

Impianti a vapore

**Dati, principi di ingegneria
e norme per la corretta
progettazione di impianti**

(parte seconda)



JKR JUCKER S.p.A.
20124 MILANO - Via M. Macchi, 26
Stabilimento e Uffici: 23871 Lomagna (LC) - Via Verdi, 9
Tel. 039.59181 - Fax 039.5301286 - <http://www.jucker.it>



CONDENSAZIONE DI RISCALDAMENTO INIZIALE IN TUBAZIONI A VAPORE

(Tubazioni normalmente isolate)

Kg di vapore saturo condensato per m 10 di tubazione. Tempo di messa a regime non superiore a 20 minuti.

Pressione vapore bar	DN 40 (1 1/2")		DN 50 (2")		DN 65 (2 1/2")		DN 80 (3")		DN 100 (4")		DN 125 (5")		DN 150 (6")		DN 200 (8")	
	kg	kg/h	kg	kg/h	kg	kg/h	kg	kg/h	kg	kg/h	kg	kg/h	kg	kg/h	kg	kg/h
0,5	0,95	2,85	1,3	2,9	2,2	6,6	2,7	8,1	3,9	11,7	4,9	14,7	6,9	20,7	10,3	30,9
1	1	3	1,4	3,2	2,3	6,9	3	9	4,3	12,9	5,4	16,2	7,6	22,8	11,3	33,9
1,5	1,15	3,45	1,5	4,5	2,5	7,5	3,2	9,6	4,7	14,1	5,9	17,7	8	24	12,8	38,4
2	1,2	3,6	1,6	4,8	2,6	7,8	3,4	10,2	5	15	6,5	19,5	8,5	25,5	13	39
3	1,4	4,2	1,7	5,1	2,8	8,4	3,8	11,4	5,4	16,2	7	21	9,3	27,9	14,3	42,9
4	1,5	4,5	1,9	5,7	3	9	4	12	5,8	17,4	7,8	23,4	10	30	15,3	45,9
5	1,6	4,8	2	6	3,3	9,9	4,4	13,2	6,2	18,6	8	24	10,6	31,8	16,3	48,9
7	1,7	5,1	2,3	6,9	3,6	10,8	4,7	14,1	6,7	20,1	9	27	11,8	35,4	17,8	53,4
10	1,9	5,7	2,4	7,2	4	12	5,3	15,9	7,5	22,5	10	30	13,1	39,3	19,7	59,1
12	2	6	2,6	7,8	4,2	12,6	5,7	17,1	7,9	23,7	10,4	31,2	13,8	41,4	20,8	62,4
14	2,2	6,6	2,7	8,1	4,5	13,5	5,9	17,7	8,3	24,9	11,3	33,9	14,5	43,5	21,8	65,4

Esempio: Tubazione DN 100 (4"), Lunghezza 40 m. Pressione vapore 10 bar. Condensato in 20 minuti primi: 7,5 Kg x 4 = 30 Kg
Portata oraria da attribuire allo scaricatore: 22,5 x 4 = 90 Kg/h (iniziale).

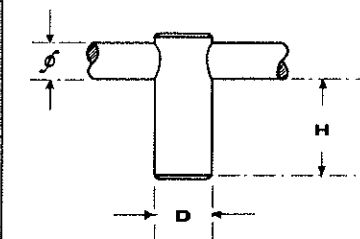
Handwritten notes and calculations on lined paper.

Blank lined area for notes or calculations.

DIMENSIONAMENTO POZZETTI DI DRENAGGIO CONDENSA

Linee orizzontali

Diametro tubazione	ø	Profondità H del pozzetto in mm			
		Drenaggio ogni 10 m	Drenaggio ogni 20 m	Drenaggio ogni 30 m	Drenaggio ogni 40 m
DN 20	3/4"	350	700	1050	1400
DN 25	1"	250	500	750	1000
DN 32	1" 1/4	200	400	600	800
DN 40	1" 1/2	180	360	540	720
DN 50	2"	150	300	450	600
DN 65	2" 1/2	110	220	330	440
DN 80	3"	115	230	345	460
DN 100	4"	110	220	330	440
DN 125	5"	175	350	525	700
DN 150	6"	175	350	525	700
DN 200	8"	150	300	450	600



La pendenza della tubazione deve risultare nello stesso senso del flusso e deve essere compresa tra 0,4 ÷ 1%

N.B. Il diametro D del pozzetto deve essere uguale o maggiore del diametro ø della tubazione.

DILATAZIONE TERMICA DELLE TUBAZIONI

In mm per metro

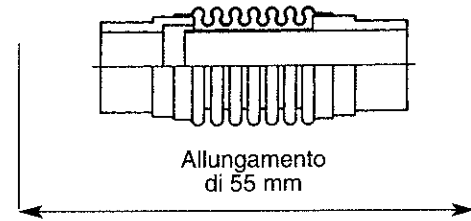
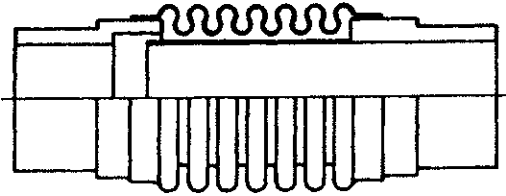
TEMP. °C	PRESSIONE RELATIVA del vapore bar	GHISA	ACCIAIO	ACCIAIO INOX 18/8	RAME	ALLUMINIO
-20		-0,38	-0,24	-0,33	-0,33	-0,44
-10		-0,19	-0,12	-0,16	-0,16	-0,22
0		0	0	0	0	0
20		0,21	0,26	0,33	0,33	0,46
40		0,42	0,52	0,66	0,68	0,91
60		0,63	0,79	0,82	1	1,37
80		0,83	1,05	1,3	1,3	1,84
100	0,0	1	1,32	1,6	1,7	2,31
120	1,0	1,26	1,58	2	2	2,8
140	2,6	1,50	1,87	2,37	2,4	3,3
160	5,1	1,73	2,14	2,7	2,7	3,8
180	9,0	1,96	2,43	3	3,1	4,3
200	14,5	2,20	2,72	3,4	3,5	4,8
220	22,1	2,45	3	3,7	3,8	5,4
240	32,4	2,69	3,3	4,1	4,2	5,9
260	45,9	2,93	3,59	4,5		
280		3,12	3,9	4,8		
300		3,46	4,2	5,2		
320		3,73	4,5	5,6		
340		4	4,8	6		

Esempio:
 Tubazione acciaio. Lunghezza 50 m
 Temperatura del fluido: 160 °C
 Temperatura ambiente: 20 °C

Dilatazione a 160 °C: 2,14 – mm/m
 Dilatazione a 20 °C: 0,26 = mm/m
 1,88 mm/m

Dilatazione totale: 1,88 mm/m x 50 m = 94 mm

COMPENSATORI DI DILATAZIONE



Le tubazioni costituenti l'impianto vengono montate a freddo e naturalmente subiscono una dilatazione quando si riscaldano per il passaggio del vapore. In molti impianti con tubi di piccolo diametro di limitata lunghezza e con numerose curve c'è sufficiente possibilità di auto-assorbimento delle dilatazioni.

