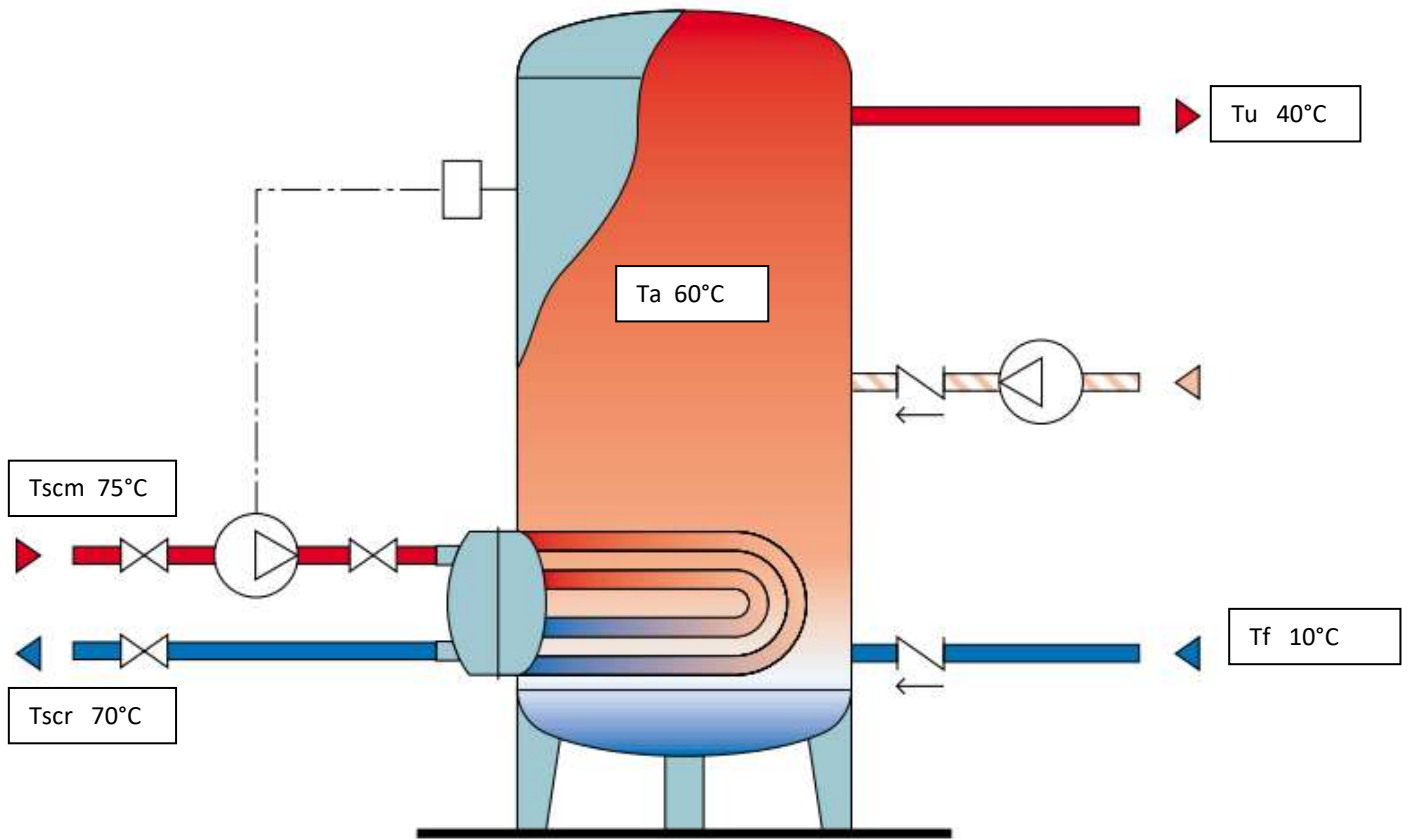


DIMENSIONAMENTO BOILER ACCUMULO ACS



TEMPERATURA DELL'ACQUA FREDDA TF

Il suo valore dipende da molti fattori quali: la temperatura del terreno, la temperatura esterna, la zona di provenienza dell'acqua e la natura della rete di distribuzione. In pratica, tuttavia, si può ritenere:

