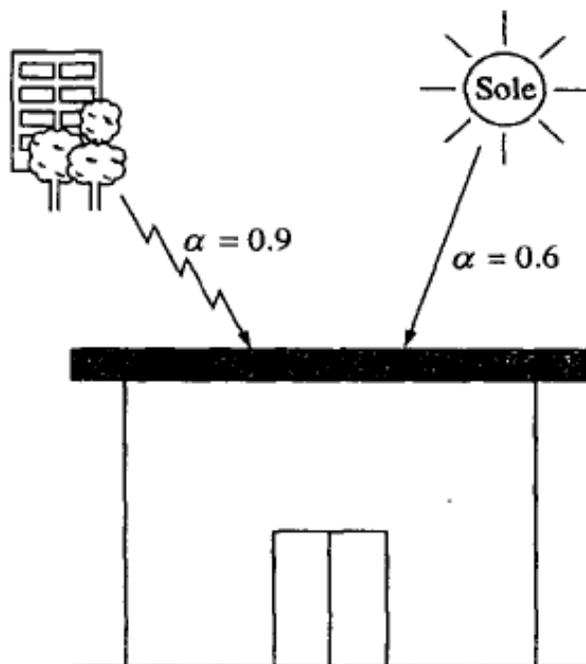
$A_c$  è l'area proiettata del componente opaco.

# Il fabbisogno energetico

## Calcolo degli apporti termici (UNI/TS 11300-1)

### Il fattore $\alpha_{sol}$ – *coefficiente di assorbimento*

Contrariamente all'emissività, il coefficiente di assorbimento di un materiale risulta praticamente indipendente dalla temperatura della superficie, ma dipendente dalla temperatura della sorgente



Il coefficiente di assorbimento di un tetto in cemento di un edificio è circa 0,6 per la radiazione solare (5762 K) e 0,9 per radiazioni provenienti da alberi e edifici circostanti.

# Il fabbisogno energetico

## Calcolo degli apporti termici (UNI/TS 11300-1)

### Apporti termici solari (UNI/TS 11300-1:2008)

#### Gestione delle schermature mobili

Nella valutazione di progetto o nella valutazione standard i valori di  $f_{sh,with}$  devono essere ricavati dal seguente prospetto in funzione del mese e dell'orientamento.

Per orientamenti non considerati nel prospetto si procede per interpolazione lineare.

Fattore di riduzione per le schermature mobili,  $f_{sh,with}$

Mese	Nord	Est	Sud	Ovest
1	0,00	0,52	0,81	0,39
2	0,00	0,48	0,82	0,55
3	0,00	0,66	0,81	0,63
4	0,00	0,71	0,74	0,62
5	0,00	0,71	0,62	0,64
6	0,00	0,75	0,56	0,68
7	0,00	0,74	0,62	0,73
8	0,00	0,75	0,76	0,72
9	0,00	0,73	0,82	0,67
10	0,00	0,72	0,86	0,60
11	0,00	0,62	0,84	0,30
12	0,00	0,50	0,86	0,42

# Il fabbisogno energetico

## Calcolo degli apporti termici (UNI/TS 11300-1)

### Effetto di schermature mobili

In assenza di dati di progetto attendibili o comunque di informazioni più precise, l'effetto di schermature mobili può essere valutato attraverso i fattori di riduzione riportati in prospetto, pari al rapporto tra i valori di trasmittanza di energia solare totale della finestra con e senza schermatura ( $g_{gl+sh}/g_{gl}$ ).

Fattori di riduzione per alcuni tipi di tenda

$g_{gl+sh}/g_{gl}$

Tipo di tenda	Proprietà ottiche della tenda		Fattori di riduzione con	
	assorbimento	trasmissione	tenda interna	tenda esterna
Veneziane bianche	0,1	0,05	0,25	0,10
		0,1	0,30	0,15
		0,3	0,45	0,35
Tende bianche	0,1	0,5	0,65	0,55
		0,7	0,80	0,75
		0,9	0,95	0,95
Tessuti colorati	0,3	0,1	0,42	0,17
		0,3	0,57	0,37
		0,5	0,77	0,57
Tessuti rivestiti di alluminio	0,2	0,05	0,20	0,08

# Il fabbisogno energetico

## Calcolo degli apporti termici (UNI/TS 11300-1)

### Gestione delle schermature mobili

Il fattore di riduzione degli apporti solari relativo all'utilizzo di schermature mobili ( $F_{sh,gl}$ ) è ricavato come:

$$F_{sh,gl} = [(1 - f_{sh,with})g_{gl} + f_{sh,with}g_{gl+sh}] / g_{gl}$$

è la trasmittanza di energia solare totale della finestra, quando la schermatura solare non è utilizzata

è la trasmittanza di energia solare totale della finestra, quando la schermatura solare è utilizzata;

è la frazione di tempo in cui la schermatura solare è utilizzata, pesata sull'irraggiamento solare incidente; essa dipende dal profilo dell'irradianza solare incidente sulla finestra e quindi dal clima, dalla stagione e dall'esposizione.

Per ciascun mese e per ciascuna esposizione il valore di  $f_{sh,with}$  può essere ricavato come rapporto tra la somma dei valori orari di irradianza maggiori di 300 W/m<sup>2</sup> e la somma di tutti i valori orari di irradianza del mese considerato.

# Il fabbisogno energetico

## Calcolo degli apporti termici (UNI/TS 11300-1)

### Apporti solari sui componenti trasparenti

I valori della trasmittanza di energia solare totale degli elementi vetrati ( $g_{gl}$ ) possono essere ricavati moltiplicando i valori di trasmittanza di energia solare totale per incidenza normale ( $g_{gl,n}$ ) per un fattore di esposizione ( $F_w$ ) assunto pari a 0.9.