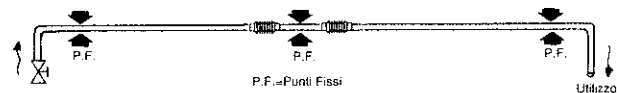
Le tubazioni di maggior sezione, specie se con lunghi tratti rettilinei, con l'aumento della temperatura subiscono un proporzionale allungamento causando certe volte distorsioni agli appoggi, alla tubazione stessa e alle derivazioni con probabili rotture. Per ovviare a ciò si ricorre ai compensatori di dilatazione. La procedura per la loro scelta è la seguente:

- 1) Calcolo dilatazione tubazione interessata.
- 2) Scelta dei compensatori sui dati dei costruttori.
- 3) Stabilire la posizione dei punti fissi
- 4) Stabilire la posizione delle guide e degli appoggi e dei compensatori.

Esempio:
Si abbia una tubazione rettilinea del diametro di 4" (DN 100)

Lunghezza della tubazione: 50 m
Temperatura del vapore: 180°C
Temperatura ambiente: 20°C
A 180°C la dilatazione unitaria è di 2,43 - mm/m
A 20°C la dilatazione unitaria è di 0,26 = mm/m
Dilatazione unitaria complessiva: 2,17 mm/m

Su una lunghezza di 50 m la tubazione subirà un allungamento di 50x 2,17 = 108,5 mm.

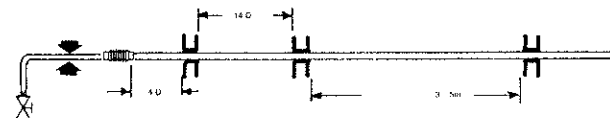


Si scelgono 2 dilatatori la cui corsa totale rappresenti, per sicurezza, il doppio della dilatazione reale della tubazione. Si ricercano 2 dilatatori da 4" (DN 100) in cui cadauno abbia un movimento di ± 55 mm, con escursione totale di 110 mm. I due dilatatori garantiranno 110 + 110 = 220 mm di compensazione che è circa il doppio di quella reale calcolata.

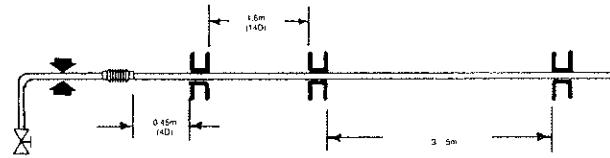
Posizionamento compensatori a freddo

Il compensatore viene allungato di 55 mm (pre-tensione) che corrisponde a metà della corsa totale e poi saldato o flangiato alla tubazione. La tubazione viene bloccata nei punti fissi. Durante la fase di riscaldamento la tubazione inizierà ad allungarsi partendo dai punti fissi per cui eserciterà una compressione sul dilatatore.

Il compensatore di dilatazione, causa la sua composizione, risulta fragile alle spinte trasversali. Si consiglia dislocare il primo appoggio ad una distanza non superiore a 4 diametri, il secondo ad una distanza non superiore a 14 diametri ed i successivi a distanze corrispondenti fra 3 e 5 metri.



Esempio:
Tubazione da 4" (DN 100)
Diametro esterno D = 114 mm

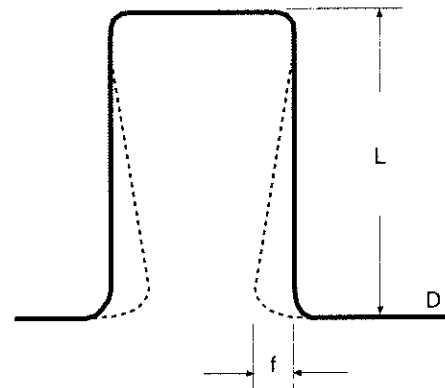


COMPENSATORI DI DILATAZIONE A LIRA O AD OMEGA

Quando in casi particolari non vengono accettati compensatori di dilatazione assiali a soffiato per il potenziale pericolo che possono rappresentare in caso di rottura, si ricorre a tipi autocostruiti sulla misura della tubazione.

$$L = \sqrt{f \times D \times \frac{2}{3} \times \frac{E}{K}}$$

- L = lunghezza del dilatatore (mm)
- f = spostamento assiale (mm)
- D = diametro esterno (mm)
- E = modulo di elasticità (21'000 kg/mm²)
- K = carico di sicurezza dell'acciaio per sollecitazione a fatica (~ 7 kg/mm²)



CONSERVAZIONE DELLA CALDAIA NEI PERIODI DI INOPEROSITÀ

È ormai riconosciuto che durante i periodi di lunga fermata, se non si prendono particolari attenzioni, hanno origine le corrosioni più gravi. Ogni qual volta una caldaia debba essere a riposo, è necessario eseguire una serie di operazioni atte a prevenire l'inscarsi di fenomeni di corrosioni che potrebbero anche essere di grave entità.

Ricordiamo che in carenza di opportune precauzioni l'ossigeno atmosferico si può combinare con la condensa presente, provocando fenomeni di corrosione puntiforme che possono compromettere l'integrità del generatore.

CONSERVAZIONE A SECCO

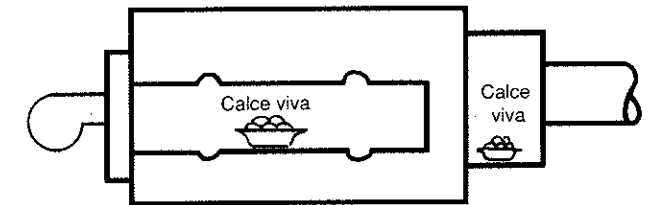
Consigliata se la caldaia deve rimanere ferma per lungo tempo o che riparazioni eventuali ne richiedano lo svuotamento.

La conservazione a secco consiste nel vuotare la caldaia e lavarla internamente con acqua a pressione in modo da togliere i residui fangosi che normalmente si formano nella parte bassa del generatore stesso.

Riempire quindi d'acqua la caldaia, lasciando aperto il passo d'uomo e, accendendo il bruciatore portare all'ebollizione.

