

CAPITOLO 8: SERVIZIO VAPORE TECNOLOGICO

8.1 INTRODUZIONE

Gli impianti a **vapore tecnologico** sono impianti atti ad assicurare ad utenze industriali **energia termica** tramite **vapore saturo secco**, energia termica indispensabile **per** le **trasformazioni di processo o per il funzionamento di apparecchiature** specifiche.

Il processo di trasformazione dell'energia avviene tramite **tre componenti** fondamentali che sono nell'ordine:

- **Generatore di calore**, in cui l'energia chimica di un combustibile fossile viene convertita in energia termica attraverso una reazione di combustione. Questa energia viene ceduta ad un **transfer**, nel caso specifico vapore saturo secco, quale svolge la funzione di **fluido termovettore**, ossia di trasportatore di calore dal generatore fino alle utenze.
- **Linee di distribuzione**, le quali permettono il trasporto fisico del fluido termovettore dal generatore alle utenze e ritorno.
- **Apparecchi utilizzatori** in cui il fluido termovettore cede l'energia termica accumulata ad un fluido di processo o all'ambiente.

I **rendimenti** con cui questo processo di conversione dell'energia in energia termica avviene sono piuttosto **bassi**, principalmente **per** la difficoltà di contenere le **dissipazioni termiche** lungo le linee di distribuzione. Questo fa sì che per la produzione di energia termica sia sconsigliato ricorrere a centralizzazioni in grosse unità produttive, come è accaduto ad esempio per l'energia elettrica, ma sia **preferibile la produzione sul luogo di utilizzazione**.

Per questo motivo raramente si ricorre a grossi impianti termici centralizzati in cui sfruttare gli elevati rendimenti di apparecchiature di grande potenzialità, preferendo ricorrere ad **impianti frazionati di minore potenzialità** ma caratterizzati da perdite minori lungo le linee di distribuzione.

8.2 IL FLUIDO TERMOVETTORE

In linea di principio, qualunque fluido può essere utilizzato come **fluido termovettore**, vi sono però alcune **caratteristiche** che devono essere possedute dal transfer per consentire una sua **utilizzazione a livello industriale**.

Le caratteristiche principali che deve possedere un fluido per poter essere utilizzato come fluido termovettore sono le seguenti:

1. **Non pericoloso**, il fluido termovettore non deve rappresentare fonte di pericolo diretto o indiretto. Sono quindi da escludere fluidi **tossici, radioattivi, infiammabili** ecc.. o comunque fluidi che richiedano per il loro impiego **processi di grande pericolosità**.
2. **Economico**: per poter essere utilizzabile su scala industriale è necessario che il costo del transfer e delle apparecchiature necessarie per un suo utilizzo in impianti termici sia il più basso possibile e che il transfer stesso sia di facile reperibilità commerciale. Anche i costi di esercizio connessi con l'utilizzo del transfer (manutenzione, conduzione, ecc..) devono essere contenuti.
3. **Non aggressivo**: Il transfer non deve essere aggressivo né da un punto di vista chimico né da un punto di vista fisico nei riguardi di apparecchiature o elementi dei piping.

Impianti/Servizio Vapore Industriale

4. **Elevato valore del coefficiente di scambio termico**, il transfer deve avere un elevato valore del coefficiente di scambio termico in modo da consentire l'utilizzo di superfici di scambio ridotte.
5. **Elevata capacità di trasporto del calore**: deve essere massima la quantità di calore trasportata dal fluido termovettore per unità di massa, in modo da consentire di operare con portate ridotte a pari potenza termica trasportata.

Alla luce delle caratteristiche elencate appare chiaro come il **vapore saturo secco** possa essere utilizzato a livello industriale come fluido termovettore.

La **pericolosità del vapore** è infatti unicamente **connessa** con la **pressione** a cui il vapore viene prodotto, ossia, essendo il vapore saturo, con la **temperatura** del vapore stesso.

In base alla normativa vigente, la ex **Legge n°46/90 attualmente sostituita dal DM 37/2008**, ed in base al **D.Ls. 81/2008** che fa riferimento al PED (“Pressure Equipment Directive”) del 29 maggio 2002, applicazione della **Direttiva Europea sugli apparecchi in pressione 97/23/CE**, recepita in Italia con il **D.Lgs. n.93 del 25/02/2000**, obbligatoria per ottenere la certificazione CE per la commercializzazione sul mercato europeo di generatori di vapore, gli impianti a vapore sono soggetti a **controlli** sia **in fase costruttiva** che **in fase di esercizio** da parte di appositi funzionari tecnici, come prescritto dalla **I.S.P.E.L** (è l'ente preposto all'emanazione di normative riguardanti i generatori di vapore ed ha sostituito **I'A.N.C.C** Associazione Nazionale per il Controllo della Combustione.).

La conduzione dei generatori di vapore può essere svolta solo da **fuochisti patentati** Ogni generatore è inoltre dotato di **libretto di caldaia**, in cui sono riportati i dati di immatricolazione e costruttivi oltre ai collaudi e ai controlli effettuati.

L'acqua che viene utilizzata negli impianti a vapore è **acqua trattata**. Al fine di **limitare le incrostazioni** infatti l'acqua deve essere **addolcita e demineralizzata**.

L'addolcimento ha lo scopo di ridurre la **durezza dell'acqua**, ossia ridurre il contenuto di **sali di calcio e magnesio**, al fine di evitare la formazione di incrostazioni derivanti dalla precipitazione in caldaia di carbonati.

Le reazioni chimiche che governano questo processo sono le seguenti:

idrogenocarbonato di calcio (i termini **bicarbonato di calcio** e anche **carbonato acido di calcio** sono stati eliminati dalla **IUPAC**)  è un **sale di calcio** dell'**acido carbonico** bicarbonato di calcio $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ – bicarbonato di magnesio $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ – idrossido di magnesio $\text{Mg}(\text{OH})_2$ – carbonato di calcio CaCO_3 – anidride carbonica CO_2



Queste reazioni sono legate alla **solubilità dell'anidride carbonica** (o meglio, **idrogenocarbonato di calcio**) la quale governa gli **equilibri** di trasformazione da **bicarbonati** (o meglio, **idrogeno_xxyyz_ato di xx**) (**solubili in acqua**) a **carbonati (insolubili)**.

Per effetto del riscaldamento in caldaia l'anidride carbonica diviene praticamente insolubile in acqua e di conseguenza l'equilibrio delle due reazioni è completamente spostato a destra (principio dell'equilibrio mobile delle reazioni chimiche), dando luogo ad incrostazioni nelle serpentine di scambio termico.

Impianti/Servizio Vapore Industriale

La reazione è ulteriormente favorita dall'aumento di concentrazione dovuto all'evaporazione e dal fatto che la solubilità dei bicarbonati decresce all'aumentare della temperatura.

Tali **incrostazioni** sono assolutamente **da evitare** per due motivi fondamentali, in primo luogo **fungono da isolante** impedendo un corretto scambio termico in caldaia, in secondo luogo sono fonte di **potenziale pericolo** in quanto distacchi localizzati di tale strato di incrostazioni può dar luogo a **surriscaldamenti localizzati** che possono essere fonte di **esplosioni della caldaia**.

Oltre al trattamento di addolcimento si procede solitamente ad un trattamento di **demineralizzazione** tramite resine a scambio ionico e di **deareazione**, al fine di eliminare **sostanze corrosive** quali **ossigeno, anidride carbonica e cloruri** solitamente presenti nell'acqua di alimento.

La **presenza di aria**, oltre a esercitare un'azione dannosa dal punto di vista della corrosione, può risultare **dannosa** dal punto di vista dello **scambio termico**.

Negli scambiatori di calore infatti si può avere la presenza di **aria** derivante o **dall'acqua di alimento o da fermate dell'impianto**.

Durante l'arresto infatti, l'impianto andrebbe in depressione per effetto della condensazione del vapore nelle tubazioni. Inserendo valvole rompivuoto lungo l'impianto, si evita questo fenomeno.

Una **valvola rompivuoto** è quindi una valvola normalmente chiusa quando l'impianto è in pressione, che si apre automaticamente facendo entrare aria nel caso in cui la pressione tenda a scendere al di sotto della pressione atmosferica.

Tale aria, spinta dal vapore, si dispone in prossimità della parete di scambio termico **fungendo da isolante** e dando luogo a **riscaldamenti non uniformi**.

La presenza di **incondensabili** inoltre **riduce la pressione del fluido riscaldante** e quindi **la sua temperatura**.

Se si suppone ad esempio nella camera dello scambiatore si abbia $\frac{1}{4}$ di aria e $\frac{3}{4}$ di vapore, allora anche le pressioni parziali dei due componenti saranno legate nello stesso rapporto.

Conseguentemente la pressione parziale del vapore e quindi la sua temperatura risulta ridotta dalla presenza di aria. Per questi motivi è necessario **deareare l'acqua utilizzata** nell'impianto e prevedere sull'impianto **scaricatori d'aria**; gli apparecchi automatici più utilizzati a questo scopo sono gli scaricatori di tipo **termostatico a pressioni equilibrate**.

Il vapore che viene utilizzato per uso tecnologico è quasi sempre **vapore saturo secco**.

Il vapore saturo secco presenta infatti **tre vantaggi** fondamentali che sono

l'elevato valore del coefficiente globale di scambio termico, il fatto di **scambiare calore a temperatura costante**, l'elevata **quantità di calore trasportata dall'unità di massa di fluido**.

Avere un **coefficiente globale di scambio termico** elevato è senz'altro un vantaggio in quanto **permette** a parità di potenza termica scambiata **di ridurre le superfici di scambio termico** e quindi il costo degli apparecchi utilizzatori.

Il **vapore condensante** ha **coefficienti di convezione** che si aggirano attorno a **7000 kcal/m²h°C**, di più di un ordine di grandezza superiore rispetto al caso di **vapore surriscaldato (circa 300 kcal/m²h°C)** o di

Impianti/Servizio Vapore Industriale

acqua in moto veloce (circa 3000 kcal/ kcal/m²h°C).

Lo scambio termico inoltre avviene tramite un fluido che scambia calore a **temperatura costante** e questo agevola le operazioni di regolazione, dato **l'andamento lineare tra portata di vapore e quantità di calore scambiato**.

$$Q = G * r$$

$G \uparrow \quad \rightarrow \quad Q \uparrow$

Nel caso di **fluido che non cambia fase**, invece, una **diminuzione di portata** comporta una **riduzione più che proporzionale** della quantità di **calore** scambiato, dato che al diminuire della portata diminuisce la velocità del fluido, e quindi il coefficiente di scambio termico. La temperatura del fluido in uscita quindi aumenta, riducendo il Δt .

Avere come transfer un fluido che cambia di fase non agevola solo le operazioni di regolazione e di scambio termico sugli apparecchi utilizzatori, ma permette anche di avere delle **elevate capacità di trasporto di calore per unità di massa di fluido**. Il calore latente di vaporizzazione infatti è di circa un ordine di grandezza superiore rispetto al salto entalpico che si può avere in un normale circuito termico, dato dal prodotto tra calore specifico e differenza di temperatura; ne consegue che **la stessa potenza termica** può essere trasportata con **portate di un ordine di grandezza inferiore**.

8.3 IMPIANTI A VAPORE PER USO TECNOLOGICO

Lo **schema generale di un impianto a vapore** ed il relativo **diagramma termodinamico** viene riportato in figura 1.

Impianti/Servizio Vapore Industriale

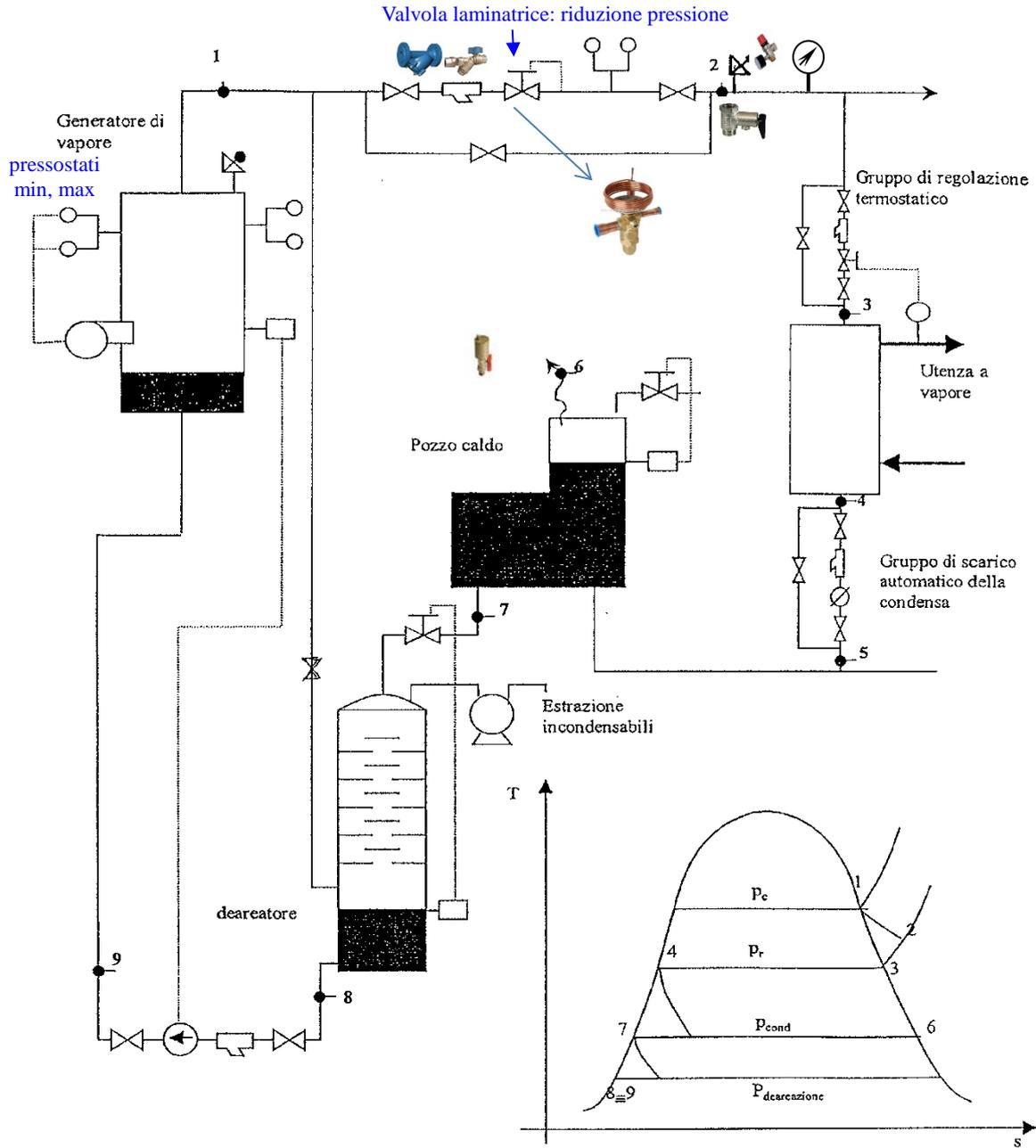


figura 1: impianto a vapore tecnologico: schema di impianto e diagramma termodinamico

SCHEMA DELL'IMPIANTO E DIAGRAMMA T – s.

Impianti/Servizio Vapore Industriale

8.5 GRUPPO RIDUTTORE DI PRESSIONE

Tra la caldaia e l'utenza viene comunemente disposto un **gruppo riduttore di pressione** il cui scopo è quello di **garantire** alle utenze una **pressione** e quindi una **temperatura del vapore costante al variare del carico termico**.

