

# **GENERATORI DI VAPORE**

## **LA DESCRIZIONE DEI TIPI PIU' COMUNI**

**Gli argomenti che seguono sono tratti dalla Biblioteca Tecnica Hoepli - La conduzione dei generatori di vapore di Pierangelo Andreini e Fernando Pierini.**

# LA CONDUZIONE DEI GENERATORI DI VAPORE

---

## GENERATORI DI VAPORE D'ACQUA

**sono attrezzature che trasformano i liquidi in vapore a pressione più elevata di quella dell'atmosfera, allo scopo di impiegarlo fuori dall'apparecchio stesso**

**In generale, sono attrezzature destinate alla produzione di vapore acque, saturo o surriscaldato, a partire da acqua allo stato liquido, alla quale può essere fornito calore di combustione o di recupero.**

# LA CONDUZIONE DEI GENERATORI DI VAPORE

---

## CALDAIA

La norma UNI EN 12953 considera:

**Impianto caldaia** = tutto l'insieme costituito dal corpo della caldaia a cui si aggiungono tutte le attrezzature a pressione presenti a partire dall'ingresso dell'acqua di alimentazione (inclusa la valvola di ingresso) fino all'uscita del vapore o dell'acqua surriscaldata (inclusa la valvola di uscita)

**Caldaia** = parte dell'impianto a partire dalla connessione di ingresso per l'acqua di alimentazione fino alla connessione dell'uscita del vapore o dell'acqua surriscaldata, comprese tutte le valvole e i raccordi per il vapore e per l'acqua

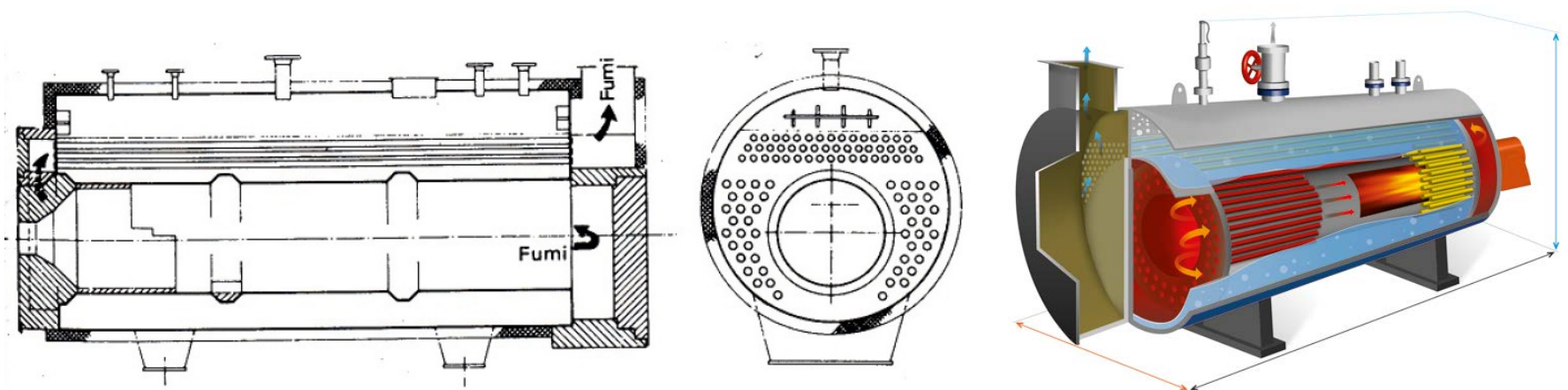
Se le connessioni sono saldata, i requisiti specifici della norma si applicano fino alle saldature situate dove sarebbero stati applicati i giunti flangiati

# LA CONDUZIONE DEI GENERATORI DI VAPORE

## LA DESCRIZIONE DEI TIPI PIU' COMUNI

### GENERATORE SEMIFISSO A TUBI DA FUMO A FONDO ASCIUTTO.

Un generatore a tubi da fumo è essenzialmente costituito da un fasciame cilindrico, chiuso alle due estremità con piastre tubiere, nel cui interno sono saldati il focolare ed i tubi da fumo; i tubi sono mandrinati o mandrinati e saldati o saldati alle piastre tubiere.



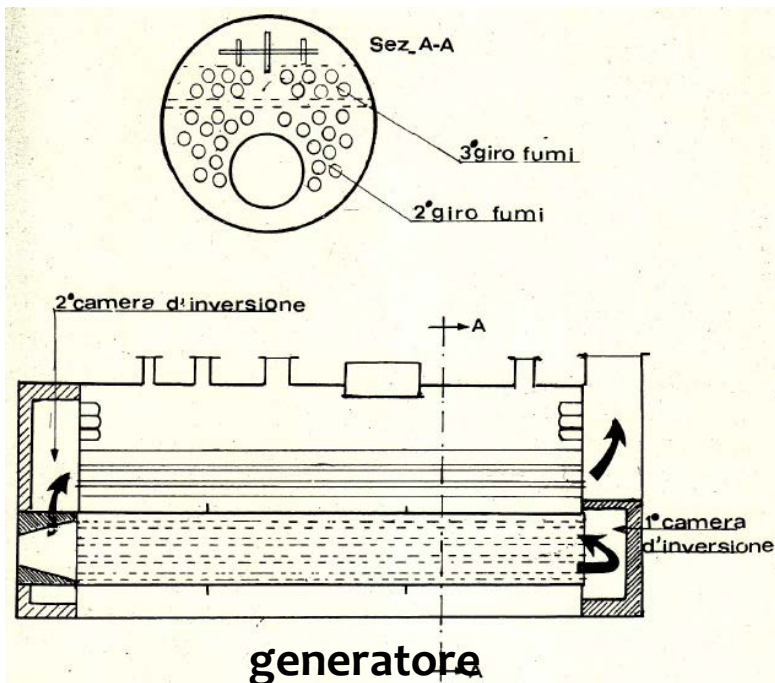
# LA CONDUZIONE DEI GENERATORI DI VAPORE

## GENERATORI DI VAPORE PIU' COMUNI

### GENERATORE SEMIFISSO A TUBI DA FUMO A FONDO ASCIUTTO

**Il bruciatore** è posto sul davanti della caldaia.

I fumi della combustione, dopo aver percorso il focolare, invertono il loro moto in una camera (camera di inversione posteriore) esterna alle membrature della caldaia e si immettono nel gruppo di tubi (2° giro dei fumi) posto nella parte bassa del generatore.



camera di inversione posteriore

# LA CONDUZIONE DEI GENERATORI DI VAPORE

---

## GENERATORI DI VAPORE PIU' COMUNI

### GENERATORE SEMIFISSO A TUBI DA FUMO A FONDO ASCIUTTO

Giunti nella parte anteriore del generatore, i fumi subiscono una seconda inversione (camera di inversione anteriore) ed imboccano i tubi posti nella parte alta della caldaia (3° giro dei fumi), ritornando in una zona della camera posteriore (separata a mezzo di un diaframma da quella costituente la prima zona di inversione dei fumi), per dirigersi al camino.





