

GARIONI  **AVAL**
easy like a Sunday morning...



quaderni tecnici

2

Note sulla
teoria del calore

vapore

GARIONI NAVAL
easy like a Sunday morning ...

I quaderni tecnici **Garioni Naval** sono stati pensati per offrire uno strumento utile agli uffici tecnici ed agli utilizzatori di vapore, acqua surriscaldata ed olio diatermico.

Non abbiamo certo la presunzione di voler insegnare come le cose dovrebbero essere fatte. Vogliamo solamente mettere a disposizione di coloro che desiderano ampliare le proprie conoscenze nel settore la nostra esperienza, derivata da tanti anni di studio e di duro lavoro.

Speriamo vivamente che quanto riportato in questi "Quaderni Tecnici" consenta ad ogni lettore di poter lavorare con più facilità e serenità e di evitare, dove possibile, di cadere in errori che altri prima di lui, hanno involontariamente commesso per arrivare ad un certo livello di conoscenza del settore termotecnica.

Pubblichiamo questa serie di quaderni in due edizioni, una in lingua italiana e l'altra in lingua inglese. Abbiamo pensato, al fine di evitare possibili confusioni, che fosse più pratico, e tecnicamente più appropriato, non mischiare le due lingue.

La raccolta è dedicata a tutti coloro che hanno contribuito, e stanno tuttora contribuendo, allo sviluppo ed alla crescita della **GARIONI NAVAL**.

Se qualcuno fosse interessato a ricevere tutti i numeri, può richiederli inviandoci il tagliando allegato, via Internet attraverso il nostro sito www.garioninaval.com o per e-mail all'indirizzo GARIONINAVAL@compuserve.com.

Il vapore, tradizionale ma allo stesso tempo moderno ed efficiente strumento, è praticamente fondamentale ed insostituibile per alcuni settori; petrolchimico, chimico, carta, tintura, farmaceutico, alimentare, inscatolamento, gomma ed industrie di plastica ecc., per i quali rappresenta la cosiddetta materia prima.

È anche indispensabile nel settore civile per la sterilizzazione in ospedali e cliniche; viene altresì utilizzato preferibilmente in mense e lavanderie, in impianti di aria condizionata (a livello industriale, dove è spesso utilizzato per scaldare).

Inoltre, ha un largo utilizzo nelle grandi installazioni di riscaldamento a terra e sulle navi per la produzione di energia tramite turbine, pompe ed alternatori. Ovunque ci sia il bisogno di produrre, pompare ed utilizzare energia termica e pressione, il vapore è la soluzione ideale.

Quali sono i suoi vantaggi e le ragioni per cui il suo utilizzo è così ampiamente diffuso?

Innanzitutto, bisogna precisare che il vapore può essere facilmente prodotto: deriva dall'acqua che, almeno in relazione alla produzione globale di vapore futura e presente, è fortunatamente ancora disponibile in grandi quantità e a condizioni economicamente vantaggiose, senza considerare il fatto che nelle installazioni di vapore viene applicato il riciclaggio continuo pertanto può essere recuperato all'incirca al cento per cento.

Il vapore ha un elevato ma ponderato contenuto di calore, il che significa che i tubi e le unità di utenza devono sostenere un carico leggero ma significa anche un'attrezzatura mobile con un eccellente coefficiente di cambio compatto ed economico.

Il vapore circola naturalmente senza richiedere acceleratori, e le temperature possono essere alte a pressioni piuttosto basse, pertanto è relativamente sicuro e facile da gestire.

Le temperature o le regolamentazioni di pressione possono essere effettuate usando semplicemente le valvole a due vie; soprattutto ha il vantaggio di essere estremamente "flessibile" il che significa che, contrariamente ad altri fluidi come acqua, acqua pressurizzata, olio diatermico, ecc., si adatta bene ad eventuali variazioni e cambi,

Chiaramente quanto sopra detto è particolarmente adatto alle installazioni di vapore disegnate e costruite razionalmente, soprattutto per quanto riguarda il recupero di energia.

Riteniamo importante tuttavia sottolineare che, in caso di bisogno, i tecnici che hanno una buona conoscenza dell'argomento "vapore" dovrebbero essere comunque interpellati perché, anche se il vapore non è così complesso come gli altri fluidi, richiede sempre una buona preparazione teorica e l'abilità tecnica della pratica.

bruciatori a gas

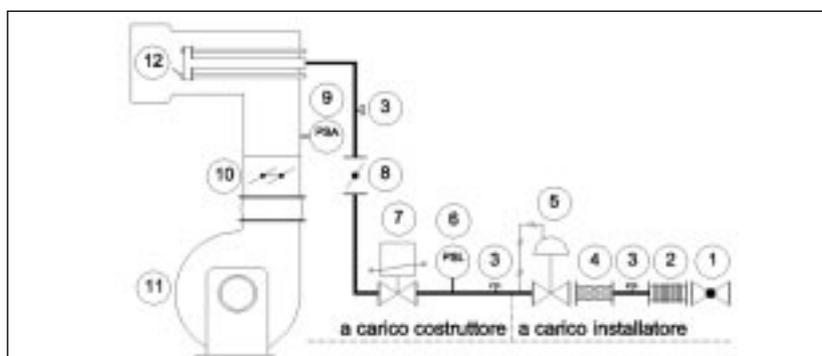
DM 28-02-1986

Apparecchiatura di sicurezza e controllo sulla linea di alimentazione del gas. Da prevedere in sedi di installazione. Per i bruciatori a gas ad aria soffiata installati su impinati di riscaldamento domestici (e similari : produzione di acqua calda, cottura, riscaldamento unifamiliare e centralizzata).

Sono esclusi i bruciatori installati su forni o caldaie inseriti in cicli di lavorazioni industriali e quelli installati all'aperto.

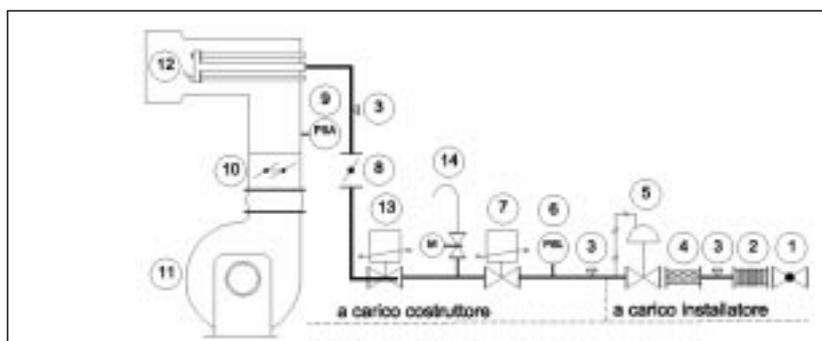
Bruciatori con potenzialita' termica nominale fino a 100 kw

- 1 Rubinetto di intercettazione
- 2 Giunto antivibrante
- 3 Presa pressione gas
- 4 Filtro gas
- 5 Regolatore pressione gas
- 6 Pressostato di minima gas
- 7 Elettrovalvola di sicurezza classe A
- 8 Regolatore portata gas
- 9 Pressotato aria
- 10 Serranda regolazione aria
- 11 Ventilatore
- 12 Testa di combustione



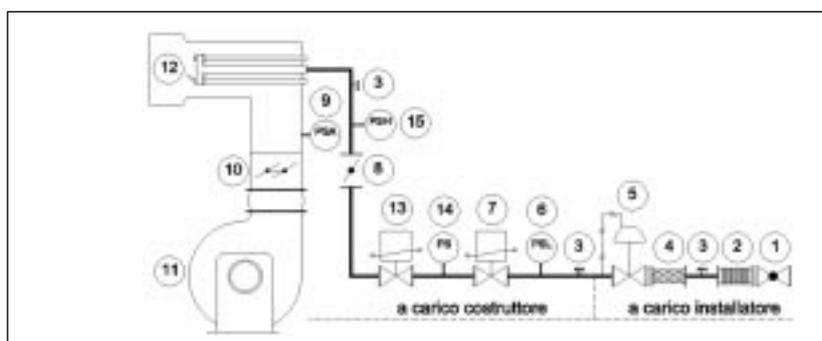
Bruciatori con potenza termica nominale da 100 kw a 350 kw

- 1 Rubinetto di intercettazione
- 2 Giunto antivibrante
- 3 Presa pressione gas
- 4 Filtro gas
- 5 Regolatore pressione gas
- 6 Pressostato di minima gas
- 7 Elettrovalvola di sicurezza classe A
- 8 Regolatore portata gas
- 9 Pressotato aria
- 10 Serranda regolazione aria
- 11 Ventilatore
- 12 Testa di combustione
- 13 Elettrovalvola di regolazione classe A
- 14 Elettrovalvola di sfiato in atmosfera classe A



Bruciatori con potenza termica nominale da 350 kw a 2000 kw

- 1 Rubinetto di intercettazione
- 2 Giunto antivibrante
- 3 Presa pressione gas
- 4 Filtro gas
- 5 Regolatore pressione gas
- 6 Pressostato di minima gas
- 7 Elettrovalvola di sicurezza classe A
- 8 Regolatore portata gas
- 9 Pressotato aria
- 10 Serranda regolazione aria
- 11 Ventilatore
- 12 Testa di combustione
- 13 Elettrovalvola di regolazione classe A
- 14 Dispositivo fughe interne gas
- 15 Pressostato di massima gas



TUBAZIONI GAS METANO

Portate GAS METANO in m³/h (densità 0,6) per una perdita di carico massima di 5 mm. Metano 8000 cal/m³. Calcolo per distanze rettilinee. Ogni curva o diramazione si deve considerare 0,5 m in più della tubazione.

Distanza da contatore a caldaia mt	Ø 1/2" 16,6 rame 18x1	Ø 3/4" 22,2 rame 22x1	Ø 1" 27,9 rame 28x1	Ø 1 1/4" 36,6 rame 35x1	Ø 1 1/2" 41,5 rame 42x1	Ø 2" 53,8	Ø 2 1/2" 69,6	Ø 3" 81,8	Ø 4" 104
	Portate in m³/h (calorie bruciate con P.C.I. 8000 cal/mc)								
2	4 (32.000)	9 (72.000)	16,9 (135.000)	35,5 (284.000)	50 (400.000)	102 (816.000)	203 (1.624.000)	313 (2.504.000)	551 (4.408.000)
4	2,7 (21.600)	6 (48.000)	11,4 (91.200)	24 (192.000)	33,8 (270.000)	69 (552.000)	139 (1.112.000)	214 (1.712.000)	390 (3.120.000)
6	2,1 (32.000)	4,8 (72.000)	9 (72.000)	19 (152.000)	27 (216.000)	54 (432.000)	110 (880.000)	171 (1.368.000)	318 (2.544.000)
8	1,8 (14.400)	3,6 (32.800)	7,7 (61.600)	16 (128.000)	22,8 (182.400)	46,5 (372.000)	94 (752.000)	146 (1.168.000)	275 (2.200.000)
10	1,6 (12.800)	3,6 (28.800)	6,7 (53.600)	14 (112.000)	20 (160.000)	41 (328.000)	82 (656.000)	128 (1.024.000)	246 (1.968.000)
15	1,3 (10.400)	2,8 (22.400)	5,3 (42.400)	11 (88.000)	16 (128.000)	32 (256.000)	65 (520.000)	102 (816.000)	195 (1.560.000)
20	1,1 (8.800)	2,45 (19.600)	4,5 (36.000)	9,6 (76.800)	13,6 (108.800)	27,6 (220.000)	55 (440.000)	86 (688.000)	174 (1.392.000)
25	0,9 (7.200)	2,1 (16.800)	4 (32.000)	8,4 (67.200)	11,9 (95.000)	24 (192.000)	49 (392.000)	76 (608.000)	156 (1.248.000)
30	0,88 (7.000)	1,9 (15.200)	3,6 (28.800)	7,6 (60.800)	10,8 (86.400)	22 (176.000)	44 (352.000)	68 (544.000)	142 (1.136.000)
40	0,74 (5.900)	1,6 (12.800)	3 (24.000)	6,4 (51.000)	9 (72.000)	18 (144.000)	37 (236.000)	58 (368.000)	123 (984.000)
50	0,66 (5.200)	1,4 (11.200)	2,72 (21.600)	5,7 (45.600)	8 (64.000)	16 (128.000)	33 (364.000)	51 (408.000)	110 (880.000)
60	0,59 (4.700)	1,3 (10.400)	2,4 (19.200)	5 (40.000)	7 (56.000)	14 (112.000)	29 (232.000)	46 (368.000)	100 (800.000)
80	0,5 (4.000)	1,1 (8.800)	2 (16.000)	4 (32.000)	6 (48.000)	12 (96.000)	25 (200.000)	39 (312.000)	87 (696.000)
100	0,44 (3.500)	0,98 (7.800)	1,8 (14.400)	3,8 (30.400)	5,4 (43.000)	11 (88.000)	22 (176.000)	34 (272.000)	65 (520.000)

Esempio: Caldaia metano con calorie bruciate 150.000. Distanza da contatore a caldaia: m30.

Viene scelta una tubazione da 2" che permette una portata di 22 m³/h metano (176.000 Kcal/h) con una perdita di carico di 5 mm H₂O.

TUBAZIONI IN RAME

Lunghezza virtuale in metri	rame 12x10	rame 14x12	rame 16x14	rame 18x16	rame 22x20	rame 28x25
	Portate in Nm³/h (calorie bruciate con P.C.I. 8000 Kcal/h)					
5	0,6 (4.800)	1,25 (10.000)	2,2 (17.600)	2,8 (22.400)	4,1 (32.800)	8,4 (67.200)
10	0,41 (3.280)	0,85 (6.800)	1,5 (12.000)	1,9 (15.200)	2,5 (20.000)	5,4 (43.200)

Calcolo perdita di carico per grosse tubazioni metano

$$\Delta P = \frac{1,2 \times Q^2 \times L}{D^5}$$

Dove

ΔP = perdita di carico in mm.c.a.
 L = lunghezza tubazione in metri
 Q = portata del gas metano in Nmc/h
 D = Diametro interno della tubazione in mm

Esempio:

Linea Metano $L = 100m$, Potenzialità richiesta 6.000.000 kcal, Tubazione DN150, Portata gas metano 750 mc/h

$$\Delta P = \frac{1,2 \times (750)^2 \times 100}{(160,3)^5} = 63 \text{ mm.c.a.}$$

Esempio:

Linea metano che dal punto di consegna dista 200 m, portata metano 750 mc/h, la pressione del gas metano al punto di consegna è di 1500 mm.c.a. e viene accettata una perdita di carico non superiore a 150mm.c.a. a fine linea (bruciatore)

$$D^5 = \frac{1,2 \times Q^2 \times L}{\Delta P} \quad D^5 = \frac{1,2 \times (750)^2 \times 200}{150} = 900.000$$

Da tabella troviamo il valore D^5 che più si avvicini a quello calcolato e cioè 1.058.443 che corrisponde a una tubazione da $\varnothing 6''$

Diametro nominale		Valori di D^5
DN25	1"	169
DN32	1" 1/4	656
DN40	1" 1/2	1.386
DN50	2"	4.181
DN65	2" 1/2	15.414
DN80	3"	34.439
DN100	4"	146.253
DN125	5"	408.394
DN150	6"	1.058.443
DN200	8"	3.997.331
DN250	10"	12.298.388

TUBAZIONI GAS PROPANO LIQUIDO (G.P.L.)