Il mantenimento della temperatura alle utenze al valore di set up consente di **ridurre** al minimo gli **scarti di produzione**, i **tempi di lavorazione** ed i **consumi di combustibile**, Il **gruppo riduttore di pressione** viene riportato in figura 12.

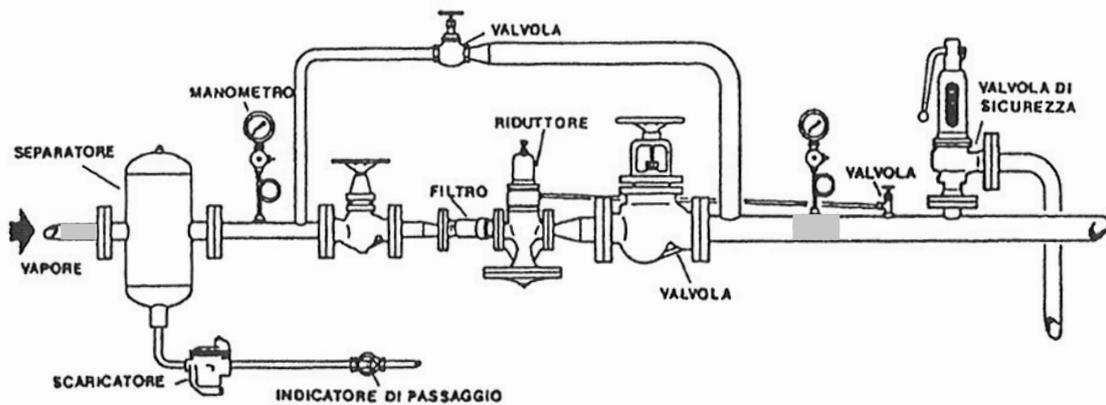


Fig. ; gruppo riduttore di pressione

Si compone di una **valvola riduttrice di pressione**, un **filtro** a monte per la protezione di quest'ultima, **due valvole di intercettazione** ed una **di by pass** con possibilità di regolazione nel caso di messa fuori uso del gruppo riduttore.

Completano il gruppo **due manometri**, uno a monte ed uno a valle del riduttore, una **valvola di sicurezza** opportunamente tarata, ed un **separatori di condensa**, con relativo scaricatore, il cui scopo è quello di far arrivare al riduttore vapore il più secco possibile; in questo modo si garantisce elevata affidabilità del riduttore, il cui otturatore, se lambito da vapore molto umido, si eroderebbe in breve tempo.

Si esamina il **funzionamento del gruppo riduttore** indicando rispettivamente con ***c*** lo stato fisico del vapore in caldaia, e con ***r*** lo stato fisico del vapore a valle del riduttore di pressione, e con ***u*** lo stato fisico del vapore all'utenza.

Innanzitutto si può osservare come gli stati fisici r ed u , siano praticamente coincidenti in quanto il carico totale del vapore è praticamente costante sulle due sezioni, mentre le perdite di carico possono essere in prima battuta trascurate, essendo il vapore un aeriforme. Si commette quindi un errore accettabile ponendo

$$r \cong u.$$

Fatta tale ipotesi, il riduttore di pressione ha il compito di

mantenere costante la pressione p_r al variare del carico termico delle utenze.

Per esaminare il funzionamento del gruppo, si faccia riferimento allo schema di figura 2, in cui

Impianti/Servizio Vapore Industriale

si considera un transitorio; si supponga ad esempio un **aumento del carico termico richiesto**.

Un aumento del carico termico ha come effetto una **maggiore condensazione** di vapore sull'utenza, e quindi una **riduzione della pressione p_u all'interno dell'utilizzatore**. Parallelamente si ha però anche una **diminuzione della temperatura in uscita del fluido riscaldato**.

Il termostato che controlla la temperatura del fluido riscaldato, comanda allora **l'apertura della valvola termostatica, con aumento della portata all'utenza**. L'aumento di portata all'utenza comporta una **riduzione di pressione** del vapore **su tutto il collettore di distribuzione**, fino al gruppo riduttore di pressione.

La riduzione della pressione a valle del riduttore viene quindi letta dallo stesso come un segnale che provoca **l'apertura della valvola, aumentando** correttamente **la portata** fornita alle utenze e **ripristinando la pressione p_r** .

Se non fosse stato inserito il riduttore, tale diminuzione di pressione si sarebbe propagata direttamente in caldaia, con necessità di regolare il bruciatore, aumentando il fuoco.

Viceversa, una riduzione del carico termico comporterà un **aumento della pressione all'utilizzatore** e parallelamente un **incremento della temperatura del fluido riscaldato**.

La **chiusura della valvola termostatica** comporta la **riduzione della portata all'utenza**, e quindi il ripristino della temperatura di uscita del fluido riscaldato, ma anche un **aumento della pressione** nel collettore di distribuzione, dal momento che la portata richiesta dalle utenze è diminuita.

Tale aumento di pressione provoca la **chiusura del riduttore di pressione**, riducendo la portata di vapore inviata alle utenze e ripristinando la pressione p_r . La **valvola riduttrice di pressione** permette come detto di mantenere una pressione all'utilizzatore costante.

I principali tipi di riduttori utilizzati per vapore sono i riduttori **autoazionati a diaframma e molla** (figura 13), o quelli **autoservoazionati a diaframma e pilota** (v. figura 14).

Impianti/Servizio Vapore Industriale

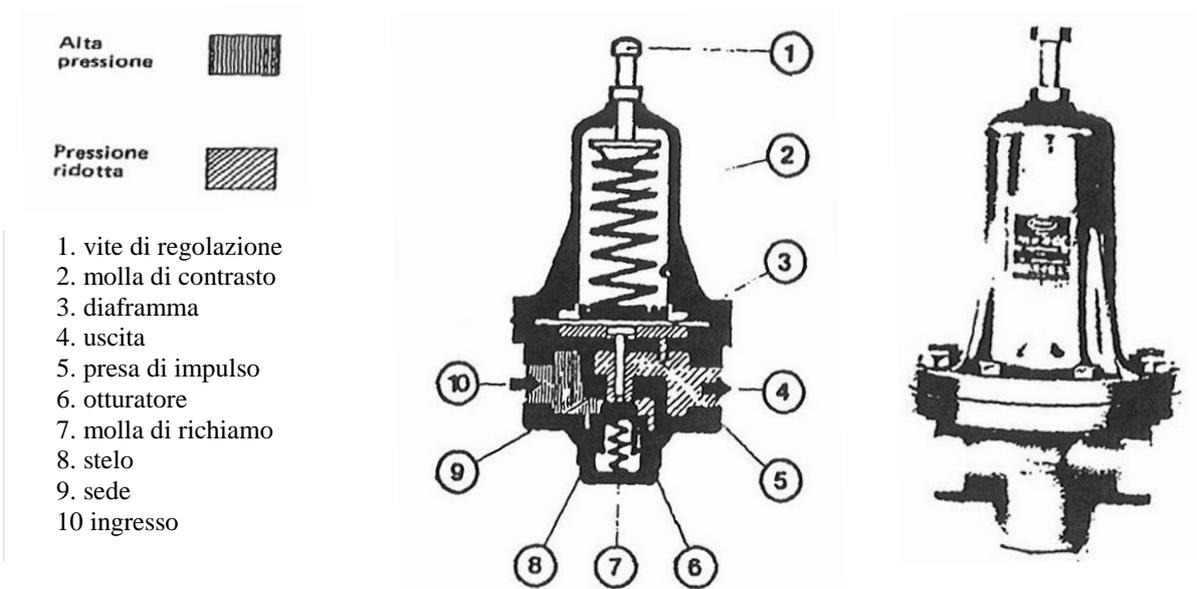


Fig. 13: riduttore di pressione autoazionato a diaframma e molla, con presa di pressione interna.

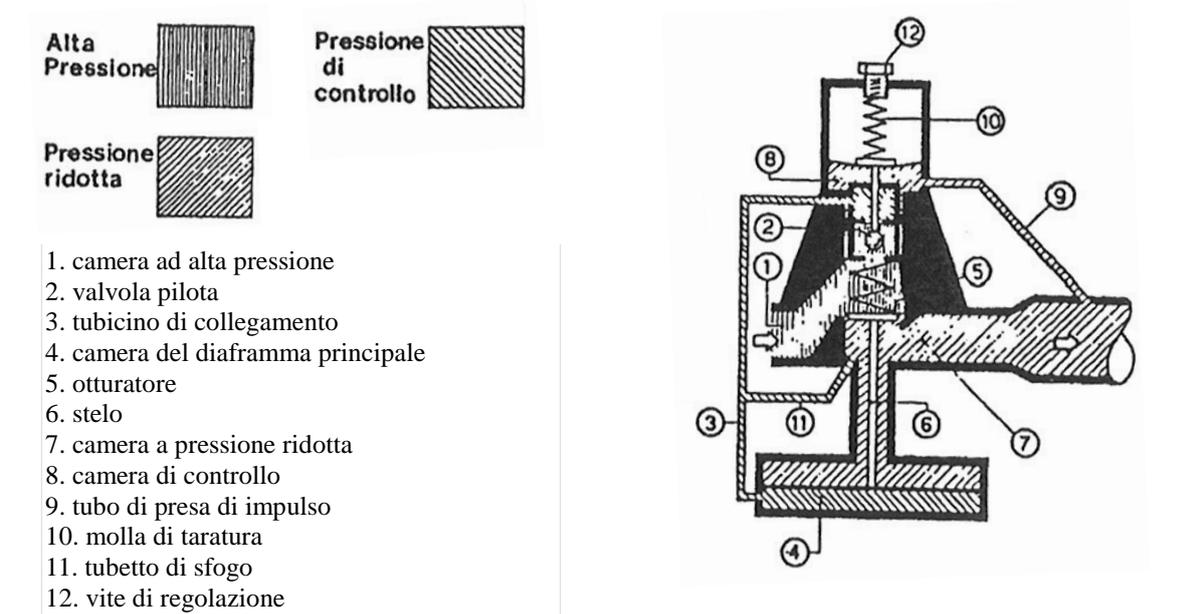


figura 14: riduttore di pressione auto servo azionato a diaframma e pilota e presa di pressione interna

Impianti/Servizio Vapore Industriale

Per regolazioni estremamente precise, oppure nel caso in cui si abbia una portata molto elevata o molto variabile, vengono impiegati i **riduttori servoazionati**, ad azionamento pneumatico.

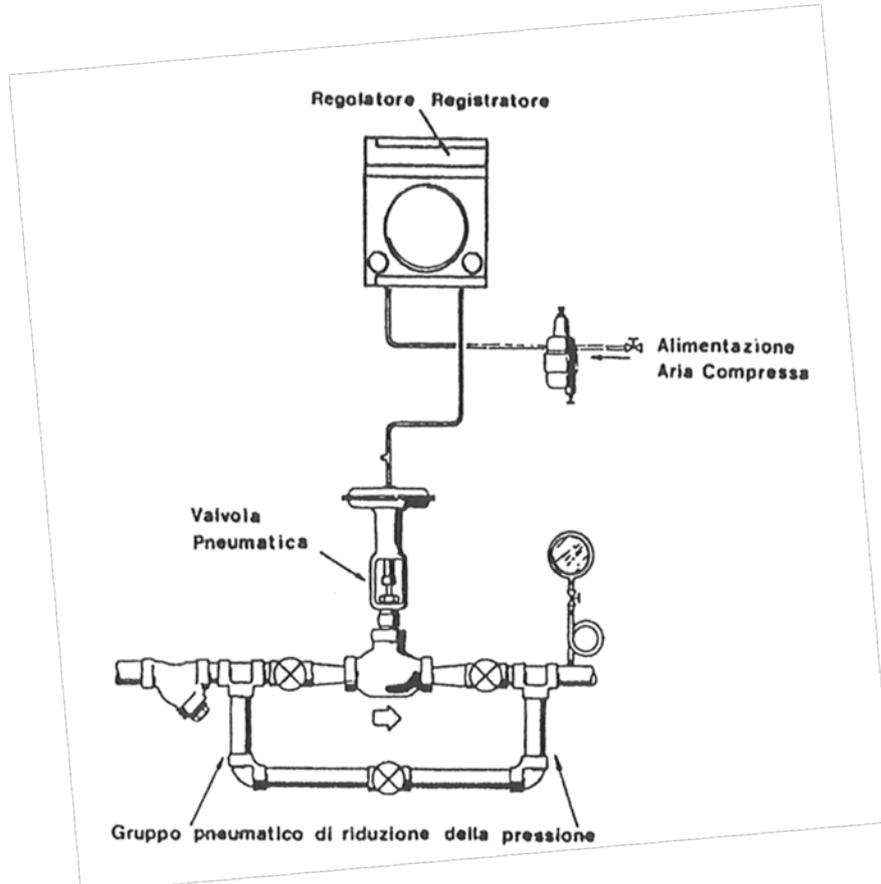


figura 15; riduttore di pressione servoazionato.

Tali riduttori consentono di **mantenere la pressione costante in un punto qualunque dell'impianto**, e sono quindi adatti per una regolazione della pressione estremamente fine, in particolare al netto delle perdite di carico.

8.6 RETE DI DISTRIBUZIONE E RELATIVI ACCESSORI

Il **corretto dimensionamento** della rete di distribuzione è di fondamentale importanza in quanto **tubi sottodimensionati** possono dar luogo a **perdite di carico eccessive** e quindi vapore alle utenze a **temperature inferiori** a quelle di progetto, **tubazioni sovradimensionate**, oltre a comportare un **elevato costo di impianto**, danno luogo ad **elevate perdite termiche** a causa dell'elevata superficie di scambio. Per questi motivi è necessario non sottovalutare il problema del dimensionamento delle condotte di distribuzione del vapore.

I **parametri di progetto** disponibili con cui dimensionare le condotte sono la **portata di vapore** richiesta e le **condizioni termodinamiche** del vapore richiesto. Generalmente per contenere le perdite di carico entro valori accettabili si adottano per **vapore saturo secco velocità massime** ammissibili **tra i 10 m/s per le condotte di minore diametro, fino a 35-40 m/s per le tubazioni di diametro maggiore**; per **vapore surriscaldato** sono ammesse velocità massime superiori con valori che possono arrivare fino a 60 m/s per i diametri maggiori; in quest'ultimo caso non si hanno

Impianti/Servizio Vapore Industriale

infatti problemi legati al **trascinamento condensa** che per urti potrebbe danneggiare gli organi della tubazione.

In relazione a tali parametri, viene dimensionato il **diametro della tubazione**. Per quanto riguarda le **perdite di carico**, oltre alle **perdite distribuite**, valutabili con normogrammi come quello riportato in figura 17, si devono considerare anche le **perdite concentrate**: a tal fine si ricorre a tabelle che forniscono il valore della lunghezza equivalente dell'accidentalità in funzione del tipo di accidentalità e del relativo diametro, oppure si maggiora direttamente la lunghezza della tubazione.

In questo caso la maggiorazione della lunghezza può arrivare fino al 20% nel caso di condotte particolarmente tortuosa con frequenti derivazioni.

Il dimensionamento delle condotte può avvenire a partire dalla pressione richiesta alle utenze in condizioni di portata massima; **fissato un valore di velocità nelle condotte**, si risale al **diametro della tubazione** e quindi al valore delle perdite tramite i relativi normogrammi (ad esempio quello riportato in figura 17).

Si determina in questo modo la pressione del vapore immediatamente a valle del gruppo riduttore di pressione e quindi il valore di pressione con cui tarare lo stesso, in questo caso, per un dimensionamento corretto, si deve verificare che le perdite di carico si mantengano come ordine di grandezza all'interno dei seguenti range:

Pressione di esercizio [bar]	Perdite di carico [bar/100 m condotta]
0 - 2	0,1 – 0,3
2 - 10	0,3
oltre 10	1,2 o più

Alternativamente, se fosse fissata la pressione di alimentazione, si procederebbe a **perdite di carico costanti**, in modo da perdere tra la mandata e l'utenza il carico disponibile. In questo caso il dimensionamento a perdite costanti dovrebbe essere seguito da una verifica delle velocità, che si debbono mantenere all'interno dei range sopra menzionati.