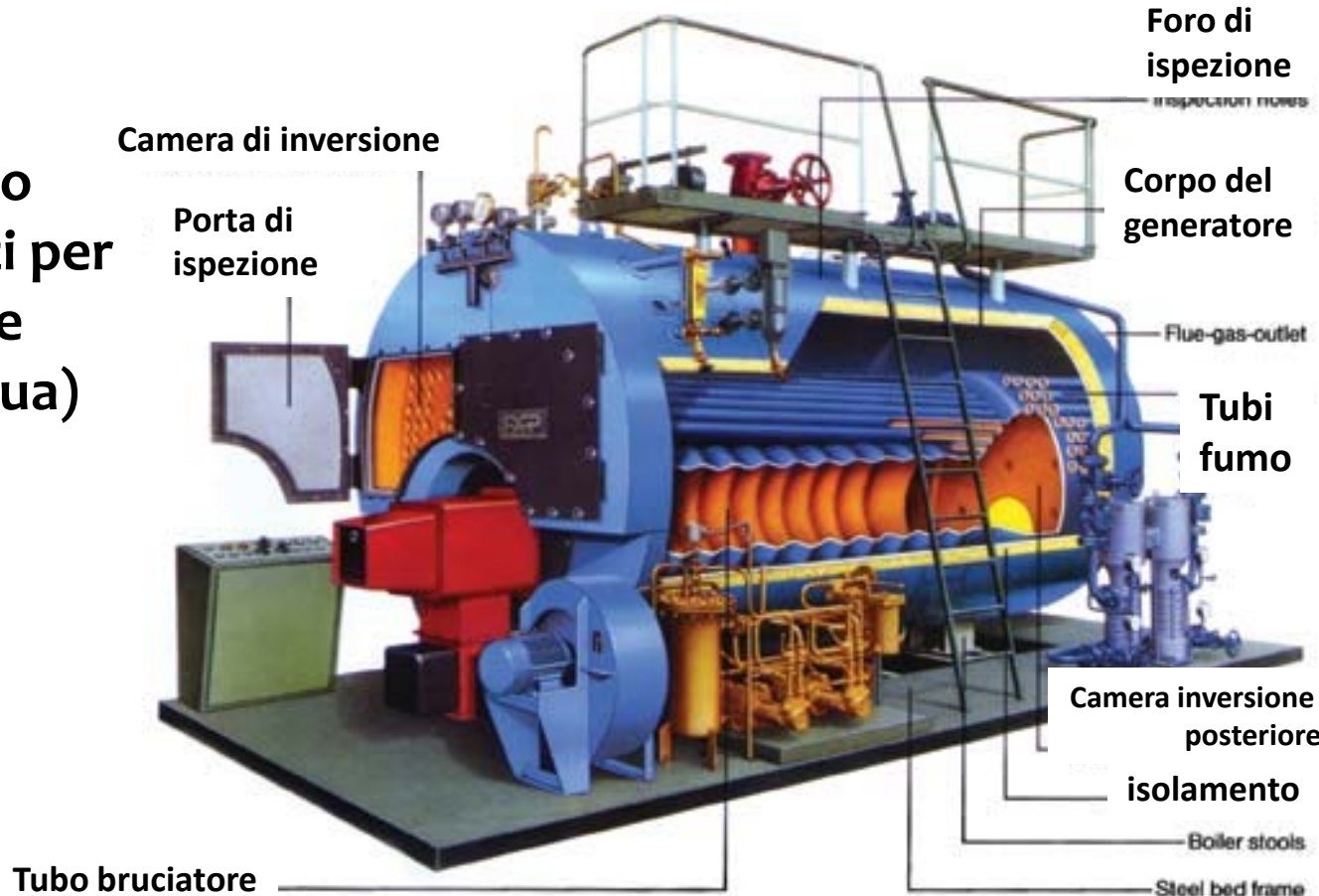
# LA CONDUZIONE DEI GENERATORI DI VAPORE

## GENERATORI DI VAPORE PIU' COMUNI

### GENERATORE SEMIFISSO A TUBI DA FUMO A FONDO ASCIUTTO

**Il focolare** può essere di tipo ondulato (più costoso) o liscio; ha diametri generalmente da 400 mm fino a 1200 mm circa.

I focolari lisci vengono solitamente rinforzati per esistere alla pressione dall'esterno (lato acqua) mediante elementi ondulati o mediante cerchiatura esterna.



# LA CONDUZIONE DEI GENERATORI DI VAPORE

---

## GENERATORI DI VAPORE PIU' COMUNI

### GENERATORE SEMIFISSO A TUBI DA FUMO A FONDO ASCIUTTO

**Le piastre tubiere** sono generalmente bordate e vengono saldate al fasciame e al focolare mediante saldatura di testa.

Nelle caldaie di piccola potenza e con pressione non superiore a 15 bar, la costruzione può anche essere realizzata con piastre tubiere piane saldate d'angolo al fasciame e al focolare. La struttura è poi opportunamente rinforzata con squadrette saldate, che interessano la zona superiore priva dei tubi.



Nelle caldaie a piastre piane la potenza massima del bruciatore non deve superare la potenza dichiarata della caldaia stessa con una tolleranza in più del 15%.

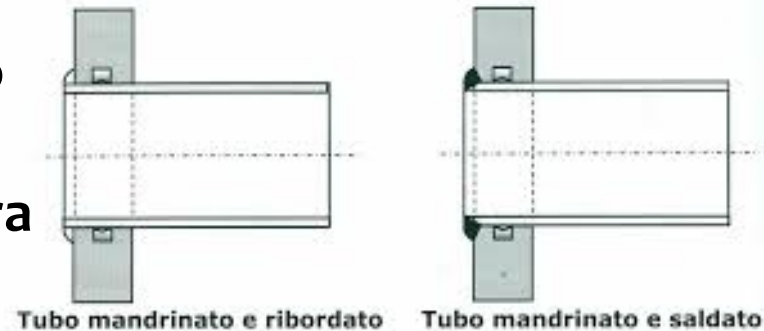


# LA CONDUZIONE DEI GENERATORI DI VAPORE

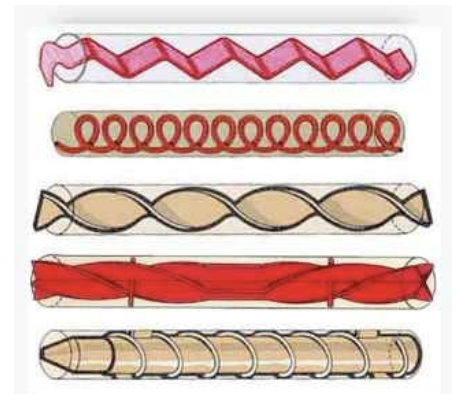
## GENERATORI DI VAPORE PIU' COMUNI

### GENERATORE SEMIFISSO A TUBI DA FUMO A FONDO ASCIUTTO

I **tubi da fumo** hanno solitamente diametro di 50-90 mm e sono collegati alle piastre mediante mandrinatura, mediante saldatura o entrambe.



Per imprimere al fumo un moto turbolento e migliorare la trasmissione del calore, all'interno dei tubi sono sistemati elementi di varia forma (lamine metalliche ad andamento elicoidale oppure tubi ciechi coassiali)



# LA CONDUZIONE DEI GENERATORI DI VAPORE

---

## GENERATORI DI VAPORE PIU' COMUNI

### GENERATORE SEMIFISSO A TUBI DA FUMO A FONDO ASCIUTTOGBT

**Le camere d'inversione** sono costituite da una parte cilindrica, di solito il prolungamento del fasciame esterno, chiusa da una parete piana su cui sono posti, in genere, due portelloni che, a caldaia ferma permettono l'ispezione e la pulizia.



