Corso di

IMPIANTI TECNICI per l'EDILIZIA

Vaso di espansione

Prof. Paolo ZAZZINI
Dipartimento INGEO
Università "G. D'Annunzio" Pescara
www.lft.unich.it

VASO DI ESPANSIONE

Organo meccanico **necessario all’interno di un circuito di distribuzione** dell’acqua calda per **assorbire le dilatazioni** termiche del fluido.

L’acqua subisce **variazioni di volume** tra la fase di **impianto spento e acceso** a causa del suo **aumento di temperatura**

Il vaso di espansione **evita le sovrapressioni** dannose per l’impianto e consente il **corretto funzionamento** dello stesso in ogni fase del suo funzionamento

Si distinguono le tipologie seguenti:

Vaso di espansione **aperto**

Vaso di espansione **chiuso**

Il **vaso di espansione aperto** va posizionato **nel punto più alto dell'impianto**, collegato alla caldaia con un **tubo di sicurezza**.

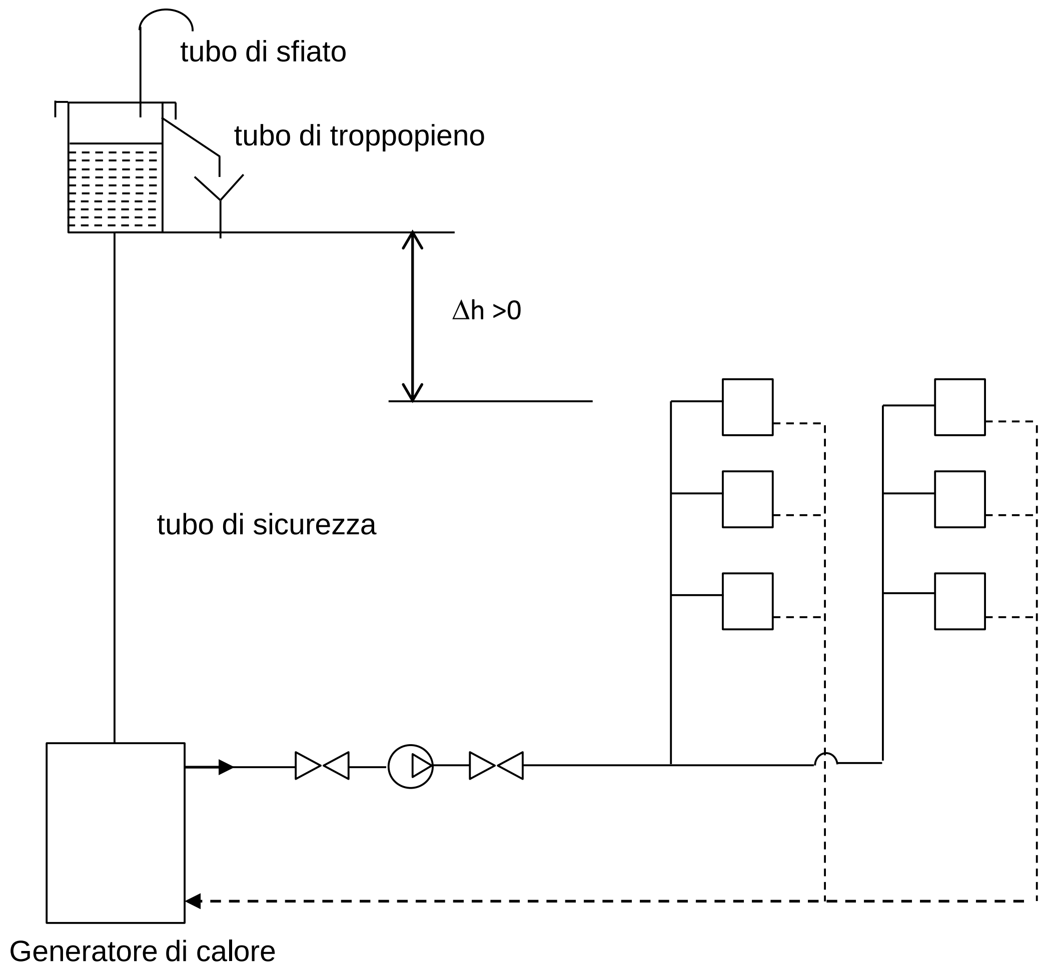
La **capacità del vaso** deve essere **almeno il doppio del volume di espansione** dell'acqua.