I valori della trasmittanza di energia solare totale per incidenza normale degli elementi vetrati possono essere determinati attraverso la UNI EN 410. In assenza di dati documentati, si usa il prospetto:

### Trasmittanza di energia solare totale $g_{gl,n}$ di alcuni tipi di vetro

Tipo di vetro	$g_{gl,n}$
Vetro singolo	0,85
Doppio vetro normale	0,75
Doppio vetro con rivestimento basso-emissivo	0,67
Triplo vetro normale	0,70
Triplo vetro con doppio rivestimento basso-emissivo	0,50
Doppia finestra	0,75

# Il fabbisogno energetico

## Calcolo degli apporti termici (UNI/TS 11300-1)

### Fattore telaio

Il fattore di correzione dovuto al telaio ( $1 - F_F$ ) è pari al rapporto tra l'area trasparente e l'area totale dell'unità vetrata del serramento.

In assenza di dati di progetto attendibili o comunque di informazioni più precise, si può assumere un valore convenzionale del fattore telaio pari a 0.8.

# Il fabbisogno energetico

## Calcolo degli apporti termici (UNI/TS 11300-1)

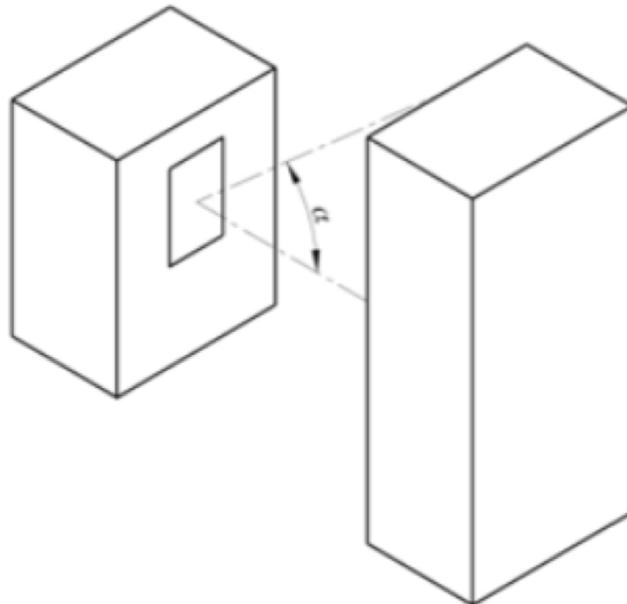
### Ombreggiatura

Il fattore di riduzione per ombreggiatura ( $F_{sh,ob}$ ) è un fattore moltiplicativo della radiazione solare incidente per tenere conto dell'effetto di ombreggiatura permanente sull'elemento vetrato considerato risultante da: altri edifici, topografia (alture, alberi), aggetti, altri elementi dello stesso edificio, parte esterna della parete sulla quale è montato l'elemento vetrato.

$F_{sh,ob}$  può essere calcolato come prodotto dei fattori di ombreggiatura relativi ad ostruzioni esterne ( $F_{hor}$ ), ad aggetti orizzontali ( $F_{ov}$ ) e verticali ( $F_{fin}$ ).

$$F_{sh,ob} = F_{hor} \times F_{ov} \times F_{fin}$$

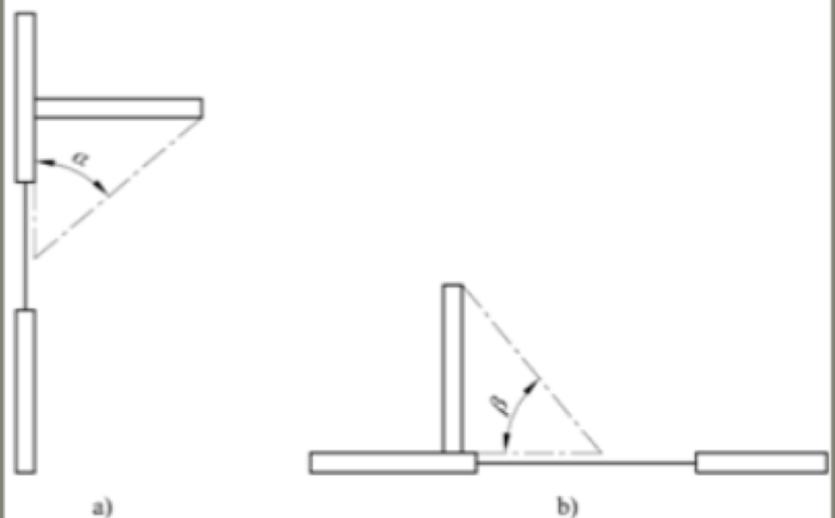
Angolo dell'orizzonte ombreggiato da un'ostruzione esterna



Aggetto orizzontale e verticale

Legenda

- a) Sezione verticale
- b) Sezione orizzontale



# Il fabbisogno energetico

## Calcolo degli apporti termici (UNI/TS 11300-1)

### Fattori di ombreggiatura – Esempio per ostruzioni esterne

Fattore di ombreggiatura  $F_{hor}$  relativo ad ostruzioni esterne. Mese di GENNAIO

Angolo su orizzonte	36° N latitudine			38° N latitudine			40° N latitudine			42° N latitudine			44° N latitudine			46° N latitudine		
	S	E/O	N															
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
10°	0,97	0,86	0,83	0,95	0,85	0,83	0,94	0,83	0,83	0,93	0,81	0,83	0,91	0,80	0,83	0,88	0,76	0,83
20°	0,85	0,67	0,67	0,82	0,65	0,67	0,77	0,63	0,67	0,70	0,60	0,67	0,59	0,58	0,67	0,47	0,54	0,67
30°	0,46	0,47	0,52	0,34	0,45	0,52	0,25	0,44	0,52	0,15	0,44	0,52	0,09	0,44	0,52	0,05	0,39	0,52
40°	0,05	0,37	0,38	0,05	0,33	0,38	0,05	0,30	0,38	0,05	0,27	0,38	0,05	0,23	0,38	0,04	0,21	0,38

Fattore di ombreggiatura  $F_{ov}$  relativo ad aggetti orizzontali. Mese di GENNAIO