Camera di inversione anteriore



Camera di inversione posteriore

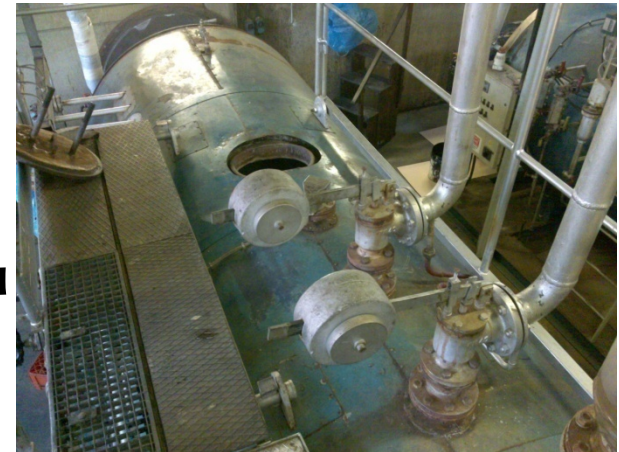
# LA CONDUZIONE DEI GENERATORI DI VAPORE

## GENERATORI DI VAPORE PIU' COMUNI

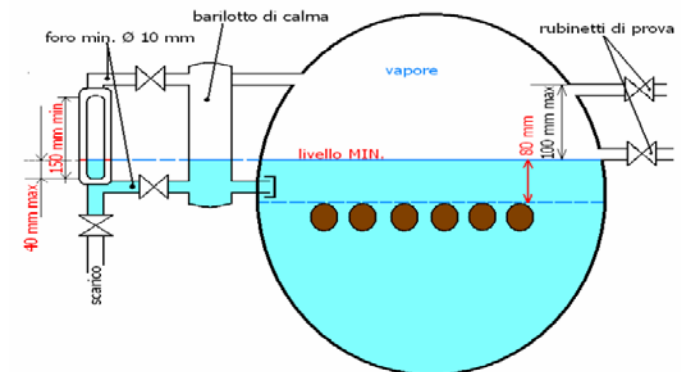
### GENERATORE SEMIFISSO A TUBI DA FUMO A FONDO ASCIUTTO

**Il fasciame esterno** è ricoperto da materiale isolante e poi da un leggero lamierino di protezione.

In alto, sul mantello, è il passo d'uomo che consente l'ispezione di parte del fasciame interno, di una parte dei tubi, e, nei tipi più grandi, l'accesso.



Il livello minimo dell'acqua, all'interno del corpo cilindrico, è a circa 8 cm. al di sopra della superficie superiore della fila di tubi più alta.



# LA CONDUZIONE DEI GENERATORI DI VAPORE

---

## GENERATORI DI VAPORE PIU' COMUNI

### GENERATORE SEMIFISSO A TUBI DA FUMO A FONDO ASCIUTTO

**Caratteristica dei moderni generatori a tubi da fumo, e certamente uno dei motivi della loro diffusione, è il fatto che essi vengono costruiti interamente presso l'officina del costruttore in unità monoblocco trasportabili e corredati degli accessori.**



# LA CONDUZIONE DEI GENERATORI DI VAPORE

---

## GENERATORI DI VAPORE PIU' COMUNI –

### GENERATORE SEMIFISSO A TUBI DA FUMO A FONDO ASCIUTTO

**Questi generatori sono a funzionamento automatico** con combustione pressurizzata, presentano una estrema rapidità di avviamento e una notevole affidabilità, vengono in genere

costruiti con queste caratteristiche:

- ❖ pressione 10 - 18 bar;
- ❖ potenza fino a 10 t/h (6.000.000 Kcal/h - circa 7 MW);
- ❖ producibilità specifica di 30/35 Kg/m<sup>2</sup> h;
- ❖ rendimento dell'85/88%;
- ❖ carico volumetrico del focolare può variare in funzione della potenza da 900.000 Kcal/m<sup>3</sup> h a 1,5 milioni di Kcal/m<sup>3</sup> h;
- ❖ la temperatura dei prodotti della combustione alla fine del focolare è sui 900/950 °C;
- ❖ la temperatura dei fumi all'uscita della caldaia è solitamente superiore di circa 50/70 °C rispetto alla temperatura del vapore saturo prodotto.



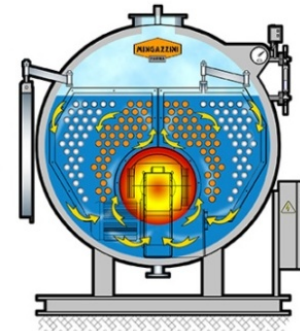
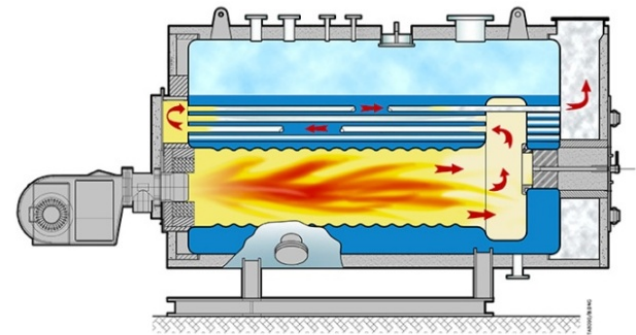
# LA CONDUZIONE DEI GENERATORI DI VAPORE

## GENERATORI DI VAPORE PIU' COMUNI -

### GENERATORI A TUBI DA FUMO A FONDO BAGNATO

Con tale soluzione, peraltro più costosa rispetto al tipo descritto in precedenza, i fumi, dopo aver percorso il focolare, invertono il loro moto in una camera di inversione interna alla caldaia e quindi raffreddata dall'acqua.

Si evitano gli inconvenienti determinati dalla presenza di refrattari (manutenzione frequente per fessurazioni e sgretolamenti).

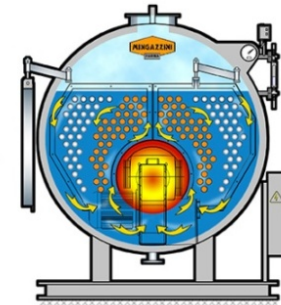
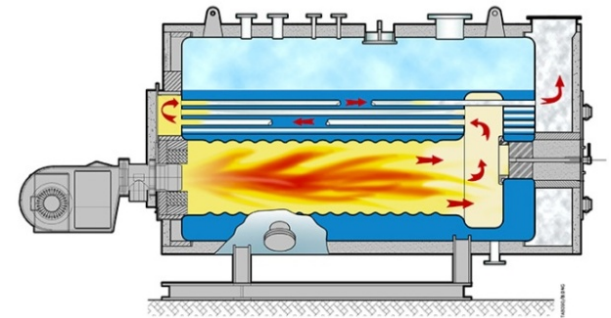