Vuotare la caldaia a caldo, eliminando ogni residuo di acqua stagnante, soffiando aria secca attraverso i tubi e dagli scarichi.

Introdurre all'interno della caldaia, sul focolare e sul cassone raccolta fumi, sostanze fortemente igroscopiche (calce viva, silicogel in piccoli contenitori) e chiudere infine ermeticamente in modo che non entri ne aria ne acqua.



CONSERVAZIONE A UMIDO

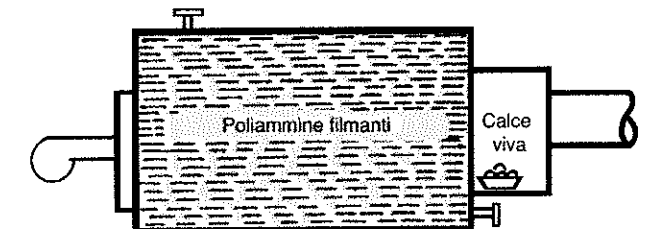
Consigliata se la caldaia deve rimanere ferma per brevi periodi o per caldaie di riserva che debbono entrare rapidamente in funzione.

Un sistema semplice ed economico prevede l'immissione nell'acqua di caldaia, in rapporto di un litro per metro cubo di capacità totale, dei prodotti conservanti di tipo poliamminico filmanti (thermo - RD fascia azzurra, azamina - RD o idrazina).

Dopo un certo periodo di ebollizione si riempie totalmente la caldaia. L'alcalinità e l'azione riducente impartita dai due condizionanti sono garanzia da corrosioni di CO₂ e O₂, mentre la fase di riscaldamento prima dello spegnimento assicura l'eliminazione dell'ossigeno contenuto nell'acqua.

Con i dosaggi consigliati, inoltre, queste condizioni deossigenanti o alcalinizzanti si mantengono per lunghi periodi eliminando qualsiasi rischio di corrosione.

Se tale operazione viene fatta durante il periodo invernale occorre ogni tanto avviare il bruciatore per mantenere la temperatura dell'acqua a valori lontani dal congelamento.



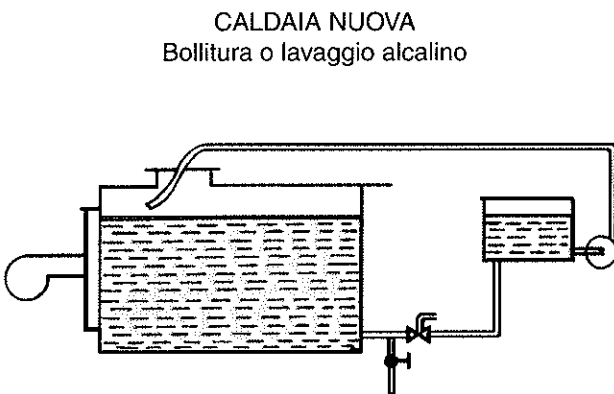
LAVAGGIO CALDAIE VAPORE

(Lavaggio chimico lato acqua-vapore)

Operazione che si rende necessaria nei seguenti casi:

CALDAIA NUOVA → Bollitura o lavaggio alcalino

CALDAIA GIÀ IN ESERCIZIO CHE DEVE SUBIRE DISINCROSTAZIONE → Lavaggio acido



Si intende rimuovere gli ossidi - depositi che rappresentano i residui di oli, grassi e ossidi metallici dovuti alla lavorazione dei tubi ed al montaggio della caldaia.

Tali sostanze, se non eliminate, favoriscono l'insorgere di fenomeni corrosivi dovuti all'ostacolo della formazione di pellicola passivamente sulle superfici esposte all'acqua.

Esecuzione del lavaggio alcalino:

- Riempimento di acqua della caldaia fino a coprire i tubi bollitori.
- Introduzione di soda caustica o carbonato sodico o fosfato trisodico in quantità variabile da 0,3 a 1% sul contenuto totale d'acqua.

Con tali sostanze vanno aggiunti specifici tensiattivi inibitori nel valore oscillante dal 0,05 al 0,15% sul contenuto totale d'acqua.

- Portare l'acqua (tramite bruciatore) alla temperatura di 80-90 °C e farla circolare nella caldaia per una durata di 12-14 ore.
- Scaricare lentamente il contenuto ed introdurre contemporaneamente acqua fresca onde ottenere un buon risciacquo.

NB. Prima dell'inizio di tali operazioni bisogna escludere dal contatto della massa d'acqua pressostati, manometri, indicatori di livello, livellostati pompa di alimento e valvola di sicurezza.

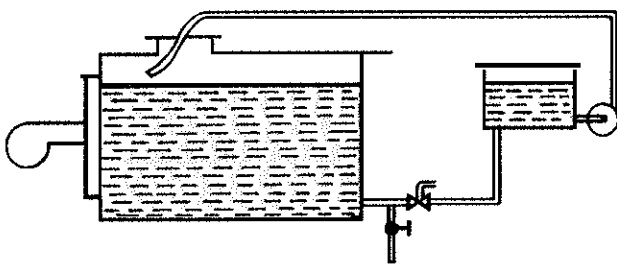
Esempio: Contenuto acqua calda = lt 2.000
 Dose di soda caustica 0,5% = lt 10
 Dose di inibitore 0,1% = lt 2

CALDAIE GIÀ IN ESERCIZIO

Lavaggio chimico acido per disincrostazione

Viene eseguito per asportare i depositi calcarei che ricoprono tubi e piastre. L'asportazione dei depositi calcarei deve essere totale fino al metallo nudo. Il metodo più semplice ed antico è il seguente:

- Riempimento di acqua della caldaia fino a coprire i tubi bollitori.
- Introduzione di acido cloridrico nella quantità del 5% sul volume totale d'acqua.
- Aggiunta di formalina (inibitore) nella quantità del 20% rispetto all'acido cloridrico.
- Far circolare a freddo tutta la massa d'acqua per 5 ore. Inserire il bruciatore e portare l'acqua della caldaia a 80 °C, continuare a far circolare finché si notano i tubi bollitori liberi da calcare.
- Spegner il bruciatore, scaricare lentamente la massa d'acqua.
- Riempire la caldaia con acqua fredda aggiungendo soda caustica nella quantità del 2-3% sul volume totale d'acqua. Far circolare la massa per 4-5 ore fino a che il pH abbia raggiunto il valore di 8-9.
- Scaricare lentamente il contenuto ed introdurre contemporaneamente acqua fresca onde ottenere un buon risciacquo.