- Italia settentrionale $t = 10 \div 12^{\circ}\text{C}$
- Italia centrale $t = 12 \div 15^{\circ}\text{C}$
- Italia meridionale $t = 15 \div 18^{\circ}\text{C}$

TEMPERATURA DI ACCUMULO DELL'ACQUA CALDA TA

Il suo valore deve essere scelto in funzione dei seguenti criteri:

- Evitare (o almeno limitare) fenomeni di corrosione e deposito del calcare.
Tali fenomeni sono molto più rapidi e aggressivi quando l'acqua di accumulo supera i $60\text{-}65^{\circ}\text{C}$;
- Limitare le dimensioni dei bollitori.
Basse temperature dell'acqua di accumulo fanno aumentare notevolmente il volume dei bollitori;
- Evitare lo sviluppo nell'acqua dei batteri.
In genere i batteri possono sopportare a lungo temperature fino a 50°C . Muoiono invece in tempi rapidi oltre i 55°C .

In considerazione di questi aspetti, accumulare acqua calda a 60°C è in genere un buon compromesso, compatibile anche con i limiti imposti dalla attuale norma UNI 9182.

TEMPERATURA DELL'ACQUA SCALDANTE TSC

E' bene non tenere troppo elevata la temperatura del fluido scaldante e limitare il salto termico.
Ad esempio si può adottare una temperatura di mandata pari a 75°C e un salto termico di 5°C .

FORMULE

Per calcolare la superficie del serpentino riscaldante si può utilizzare con buona approssimazione la seguente formula:

$$S = \frac{Q_h}{K \cdot (t_{ms} - t_m)} \quad (5)$$

dove:

S = Superficie del serpentino.

Q_h = Calore orario trasmissibile dal serpentino (cioè calore orario richiesto alla caldaia).

K = Coefficiente di scambio termico del serpentino.

Normalmente si può considerare:

K = 500 per tubi in ferro

K = 520 per tubi in rame

t_{ms} = Temperatura media del fluido scaldante:

è data dalla media fra la temperatura di mandata e di ritorno del fluido scaldante.

t_m = Temperatura media del fluido riscaldato:

è data dalla media fra la temperatura dell'acqua di accumulo (**t_a**) e la temperatura dell'acqua fredda (**t_f**) di alimentazione.

ESERCIZIO

Determinare il bollitore richiesto in un impianto che produce acqua calda per 50 alloggi con fabbisogno nel periodo di punta di 12750 litri di ACS.

Si consideri:

- temperatura di accumulo $T_a = 60^\circ\text{C}$, - temperatura acqua fredda $T_f = 10^\circ\text{C}$ - temperatura di utilizzo $t_u = 40^\circ\text{C}$
- temperatura andata fluido scaldante $T_{scm} = 75^\circ\text{C}$, - temperatura ritorno fluido scaldante $T_{scr} = 70^\circ\text{C}$.
- serpentino in acciaio con $U = 581 \text{ W/m}^2\text{K}$
- periodo di preriscaldamento (t_{pr}) di 2h e il periodo di punta (t_{pu}) 1.5h

Calcolo del calore totale necessario per riscaldare l'acqua richiesta nel periodo di punta con temperatura di utilizzo (T_u) dell'acqua calda e temperatura di alimentazione dell'acqua fredda (T_f):

$$T_u = 40^\circ\text{C} \quad \text{e} \quad T_f = 10^\circ\text{C}$$

$$Q_t = m C_t \Delta T = 1601145 \text{ kJ} = 444,76 \text{ kWh} \quad \text{con} \quad \Delta T = T_u - T_f$$

Potenza (Ph) che deve essere ceduta all'acqua in base al calore totale richiesto e al tempo in cui esso può essere ceduto: cioè in base al tempo dato dalla somma fra il periodo di preriscaldamento (t_{pr}) e il periodo di punta (t_{pu}).

$$t_{pr} = 2\text{h} \quad \text{e} \quad t_{pu} = 1.5\text{h}$$

$$Ph = Q_t / (t_{pr} + t_{pu}) = 127,075 \text{ kW}$$

Portata di fluido scaldante necessaria:

$$Ph = m C_t \Delta T_{sc} \rightarrow m = Ph / C_t \Delta T_{sc} = 6,07 \text{ Kg/s}$$

