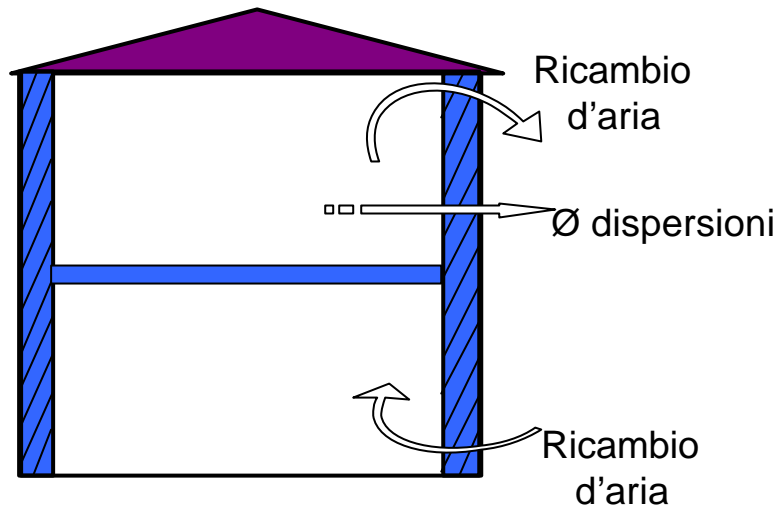


Calcolo della potenza e dell'energia necessaria per la climatizzazione di un edificio



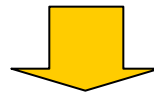
$$\mathbf{f} = \mathbf{f}_{\text{dispersioni}} + \mathbf{f}_{\text{ricambio d'aria}}$$

$$\mathbf{f}_{\text{dispersioni}} = \sum_i U_i S_i (t_{\text{int}} - t_{\text{est}})$$

$$\mathbf{f}_{\text{ricambio d'aria}} = \sum_j n_j V_j r_{\text{aria}} c_{p_{\text{aria}}} (t_{\text{int}} - t_{\text{est}})$$

$$\mathbf{f} = \sum_i U_i S_i (t_{\text{int}} - t_{\text{est}}) + \sum_j n_j V_j r_{\text{aria}} c_{p_{\text{aria}}} (t_{\text{int}} - t_{\text{est}})$$

- le potenze specifiche (W/m^2 o W/m^3) necessarie per l'impianto di riscaldamento
- i consumi energetici specifici per riscaldamento degli edifici, stagionali ($\text{J/m}^2/\text{stagione}$ o $\text{J/m}^3/\text{stagione}$) e non



dipendono fortemente dal rapporto S/V che caratterizza ciascun edificio

A pari resistenza termica dell'involucro, e a pari condizioni climatiche, il consumo specifico cresce al crescere con S/V