Ipotizzando una temperatura dell'acqua all'atto del riempimento pari a 10°C e una temperatura massima di mandata di 80 °C, posiamo dedurre che l'acqua sia sottoposta ad un **Δt di 70°C**, in corrispondenza del quale **il volume aumenta di circa il 3 %,** per cui il vaso di espansione dovrà avere una capacità pari **almeno al 6 % del volume totale** di acqua presente nell'impianto.

Inoltre saranno previsti una **protezione contro il gelo** ed un tubo di troppo pieno.

Il vaso di espansione aperto è **obsoleto**, ma il suo impiego è ancora obbligatorio negli **impianti** che bruciano **combustibili solidi**.

Esempio di applicazione di un vaso di espansione aperto



Dilatazione termica lineare dei corpi

Corpo con **una dimensione prevalente** (monodimensionale):

$$l(t) = l_0 \cdot (1 + \lambda \cdot t)$$

l(t): lunghezza del corpo a t °C

l_0: lunghezza del corpo a 0 °C

λ: coefficiente di dilatazione lineare

Dilatazione termica volumica dei corpi

Corpo **senza una dimensione prevalente** (tridimensionale):

$$V(t) = V_0 \cdot (1 + \alpha \cdot t)$$

V(t):volume del corpo a t°C

V_0:volume del corpo a 0°C

α: coefficiente di dilatazione volumica

Dilatazione volumica

In un mezzo tridimensionale la **dilatazione** avviene **nelle tre direzioni** fondamentali x, y e z.

$$x = x_0 \cdot \left(1 + \lambda_x \cdot t\right)$$
$$y = y_0 \cdot \left(1 + \lambda_y \cdot t\right)$$
$$z = z_0 \cdot \left(1 + \lambda_z \cdot t\right)$$

Si ha pertanto:

$$x \cdot y \cdot z = x_0 \cdot y_0 \cdot z_0 \cdot \left(1 + \lambda_x \cdot t\right) \cdot \left(1 + \lambda_y \cdot t\right) \cdot \left(1 + \lambda_z \cdot t\right) \Rightarrow$$
$$\Rightarrow V = V_o \cdot \left(1 + \lambda_x \cdot t\right) \cdot \left(1 + \lambda_y \cdot t + \lambda_z \cdot t + \lambda_y \lambda_z \cdot t^2\right) \Rightarrow$$
$$\Rightarrow V = V_o \cdot \left(1 + \lambda_y \cdot t + \lambda_z \cdot t + \lambda_y \lambda_z \cdot t^2 + \lambda_x \cdot t + \lambda_x \lambda_y \cdot t^2 + \lambda_x \lambda_z \cdot t^2 + \lambda_x \lambda_y \lambda_z \cdot t^3\right)$$

Trascurando i **termini di ordine superiore** al primo, si ottiene:

$$V = V_o \cdot \left(1 + \lambda_y \cdot t + \lambda_z \cdot t + \lambda_x \cdot t\right)$$

Ipotizzando che il **mezzo** sia **isotropo, si ha**:

$$\lambda_x = \lambda_y = \lambda_z = \lambda$$

Per cui : $$V = V_o \cdot (1 + 3\lambda \cdot t)$$

Di conseguenza si ottiene: $$\alpha = 3\lambda$$

In un **mezzo isotropo** possiamo ammettere che il **coefficiente di dilatazione cubica** sia **tre volte** quello di **dilatazione lineare**

I **fluidi** (liquidi e gas) hanno un **comportamento analogo** a quello dei **solidi**.