Calcolo del calore da accumulare nella fase di preriscaldamento del boiler:

$$Q_a = Ph * t_{pr} = 914940 \text{ kJ} = 254,15 \text{ kWh}$$

Determinazione del volume del bollitore

$$T_a = 60^\circ\text{C} \quad \text{e} \quad T_f = 10^\circ\text{C}$$

$$m = Q_a / C_t (T_a - T_f) = 4371,4 \text{ Kg} \rightarrow V = m = 4371 \text{ litri}$$

Calcolo della superficie del serpentino del boiler

temperature medie del fluido scaldante (t_{ms}) e del fluido riscaldato (t_m):

$$U = 581 \text{ W/m}^2\text{K} \quad t_{ms} = (75 + 70) / 2 = 72,5^\circ\text{C} \quad t_m = (60 + 10) / 2 = 35^\circ\text{C} \rightarrow \Delta t_m = t_{ms} - t_m$$

$$A = Ph / (U \Delta t_m) = 5,9 \text{ m}^2$$

Fissate le velocità si possono dimensionare le tubature.

FOGLIO DI CALCOLO

DIMENSIONAMENTO BOILER ACS

Ta accumulo	60 °C
Tf acquedotto	10 °C
Tu utilizzo	40 °C
Tscm mandata	75 °C
Tscr ritorno	70 °C
t _{pre} preriscaldamento	2 h
t _{pu} utilizzo	1,5 h
Uacciaio	581 w/m ² K
mACS Fabbisogno ACS	12750 litri

Energia richiesta per portare l'acqua da Tf a Tu

$$Q_t = m_{ACS} C_t (T_u - T_f) \quad 1601145000 \text{ J} \quad 444,7625 \text{ kWh}$$

Potenza necessaria per fornire l'energia Q_t all'acqua col fluido scaldante

$$P_h = Q_t / (t_{pre} + t_{pu}) \quad 127075 \text{ w} \quad 127,075 \text{ kW}$$