Angolo	36° N latitudine			38° N latitudine			40° N latitudine			42° N latitudine			44° N latitudine			46° N latitudine		
	S	E/O	N															
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
30°	0,85	0,85	0,80	0,86	0,85	0,80	0,87	0,86	0,80	0,88	0,87	0,80	0,89	0,87	0,80	0,90	0,88	0,80
45°	0,77	0,80	0,72	0,78	0,81	0,72	0,80	0,81	0,72	0,81	0,83	0,72	0,82	0,83	0,72	0,84	0,85	0,72
60°	0,66	0,77	0,65	0,68	0,77	0,65	0,70	0,78	0,65	0,72	0,80	0,65	0,74	0,81	0,65	0,77	0,83	0,65

Fattore di ombreggiatura  $F_{vn}$  relativo ad aggetti verticali. Mese di GENNAIO

Angolo	36° N latitudine			38° N latitudine			40° N latitudine			42° N latitudine			44° N latitudine			46° N latitudine		
	S	E/O	N															
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
30°	0,91	0,73	0,89	0,92	0,72	0,89	0,92	0,72	0,89	0,92	0,71	0,89	0,92	0,70	0,89	0,92	0,68	0,89
45°	0,86	0,60	0,85	0,86	0,59	0,85	0,86	0,59	0,85	0,87	0,57	0,85	0,87	0,56	0,85	0,87	0,54	0,85
60°	0,79	0,46	0,80	0,79	0,46	0,80	0,80	0,45	0,80	0,80	0,43	0,80	0,80	0,42	0,80	0,80	0,38	0,80

# Il fabbisogno energetico

## Quarta fase dell'esercitazione: apporti interni e apporti solari

ALLEGATO	Calcolo semplificato del fabbisogno di un edificio		UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CAGLIARI	Docenti:	Studenti:
7	APPORTI TERMICI GRATUITI:		Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale ed Architettura		
Foglio 1	APPORTI INTERNI E APPORTI SOLARI		LABORATORIO INTEGR. DI PROG. TECNOLOGICA (MODULO DI IMPIANTI TECNICI) a.a. 2017/2018		

### Apporti termici gratuiti interni $\Phi_{int}$

$\Phi_{int}$	Locale	Sup. utile di pavimento	Valore globale apporti interni
[W]	-	$A_f$ [m <sup>2</sup> ]	$\Phi_{int}$ [W]
PIANO TERRA	CUCINA	8,55	450,00
	TAVERNA	25,00	
	INGRESSO	16,20	
	STUDIO 1	15,00	
	STUDIO 2	10,90	
	DISIMPEGNO 1	1,80	
	WC	3,80	
	GARAGE	26,00	
PIANO PRIMO	CUCINA	15,60	
	BAGNO	6,95	
	MATRIMONIALE	17,50	
	VANO SCALA	8,80	
	SOGGIORNO	28,00	
	LETTO 1	16,80	
	LETTO 2	10,10	
	RIPOSTIGLIO	1,46	
	DISIMPEGNO 2	9,30	
	DISIMPEGNO 3	2,90	
SOTTOTETTO	SOTTOTETTO	117,00	
	$A_{f,tot}$ [m <sup>2</sup> ]	341,66	

Quantità di calore dovuta agli apporti termici interni per l'intero edificio:			
Mese	$\Phi_{int}$ [W]	t [h]	$Q_{int}$ [kW h]
GENNAIO	450,00	744	334,80
FEBBRAIO	450,00	696	313,20
MARZO	450,00	744	334,80
APRILE	450,00	720	324,00
MAGGIO	450,00	744	334,80
GIUGNO	450,00	720	324,00
LUGLIO	450,00	744	334,80
AGOSTO	450,00	744	334,80
SETTEMBRE	450,00	720	324,00
OTTOBRE	450,00	744	334,80
NOVEMBRE	450,00	720	324,00
DICEMBRE	450,00	744	334,80

In questo foglio excel denominato « apporti gratuiti » troverete la quantità di calore dovuta agli apporti termici interni per l'intero edificio

	APPORTI INTERNI $Q_{int}$ 1 Novembre - 15 Aprile	NOVEMBRE	DICEMBRE	GENNAIO	FEBBRAIO	MARZO	APRILE
		$Q_{int}$ [kW h]					
PIANO TERRA	CUCINA	8,11	8,38	8,38	7,84	8,38	4,05
	TAVERNA	23,71	24,50	24,50	22,92	24,50	11,85
	INGRESSO	15,36	15,87	15,87	14,85	15,87	7,68
	STUDIO 1	14,22	14,70	14,70	13,75	14,70	7,11
	STUDIO 2	10,34	10,68	10,68	9,99	10,68	5,17
	DISIMPEGNO 1	1,71	1,76	1,76	1,65	1,76	0,85
	WC	3,60	3,72	3,72	3,48	3,72	1,80
	GARAGE	24,66	25,48	25,48	23,83	25,48	12,33
PIANO PRIMO	CUCINA	14,79	15,29	15,29	14,30	15,29	7,40
	BAGNO	6,59	6,81	6,81	6,37	6,81	3,30
	MATRIMONIALE	16,60	17,15	17,15	16,04	17,15	8,30
	VANO SCALA	8,35	8,62	8,62	8,07	8,62	4,17
	SOGGIORNO	26,55	27,44	27,44	25,67	27,44	13,28
	LETTO 1	15,93	16,46	16,46	15,40	16,46	7,97
	LETTO 2	9,58	9,90	9,90	9,26	9,90	4,79
	RIPOSTIGLIO	1,38	1,43	1,43	1,34	1,43	0,69
	DISIMPEGNO 2	8,82	9,11	9,11	8,53	9,11	4,41
	DISIMPEGNO 3	2,75	2,84	2,84	2,66	2,84	1,38
SOTTOTETTO	SOTTOTETTO	110,95	114,65	114,65	107,25	114,65	55,48
TOTALE		324,00	334,80	334,80	313,20	334,80	162,00

### Entità degli apporti interni - Valutazione di progetto o standard

Per gli edifici di categoria E.1 (abitazioni), aventi superficie utile di pavimento,  $A_f$ , minore o uguale a 170 m<sup>2</sup>, il valore globale degli apporti interni, espresso in W, è ricavato come

$$\Phi_{int} = 5,294 \times A_f - 0,01557 \times A_f^2$$

Per superficie utile di pavimento > 170 m<sup>2</sup> il valore di  $\Phi_{int}$  è pari a 450 W.