Pressione iniziale 1,5 ate 37.1

Distanza virtuale in metri	Ferro ø 1" Rame 18 x 1			Pot. kcal	Ferro ø 1" Rame 22 x 1			Pot. kcal	Ferro ø 1" Rame 28 x 1,5			Pot. kcal
	Portata				Portata				Portata			
	Kg/h	lt/h	Nm ³ /h		Kg/h	lt/h	Nm ³ /h		Kg/h	lt/h	Nm ³ /h	
5	55	110	27,5	605.000								
10	38,5	77	19,2	422.000	82	164	41	902.000				
15	31,8	63,6	15,9	349.000	66	132	33	726.000				
20	27,3	54,6	13,6	299.000	57,7	115	28,8	633.000	100	200	50	1.100.000
25	24,2	48,4	12,1	286.000	51,8	103	26	572.000	89	178	44,5	979.000
30	22,2	44,4	11,1	244.000	47	94	23,5	517.000	82	164	41	902.000
40	19,2	38,4	9,6	211.000	40,8	81	20,4	448.000	71	142	35,5	781.000
50	17,2	34,4	8,6	189.000	36,2	72	18	396.000	63	126	31,5	693.000
60	15,8	31,6	7,9	173.000	33,1	66	16,5	363.000	57,7	115	28,8	633.000
80	13,7	27,4	6,8	150.000	28,8	57	14,3	314.000	50	100	25	550.000
100	12,1	24,2	6	133.000	25,7	50	12,5	275.000	44,2	88,4	22	486.000

1 lt GPL = 0.5 Kg

1 Kg GPL = 2 lt

1 lt GPL = 2 Kg

Kcal/Kg = ~ 11.000

1 lt GPL = 0.25 m³

1 Kg GPL = 0.5 m³

1 lt GPL = 4 lt

Kcal/m³ = ~ 22.000

Kcal/lt = ~ 5.500

Esempio: pressione di linea: 1.5 ate Lunghezza tubazione: 60 m

Calorie richieste: 220,000 Kcal/h

Viene scelta una tubazione in ferro da 3/4" o in rame 22x1

DIMENSIONAMENTO TUBAZIONI G.P.L.

Pressione 300 mm H₂O

Distanza virtuale in metri	Ferro ø 1" Rame 14 x 1		Ferro ø 1" Rame 18 x 1		Ferro ø 1" Rame 22 x 1		Ferro ø 1" Rame 35 x 1,5		Ferro ø 1" Rame 42 x 1,5		Ferro ø 2" Rame 54 x 1,5	
	Portata Nm ³ /h	Kcal	Portata Nm ³ /h	Kcal	Portata Nm ³ /h	Kcal	Portata Nm ³ /h	Kcal	Portata Nm ³ /h	Kcal	Portata Nm ³ /h	Kcal
6	1,5	33.000	3,2	70.400	6,1	134.000	12	264.000	19	418.000	35	770.000
8	1,3	28.000	2,8	61.600	5,2	114.000	10,6	233.000	16,4	360.000	30	660.000
10	1,1	24.000	2,6	57.000	4,7	103.000	9,5	209.000	14,5	319.000	27	594.000
15	0,9	19.800	2,0	44.000	3,8	83.000	7,6	167.000	11,5	253.000	21,5	473.000
20	0,78	17.000	1,7	37.400	3,2	70.000	5,7	140.000	9,8	215.000	18,4	404.000
25	0,69	15.000	1,5	33.000	2,9	63.000	5,4	125.000	8,7	191.000	16,1	354.000
30	0,62	13.600	1,4	30.800	2,6	57.000	5,1	112.000	8	176.000	14,7	323.000
40	0,55	12.000	1,2	26.400	2,2	48.000	4,5	99.000	6,8	149.000	12,5	275.000
50	0,46	10.000	1,0	22.000	2	44.000	3,8	83.000	6,1	134.000	11,1	244.000
60					1,8	39.000	3,5	77.000	5,5	121.000	10	220.000
80					1,5	33.000	3	66.000	4,6	101.000	8,6	189.000

1 lt GPL = 0.5 Kg

1 Kg GPL = 2 lt

1 lt GPL = 2 Kg

Kcal/Kg = ~ 11.000

1 lt GPL = 0.25 m³

1 Kg GPL = 0.5 m³

1 lt GPL = 4 lt

Kcal/m³ = ~ 22.000

Kcal/lt = ~ 5.500

Esempio: Pressione di linea: 300 mm H₂O. Lunghezza tubazione: 60 m

Calorie richieste: 220,000 Kcal/h

Viene scelta una tubazione in ferro da 2" o rame 54 x 1.5

camini

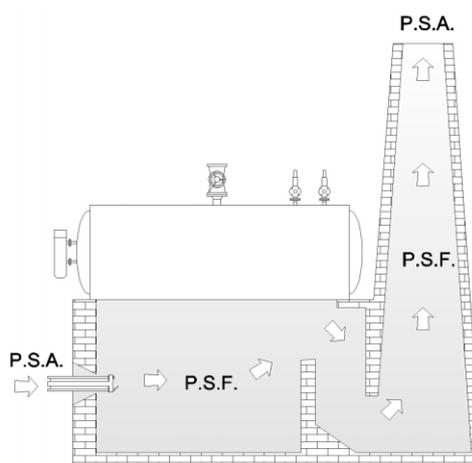
Loro Classificazioni

- Tiraggio aspirato
- Tiraggio indotto
- Tiraggio equilibrato o compensato
- Tiraggio aspirato

CAMINI A TIRAGGIO NATURALE

Nel processo di combustione va fornito al combustibile un adeguato quantitativo d'aria. Nei vecchi generatori l'aria entra nella camera di combustione richiamata dalla depressione che vi si forma. Per ottenere questa depressione è necessario che i prodotti della combustione uscenti dalla caldaia vengano scaricati all'atmosfera ad una altezza superiore a quella della caldaia tramite un condotto denominato camino. In tal modo la depressione statica esistente nella camera di combustione corrisponde al peso della colonna atmosferica esistente alla bocca del camino (p.s.a.) diminuita del peso della colonna dei gas caldi contenuti nel camino (p.s.f.) e quindi inferiore a quella esistente all'ingresso dell'aria in caldaia risultante dal peso di sola aria fredda (p.s.a.). Tale differenza di pressione viene definita **tiraggio** che costituisce il trasferimento della massa gassosa dall'esterno verso il bruciatore, alla camera di combustione e al condotto di evacuazione. Tale processo viene chiamato TIRAGGIO NATURALE. Questo sarà tanto più grande quanto più alto è il camino e quanto maggiore sarà la differenza di temperatura tra fumi e aria comburente. La buona efficienza del sistema implica:

- Alti camini con perfetto isolamento.
 - Camere di combustione caldaia a perfetta tenuta senza infiltrazioni dall'esterno.
 - Temperatura dei gas scaricati al camino con valori alti.
- L'introduzione di recuperatori e scambiatori di calore abbassa la temperatura finale di gas caldi, aumenta le perdite di carico lato aria e rende difficoltoso se non nullo l'effetto del tiraggio naturale.

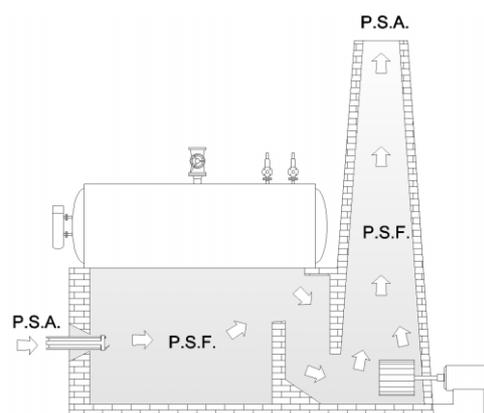


CAMINI A TIRAGGIO FORZATO

L'introduzione di un ventilatore che spinga l'aria e i gas di combustione costituisce tiraggio forzato.

Tiraggio aspirato

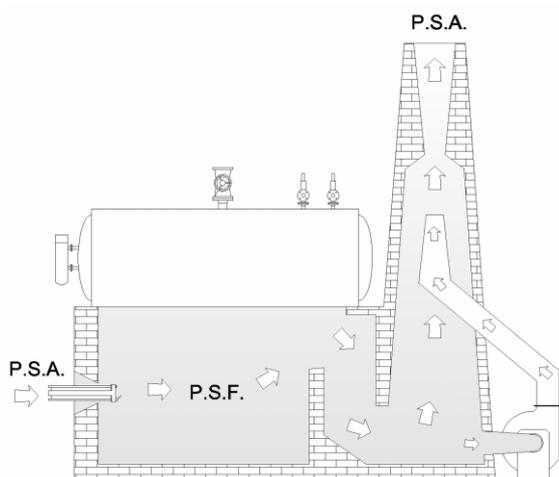
Viene realizzato con l'installazione alla base del camino di un ventilatore che aspira i fumi dalla caldaia per poi spingerli nel camino. Il ventilatore deve avere caratteristiche costruttive particolari dovendo la girante sopportare alte temperature e resistere a eventuali corrosioni dovute a presenza di composizioni acide sviluppatesi dal tipo di



combustibile (anidride solforica). una serranda posta alla base del camino e in aspirazione del ventilatore permette una grossolana regolazione di portata gas. L'efficienza di tale sistema è compromessa se la camera di combustione non è a perfetta tenuta verso l'esterno.

Tiraggio indotto

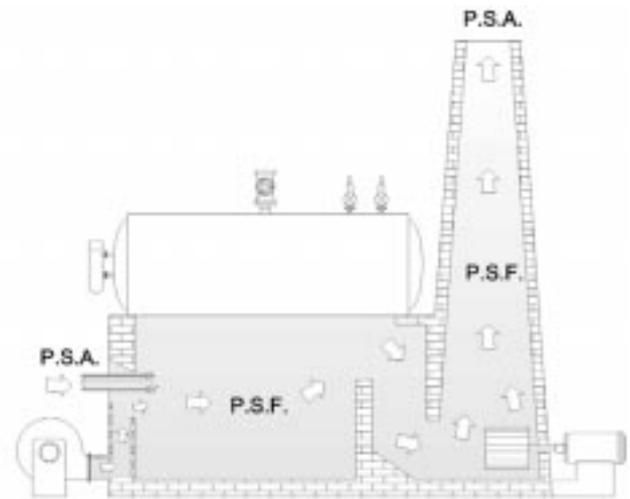
Viene realizzato installando un ventilatore all'esterno del camino che possa aspirare una parte dei fumi uscenti dalla caldaia per poi spingerli nel camino stesso tramite un acceleratore di velocità che potrebbe essere un iniettore. La parte di fumo soffiato dal ventilatore nel camino spinge la colonna rimanente dei gas caldi verso la bocca del camino con alta velocità, contemporaneamente dalla parte aspirante del ventilatore si crea una depressione che determina il tiraggio forzato nella camera di combustione. L'efficienza di tale sistema è compromessa se la camera di combustione non è a perfetta tenuta verso l'esterno.



Tiraggio equilibrato o compensato

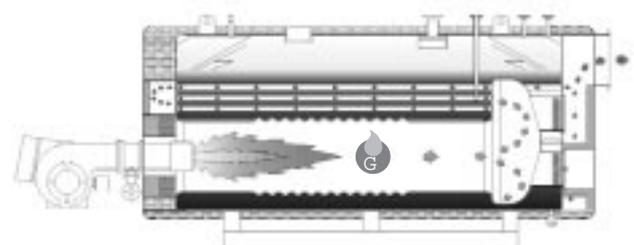
Viene ottenuto con due ventilatori; uno che spinge l'aria comburente in caldaia, l'altro che aspira i prodotti della combustione e li spinge al camino. Il ventilatore che immette l'aria comburente in caldaia è denominato ventilatore premente mentre quello che spinge i prodotti della combustione è denominato ventilatore aspirante. Per ottenere un buon processo di combustione i costruttori di caldaie regolano la prevalenza dei ventilatori in modo da mantenere nella camera di combustione una leggera depressione (5 - 10 mm H₂O) cioè il ventilatore aspirante ha una prevalenza superiore a quello

premente. L'intento è quello di evitare nella camera di combustione fuoriuscite di gas caldi o forti per rientrate d'aria fredda che penalizzerebbero il buon funzionamento. Per contro tale sistema è molto delicato, richiede continue tarature ed il suo costo di installazione e di esercizio è sostenuto



Tiraggio con caldaia pressurizzata

Si può affermare che da alcuni anni l'introduzione della caldaia a combustione pressurizzata ha eliminato la maggior parte di caldaie con i sistemi sopra descritti. Difatti per eliminare tutti gli inconvenienti derivanti da un tiraggio alquanto approssimativo è stato ideato il bruciatore a combustione pressurizzata il quale ha incorporato il ventilatore premente che conferisce all'aria comburente, aspirata dall'esterno, la pressione o prevalenza necessaria per vincere tutte le perdite di carico del circuito aria-fumi-camino. Vantaggi: dimensioni contenute della caldaia, minor potenza elettrica assorbita, minor costi di esercizio e di manutenzione.



DIMENSIONAMENTO CAMINI

Tiraggio di un camino

E' la possibilità che ha una canna fumaria di smaltire tutti i prodotti della combustione di una caldaia senza creare contropressioni. Ricordarsi che i camini devono essere:

- Assolutamente ermetici ed internamente lisci.
- Convenientemente isolati per impedire un eccessivo raffreddamento dei fumi.
- Il collegamento tra caldaia e camino deve essere il più breve possibile evitando curve e lunghi tratti orizzontali.

T= tiraggio del camino in mm colonna d'acqua
 h= altezza utile del camino (a netto di curve e tratti sub orizzontali)
 p.s.a.= peso specifico aria
 p.s.f.= peso specifico fumi corrispondente alla temperatura media rilevata all'interno del camino.

$$T = h \times (p.s.a - p.s.f.)$$

Peso specifico dell'aria p.s.a. (alla pressione 760 mmHg)

temperatura aria °C	-5	0	5	10	15	20	25	30
p.s.a. (Kg/m ³)	1,317	1,293	1,27	1,247	1,226	1,205	1,185	1,165

Peso specifico dei fumi p.s.f. (alla pressione 760 mmHg)

temperatura fumi °C	160	180	200	220	240	260	280	300
p.s.f. (Kg/m ³)	0,848	0,81	0,776	0,774	0,715	0,688	0,664	0,64

Esempio: temperatura esterna: 5°C;
 temperatura fumi: 180°C;
 altezza camino: 10 mt.

$$T = 10 \times (1.27 - 0.81) = 10 \times 0.46 = 4.6 \text{ mm}$$

DIMENSIONAMENTO CAMINI PER COMBUSTIBILI SOLIDI E LIQUIDI

(legge antismog del 13 luglio 1966)

Caldaie in depressione con camini a tiraggio naturale

$$S = \frac{Q}{\sqrt{h}}$$

S = Superficie netta della canna fumaria (cm²)
 Q = Calorie bruciate dalla caldaia
 K= Coefficiente: per combustibili solidi = 0,03
 per combustibili liquidi = 0,024
 H= Altezza utile del camino.
 (Da non confondere con l'altezza di costruzione H del camino).

- Le sezioni risultanti dovranno essere incrementate del:

- 50%** nel caso di impiego di lignite
- 25%** nel caso di impiego di carbone da vapore a lunga fiamma
- 10%** per ogni 500 m. di altitudine della località sul livello del mare.

- E' ammessa l'adozione di elementi prefabbricati aventi sezione commerciale superiore del 30% o inferiore sino al 10% del valore risultante dalla formula di calcolo.

- La sezione minima non dovrà essere, in nessun caso, inferiore a 220 cm².

- Nel caso di camini aventi sezione diversa da quella circolare, il rapporto tra i lati non deve essere superiore a 1,5.