Le tubazioni della rete di distribuzione devono essere **isolate termicamente** per ridurre il più possibile le **dissipazioni termiche e la formazione di condensa** lungo le stesse. Le tubazioni vanno comunque dotate di **adeguata pendenza** per favorire lo scarico della condensa eventualmente formatasi e dell'aria verso pozzetti di raccolta muniti di scaricatori di condensa.

Un **adeguato drenaggio** della condensa permette infatti di **prevenire fenomeni come il colpo d'ariete**, causa di rotture di componenti (il colpo d'ariete è un'onda di sovrappressione che si verifica per urto della condensa contro un ostacolo come valvole, filtri, curve ecc...).

Particolari soluzioni di pendenze e drenaggi sono riportati nella figura 16. Da notare come **variazioni di diametro** vadano sempre realizzate **eccentriche** per evitare ristagno di condensa e quindi colpi d'ariete.

Soprattutto su lunghi tratti di tubazione di grande diametro, è necessario inserire **compensatori di dilatazione** in grado di evitare distorsioni e disassamenti della linea.

Impianti/Servizio Vapore Industriale

Solitamente si preferiscono **dilatatori a soffietto**, (v. figura 17) corredati dalle guide necessarie, rispetto a quelli a lira, per le **minori perdite di carico**.

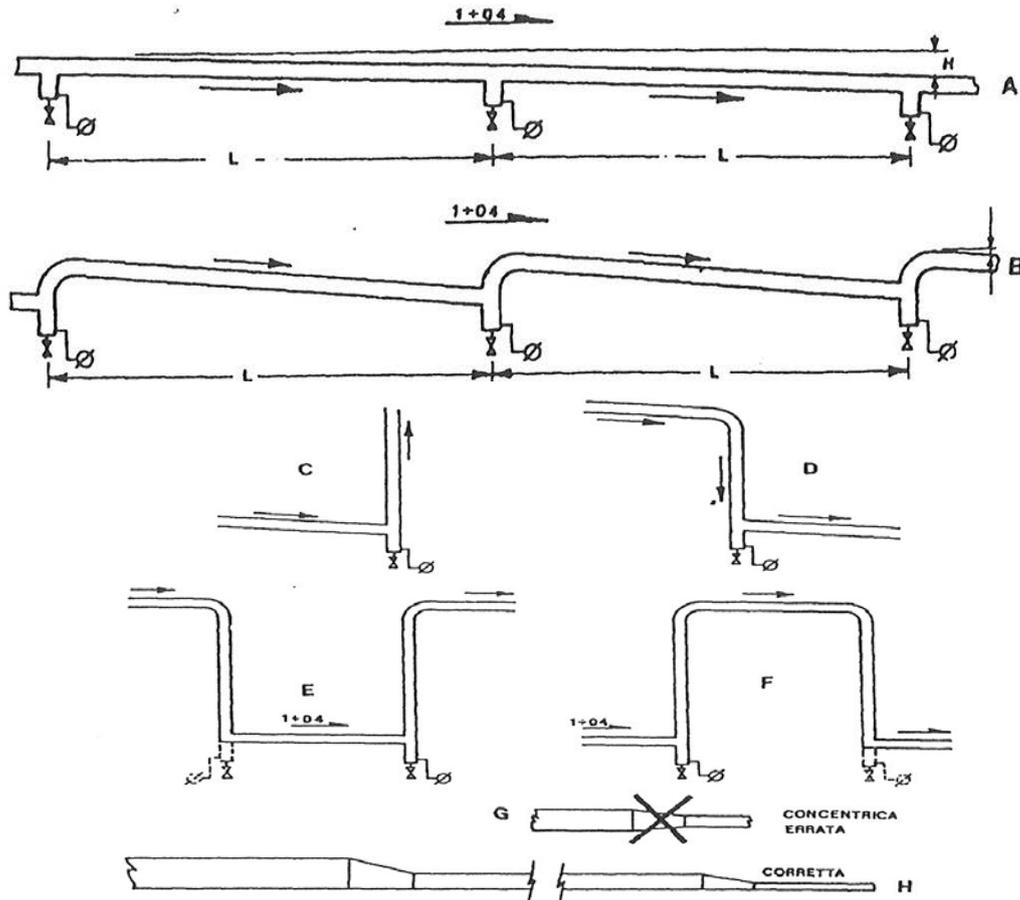


Fig. 16 - Schemi di tubazioni trasporto vapore (pendenze drenaggi - riduzioni). Si notino i pozzetti di raccolta condensa a pieno **diametro**.

Pendenze: notare la concomitanza col flusso: la pendenza continua (A) produce minore perdita di carico; la pendenza con tratti di ripresa (B) consente di non perdere quota ed è l'unica soluzione per evitare contropendenze su terreni in salita.

Drenaggi: (C) a piede di montante; (D) a piede di tratto discendente; (E) in sottopasso di un ostacolo; (F) in sovrappasso di un ostacolo.

Distanze fra i drenaggi: (figure A e B):

$L = 40 + 50$ m, **per impianti ad avviamento automatico**

$L = 100 * 150$ m, **per impianti ad avviamento assistito**.

Riduzioni: sconsigliabili quelle concentriche o coassiali (G) perché trattengono condensa con pericolo di colpi d'ariete, usare riduzioni eccentriche (H).

figura 16: soluzioni progettuali per la rete di distribuzione

Per quanto riguarda il **prelievo del vapore** da inviare alle utenze tecnologiche, si preferisce effettuare il **prelievo dall'alto** in modo da prelevare vapore il più secco possibile il che si traduce in una maggiore efficacia dello scambio termico sull'utilizzatore.

Impianti/Servizio Vapore Industriale

In figura 19 viene riportato un esempio di corretto prelievo del vapore sulle parti terminali della tubazione devono essere sempre previsti sistemi di **drenaggio della condensa con scaricatori a galleggiante e scaricatori termostatici** a pressioni equilibrate per lo scarico dell'aria. Nel caso il vapore si trovi ad elevata pressione si possono utilizzare scaricatori termodinamici per il vapore e bimetallici per l'aria.

Impianti/Servizio Vapore Industriale

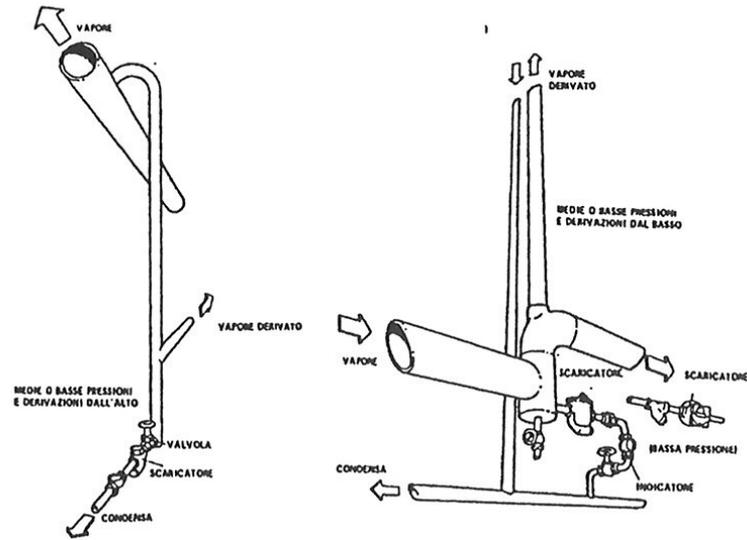


figura 17: prelievi di vapore tecnologico

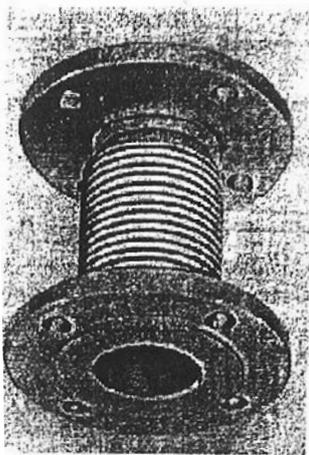


figura 18: compensatori a soffietto

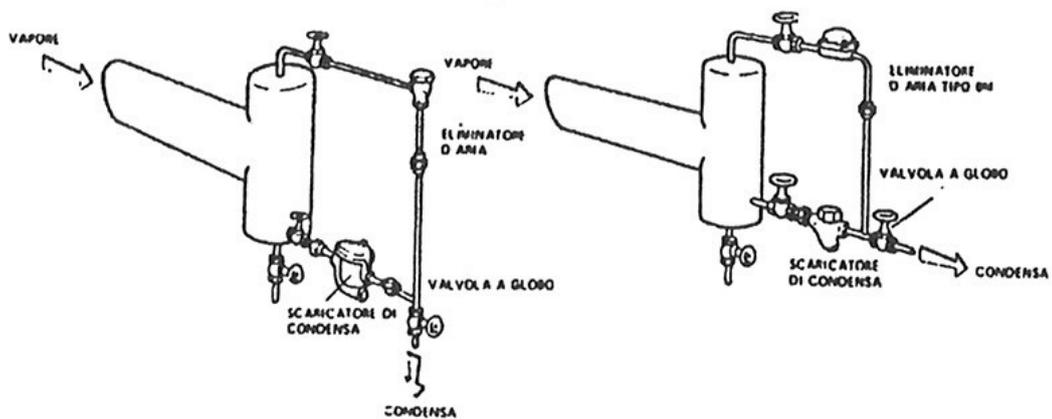


figura 19: eliminazione dell'aria e della condensa

8.7 UTENZE A VAPORE: TERMOREGOLAZIONE

Alle utenze tecnologiche il vapore deve arrivare nello stato fisico di **vapore saturo secco** e con

Impianti/Servizio Vapore Industriale

una **pressione (e quindi temperatura)** che deve essere **la minima compatibilmente con la temperatura richiesta dalle utenze.**

All'aumentare della temperatura, infatti, diminuisce il valore del calore latente di vaporizzazione e quindi la quantità di calore scambiabile dall'unità di massa di vapore.

L'afflusso di vapore alle utenze avviene tramite **valvola termostatica**. Le valvole termostatiche permettono di **regolare la portata di vapore** all'utilizzatore **in funzione della temperatura** del fluido riscaldato, (v. figura 20)

$$G_{in_imp} r = G_2 c_{p2} (t_{out_user} - t_{in_user}) \quad G_1$$

r calore totale latente di vaporizzazione

NB: Vapore saturo secco (appena sulla campana lato dx (NON c'è raffreddamento vapore surriscaldato)!!!

$$G_{in1} * r = G_2 c_{p2} (t_{out2} - t_{in2})$$

r calore totale latente di vaporizzazione

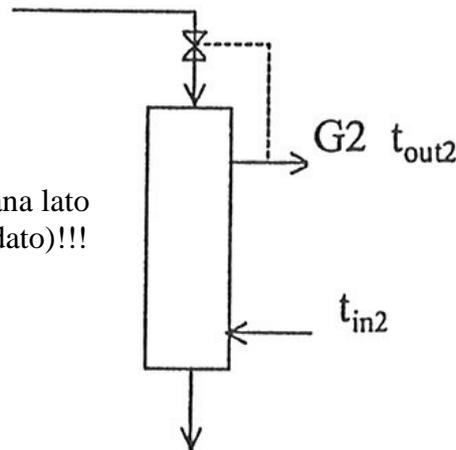


figura 20: funzionamento di una valvola termostatica

Questo consente di ottenere:

- Conseguimento della **qualità desiderata del prodotto** (in molti casi variazioni temperatura comportano alterazione della qualità del prodotto).
- **Eliminazione degli scarti** di produzione.
- **Risparmio** di vapore e quindi di combustibile

Esistono **due tipi fondamentali di valvola termostatica:**

- La valvola a **dilatazione di liquido** e
- la valvola a **tensione di vapore.**

Entrambe le valvole sono costituite da un corpo in cui si muove un otturatore solidale ad un elemento elastico di potenza, collegato tramite capillare ad un bulbo di rilevazione della temperatura.

Nella valvola a dilatazione di liquido un liquido riempie il bulbo sensibile, il capillare di collegamento ed un elemento di potenza elastico cui è collegato l'otturatore. La dilatazione e la contrazione del liquido termostatico in funzione della temperatura t_{out2} provoca il movimento della valvola. Variando il volume a disposizione del liquido nel bulbo tramite molla di taratura, varia la temperatura di set up.

Caratteristiche della valvola termostatica a dilatazione di liquido sono **l'elevata precisione, l'indipendenza dalla temperatura di esercizio, la notevole potenza disponibile** per il comando

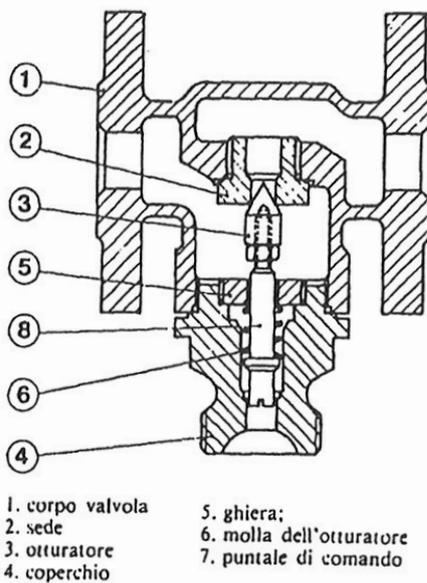
Impianti/Servizio Vapore Industriale

della valvola anche nel caso di diametri elevati.

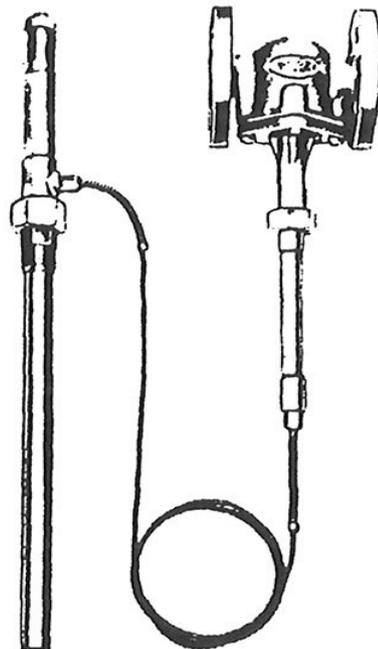
Nel caso di **valvola termostatica a tensione di vapore** il bulbo il capillare e l'elemento di potenza sono riempiti da un fluido volatile che nel bulbo rimane sotto forma di miscela bifase liquido - vapore. Le **variazioni della temperatura** t_{out2} provocano **variazioni della pressione** del vapore interno al bulbo che spostano l'elemento elastico di potenza cui è collegato l'otturatore della valvola. Variando il carico della molla di contrasto all'elemento di potenza varia la temperatura di taratura.

Elevata sensibilità e velocità di risposta, buona tolleranza ad eventuali temperature superiori al punto di taratura sono le caratteristiche salienti di questo tipo di valvole termoregolatrici.

L'**otturatore** delle valvole può essere a **sede doppia o semplice**. Le valvole a **sede semplice** (v. figura 21) garantiscono una **perfetta tenuta** e quindi sono particolarmente adatte nel caso di scambiatori con richiesta di **vapore intermittente**, quelle a **sede doppia** (v. figura 22) non garantiscono perfetta tenuta ma **essendo equilibrate**, sono consigliate in utilizzatori con **richiesta costante o variabile gradualmente**.