# Il fabbisogno energetico

## Quarta fase dell'esercitazione: apporti interni e apporti solari

ALLEGATO 7 Foglio 2	Calcolo semplificato del fabbisogno di un edificio <b>APPORTI TERMICI GRATUITI: APPORTI INTERNI E APPORTI SOLARI</b>		UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CAGLIARI Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale ed Architettura LABORATORIO INTEGR. DI PROG. TECNOLOGICA (MODULO DI IMPIANTI TECNICI) a.a. 2017/2018	Docenti:	Studenti:
---------------------------	---	--	--	----------	-----------

### Apporti termici gratuiti solari $\Phi_{sol}$

AREA DI CAPTAZIONE SOLARE DEI COMPONENTI OPACHI	Rif. Componente	Fattore di assorbimento solare	Resistenza superficiale	Trasmittanza termica	Area	Area di captazione solare	
		$\alpha_{sol,c}$	$R_{se}$ [m <sup>2</sup> ·K/W]	$U_c$ [W/m <sup>2</sup> ·K]	$A_c$ [m <sup>2</sup> ]	$A_{sol}$ [m <sup>2</sup> ]	
PIANO TERRA	CUCINA	T01	0,6	0,04	0,65	10,60	0,17
		T14	0,6	0,04	0,65	3,80	0,06
	TAVERNA	T02	0,6	0,04	0,65	4,40	0,07
		T03	0,6	0,04	0,65	13,14	0,21
		T03 sottofinestra	0,6	0,04	0,85	0,90	0,02
		T03 restr.camino	0,6	0,04	0,85	2,58	0,05
	INGRESSO	T04	0,6	0,04	0,65	7,70	0,12
		T08	0,6	0,04	0,65	3,50	0,06
	STUDIO 1	T09	0,6	0,04	0,65	2,30	0,04
		T10	0,6	0,04	0,65	9,17	0,14
		T10 sottofinestra	0,6	0,04	0,85	1,50	0,03
	STUDIO 2	T11	0,6	0,04	0,65	8,60	0,14
		T12	0,6	0,04	0,65	4,87	0,08
	WC	T12 sottofinestra	0,6	0,04	0,85	1,50	0,03
		T13	0,6	0,04	0,65	3,30	0,05
	GARAGE	T05	0,6	0,04	0,21	6,03	0,03
T06		0,6	0,04	0,65	7,90	0,12	
T07		0,6	0,04	0,65	2,75	0,04	
Basculante T07		0,6	0,04	1,49	6,20	0,22	
PIANO PRIMO	CUCINA	P01	0,6	0,04	0,78	11,90	0,22
		P13	0,6	0,04	0,78	8,00	0,15
	BAGNO	P02	0,6	0,04	0,78	5,10	0,09
		P03	0,6	0,04	0,78	8,80	0,16
		P04	0,6	0,04	0,78	10,50	0,20
	MATRIMONIALE	P05	0,6	0,04	0,78	7,29	0,14
		P05 sottofinestra	0,6	0,04	0,95	1,50	0,03
	VANO SCALA	P06	0,6	0,04	0,26	6,70	0,04
		P07	0,6	0,04	0,78	12,50	0,23
	SOGGIORNO	P08	0,6	0,04	0,78	13,60	0,25
		P08 sottofinestra	0,6	0,04	0,95	1,50	0,03
	LETTO 1	P09	0,6	0,04	0,78	28,50	0,53
P10		0,6	0,04	0,78	10,70	0,20	
P11		0,6	0,04	0,78	10,00	0,19	
LETTO 2	P12	0,6	0,04	0,78	5,04	0,09	
	P12 sottofinestra	0,6	0,04	0,95	1,50	0,03	
SOTTOTETTO	SOTTOTETTO	Parete sud	0,6	0,04	0,78	29,67	0,55
		Parete est	0,6	0,04	0,78	22,40	0,42
		Parete ovest	0,6	0,04	0,78	17,00	0,32
		Parete nord	0,6	0,04	0,78	29,67	0,55
	COPERTURA	Falda 1	0,9	0,04	0,53	22,00	0,42
		Falda 2	0,9	0,04	0,53	22,00	0,42
		Falda 3	0,9	0,04	0,53	58,20	1,11
		Falda 4	0,9	0,04	0,53	63,10	1,21

○ L'area di captazione solare effettiva di una parte opaca dell'involucro edilizio

$$A_{sol} = \alpha_{sol,c} R_{se} U_c A_c$$

dove:

$\alpha_{sol,c}$  è il fattore di assorbimento solare del componente opaco;

$R_{se}$  è la resistenza termica superficiale esterna del componente opaco, determinato secondo la UNI EN ISO 6946;

$U_c$  è la trasmittanza termica del componente opaco;

$A_c$  è l'area proiettata del componente opaco.