# LA CONDUZIONE DEI GENERATORI DI VAPORE

GENERATORI DI VAPORE PIU' COMUNI -

**GENERATORI A TUBI DA FUMO A FONDO BAGNATO**



La costruzione del focolare e della camera di inversione

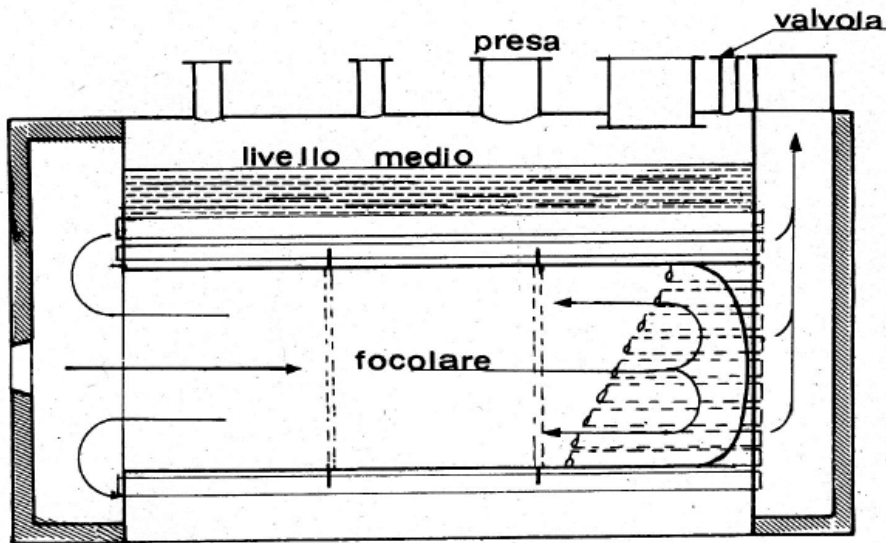
# LA CONDUZIONE DEI GENERATORI DI VAPORE

## GENERATORI DI VAPORE PIU' COMUNI

### CALDAIA A RITORNO DI FIAMMA - 1

E' un generatore che esternamente ha caratteristiche simili a quelli a tubi da fumo descritti in precedenza.

Internamente, il focolare, termina con un fondo raffreddato dall'acqua esistente all'interno della caldaia.



Bruciatore



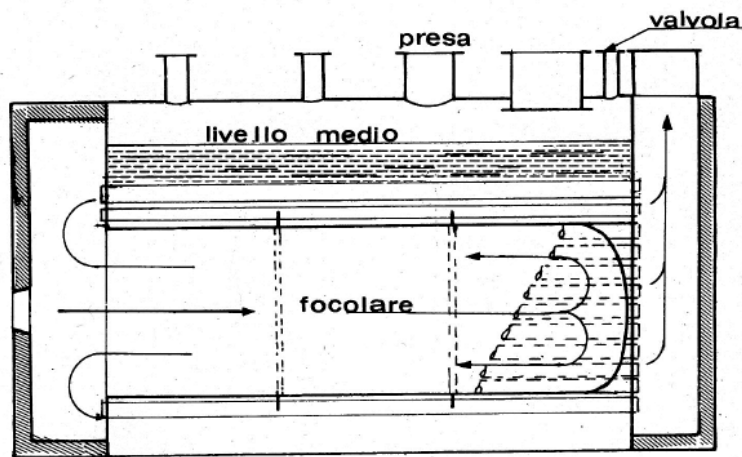
# LA CONDUZIONE DEI GENERATORI DI VAPORE

## GENERATORI DI VAPORE PIU' COMUNI

### CALDAIA A RITORNO DI FIAMMA – 2

I prodotti della combustione, dopo aver percorso il focolare, sono costretti ad invertire il senso del loro movimento, ritornando sul davanti; i fumi imboccano quindi i tubi fino a raggiungere la camera a fumo posteriore passando poi passando poi al camino.

Questa caldaia viene costruita per potenzialità non elevate e per la produzione di acqua surriscaldata e calda.

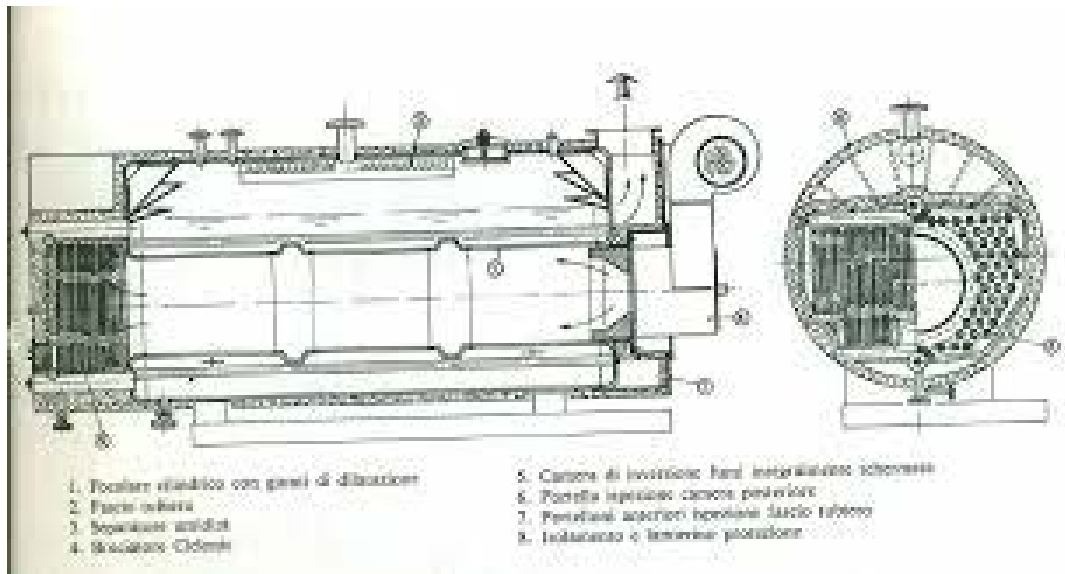


# LA CONDUZIONE DEI GENERATORI DI VAPORE

## GENERATORI DI VAPORE PIU' COMUNI -

### GENERATORI A TUBI DA FUMO A DUE GIRI CON CAMERA D'INVERSIONE SCHERMATA

Il generatore è del tipo a focolare cilindrico fortemente allungato, a due giri del fumo, con camera di inversione posteriore schermata completamente con tubi d'acqua.



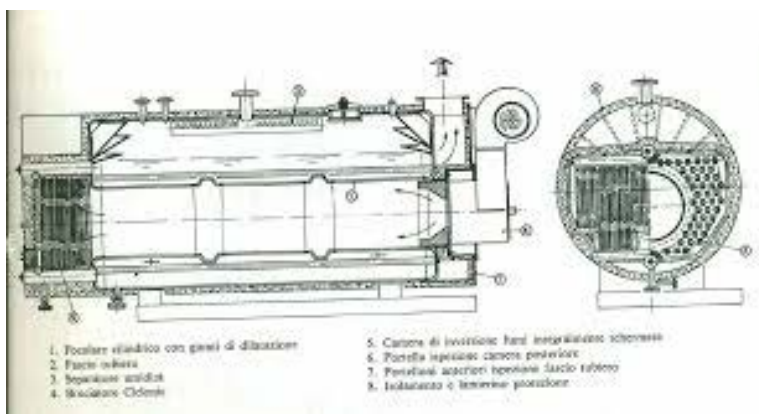
# LA CONDUZIONE DEI GENERATORI DI VAPORE

## GENERATORI DI VAPORE PIU' COMUNI

### GENERATORI A TUBI DA FUMO A DUE GIRI CON CAMERA D'INVERSIONE SCHERMATA

La schermatura realizza una superficie di scambio aggiuntiva alla fine del focolare, con assorbimento di calore nella zona di inversione e riduzione della temperatura dei gas all'ingresso dei tubi da fumo; elimina inoltre la presenza dei refrattari.

Nella camera di inversione può essere sistemato anche un surriscaldatore di vapore.