Portate di fluido caldo

$$P_h = m_c C_t (T_{scm} - T_{scr})$$

$$m_c \quad 6,07 \text{ kg/s} \quad 364,29 \text{ litri/min}$$

Energia da accumulare nel boiler nella fase di preriscaldamento

$$Q_a = P_h \cdot t$$

$$Q_a \quad 914940000 \text{ J} \quad 254,15 \text{ kWh}$$

Volume del serbatoio di accumulo

$$Q_a = m C_t (T_a - T_f)$$

$$\text{Volume ACS} \quad 4371 \text{ Kg} = \text{litri}$$

Area della serpentina del serbatoio

$$P_h = U A D T_m \quad \text{con } D T_m = T_{sc_media} - T_{a_media}$$

$$T_{sc_media} \quad 72,5 \text{ °C}$$

$$T_{a_media} \quad 35 \text{ °C}$$

$$A_{serp.} \quad 5,83 \text{ m}^2$$

Diametro tubi fluido caldo

$$\text{velocità acqua} \quad 2 \text{ m/s}$$

$$m = \rho \cdot v \cdot A_t$$

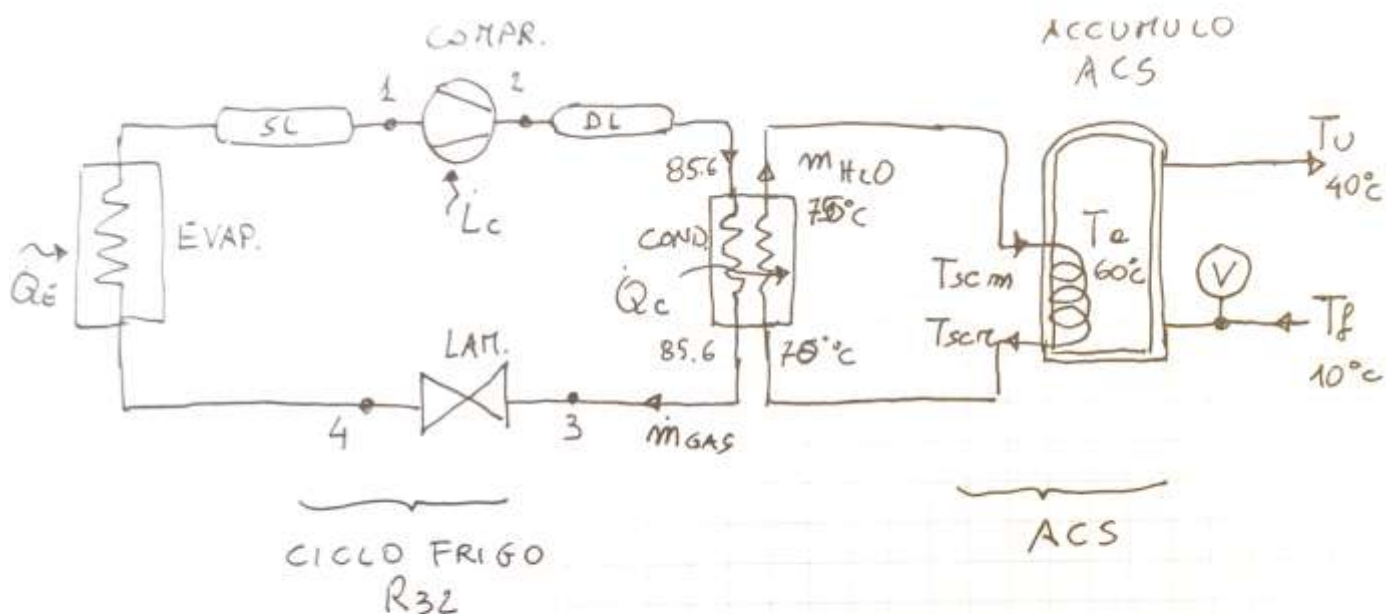
$$A_t \quad 0,003036 \text{ m}^2$$

$$d_t \quad 0,062186 \text{ m} \quad 62,19 \text{ mm}$$

ESERCIZIO: RAFFREDDAMENTO CON CICLO FRIGO + PRODUZIONE DI ACS

Si vuole utilizzare il calore di condensazione del ciclo frigo R32 assegnato per produrre ACS.
Valutare la quantità di ACS accumulabile in 24h di funzionamento dell'impianto.

Home	Cycle Specifications	Auxiliary
Temperature Levels T_e [°C]: -20,00 ΔT_{SH} [K]: 5,00 T_c [°C]: 30,00 ΔT_{SC} [K]: 5,00		
Pressure Losses Δp_{SL} [K]: 0,00 Δp_{DL} [K]: 0,00		
Suction Gas Heat Exchanger No SGHX 0,30		
Refrigerant CoolProp R32		
Cycle Capacity Cooling capacity [kW]: 100,00 \dot{Q}_e [kW]: 100 \dot{Q}_c [kW]: 127.1 \dot{m} [kg/s]: 0.3708 \dot{V}_s [m³/h]: 123.2		
Compressor Performance Isentropic efficiency [-]: 0,92 η_{is} [-]: 0.92 W [kW]: 27.08		
Compressor Heat Loss Heat loss factor [%]: 0,00 f_Q [%]: 0 T_2 [°C]: 85.61 \dot{Q}_{LOSS} [kW]: 0		
Suction Line Unuseful superheat [K]: 0,00 \dot{Q}_{SL} [W]: 8.4727e-06 T_8 [°C]: -15 $\Delta T_{SH,SL}$ [K]: 0		
Cycle Performance COP [-]: 3.6927 COP^* [-]: 3.6927 COP_{CARNOT} [-]: 5.063 η_{CARNOT} [-]: 0.72935		



POTENZA 100 kW
 $T_{COND} = 30^\circ C$ $T_{EVAP} = -20^\circ C$
 SURRI SC. e SOTTOR. $5^\circ C$
 $\eta_{ISOBENT} = 0,92$

$\dot{m}_G = 0,3708 \text{ kg/s}$
 $\dot{Q}_C = 127.1 \text{ kW}$ $T_c = 85.6^\circ C$
 $\dot{Q}_E = 100 \text{ kW}$
 $L_c = 27.08 \text{ kW}$

DIMENSIONAMENTO BOILER ACS ABBINATO A CICLO FRIGO

BOILER

Ta accumulo	60 °C
Tf acquedotto	10 °C
Tu utilizzo	40 °C
Tscm mandata	75 °C
Tscr ritorno	70 °C
tpre preriscaldamento	12 h
tpu utilizzo	10 h
Uacciaio	581 w/m2K

