



Università degli Studi di Cagliari



FACOLTÀ DI INGEGNERIA E ARCHITETTURA



Laurea in Architettura

DICAAR

LABORATORIO INTEGRATO DI PROGETTAZIONE TECNOLOGICA A.A. 2019-2020

modulo: **Termofisica dell'edificio**

Il fabbisogno energetico – UNI TS 11300:1
App. interni
Slide 1-28



Docente: ROBERTO RICCIU

ROBERTO RICCIU Laboratorio Integrato di Progettazione Tecnologica (Modulo di Termofisica dell'edificio) A.A. 2019-20

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)**

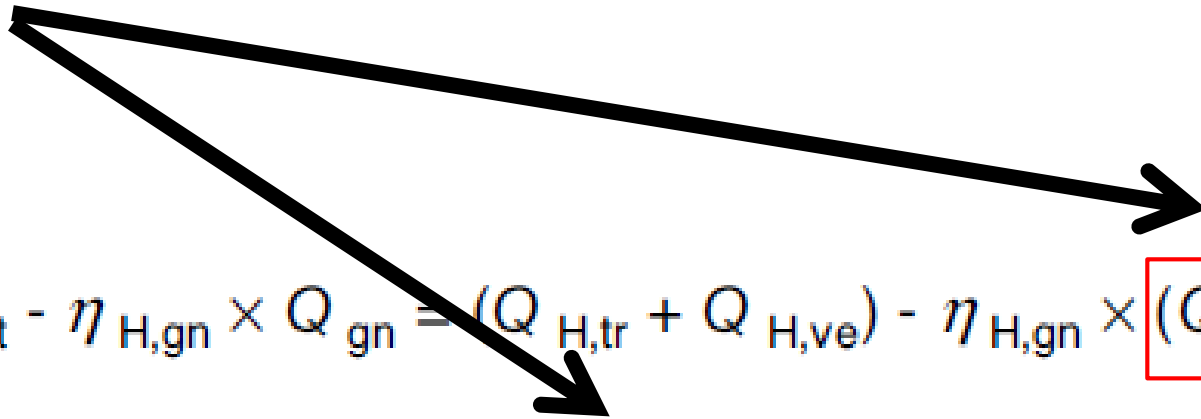
Il fabbisogno energetico

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

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

- 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



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

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

- 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

Gli apporti di calore interni

sorgenti interne diverse dal sistema di riscaldamento

✓ *metabolismo degli occupanti,*

✓ *apparecchiature elettriche*

✓ *provenienti dal sistema di distribuzione e di scarico dell'acqua.*

Il fabbisogno energetico

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

Dove:

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

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

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

✓ $\Phi_{\text{int,mn,u,l}}$ 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

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

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.

Il fabbisogno energetico

Entità degli apporti interni sensibili - Valutazione di progetto o standard

edifici di categoria E.1, ed E.2 con $A_f < 120 \text{ m}^2$,

$$\Phi_{\text{int}} = 7,987 A_f - 0,0353 A_f^2 \text{ [W]}$$

$A_f > 120 \text{ m}^2 \rightarrow \Phi_{\text{int}}$ è pari a 450 W.

Area netta di pavimento

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

Apporti all'interno di ambienti non climatizzati

Entità degli apporti interni - Valutazione adattata all'utenza

Apporti globali

occupanti,
acqua sanitaria reflua,
apparecchiature elettriche,
illuminazione,
cottura.

Il fabbisogno energetico

Apporti interni medi delle apparecchiature per illuminazione

lampade incandescenti

potenza assorbita (10% circa) -> energia luminosa,

lampade fluorescenti (25% circa) -> energia luminosa circa il 25%

verificare sempre l'attendibilità degli stessi.

Apporti interni medi delle «altre» apparecchiature

Macchine fotocopiatrici, computer, stampanti, $20 \div 25 \text{ W/m}^2$

Con alta densità: $40 \div 45 \text{ W/m}^2$

Apporti termici interni

Calcolo del fabbisogno di energia termica per umidificazione e deumidificazione

$$Q_{H,\text{hum,nd}} = - \min [0 ; Q_{\text{wv,int}} - Q_{H,\text{wv,ve}}]$$

$$Q_{C,\text{dhum,nd}} = \max [0 ; Q_{\text{wv,int}} - Q_{C,\text{wv,ve}}]$$

$Q_{H,\text{wv,ve}}$ è l'entalpia della quantità netta di vapore di acqua introdotta nella zona dagli scambi d'aria con l'ambiente circostante per infiltrazione, aerazione e/o ventilazione nel periodo di riscaldamento, determinata con l'equazione (19), espressa in MJ;

$Q_{C,\text{wv,ve}}$ è l'entalpia della quantità netta di vapore di acqua introdotta nella zona dagli scambi d'aria con l'ambiente circostante per infiltrazione, aerazione e/o ventilazione nel periodo di raffrescamento, determinata con l'equazione (19), espressa in MJ;

$Q_{\text{wv,int}}$ è l'entalpia del vapore di acqua prodotto all'interno della zona da persone e processi e sorgenti varie (cottura, lavaggi, ecc.), determinata con l'equazione (23), espressa in MJ.