- Non sono permessi camini a sezione triangolare. L'altezza utile h del camino si ricava dall'altezza di costruzione H diminuita:

0.5 m per ogni cambiamento di direzione (C)

1 m per ogni metro di sviluppo del condotto sub orizzontale (L)

1 m per ogni millimetro di perdita di carico della caldaia (p)

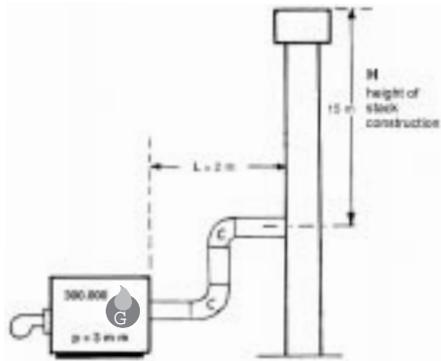
In linea di massima si può ritenere che le perdite di carico sul lato fumi per le caldaie in depressione siano:

2 mm per caldaie sino a 160.000 Kcal/h

3 mm per caldaie sino a 320.000 Kcal/h

4 mm per caldaie di potenzialità maggiore

Altezza **h** di calcolo camini: $h = H - (c \times 0.5 + L + P)$



Esempio: Caldaia da 300.000 Kcal (p= 3 mm)
Altezza di costruzione H = 15 m
N° 2 curve (c)
Tratto orizzontale: 2 m (L)
Combustibile: Gasolio
K = 0.024

$$h = H - (c \times 0.5 + L + p)$$

$$h = 15 - (2 \times 0.5 + 2 + 3)$$

$$h = 15 - (1 + 2 + 3) \quad h = 15 - 6$$

$$h = 9 \text{ m}$$

$$S = K \times \frac{Q}{\sqrt{h}}$$

$$S = 0.024 \times \frac{300,000}{\sqrt{9}} = 2400 \text{ cm}_2$$

Cioè occorre un camino con sezione utile netta: 49 x 49 cm.

Si sceglie la misura commerciale più vicina che è: 50 x 50.

Da questo esempio si riafferma la differenza tra altezza di costruzione **H** (15 m) e altezza utile di calcolo **h** (9 m), fonte continua di equivoci nella scelta dei camini.

Caldaie a combustione pressurizzata

La pressurizzazione del bruciatore elimina il problema delle perdite di carico lato fumi caldaia (**p**) per cui l'altezza **h** di calcolo del camino risulta:

$$h = H - (c \times 0.5 + L)$$

Il coefficiente **K** scende: 0.008

La sezione del camino: $S = 0.008 \times \frac{Q}{\sqrt{9}}$

Esempio: per la stessa caldaia di cui sopra con il medesimo impianto si avrà:

$$h = 15 - (2 \times 0,5 + 2) \quad h = 15 - (1 + 2) \quad h = 12 \text{ m}$$

$$S = 0,008 \times \frac{300.000}{\sqrt{12}} = 693 \text{ cm}^3 \text{ (misura commerciale 30x25 cm)}$$

COMBUSTIBILE LIQUIDO

TABELLA SEZIONE DEI CAMINI COLLEGATI A CALDAIE IN ASPIRAZIONE

Sezione	Altezza di calcolo dei camini in metri										Kcal bruciate Caldaia in aspirazione		
	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33		36	39
15 x 15													25.000
15 x 20													30.000
20 x 20													35.000
													40.000
20 x 30													45.000
													50.000
30 x 30													55.000
													60.000
30 x 40													70.000
													80.000
40 x 40													90.000
													100.000
40 x 50													110.000
													120.000
50 x 50													130.000
													140.000
60 x 60													150.000
													160.000
80 x 80													170.000
													180.000
100 x 100													190.000
													200.000
													225.000
													250.000
													275.000
													300.000
													325.000
													350.000
													375.000
													400.000
													425.000
													450.000
													475.000
													500.000
													550.000
													600.000
													650.000
													700.000
													750.000
													800.000
													850.000
													900.000
													950.000
													1.000.000
													1.100.000
													1.200.000

COMBUSTIBILE LIQUIDO
TABELLA SEZIONE DEI CAMINI COLLEGATI A CALDAIE IN ASPIRAZIONE

Sezione	Altezza di calcolo dei camini in metri												Kcal bruciate Caldaia in aspirazione
	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	
15 x 15													25.000
15 x 20													30.000
20 x 20													35.000
													40.000
20 x 30													45.000
													50.000
30 x 30													60.000
													70.000
30 x 40													80.000
													90.000
40 x 40													100.000
													110.000
40 x 50													120.000
													130.000
50 x 50													140.000
													150.000
60 x 60													160.000
													170.000
60 x 80													180.000
													190.000
80 x 80													200.000
													225.000
100 x 100													250.000
													275.000
													300.000
													325.000
													350.000
													375.000
													400.000
													425.000
													450.000
													475.000
													500.000
													550.000
													600.000
													650.000
													700.000
													750.000
													800.000
													850.000
													900.000
													950.000
													1.000.000
													1.100.000
													1.200.000

Esempio:
Caldaia pressurizzata. Calorie bruciate: 325.000
Altezza h di calcolo del camino : 7 m
Ne risulta un camino con dimensioni interne 30 x 40 cm

TABELLA SEZIONE DEI CAMINI COLLEGATI A CALDAIE FUNZIONANTI CON COMBUSTIBILI GASSOSI

ALTEZZA DI CALCOLO DEL CAMINO			Canne cilindriche		Canne rettangolari o quadrate
H < 10m	10m < H < 20m	H > 20m			
PORTATE TERMICHE Kcal/h			Ø interno cm	Sez. interna cm_	Sez. interna cm_
Fino a:	fino a:	fino a:			
30.000	30.000	40.000	11	95	105
40.000	40.000	60.000	13	123	135
50.000	60.000	80.000	14	154	169
70.000	105.000	125.000	17	226	249
100.000	155.000	180.000	20	314	345
140.000	200.000	239.000	24	452	497
176.000	245.000	308.000	28	616	678
228.000	320.000	402.000	32	804	884
283.000	407.000	509.000	36	1.018	1.120
358.000	503.000	628.000	40	1.257	1.383
435.000	708.000	760.000	44	1.520	1.672
512.000	724.000	904.000	48	1.809	1.990
607.000	849.000	1.062.000	52	2.124	2.336
704.000	985.000	1.231.000	56	2.463	2.709
808.000	1.131.000	1.413.000	60	2.827	3.109
920.000	1.287.000	1.608.000	64	3.217	3.539
1.039.000	1.453.000	1.816.000	68	3.632	3.995
1.164.000	1.628.000	2.035.000	72	4.071	4.478
1.297.000	1.814.000	2.268.000	76	4.536	4.990
1.437.000	2.010.000	3.013.000	80	5.026	5.529

Per consumi maggiori si dovrà adottare una sezione circolare di:

- 3.5 cm² per ogni 1,000 Kcal/h per H < 10 m
- 2.5 cm² per ogni 1,000 Kcal/h per H compreso fra 10 e 20 m
- 2 cm² per ogni 1,000 Kcal/h per H > 20 m

La sezione di una canna fumaria rettangolare deve essere almeno uguale alla sezione della canna cilindrica corrispondente maggiorata del 10%.

Calcolo rapido dimensionamento collettori



Ø Tubo	DN	Ø esterno mm	Ø interno mm	Sez. area interna cmq
1/2"	15	21,3	18,6	2,19
3/4"	20	26,9	22,2	3,91
1"	25	33,7	27,9	6,11
1" 1/4	32	42,4	36,6	10,50
1" 1/2	40	48,3	42,5	14,20
2"	50	60,3	53,8	22,80
2" 1/2	65	76,1	69,6	38,20
3"	80	88,9	81,6	52,40
4"	100	114,3	106,2	88,70
5"	125	139,7	129,9	134,00
6"	150	165,0	155,2	197,00
8"	200	216,0	204,0	343,00
10"	250	267,0	254,0	508,00

Calcolo rapido dimensionamento collettori

$$D \text{ (cm)} = \sqrt{\frac{\text{Sup. tot. tubaz. in uscita} + 50\%}{0.785}}$$

Esempio: Entrata: N° 1 tubazione da 3"
 Uscita: N° 1 tubazione da 1 1/2"
 N° 1 tubazione da 2"
 N° 1 tubazione da 3"

si effettua la somma delle sezioni delle sole tubazioni uscenti

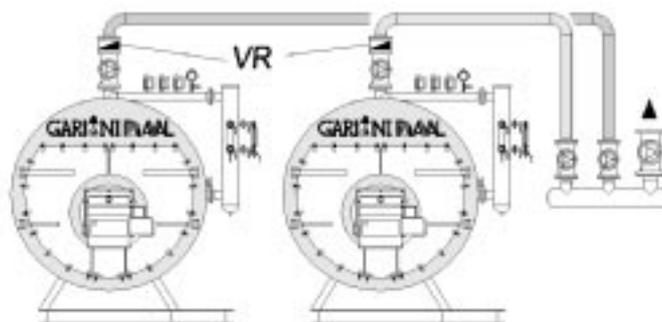
$$\begin{aligned} 1 \ 1/2'' &= 14.2 \text{ cm}_2 \\ 2'' &= 22.8 \text{ cm}_2 \\ 3'' &= 52.4 \text{ cm}_2 \\ &= 89.4 \text{ cm}_2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Aumento del 50\%} &= 44.7 \\ \text{Totale} &= 134.1 \text{ cm}_2 \end{aligned}$$

$$D \text{ (cm)} = \sqrt{\frac{134,1}{0.785}} = 13 \text{ cm (130 mm)}$$

Viene scelto un diametro uguale o immediatamente superiore a quello corrispondente al Ø esterno della tabella, quindi nel nostro caso si adotta un collettore Ø 5" con diametro esterno 139.7 mm.

Caldaiie collegate in batteria



VR = valvola di ritegno

Art.24:

Ciascun generatore deve essere provvisto di una valvola manuale atta ad intercettare ogni comunicazione della condotta del vapore (presa vapore)

Quando più generatori devono fornire il vapore ad un medesimo condotto ciascuno di essi deve essere reso indipendente dagli altri, sia per resa che per alimentazione. Se le pressioni di bollo dei generatori sono diverse tra loro, è necessario installare una valvola di sicurezza tarata per la pressione di timbro più bassa. Due generatori bollati rispettivamente 12 e 10 bar, la valvola di sicurezza deve essere tarata a 10bar

Inoltre negli impianti di generatori isolati o in batteria di oltre 200m_ caduno di superficie riscaldata e funzionanti a pressioni superiori a 6ate, deve essere applicata dopo la presa di vapore, una valvola automatica di chiusura ovvero una valvola di non ritorno, ai sensi della circolare tecnica A.N.C.C. N°7/79 protocollo 4150 del 01.02.79.

esoneri

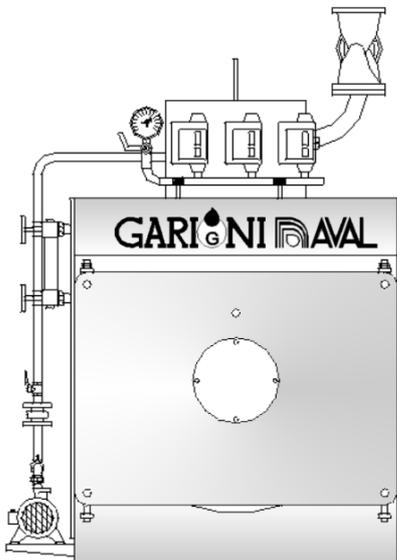
Esoneri totali dall'applicazione di prescrizioni in materia di generatori di vapore d'acqua

D.M. 21.05.74

Generatori di vapore a bassa pressione ART.39

Per ogni generatore di vapore con:

- 1) Pressione massima di esercizio non superiore a 1 ate
- 2) Superficie di riscaldamento non superiore a 100 m²
- 3) Producibilità di vapore a carico massimo continuo non superiore a 2.000 kg/h



Può essere concessa a richiesta, l'esonero totale di cui all'art.38 nonché l'esonero dall'osservanza delle seguenti prescrizioni :

- dalla installazione della seconda valvola di sicurezza purché l'unica montata sia idonea a scaricare alla massima pressione di esercizio, tutta la quantità di vapore producibile a massimo carico continuo.

- Applicazione di mezzi meccanici di alimento (elettropompe, pompe a mano)

Esempio : potranno essere adottate le seguenti soluzioni:

- ritorno a ciclo chiuso della condensa del vapore.
- derivazione dal civico acquedotto mediante condotta forzata.
- a caduta da un sopra-elevato bacino, deposito etc. purché la pressione sia maggiore di 1,5 ate
- assistenza dal conduttore abilitato

L'esonero dalla prescrizione relativa all'assistenza del conduttore abilitato è subordinato alla condizione che la condotta del generatore di vapore sia affidata a persona fisicamente idonea, tecnicamente capace e di età non inferiore a 18 anni.

Da notare bene che l'assistenza del conduttore non abilitato deve essere continua fatta eccezione per quei generatori dotati delle seguenti apparecchiature :

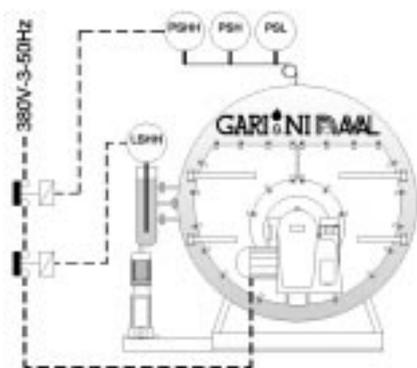
- un regolatore di pressione (pressostato di esercizio)
- un regolatore di livello (livellostato di esercizio)
- un pressostato di blocco a riarmo manuale indipendente meccanicamente ed elettricamente da quello di esercizio
- due livellostati di blocco a riarmo manuale indipendenti meccanicamente da quello di esercizio

Da ricordare infine che qualora l'impianto di combustione sia alimentato con combustibili solidi o liquidi e la sua potenzialità sia superiore a 200.000 kcal/h, il conduttore non abilitato deve essere in possesso del patentino di 1° grado ai sensi dell'art.16 della legge N°615 del 13.07.66 e art.2 del D.P.R. N°1931 del 22.12.70

Precisazioni aggiuntive

Le caldaie che hanno ottenuto la dichiarazione di esonero totale dall'assistenza del conduttore abilitato sul luogo d'impianto ai sensi dell'art.39 del D.M. 21.05.74, possono essere installate nella centrale termica in numero illimitato.

Il pressostato ed il livellostato di blocco a riarmo manuale, nel loro intervento, devono singolarmente e separatamente togliere tensione alla linea elettrica generale di alimentazione bruciatore.



