

Scambio termico contro-terre

UNI EN ISO 13370:2008

- Pavingamento su terreno
- Pavimenti su spazio aereo / intercapedine
- Piani interrati → riscaldato
→ non riscaldato

Parametri principali:

- Proprietà termofisiche del terreno: prospetto 1
UNI EN ISO 13370:2008.

Categoria	λ [W/mK]	ρc [J/m ² K]
Argilla, limo	1,5	$3,0 \times 10^6$
Sabbia, ghiaia	2,0	$2,0 \times 10^6$
Roccia omog.	3,5	$2,0 \times 10^6$

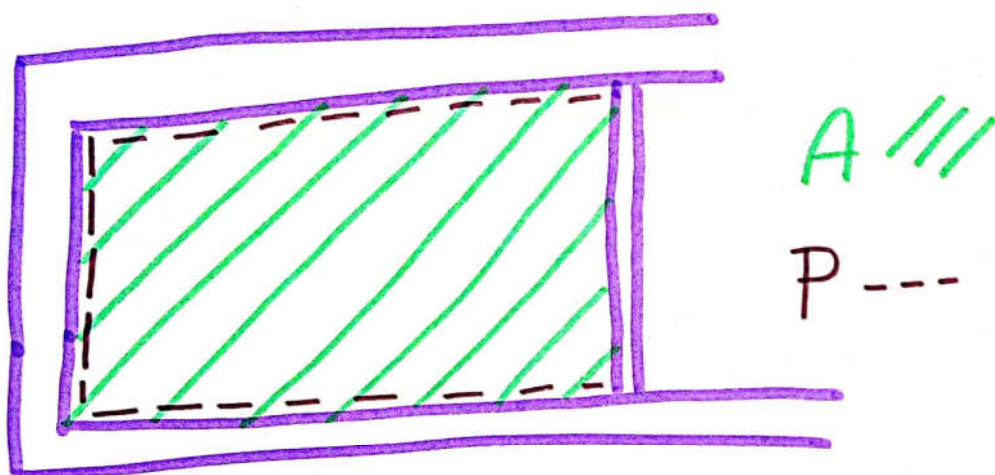
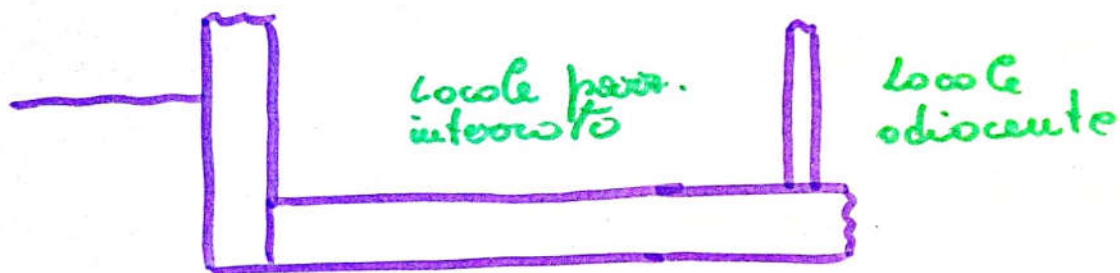
Dimensione caratteristica pavimento, B' :

$$B' = \frac{2A}{P}$$

A: area del pavimento, considerato le dimensioni interne [m²]

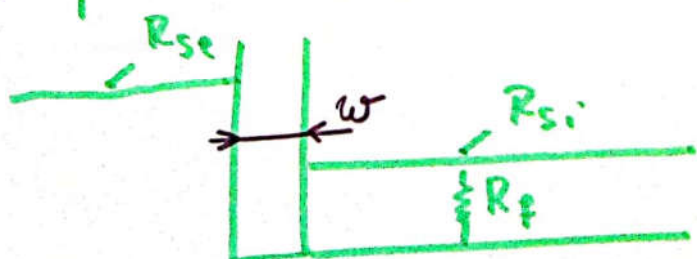
P: perimetro dipendente dal pavimento, considerato le dimensioni interne [m].