**In questo foglio excel denominato « apporti gratuiti » troverete l'area di captazione solare dei componenti opachi per i vari piani ed i vari locali dell'edificio**

# Il fabbisogno energetico

## Quarta fase dell'esercitazione: apporti interni e apporti solari

ALLEGATO	Calcolo semplificato del fabbisogno di un edificio		UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CAGLIARI	Docenti:	Studenti:
7 Foglio 3	APPORTI TERMICI GRATUITI: APPORTI INTERNI E APPORTI SOLARI		Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale ed Architettura LABORATORIO INTEGR. DI PROG. TECNOLOGICA (MODULO DI IMPIANTI TECNICI) a.a. 2016/2017		

### Apporti termici gratuiti solari $\Phi_{sol}$

AREA DI CAPTAZIONE SOLARE DEI COMPONENTI TRASPARENTI								
F.0.01/b CUCINA PIANO TERRA Orientamento: OVEST	Mese	Fattore di riduzione per schermature	Trasmittanza di energia solare totale	Trasmittanza di en.solare con schermatura	Fattore di riduzione degli apporti solari	Fattore di correzione telaio	Area totale componente vetrato	Area di captazione solare
	-	$F_{sh,with}$	$g_{gl}$	$g_{gl,sh}$	$F_{sh,gl}$	$F_F$	$A_{w,p}$ [m <sup>2</sup> ]	$A_{sol}$ [m <sup>2</sup> ]
	GENNAIO	0,39	0,75	0,49	0,86	0,31	2,75	1,23
	FEBBRAIO	0,55	0,75	0,49	0,81	0,31	2,75	1,15
	MARZO	0,63	0,75	0,49	0,78	0,31	2,75	1,11
	APRILE	0,62	0,75	0,49	0,78	0,31	2,75	1,12
	MAGGIO	0,64	0,75	0,49	0,78	0,31	2,75	1,11
	GIUGNO	0,68	0,75	0,49	0,76	0,31	2,75	1,09
	LUGLIO	0,73	0,75	0,49	0,74	0,31	2,75	1,06
	AGOSTO	0,72	0,75	0,49	0,75	0,31	2,75	1,07
	SETTEMBRE	0,67	0,75	0,49	0,77	0,31	2,75	1,09
	OTTOBRE	0,60	0,75	0,49	0,79	0,31	2,75	1,13
	NOVEMBRE	0,30	0,75	0,49	0,90	0,31	2,75	1,28
	DICEMBRE	0,42	0,75	0,49	0,85	0,31	2,75	1,22
F.0.02/e TAVERNA Orientamento: NORD	Mese	$F_{sh,with}$	$g_{gl}$	$g_{gl,sh}$	$F_{sh,gl}$	$F_F$	$A_{w,p}$ [m <sup>2</sup> ]	$A_{sol}$ [m <sup>2</sup> ]
	GENNAIO	0,00	0,75	0,49	1,00	0,49	0,81	0,31
	FEBBRAIO	0,00	0,75	0,49	1,00	0,49	0,81	0,31
	MARZO	0,00	0,75	0,49	1,00	0,49	0,81	0,31
	APRILE	0,00	0,75	0,49	1,00	0,49	0,81	0,31
	MAGGIO	0,00	0,75	0,49	1,00	0,49	0,81	0,31
	GIUGNO	0,00	0,75	0,49	1,00	0,49	0,81	0,31
	LUGLIO	0,00	0,75	0,49	1,00	0,49	0,81	0,31
	AGOSTO	0,00	0,75	0,49	1,00	0,49	0,81	0,31
	SETTEMBRE	0,00	0,75	0,49	1,00	0,49	0,81	0,31
	OTTOBRE	0,00	0,75	0,49	1,00	0,49	0,81	0,31
	NOVEMBRE	0,00	0,75	0,49	1,00	0,49	0,81	0,31
DICEMBRE	0,00	0,75	0,49	1,00	0,49	0,81	0,31	
F.0.01/a TAVERNA Orientamento: EST	Mese	$F_{sh,with}$	$g_{gl}$	$g_{gl,sh}$	$F_{sh,gl}$	$F_F$	$A_{w,p}$ [m <sup>2</sup> ]	$A_{sol}$ [m <sup>2</sup> ]
	GENNAIO	0,52	0,75	0,49	0,82	0,43	3,75	1,31
	FEBBRAIO	0,48	0,75	0,49	0,83	0,43	3,75	1,33
	MARZO	0,66	0,75	0,49	0,77	0,43	3,75	1,23
	APRILE	0,71	0,75	0,49	0,75	0,43	3,75	1,20
	MAGGIO	0,71	0,75	0,49	0,75	0,43	3,75	1,20
	GIUGNO	0,75	0,75	0,49	0,74	0,43	3,75	1,18
	LUGLIO	0,74	0,75	0,49	0,74	0,43	3,75	1,18
	AGOSTO	0,75	0,75	0,49	0,74	0,43	3,75	1,18
	SETTEMBRE	0,73	0,75	0,49	0,74	0,43	3,75	1,19
	OTTOBRE	0,72	0,75	0,49	0,75	0,43	3,75	1,19
	NOVEMBRE	0,62	0,75	0,49	0,78	0,43	3,75	1,25
DICEMBRE	0,50	0,75	0,49	0,83	0,43	3,75	1,32	

○ L'area di captazione solare effettiva di un componente vetrato dell'involucro:

$$A_{sol} = F_{sh,gl} g_{gl} (1 - F_F) A_{w,p}$$

$F_{sh,gl}$  è il fattore di riduzione degli apporti solari relativo all'utilizzo di schermature mobili;

$g_{gl}$  è la trasmittanza di energia solare della parte trasparente del componente;

$F_F$  è la frazione di area relativa al telaio, rapporto tra l'area proiettata del telaio e l'area proiettata totale del componente finestrato;

$A_{w,p}$  è l'area proiettata totale del componente vetrato (l'area del vano finestra).

$$F_F = A_g / (L * H)$$

In questo foglio excel denominato « apporti gratuiti » troverete l'area di captazione solare dei componenti trasparenti per i vari locali.