ENERGIA PER UNA STAGIONE DI RISCALDAMENTO

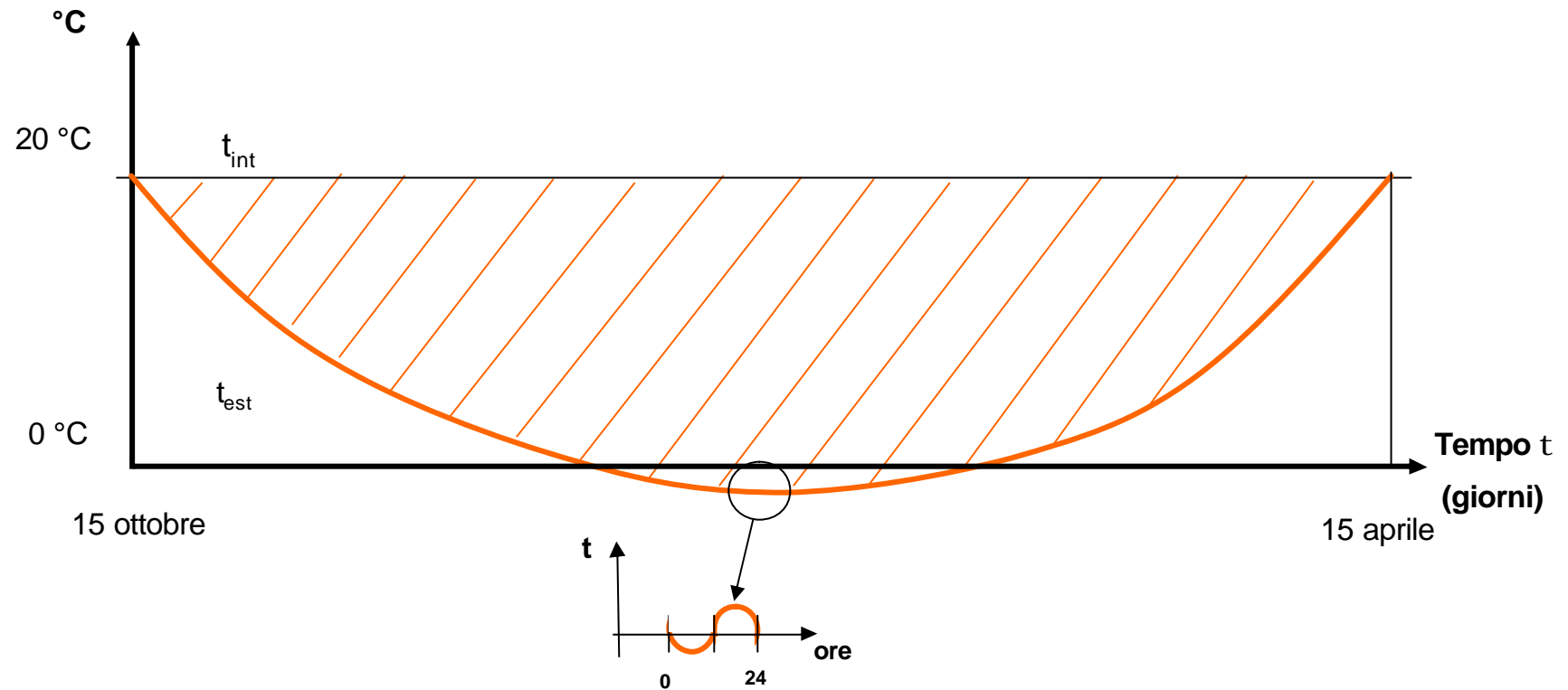
$$E = \int_{15\text{ottobre(Torino)}}^{15\text{aprile(Torino)}} f \, dt$$

$$f = \sum_i U_i S_i (t_{\text{int}} - t_{\text{est}}) + \sum_j n_j V_j r_{\text{aria}} c_{p\text{aria}} (t_{\text{int}} - t_{\text{est}})$$

$$t_{\text{est}} = f(t)$$

$$t_{\text{est}} = f(\text{ora del giorno e giorno dell'anno})$$

Temperatura



$$\boxed{\text{shaded area}} = \int_{\text{inizio stagione risc}}^{\text{fine stagione risc}} (t_{int} - t_{est}) dt \equiv GG \text{ gradi giorno}$$