PSHH= Pressostato di blocco a riarmo manuale
LSHH= Livellostato di blocco a riarmo manuale

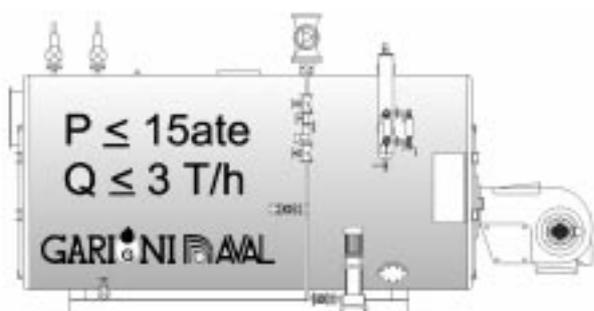
Esoneri parziali dall'applicazione di prescrizione in materia di generatori di vapore d'acqua

D.M. 21.05.74

Generatori di vapore a funzionamento automatico Art. 43

Per ogni generatore di vapore che utilizzi combustibile liquido, gassoso, polverizzato o energia elettrica e

- 1) avente pressione massima di esercizio non superiore a 15 atc;
 - 2) avente producibilità a carico massimo continuo non superiore a 3.000 kg/h;
- può essere concesso, a richiesta, l'esonero dalla prescrizione relativa **alla presenza continua, nel luogo di installazione, del conduttore abilitato.**

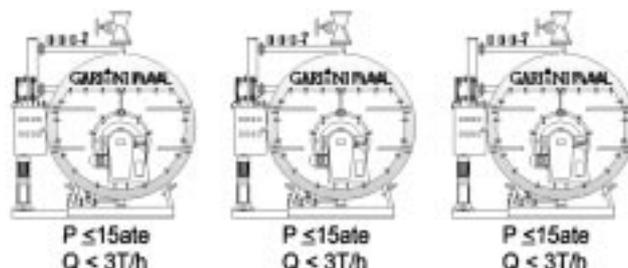


Per l'ottenimento dell'esonero sopra detto, il generatore deve essere corredato dei seguenti accessori :

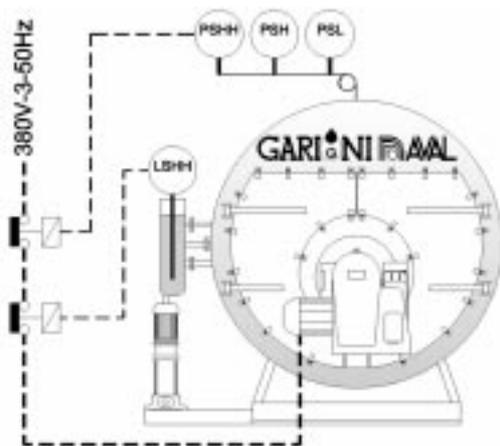
- regolatore di pressione (pressostato di esercizio)
- regolatore di livello (livellostato di esercizio)
- pressostato di blocco a riarmo manuale indipendente meccanicamente ed elettricamente da quello di esercizio
- livellostato di blocco a riarmo manuale indipendenti meccanicamente da quello di esercizio
- dispositivo di controllo fiamma (fotocellula etc.) con blocco a riarmo manuale
- all'intervento delle apparecchiature di blocco sopra menzionate dovrà esserci una segnalazione per ogni dispositivo, sia visiva che acustica nel locale caldaia. Un secondo richiamo acustico dovrà essere riportato in un punto esterno alla centrale termica in un luogo normalmente frequentato
- la mancanza di energia elettrica ad ogni apparecchiatura di sicurezza deve comportare l'intervento di blocco con riarmo manuale dopo il ritorno dell'energia
- l'acqua di alimentazione e di esercizio del generatore deve rispondere ai requisiti previsti dalla circolare A.N.C.C. 30/81 protocollo del 06.06.81
- deve essere istituito un apposito registro per le annotazioni giornaliere di tutte le operazioni periodiche di analisi, prove, controlli ed eventuali disfunzioni. Tale documento dovrà essere compilato, tenuto aggiornato, convalidato dalla firma del conduttore abilitato e controllato e vistato settimanalmente dall'utente o da un suo incaricato ed essere estensibile a richiesta degli ispettori dei servizi di prevenzione delle A.S.L.

Precisazioni aggiuntive

Le caldaie che hanno ottenuto la dichiarazione di esonero parziale dall'assistenza continua del conduttore abilitato ai sensi dell'art.43 del D.M. 21.05.74, possono essere installate nella centrale termica in numero illimitato.



Il pressostato ed il livellostato di blocco a riarmo manuale, nel loro intervento, devono singolarmente e separatamente togliere tensione alla linea elettrica generale di alimentazione bruciatore.



PSHH= Pressostato di blocco a riarmo manuale
LSHH= Livellostato di blocco a riarmo manuale

Apparecchiature di sicurezza da installare d'obbligo sui generatori di vapore per i quali si intende usufruire dell'esonero dalla sorveglianza continua del conduttore abilitato ai sensi dell'art. 43 del DM 21.05.74

- 1) Pressostato di esercizio
- 2) Pressostato di blocco a riarmo manuale indipendente meccanicamente ed elettricamente dal pressostato di esercizio con propria presa di pressione e proprio relais o teleruttore
- 3) La presa di pressione di ognuno dei presso stati deve avere un diametro interno non inferiore a mm19 (art.43 Cap.4.11 D.M. 21.05.74 raccolta e specifiche tecniche applicative)
- 4) Regolatore automatico di livello
- 5) Livellostato di blocco con riarmo manuale indipendente meccanicamente ed elettricamente dal regolatore automatico di livello (punto 4) con proprio alloggiamento e proprio relais o teleruttore

- 6) Controllo fiamma corredato di blocco quando il fuoco si spegne con intervento sulla elettrovalvola del combustibile
- 7) L'intervento di tutti i blocchi deve essere segnalato da un allarme visivo (un per apparecchiatura) e da un all'arme acustico nella centrale termica
- 8) Un altro allarme acustico (comune per tutte le sicurezze) deve essere riportato in un locale esterno alla centrale termica che sia normalmente frequentato
- 9) Sono consentiti interruttori che permettono l'esclusione delle apparecchiature di sicurezza purché dotati di chiara indicazione della loro posizione (chiusura - apertura)
- 10) Per i generatori del tipo a piastre piano saldate di angolo al fasciame e focolare, è fatto obbligo l'adeguamento alla circolare 30/81 ANCC anche se con superficie di riscaldamento superiore a 15m²
- 11) Per detti generatori di vapore il bruciatore deve avere una portata massima non superiore al 15% di quella necessaria a produrre vapore a carico massimo continuo
- 12) La mancanza di energia elettrica alle apparecchiature di sicurezza deve comportare il blocco del bruciatore. La rimessa in funzione al ritorno dell'energia deve avvenire manualmente.

Generatori di vapore a sorgente termica diversa dal fuoco ART. 41

Per i generatori di vapore a sorgente termica diversa dal fuoco ivi compresi quelli a riscaldamento elettrico non inseriti in circuiti nucleari, può essere concesso a richiesta, l'esonero da una o da tutte le seguenti prescrizioni:

- applicazione dal secondo indicatore di livello
- applicazione del secondo mezzo di alimentazione
- applicazione della seconda valvola di sicurezza purché quella esistente sia idonea a scaricare alla pressione di bollo del generatore la quantità di vapore prodotto da questi al carico massimo continuo
- assistenza dal conduttore abilitato.

GENERATORI DI VAPORE DI PICCOLA POTENZIALITÀ, A LAMA D'ACQUA, A TUBI DI FUMO ED ELETTRICI

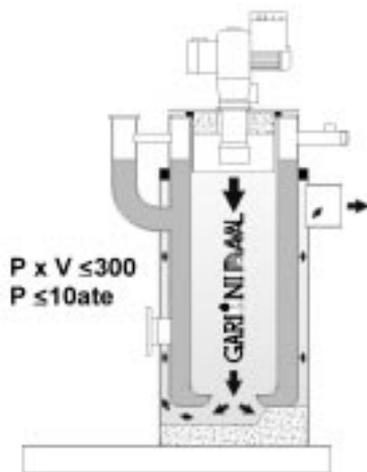
Esoneri totali dall'applicazione di prescrizioni in materia di generatori di vapore d'acqua

D.M. 21.05.74

Generatori di piccola potenzialità art. 28

Per i generatori di vapore per i quali il prodotto della pressione di progetto (bollo) in ate per la capacità totale in litri non superi i 300 e la pressione di bollo non superi 10ate, può essere concesso l'esonero totale di cui all'art. 27, nonché l'esonero dall'osservanza delle seguenti prescrizioni :

- applicazione della seconda valvola di sicurezza
- applicazione del secondo mezzo di alimentazione
- applicazione del secondo indicatore di livello
- assistenza dal conduttore abilitato



Per potere fruire di tale esonero il generatore deve:

- avere l'unico livello conforme a quanto stabilito dall'art.22 del regolamento di cui al R.D. 12.05.27 N°824 (essere del tipo regolamentare come i grandi generatori)

- superare di buon esito una prova a caldo
- essere costruiti in modo da rendere possibile la pulizia interna (di norma non può essere che chimica)
- l'unico mezzo di alimentazione deve essere idoneo (portata e prevalenza adeguate) e stabilmente collegato al generatore
- l'unica valvola di sicurezza deve poter scaricare alla pressione di taratura (quella di bollo) tutto il vapore che il generatore può produrre al carico massimo continuo
- la sua conduzione deve essere affidata a persona idonea, tecnicamente capace e di età maggiore di 18 anni compiuti.
Detto obbligo compete all'utente.
La conduzione della persona non abilitata deve essere continua fatta eccezione per quei generatori dotati di:
 - a) un pressostato di esercizio
 - b) un livellostato di esercizio
 - c) un pressostato a riarmo manuale
 - d) due livellostati di blocco a riarmo manuale

Tale normativa permette la costruzione di caldaie la cui potenzialità massima può raggiungere una portata di 250 – 350 kg/h di vapore alla pressione di esercizio di 4,5 – 5 ate.

Sono utilizzate prevalentemente in stirerie, piccole lavanderie ecc.

GENERATORI DI VAPORE MONOTUBOLARI AD ATTRAVERSAMENTO MECCANICO DI LIMITATA POTENZIALITÀ

Le caldaie a circolazione forzata sono macchine nelle quali la circolazione dell'acqua non si verifica per differenza di densità del liquido come accade ad esempio nelle caldaie a tubi di fumo, ma è determinata dalla spinta impressa da una pompa posta a monte del generatore.

Le normative vigenti permettono la costruzione di caldaie la cui potenzialità massima può raggiungere una portata di 3000 kg/h alla pressione di 12 ate.

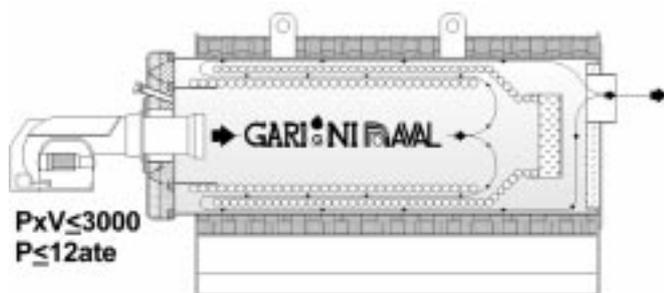
Esoneri totali dall'applicazione di prescrizioni in materia di generatori di vapore d'acqua

D.M. 21.05.74

Generatori di vapore ad attraversamento meccanico di limitata potenzialità art.29

Per i generatori di vapore ad attraversamento meccanico di limitata potenzialità, per i quali la pressione di bollo non superi 12ate ed il prodotto della pressione di bollo per la capacità totale in litri non superi 3000 e nei quali la separazione del vapore dal livello del liquido non è netta, a richiesta può essere concesso l'esonero totale di cui all'art.27 nonché l'esonero delle seguenti prescrizioni:

- applicazione della seconda valvola di sicurezza
- applicazione del secondo mezzo di alimentazione
- applicazione degli indicatori di livello
- assistenza dal conduttore abilitato



il succitato esonero viene concesso qualora i generatori in oggetto siano dotati di:

a) di un dispositivo automatico che interrompa l'afflusso del combustibile sia in caso di arresto della pompa di alimentazione dell'acqua sia nel caso di aumento della temperatura del vapore oltre il valore della temperatura massima prefissata (12ate circa 191°C)

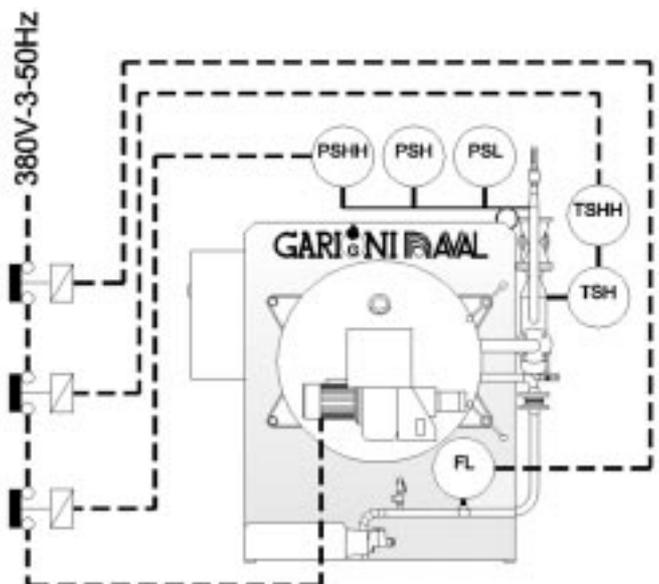
b) sia effettuata una prova a caldo con esito favorevole

c) che l'unico mezzo di alimentazione sia stabilmente collegato al generatore, abbia prevalenza adeguata ed una portata pari al 110% della producibilità del generatore per quelli fino a 1T/h e 100% per quelli oltre 1T/h

d) che l'unica valvola di sicurezza sia in grado di scaricare tutto il vapore prodotto dal generatore alla pressione di taratura (bollo)

e) la condotta del generatore venga affidata a persona fisicamente idonea, tecnicamente capace e di età non inferiore a 18 anni. Tale obbligo compete all'utente e deve essere continua salvo per i generatori dotati di:

- un pressostato di esercizio
- in pressostato di sicurezza a riarmo manuale
- un flussostato di blocco a riarmo manuale
- due termostati di blocco a riarmo manuale



conduzione dei generatori conduttore abilitato

D.M. 1 Marzo 1974 G.U. N°99 del 16.04.74

Art.1 Patenti per conduttori caldaie a vapore

Patente 4° grado Generatori di vapore di qualsiasi tipo
avente producibilità massima fino a 1T/h

Patente 3° grado Generatori di vapore di qualsiasi tipo
avente producibilità massima fino a 3T/h

Patente 2° grado Generatori di vapore di qualsiasi tipo
avente producibilità massima fino a 20T/h

Patente 1° grado Generatori di vapore di qualsiasi tipo
avente producibilità oltre le 20T/h

Art.2 Determinazione della producibilità

Il valore della producibilità da prendere in considerazione ai fini dei gradi stabiliti dell'art.1, è quello della producibilità massima continua dichiarata dal costruttore e riportato nel libretto matricolare del generatore.