Schermatura della camera di inversione



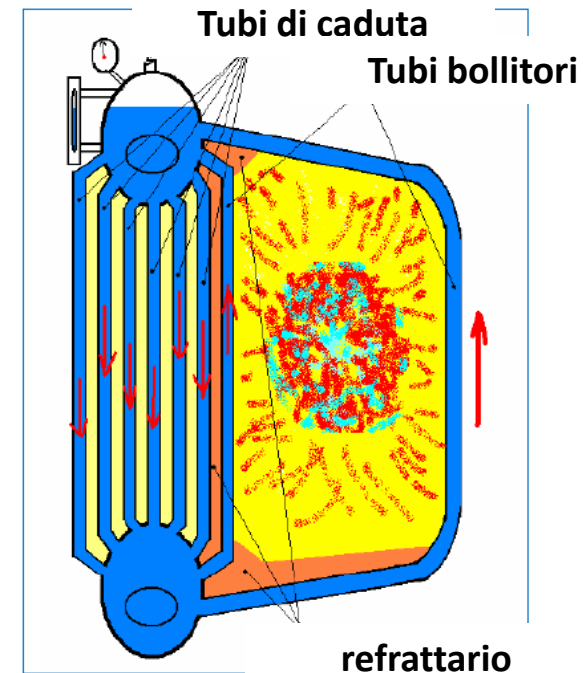


# LA CONDUZIONE DEI GENERATORI DI VAPORE

## GENERATORI DI VAPORE PIU' COMUNI -

### GENERATORI A TUBI D'ACQUA - GENERATORI A CONVEZIONE

Le soluzioni costruttive più frequentemente adottate per le unità trasportabili, sono a due corpi cilindrici (in particolare le caldaie a D per la forma dei tubi che delimitano la camera di combustione) o ad un solo corpo cilindrico (caldaie modulari).

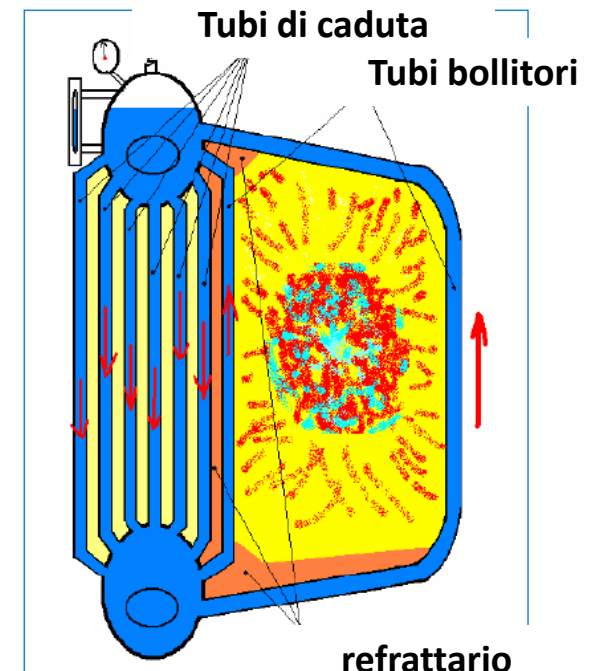




# LA CONDUZIONE DEI GENERATORI DI VAPORE

## GENERATORI DI VAPORE PIU' COMUNI - GENERATORI A CONVEZIONE

Ai due corpi cilindrici, uno superiore interessato dall'acqua nella zona inferiore e dal vapore nella zona superiore, ed uno inferiore, sono collegati i tubi costituenti il fascio tubiero vaporizzatore, di cui quelli a lato costituiscono rispettivamente una parete della camera di combustione e i tubi irraggianti costituenti la suola della camera, la parete laterale opposta alla precedente ed il cielo della camera di combustione.



# LA CONDUZIONE DEI GENERATORI DI VAPORE

## GENERATORI DI VAPORE PIU' COMUNI - **GENERATORI A CONVEZIONE**

In questi tipi di caldaie viene schermata almeno parzialmente la parete di fondo della camera e anche la parete che porta i bruciatori.

La suola è in genere coperta di refrattario per migliorare la circolazione, data anche la lunghezza dei tubi.



Camera di combustione



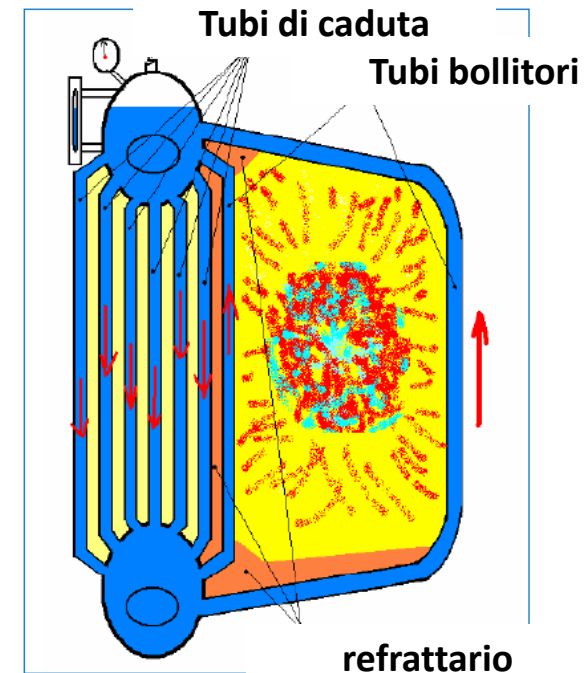
Camera di combustione

# LA CONDUZIONE DEI GENERATORI DI VAPORE

## GENERATORI DI VAPORE PIU' COMUNI - **GENERATORI A CONVEZIONE**

Con questa realizzazione costruttiva mancano i tubi di caduta; questa funzione viene ad essere eseguita da tubi che si trovano installati in zone meno calde e meno interessate ai prodotti della combustione, detti tubi alimentano direttamente il corpo inferiore.

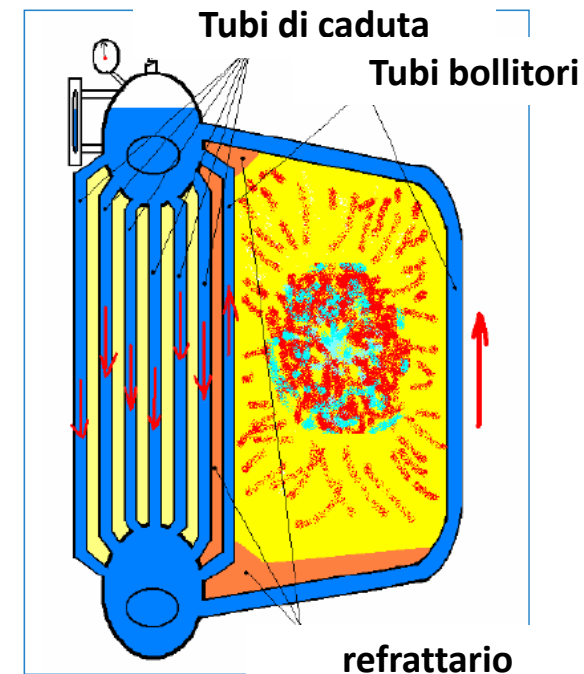
Si costruiscono generatori di questo tipo con tubi di caduta, installati all'esterno del giro dei fumi, che alimentano direttamente il corpo inferiore.