N.B. Prima dell'inizio di tali operazioni bisogna escludere dal contatto della massa d'acqua pressostati, manometri, indicatori di livello, livellostati, pompa alimento e valvola di sicurezza.

Esempio:
 Fase di disincrostazione
 Contenuto acqua caldaia: lt 2.000
 Dose di acido cloridrico del 5% sul volume d'acqua: lt 100
 Dose di formalina del 20% sul contenuto di HCL: lt 20

Fase di neutralizzazione.
 Dose di soda caustica del 2% sul volume d'acqua: lt 40

Tale metodo anche se poco costoso deve essere eseguito da personale specializzato perché risulta frequente il caso che in certi punti della caldaia rimangono non evaquate parti di acido o soda caustica.

il prodotto $\sqrt{\frac{2}{3} \times \frac{21'000}{7}} = 44,7$

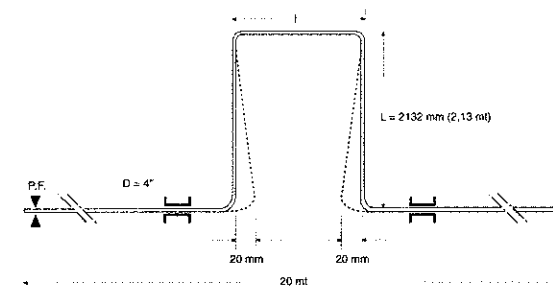
rappresenta una costante fissa, pertanto la semplificazione della formula sopra descritta diventa:

$L = 44,7 \times \sqrt{f \times D}$

Esempio:
 tubazione in acciaio entro cui scorre acqua surriscaldata.
 temperatura acqua surriscaldata : 150°C
 lunghezza della tubazione da compensare : 20 mt
 diametro esterno della tubazione : 114 mm (4")
 allungamento specifico a 150°C : 2 mm/mt
 allungamento totale 20 mt x 2 mm/mt : 40 mm
 $f = 40 : 2 = 20$ mm

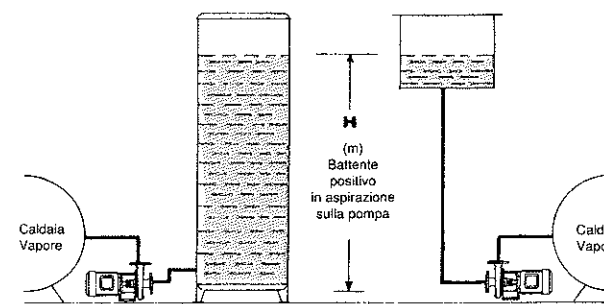
$L = 44,7 \times \sqrt{20 \times 114} = 2132$ mm

N.B. Si consiglia che la lunghezza L non sia possibilmente inferiore a $\frac{L}{5}$

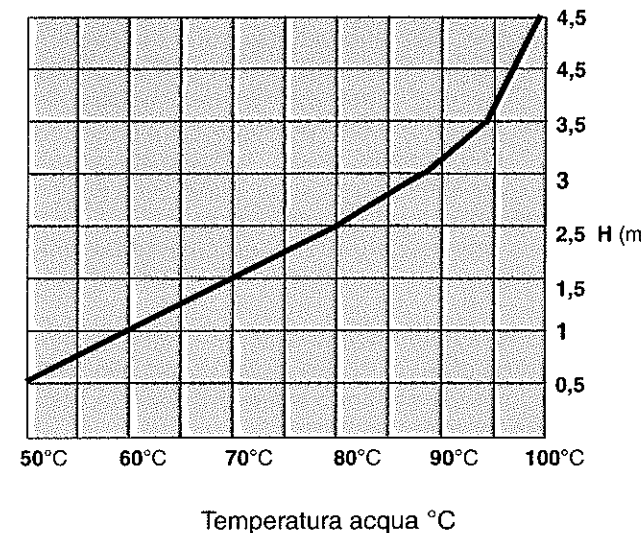


SISTEMI DI RACCOLTA CONDENSE Serbatoi sopraelevati

Minimo battente positivo (H) in funzione della temperatura dell'acqua, da assegnare alla pompa centrifuga d'alimentazione affinché non si verifichi la cavitazione.



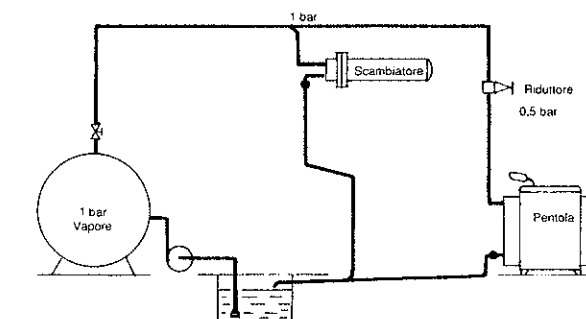
Esempio:
 Con acqua di ritorno condensa a 80°C necessita un battente di 2,5 m onde non cavitare sull'aspirazione della pompa.



RITORNO CONDENSE VERSO SERBATOIO RACCOLTA PER RIUTILIZZO

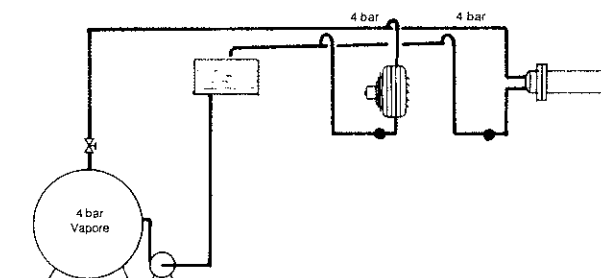
Ritorno condensa con rete vapore a bassa pressione. (1 bar)

Con caldaia vapore a bassa pressione (1 bar), per la quasi assenza di pressione utile per spinta condensa, si consiglia il convogliamento della stessa attraverso tubazioni a quota zero con leggera pendenza verso il cassone di raccolta. Tentare innalzamenti tramite tubazioni sopraelevate comporta quasi sempre allagamenti agli utilizzatori con blocco dell'esercizio.



Ritorno condensa con rete vapore a media pressione. (3 - 15 bar)

Tutti gli utilizzatori sfruttano la medesima pressione quindi anche i ritorni condensa sono sottoposti alla medesima pressione per cui possono essere convogliati su medesima tubazione.