Nota: nel calcolo di P si devono considerare solo le superfici di confine a contatto con il terreno e non verso o in comune con zone termicamente adiacenti, climatizzate o non.



• Spessori equivalenti per pavimenti o pareti di piani interrotti

- Per pavimenti: $d_e = w + \lambda(R_{si} + R_f + R_{se})$



- Presenza di isolamento di barato: si introduce una trasmittanza termica lucica $\gamma_{g,e}$.

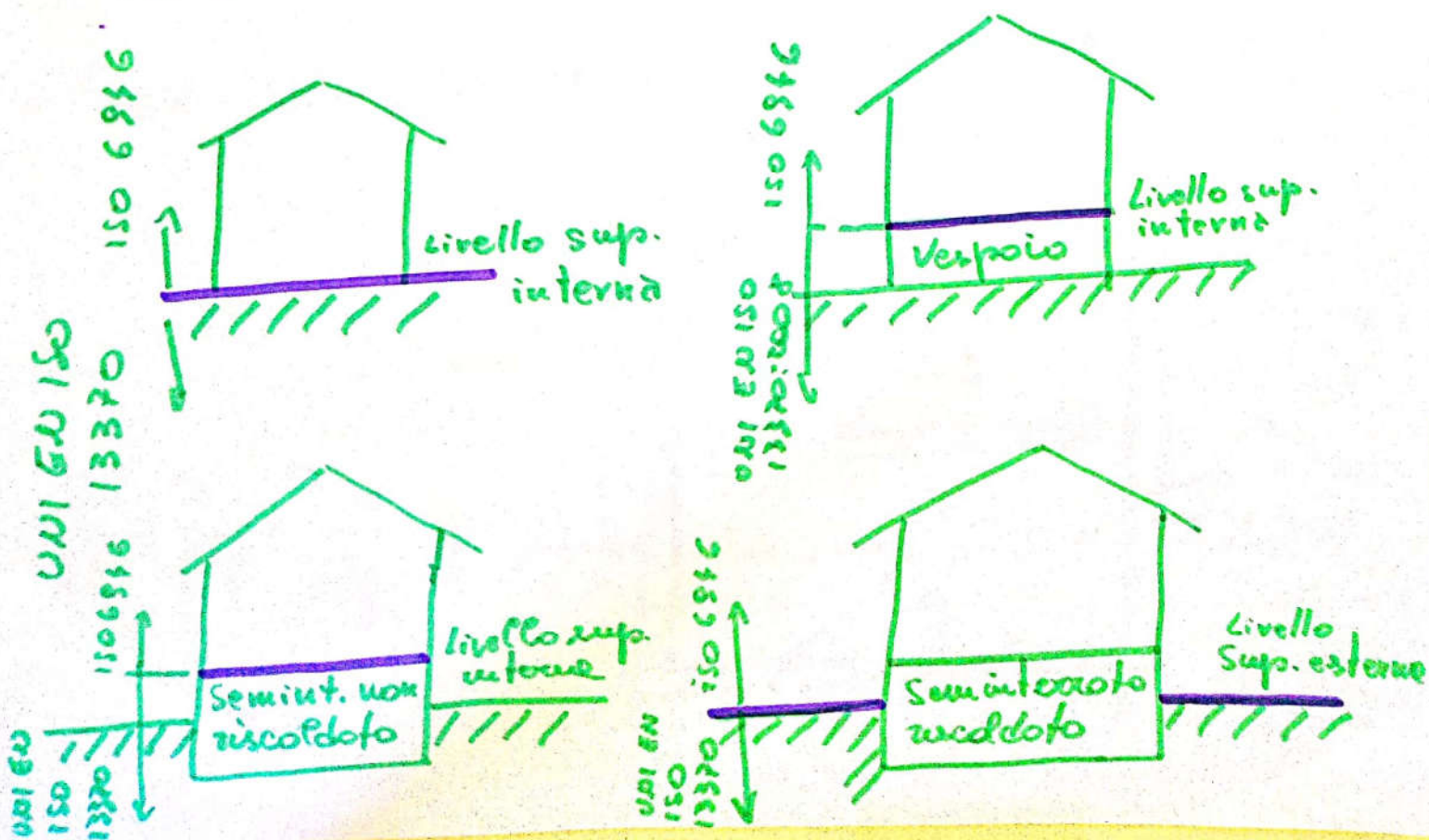
3 casi:

- pav. non interrotto e uniformemente isolato: $\gamma_{g,e} = 0$
- pavimento con isolamento perimetrale orizzontale: $d' = \lambda (R_u - d_u/\lambda)$
- pavimento con isolamento perimetrale verticale: $d' = \lambda (R_u - d_u/\lambda)$

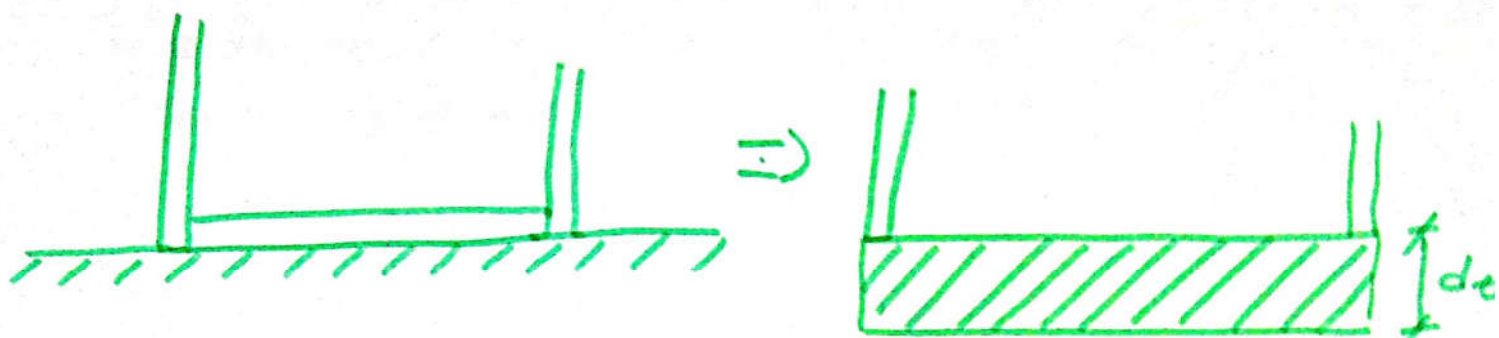
d' : spessore equivalente aggiunto associato all'isolamento. R_u è lo resistenza dell'elemento isolante.