CICLO FRIGO R32

Tcondensazione	85,6 °C
mgas	0,3708 Kg/s
Pcondens. = Ph	127,1 Kw
Ugas-acqua	700 w/m2K

Energia da fornire Qt all'acqua col potenza Ph del fluido scaldante

$$Ph = Qt / (tpre+tpu)$$

Qt 10066320 kJ

Massa di acqua da portare da Tf a Tu tramite energia Qt

$$Qt = m_{ACS} C_t (T_u - T_f)$$

mACS 80158,6 Kg

Portate di fluido caldo

$$Ph = mc C_t (T_{scm} - T_{scr})$$

mc 6,1 kg/s 364,4 litri/min

Energia da accumulare nel boiler nella fase di preriscaldamento

$$Q_a = Ph * t$$

Qa 5490720 kJ 1525,2 kWh

Volume del serbatoio di accumulo

$$Q_a = m_{ACS} C_t (T_a - T_f)$$

mACS = Volume ACS 26234 Kg = litri

Area della serpentina del serbatoio

$$Ph = U_{acc. As} DT_m \quad \text{con } DT_m = T_{sc_media} - T_{a_media}$$

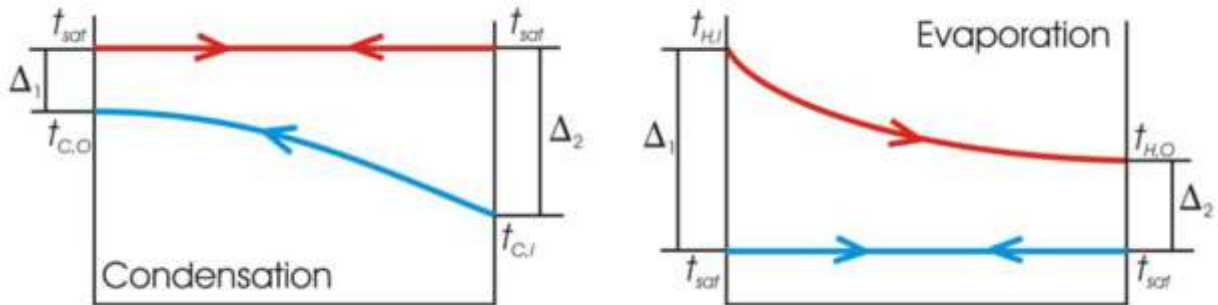
Tsc_media 72,5 °C

Ta_media 35 °C

Aserp. 5,83 m2

Area condensatore

$Ph = U_{cond} \cdot A_c \Delta T_m$	con $\Delta T_m = (DT1 - DT2) / \ln(DT1 - DT2)$
$\Delta T1$	10,6 °C
$\Delta T2$	15,6 °C
ΔT_m	12,94 °C
Area condensatore	14,03 m ²