# LA CONDUZIONE DEI GENERATORI DI VAPORE

## GENERATORI DI VAPORE PIU' COMUNI - **GENERATORI A CONVEZIONE**

I **gas** possono percorrere, all'interno del fascio, un solo giro o più frequentemente due giri mediante la realizzazione di un diaframma di separazione tra giro e giro: questo può essere realizzato in muratura refrattaria o con lamiere in acciaio o utilizzando gli stessi tubi che vengono muniti di alette.



# LA CONDUZIONE DEI GENERATORI DI VAPORE

---

## GENERATORI DI VAPORE PIU' COMUNI - **GENERATORI A CONVEZIONE**

**Il percorso dei gas è parallelo all'asse dei corpi; il bruciatore o i bruciatori sono disposti sulla parete frontale del generatore con l'asse parallelo all'asse del corpo cilindrico.**

**Queste unità sono chiamate monoblocco perché vengono assemblate presso l'officina, sono auto portanti nel senso che non necessitano di una struttura di sostegno**



# LA CONDUZIONE DEI GENERATORI DI VAPORE

---

## GENERATORI DI VAPORE PIU' COMUNI - **GENERATORI A CONVEZIONE**

**Il loro campo di produzione** è compreso tra le 5 t/h e le 50 t/h.

I generatori di questo tipo consentono il funzionamento con combustione sotto pressione (combustione pressurizzata).

I valori di pressurizzazione raggiungibili sono compresi fra 5-15 millibar, ma si possono raggiungere anche valori considerevoli (40-50 millibar).

La tenuta dei gas della camera di combustione verso l'esterno è garantita dalle pareti della camera realizzate mediante saldatura continua dei tubi tra o delle alette dei tubi stessi.





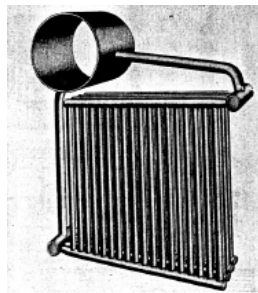
# LA CONDUZIONE DEI GENERATORI DI VAPORE

## GENERATORI DI VAPORE PIU' COMUNI

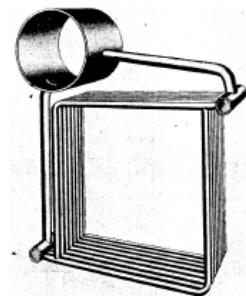
### GENERATORE MODULARE TRASPORTABILE

**Tale tipo di generatore** si caratterizza in quanto è costituito con tanti moduli, ossia da tante fette di generatore, che vengono assiemati in numero variabile a seconda della potenzialità e producibilità richieste.

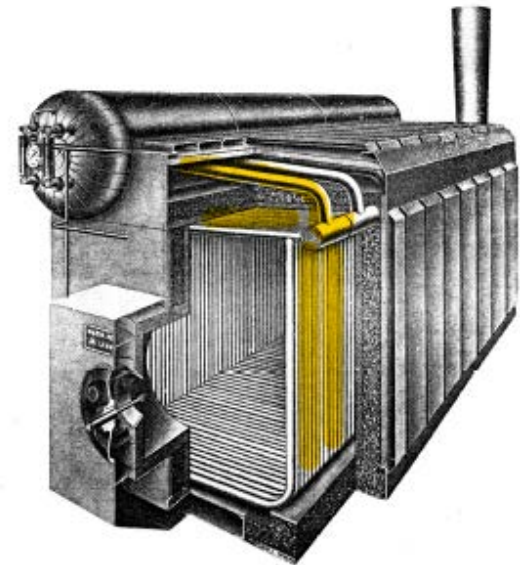
I moduli sono a convezione e ad irraggiamento; l'insieme di quelli a convezione viene nominato "pettine" e quelli ad irraggiamento "tunnel".



Modulo a convezione



Modulo a irraggiamento



# LA CONDUZIONE DEI GENERATORI DI VAPORE

---

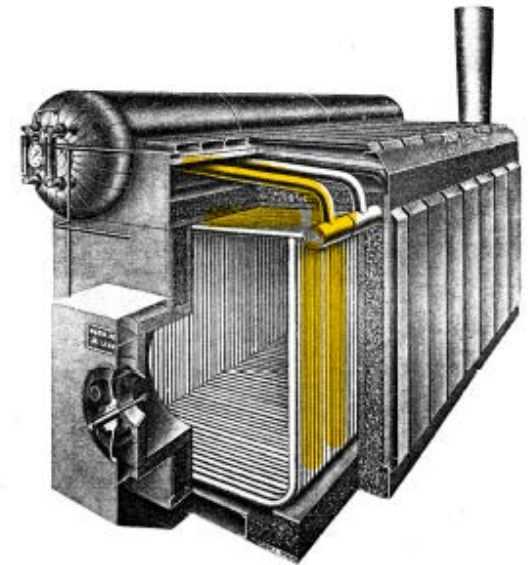
## GENERATORI DI VAPORE PIU' COMUNI

### GENERATORE MODULARE TRASPORTABILE

**Il corpo cilindrico è posto al di fuori del contatto dei fumi.**

**Anche il surriscaldatore è realizzato con moduli a irraggiamento e a convezione.**

**La realizzazione costruttiva del generatore permette la sostituzione di alcune parti (moduli) in tempi brevi.**



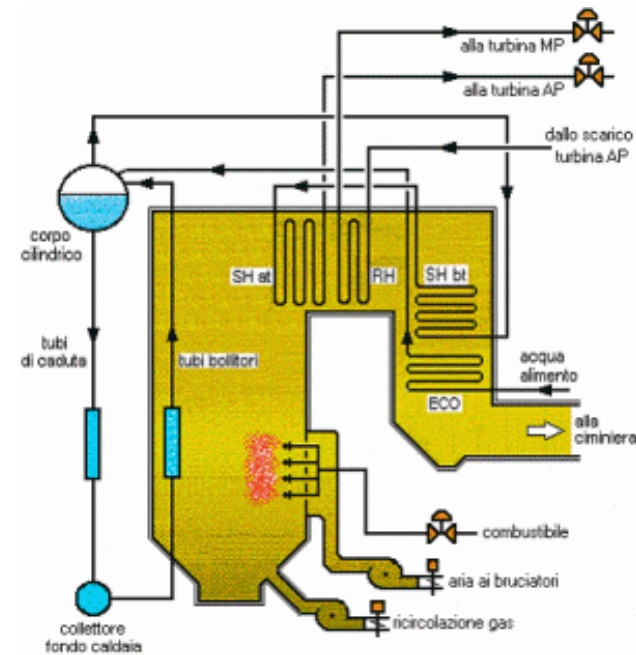
# LA CONDUZIONE DEI GENERATORI DI VAPORE

## GENERATORI DI VAPORE PIU' COMUNI

### GENERATORI A IRRAGGIAMENTO

**I grandi generatori** sono quasi tutti del tipo a irraggiamento con una grandissima camera di combustione completamente schermata. Si costruiscono per pressioni anche superiori a 200 bar con temperature di surriscaldamento superiore a 500 °C.

Eventuali corpi cilindrici non hanno la funzione di accumulatori di vapore, ma servono come separatori dell'acqua del vapore.