I **coefficienti di dilatazione** termica dei liquidi sono **molto più elevati** di quelli dei solidi

	$\alpha \times 10^{-3}$ $(°C)^{-1}$
Alcool	1,00
Acetone	1,43
Glicerina	0,50
Etere	1,62
Acqua	**0,18**
Mercurio	0,18

Calcoliamo la dilatazione del mercurio ipotizzando che la sua temperatura vari da 10 a 40 °C, sapendo che il coefficiente di dilatazione cubica, per tutti i valori di temperatura compresi tra 0 e 100 °C, vale:

$$\alpha = 1{,}8 \cdot 10^{-4} \quad °C^{-1}$$

Inoltre la densità del mercurio a = °C è pari a: $\rho_0 = \rho(0°C) = 13{,}59 \quad \frac{g}{cm^3}$

$$V(t) = V_0 \cdot (1 + \alpha \cdot t)$$

Considerando la massa unitaria (1 g di mercurio), il volume coincide con il volume specifico

$$v_0 = \frac{1}{\rho_0} = \frac{1}{13{,}59} \quad \frac{cm^3}{g}$$

$$v(10) = v_0 \cdot (1 + \alpha \cdot 10) = \frac{1}{13{,}59} \cdot (1 + 1{,}8 \cdot 10^{-4} \cdot 10) = \frac{1}{13{,}59} \cdot (1 + 1{,}8 \cdot 10^{-3}) = \frac{1{,}0018}{13{,}59} = 0{,}0737 \quad \frac{cm^3}{g} = 0{,}0737 \cdot 10^{-3} \quad \frac{m^3}{kg}$$

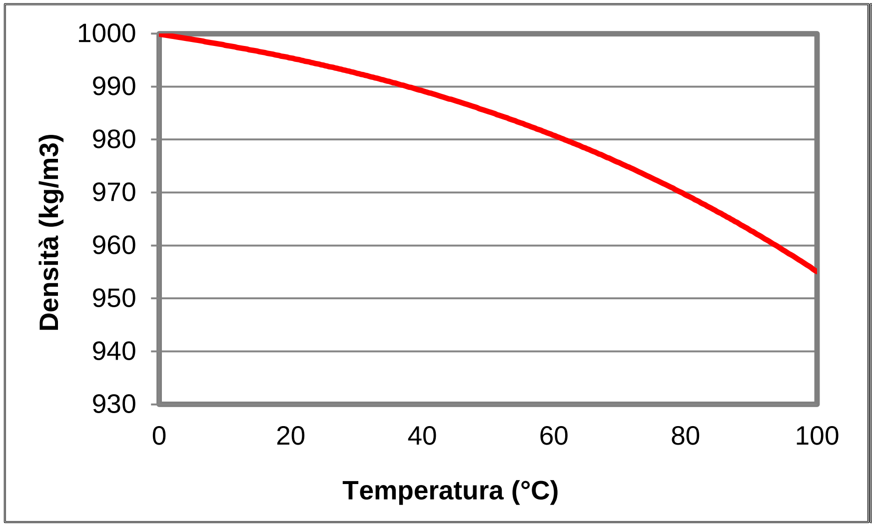
$$v(40) = v_0 \cdot (1 + \alpha \cdot 40) = \frac{1}{13{,}59} \cdot (1 + 1{,}8 \cdot 10^{-4} \cdot 40) = \frac{1}{13{,}59} \cdot (1 + 7{,}2 \cdot 10^{-3}) = \frac{1{,}0072}{13{,}59} = 0{,}0741 \quad \frac{cm^3}{g} = 0{,}0741 \cdot 10^{-3} \quad \frac{m^3}{kg}$$