Apporti termici interni

Calcolo degli scambi di vapore

$$Q_{H/C,wv,ve} = \rho_a \times h_{wv} \left\{ \sum_k q_{ve,k,mn} \times (x_{int} - x_k) \right\} \times t$$

ρ_a è la massa volumica dell'aria, pari a 1,2 kg/m³;

$q_{ve,k,mn}$ è la portata mediata sul tempo del flusso d'aria k -esimo, dovuta a ventilazione naturale o aerazione o infiltrazione o ventilazione meccanica, solo se distinta dalla portata d'aria di processo per il controllo dell'umidità dell'aria, espressa in m³/s;

x_k è l'umidità massica media del mese considerato del flusso d'aria k -esimo, espressa in g/kg;

x_{int} è l'umidità massica media dell'aria umida uscente con il ricambio d'aria k -esimo, che si assume pari al valore dell'umidità prefissata per l'aria della zona termica, espressa in g/kg;

h_{wv} è l'entalpia specifica del vapore di acqua, convenzionalmente posta pari a 2544 J/g;

t è la durata del mese considerato, espressa in Ms

Valutazione adattata all'utenza

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

Apporti globali

- occupanti,
- acqua sanitaria reflua,
- apparecchiature elettriche, di
- illuminazione e di
- cottura.

Apporti termici interni

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

Giorni	Ore	Soggiorno e cucina ($\Phi_{int,Oc} + \Phi_{int,A}$) / A_f [W/m ²]	Altre aree climatizzate (per esempio stanza da letto) ($\Phi_{int,Oc} + \Phi_{int,A}$) / A_f [W/m ²]
Lunedì – Venerdì	Dalle ore 07:00 alle ore 17:00	8,0	1,0
	Dalle ore 17:00 alle ore 23:00	20,0	1,0
	Dalle ore 23:00 alle ore 07:00	2,0	6,0
	Media	9,0	2,67
Sabato – Domenica	Dalle ore 07:00 alle ore 17:00	8,0	2,0
	Dalle ore 17:00 alle ore 23:00	20,0	4,0
	Dalle ore 23:00 alle ore 07:00	2,0	6,0
	Media	9,0	3,83
Media		9,0	3,0

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

Apporti termici interni

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 ²]	Altre stanze, atri, corridoi (40% della superficie utile di pavimento) $(\Phi_{\text{int,Oc}} + \Phi_{\text{int,A}}) / A_f$ [W/m ²]
Lunedì – Venerdì	Dalle ore 07:00 alle ore 17:00	20,0	8,0
	Dalle ore 17:00 alle ore 23:00	2,0	1,0
	Dalle ore 23:00 alle ore 07:00	2,0	1,0
	Media	9,50	3,92
Sabato – Domenica	Dalle ore 07:00 alle ore 17:00	2,0	1,0
	Dalle ore 17:00 alle ore 23:00	2,0	1,0
	Dalle ore 23:00 alle ore 07:00	2,0	1,0
	Media	2,0	1,0
Media		7,4	3,1
$(\Phi_{\text{int,Oc}} + \Phi_{\text{int,A}})$ è il flusso termico dalle persone e dalle apparecchiature, in W; A_f è la superficie utile di pavimento.			

Apporti termici interni

Apporti medi dagli occupanti

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

Classe di densità di occupazione	Superficie utile di pavimento per persona m^2	Fattore di simultaneità f_A	Apporto termico medio degli occupanti $\Phi_{int,Oc} / A_f$ [W/m ²]
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.

Apporti termici interni

Apporti termici dalle 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 ²]	Fattore di simultaneità f_A	Apporto termico medio dalle apparecchiature $\Phi_{\text{int,A}} / A_f$ [W/m ²]
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

$\Phi_{\text{int,A}}$
 A_f

è il flusso termico dalle apparecchiature in W;
è la superficie utile di pavimento.

ROBERTO RICCIU - Laboratorio Integrato di
Progettazione Tecnologica (Modulo di
Termofisica dell'edificio) A.A. 2019-20

Apporti termici interni

Apporti interni latenti Valutazione sul progetto o standard

Per le abitazioni di categoria E.1 (1) e E.1 (2)

$(G_{wv,Oc} + G_{wv,A})$ è pari a 250 g/h.