Valvola a sede semplice (Jucker)



Termoregolatore con valvola a sede semplice (Jucker)

figura 21: valvola termostatica a sede semplice

Impianti/Servizio Vapore Industriale

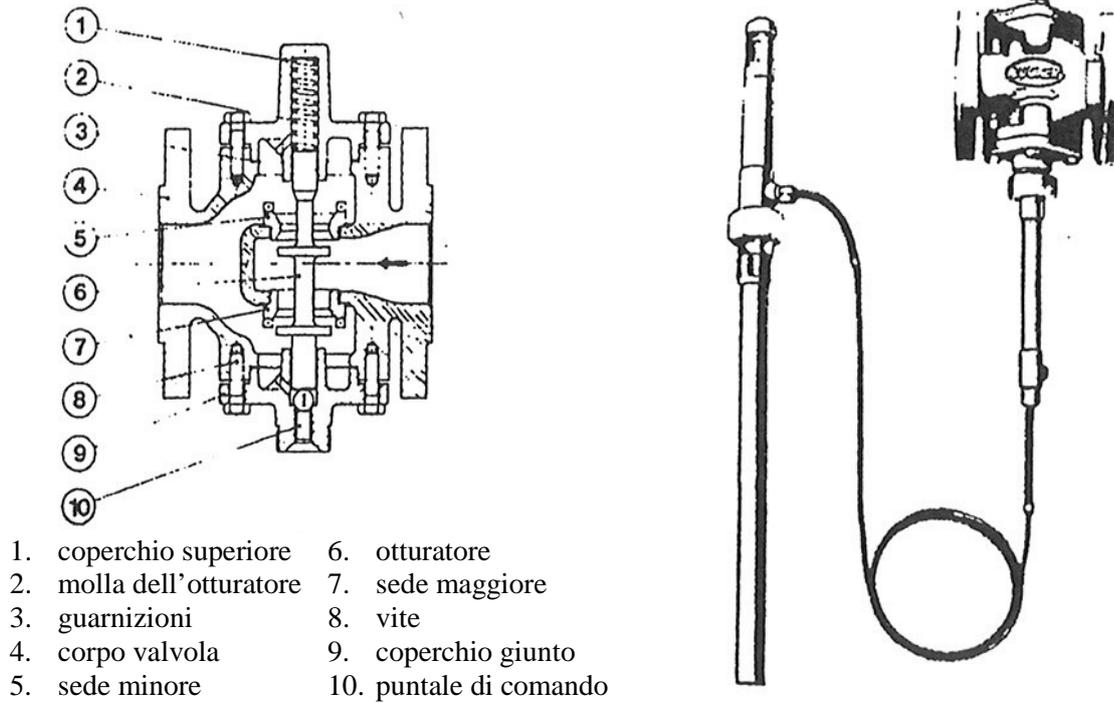


figura 22: valvola termostatica a sede doppia

Per regolazioni di notevole precisione (tolleranze del decimo di grado) si usano **termoregolatori servoazionati** con comando pneumatico, elettrico o idraulico. In questo caso il segnale di azionamento sull'otturatore viene inviato da una centralina sulla base del confronto tra la temperatura di progetto del fluido riscaldato e quella effettiva.

Impianti/Servizio Vapore Industriale

8.8 SCARICATORI DI CONDENZA

Affinché lo scambio termico avvenga nel modo più efficace possibile è necessario **eliminare dalle superfici di scambio la condensa formatasi**, la quale funge da isolante termico per gli scambi di vapore e può dar luogo a fenomeni corrosivi, e **gli incondensabili** eventualmente presenti o rientrati in seguito dall'esterno o disciolti nell'acqua, i quali, oltre a ostacolare lo scambio termico, essere fonte di corrosione e ritardare la messa a regime dell'impianto, per la legge di Dalton, abbassano la temperatura del vapore.

Da Wikipedia, l'enciclopedia libera.

Legge delle pressioni parziali

La pressione totale esercitata da una miscela ideale di gas ideali, è uguale alla somma delle pressioni parziali che sarebbero esercitate dai gas se fossero presenti da soli in un eguale volume.

La pressione parziale p_i di un componente di una miscela di gas è la pressione che questo avrebbe qualora occupasse, da solo, il volume a disposizione dell'intera miscela.

Più precisamente, la pressione P di una miscela di q gas può essere definita come:[1]

$$P = \sum_{i=1}^q p_i = p_1 + p_2 + \dots + p_q$$

dove p_i rappresenta la pressione parziale dell' i -esimo componente.

Questo significa che ogni gas presente in una miscela ideale, agisce come se l'altro gas non fosse presente e, pertanto, le pressioni di ciascun gas possono essere semplicemente sommate. Si presume che i gas non reagiscano o interagiscano mediante forze intermolecolari (Van Der Waals, London) l'uno con l'altro.

Ogni apparecchio utilizzatore allora dovrà essere dotato di **scaricatori d'aria e condensa** per il drenaggio di questi due fluidi, in modo da garantire scambi termici rapidi ed efficaci.

Lo **scaricatore di condensa è allora un'apparecchiatura** assimilabile ad una valvola, che permette lo **scarico di condensa ed aria** ma che **non permette** lo scarico di **vapore**.

È importante che ogni utenza sia dotata di **un proprio scaricatore di condensa**; il ricorso ad un solo scaricatore per più utenze (v. figura 23) può far sì che possa risultare difficoltoso lo scarico della condensa da parte di alcuni utilizzatori.

Le pressioni all'uscita delle utenze possono infatti essere in generale diverse; quindi, nel caso si ricorresse ad un solo scaricatore per più utenze, a valle delle utenze caratterizzate da una pressione più bassa potrebbe risultare più difficile il drenaggio della condensa.

In queste condizioni si avrebbe allora l'allagamento di tali utenze, con formazione di condensa all'interno degli utilizzatori. Tale fenomeno è assolutamente da evitare in quanto comporta una riduzione del coefficiente di scambio termico e quindi un abbassamento della temperatura del fluido riscaldato.

Questo segnale viene interpretato dalla valvola termostatica come aumento del carico; essa allora si apre inviando nuovo vapore e contribuendo ad un ulteriore allagamento.

Per evitare il fenomeno dell'allagamento è allora necessario **dotare ogni apparecchiatura del suo scaricatore** di condensa, che deve essere montato se possibile ad una quota inferiore rispetto allo scambiatore, per favorire lo scarico della condensa.

Impianti/Servizio Vapore Industriale

Il **tubo di collegamento deve essere il più corto ed il meno isolato possibile** per evitare che in seguito all'arrivo allo scaricatore di vapore e quindi alla sua chiusura, si formino nel tubo lunghi tappi di vapore (**invaso di vapore**) che impediscono lo scarico della condensa dall'utilizzatore favorendo il fenomeno dell'allagamento dell'utilizzatore.

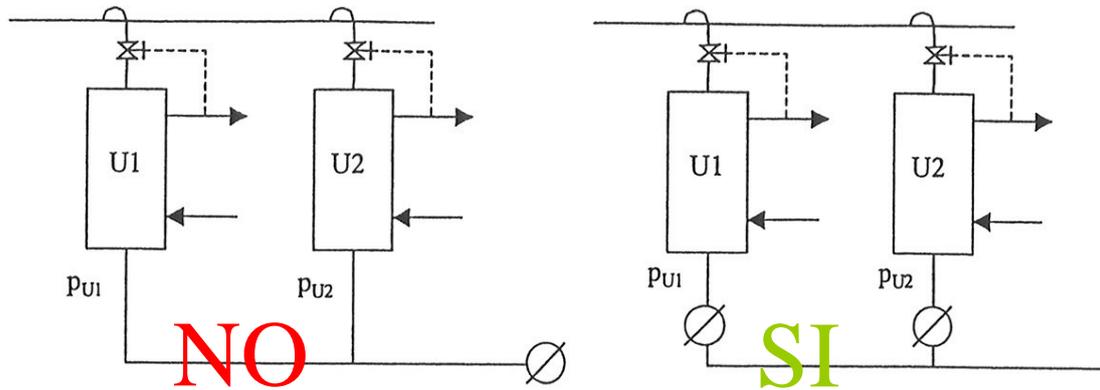


figura 23: problema della formazione dell'invaso di vapore

La scelta dello scaricatore dipende da numerosi parametri quali:

- le condizioni operative dell'impianto (pressione del vapore),
- le caratteristiche delle utenze (invasi di vapore)
- le condizioni ambientali (es. problemi di gelività).

Una prima **classificazione degli scaricatori di condensa** può essere fatta in base al **principio di funzionamento**: si hanno allora scaricatori **meccanici, termostatici o termodinamici**.

Impianti/Servizio Vapore Industriale

8.8.1 SCARICATORI MECCANICI

Negli scaricatori meccanici lo scarico della condensa avviene in base al diverso stato fisico di condensa da un lato ed aria e vapore dall'altro.

8.8.1.1 Scaricatori a galleggiante

Uno schema di **scaricatore di condensa a galleggiante** viene riportato in figura 24.

Un galleggiante per mezzo di un leverismo ed un otturatore apre più o meno oppure chiude la sede di scarico, secondo il livello della condensa che giunge.

L'apertura quindi è immediata, proporzionale alla quantità di condensa e non interferisce minimamente con un'eventuale regolazione automatica. L'azione antibloccaggio d'aria dell'eliminatore termostatico incorporato è efficacissima sia in avviamento che in esercizio.

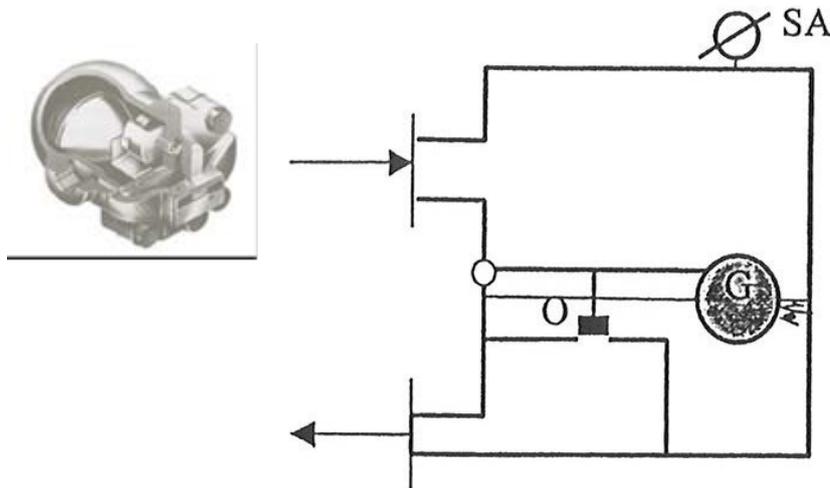


figura 24: schema funzionale di scaricatore a galleggiante

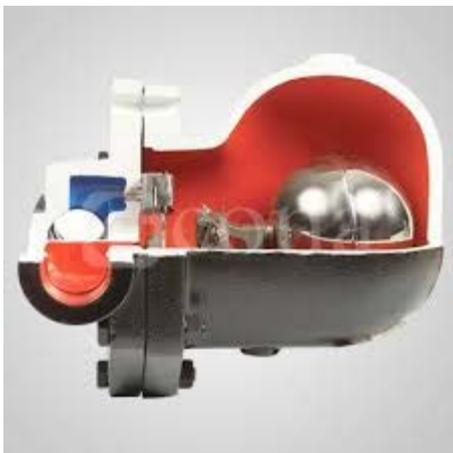
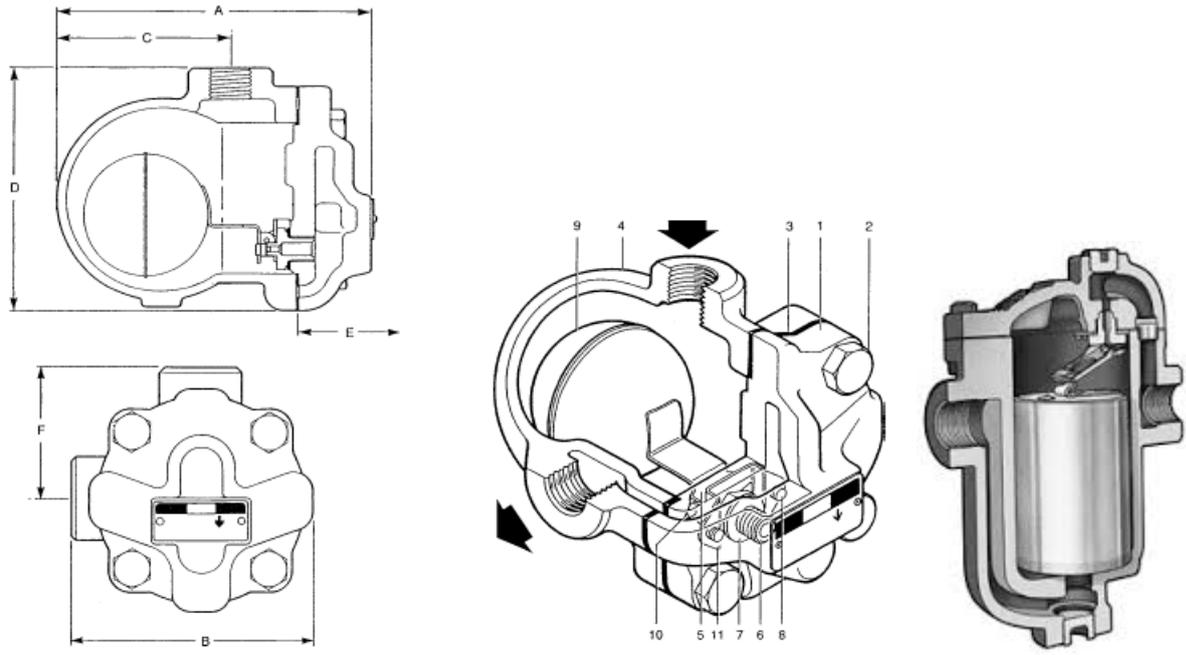
La condensa, arrivando dall'alto allaga lo scaricatore, sollevando il **galleggiante G**. Questo movimento fa sì che l'**otturatore O** scopra la luce di scarico, permettendo il deflusso della condensa verso la rete condense. Nel caso allo scaricatore arrivi invece vapore, questo ristagna nella camera senza sollevare il galleggiante, e, solo dopo che è condensato, può essere quindi scaricato.

Per quanto riguarda l'**eliminazione dell'aria**, questa avviene tramite un **elemento termostatico SA** (v oltre). Lo scarico dell'aria è fondamentale per il corretto funzionamento dello scaricatore; alla lunga infatti l'aria accumulatasi creerebbe una contropressione che non permetterebbe più lo scarico del vapore, dando luogo al fenomeno dell'invaso di vapore, ossia dell'allagamento con condensa dell'utilizzatore.

L'elemento per lo scarico dell'aria è termostatico per le pressioni più basse, bimetallico per vapore surriscaldato (temperature più elevate). In figura 25 viene riportato una **sezione** di uno scaricatore a galleggiante.

Lo scaricatore a galleggiante è caratterizzato da **scarico continuo e modulante** e rappresenta la **prima scelta per tutte le applicazioni di processo termoregolate**, ed è quindi da preferirsi quando le caratteristiche di impiego lo permettono, soprattutto quando i processi non consentono di sopportare la formazione di invasi. **È sensibile a condense corrosive e colpi d'ariete**, può rimanere **bloccato in chiusura** per danneggiamento del galleggiante.

Impianti/Servizio Vapore Industriale



No water seal at inlet
Inlet high on body and condensate discharge valve in the bottom of the body prevent formation of a water seal that could block flow of air to vent under very low pressure conditions.