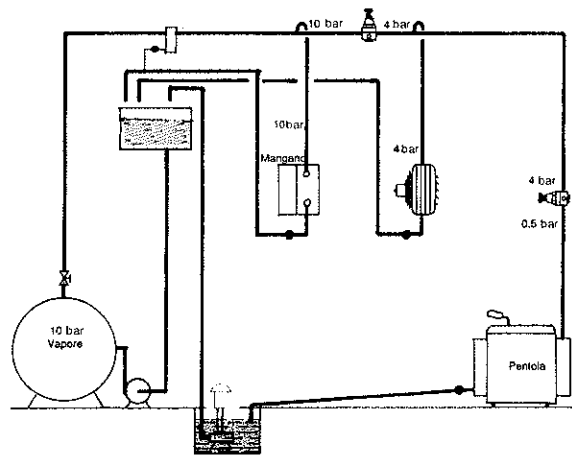
RITORNO CONDENSA CON RETE VAPORE CHE ALIMENTA

Utilizzatori a varie pressioni

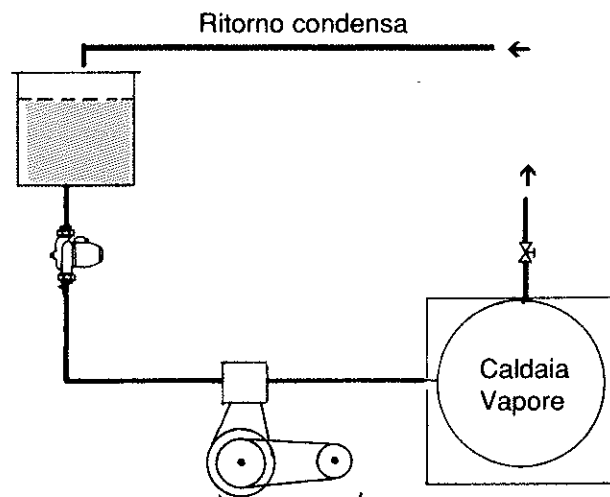
Gli utilizzatori sono alimentati con pressioni diverse per cui anche i ritorni condense sono sottoposti a pressioni diverse. Se venisse usata una medesima tubazione raccolta condense sia per la batteria del mangano (10 bar) che per l'aerotermo (4 bar) si corre il pericolo che quando scarica il mangano, la rete condensa viene sottoposta ad una pressione di circa 10 bar tappando lo scarico dell'aerotermo (4 bar) se anch'esso dovesse trovarsi contemporaneamente sotto scarico.

Pertanto si raccomanda di allacciare alla rete solo le macchine che scaricano la condensa alla stessa pressione. Se si hanno pressioni diverse, bisogna usare tubazioni separate.

Tuttavia, se le pressioni sono abbastanza vicine (20 + 30% di scarto) la rete di recupero potrà essere anche unica purché ben dimensionata.

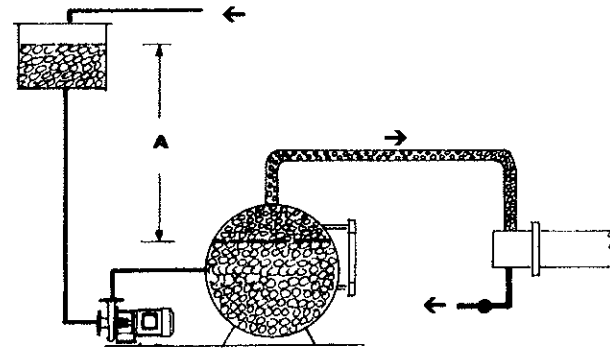


In certi casi con alte temperature al serbatoio condense, se esistono pompe di alimento del tipo alter-

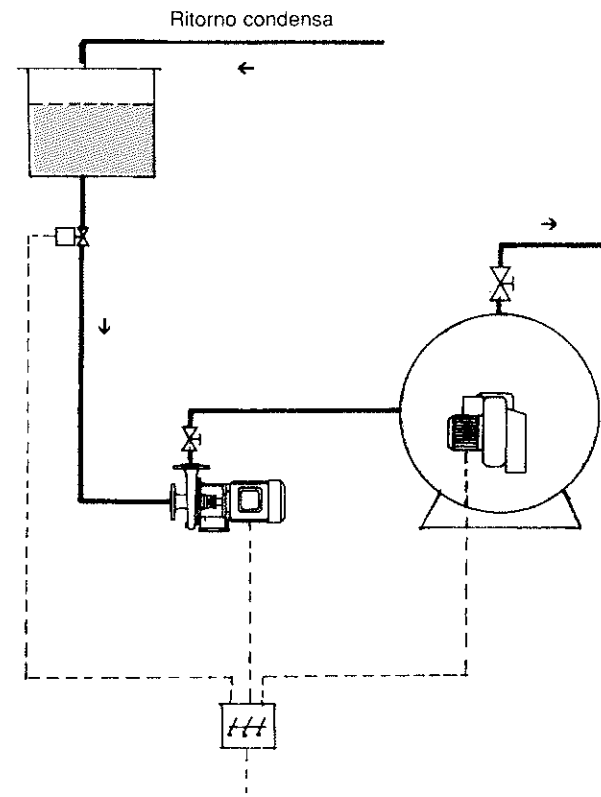


nativo può essere necessario inserire un acceleratore di aiuto sulla tubazione di aspirazione, causa le forti depressioni create dal tipo di pompa.

Pericoli di allagamento



Se il livello del serbatoio condense si trova in posizione superiore rispetto al livello di esercizio della caldaia (A) o delle tubazioni generali di distribuzione, alla fermata della caldaia, diminuendo progressivamente la pressione del vapore fino al valore zero, esiste la possibilità del travaso d'acqua dal serbatoio condense a tutti i circuiti sottostanti con conseguente allagamento. Per evitare ciò, ad ogni fermata con lunghe pause operative (giorno - notte) (sabato - domenica) necessita chiudere la valvola vapore di caldaia o quella della pompa alimento oppure inserire in automatico una elettrovalvola di blocco collegata all'interruttore generale di caldaia.