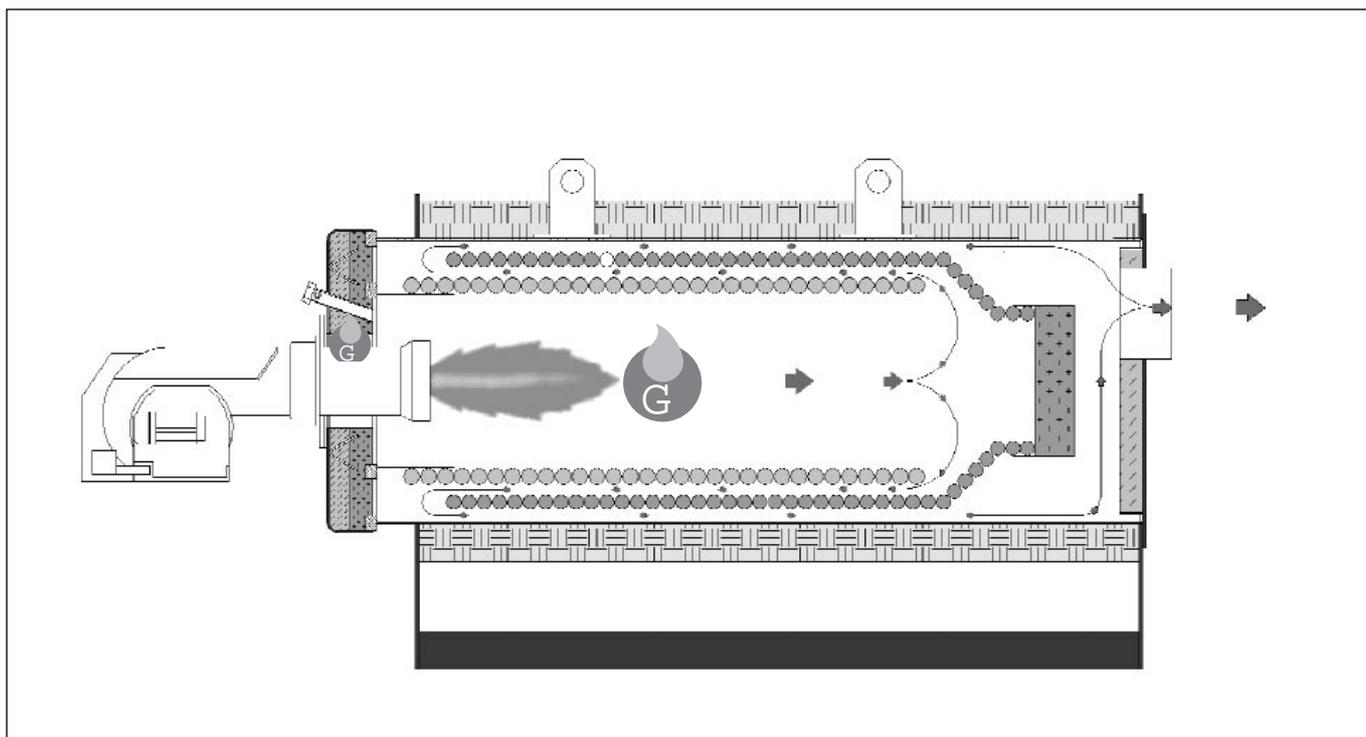
Ove il valore di cui al precedente comma non fosse specificato, sono stabiliti i seguenti limiti :

Patente 4° grado Valido per la conduzione di generatori
aventi superficie di riscaldamento non superiore a 30 mq

Patente 3° grado Valido per la conduzione di generatori
aventi superficie di riscaldamento non superiore a 100 mq.

Patente 2° grado Valido per la conduzione di generatori
aventi superficie di riscaldamento non superiore a 500 mq.

Patente 1° grado Nessuna limitazione



locali per generatori di vapore e collocazione degli accessori

D.M. 22.04.35
Norme del regolamento di cui
R.D. 12.05.27 N°824
e circolare
A.N.C.C. Prot.49729 del 22.12.71

Art.19

I locali in cui si trovano i generatori di vapore devono avere :

- a) le porte degli accessi apribili dall'interno verso l'esterno.
- b) essere adibiti esclusivamente alla condotta dei generatori. Deve pertanto vietarsi l'accesso alla C.T. del personale che non sia addetto ai lavori inerenti al funzionamento dei generatori di vapore ed affiggere all'entrata dei locali un cartello ben visibile che indichi tale divieto.

Art.21

I locali esistenti, soprastanti e sottostanti ai locali dei generatori non possono essere adibiti a dimora o ad abituale permanenza di persone. Il divieto suddetto non vige quando i generatori installati corrispondono ai tipi sottoelencati:

- a) generatori funzionanti a pressione non superiore a 10ate, purché il volume d'acqua per m² di superficie riscaldata non sia superiore a 50

$$P \leq 10\text{ate} \quad \frac{\text{Volume acqua}}{\text{m}^2 \text{ superficie}} = \leq 50 \text{ litri}$$

- b) generatori di qualsiasi tipo e capacità, purché timbrati a pressione non superiore a 6ate.

- c) generatori di qualsiasi tipo, timbrati a pressioni comprese tra i 6 e 10ate, purché il prodotto della pressione

in ate per il volume totale in litri non superi 30.000.

$$P = 6-10 \text{ ate}$$

$$P \times V \leq 30.000$$

Art.23

Tra il più alto piano di camminamento per la manovra e la sorveglianza delle valvole e il più basso ostacolo di copertura del locale deve intercedere uno spazio dell'altezza minima di 1,8 m. E' assolutamente vietato adibire detto spazio ad asciugatoio od al collocamento di oggetti estranei all'esercizio del generatore.

Art.24

I fognini di scarico dei generatori debbono essere sempre facilmente accessibili. Qualora il tubo di scarico non sfoci direttamente nei fognini, deve essere facilmente accessibile il punto ove lo scarico avviene.

Art.25

Tutti i condotti del fumo debbono essere resi accessibili mediante aperture che abbiano al pari dei condotti, sezioni sufficienti perché l'accesso sia possibile ad un uomo ed abbiano altresì una luce libera di almeno 400 x 400mm.

Art.27

Gli accumulatori di vapore dovranno essere piazzati all'aperto, semprechè non vi si oppongano difficoltà di collocamento praticamente insuperabili.

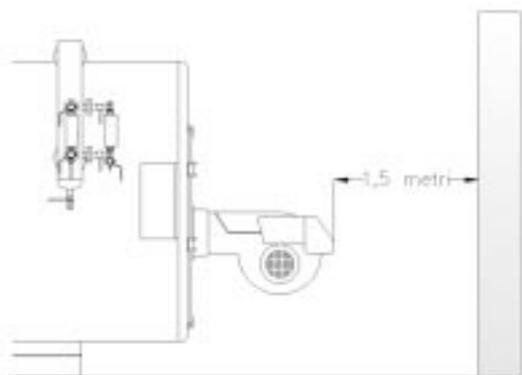
Art.28

I locali in cui sono installati generatori di vapore funzionanti a pressione non superiore a 0,5ate, adibiti esclusivamente a riscaldamento locali di abitazione, non sono soggetti a nessuna delle disposizioni del presente decreto, ad eccezione di quanto stabilito dall'articolo 26 del regolamento R.D. 12.05.27 N°824 (essere bene illuminati e di facile ingresso ed uscita).

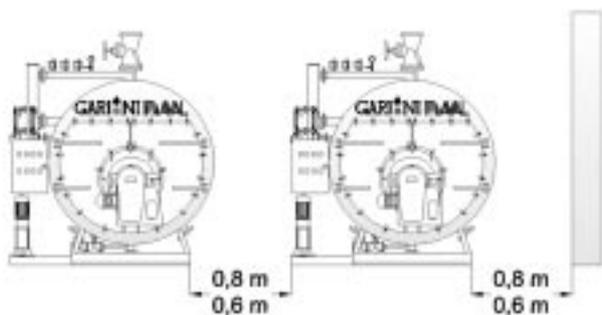
Proposta di variazione del titolo IV del DM 22-4-1935

1) I locali devono avere dimensioni tali da assicurare le seguenti distanze minime al netto di qualsiasi ingombro:

a) Fronte o zona di manovra dei generatori.
Distanza tale da permettere una agevole lettura degli indicatori di livello, minimo consigliato 1,5m



b) Fianchi dei generatori
Consigliabile 0,8 m, riducibile a 0,6 m qualora il generatore sia adiacente ad una parete o ad un altro generatore e nell'interspazio non sia previsto alcun accessorio o comando



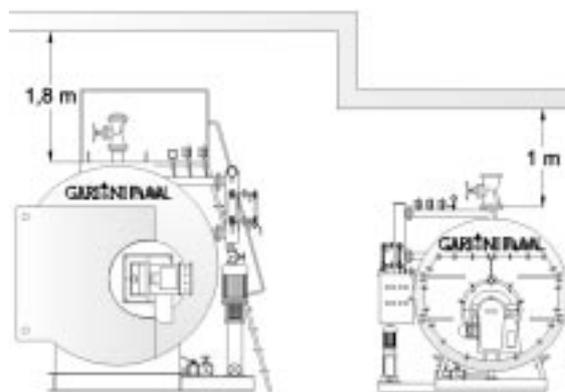
c) Posteriore generatore
Consigliabile 0,8 m per facilitare l'ispezione al camino



1,8 m tra il più alto piano di camminamento ed il più basso ostacolo che la copertura del locale presenta, ed 1m tra il punto più in alto del generatore ed il più basso ostacolo esistente tra il generatore e copertura stessa

2) I generatori installati in un medesimo locale devono essere disposti ed orientati in modo da risultare controllabili a vista diretta o immediata da una stessa zona di manovra.

3) Lo scarico dei generatori deve essere convogliato e



sistemato in modo da non recare danno alle persone ed il punto di scarico deve essere ispezionabile



4) Lo scarico delle valvole di sicurezza deve essere convogliato all'esterno in maniera tale da non recare danno alle persone (obbligatorio quando il generatore supera la potenzialità di 1T/h)

5) Tutti i condotti del fumo debbono essere resi ispezionabili.

6) Non sono ammessi depositi di combustibili liquidi o gassosi nei locali di installazione dei generatori. Gli eventuali serbatoi ausiliari di combustibili liquidi possono essere tollerati purché siano chiusi e non sistemati sopra i generatori, siano provvisti di tubi di troppo pieno con scarico all'esterno del locale, di linea ritorno in cisterna principale e la capacità non superiore a 200 litri.

apparecchiature di controllo, regolazione e sicurezza

Normative vigenti

R.D. del 12.05.27 N°824 N°1208 del
05.09.1966

D.M. del 21.05.74

- 1) Manometro
- 2) Valvola di sicurezza
- 3) Indicatore di livello
- 4) Pressostato di regolazione
- 5) Pressostato di blocco a riarmo
- 6) Regolatore di livello
- 7) Regolatore di livello di sicurezza con blocco
- 8) Apparecchi di alimentazione
- 9) Gruppo di alimentazione
- 10) Gruppo di scarico

1) MANOMETRO

Il manometro è un apparecchio che serve a misurare ed indicare la pressione relativa esistente all'interno della caldaia. Ogni manometro deve essere provvisto di un manometro con scala graduata in MPa, kg/cm², at e o bar, ed il valore di fondo scala deve arrivare ad un valore di pressione non inferiore ad una volta e venticinque ma non superiore al doppio della pressione di bollo o quella di taratura dei dispositivi di sicurezza. (specifica tecnica applicativa D.M. 21.05.74 raccolta E punto E1 D6 2.2).



Nel caso di manometri a scala unificata secondo Tab. UNI 4663, il fondo scala può essere determinato in base alla corrispondenza fissata nella tabella.

Pressione effettiva (kg/cm ²)	Fondo scala manometro (kg/cm ²)
< 0,50	0,5
0,5 - 0,8	1,0
0,8 - 1,3	1,5
1,3 - 2,0	2,5
2,0 - 3,2	4,0
3,2 - 4,8	6,0
4,8 - 8,0	10,0
8,0 - 12,8	16,0
12,8 - 20,0	25,0
20,0 - 32,0	40,0
32,0 - 50,0	63,0

Sul manometro deve essere stampigliato con colore rosso la pressione di bollo

- a) è consigliabile che il manometro sia corredato di tubo a sifone a serpentino, dove il vapore ha modo di condensarsi venendo a contatto con l'elemento sensibile del manometro
- b) deve essere applicato un rubinetto d'intercettazione a 3 vie provvisto di una appendice con disco piano ø40mm e 4mm di spessore

2) VALVOLA DI SICUREZZA

Le valvole di sicurezza si distinguono in 3 categorie:

a) valvole qualificate

sono quelle in cui il valore del coefficiente di efflusso K, attribuito alle valvole, è stato verificato sperimentalmente alla presenza di incaricato I.S.P.E.S.L.

b) valvole qualificate ad alzata controllata

sono quelle per cui il valore del coefficiente di efflusso k, è stato attribuito dall' I.S.P.E.S.L. verificando semplicemente l'alzata dell'otturatore

c) valvole non qualificate o valvole ordinarie

sono quelle non sottoposte ad alcuna verifica I.S.P.E.S.L. e per le quali, al coefficiente di efflusso K è stato attribuito, senza distinzioni di sorta, un valore di 0,05 (molto penalizzante)



Ogni generatore di vapore deve essere munito di almeno 2 valvole di sicurezza (esclusi i generatori di cui all'art.28,29,39,41 D.M. 21.05.74) a sede piana, ciascuna delle quali sia capace e caricata in modo da dare sfogo al vapore quando, è stata raggiunta la pressione massima effettiva di lavoro



Pressione di taratura valvola di sicurezza = pressione di bollo caldaia (kg/cmq)

Portata di scarico valvole di sicurezza = produzione massima di vapore della caldaia a carico continuo (kg/h) complessivamente fra le due valvole

Esempio :

Caldaia a vapore

Pressione di bollo = 12 kg/cmq

Portata vapore = 4000 kg/h

Vengono scelte 2 valvole di sicurezza di cui ciascuna deve avere le seguenti caratteristiche:

Pressione di taratura = 12 kg/cmq

Portata di scarico \geq 2000 kg/h

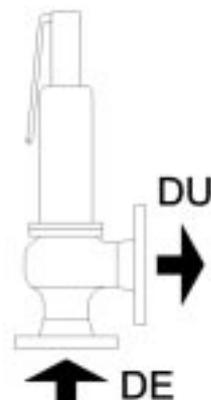
Le valvole di sicurezza installate su caldaie a vapore con potenza al carico massimo continuo uguale o superiore a 1 T/h devono obbligatoriamente lo scarico convogliato verso l'esterno

Raccomandazioni nella realizzazione delle tubazioni di scarico

a) Si consiglia installare la tubazione di scarico con diametro immediatamente superiore al diametro della flangia di uscita della valvola di sicurezza

DE = diametro tubazione entrata

DU = diametro tubazione uscita

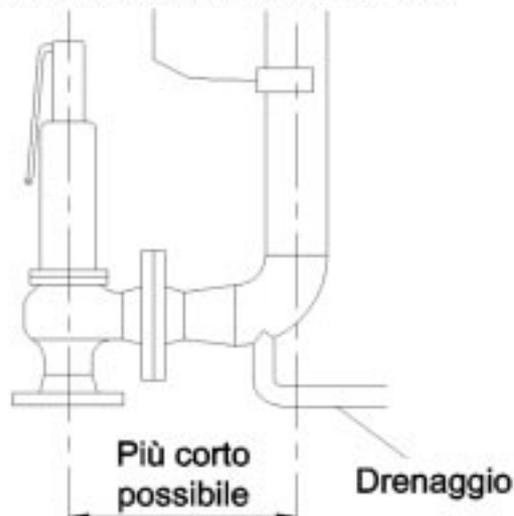


USUALI DIMENSIONI DELLE VALVOLE DI SICUREZZA PRATICATE DAI COSTRUTTORI

DE	DU
25	40
32	50
40	65
50	80
65	100
80	125
100	150

b) la tubazione di scarico deve essere realizzata in modo da evitare il formarsi di condensa. E' sconsigliabile in maniera assoluta utilizzare il foro di drenaggio situato sul corpo della valvola come scarico del condensato

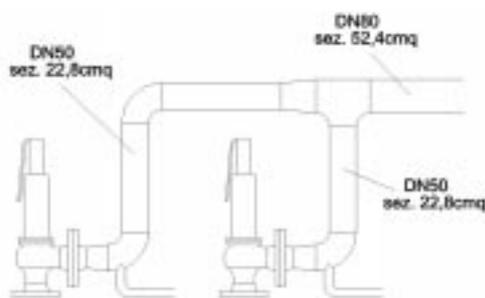
Ancorare saldamente la tubazione di scarico alle strutture dell'edificio



c) la tubazione di scarico deve essere fortemente ancorata e sostenuta in modo che le sollecitazioni create dal passaggio improvviso e violento di vapore non vadano a scaricarsi sulla valvola di sicurezza

d) se più valvole di sicurezza collegate su unica tubazione di scarico, questa deve avere una sezione interna utile pari alla somma delle sezioni di uscita delle valvole
esempio :

Sezione totale delle due valvole 22,8 + 22,8 = 45,6 cmq
Viene scelta una tubazione da 3" avente una sezione interna di 52,4 cmq.