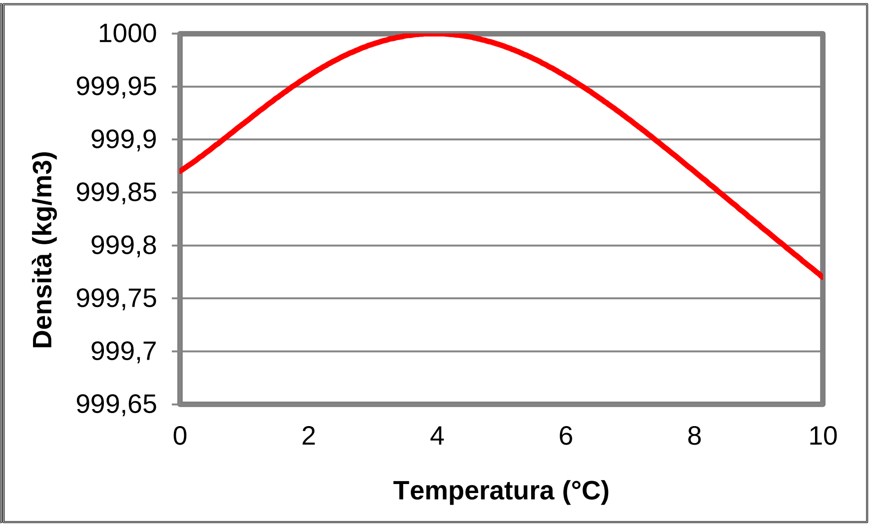
$$\boxed{v(40) - v(10) = (0{,}0741 - 0{,}0737) \cdot 10^{-3} = 0{,}0004 \cdot 10^{-3} \quad \frac{m^3}{kg}}$$

pari a circa il 5,4 ‰ del volume iniziale

L'**acqua** ha un **comportamento anomalo** tra 0 e 4 °C

Andamento della densità dell'acqua in funzione della temperatura





La **densità** dell'acqua **tende a diminuire,** quindi il **volume specifico aumenta, all'aumentare della temperatura**, ma **tra 0 e 4 ° C** si ha un **andamento opposto**

L'acqua **aumenta di volume specifico** (diminuisce di densità) durante la **solidificazione** a 0 °C.

Inoltre **la variazione di volume con la temperatura non** ha **sempre andamento lineare**

Per valutare la dilatazione volumica dell'acqua è necessario ricorrere ad una formula specifica:

$$\Delta V = V_0 \cdot (e - e_0)$$

V_0: volume iniziale

e: coefficiente di espansione dell'acqua alla temperatura finale

e_0: coefficiente di espansione dell'acqua alla temperatura iniziale

Coefficienti di espansione dell'acqua tra 0 e 100 °C, rispetto a t=4°C

t (°C)	e	t (°C)	e
0	0,0001	55	0,0145
5	0,0000	60	0,0170
10	0,0003	65	0,0198
15	0,0009	70	0,0227
20	0,0018	75	0,0258
25	0,0030	80	0,0290
30	0,0043	85	0,0324
35	0,0058	90	0,0359
40	0,0078	95	0,0396
45	0,0098	100	0,0434
50	0,0121		

Con la formula scritta si può calcolare la **variazione percentuale del volume dell'acqua al variare della temperatura** rispetto al volume minimo a 4 °C

t (°C)	ΔV (%)	t (°C)	ΔV (%)
0	0,01	55	1,45
5	0,00	60	1,70
10	0,03	65	1,98
15	0,09	70	2,27
20	0,18	75	2,58
25	0,30	80	2,90
30	0,43	85	3,24
35	0,58	90	3,59
40	0,78	95	3,96
45	0,98	100	4,34
50	1,21		