GENERATORI DI VAPORE NON ESONERABILI

PARAMETRI	CIRCOLARE TECNICA n° 30/81		settimana dal al 20		DETERMINAZIONE OBBLIGATORIA	
	ACQUA - ALIMENTO	ACQUA - ESERCIZIO	valori limite fino a 15 bar	valori limite fino a 25 bar		
ph			7 ÷ 9,5	7 ÷ 9,5		
durezza totale o mg/l			1 °F*	0,5 °F*		
ph			9 ÷ 11	9 ÷ 11		
durezza totale o mg/l			1 °F*	0,5 °F*		
alcalinità totale			1000	750		
ossigeno			0,1	0,05		
anidride carbonica			0,2	0,2		
ferro totale			0,1	0,1		
rame			0,1	0,1		
sostanze oleose			1	1		
aspetto			chiara limpida e senza schiuma persistente	chiara limpida e senza schiuma persistente		
conducibilità			8000	7000		
silice			150	100		
salinità totale			3500	3000		
aspetto			chiara limpida e senza schiuma persistente	chiara limpida e senza schiuma persistente		

*per generatori di vapore con piastre tubiere piane e fondi piani senza risvolto saldati d'angolo: valori limite 0,5 °F
Firma conduttore abilitato o responsabile

GENERATORE DI VAPORE A FUNZIONAMENTO AUTOMATICO
 Art. 43 D.M. 21/5/1974 - Specifica E.2.E.3. - Circolare A.N.C.C. n° 30/81

PROVE E CONTROLLI DA ESEGUIRE ALMENO UNA VOLTA AL GIORNO

	lunedì ore	martedì ore	mercoledì ore	giovedì ore	venerdì ore	sabato ore	disfunzioni e interventi
LIVELLOSTATO DI SICUREZZA (anche simulazione)							
SPURGO LIVELLI/BARILOTTI							
EFFICIENZA CONTROLLO FIAMMA							
SOPRALLUOGO CONDUTTORE ABILITATO	INIZIO TURNO						
	PRIME 4 ORE						
	SECONDE 4 ORE						
	FINE TURNO						

CONTROLLI DA ESEGUIRE QUATTRO VOLTE LA SETTIMANA

	LIMITI
ph ACQUA ALIMENTO	7 - 9,5
DUREZZA TOTALE ALIMENTO	0,5 °F
ph ACQUA ESERCIZIO	9 - 11
DUREZZA TOTALE ESERCIZIO	0,5 °F
ALCALINITA TOT. ESERCIZIO	1000 ppm
SALINITA TOT. ESERCIZIO	3500 ppm

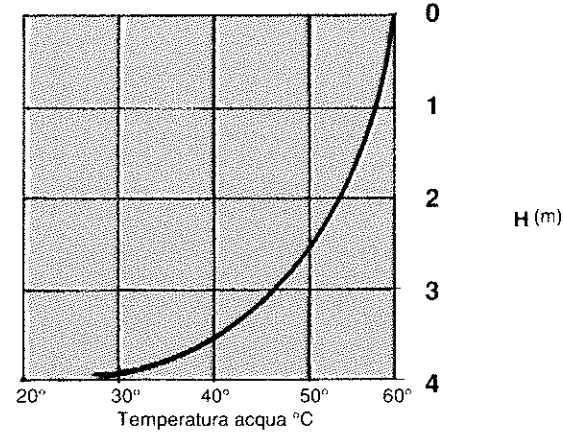
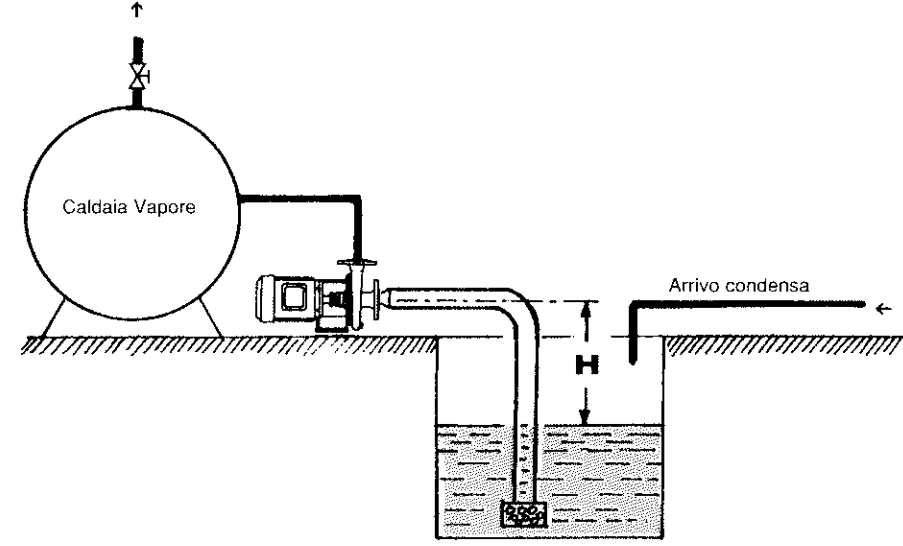
CONTROLLI DA ESEGUIRE SETTIMANALMENTE (Riportare il giorno e l'ora)

LIVELLOSTATO DI SICUREZZA (condizioni reali)							
PRESSOSTATO SICUREZZA							

MESE DI20.....

FIRMA UTENTE O RESPONSABILEDATA

SERBATOI INTERRATI

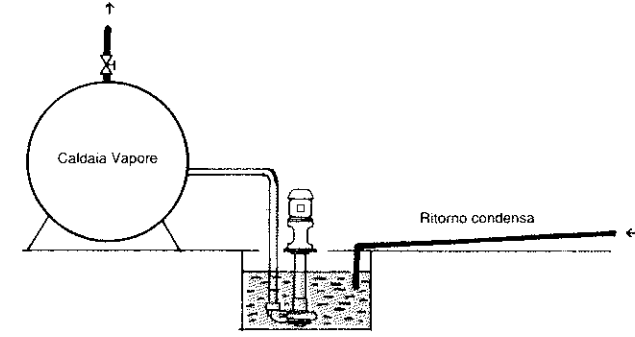


Prevalenza manometrica di aspirazione con acqua fino a 60°C

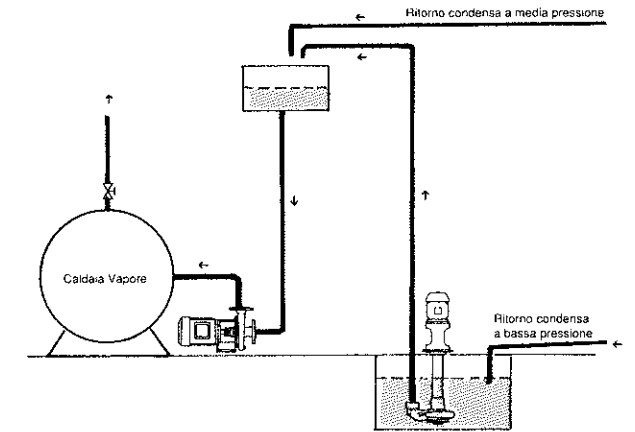
N.B. La tabella a lato ha valore:
 - Se alla portata massima della pompa, sulla tubazione costituente l'aspirazione, la velocità massima dell'acqua non superi 1 - 1,5 m/sec.
 - Se la tubazione di aspirazione non superi la lunghezza di 5 m.