Calcolo della portata di vapore d'acqua saturo (D.M. 21.05.74)

$$Q = A \times 0,9 \times K1 \times 113,8 \times C \times \sqrt{\frac{P1}{V1}}$$

$$A = \frac{Q}{0,9 \times K1 \times 113,8 \times C \times \sqrt{\frac{P1}{V1}}}$$

- Q** = portata di scarico della valvola (kg/h)
- A** = area utile di passaggio (cm²)
- 0,9** = coefficiente di riduzione
- K1** = coefficiente di efflusso
- 113,8** = costante numerica
- C** = coefficiente di espansione
- P1** = pressione allo scarico +10% + 1,013 (kg/cm²)
- V1** = volume specifico del vapore a P1 (m²/kg)

Nel caso di valvole di sicurezza di tipo ordinario si è assunto 0,9 x K1 = 0,05

Per le valvole di tipo qualificato viene assunto il valore del coefficiente di efflusso determinato nelle prove di qualifica dell'I.S.P.E.S.L. che di solito, in funzione del tipo di valvola varia da 0,2 a 0,9 (K1)

Esempio:

Determinare le dimensioni della valvola di sicurezza alla portata di 3000 kg/h con pressione di scarico di 12 ate

Q = 3000 Kg/h

K1 = 0.66

C = 0.639

P1 = 14.21 Kg/cm³

V1 = 0.141 m³/Kg

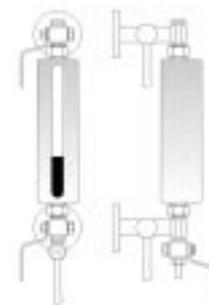
$$A = \frac{3000}{0,9 \times 0,66 \times 113,8 \times 0,639 \times \sqrt{\frac{14,21}{0,141}}} = 6,9 \text{ cmq}$$

viene scelta una valvola di sicurezza con sezione di passaggio uguale o immediatamente superiore al valore trovato. Nel catalogo costruttori potrebbe risultare una valvola con area utile di 8 cmq, con sede di passaggio ø32mm e con attacchi flangiati DN40 ingresso x DN65 uscita

3) INDICATORE DI LIVELLO

Ogni generatore deve avere non meno di 2 apparecchi indicatori di livello d'acqua, dei quali uno deve essere a vetro. L'altro indicatore può essere costituito da 2 rubinetti di prova. L'altezza visibile dell'indicatore di livello non deve essere inferiore a 150mm dei quali non più di 40mm devono essere sotto il livello minimo di caldaia.

Deve essere sempre fissata una targhetta con la dicitura "LIVELLO MINIMO"



4) PRESSOSTATO DI REGOLAZIONE

Apparecchiatura che serve a controllare la pressione del generatore e mantenerla entro valori prefissati di massima e minima pressione. Tale caratteristica operativa si ottiene con pressostati provvisti di regolazione differenziale del punto di lavoro.



- R** = Manopola di regolazione della pressione
D = Manopola di regolazione del valore differenziale

Esempio:

Caldaia con pressione di bollo 12 bar, pressione di esercizio 9bar.

Punto di controllo del pressostato 9bar, differenziale predisposto 1bar in detrazione

Ciò significa che raggiunta la pressione di 9bar il pressostato stacca il bruciatore, e riattacca quando la pressione scende a 8bar (9 - 1)

Superando determinate potenze, circa 200.000 – 250.000 kcal/h, il bruciatore ha un funzionamento bistadio, in tal caso esisteranno 2 pressostati, tarati a pressioni diverse e ciascuno collegato ad uno stadio del bruciatore.



PSH= pressostato di regolazione monostadio



PSL= pressostato di regolazione 1° stadio

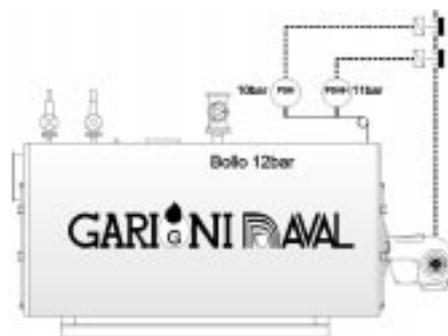
PSH= pressostato di regolazione 2° stadio

5) PRESSOSTATO DI BLOCCO A RIARMO MANUALE

Apparecchiatura con compiti di sicurezza che interviene in caso di avaria del pressostato di regolazione.

Viene tarato ad una pressione superiore di quella del pressostato di regolazione ma inferiore alla pressione di bollo della caldaia.

L'intervento fa aprire il circuito elettrico del comando del bruciatore, un appendice tiene il contatto elettrico permanentemente bloccato in apertura. Solo con l'intervento manuale dell'operatore è possibile riarmare o sbloccare il circuito elettrico di comando dopo aver eliminato la causa dell'avaria.

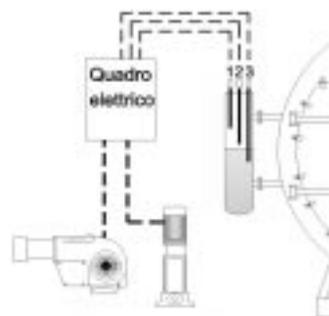


6) REGOLATORE DI LIVELLO (LIVELLOSTATO)

Apparecchiatura automatica avente lo scopo di mantenere il livello dell'acqua nella caldaia compreso entro un intervallo definito. Tale regolatore comanda l'avviamento della pompa di alimentazione quando il livello nel generatore raggiunge un minimo prefissato e l'arresto quando il livello raggiunge il valore massimo prefissato.

7) REGOLATORE DI LIVELLO DI SICUREZZA CON BLOCCO

Regolatore di livello ad elettrodi. Apparecchiatura che sfrutta la conducibilità elettrica dell'acqua, composto di tre sonde. Scoprendo le sonde 1 e 2 viene dato il consenso alla pompa di alimento, aumentando il livello viene coperta la sonda 2 e successivamente la sonda 1. A questo punto si ferma la pompa. Se per anomalie il livello dovesse scendere al punto tale da scoprire la sonda 3 viene automaticamente spento il bruciatore. Nell'apparecchiatura elettrica di sequenza si innesca il comando di blocco che non permette l'avviamento del bruciatore se non con il riarmo manuale dopo aver eliminato l'anomalia.



8) APPARECCHI DI ALIMENTAZIONE

Art.21 Regolamento R.D. 12.05.27 N°824 D.P.R. N°1205 05.09.66

Ogni generatore deve essere provvisto di 2 apparecchi di alimentazione tra di loro indipendenti in modo che in qualsiasi caso sia garantito il funzionamento di uno di essi. Ai generatori aventi meno di 5mq di superficie riscaldata ed i generatori che godono dell'esonero di cui all'art.28,29,39,41 del D.M. 21.05.74 può essere applicato un solo apparecchio di alimentazione.



Portata di un mezzo di alimentazione

Produzione massima di vapore del generatore o del gruppo di generatori di vapore		Portata del mezzo di alimentazione principale in percentuale della portata d'acqua di alimentazione richiesta dai generatori di vapore	
		Se non esiste la regolazione automatica	Se esiste la regolazione automatica dell'acqua di alimentazione
Generatori di vapore a circolazione naturale o controllata	Fino a 1 T/h	200%	200%
	Oltre 1 T/h fino a 5 T/h	180%	130%
	Oltre 5 T/h fino a 50 T/h	125%	115%
	Oltre 50 T/h fino a 100 T/h	115%	105%
Generatori di vapore ad attraversamento meccanico	Fino a 1T/h	Non prevista	110%
	Oltre 1T/h	Non prevista	100%

N.B. Per i generatori di vapore a bassa pressione e per quelli aventi potenzialità specifica fino a 20kg/mq/h, la derivazione di una condotta forzata può essere utilizzata come mezzo di alimentazione, quando la pressione minima di essa superi di almeno 5 kg/cmq quella del bollo del generatore

Portata della pompa : Vedi tabella sopra

Prevalenza della pompa : (pressione di bollo + perdita di carico tubazioni e accessori + altezza idrostatica aspirazione pompa) + 5%

Esempio :

Caldaia a vapore a circolazione naturale con regolazione automatica

Pressione di bollo 8 bar. Produzione massima di vapore 1000 kg/h. Perdita di carico tubazioni 1,3 bar. Altezza idrostatica aspirazione 0,5bar.

Viene scelta una pompa con:

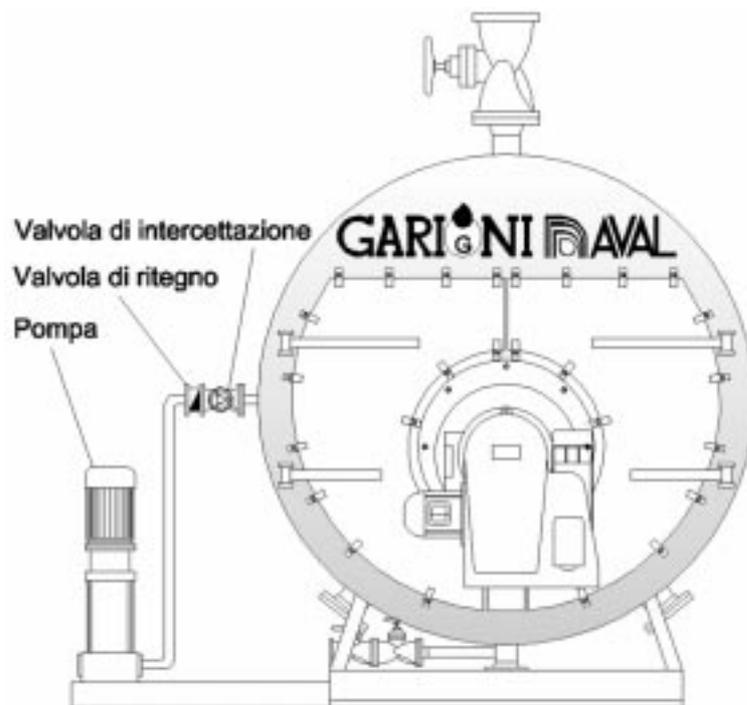
Prevalenza = $(8+1,3+0,5) + 5\% = 10,3$ bar (103 m.c.a)

In pratica si può assumere 1,25 – 1,3 volte la pressione di bollo

Portata = 200% di 1000 = 2000 l/h

9) GRUPPO DI ALIMENTAZIONE

E' composto da pompa, valvola di ritegno e valvola intercettazione



10) GRUPPO DI SCARICO

Permette lo svuotamento totale o parziale della caldaia o lo spurgo periodico dei fanghi.
Il gruppo di scarico è composto da valvola di intercettazione e rubinetto a maschio

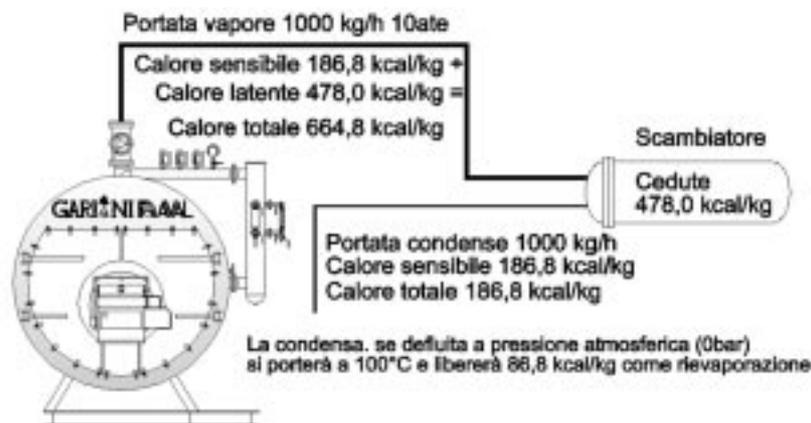


utilizzazione del vapore

CARATTERISTICHE FISICHE DEL VAPORE SATURO

Pressione effettiva ate	Temperatura °C	Volume specifico m ³ /kg	Calore sensibile Kcal/kg	Calore latente Kcal/kg	Calore totale Kcal/kg
0	100	1,67	100,1	539,4	639,6
0,5	111	1,14	111,9	531,9	643,8
1,0	120	0,88	120,8	526,0	646,8
1,5	127	0,71	128,1	521,2	648,8
2,0	133	0,60	134,4	517,0	650,7
2,6	140	0,50	140,8	512,6	653,4
3,0	143	0,46	144,7	509,9	654,6
3,6	148	0,40	149,9	508,1	656,0
4,0	152	0,37	153,1	503,8	656,9
4,6	156	0,33	157,6	500,5	658,1
5,0	158	0,31	160,3	498,5	658,9
5,5	162	0,29	163,6	496,1	659,7
6,0	165	0,27	166,7	493,8	660,5
6,5	167	0,25	169,6	491,6	661,2
7,0	170	0,24	172,4	489,4	661,8
7,5	173	0,22	175,1	487,4	662,5
8,0	175	0,21	177,6	485,4	663,0
8,5	177	0,20	180,0	483,5	663,5
9,0	180	0,19	182,3	481,5	663,9
10,0	184	0,17	186,8	478,0	664,8
11,0	188	0,16	190,9	474,6	665,5
12,0	191	0,15	194,8	471,4	666,2
13,0	195	0,14	198,5	468,3	666,8
14,0	195	0,13	202,0	465,0	667,0
15,0	201	0,12	205,0	462,0	667,0

Sui processi di riscaldamento si sfrutta il calore latente esempio:



Generalmente in un processo di riscaldamento con vapore ciò che ha maggior importanza è il calore latente.