Esempio

Calcolare il volume di espansione di un metro cubo di acqua tra la temperatura iniziale di 10 °C e quella finale pari a 80 °C

$$\Delta V = V_0 \cdot (e - e_0) = 1 \cdot (0{,}0290 - 0{,}0003) = 0{,}0287 \quad m^3$$

$$1 \ m^3 = 1000 \ l \Rightarrow \Delta V = 28{,}7 \ l$$

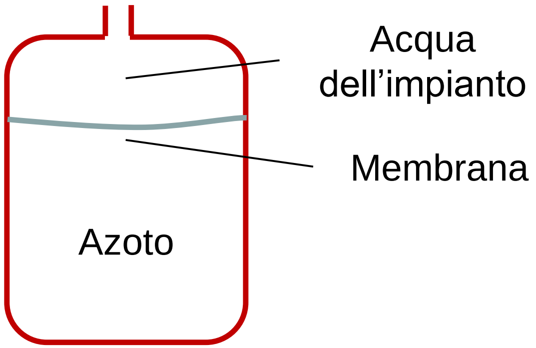
Il **vaso di espansione chiuso** va posto **nel locale caldaia**.

E’ diviso in due parti da una **membrana** che separa l’acqua dell’impianto da un **gas di riempimento** (es.azoto)

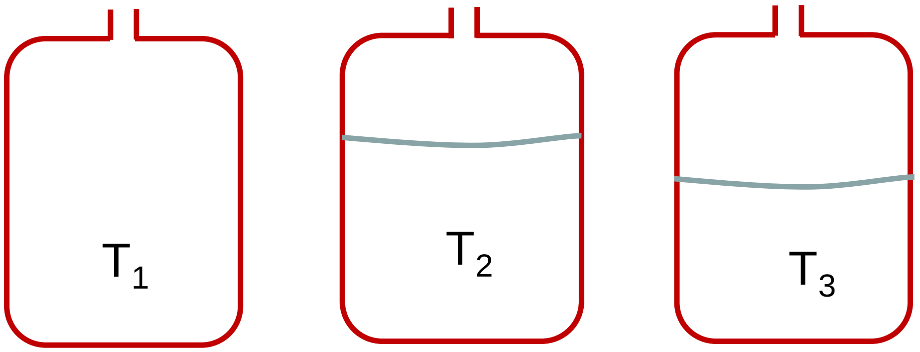
Il gas si trova ad una **pressione superiore a quella atmosferica**

L’**espansione** dell’acqua avviene all’interno del vaso contro la **membrana,** che la ammortizza

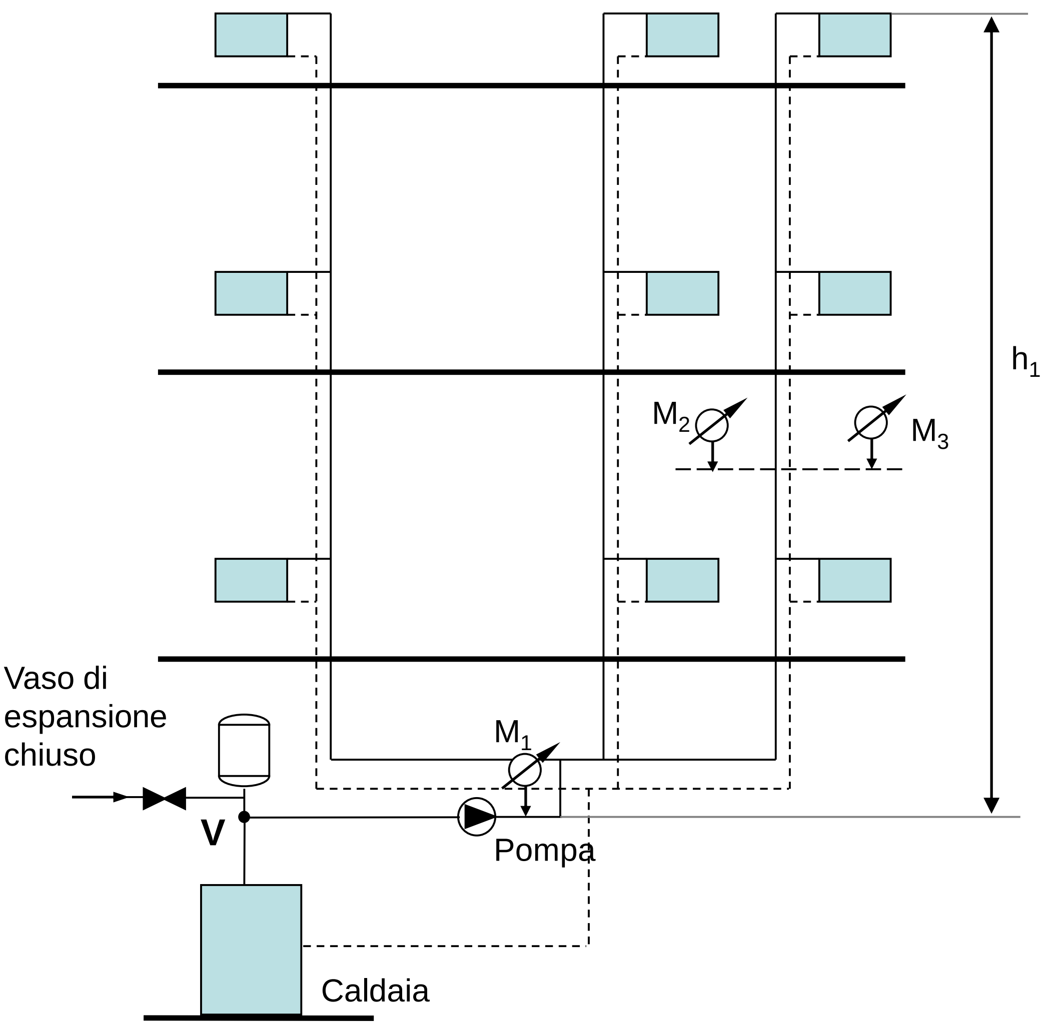
E’ **facilmente accessibile** e **conveniente economicamente**, ma **presenta lo svantaggio di avere un elemento in pressione.**