Campo di applicazione dello UNI EN ISO

13370:2008



• Transmittância por soleira su terreno



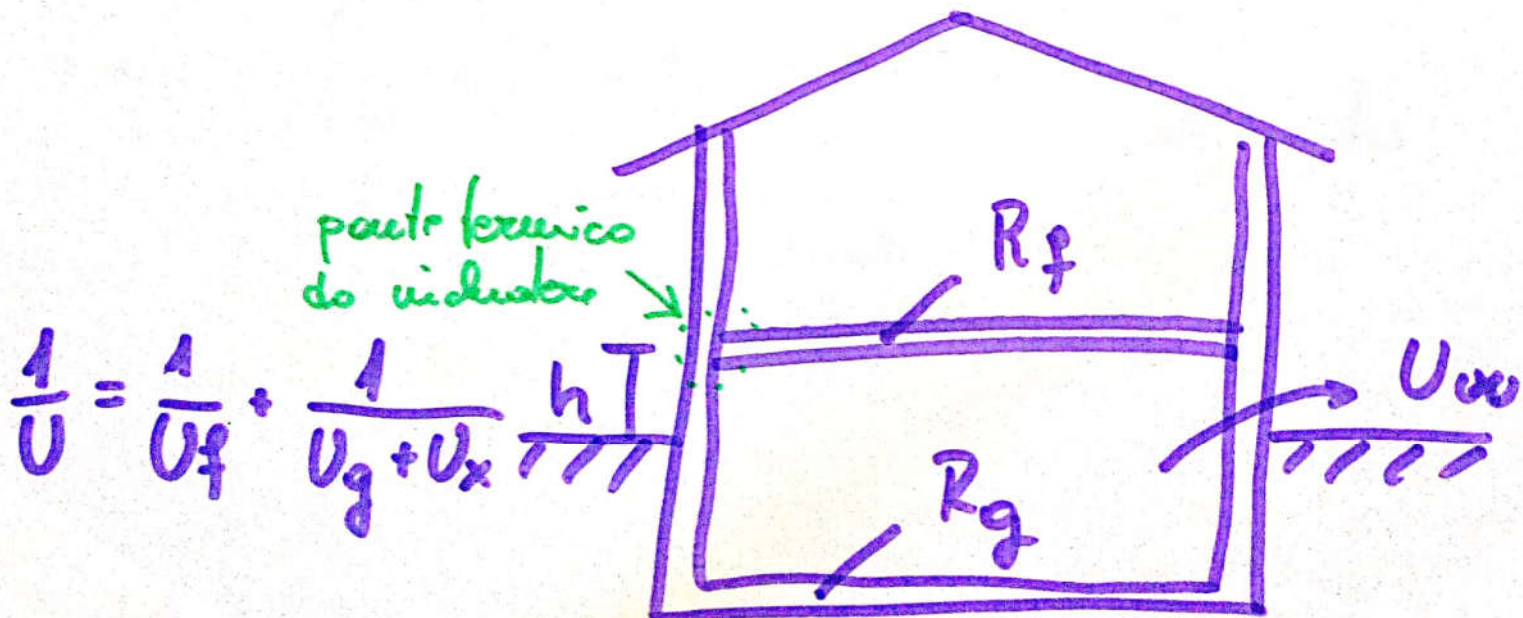
$d_e < B'$ (pouimento pouco isolado)

$$U = \frac{2\lambda}{\pi B' + d_e} \ln\left(\frac{\pi B' + 1}{d_e}\right)$$

$d_e \geq B'$ (pouimento bem isolado)

$$U = \frac{\lambda}{0.557 B' + d_e}$$

• Transmittância por soleira suspenso su espaço



$$\frac{1}{U} = \frac{1}{U_f} + \frac{1}{U_g + U_x} \frac{hI}{\dots}$$

$$d_g = w + \lambda (R_{si} + R_g + R_{se})$$

$$U_g = \frac{2\lambda}{\pi B' + d_g} \ln\left(\frac{\pi B' + d_g}{d_g} + 1\right); \quad d_g < B'$$

$$U_g = \frac{d}{0.557 B' + d_g}; \quad d_g \geq B'$$

$$U_x = 2 \frac{h U_w}{B'} + 1550 \frac{\varepsilon \sigma f_w}{B'}$$

E : area aperta di un tronco per unità di lunghezza del perimetro

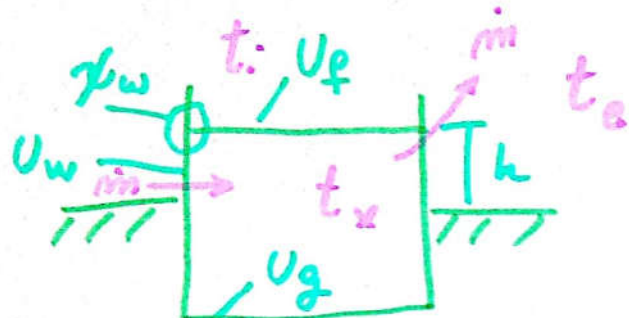
v : vel. vento 10 m

f_w : coeff. di schermatura al vento.