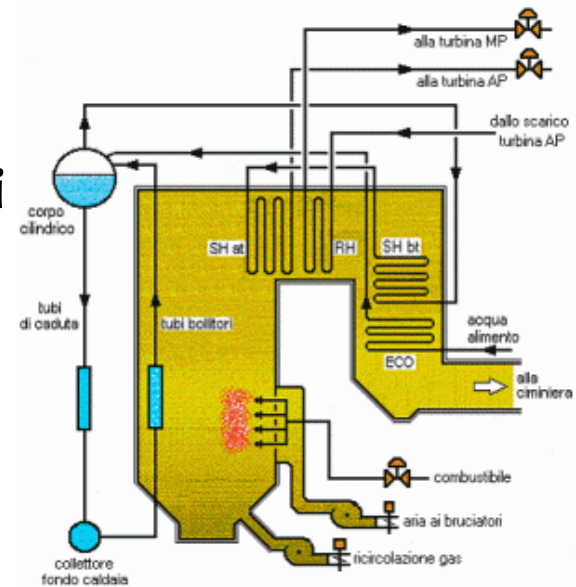
# LA CONDUZIONE DEI GENERATORI DI VAPORE

## LA DESCRIZIONE DEI TIPI PIU' COMUNI

### GENERATORI A IRRAGGIAMENTO

**Questi generatori** sono formati generalmente da un'alta camera di combustione di forma parallelepipedica, rivestita completamente da tubi vaporizzatori, di piccolo diametro, facenti capo ad uno o a più corpi cilindrici superiori.

I corpi cilindrici sono quasi sempre posti fuori dal giro dei fumi per eliminare i flussi termici (attraverso le loro pareti) che ne aumenterebbero le sollecitazioni.



# LA CONDUZIONE DEI GENERATORI DI VAPORE

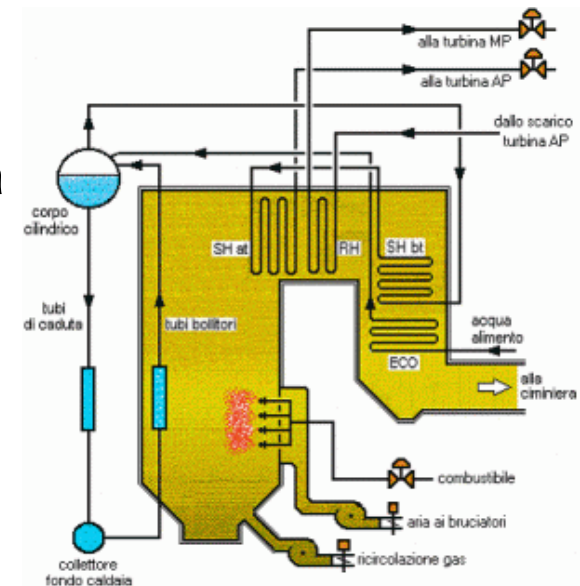
## GENERATORI DI VAPORE PIU' COMUNI

### Generatori a irraggiamento

I **bruciatori**, disposti a circa un quarto dell'altezza a partire dal basso, sono fissi o ad orientamento variabile sia in senso orizzontale che verticale; ciò allo scopo di modificare la temperatura in camera di combustione e di regolare, quindi, la temperatura del vapore surriscaldato.

Questi generatori sono sempre muniti di:

- ❖ surriscaldatori;
- ❖ economizzatori;
- ❖ preriscaldatori dell'aria.



# LA CONDUZIONE DEI GENERATORI DI VAPORE

---

## GENERATORI DI VAPORE PIU' COMUNI

### GENERATORI A IRRAGGIAMENTO



**Le pareti schermate ed alcuni bruciatori della camera di combustione**



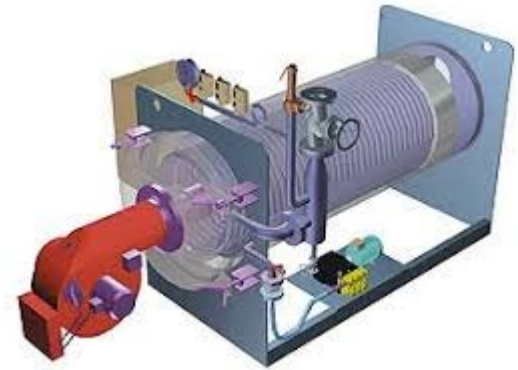
# LA CONDUZIONE DEI GENERATORI DI VAPORE

---

## GENERATORI DI VAPORE PIU' COMUNI

### GENERATORI UNITUBOLARI

Si tratta di generatori di vapore, a circolazione forzata, che hanno avuto una grande diffusione per impianti di piccola e media potenzialità, data la rapidità con la quale entrano in servizio.



Partendo da generatore freddo, sono in grado di raggiungere la condizione di regime in pochi minuti.

Vengono costruiti per pressioni fino a 10-12 bar, con potenzialità variabile da 100 a 3.000 kg/h e con producibilità specifica attorno ai 60 kg/m<sup>2</sup> h.

# LA CONDUZIONE DEI GENERATORI DI VAPORE

---

## GENERATORI DI VAPORE PIU' COMUNI - **GENERATORI UNITUBOLARI**

La superficie di riscaldamento è costituita da una serpentina avvolta a forma di spirale, lambita all'esterno dai prodotti della combustione bagnata all'interno dall'acqua.

L'acqua viene fatta circolare per mezzo di una pompa volumetrica in quantità uguale a quella che, per effetto del riscaldamento, si trasforma in vapore.



Per il buon funzionamento di questo tipo di generatore, la potenza della fiamma deve essere regolata in funzione della quantità d'acqua di alimento.

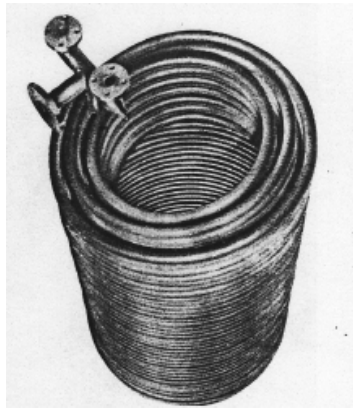
# LA CONDUZIONE DEI GENERATORI DI VAPORE

---

## GENERATORI DI VAPORE PIU' COMUNI - **GENERATORI UNITUBOLARI**

Se la quantità d'acqua fosse eccessiva, si avrebbe un vapore con forte trascinamento di acqua in forma liquida; se fosse insufficiente si avrebbe un vapore eccessivamente surriscaldato.

Alcuni tipi sono forniti di separatore di acqua, allo scopo di eliminare le eventuali gocce di liquido traccinate dal vapore.



Serpentina unitubolare

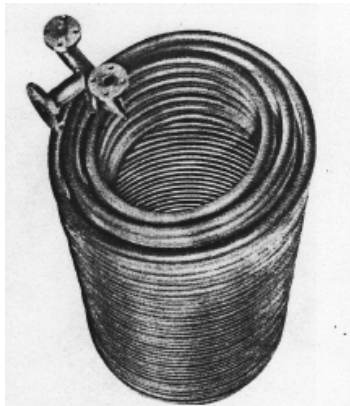


# LA CONDUZIONE DEI GENERATORI DI VAPORE

---

## GENERATORI DI VAPORE PIU' COMUNI - **GENERATORI UNITUBOLARI**

Si tratta di generatori completamente automatici con alto valore della potenzialità specifica e per la impossibilità di poter procedere alla pulizia delle superfici interne del serpentino, hanno la necessità di essere alimentati con acqua depurata.



Serpentina unitubolare



# LA CONDUZIONE DEI GENERATORI DI VAPORE

---

## GENERATORI DI VAPORE PIU' COMUNI

### GENERATORI ELETTRICI

**I generatori elettrici** utilizzano l'energia elettrica per la produzione di vapore; secondo il modo con cui l'energia elettrica viene trasformata in calore, si hanno generatori di vapore a resistenza e generatori di vapore ad elettrodi.