$T_3 > T_2 > T_1$



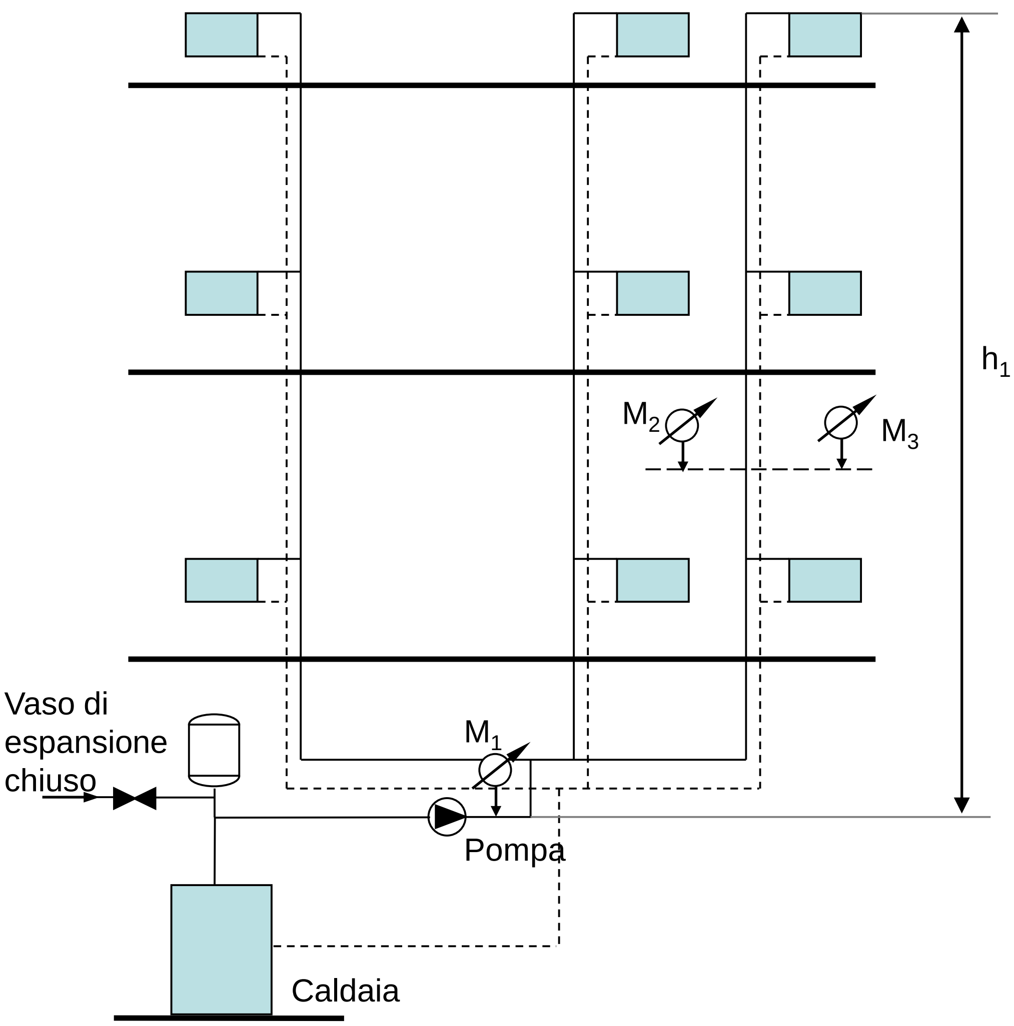
Il vaso di espansione **fissa la pressione di riferimento** dell'impianto.