# Il fabbisogno energetico

## Quarta fase dell'esercitazione: apporti interni e apporti solari

ALLEGATO 7 Foglio 9	Calcolo semplificato del fabbisogno di un edificio APPORTI TERMICI GRATUITI: APPORTI INTERNI E APPORTI SOLARI		UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CAGLIARI Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale ed Architettura LABORATORIO INTEGR. DI PROG. TECNOLOGICA a.a. 2017/2018	Docenti:	Studenti:					
Apporti termici gratuiti solari $Q_{sol}$										
IRRADIAZIONE SOLARE GIORNALIERA MEDIA MENSILE	LOCALITA' DI RIFERIMENTO I: CAGLIARI			LOCALITA' DI RIFERIMENTO II: CAGLIARI			LOCALITA' CONSIDERATA: CAGLIARI			UNI 10349
	Latitudine 39,23 Longitudine 9,12				Latitudine 39,23 Longitudine 9,12				Latitudine 39,23 Longitudine 9,12	
	S	E/O	N	S	E/O	N	S	E/O	N	
	$I_{sol}$ [MJ/m <sup>2</sup> ]	$I_{sol}$ [MJ/m <sup>2</sup> ]	$I_{sol}$ [MJ/m <sup>2</sup> ]	$I_{sol}$ [MJ/m <sup>2</sup> ]	$I_{sol}$ [MJ/m <sup>2</sup> ]	$I_{sol}$ [MJ/m <sup>2</sup> ]	$I_{sol}$ [Wh/m <sup>2</sup> ]	$I_{sol}$ [Wh/m <sup>2</sup> ]	$I_{sol}$ [Wh/m <sup>2</sup> ]	
GENNAIO	11,5	5,6	2,3	11,5	5,6	2,3	3,2	1,6	0,6	
FEBBRAIO	11,8	7,1	3,1	11,8	7,1	3,1	3,3	2,0	0,9	
MARZO	12,5	10,0	4,2	12,5	10,0	4,2	3,5	2,8	1,2	
APRILE	10,7	12,3	5,7	10,7	12,3	5,7	3,0	3,4	1,6	
MAGGIO	9,6	14,4	8,1	9,6	14,4	8,1	2,7	4,0	2,3	
GIUGNO	9,2	15,7	9,8	9,2	15,7	9,8	2,6	4,4	2,7	
LUGLIO	10,0	17,4	9,5	10,0	17,4	9,5	2,8	4,8	2,6	
AGOSTO	11,8	15,8	6,8	11,8	15,8	6,8	3,3	4,4	1,9	
SETTEMBRE	13,2	12,2	4,6	13,2	12,2	4,6	3,7	3,4	1,3	
OTTOBRE	13,7	8,9	3,5	13,7	8,9	3,5	3,8	2,5	1,0	
NOVEMBRE	12,1	6,2	2,5	12,1	6,2	2,5	3,4	1,7	0,7	
DICEMBRE	10,4	4,9	2,1	10,4	4,9	2,1	2,9	1,4	0,6	

18	CA	Cagliari	4	39	13	9	07																															
18	11,5	11,8	12,5	10,7	9,6	9,2	10,0	11,8	13,2	13,7	12,1	10,4	18	5,6	7,1	10,0	12,3	14,4	15,7	17,4	15,8	12,2	8,9	6,2	4,9	18	2,3	3,1	4,2	5,7	8,1	9,8	9,5	6,8	4,6	3,5	2,5	2,1
49	MI	Milano	122	45	27	9	11																															
49	6,0	8,7	11,2	10,9	10,0	9,8	10,8	11,3	11,8	10,3	6,7	5,4	49	2,9	5,1	8,5	11,4	13,2	14,4	15,8	13,2	10,1	6,4	3,4	2,6	49	1,5	2,4	3,7	5,4	7,8	9,4	9,2	6,4	4,2	2,8	1,7	1,3
76	RM	Roma	20	41	53	12	28																															
76	10,6	11,9	12,6	11,6	10,6	9,9	10,8	12,4	14,2	15,1	11,8	9,3	76	5,0	6,9	9,8	12,8	15,4	16,4	17,6	15,7	12,5	9,2	5,7	4,3	76	2,1	2,9	4,0	5,7	8,3	10,0	9,6	6,7	4,4	3,3	2,3	1,8

In questo foglio excel denominato « apporti gratuiti » troverete l'irradiazione solare giornaliera media mensile. Esistono i valori tabellati per le varie città scelte.

# Il fabbisogno energetico

## Quarta fase dell'esercitazione: apporti interni e apporti solari

ALLEGATO	Calcolo semplificato del fabbisogno di un edificio		UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CAGLIARI	Docenti:	Studenti:
7	APPORTI TERMICI GRATUITI:		Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale ed Architettura		
Foglio 10	APPORTI INTERNI E APPORTI SOLARI		LABORATORIO INTEGR. DI PROG. TECNOLOGICA a.a. 2017/2018		

### Apporti termici gratuiti solari $\Phi_{sol}$

$\Phi_{sol}$ [W]	Rif. componente	GENNAIO	FEBBRAIO	MARZO	APRILE	MAGGIO	GIUGNO	LUGLIO	AGOSTO	SETTEMBRE	OTTOBRE	NOVEMBRE	DICEMBRE
		PIANO TERRA											
CUCINA	T01	0,11	0,14	0,19	0,26	0,37	0,45	0,44	0,31	0,21	0,16	0,12	0,10
	T14	0,09	0,12	0,17	0,20	0,24	0,26	0,29	0,26	0,20	0,15	0,10	0,08
	F 0.01/b	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!
TAVERNA	T02	0,11	0,14	0,19	0,24	0,28	0,30	0,33	0,30	0,23	0,17	0,12	0,09
	T03	0,13	0,18	0,24	0,33	0,46	0,56	0,54	0,39	0,26	0,20	0,14	0,12
	T03 sottofinestra	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01
	T03 restr.camino	0,03	0,05	0,06	0,08	0,12	0,14	0,14	0,10	0,07	0,05	0,04	0,03
	T04	0,19	0,24	0,34	0,41	0,48	0,53	0,58	0,53	0,41	0,30	0,21	0,16
	F 0.02/e	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!
	F 0.01/a	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!
INGRESSO	T08	0,18	0,18	0,19	0,16	0,15	0,14	0,15	0,18	0,20	0,21	0,18	0,16
	P 0.01/c	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!
STUDIO 1	T09	0,06	0,07	0,10	0,12	0,14	0,16	0,17	0,16	0,12	0,09	0,06	0,05
	T10	0,46	0,47	0,50	0,43	0,38	0,37	0,40	0,47	0,53	0,55	0,48	0,42
	T10 sottofinestra	0,10	0,10	0,11	0,09	0,08	0,08	0,09	0,10	0,11	0,12	0,10	0,09
	T11	0,21	0,27	0,38	0,46	0,54	0,59	0,65	0,59	0,46	0,33	0,23	0,18
	F 0.04/d	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!
STUDIO 2	T12	0,12	0,15	0,21	0,26	0,31	0,33	0,37	0,34	0,26	0,19	0,13	0,10
	T12 sottofinestra	0,05	0,06	0,09	0,11	0,12	0,13	0,15	0,14	0,10	0,08	0,05	0,04
	F 0.03/d	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!
WC	T13	0,08	0,10	0,14	0,18	0,21	0,23	0,25	0,23	0,18	0,13	0,09	0,07
	F 0.03/e	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!
GARAGE	T05	0,05	0,06	0,08	0,10	0,12	0,13	0,14	0,13	0,10	0,07	0,05	0,04
	T06	0,19	0,24	0,34	0,42	0,50	0,54	0,60	0,54	0,42	0,31	0,21	0,17
	T07	0,14	0,14	0,15	0,13	0,12	0,11	0,12	0,14	0,16	0,16	0,15	0,12
	Basculante T07	0,71	0,73	0,77	0,66	0,59	0,57	0,62	0,73	0,81	0,84	0,75	0,64
	F 0.01/f	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!
	F 0.02/f	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!