**Nel tipo a resistenza**, quelle più comuni, l'energia elettrica viene trasformata in calore per mezzo di resistenze elettriche percorse dalla corrente di alimentazione. Le resistenze elettriche possono essere immerse direttamente nell'acqua o contenuti in involucri cilindrici a tenuta stagna immersi nell'acqua.



# LA CONDUZIONE DEI GENERATORI DI VAPORE

---

## GENERATORI DI VAPORE PIU' COMUNI – **GENERATORI ELETTRICI**

**Nel tipo a resistenza** la regolazione della produzione di vapore viene effettuata escludendo o combinando in vario modo le resistenze (di questo tipo sono le caldaiette d caffè, gli sterilizzatori e in genere i piccolissimi generatori di vapore).

**Nel tipo ad elettrodi** l'energia elettrica viene trasformata in calore utilizzando la resistenza propria dell'acqua al passaggio di corrente.

La corrente giunge al generatore di vapore per mezzo di elettrodi immersi nell'acqua.



# LA CONDUZIONE DEI GENERATORI DI VAPORE

---

## GENERATORI DI VAPORE PIU' COMUNI – GENERATORI ELETTRICI

**Nel tipo ad elettrodi** la quantità di calore assorbita dipende dalla resistenza del liquido in cui gli elettrodi sono immersi e dalla loro superficie di contatto col liquido stesso.

Più il livello dell'acqua è alto più grande è la superficie degli elettrodi a contatto col liquido e più passa corrente; più è basso il livello della acqua e meno corrente passa.



# LA CONDUZIONE DEI GENERATORI DI VAPORE

---

## GENERATORI DI VAPORE PIU' COMUNI

### GENERATORI A RICUPERO

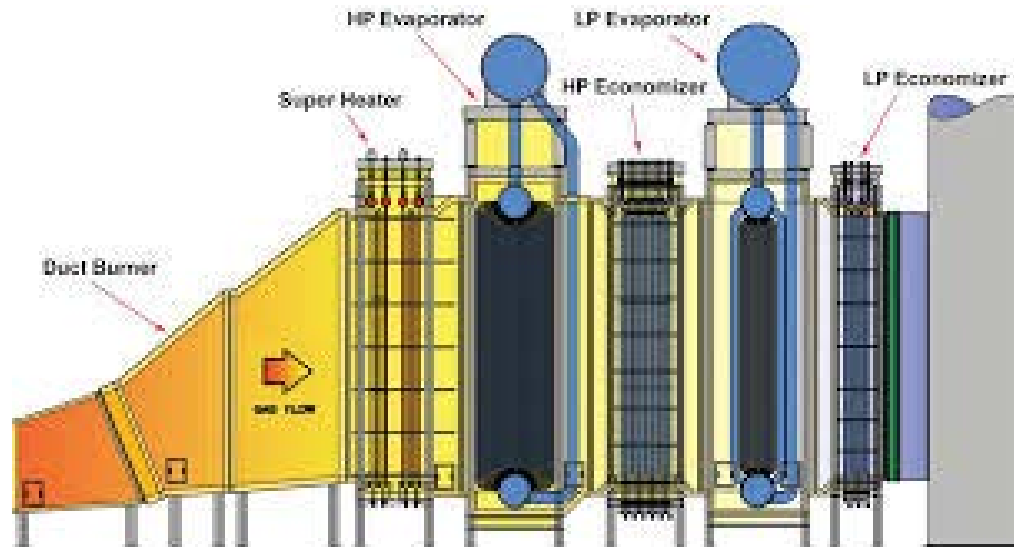
**Si tratta di generatori che utilizzano il calore sensibile contenuto nei fumi uscenti dai forni di talune industrie (metallurgica, chimica, cementiera, vetraria, ecc.) o nei gas di scarico di motori diesel o di turbine a gas e che andrebbe altrimenti disperso.**

**I fumi o gas di scarico possono essere disponibili a temperature varianti orientativamente fra i 350 e i 1.200 °C, e ciò permette la produzione di vapore saturo o surriscaldato senza che sia necessaria la presenza di un sistema di combustione e della relativa camera di combustione.**

# LA CONDUZIONE DEI GENERATORI DI VAPORE

## GENERATORI DI VAPORE PIU' COMUNI – **GENERATORI A RECUPERO**

La **producibilità specifica** di questi generatori è naturalmente inferiore a quella di normali caldaie a combustione, ed è tanto più bassa quanto più bassa è la temperatura del fumo o gas di scarico disponibile.



Come le caldaie a combustione, anche le caldaie a ricupero possono suddividersi in caldaie a tubi da fumo e in caldaie a tubi d'acqua.

# LA CONDUZIONE DEI GENERATORI DI VAPORE

---

## GENERATORI DI VAPORE PIU' COMUNI – CALDAIE A RECUPERO

**Le caldaie a tubi** da fumo possono essere utilmente impiegate soltanto per pressioni del vapore e potenzialità relativamente modeste, e ciò per contenere lo spessore dell'involucro cilindrico esterno, normalmente di diametro considerevole.

La forma cilindrica dei condotti fumi le rende per indicate nei casi in cui i fumi stessi siano disponibili a pressione superiore a 0,1 bar.



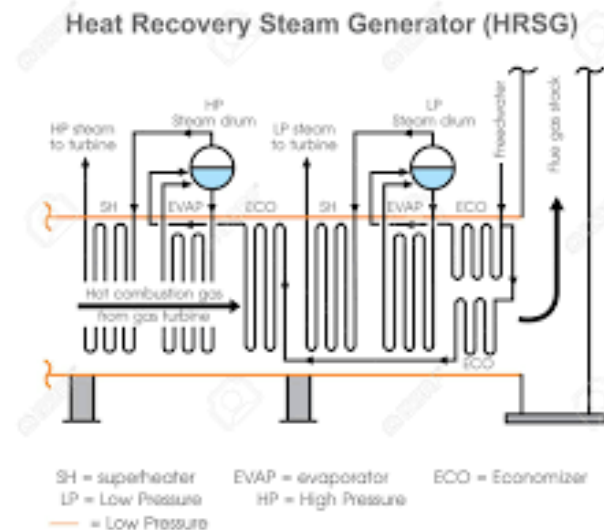


# LA CONDUZIONE DEI GENERATORI DI VAPORE

## GENERATORI DI VAPORE PIU' COMUNI – CALDAIE A RECUPERO

**Le caldaie a ricupero** più diffuse sono quelle a tubi d'acqua, che possono essere a circolazione naturale o a circolazione controllata, a seconda che all'interno di queste l'acqua circoli naturalmente, ovvero la sua circolazione venga favorita o determinata dall'impiego di una pompa.

A monte di una caldaia a ricupero il fumo o gas di scarico può essere disponibile a una temperatura anche di sole poche centinaia di °C; per questo nelle caldaie a ricupero è possibile estendere la superficie di scambio dal lato dei fumi o gas di scarico impiegando tubi alettati se i predetti fumi o gas di scarico sono sufficientemente puliti.



# LA CONDUZIONE DEI GENERATORI DI VAPORE

---

## GENERATORI DI VAPORE - RIFERIMENTI NORMATIVI

- ❖ **UNI EN 12953- 1 Caldaie a tubi da fumo - Generalità.**
- ❖ **UNI EN 12952-1 Caldaie a tubi d'acqua e installazioni ausiliare Generalità.**