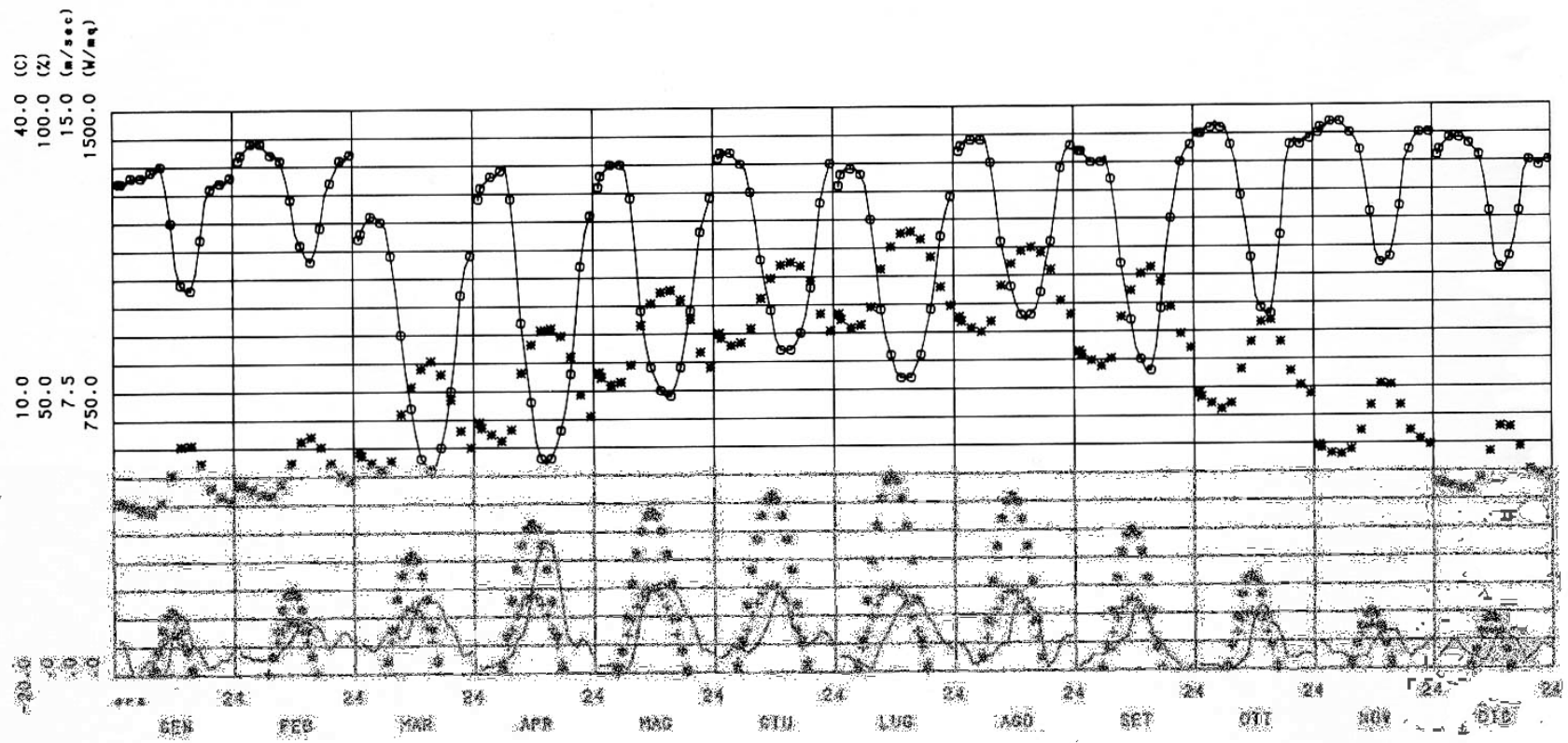


GRAFICO DEI GIORNI MEDI MENSILI - Dati orari

- x x x TEMPERATURA GHIACCIO (C)
- o o o UMIDETTA' RELATIVA (%)
- x x x VELOCITA' DEL VENTO (m/sec)
- + + + RADIAZ. DIRETTA SU SUP. ORIZ. (W/mq)
- + + + RADIAZ. DIFFUSA SU SUP. ORIZ. (W/mq)

Esercizio

Sia dato un edificio di forma parallelepipedica avente altezza 12 m (4 piani), larghezza 15 m e lunghezza 30 m.

Si supponga che la superficie utile sia 1800 m^2 ed il volume utile 5400 m^3 (si trascuri cioè lo spessore di pareti, solette, soffitto e pavimento).

Sulle pareti verticali sono realizzate finestre per una superficie pari al 40% del totale della superficie verticale delle pareti.

Esercizio (continua)

Si immagini che:

- il pavimento non trasmetta calore;
- il tetto, piano, abbia una trasmittanza pari a $K_{\text{tetto}} = 3 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$;
- le pareti verticali abbiano una trasmittanza pari a $K_{\text{pareti verticali opache}} = 3,5 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$;
- le superfici vetrate abbiano una trasmittanza pari a $K_{\text{vetri}} = 2,8 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ e rappresentino il 40% della superficie laterale

Esercizio (continua)

Nelle ipotesi suddette calcolare la potenza f che deve essere fornita all'edificio dall'impianto di riscaldamento per mantenere, all'interno dell'edificio stesso, una $t_{\text{aria int}} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$, supposta uniforme in ogni ambiente, quando la temperatura dell'aria esterna è pari a $-8 \text{ }^\circ\text{C}$.

Calcolare, inoltre, la potenza W_{gen} che deve avere il generatore di calore (caldaia) sapendo che il rendimento istantaneo è $\eta_{\text{gen ist}} 0,9$.

Esercizio (continua)

Si supponga inoltre che:

- il numero dei gradi giorno caratteristici della località ove è situato l'edificio sia pari a 2050;
- l'impianto di riscaldamento sia alimentato da gas naturale (p.c.i. 8250 kcal/Nm³);
- il valore del rendimento dell'impianto di riscaldamento su base stagionale sia pari a $h_{\text{stag}} 0,78$;
- il n° di ricambi ora sia pari a 3 per tutto l'edificio e che non vi sia recupero energetico sull'aria espulsa.

Calcolare il consumo di gas naturale per la stagione di riscaldamento standard per mantenere la temperatura dell'aria all'interno dell'edificio ad una temperatura pari a 20 °C.