In questo foglio excel denominato « apporti gratuiti » troveremo gli apporti termici gratuiti solari per i vari piani dell'edificio.

# Il fabbisogno energetico

## Quarta fase dell'esercitazione: apporti interni e apporti solari

ALLEGATO	Calcolo semplificato del fabbisogno di un edificio		UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CAGLIARI	Docenti:	Studenti:
7	APPORTI TERMICI GRATUITI:		Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale ed Architettura		
Foglio 12	APPORTI INTERNI E APPORTI SOLARI		LABORATORIO INTEGR. DI PROG. TECNOLOGICA a.a. 2017/2018		

### Apporti termici gratuiti solari $\Phi_{sol}$

Quantità di calore dovuta agli apporti termici solari per l'intero edificio:

Mese	$\Phi_{sol}$ [W]	t [h]	$Q_{sol}$ [kW h]
GENNAIO	#RIF!	744	#RIF!
FEBBRAIO	#RIF!	696	#RIF!
MARZO	#RIF!	744	#RIF!
APRILE	#RIF!	720	#RIF!
MAGGIO	#RIF!	744	#RIF!
GIUGNO	#RIF!	720	#RIF!
LUGLIO	#RIF!	744	#RIF!
AGOSTO	#RIF!	744	#RIF!
SETTEMBRE	#RIF!	720	#RIF!
OTTOBRE	#RIF!	744	#RIF!
NOVEMBRE	#RIF!	720	#RIF!
DICEMBRE	#RIF!	744	#RIF!

In questo foglio excel denominato « apporti gratuiti » avremo la quantità di calore dovuta agli apporti termici solari per l'intero edificio.

APPORTI SOLARI $Q_{sol}$ 1 Novembre - 15 Aprile		NOVEMBRE	DICEMBRE	GENNAIO	FEBBRAIO	MARZO	APRILE
		$Q_{sol}$ [kW h]					
PIANO TERRA	CUCINA	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!
	TAVERNA	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!
	INGRESSO	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!
	STUDIO 1	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!
	STUDIO 2	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!
	WC	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!
PIANO PRIMO	GARAGE	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!
	CUCINA	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!
	BAGNO	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!
	MATRIMONIALE	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!
	VANO SCALA	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!
	SOGGIORNO	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!
SOTTOTETTO	LETTO 1	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!
	LETTO 2	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!
	SOTTOTETTO	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!	#RIF!
TOTALE		4,11	3,44	3,89	4,40	6,26	3,55

### Durata della stagione di riscaldamento in funzione della zona climatica

Zona climatica	Inizio	Fine
A	1° dicembre	15 marzo
B	1° dicembre	31 marzo
C	15 novembre	31 marzo
D	1° novembre	15 aprile
E	15 ottobre	15 aprile
F	5 ottobre	22 aprile

# Il fabbisogno energetico

## LA VENTILAZIONE

### VALORI DELLA NORMA:

- Sistemi di ventilazione naturale
- Sistemi di ventilazione forzata

Nel caso di abitazioni civili (E.1) e di edifici adibiti ad attività industriali ed artigianali e assimilabili (E.8), assumendo un tasso di ricambio d'aria di progetto (per la determinazione della portata minima di progetto di aria esterna) pari a  $0,5 \text{ h}^{-1}$  e applicando il fattore correttivo  $f_{ve,t,k}$  si ottengono i valori di tasso di ricambio d'aria media giornaliera media mensile riportati nella seguente tabella.

Categoria di edificio	Sottocategoria di edificio	Destinazione d'Uso	$h^{-1}$
E.1 Edifici adibiti a residenza e assimilabili	E.1.1 Residenza a carattere continuativo	Abitazioni civili (comprende l'eventuale estrazione meccanica dei bagni)	0.3
		Collegi, luoghi di ricovero, case di pena, caserme, conventi: Sale riunioni	0.255
		Collegi, luoghi di ricovero, case di pena, caserme, conventi: Dormitorio/camera	0.5
		Collegi, luoghi di ricovero, case di pena, caserme, conventi: Servizi igienici con estrazione	0.04
	E.1.2 Residenze occupate saltuariamente	Come residenze a carattere continuativo	0.3
	E.1.3 Alberghi, pensioni e attività simili	Ingresso, soggiorni	0.5
		Sale conferenze/auditori (piccoli)	0.235
Sale da pranzo		0.17	
Camere da letto		0.13	
E.8 Edifici adibiti ad attività industriali ed artigianali e assimilabili	-	-	0.255

Tabella 4: Tasso di ricambio d'aria (espresso in  $h^{-1}$ ) nel caso di semplice areazione (elaborazione dati a partire dai valori della norma).