Esempio: Dovendo aspirare con pompa centrifuga acqua calda a 50°C, l'altezza massima di aspirazione H non potrà superare il valore di 2,5 m.

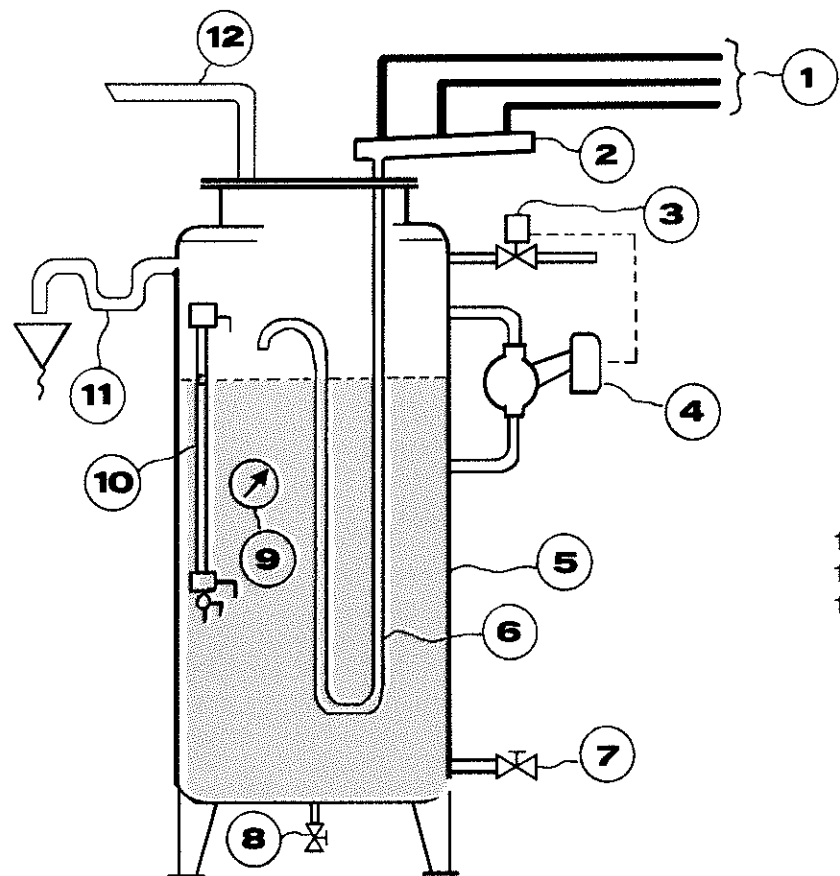
Quando la temperatura della condensa è molto alta e il serbatoio interrato è di dimensioni ridotte, si ricorre a pompe sollevamento liquidi con gambo ad immersione. In tal modo l'altezza H di aspirazione causata dall'alta temperatura non è più richiesta essendo la girante della pompa sempre sommersa.



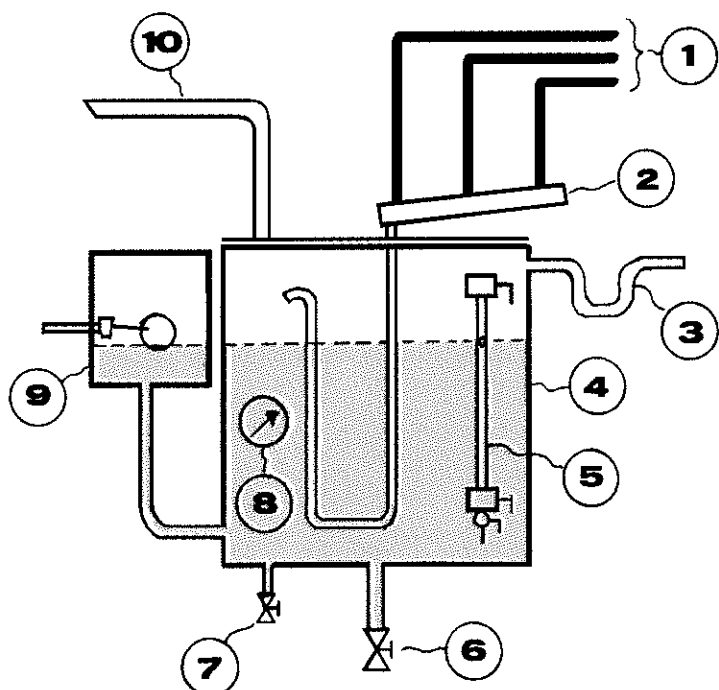
Recupero condense con ritorni a bassa e media pressione. Schema d'installazione consigliato.



SERBATOI DI RACCOLTA CONDENSE
Per piccole e medie potenzialità



- 1) Ritorni condense
- 2) Collettore raccolta condense
- 3) Elettrovalvola caricamento acqua
- 4) Regolatore di livello
- 5) Serbatoio condense
- 6) Tubo scarico condense
- 7) Alimentazione caldaia
- 8) Scarico serbatoio
- 9) Termometro
- 10) Indicatore di livello
- 11) Scarico troppo pieno
- 12) Sfiato atmosferico



- 1) Ritorni condense
- 2) Collettore raccolta condense
- 3) Scarico troppo pieno
- 4) Serbatoio condense
- 5) Indicatore di livello
- 6) Alimentazione caldaia
- 7) Scarico serbatoio
- 8) Termometro
- 9) Vaschetta di alimentazione e regolazione livello
- 10) Sfiato atmosferico

CAPACITÀ SERBATOI RACCOLTA CONDENSE

Allo stato attuale non esiste nessuna normativa per tali accessori. La capacità utile del serbatoio, di solito, viene scelta in funzione dell'autonomia che si desidera

garantire alla caldaia in assenza di alimentazione primaria. Per esempio, con caldaia vapore avente portata di esercizio di 2000 Kg/h e senza recupero di condensa, volendo garantire una autonomia di 1 ora, necessita scegliere un serbatoio condense da 2000 lt.