Confrontando il calore latente di vapore a 1ate ed a 10ate si ha:

Calore latente a 1ate 526 kcal/kg

Calore latente a 10ate 478 kcal/kg

Da questo risulta che 1kg di vapore a 1ate può cedere 48kcal più di quelle che può cedere vapore a 10ate.

$$R = \text{rendimento dell'utilizzatore} = \frac{\text{Calore utilizzato}}{\text{Calore entrante totale}}$$

Considerando 2 impianti, uno 10ate ed uno a 1ate con condensa scaricata in atmosfera e non riutilizzata

$$\text{Vapore a 10 ate } R = \frac{478}{664} = 72\%$$

$$\text{Vapore a 1 ate } R = \frac{526}{646} = 81\%$$

Si ha quindi con vapore a 1ate un aumento di rendimento del 9%

Se in questi 2 impianti si riutilizza la condensa a 100°C con contenuto di 100kcal

$$\text{Vapore a 10 ate } R = \frac{478}{664-100} = 85\%$$

$$\text{Vapore a 1 ate } R = \frac{526}{646-100} = 81\%$$

In questo caso l'aumento di rendimento è del 11%

Esempi pratici

Aeroterma



$$Q = \frac{W}{L}$$

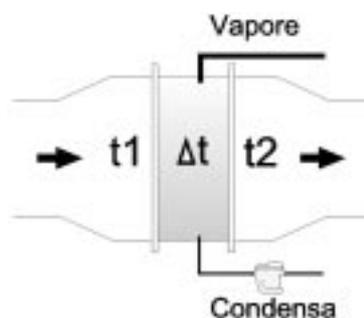
Q = portata vapore kg/h

W = Calorie richieste dall'aeroterma kcal/h

L = Calorie latente del vapore utilizzato

Esempio : Aeroterma da 25.000 kcal/h, viene utilizzato vapore a 3 ate, da tabella il calore latente è di 509 kcal/kg

Batterie per riscaldamento aria



$$Q = \frac{V \times \Delta t \times Cs}{L}$$

Q = portata vapore kg/h

V = volume aria da riscaldare Nm³/h

Δt = incremento di temperatura °C (t2 - t1)

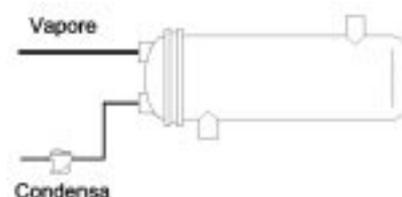
Cs = calore specifico dell'aria (0,3 kcal/m³/°C)

L = calore latente del vapore utilizzato kcal/kg

Esempio : batteria riscaldante con una portata d'aria di 6000 Nm³/h, temperatura ingresso t1 15°C, temperatura di uscita t2 65°C, vapore disponibile a 5ate (498 kcal/kg)

$$Q = \frac{6000 \times (65 - 15) \times 0,3}{498} = 180 \text{ kg/h}$$

Scambiatori istantanei



Se sono già conosciute le calorie avremo:

$$Q = \frac{W}{L}$$

Q = portata vapore kg/h

W = Calorie richieste dallo scambiatore kcal/h

L = Calorie latente del vapore utilizzato

Esempio : scambiatore da 150.000 kcal/h, viene utilizzato vapore a 2 ate (517 kcal/kg)

$$Q = \frac{150.000}{517} = 290 \text{ kg/h di vapore a 3ate}$$

517

Quando il dato della resa o delle calorie richieste non è disponibile, ma si conoscono o si possono rilevare le caratteristiche del fluido riscaldato come portata, temperatura in ingresso ed in uscita e natura del fluido (Cs) si ricorre alla seguente formula

$$Q = \frac{Cs \times F \times \Delta t}{L}$$

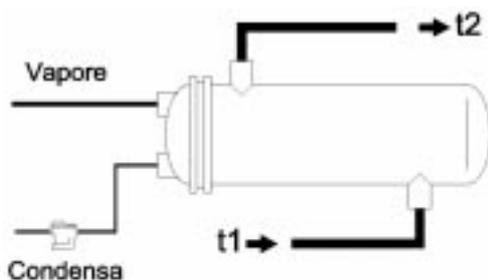
Q = portata vapore kg/h

F = portata del fluido kg/h

Δt = incremento di temperatura °C (t2 - t1)

Cs = calore specifico del fluido (acqua = 1, olio = 0,5)

L = calore latente del vapore utilizzato kcal/kg



Esempio :

Acqua da riscaldare (Cs1), portata acqua = 4000 l/h,

Temperatura entrata (t1) = 15°C,

Temperatura uscita (t2)=60, Δt = 45°C,

viene usato vapore a 4ate

$$Q = \frac{1 \times 4000 \times 45}{503} = 357 \text{ kg/h}$$

Esempio :

Olio combustibile (Cs 0,5), portata olio = 4000 l/h,

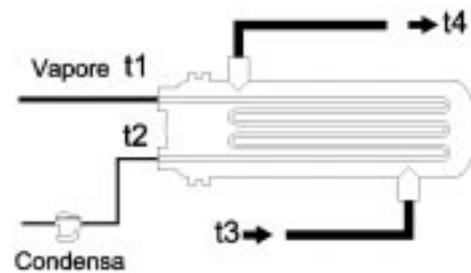
Temperatura entrata (t1) = 45°C,

Temperatura uscita (t2)=90, Δt = 45°C,

viene usato vapore a 4ate

$$Q = \frac{0,5 \times 4000 \times 45}{503} = 178 \text{ kg/h}$$

Calcolo superficie serpentino per scambiatore



$$S = \frac{Q}{K \times \Delta tm}$$

S = superficie di riscaldamento m²

Q = potenzialità richiesta kcal/h

K = coefficiente di trasmissione kcal/m²/°C

Δtm = Differenza media logaritmica di temperatura tra due fluidi °C

VALORI DI K coefficiente di trasmissione serpentino			
Da	Attraverso	A	K
Vapore	Ferro	Acqua	900
	Rame		1200

Δtm = con approssimazione (senza dover ricorrere alle tavole logaritmiche) e con vapore sino a 6ate si può procedere così:

$$t1 - t3 = t5 \quad t2 - t4 = t6$$

$$\Delta tm = \frac{t5 + t6}{2}$$

Esempio : Kcal richieste 100.000, serpentino in rame k=1200, vapore disponibile 3ate, calore di vaporizzazione 510 kcal/kg, t1 = 143°C, t2 = 100°C, t3 = 60°C, t4 = 70°C

$$\Delta tm = \frac{(143 - 70) + (100 - 60)}{2} = 46,5^\circ\text{C}$$

$$S = \frac{100.000}{1200 \times 46,5} = 1,79\text{m}^2$$

Se il serpentino viene costruito con tubo di rame $\phi 16 \times 1$ la cui superficie è di 0,05m²/m lineare occorreranno

$$\text{Metri} = \frac{1,79}{0,05} = 35,8 \text{ m}$$

Vasche di trattamento superficiale



Solitamente si calcola la richiesta termica della vasca poi si procede al dimensionamento del serpentino.

Calcolo di richiesta termica con riscaldamento iniziale a freddo.

La richiesta termica è data dalla considerazione delle seguenti voci:

- 1) Calore richiesto per innalzare la temperatura del liquido al valore iniziale a quello di regime Q1
- 2) Compensazione delle dispersioni termiche dalle pareti della vasca verso l'ambiente Q2
- 3) Compensazione delle dispersioni termiche dalla superficie del liquido verso l'ambiente Q3
- 4) Assorbimento termico dei materiali in trattamento immersi nella vasca Q4

Innalzamento della temperatura del liquido q1

$$Q1 = \frac{Cs \times P \times \Delta t}{H}$$

P = Peso del liquido in kg o litri

Cs = calore specifico

Δt = Salto termico del liquido °C

Esempio :

contenuto = 10200 litri acqua

Temperatura iniziale = 50°C

Temperatura a regime = 60°C

Tempo di preriscaldamento = 3 ore

$$Q1 = \frac{1 \times 10200 \times 10}{3} = 170.000 \text{ kcal/h}$$

3

Dispersioni termiche dalle pareti

Temperatura ambiente circostante °C	Temperatura superficiale del pelo libero (°C)				Per superfici piane orizzontali dipendenti verso l'alto moltiplicare per 1,3. Per superfici orizzontali dipendenti verso il basso moltiplicare per 0,65. Nel caso le superfici siano isolate i dati della tabella si riducono al 25%
	40 °C	60 °C	80 °C	100 °C	
- 15 °C	590	851	1169	1529	
0 °C	408	654	944	1280	
10 °C	294	527	704	1107	
20 °C	189	408	654	944	
40 °C	7	189	408	654	

Esempio :

Acqua calda contenuta nella vasca = 60°C

Temperatura ambiente = 10°C

Calorie di dispersione = 527 kcal/m²

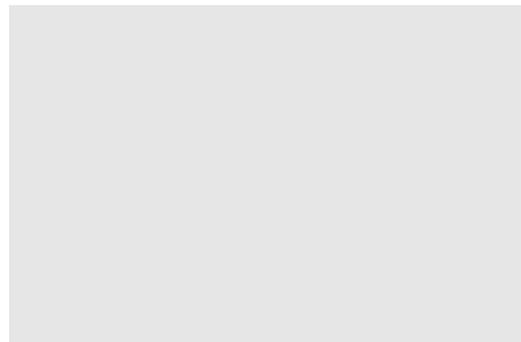
Superficie pareti verticali lambite dall'acqua :

$$2 (3 \times 1,7) + 2 (2 \times 1,7) = 17 \text{ m}^2 \times 527 = 8.959 \text{ kcal/h}$$

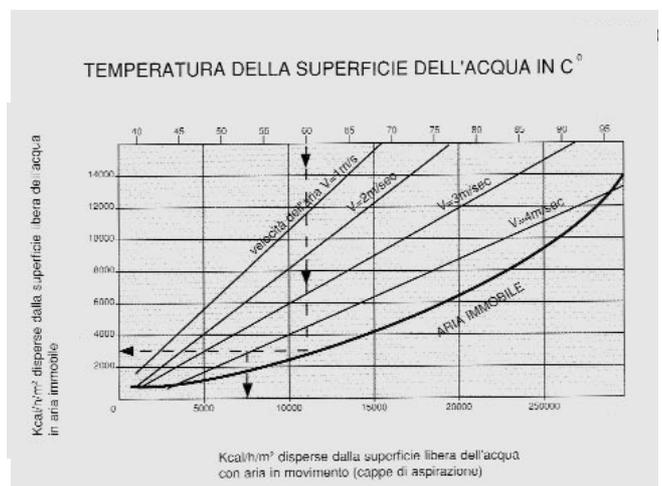
Superficie del fondo

$$2 \times 3 = 6 \text{ m}^2 \times 527 \times 0,65 = 2.055 \text{ kcal/h}$$

$$Q2 = 11.014 \text{ kcal/h}$$



Dispersioni termiche dalla superficie libera Q3



Esempio :

Con temperatura superficiale sul pelo libero dell'acqua di 60°C e aria circostante ferma (immobile) abbiamo una dispersione di 3000 kca/h/m².

Con la stessa temperatura superficiale ma con aria in movimento alla velocità di 4 m/s (cappa aspirante) la dispersione sale a 7.500 kcal/h/m²

La superficie evaporante della nostra vasca è di 3 x 2 = 6m² con una vasca aspirante sovrastante avremo una dispersione di 6m² x 7.500 = 45.000 kcal/h

Pertanto **Q3** = 45.000 kcal/h

Calore assorbito dal materiale trattato q4

Generalmente si considera che la temperatura finale del materiale raggiunga quella del liquido in cui è immerso.

$$Q4 = P \times Cs \times \Delta t$$

P = peso del materiale da trattare in kg

Cs = Calore specifico del materiale kcal/kg/°C

Δt = Incremento di temperatura del materiale °C

Esempio :

Immergendo nella vasca un blocco di acciaio dal peso di 200 kg, il cui calore specifico è di 0,12, da portate da 10°C a 60 °C avremo :

$$Q4 = 200 \times 0,12 \times 50 = 1.200 \text{ kcal/h}$$

Calcolo della superficie del serpentino riscaldante Q5

Una volta stabilita la massima richiesta termica che nel nostro caso è data **Q1+Q2+Q3+Q4 = Q5**, la superficie del serpentino può essere calcolata ricorrendo alla seguente formula

$$S = \frac{Q5}{K (Ts - TL)}$$

Q5 = calorie totali necessarie kcal/h

K = coefficiente di trasmissione termica tra vapore - parete del tubo - liquido da riscaldare kcal/h/m²/°C

Ts = temperatura media del liquido riscaldato °C

TL = temperatura media del liquido riscaldato °C

S = superficie di scambio del serpentino

Valori pratici del coefficiente di trasmissione K fra fluidi attraverso metalli (non in controcorrente)

DA	ATTRAVERSO	A	K
	Piombo		250
	Acciaio inox		580
Vapore	Ghisa	Acqua	780
	Ferro		900
	Rame		1000

Riferendoci agli esempi esposti avremmo

$$Q5 = 170.000 + 11.014 + 45.000 + 1.200 = 227.214 \text{ kcal/h}$$

Considerando la temperatura media dell'acqua 60°C, temperatura del vapore a 4ate = 152°C, serpentino in ferro K = 900

$$S = \frac{227.214}{900 (152 - 60)} = 2,7 \text{ m}^2$$

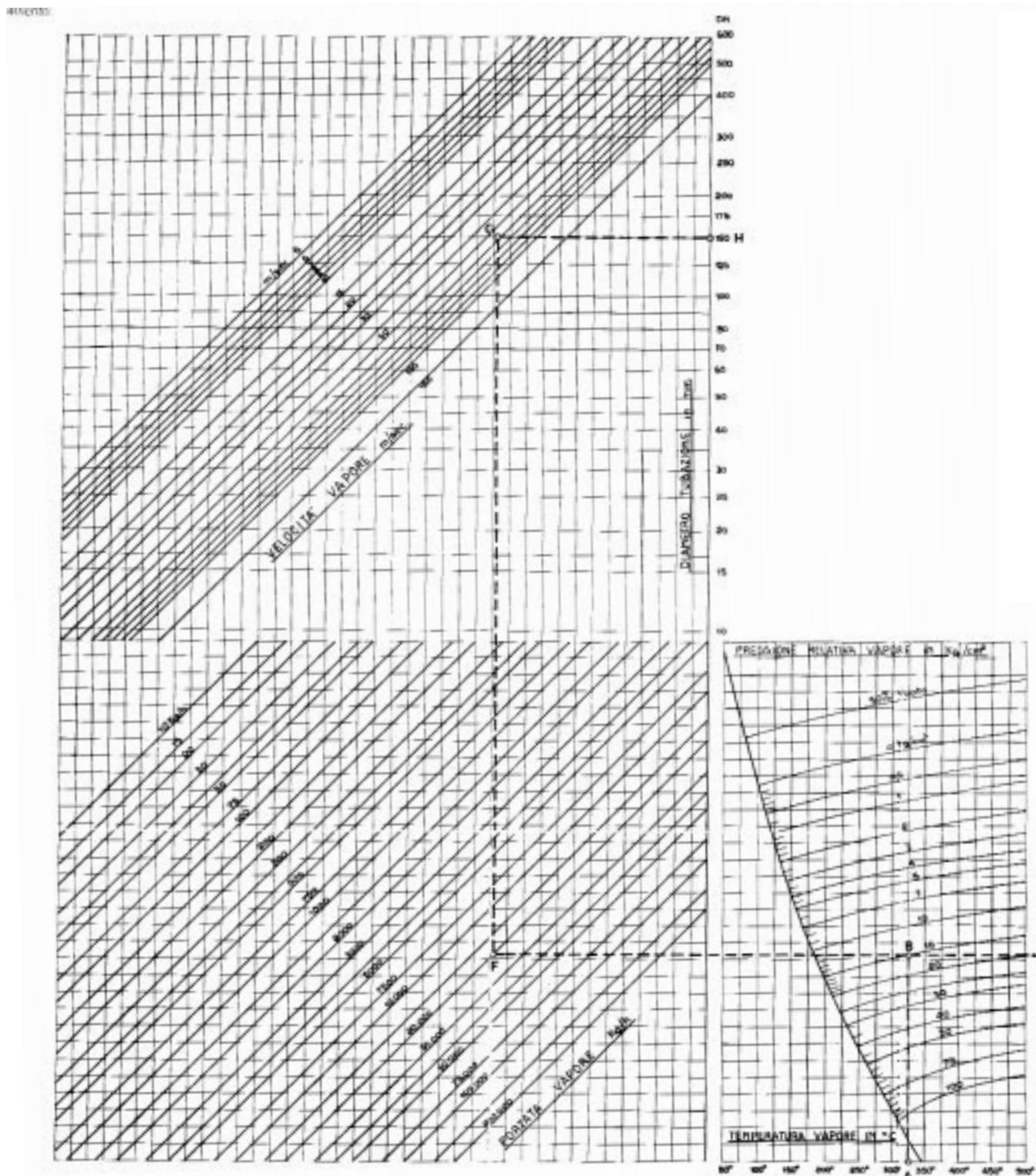
Impiegando tubo in ferro da ø1"1/4, la cui superficie esterna è di 0,152m_l/m lineare dovremmo impiegare 2,7/0,152 = 18 metri lineari per formare il serpentino

Con vapore a 4ate il cui calore latente è di 503 kcal/kg, per soddisfare tali esigenze il consumo sarà di:

$$Q = \frac{227.214}{503} = 452 \text{ kg/h}$$

Tale valore si riferisce ad un carico di avviamento il cui preriscaldamento è stato considerato di 3 ore, il mantenimento ridurrà circa il consumo di 1/4 del valore di punta.