Diametro tubi fluido caldo

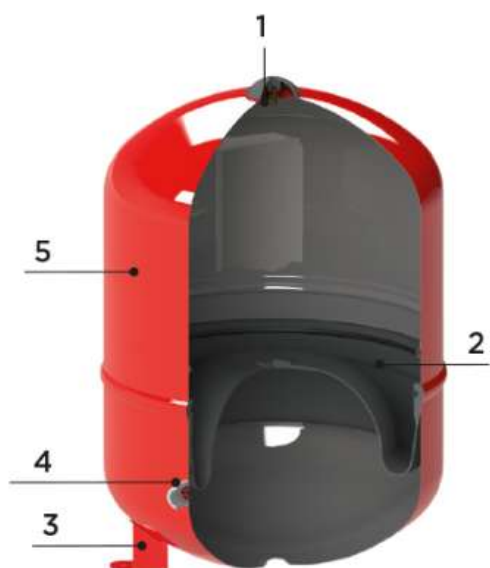
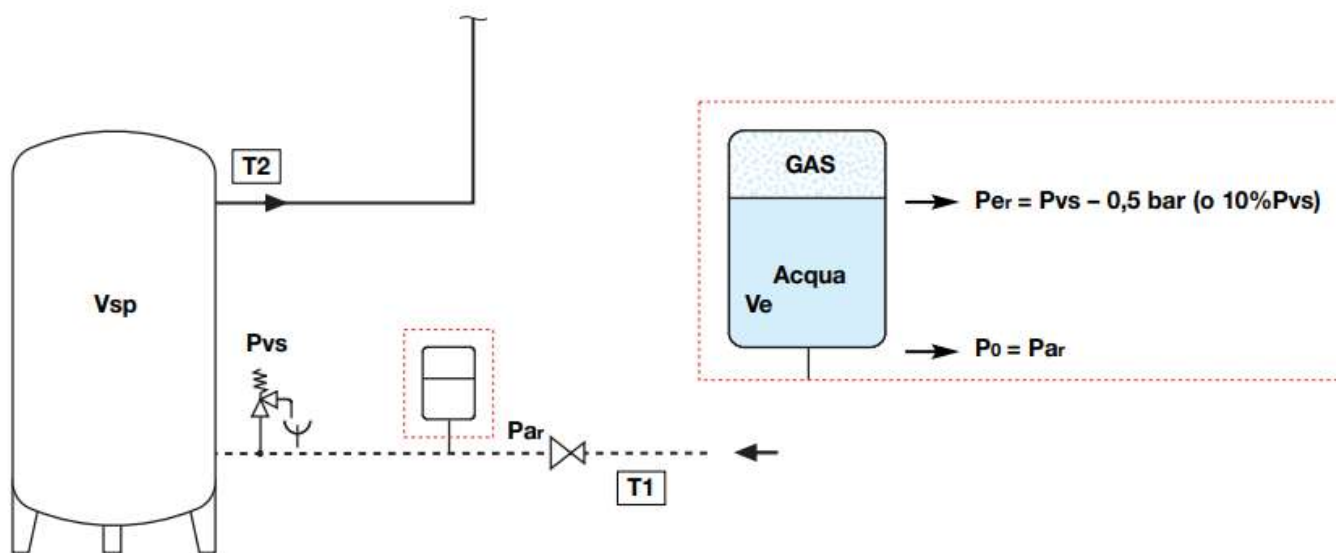
velocità acqua	2 m/s	
$m = \rho \cdot vel. \cdot A_t$		
A_t	0,00304 m ²	
dt	0,06219 m	62,19 mm

VASO DI ESPANSIONE

I vasi d'espansione sono dei dispositivi atti alla compensazione dell'aumento di volume dell'acqua dovuto all'innalzamento della temperatura della stessa, sia negli impianti di riscaldamento che in quelli di produzione di acqua calda sanitaria.

A titolo esplicativo l'acqua, passando da una temperatura di 0°C ad una di 100°C, produce un aumento di volume pari circa al 4,5%: ciò significa che dev'essere presente uno "spazio" interno al circuito in cui l'acqua possa essere contenuta.

Tale "spazio" è fornito dal vaso di espansione.

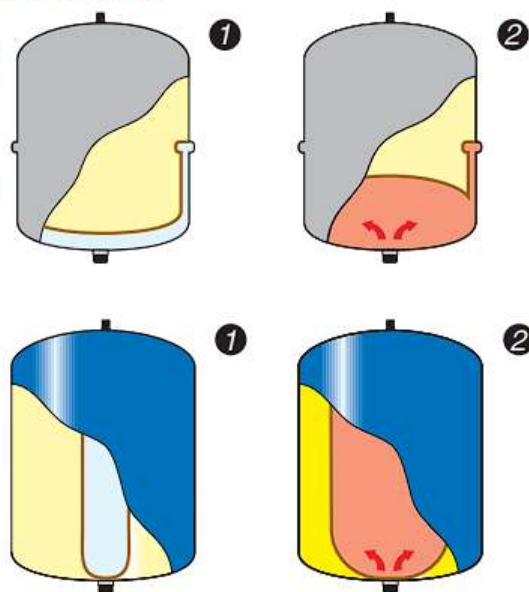


1. VALVOLA ARIA
2. MEMBRANA IN GOMMA
3. PIEDE DI SOSTEGNO
4. CONNESSIONE ACQUA
5. CORPO DEL VASO (VERNICIATURA A POLVERI)

Vaso d'espansione per circuiti di riscaldamento e sanitario

Il vaso di espansione chiuso a membrana è costituito da un contenitore chiuso suddiviso in due parti da una membrana che separa l'acqua dal gas (in genere azoto) e che agisce da compensatore della dilatazione.