Optional integral vacuum breakers
Provide maximum protection against freezing and water hammer in condensing equipment under modulated control. They also eliminate another fitting being installed in the line.

Corrosion resistance
Entire float mechanism is made of stainless steel. The float is heliarc welded to avoid the introduction of dissimilar metals, which could lead to galvanic corrosion and float failure.

High-capacity venting of air and CO₂
Built-in thermostatic air vent discharges large volumes of air and CO₂ through its separate orifice—even under very low pressure conditions.

Long life and dependable service
Valve is stainless steel in all sizes. Seat is heat treated in 1-1/2" pipe size and larger. Rugged float mechanism is built to resist wear, and the stainless steel float provides exceptionally high collapsing pressure and resistance to hydraulic shock.

Water sealed valve
Steam cannot reach condensate discharge valve because it is always under water. Balanced pressure thermostatic air vent closes on steam at any pressure within the operating range of the trap.

Operation against back pressure
Trap operation is governed solely by the condensate level in the trap. Back pressure in the return line will not render the trap inoperative as long as there is any pressure differential to force condensate through the discharge valve.

Continuous drainage
No pressure fluctuations due to intermittent condensate drainage. Condensate is discharged at very close to steam temperature. No priming needed.

figura 25: scaricatore di condensa a galleggiante

Impianti/Servizio Vapore Industriale

8.8.1.2 scaricatori a secchiello rovesciato

Nel caso di **scaricatore a secchiello rovesciato**, la chiusura dell'orifizio è dovuta alla **spinta di galleggiamento generata da vapore presente all'interno del secchiello**.

Lo schema di uno scaricatore a secchiello rovesciato è riportato in figura 27.

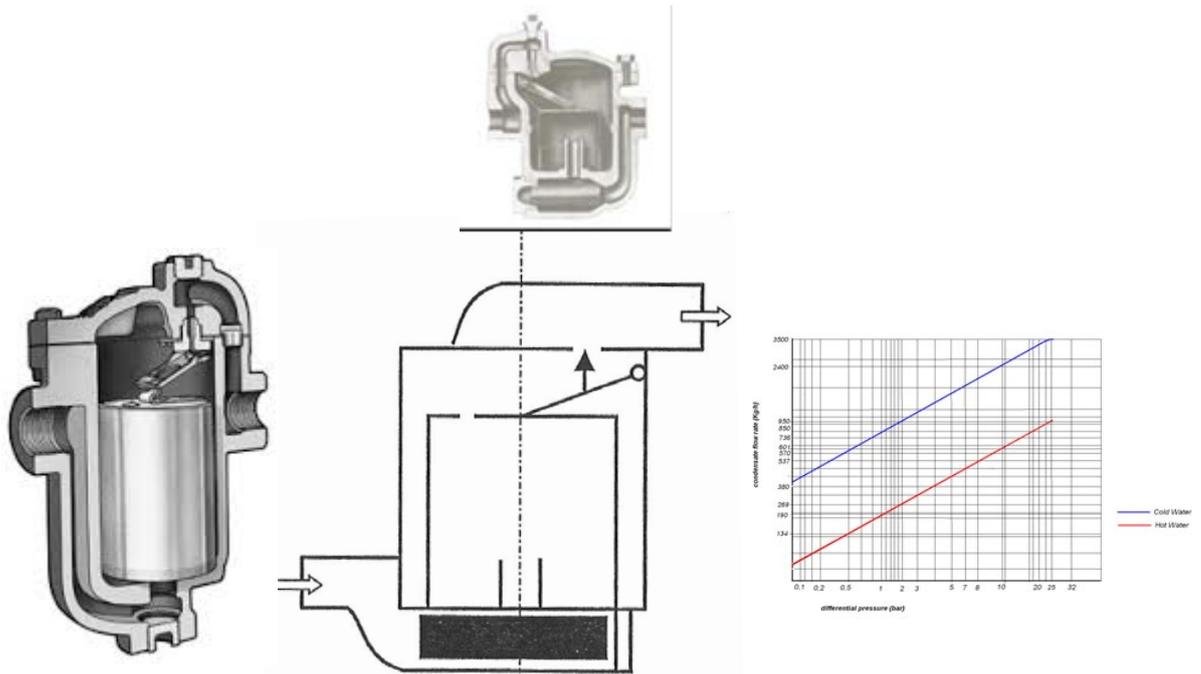


figura 26: schema funzionale di uno scaricatore a secchiello rovesciato

Lo scaricatore è costituito da un **corpo** all'interno del quale si muove un **secchiello rovesciato** al quale viene collegato l'**otturatore** del condotto di scarico.

Per il **funzionamento dello scaricatore**, è necessario che il corpo dello scaricatore sia completamente pieno di condensa; in questo modo il secchiello affonda per effetto del proprio peso, permettendo lo scarico della condensa in arrivo.

Nel caso in cui allo scaricatore arrivi vapore, questo rimane invece intrappolato sotto il secchiello, quest'ultimo viene spinto verso l'alto per effetto della spinta di Archimede, chiudendo la luce di scarico. Lo scarico è quindi impedito fino a quando il vapore al di sotto del secchiello non condensa.

Il secchiello si abbassa permettendo di nuovo lo scarico della condensa. Per il funzionamento dello scaricatore è quindi necessaria la presenza di condensa per garantire la tenuta idraulica nella parte inferiore del secchiello, in modo da consentire al secchiello di galleggiare sulla condensa nel caso giunga vapore.

Lo scaricatore a secchiello rovesciato funziona allora ad intermittenza dal momento che l'arrivo di vapore non permette lo scarico della condensa. Per fare in modo che lo scarico riprenda il più velocemente possibile è quindi necessario fare in modo che il vapore condensi all'interno dello scaricatore il più velocemente possibile, **è quindi assolutamente da evitare la coibentazione dello scaricatore**.

Un cenno particolare va fatto al comportamento dello scaricatore relativamente all'aria, dal

Impianti/Servizio Vapore Industriale

momento che se l'aria non venisse scaricata, si creerebbe infatti una contropressione che ostacolerebbe l'ingresso di ulteriore condensa favorendo l'allagamento dell'utilizzatore.

All'avviamento, se lo scaricatore è vuoto, il secchiello è abbassato e l'aria si può scaricare liberamente. A regime, però, l'aria si comporta esattamente come il vapore; essa rimane intrappolata al di sotto del secchiello, provocando il galleggiamento di quest'ultimo sulla condensa e la chiusura dell'otturatore. Dal momento che l'aria non condensa, per poter abbassare il secchiello viene praticato un orifizio calibrato sulla sommità del secchiello stesso, tramite il quale scaricare l'aria intrappolata, che viene riportato in figura 28.

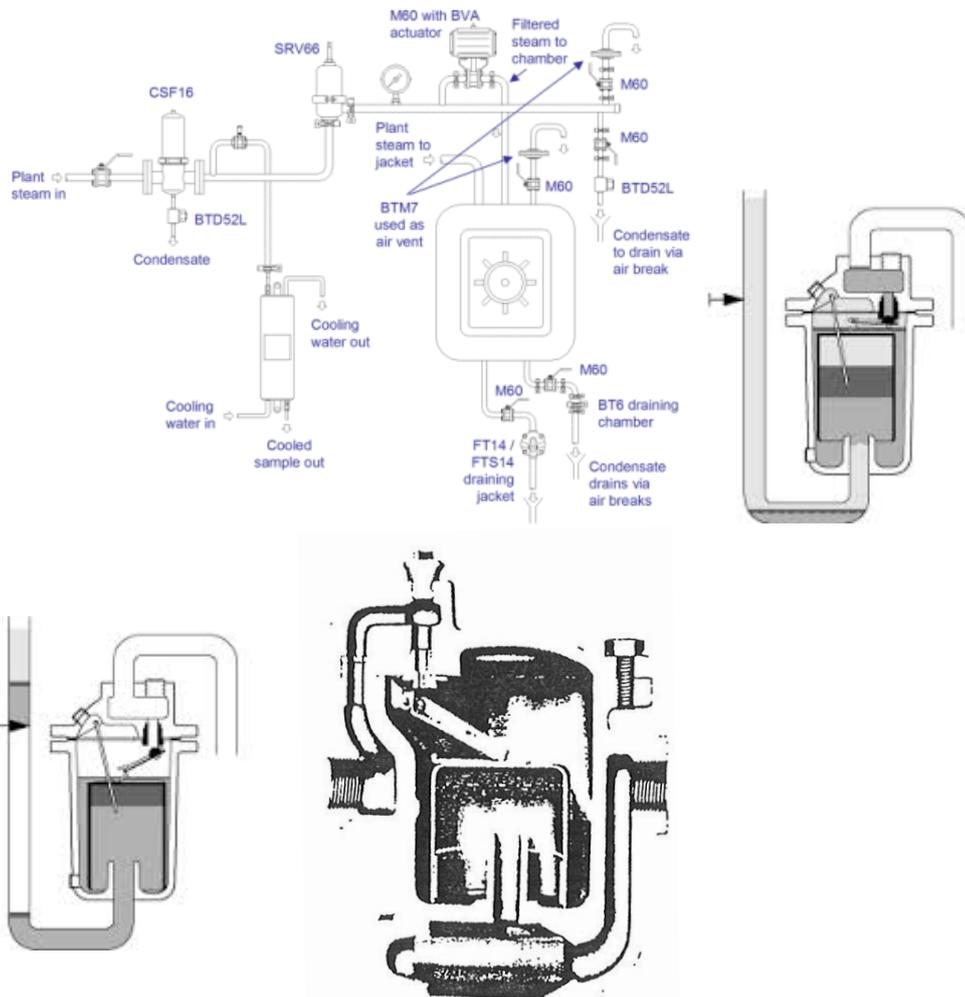


figura 27: scaricatore a secchiello rovesciato

I **maggiori problemi** legati all'impiego di scaricatori a secchiello rovesciato sono connessi al **funzionamento intermittente** e allo **scarico dell'aria** che non avviene così prontamente come nel caso di scaricatori a galleggiante. Per contro, gli scaricatori a secchiello rovesciato sono però da preferire a quelli a galleggiante per la maggiore robustezza, che garantisce una **maggiore protezione da colpi d'ariete e alla condensa corrosiva**.

8.8.2 SCARICATORI TERMOSTATICI

Impianti/Servizio Vapore Industriale

Il funzionamento degli **scaricatori termostatici**, si basa sulla **differenza di temperatura tra la condensa fredda e il vapore**. Un elemento termosensibile, infatti apre o chiude la luce di scarico a seconda che lo scaricatore venga attraversato da fluido freddo oppure caldo. Tali scaricatori sono quindi particolarmente adatti per funzionare **all'avviamento dell'impianto**, quando **l'impianto è pieno di aria fredda e di condensa sottoraffreddata che devono essere scaricate**.

Lo scaricatore termostatico è inoltre particolarmente indicato tutte le volte che si ha necessità di **trattenere la condensa** fino ad un **certo livello di raffreddamento**. Tra gli scaricatori termostatici maggiormente utilizzati si hanno lo **scaricatore termostatico a pressioni equilibrate** e lo **scaricatore bimetallico**.

8.8.2.1 scaricatore termostatico a pressioni equilibrate.

Questo tipo di scaricatore, il cui **schema costruttivo** viene riportato in figura 28, è costituito da un elemento flessibile a soffietto, parzialmente riempito da un fluido volatile, ed ermeticamente sigillato. Sul soffietto si trova l'otturatore, in grado di muoversi da e verso la sede dello scaricatore.

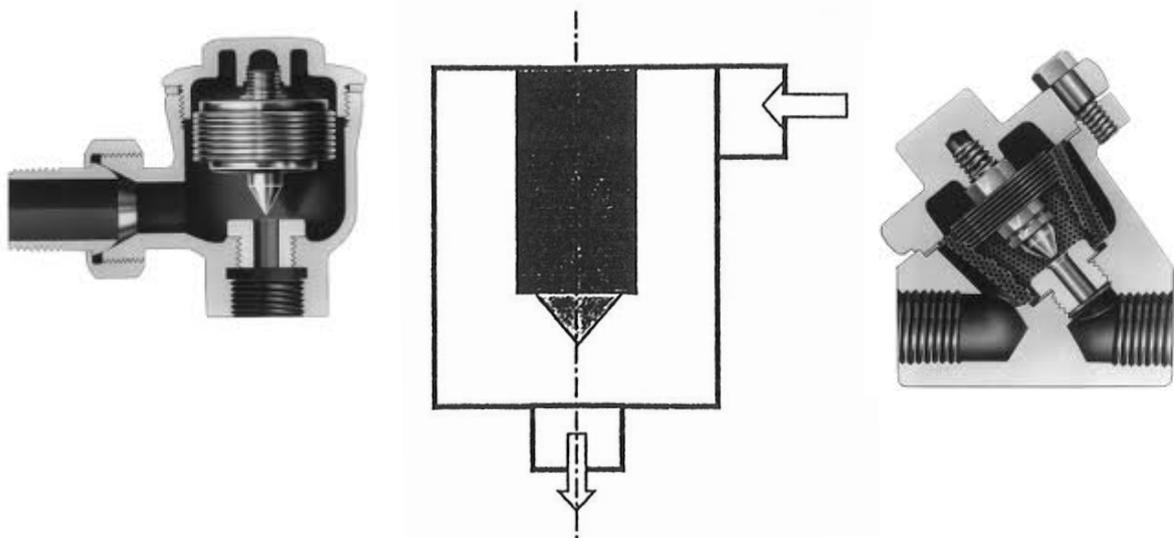


figura 29: schema costruttivo di uno scaricatore termostatico a pressioni equilibrate

L'elemento volatile ha una temperatura di evaporazione inferiore rispetto a quella del vapore acqueo.

A freddo, lo scaricatore è completamente aperto e può scaricare liberamente aria, gas e condensa fredda. **A caldo**, quando la temperatura della condensa si avvicina a quella di saturazione del vapore acqueo, il liquido volatile, evaporando all'interno dell'elemento flessibile, fa sì che la pressione interna superi quella esterna. L'elemento flessibile si espande portando l'otturatore a chiudere contro la sede. Non appena la temperatura della condensa all'esterno dell'elemento si riduce, si ha ricondensazione all'interno dell'elemento che si contrae aprendo la valvola di scarico. In figura 29 viene riportato un esempio costruttivo di scaricatore a soffietto.

Impianti/Servizio Vapore Industriale

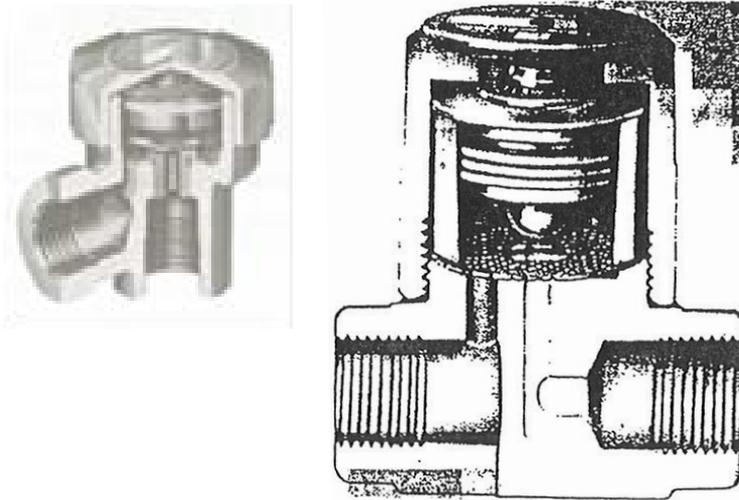


figura 29: scaricatore termostatico a soffietto a pressioni equilibrate

Nel caso di scaricatore a soffietto a pressioni equilibrate. Lo **scarico avviene quindi ad intermittenza** e solo **dopo che la condensa si è raffreddata**.