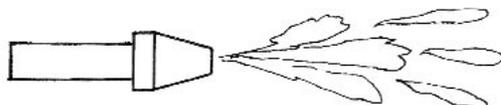
DIAGRAMMA DI DIMENSIONAMENTO TUBAZIONI A VAPORE



Esempio:

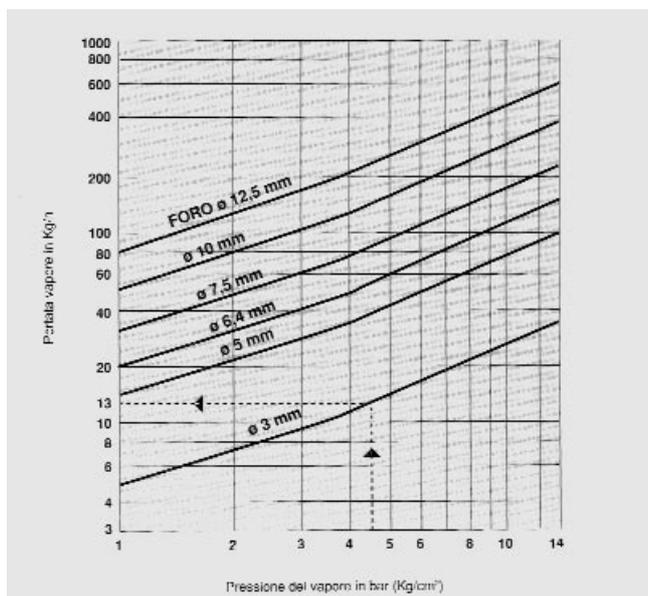
Pressione vapore 3,5 bar. Portata 1000 Kg/h,
Velocità prescelta 25 m/s,
Ne risulta tubazione con diametro mm 80.

Portata vapore attraverso fori o ugelli



Esempio:

Tubazione vapore alla pressione di 11ate, con un foro o ugello di 5mm si ha una portata di 80kg/h



PORTATA TUBAZIONI VAPORE SATURO (portata in kg/h)

Bar	m/s	Diametro nominale													
		15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150	200	250	300
0,4	15	7	14	24	37	52	99	145	213	394	648	917	1606	2580	3678
	25	10	25	40	62	92	162	265	284	675	972	1457	2808	4101	5936
	40	17	35	64	102	142	265	403	576	1037	1670	2303	4318	6009	9500
0,7	15	7	16	25	40	59	109	166	250	431	680	1006	1708	2791	3852
	25	12	25	45	72	100	182	287	430	716	1145	1575	2818	4629	6204
	40	18	37	68	106	167	298	428	630	1100	1712	2417	4532	7251	10323
1,0	15	8	17	29	43	65	112	182	260	470	694	1020	1864	2814	4045
	25	12	26	48	72	100	193	300	445	730	1160	1660	3099	4869	6751
	40	19	39	71	112	172	311	465	640	1150	1800	2500	4815	7333	10370
2,0	15	12	25	45	70	100	182	280	410	715	1125	1580	2814	4545	6751
	25	19	43	70	112	162	295	428	656	1215	1755	2520	4815	7426	10675
	40	30	64	115	178	275	475	745	1010	1895	2925	4175	7678	11997	16796
3,0	15	16	37	60	93	127	245	385	535	925	1505	2040	3983	6217	8743
	25	26	56	100	152	225	425	632	910	1600	2480	3440	6779	10269	14316
	40	41	87	157	250	357	595	1025	1460	2540	4050	5940	10470	16470	22950
4,0	15	19	42	70	108	156	281	432	635	1166	1685	2460	4618	7121	10358
	25	30	63	115	180	270	450	742	1080	1980	2925	4225	7866	12225	17304
	40	49	116	197	296	456	796	1247	1825	3120	4940	7050	12661	19663	27815
5,0	15	22	49	87	128	187	352	526	770	1295	2105	2835	5548	8586	11947
	25	36	81	135	211	308	548	885	1265	2110	3540	5150	8865	14268	20051
	40	59	131	225	338	486	855	1350	1890	3510	500	7870	13761	23206	32244
6,0	15	26	59	105	153	225	425	632	925	1555	2525	3400	6654	10297	14328
	25	43	97	162	253	370	658	1065	1520	2530	4250	6175	10029	17508	24042
	40	71	157	270	405	595	1025	1620	2270	4210	6475	9445	16515	27849	38697
7,0	15	29	63	110	165	260	445	705	952	1815	2765	3990	7390	12015	16096
	25	49	114	190	288	450	785	1205	1750	3025	4815	6900	12288	18377	27080
	40	76	177	303	455	690	1210	1865	2520	4585	7560	10880	19141	30978	43470
8,0	15	32	0	126	190	285	475	800	1125	1990	3025	4540	8042	12625	17728
	25	54	122	205	320	465	810	1260	1870	3240	5220	7120	13140	19377	33210
	40	84	192	327	510	730	1370	2085	3120	5135	8395	12470	21247	30978	46858
10,0	15	41	95	155	250	372	626	1012	1465	2495	399	5860	9994	12625	22713
	25	66	145	257	405	562	990	1530	2205	3825	6295	8995	15966	25860	35890
	40	104	216	408	615	910	1635	2545	3600	6230	9880	14390	26621	41011	57560
14,0	15	50	121	205	310	465	810	1270	187	3220	5215	7390	12921	20538	29016
	25	85	195	331	520	740	1375	2080	3120	5200	8500	12560	21720	34138	47218
	40	126	305	555	825	1210	2195	3425	4735	8510	13060	18630	35548	54883	76354

Esempio :

Tubazione DN50 (ø2"), pressione di 4 bar, velocità 25 m/s, si avrà una portata di vapore di 450 kg/h

avarie, fughe di vapore, scoppio di caldaie

Ci si riferisce al classico fenomeno dello scoppio di una caldaia originato da eccesso di pressione, da avarie, difetti di costruzione, errori di conduzione (es. mancanza d'acqua) che abbiano determinato la formazione di zone di minor resistenza, con conseguente sgarcio delle lamiere ed istantaneamente liberazione della enorme quantità di energia potenziale contenuta nella caldaia.

Con il vapore saturo, ad ogni pressione corrisponde una certa temperatura dell'acqua. In un recipiente aperto l'acqua bolle mediamente alla temperatura di 100°C mentre in un recipiente chiuso bollirà alla temperatura corrispondente alla pressione raggiunta.

1 ate l'acqua bolle a 120°C
5 ate l'acqua bolle a 158°C
10 ate l'acqua bolle a 183°C

In una caldaia in cui si produce vapore a 10ate si ha una massa d'acqua con temperatura a 183°C.

Se per le cause sopra accennate si formasse in caldaia un ampio squarcio, la pressione diminuirebbe istantaneamente da 10ate alla pressione atmosferica; contemporaneamente la temperatura scenderebbe da 183°C a 100°C che è la temperatura di ebollizione dell'acqua alla pressione atmosferica.

Si liberebbe così $183 - 100 = 83$ calorie per ogni kg di acqua contenuta nella caldaia.

Poiché per evaporare un kg di acqua che si trovi a 100°C occorrono 539 calorie (639 calore totale - 100 calore sensibile all'acqua = 539 calore latente), con 83 calorie se ne evaporano 0,154 kg (83 / 539), si producono cioè 154 kg di vapore ogni mq d'acqua contenuto in caldaia.

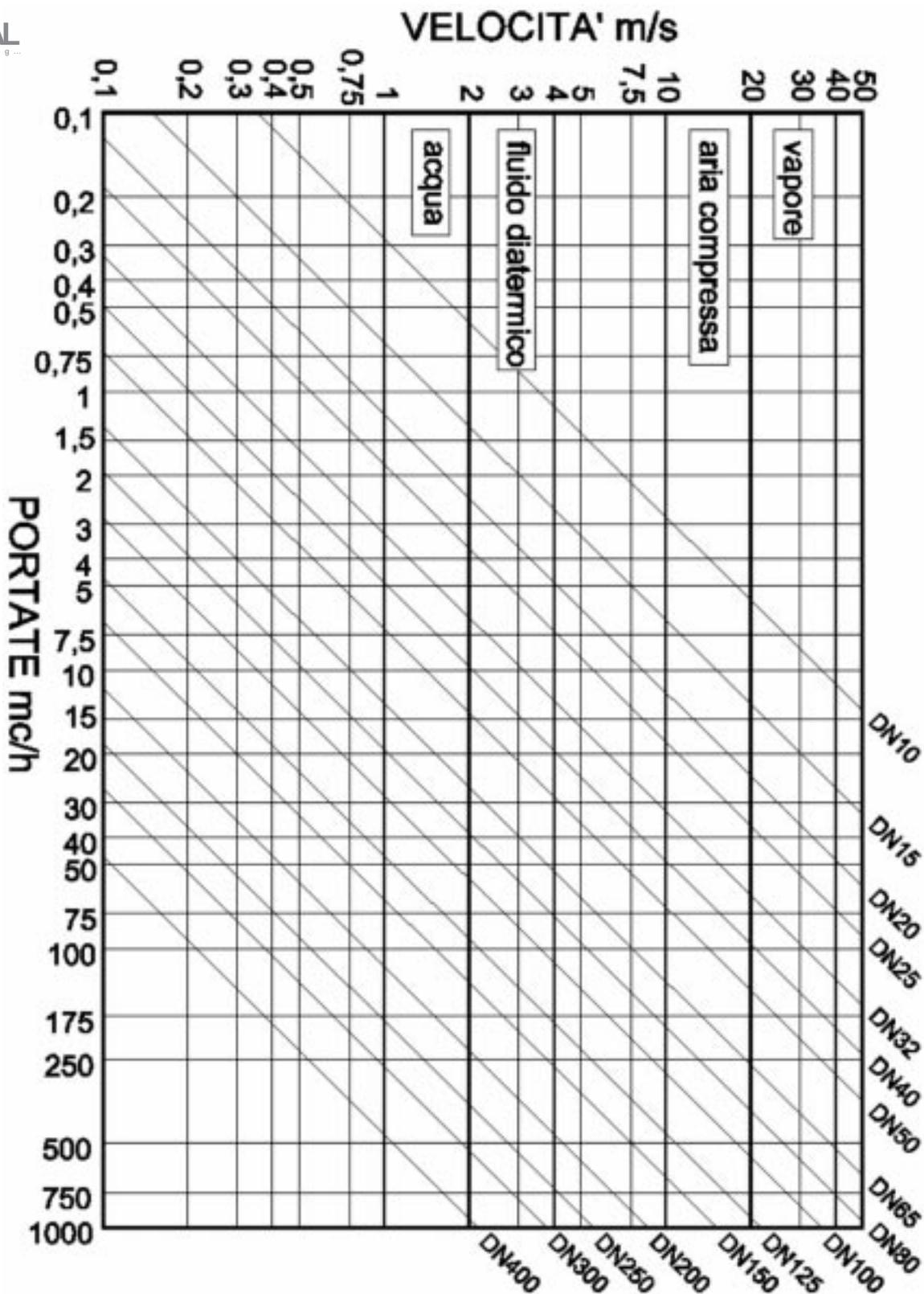
Un kg di vapore alla pressione atmosferica occupa il volume di 1,67mq pari a circa 1725 litri, quindi ciascun litro di acqua (pari a 1kg) che evapora dalla caldaia tende ad assumere istantaneamente il volume di 1,67 mq.

Supponiamo di avere una caldaia a vapore con bollo a 10ate ed un contenuto di 5000 litri con il peso di 76 quintali.

Per un'avaria si svilupperebbe una massa pari $0,154 \times 5000 \times 1.725 = 1.330.000$ litri di vapore, si avrebbe lo stesso fenomeno che si verifica in una bomba a cui si accende la carica, cioè la formazione istantanea di un enorme volume di gas.

Questa forza generata riuscirebbe a spingere verso l'alto la caldaia e tutta l'acqua in essa contenuta per un peso paria 126 quintali, ad un'altezza di 1000m

Naturalmente questo è un risultato puramente teorico, ma da un'idea della enorme forza che si sviluppa in uno scoppio.



NOME

COGNOME

DITTA

INDIRIZZO

TELEFONO FAX

E-MAIL

Desidero ricevere il prossimo numero di
GARIONI NAVAL "QUADERNI TECNICI"

Firma

indice

BRUCIATORI A GAS	"	4
DM 28-02-1986	"	4
TUBAZIONI GAS METANO	"	5
TUBAZIONI IN RAME	"	6
CALCOLO PERDITA DI CARICO PER GROSSE TUBAZIONI METANO	"	6
TUBAZIONI GAS PROPANO LIQUIDO (G.P.L.)	"	7
DIMENSIONAMENTO TUBAZIONI G.P.L.	"	7
CAMINI	"	8
LORO CLASSIFICAZIONI	"	8
CAMINI A TIRAGGIO NATURALE	"	8
CAMINI A TIRAGGIO FORZATO	"	8
DIMENSIONAMENTO CAMINI	"	10
DIMENSIONAMENTO CAMINI PER COMBUSTIBILI SOLIDI E LIQUIDI	"	10
COMBUSTIBILE LIQUIDO - TABELLE SEZIONE DEI CAMINI	"	11/13
CALDAIE COLLEGATE IN BATTERIA	"	14
ESONERI	"	15
ESONERI TOTALI DALL'APPLICAZIONE	"	15
ESONERI PARZIALI DALL'APPLICAZIONE	"	16
GENERATORI DI VAPORE DI PICCOLA POTENZIALITÀ	"	18
GENERATORI DI VAPORE MONOTUBOLARI	"	18
CONDUZIONE DEI GENERATORI- CONDUTTORE ABILITATO	"	20
DM 1 MARZO 1974 G.U. N°99 DEL 16/04/74	"	20
LOCALI PER EGNERATORE DI VAPORE E COLLOCAZIONE DEGLI ACCESSORI	"	21
DM 22.04.35	"	21
PROPOSTA DI VARIAZIONE DEL TITOLO IV DEL DM 22.04.35	"	22
APPARECCHIATURE DI CONTROLLO REGOLAZIONE E SICUREZZA	"	23
NORMATIVE VIGENTI	"	23
MANOMETRO	"	23
VALVOLA DI SICUREZZA	"	23
INDICATORE DI LIVELLO	"	25
PRESSOSTATO DI REGOLAZIONE	"	25
PRESSOSTATO DI BLOCCO A RIARMO MANUALE	"	26
REGOLATORE DI LIVELLO (LIVELLOSTATO)	"	26
REGOLATORE DI LIVELLO DI SICUREZZA CON BLOCCO	"	26
APPARECCHI DI ALIMENTAZIONE	"	27
GRUPPO DI ALIMENTAZIONE	"	28
GRUPPO DI SCARICO	"	28
UTILIZZAZIONE DEL VAPORE	"	29
CARATTERISTICHE FISICHE DEL VAPORE SATURO	"	29
ESEMPI PRATICI	"	30/33
DIAGRAMMA DI DIMENSIONAMENTO TUBAZIONI A VAPORE	"	34/35
ORTATA TUBAZIONI VAPORE SATURO	"	36
AVARIE - FUGHE DI VAPORE - SCOPPIO DI CALDAIE	"	37

GARIONI AVAL
easy like a Sunday morning ...

...we'll take care of the rest.

GARIONI NAVAL srl

V.le dei Caduti 3 - 25030 CASTELMELLA (Bs) - Italy
phone +39 030 2681541 - fax +39 030 2680910

GARIONINAVAL@compuserve.com

www.garioninaval.com