Nel punto in cui è inserito il vaso **(V)**, la **pressione** è uguale a quella **del gas** (pressione di carica) aumentata o diminuita della **pressione idrostatica** dovuta alla colonna di liquido sovrastante o sottostante

$$p_V = p_s + \rho \cdot g \cdot h_1$$

La pressione statica presente nel vaso di espansione chiuso condiziona i valori di pressione nei vari punti del circuito



Pressione letta dal manometro M_1 a pompa non funzionante

$$p_1 = p_s + \rho \cdot g \cdot h_1$$

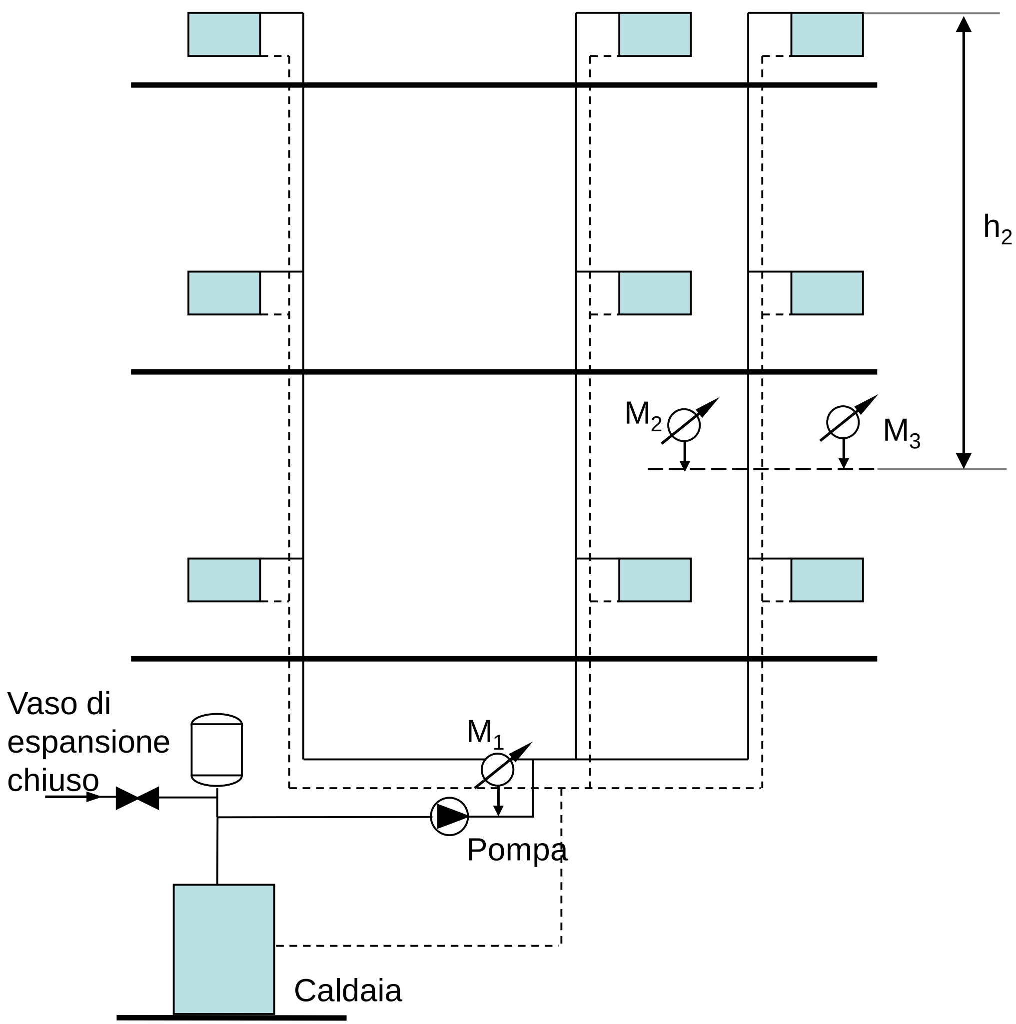
Pressione letta dal manometro M_1 a pompa funzionante