Non è quindi adatto a scaricare condensa alla temperatura di condensazione.

Teme colpi d'ariete e condense corrosive. Un grande vantaggio è rappresentato dalla prontezza di intervento che lo rende uno dei **migliori eliminatori d'aria all'avviamento dell'impianto** quando la quantità da scaricare è massima. L'apparecchio a **freddo ha inoltre lo scarico completamente aperto**.

8.8.2.2 Scaricatore bimetallico

Il funzionamento dello scaricatore bimetallico può essere illustrato in riferimento allo schema di figura 30.

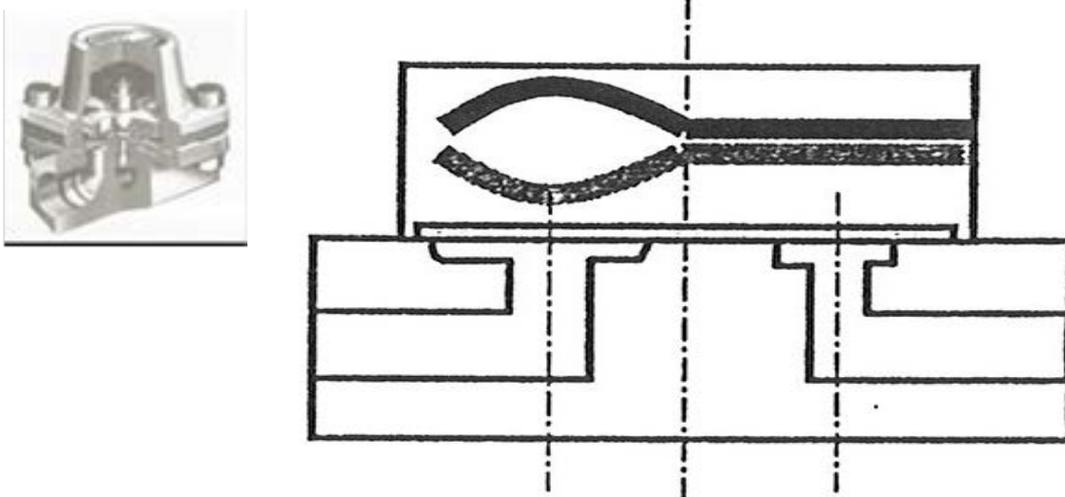


figura 30: schema funzionale di uno scaricatore bimetallico

Impianti/Servizio Vapore Industriale

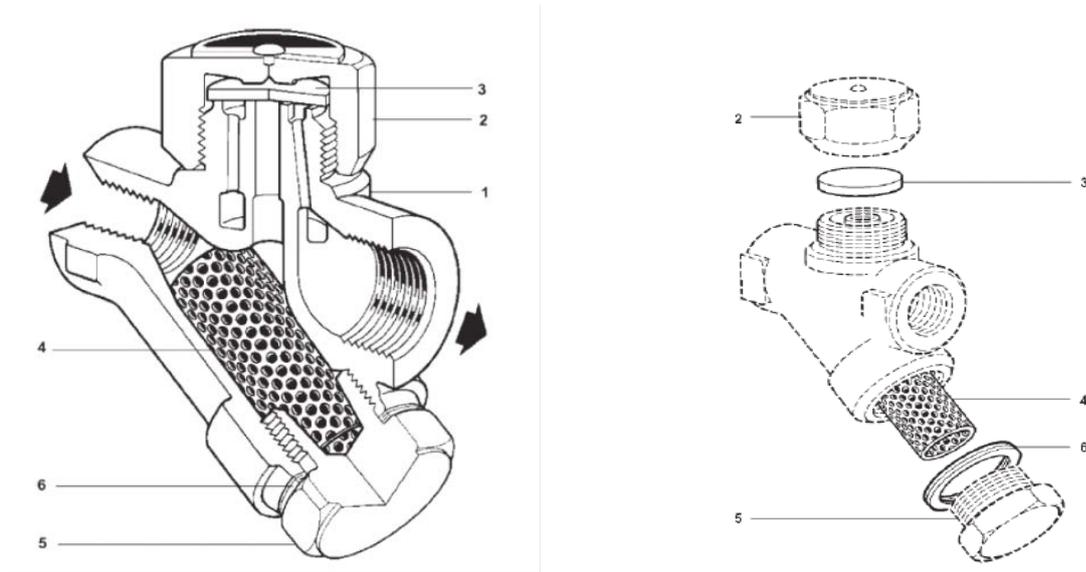


figura 30: schema funzionale di uno scaricatore bimetallico

In questo caso all'interno dello scaricatore viene inserito un elemento bimetallico.

A **freddo**, l'elemento bimetallico lascia aperta la sede dello scaricatore, permettendo così lo scarico di aria e condensa fredda. A caldo, per effetto della diversa dilatazione termica dei due elementi, l'otturatore si inflette, premendo verso il basso il disco sottostante che blocca l'afflusso del vapore o della condensa calda. Affinché l'otturatore si possa riaprire è quindi necessario che il vapore al suo interno condensi e si raffreddi ad una temperatura tale da riportare la lamina bimetallica in posizione neutra. Un esempio costruttivo di uno scaricatore bimetallico viene riportato in figura 31.

Lo **scaricatore bimetallico** ha come caratteristiche una **maggiore robustezza** rispetto allo scaricatore a soffiutto a pressioni equilibrate, che lo rende resistente a **condense corrosive e a colpi d'ariete**, ed adatto al funzionamento a **pressioni massime maggiori**. Per contro, il **funzionamento è comunque intermittente** ma non così pronto come nel caso di scaricatore a soffiutto, dal momento che è vincolato all'inerzia di dilatazione della lamina.

Impianti/Servizio Vapore Industriale

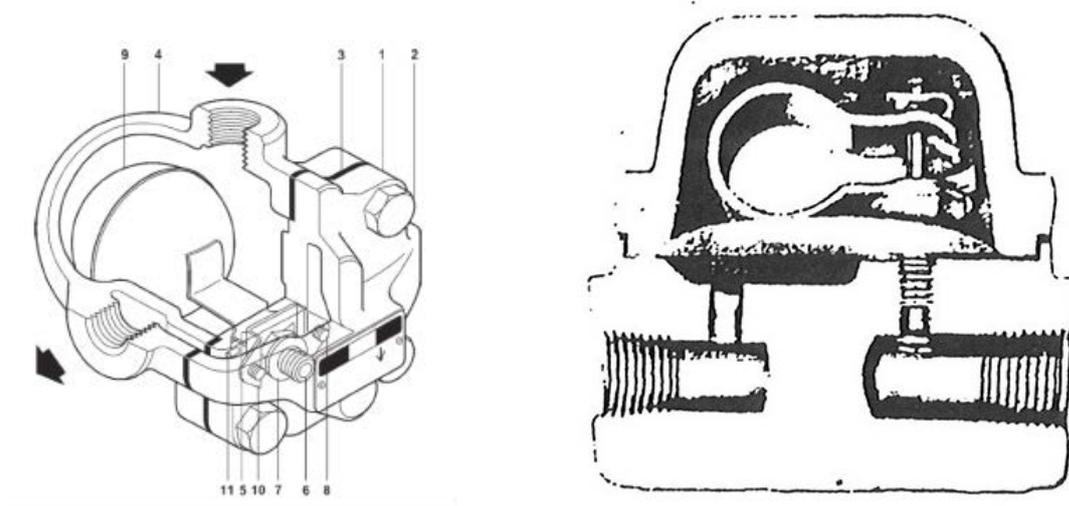


figura 31: scaricatore bimetallico

8.8.3 SCARICATORI TERMODINAMICI

Nel caso di **scaricatori termodinamici** il funzionamento dello scaricatore è legato ad un fenomeno termodinamico che si verifica all'interno dello scaricatore e che provoca la chiusura dell'otturatore nel caso in cui lo stesso venga attraversato da vapore, tra gli scaricatori termodinamici, il più diffuso è lo **scaricatore a disco**, il cui funzionamento può essere illustrato in riferimento alla figura 32.

Quando lo scaricatore viene attraversato da **condensa**, questa solleva il disco, riempie tutto lo scaricatore e fluisce in senso radiale verso la **gola di raccolta**, da cui viene convogliata verso la luce di scarico.

Nel caso di **presenza di vapore**, invece, il vapore all'ingresso dello scaricatore si espande per effetto della differenza di pressione tra monte e valle, corrispondente alla differenza tra la pressione di alimentazione del vapore e la pressione della rete condense. Tale espansione provoca un'accelerazione del vapore nella parte della camera al di sotto del disco, mentre nella parte superiore è invece presente vapore fermo. A questa differente velocità corrisponde una diversa pressione, per cui il disco viene schiacciato verso il basso, chiudendo la luce di ingresso.

Solo quando il vapore rimasto intrappolato nel corpo dello scaricatore condensa, il disco si può nuovamente sollevare per effetto della pressione della condensa in arrivo, riaprendo così la luce di ingresso. Lo stesso processo avviene nel caso di **formazione di una grande quantità di vapore di rievaporazione** allo scaricatore nel caso di arrivo di **condensa calda** e salto di pressione elevato tra monte e valle dello scaricatore.

Lo **scarico avviene in questo caso in modo intermittente**. Alcuni problemi si possono avere anche nello scarico di aria e gas. Una versione costruttiva di scaricatore termodinamico a disco viene riportata in figura 33.

Gli scaricatori termodinamici **non funzionano bene** per pressioni di ingresso inferiori a 1,3 bar e con salti di pressione tra monte e valle dello scaricatore ridotti (la contropressione allo scarico deve essere inferiore all'80% di quella in ingresso) dato che al di sotto di tali valori l'energia cinetica del vapore è insufficiente a generare la depressione richiesta.

Impianti/Servizio Vapore Industriale

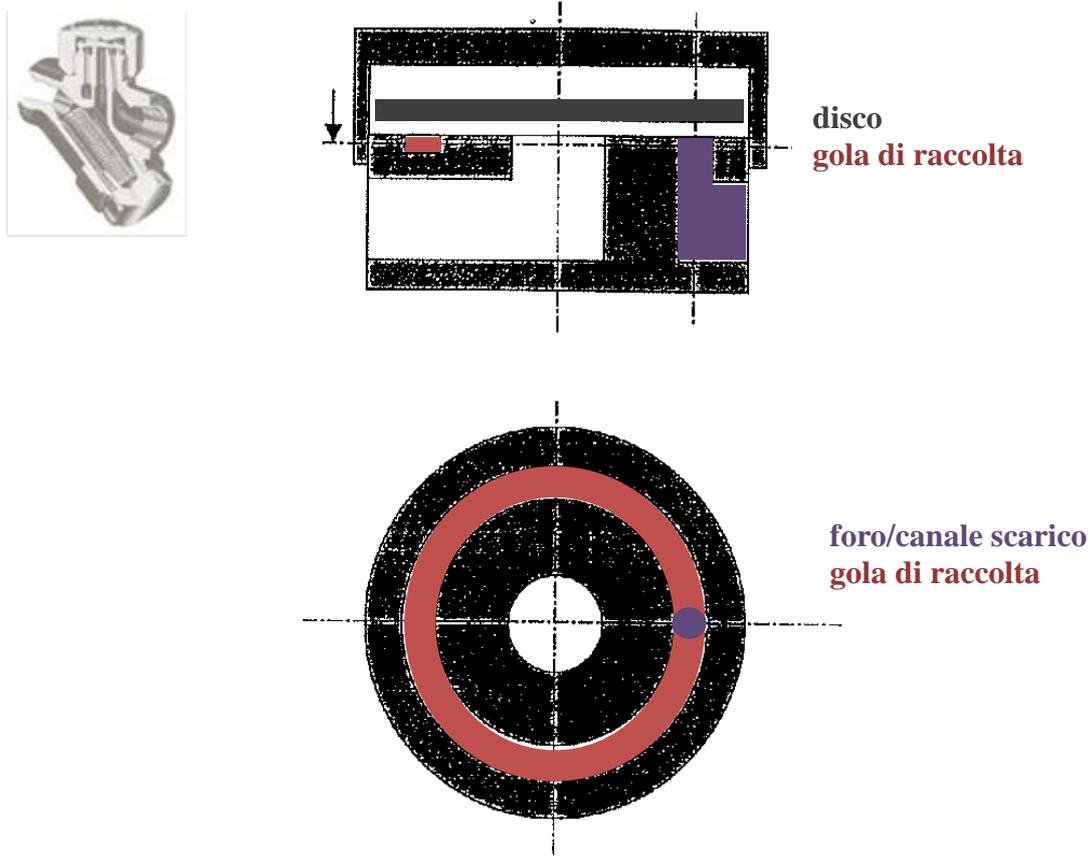


figura 32: schema di funzionamento di uno scaricatore termodinamico a disco

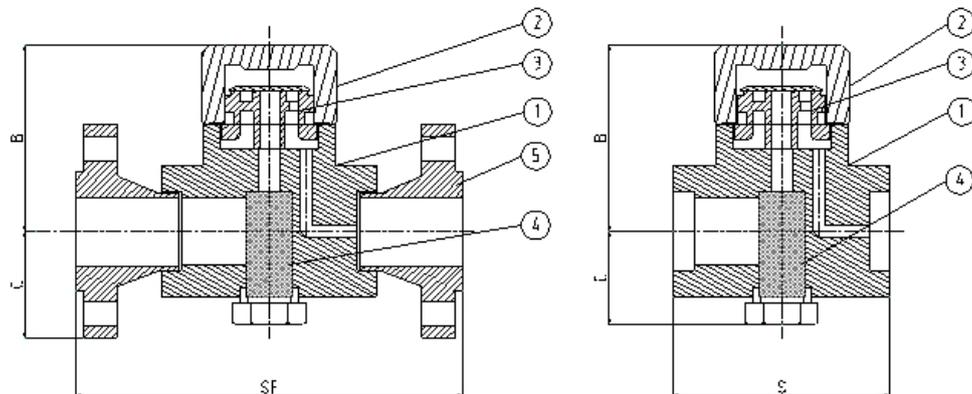


figura 32bis: schema di funzionamento di uno scaricatore termodinamico a disco

Termodinamico

Una sola parte mobile, il disco - otturatore delle sedi di scarico e la camera di controllo in cui esso si sposta, caratterizzano questo scaricatore. La condensa con la sua pressione, solleva il disco dalle sedi e viene scaricata. Il disco chiude al primo sopraggiungere di condensa rievaporante, o in sua assenza di vapore, che creano una depressione relativa sotto il disco per effetto dinamico e una

Impianti/Servizio Vapore Industriale

pressione nella camera di controllo superiore. In fase di chiusura l'otturatore è premuto sulla sede da questa pressione statica nella camera di controllo; la successiva condensazione del vapore, accelerata in caso di presenza di condensa, e la relativa diminuzione di pressione nella camera, provocano il risollevarsi del disco per una nuova fase.