Valutazione adattata all'utenza

$$G_{wv,Oc} = G_{wv,per} \times n_s \times A_f \times f_{day,per}$$

- $G_{wv,per}$ è la portata massica specifica di progetto ricavabile dal prospetto 18, espressa in g/h;
- n_s è l'indice di affollamento specifico ricavato da dati reali d'utenza o, in assenza degli stessi, ricavabile dalla UNI 10339, espresso in m⁻²;
- A_f è la superficie utile di pavimento, espressa in m²;
- $f_{day,per}$ è il fattore di presenza medio giornaliero (valore compreso tra 0 e 1), ricavato da dati reali d'utenza o, in assenza degli stessi, ricavabile dal prospetto E.1.

Apporti termici interni

Valori medi della portata di vapore per persona $G_{wv,per}$ [g/h], dovuta alla presenza di persone

Categoria di edificio	Tipo di ambiente	Attività	$G_{wv,per}$ [g/h]
E.1	Ufficio, appartamento	Seduto in attività leggera	65
E.2	Ufficio, appartamento	Seduto in attività media	80
E.4.1	Teatro	Seduto a riposo	45
E.4.3	Ristorante	Seduto al ristorante	115
	Sala da ballo	Danza moderata	230
	Discoteca	Attività atletica	450
E.5	Negozi	In piedi, lavoro leggero	80
E.5	Banca	In movimento	100
E.6.2	Palestra	Attività atletica	450
E.8	Officina	In piedi, lavoro medio	200
	Officina, cantiere	In piedi, lavoro pesante	410
Varie	Corridoi	In cammino a 1,3 m/s	265

Apporti termici interni

$$G_{wv,A} = \sum_i G_{wv,p,i} \times N_i \times f_{day,i}$$

dove:

$G_{wv,p,i}$ è la portata massica specifica di progetto per singola sorgente i -esima, ricavabile dal prospetto 19, espressa in g/h;

N_i è il numero di sorgenti di tipo i -esimo presenti;

$f_{day,i}$ è il fattore di utilizzo medio giornaliero della sorgente i -esima, ricavato da dati reali d'utenza.

Apporti termici interni

Valori medi della portata di vapore per apparecchiatura $G_{wv,p}$, [g/h], dovuti alla presenza di apparecchiature caratterizzate dalla potenza massima assorbita P_{max} [W]

Destinazione d'uso	Tipo di apparecchiature	Tipo di apparecchio	P_{max}	$G_{wv,p}$
			[W]	[g/h]
Uffici		Macchine del caffè	1500	650
Ospedali		Bagni	750-1800	350-850

Apporti termici interni

Valori medi della portata di vapore per apparecchiatura $G_{wv,p}$, [g/h], dovuti alla presenza di apparecchiature caratterizzate dalla potenza massima assorbita P_{max} [W]

Destinazione d'uso	Tipo di apparecchiature	Tipo di apparecchio	P_{max}	$G_{wv,p}$
			[W]	[g/h]
Ristoranti	Apparecchiature elettriche senza cappa	Caffettiera (per litro)		300
		Lavastoviglie (per 100 piatti/h)		150
		Riscaldatore a immersione (per litro)	50	10
		Griglia (per metro quadro)	29000	1600
		Piatto riscaldatore	4900	2300
		Carrello servizio cibi caldi (per litro)	50	5
		Tostatrice	5300	3500
	Apparecchiature a gas, senza cappa	Griglia (per metro quadro)	50000	13000
		Lavastoviglie (per 100 piatti all'ora)	400	50
		Forno per pizza (per metro quadro)	15000	1000
	Apparecchiature a gas, con cappa	Friggitrice (per chilogrammo olio)	1500	100
	Apparecchiature a vapore, senza cappa	Riscaldatore (per chilogrammo all'ora di cibo)	200	15
		Lavastoviglie (per 100 piatti all'ora)	900	150
Lavastoviglie (per 100 piatti all'ora)		350	150	

Apporti termici interni

Valori medi della portata di vapore per apparecchiatura $G_{wv,p}$, [g/h], dovuti alla presenza di apparecchiature caratterizzate dalla potenza massima assorbita P_{max} [W]

Destinazione d'uso	Tipo di apparecchiature	Tipo di apparecchio	P_{max}	$G_{wv,p}$
			[W]	[g/h]
Negozi e supermercati	Banchi frigoriferi aperti	Surgelati, ad un piano (per metro di banco)	200	-50
		Surgelati, a due piani (per metro di banco)	550	-200
		Surgelati, a tre piani (per metro di banco)	1250	-450
		Surgelati, a 4 o 5 piani (per metro di banco)	1550	-550
		Gelati (per metro di banco)	350	-100
		Carni, ad un piano (per metro di banco)	300	-100
		Carni, a più piani (per metro di banco)	850	-300
		Latticini, a più piani (per metro di banco)	750	-250
		Altri prodotti, ad un piano	200	-50
		Altri prodotti, a più piani	750	-250

Metabolismo energetico per diverse attività ($T_{amb} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$)

Attività	Emissione termica	
	Quota sensibile	Quota latente
[-]	[W]	[W]
Lavoro in ufficio	100	40
Lavoro medio	140	125
Lavoro pesante	190	250

FINE