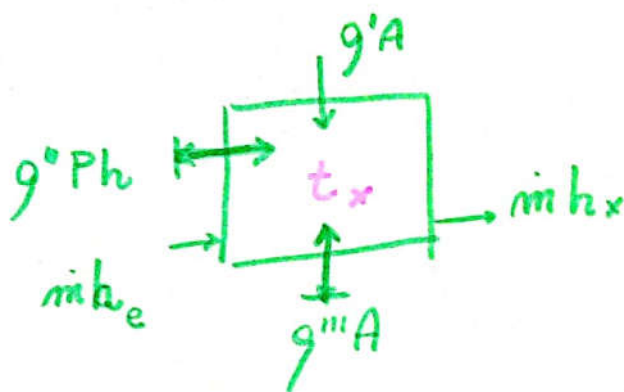
$f_w = 0.02 - 0.05 - 0.10$
Sito: 2 pareti
mechicamente
aperto
aperto

Vediamo di dare un senso alle formule fornite dallo
13370.

\dot{m} : portata aria vent: lat.



Bilancio energetico locale
interrato:



$$g^o A = U_f A (t_i - t_x)$$

$$g^{ii} Ph = U_w Ph (t_e - t_x) + \phi_w P (t_e - t_x)$$

$$g^{iii} A = U_g A (t_e - t_x)$$

$$\dot{m} (t_e - t_x) \simeq \rho c_p (t_e - t_x) U_{10} \varepsilon \frac{P}{z A} f_w = (\rho \varepsilon U_{10} f_w) c_p (t_e - t_x)$$

$$= \rho U_{10} c_p \varepsilon \frac{P}{z A} f_w A (t_e - t_x) \dot{m}$$

$$= (2 \rho c_p) \frac{\varepsilon U_{10} f_w}{B'} A (t_e - t_x)$$

$$2 \times \rho \times c_p \sim 2 \times 1.4 \text{ kg/m}^3 \times 1006 \text{ J/kg K} \neq 1450 \frac{\text{J}}{\text{m}^2 \text{K}}$$

Lo differenza tra i due valori è imputo nel fatto

che il vento a 10 metri dal suolo U_{10} deve essere

consiglio per tenere conto dello strato limite, al fine di fornire la portata volumetrica d'aria che attraversa il spazio. Inoltre dovremo tener conto in qualche modo (empirico) della perdita di carico attraverso le aperture.

Mettiamo a bilancio:

$$U_f A (t_i - t_x) + U_w P h (t_e - t_x) + \chi_w T (t_e - t_x) + U_g A (t_e - t_x) + 1450 \frac{\epsilon v_{10}}{B'} f_w A (t_e - t_x) = 0$$

Riduciamo per t_x :

$$t_x = \frac{U_f t_i + \left[2 \frac{U_w h}{B'} + 2 \frac{\chi_w}{B'} + U_g + 1450 \frac{\epsilon v_{10}}{B'} f_w \right] t_e}{U_f + \left[2 \frac{U_w h}{B'} + 2 \frac{\chi_w}{B'} + U_g + 1450 \frac{\epsilon v_{10}}{B'} f_w \right]}$$

Per semplicità definiamo:

$$\beta := 2 \frac{U_w h}{B'} + 2 \frac{\chi_w}{B'} + U_g + 1450 \frac{\epsilon v_{10}}{B'} f_w$$

$$\Rightarrow t_x = \frac{U_f t_i + \beta t_e}{U_f + \beta} \quad (1)$$

Lo potenza termica dispersa verso il spazio e':

$$q' A \equiv U_{eg} A (t_i - t_e)$$

$$\Rightarrow U_{eg} = \frac{g'A}{A(t_i - t_e)} = \frac{U_f(t_i - t_x)}{t_i - t_e}$$