$$p_1' = p_s + \rho \cdot g \cdot h_1 + p_P$$

p_s: pressione di carica del vaso di espansione

$\rho g h_1$: pressione idrostatica nel punto in cui è inserito il manometro 1

p_p: prevalenza della pompa



Pressione letta dal **manometro M$_2$** a **pompa non funzionante**:

$$p_2 = p_s + \rho \cdot g \cdot h_2$$

Pressione letta dal manometro M$_2$ a pompa funzionante

$$p_2' = p_s + \rho \cdot g \cdot h_2 + p_P - R_{12}$$

R_{12} : perdite di carico tra le sezioni 1 e 2

Ovviamente risulta $p_2' < p_1'$

Pressione letta dal **manometro M$_3$** a **pompa non funzionante**

$$p_3 = p_s + \rho \cdot g \cdot h_2$$

Pressione letta dal **manometro M$_3$** a **pompa funzionante**

$$p_3' = p_s + \rho \cdot g \cdot h_2 + p_P - R_{12} - R_{23}$$

R_{23} : perdite di carico tra le sezioni 2 e 3

Ovviamente risulta $p_3' < p_2'$

Formule per il dimensionamento di un vaso di espansione

Volume di un **vaso di espansione aperto**: $V = 2 \cdot V_w \cdot \left[\left(\frac{v_2}{v_1} - 1 \right) - 3 \cdot \lambda \cdot \Delta t \right]$

Volume di un **vaso di espansione chiuso**: $V = V_w \cdot \frac{\left(\frac{v_2}{v_1} - 1 \right) - 3 \cdot \lambda \cdot \Delta t}{1 - \frac{p_1}{p_2}}$

V: volume del vaso di espansione [m^3]

V_w: volume dell'acqua contenuta nell'impianto [m^3]

v_1: volume specifico dell'acqua alla temperatura minima [m^3/kg]

v_2: volume specifico dell'acqua alla temperatura massima [m^3/kg]

λ: coefficiente di dilatazione lineare dei metalli [k^{-1}]

Acciaio $\lambda = 1{,}2 \cdot 10^{-5}$ $\left[K^{-1}\right]$

Rame $\lambda = 1{,}65 \cdot 10^{-5}$ $\left[K^{-1}\right]$

Δt: differenza tra la temperatura massima e minima dell'acqua [°C]

p_1: pressione assoluta alla temperatura minima [Pa]

p_2: pressione assoluta alla temperatura massima [Pa]