# Il fabbisogno energetico

## Quinta fase dell'esercitazione: lo scambio termico per ventilazione

Calcolo semplificato del fabbisogno di un edificio			UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CAGLIARI			Docenti:	Studenti:		
SCAMBIO TERMICO PER VENTILAZIONE			Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale ed Architettura						
		LABORATORIO INTEGR. DI PROG. TECNOLOGICA a.a. 2017/2018							
Locale	Volume	Capacità termica volumica dell'aria	Fattore correzione t.	Num. ricambi d'aria	Coefficiente globale scambio termico per ventilazione		11300-1	Ore funzionamento impianto di riscaldamento	Temperatura interna di progetto
	V [m³]	$\rho \cdot c$ [J/m³K]	b	n [V/h]	$H_{ve}$ [W/K]	$H_{ve,TOT}$ [W/K]		h	$\theta_i$ [°C]
CUCINA	24,54	1200	1	0,3	2,45	56,11	-	20	
TAVERNA	71,75	1200	1	0,3	7,18				
INGRESSO	46,49	1200	1	0,3	4,65				
STUDIO 1	43,05	1200	1	0,3	4,31				
STUDIO 2	31,28	1200	1	0,3	3,13				
BAGNO	10,91	1200	1	0,3	1,09				
VANO SCALE	20,36	1200	1	0,3	2,04				
SOGGIORNO	84,00	1200	1	0,3	8,40				
MATRIMONIALE	52,50	1200	1	0,3	5,25				
LETTO 1	50,40	1200	1	0,3	5,04				
LETTO 2	30,30	1200	1	0,3	3,03				
CUCINA	46,80	1200	1	0,3	4,68				
BAGNO	20,85	1200	1	0,3	2,09				
DISIMPEGNO 2	27,90	1200	1	0,3	2,79				

$H_{ve,adj}$  è il coefficiente globale di scambio termico per ventilazione della zona considerata, corretto per tenere conto della differenza di temperatura interno-esterno;  
 $H_{ve,adj} = \rho_a \times c_a \times \{ \sum_k b_{ve,k} \times q_{ve,k,mn} \}$   
 $\rho_a c_a$  è la capacità termica volumica dell'aria, pari a 1 200 J/(m³ × K);  
 $q_{ve,k,mn}$  è la portata mediata sul tempo del flusso d'aria k-esimo;  
 $b_{ve,k}$  è il fattore di correzione della temperatura per il flusso d'aria k-esimo ( $b_{ve,k} \neq 1$  se la temperatura di mandata non è uguale alla temperatura dell'ambiente esterno, come nel caso di pre-riscaldamento, pre-raffrescamento o di recupero termico dell'aria di ventilazione).

In questo foglio excel denominato « ventilazione » troveremo il coefficiente globale di scambio termico per ventilazione (per ogni locale troveremo il coefficiente, poi troveremo quello globale).

# Il fabbisogno energetico

## Quinta fase dell'esercitazione: lo scambio termico per ventilazione

ALLEGATO	Calcolo semplificato del fabbisogno di un edificio		UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CAGLIARI	Docenti:	Studenti:
9	SCAMBIO TERMICO PER VENTILAZIONE		Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale ed Architettura		
Foglio 2			LABORATORIO INTEGR. DI PROG. TECNOLOGICA a.a. 2017/2018		

ENERGIA SCAMBIATA PER		NOVEMBRE		DICEMBRE		GENNAIO		FEBBRAIO		MARZO		APRILE		UNI 11300-1
VENTILAZIONE $Q_{H,ve}$		t	$\theta_e$ [°C]											
1 Novembre - 15 Aprile		720	15,5	744	11,7	744	10,3	696	10,8	744	12,8	360	15,1	
		$Q_{H,ve}$ [kW h]		$Q_{H,ve}$ [kW h]		$Q_{H,ve}$ [kW h]		$Q_{H,ve}$ [kW h]		$Q_{H,ve}$ [kW h]		$Q_{H,ve}$ [kW h]		
PIANO TERRA	CUCINA	7,95		15,15		17,71		15,71		13,14		4,33		
	TAVERNA	23,25		44,31		51,78		45,94		38,44		12,66		
	INGRESSO	15,06		28,71		33,55		29,77		24,91		8,20		
	STUDIO 1	13,95		26,58		31,07		27,57		23,06		7,59		
	STUDIO 2	10,14		19,32		22,58		20,03		16,76		5,52		
	BAGNO	3,53		6,73		7,87		6,98		5,84		1,92		
PIANO PRIMO	VANO SCALE	6,60		12,57		14,69		13,04		10,91		3,59		
	SOGGIORNO	27,22		51,87		60,62		53,79		45,00		14,82		
	MATRIMONIALE	17,01		32,42		37,89		33,62		28,12		9,26		
	LETTO 1	16,33		31,12		36,37		32,27		27,00		8,89		
	LETTO 2	9,82		18,71		21,87		19,40		16,23		5,34		
	CUCINA	15,16		28,90		33,77		29,97		25,07		8,26		
	BAGNO	6,76		12,88		15,05		13,35		11,17		3,68		
	DISIMPEGNO 2	9,04		17,23		20,13		17,86		14,95		4,92		
TOTALE		181,81		346,51		404,96		359,30		300,59		98,98		

$$Q_{H,ve} = H_{vo,adj} \times (\theta_{int,set,H} - \theta_e) \times t$$

$H_{vo,adj}$  è il coefficiente globale di scambio termico per ventilazione della zona considerata, corretto per tenere conto della differenza di temperatura interno-esterno;

$\theta_{int,set,H}$  è la temperatura interna di regolazione per il riscaldamento della zona considerata;

$\theta_e$  è la temperatura media mensile dell'ambiente esterno;

$t$  è la durata del mese considerato.

In questo foglio excel denominato « ventilazione » troveremo l'energia scambiata per ventilazione per i vari piani dell'edificio, trovando a fine tabella i totali).

**FINE**