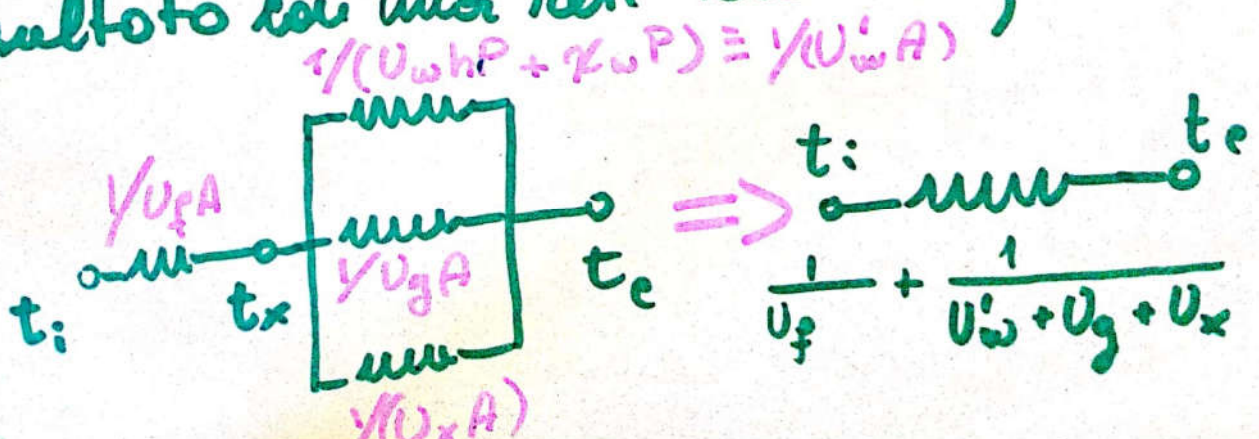
$$t_i - t_x = \frac{\beta(t_i - t_e)}{U_f + \beta} \quad (\text{dallo } \textcircled{1})$$

$$\Rightarrow U_{eg} = \frac{U_f \beta}{U_f + \beta}$$

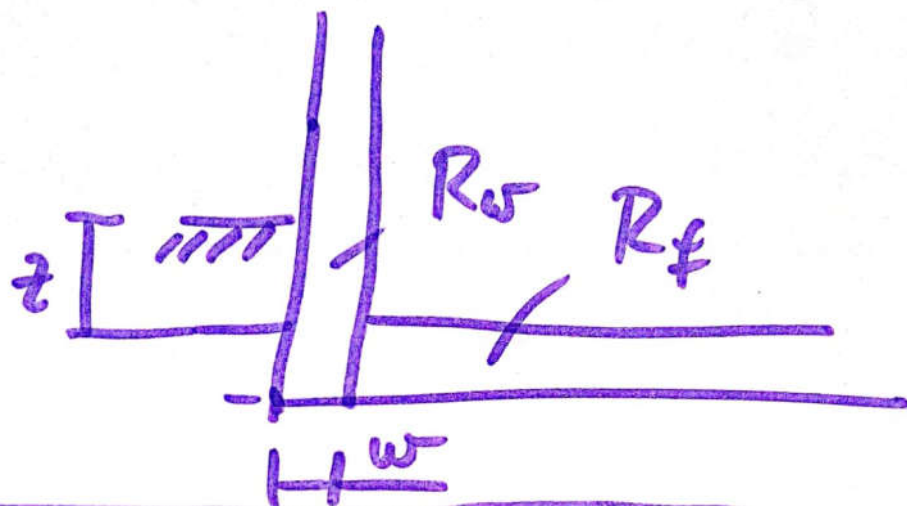
$$\Rightarrow \frac{1}{U_{eg}} = \frac{1}{\beta} + \frac{1}{U_f}$$

$$\frac{1}{U_{eg}} = \frac{1}{U_f} + \frac{1}{\frac{2}{B'}(U_{wh} + \gamma_{\omega}) + U_g + \frac{1330 \epsilon V_{10} f_{\omega}}{B'}} \quad \text{||| } U_x$$

Vediamo come si possa ottenere lo stesso risultato con una rete termica equivalente.