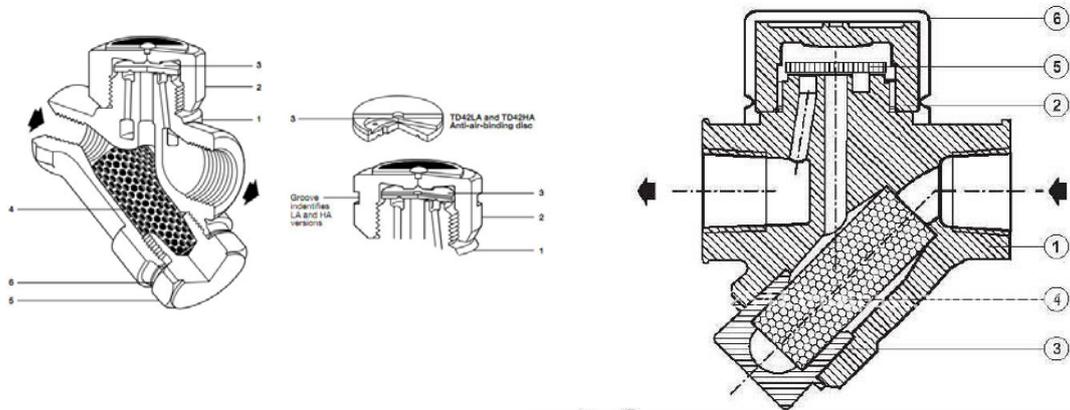


figura 33: schema di funzionamento di uno scaricatore termodinamico a disco

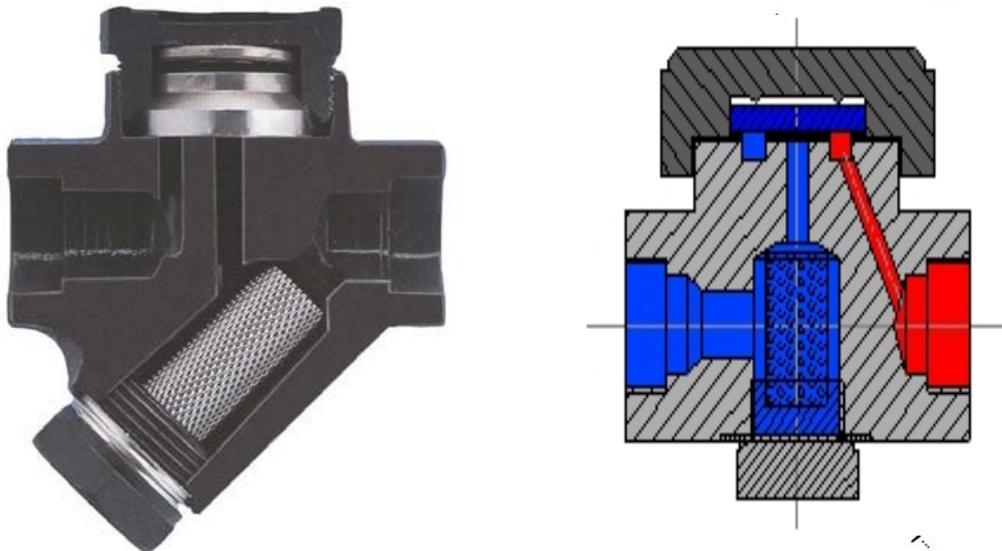


figura 34: scaricatore termodinamico a disco

Lo scarico dell'aria all'avviamento può risultare difficoltoso nel caso in cui la pressione salga molto rapidamente. In questo caso infatti l'alta velocità dell'aria produce un effetto Venturi analogo a quello del vapore. Nei caso invece la pressione salga lentamente, si possono scaricare grandi quantitativi d'aria. A favore degli scaricatori termodinamici giocano la **prontezza di scarico**, l'**elevata capacità di scarico**, la resistenza ad **elevate pressioni condense corrosive e colpi d'ariete** e il fatto di **essere vuoti a freddo** e quindi non sottoposti a pericolo di gelo.

Come detto le condense vengono convogliate in un serbatoio (pozzo caldo) da cui vengono quindi pompate in caldaia e nel quale verrà immessa acqua di reintegro.

Il posizionamento del pozzo caldo può essere a livello superiore rispetto agli scaricatori di

Impianti/Servizio Vapore Industriale

condensa oppure a livello inferiore.

Si parla rispettivamente di

- **pozzo caldo in quota o**
- **pozzo caldo a livello,**

come nello schema di figura 36.

Il pozzo caldo può essere poi alla **pressione atmosferica** o **sotto pressione**.

Nella scelta si devono tenere in conto alcuni fattori.

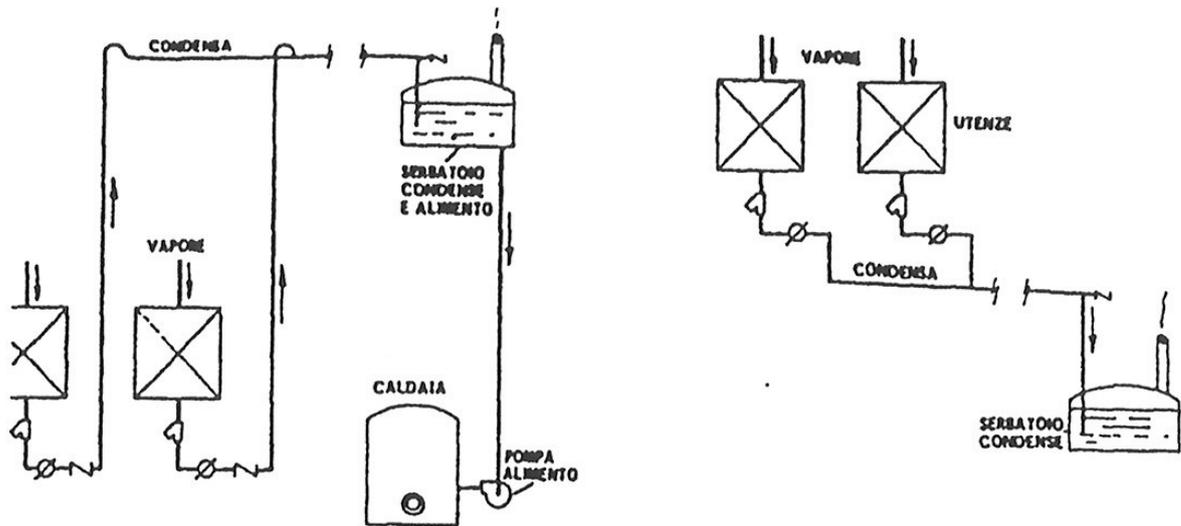


figura 35: posizionamento in quota o a livello del pozzo caldo

Impianti/Servizio Vapore Industriale

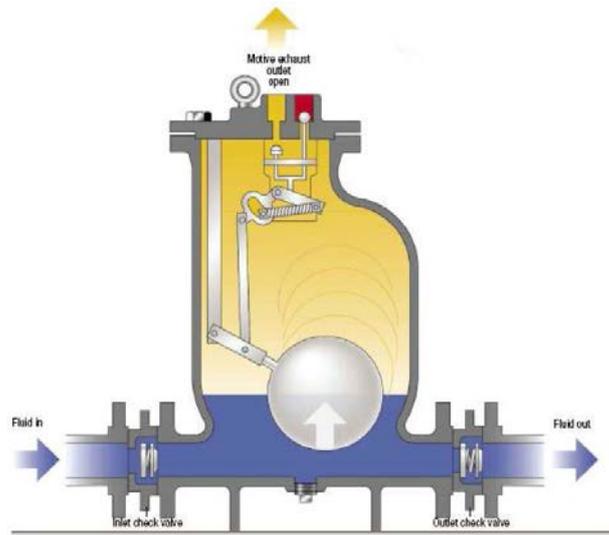


Fig. 29: Pompa a vapore: fase di riempimento.

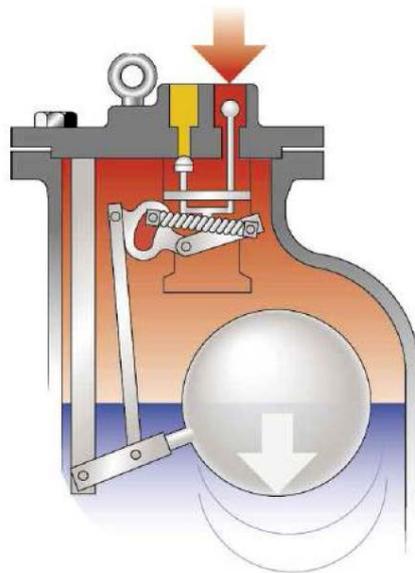


Fig. 30: Pompa a vapore: fase di pompaggio.

Fig. 31: Dimensioni caratteristiche pompa a vapore MFP14 DN80xDN50 della Spirax Sarco.

Impianti/Servizio Vapore Industriale

Il posizionamento in quota del pozzo caldo e la sua pressurizzazione permettono di ottenere una serie di vantaggi quali ad esempio

- assicurare un **adeguato battente alla pompa di alimento** caldaia prevenendone la cavitazione;
- creare una **contropressione sulla rete condense che limita la rievaporazione** delle stesse, che sono causa delle perdite di carico, consentendo quindi l'adozione di tubazioni di diametro più piccolo;
- poter collocare le tubazioni ad **altezza tale da non creare intralcio**.

Per contro, lo **svantaggio fondamentale** è però derivante dal creare una **contropressione allo scarico degli scaricatori** che in alcuni casi può **limitare sensibilmente la capacità di scarico della condensa** da parte dello scaricatore stesso.

Nella pratica è sconsigliabile effettuare innalzamenti sfruttando solamente la pressione del vapore quando la pressione del vapore stesso è inferiore ai 5 bar assoluti, e, in ogni caso, bisogna limitarsi sempre a **innalzamenti minimi** per arrivare a **livello soffittatura e mai superiori a 5-6 m**.

Nello schema riportato in figura 36 con pozzo caldo in quota, lo scaricatore è stato scelto in base alla differenza di pressione tra monte (pressione del vapore) e valle dello scaricatore (pressione del serbatoio condense più il montante di colonna di liquido più le perdite di carico).

Una **valvola di ritegno** impedisce il ritorno della condensa nello scaricatore quando il vapore è chiuso.

Se con pozzo caldo in quota la contropressione creata allo scarico dello scaricatore di condensa è eccessiva e tale da non permettere un Δp sufficiente tra monte e valle dello scaricatore per scaricare la portata richiesta, e non si vuole però rinunciare a ricorrere a serbatoi sopraelevati, è necessario ricorrere a **sistemi di innalzamento indiretto** tramite **pompa**.

Le pompe che vengono installate a tale scopo non sono normali pompe elettriche ma **pompe Odgen**, le quali funzionano impiegando vapore, con consumi particolarmente ridotti (3 - 4 kg di vapore/ora o meno).

Si tratta di macchine operatrici semplici ed estremamente durature, non avendo pistoni, segmenti o altri dispositivi di tenuta particolari sottoposti ad usura.

Il funzionamento della pompa Odgen può essere illustrato con riferimento alla figura 36.

La condensa entra dalla valvola di ritegno A e riempie la camera sollevando il galleggiante.

Questo provoca da un lato la chiusura della comunicazione all'atmosfera D e dall'altro l'apertura dell'alimentazione del vapore F (la pressione del vapore deve essere adeguata alle esigenze della pompa).

Impianti/Servizio Vapore Industriale

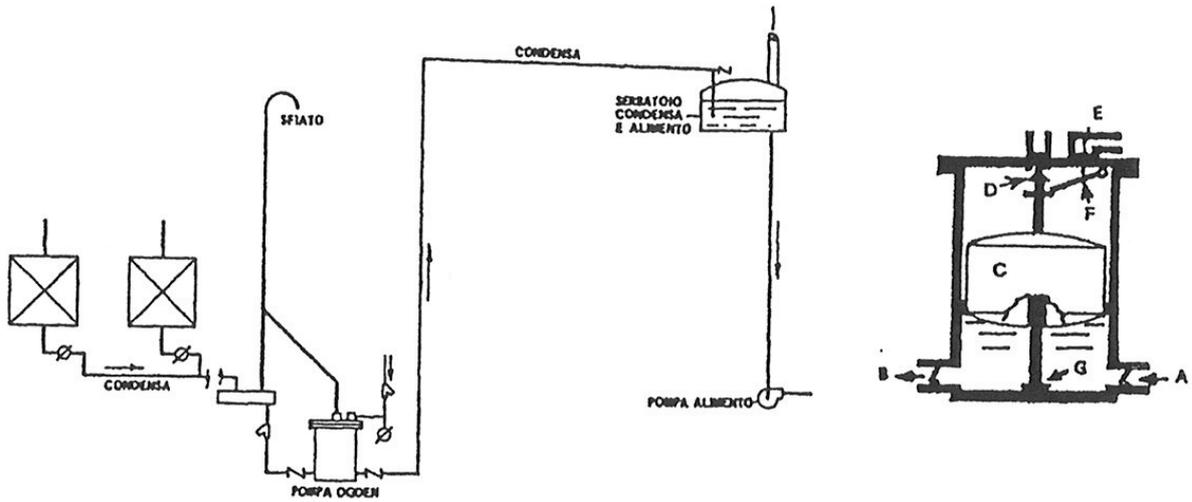


figura 36: innalzamento indiretto delle **condense con pompa Odgen**.

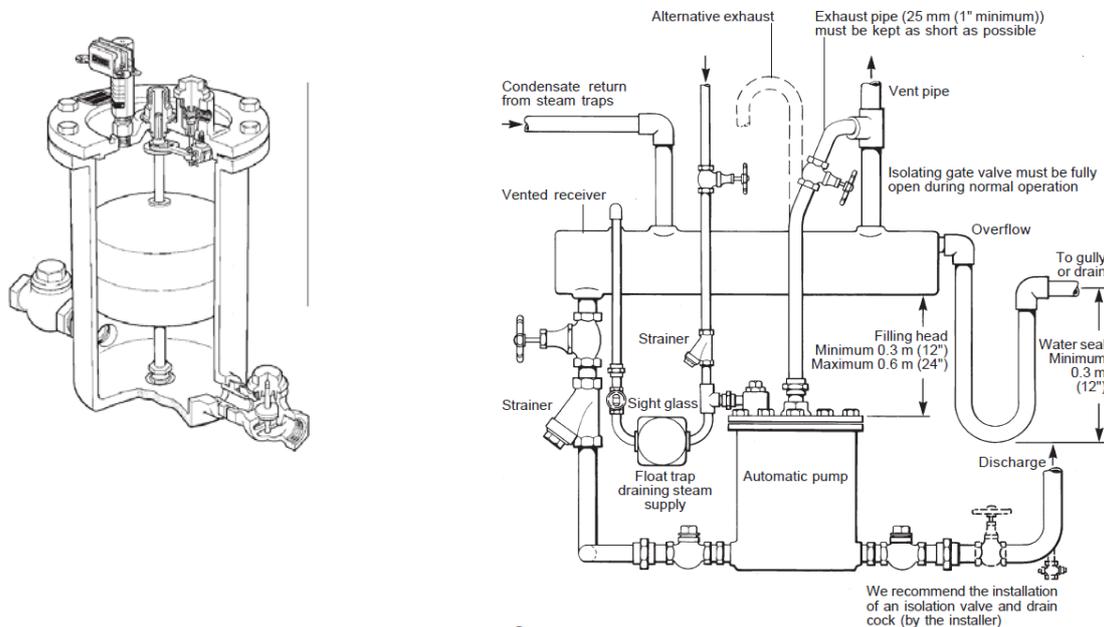


figura 36 Bis: innalzamento indiretto delle **condense con pompa Odgen**
(<http://www.spiraxsarco.com>)

Il vapore spinge la condensa verso la valvola B attraverso cui essa abbandona la pompa e giunge al serbatoio condense in quota. In questo modo si ottiene un innalzamento della condensa non più a spese della pressione del vapore all'utenza, ma tramite pompa funzionante con **vapore derivato**, ottenendo così la sopraelevazione del serbatoio condense senza creare contropressioni allo scarico degli utilizzatori.