Esercizio (continua)

Calcolo delle dispersioni

$$f_{\text{disperso}} = \sum S_i k_i (t_i - t_e) =$$

pvo = pareti verticali opache

pv trasp = pareti verticali trasparenti

$$= [S_{\text{tetto}} k_{\text{tetto}} + S_{\text{pvo}} k_{\text{pvo}} + S_{\text{pvtrasp}} k_{\text{pvtrasp}}] (t_i - t_e) =$$

$$= [450 * 3 + 1080 * 0,6 * 3,5 + 1080 * 0,4 * 2,8] (t_i - t_e) =$$

$$= 4768 (t_i - t_e) =$$

$$= 4768 [20 - (-8)] = 133504 \quad W = \mathbf{133,5 \text{ kW}}$$

Esercizio (continua)

Calcolo della potenza necessaria al riscaldamento dell'aria di ricambio

$$f_{\text{ricambi d'aria}} = r_{\text{aria}} c_{p \text{ aria}} \frac{n \dot{V}}{3600} (t_i - t_e) =$$

$$r_{\text{aria}} = 1,3 \text{ kg/Nm}^3$$

$$c_{p \text{ aria}} = 1007 \text{ J/kg } ^\circ\text{C}$$

$$n = 3/\text{ora}$$

$$V = 12 \times 15 \times 30 = 5400 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} f_{\text{ricambi d'aria}} &= 1,3 * 1007 * 3 * 5400 [20 - (-8)] = \\ &= 593,8 \cdot 10^6 [\text{J/ ora}] = 164.944 \text{ W} = \mathbf{164,9 \text{ kW}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Flusso totale } f_{\text{totale}} &= f_{\text{disperso}} + f_{\text{ricambi d'aria}} = \\ &= 133,5 - 164,9 = \mathbf{298,4 \text{ kW}} \end{aligned}$$

Esercizio (continua)

Si sottolinea l'importanza della potenza necessaria per il riscaldamento dell'aria di ricambio che è dello stesso ordine di grandezza di quella dispersa attraverso le pareti. Per contenere questa quota, se è presente un impianto di ventilazione meccanica, è opportuno (oggi necessario) prevedere un recuperatore energetico sull'aria espulsa.

Si ricorda anche che in realtà non tutta l'aria immessa viene espulsa, bensì una parte viene riciclata ed inviata all'interno dell'edificio dopo essere stata filtrata.

Esercizio (continua)

La potenza che deve essere fornita all'interno dell'edificio per mantenervi una temperatura costante pari a 20 °C deve essere pari alla potenza dispersa.

Calcolo della potenza del generatore di calore (caldaia)

$W_{\text{generatore}}$ necessaria a fornire il flusso totale prima calcolato

$$W_{\text{generatore}} = \frac{f_{\text{totale}}}{h_{\text{gen ist}}} = \frac{298,4}{0,9} = 331,6 \text{ kW}$$

Esercizio (continua)

Calcolo dell'energia E richiesta dall'edificio per l'intera stagione del riscaldamento supponendo che essa sia la stagione tipo

$$E = \int_{15\text{ottobre}}^{15\text{aprile}} \left[\sum S_i k_i (t_i - t_e) + r_{\text{aria}} c_{p\text{aria}} \frac{n\dot{V}}{3600} (t_i - t_e) \right] dt =$$

$$E = \left(\sum S_i k_i + r_{\text{aria}} c_{p\text{aria}} \frac{n\dot{V}}{3600} \right) \int_{15\text{ottobre}}^{15\text{aprile}} (t_i - t_e) dt = 4,8 + 5,9 * GG * 24 =$$

$$= (4,8 + 5,9) \cdot 2050 \cdot 24 = 526440 \quad \text{kWh} = 526 \quad \text{GWh}$$

Esercizio (continua)

Parametri caratteristici della prestazione energetica dell'edificio.

**Consumo specifico per
unità di superficie**

$$\frac{526440}{1800} = 292 \text{ kWh/m}^2$$

**Consumo specifico per
unità di volume**

$$\frac{526440}{5400} = 97 \text{ kWh/m}^3$$

Esercizio (continua)

Calcolo del consumo di gas naturale per la stagione del riscaldamento

Per fornire l'energia E sopra calcolata, l'impianto di riscaldamento consuma:

Consumo di gas naturale

$$\frac{E}{h_{\text{stag}}} \cdot \frac{860}{\text{p.c.i. CH}_4} = \frac{524964}{0,78} \cdot \frac{860}{8.250} = 70.158 \text{ Nm}^3_{\text{gas}} / \text{stagione}$$

Parametri caratteristici della prestazione energetica del sistema edificio impianto

Consumo di metano per m³ 13,0 Nm³/m³

Consumo di metano per m² 39 Nm³/m²