- Semuntersoto usaldoto



$$d_t = w + \lambda (R_s + R_f + R_{se})$$

$$(d_t + 0.5z) < B' \Rightarrow U_{bf} = \frac{2\lambda}{\pi B' + d_t + 0.5z} \times \ln \left(\frac{\pi B'}{d_t + 0.5z} + 1 \right)$$

(pov. poco isolato)

$$(d_t + 0.5z) \geq B' \Rightarrow U_{bf} = \frac{\lambda}{0.5z B' + d_t + 0.5z}$$

(pavimento ben isolato)

$$d_w = \lambda (R_s + R_w + R_{se})$$

$$U_{bw} = \frac{2\lambda}{\pi z} \left(1 + \frac{0.5d_t}{d_t + z} \right) \ln \left(\frac{z}{d_w} + 1 \right) \quad \text{se } d_w \geq d_t$$

Se $d_w < d_t$, allora d_t deve essere sostituito da d_w .

$$\dot{q} = (A U_{bf} + (zP) U_{bw} + \gamma_g P) (t_e - t_i)$$

$$\Rightarrow U' = \frac{A U_{bf} + (zP) U_{bw} + z\gamma_g / B'}{A}$$

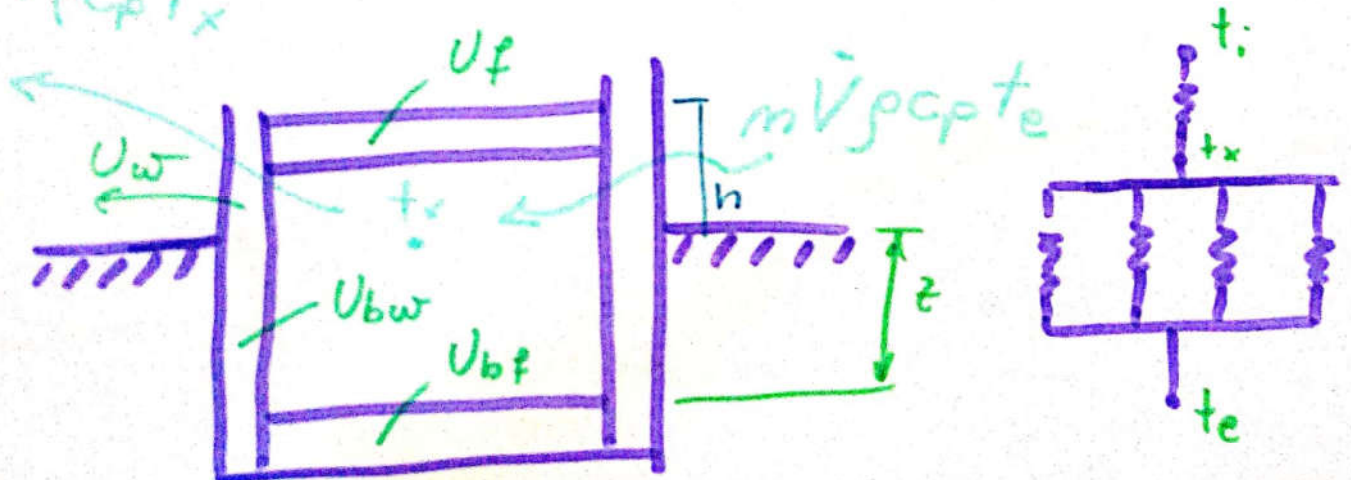
oppure

$$U'' = \frac{A U_{bf} + (zP) U_{bw} + \gamma_g P}{A + zP}$$

Tra U' ed U'' cambia solo l'area di scambio di riferimento!

- Scambio termico attraverso pannello isolato non riscaldato

$m \dot{V} \rho c_p t_x$



$$\frac{1}{U_g} = \frac{1}{U_f} + \frac{A}{A U_{bf} + (zP) U_{bw} + (Ph U_w) + (g_{ss} mV)}$$