Il **dimensionamento della pompa Odgen** andrà fatto in base alla portata da pompare, alla prevalenza che la pompa dovrà fornire alla condensa e alla pressione di comando del vapore. Si

Impianti/Servizio Vapore Industriale

usano a tal fine opportuni diagrammi, come ad esempio quello riportato in figura 37. si entra con il valore della **prevalenza da fornire** e della **pressione di alimentazione del vapore**; si ottiene il **diametro della pompa** ed il **numero di cicli al minuto** di funzionamento in funzione della **portata di condensa da innalzare**.

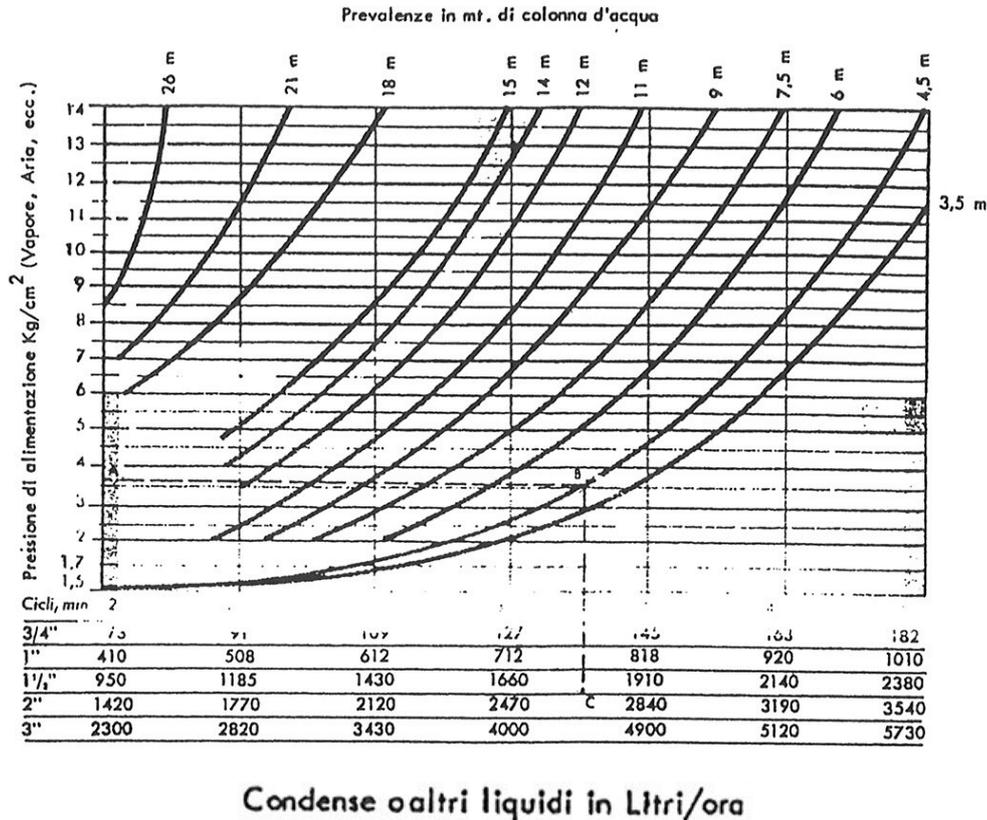


figura 37: normogramma per la scelta della pompa Odgen di innalzamento condense.

8.10 RECUPERO DEL VAPORE

La condensa prelevata dagli utilizzatori si trova ad una temperatura corrispondente a quella del vapore che l'ha generata, in condizioni di liquido saturo, solo raramente si procede infatti al sottoraffreddamento, dal momento che, sottoraffreddando, si potrebbero da un lato generare scarti di produzione a causa della disuniformità di temperatura, e, dall'altro, si avrebbe una diminuzione della resa del processo di trasmissione del calore a causa della riduzione del coefficiente di scambio termico.

La condensa satura ha quindi ancora un elevato contenuto entalpico, soprattutto nel caso di vapore ad elevata pressione.

Tale entalpia può essere sfruttata utilmente tramite la riduzione di pressione e la **rievaporazione di vapore nascente ad una pressione inferiore**.

Il calcolo della **quantità di vapore nascente** che si può produrre per kg di condensa calda è evidentemente **funzione della temperatura della condensa calda** stessa e **del salto di pressione** a cui avviene il processo di rievaporazione.

Impianti/Servizio Vapore Industriale

Tale quantità Q , **di vapore nascente** può essere facilmente calcolata osservando che nel passaggio dalla pressione iniziale p_i , a quella finale p_f l'entalpia dell'acqua deve mantenersi costante dal momento che non si ha né lavoro prodotto né cessione di calore verso l'esterno.

$$h_i = h_f$$

$$c_p t_i = c_p t_f + r_f x \quad [\text{kg}_{\text{vapore}}/\text{kg}_{\text{condensa}}]$$

$$x = \frac{c_p (t_i - t_f)}{r_f}$$

Tramite la relazione scritta si ottiene il valore del **titolo x** , ossia dei **kg di vapore ottenibili per kg di condensa rievaporante**. Si vede che tale quantità è tanto maggiore quanto maggiore è il valore del salto di temperatura, ossia di pressione. Tale quantità di vapore può allora essere utilizzata nello stesso modo su apparecchiature a bassa pressione e quindi scaricata alla rete condense a bassa pressione.

L'apparecchiatura in cui si ha la formazione del vapore nascente è detta **rievaporatore**; si tratta di un elemento cilindrico estremamente semplice in cui lo **specchio evaporante** deve essere dimensionato in funzione delle **pressioni in gioco e della quantità di vapore da separare**.

La figura 38 illustra il principio di funzionamento di un impianto a **due pressioni di utilizzo con rievaporazione del vapore**.

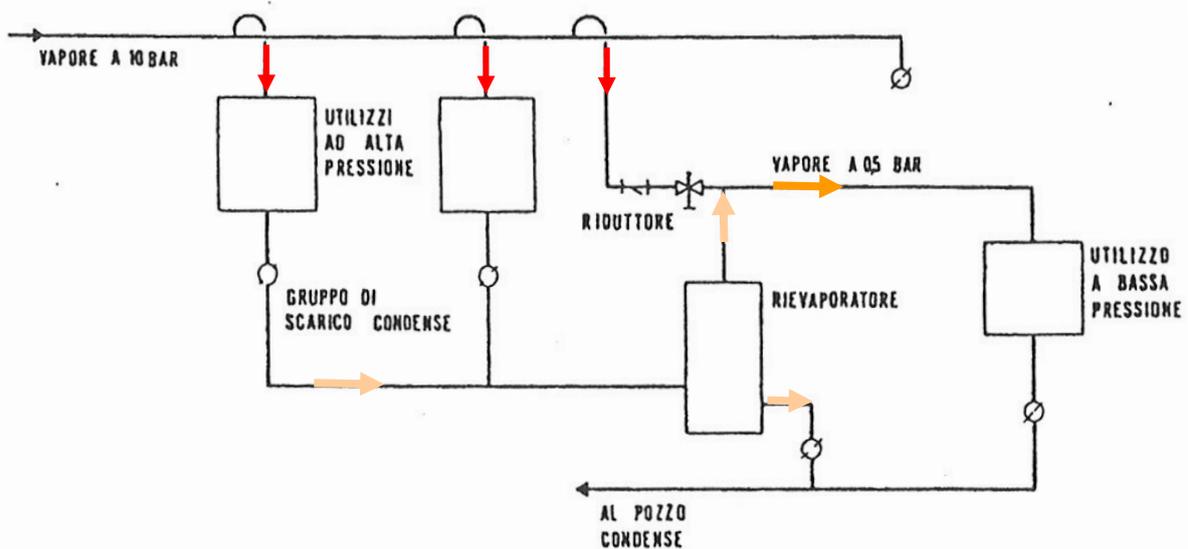


figura 39: schema funzionale di un impianto a due pressioni di utilizzo con rievaporatore.

Si vede che il vapore nascente ottenuto dalla rievaporazione nel rievaporatore delle condense provenienti dagli utilizzatori ad alta pressione, viene utilizzato in una utenza a bassa pressione ed eventualmente **la portata rievaporata viene integrata** con vapore prelevato direttamente dalla rete ad alta pressione tramite riduttore di pressione. Se viceversa la portata richiesta dall'utenza a bassa pressione fosse inferiore a quella ottenuta tramite rievaporazione, sarebbe necessario uno **sfioro per allontanare la portata in eccesso**. La condensa proveniente dall'utenza a bassa pressione viene

Impianti/Servizio Vapore Industriale

quindi scaricata verso il pozzo di raccolta condense.

Nella figura 39 viene riportato un altro esempio tipico di riutilizzo del vapore nascente per il **preriscaldamento del fluido riscaldato**.

Si tratta di una batteria a più ranghi per il riscaldamento dell'aria; mentre il primo rango per il preriscaldamento dell'aria viene alimentato con vapore a bassa pressione i ranghi successivi per il riscaldamento vero e proprio utilizzano vapore ad alta pressione. Con la rievaporazione della condensa ad alta pressione si alimenta parzialmente il preriscaldatore (primo rango) che viene anche alimentato dalla rete vapore vera e propria; solitamente infatti la portata richiesta dal preriscaldatore è superiore alla portata ottenuta tramite la rievaporazione. Una valvola di sicurezza interviene nel momento in cui la pressione nella rete a bassa pressione dovesse salire oltre un valore massimo.

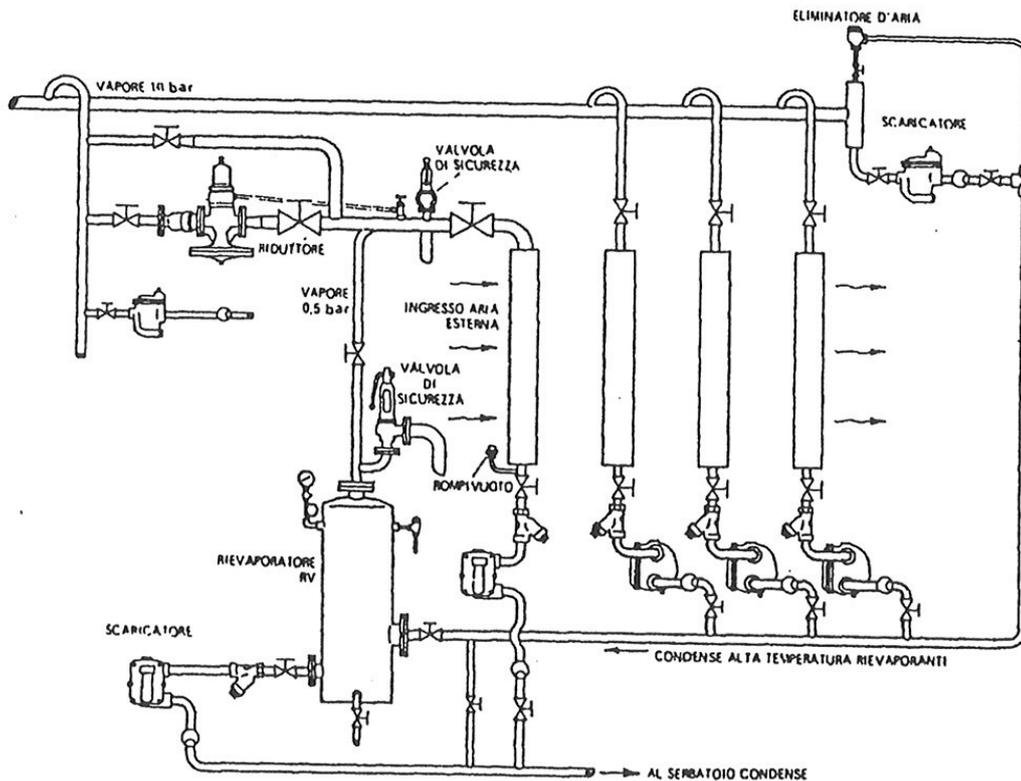
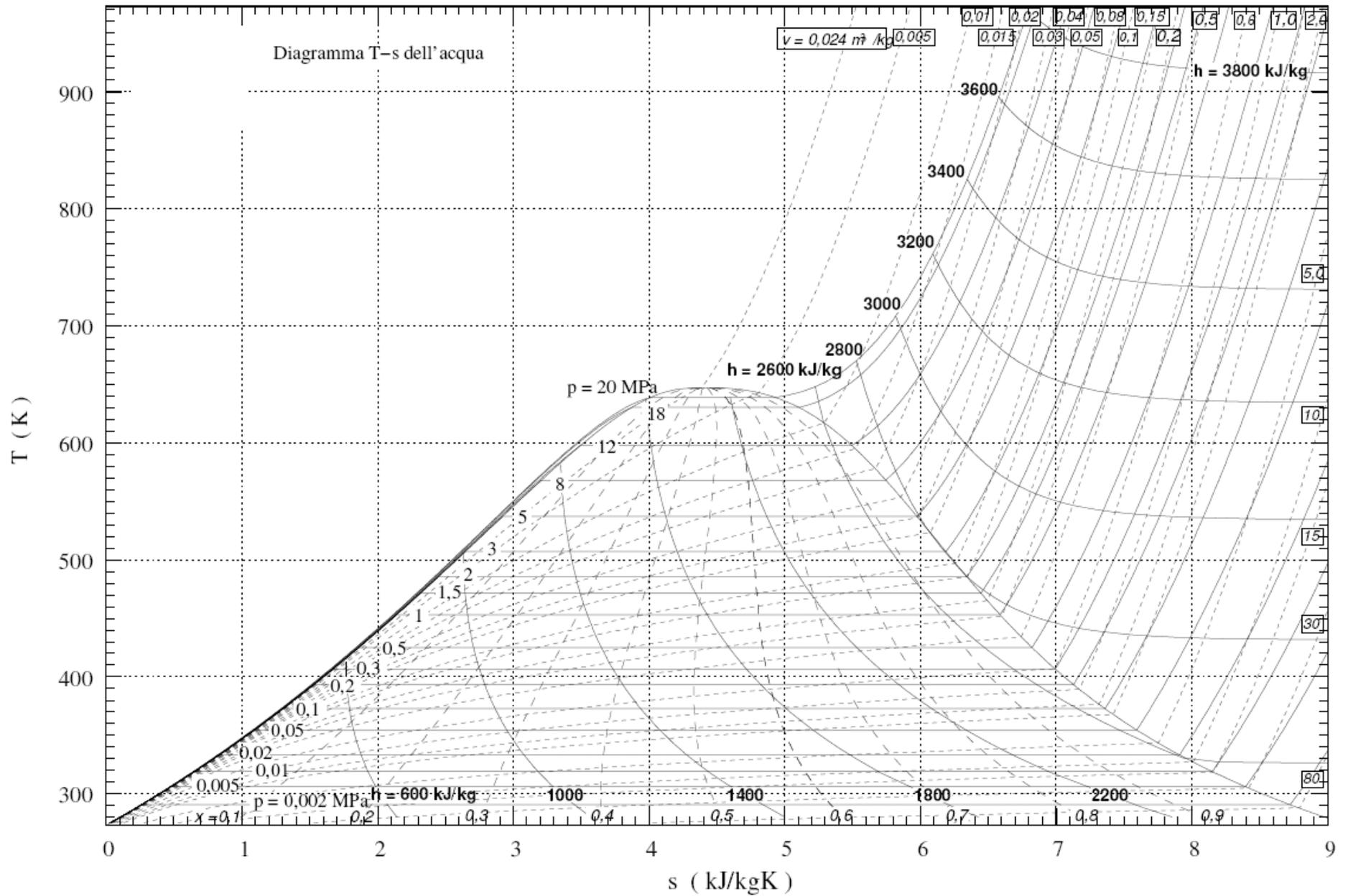


figura 40; esempio di impianto riutilizzante il vapore nascente per il preriscaldamento del fluido secondario.

Impianti/Servizio Vapore Industriale



Impianti/Servizio Vapore Industriale