A seguito dell'incremento di temperatura, nel vaso si produce un aumento di pressione rispetto al valore di precarica a freddo (fig. 1) fino a raggiungere il valore corrispondente alla massima dilatazione (fig. 2).



Metodo di dimensionamento

T1 = temperatura acqua fredda di alimentazione

T2 = temperatura di accumulo dell'acqua calda

e = coefficiente di espansione dell'acqua, calcolato in base alla massima differenza tra la temperatura dell'acqua fredda di alimentazione e quella calda di accumulo

$$e = n_{T2}/100 - n_{T1}/100$$

Definizione volumi

Vn = volume del vaso (l), da calcolare

Vsp = volume dell'acqua riscaldata (l) (nel bollitore)

Ve = volume di espansione dovuto al riscaldamento dell'acqua (l)

Definizione pressioni - le pressioni sotto riportate sono tutte pressioni misurate al manometro (pressioni relative):

Po = pressione di precarica vaso lato gas (bar)

Pvs = pressione taratura valvola sicurezza (bar)

Par = pressione iniziale (bar) lato acqua, relativa rappresentata dalla pressione massima di ingresso (valore di taratura del riduttore di pressione o dalla pressione massima di alimentazione della rete)

$$P_{ar} = P_o$$

Per = pressione massima di esercizio dell'impianto (bar) lato gas (**Pvs**) diminuita di un valore di pressione che previene l'apertura della valvola di sicurezza.

$$P_{er} = P_{vs} - 0,5 \text{ bar (10\% } P_{vs} \text{ se } P_{vs} > 5 \text{ bar)}$$

La capacità di un vaso d'espansione chiuso a membrana (diaframma) per impianti sanitari con accumulo viene calcolata applicando la seguente formula:

$$V_n = \frac{e \cdot V_{sp}}{1 - \frac{P_a}{P_e}} \quad (2)$$

Pressioni assolute

Pa = pressione assoluta iniziale lato gas (bar) pari alla pressione massima di ingresso **Par** + pressione atmosferica (1 bar). In pratica è la pressione di precarica a freddo del vaso aumentata di 1 bar.

$$P_a = P_{ar} + 1 = P_o + 1$$

Pe = pressione assoluta finale lato gas (bar) data dalla pressione massima relativa di esercizio dell'impianto **Per** + pressione atmosferica (1 bar).

$$P_e = P_{er} + 1$$

Tabella indicativa coefficiente "n" al variare della temperatura "T (°C)", relativo alla temperatura di 10°C, senza glicole

°C	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
n	0	0,1	0,2	0,4	0,8	1,2	1,7	2,3	2,9	3,6

Esempio:

Dimensionare un vaso di espansione per un impianto idrosanitario avente le seguenti caratteristiche:

Vsp = volume dell'acqua riscaldata (bollitore) = **600 l**

T1 = temperatura acqua fredda di alimentazione = **10°C**

T2 = temperatura di accumulo dell'acqua calda = **80°C**

Par = pressione iniziale lato acqua = **3,5 bar**

Pvs = pressione di taratura della valvola di sicurezza = **6 bar**

Soluzione:

Dalla tabella dei coefficienti "n" ricaviamo:

per $T1 = 10^\circ\text{C} \rightarrow n_{T1} = 0,1$ per $T2 = 80^\circ\text{C} \rightarrow n_{T2} = 2,9$
quindi "e" per $\Delta T = 70^\circ\text{C}$ è dato da:

$$e = (2,9/100) - (0,1/100) = 0,028$$

Po = pressione di precarica vaso lato gas = **Par** = **3,5 bar**

Per = pressione massima di esercizio dell'impianto lato gas
= **Pvs** - 0,5 bar = 6 - 0,5 = **5,5 bar**

Pa = pressione assoluta iniziale lato gas = **Par** + 1 = 3,5 + 1 = **4,5 bar**

Pe = pressione assoluta finale lato gas = **Per** + 1 = 5,5 + 1 = **6,5 bar**

Si applica la formula (2) per il calcolo del volume del vaso **Vn**:

$$V_n = \frac{0,028 \cdot 600}{1 - \frac{4,5}{6,5}} = \mathbf{54,54 \text{ l}}$$

Verrà scelto quindi un vaso da 60 l (che dovrà essere precaricato a 3,5 bar)