GENERATORI A TUBI DA FUMO E CORNOVAGLIA

ACQUA DI ALIMENTO. Valori limite				
PARAMETRI	UNITÀ DI MISURA	PRESSIONE DI ESERCIZIO DEL GENERATORE		ACQUA SURRISCALDATA
		Fino a 15 bar	25 bar	
PH		7 - 9,5	7 - 9,5	7,5 - 9,5
Durezza totale	mg/lt CaCO ₃	10 (1 °F)	5 (0,5 °F)	10 (1 °F)
Ossigeno	mg/lt O ₂	0,1	0,05	-
Anidride carbonica	mg/lt CO ₂	0,2	0,2	-
Ferro totale	mg/lt Fe	0,1	0,1	-
Rame	mg/lt CU	0,1	0,1	-
Sostanze oleose		1	1	3
Aspetto	CHIARA, LIMPIDA E SENZA SCHIUMA PERSISTENTE			

N.B. Per acqua surriscaldata, i valori sono riferiti all'acqua di reintegro di generatori funzionanti a ciclo chiuso. I gas O₂ e CO₂ vengono in gran parte allontanati attraverso gli sfiati dell'aria previsti nei punti alti dell'impianto di distribuzione; è comunque opportuno un adeguato trattamento chimico. I valori di ossigeno e anidride carbonica sono validi presupponendo la presenza di un degasatore termico.

In assenza del degasatore è opportuno comunque elevare la temperatura dell'acqua contenuta nel serbatoio ad almeno 80 °C onde ridurre il tenore di gas disciolti (O₂ e CO₂). Per i generatori di vapore che usufruiscono dell'esonero, nonché per i generatori di vapore con piastre tubiere piane e fondi piani senza risvolto saldati d'angolo, il valore della durezza totale non deve essere - in ogni caso e senza possibilità di deroga - superiore a 5 (0,5 °F).

ACQUA DI ESERCIZIO. Valori limite				
PARAMETRI	UNITÀ DI MISURA	PRESSIONE DI ESERCIZIO DEL GENERATORE		ACQUA SURRISCALDATA
		Fino a 15 bar	25 bar	
PH		9 - 11	9 - 11	9 - 11
Alcalinità Tot.	mg/lt CaCO ₃	1000	750	-
Durezza Tot.	mg/lt CaCO ₃	10 (1 °F)	5 (0,5 °F)	10 (1 °F)
Conducibilità	µs/cm	8000	7000	2500
Silice	mg/lt SiO ₂	150	100	150
STD	mg/lt	3500	3000	1000
Aspetto	CHIARA, LIMPIDA E SENZA SCHIUMA PERSISTENTE			

STD = Solidi totali disciolti

N.B. Per mantenere nel generatore i valori di alcalinità e silice entro i limiti prescritti, è necessario effettuare uno spurgo, possibilmente continuo del generatore.

Per i generatori di vapore che usufruiscono dell'esonero il valore della durezza totale non deve essere, senza possibilità di deroga - superiore a 5 (0,5 °F).

FREQUENZA DELLE ANALISI

CAMPIONE	ACQUA	ACQUA ESERCIZIO
ph	S/4	S/4
dt	S/4	S/4
alcalin. totale	-	S/4

S/4 = 4 Volte la settimana con corredi analitici anche non strumentali.

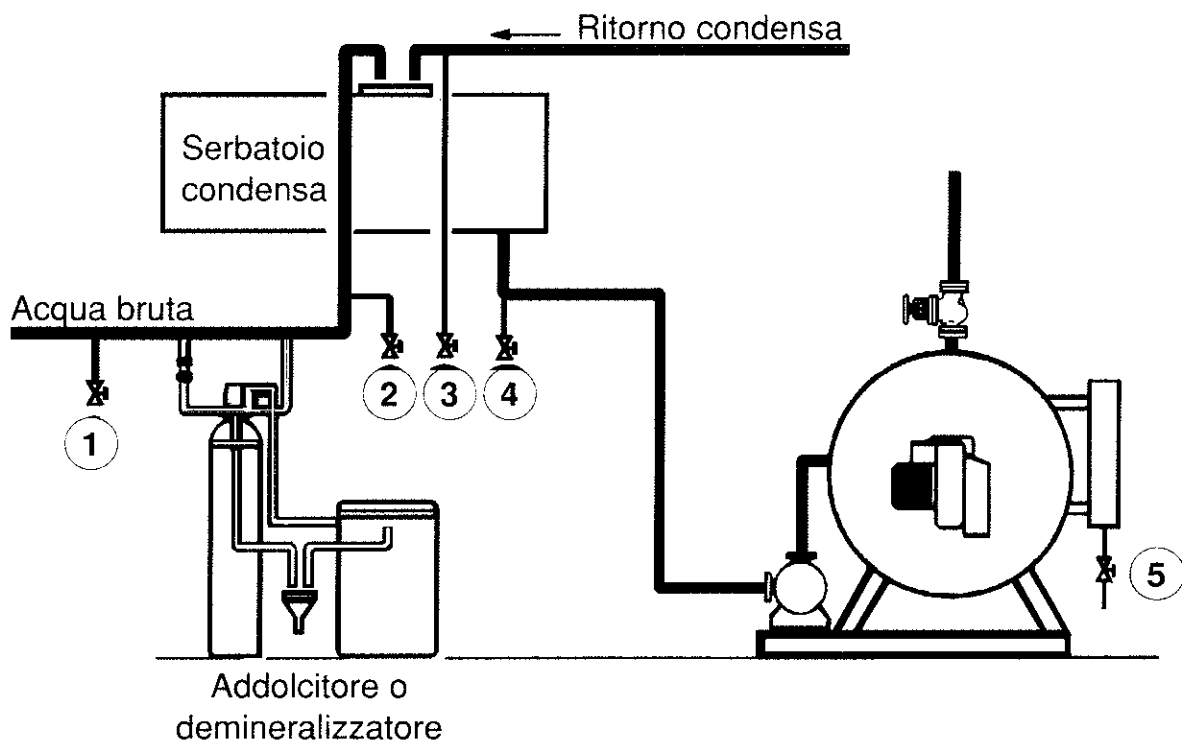
CARATTERISTICHE DELLE ACQUE PER GENERATORI DI VAPORE E DI ACQUA SURRISCALDATA A FUOCO DIRETTO

Circolare tecnica A. N. C. C. n. 30/81 del 6/61981. La presente norma si applica ai generatori di vapore e di acqua surriscaldata a fuoco diretto.

Sono esclusi dalle prescrizioni i generatori di vapore

e ad acqua surriscaldata con:

- superficie di riscaldamento fino a 15 m².
- generatori che usufruiscono dell'esonero previsto dagli articoli 28 - 29 - 34 del DM 21/5/1974. (Pressione di bollo 1 ate e produttori di vapore istantaneo).
- per i generatori di vapore con superficie di riscaldamento inferiore a 15 m². del tipo a piastre piane saldate di angolo al focolare e fasciame è fatto obbligo l'adeguamento alla circolare 30/81 ex A.N.C.C.



①	PUNTO PRELIEVO ACQUA GREZZA
②	PUNTO PRELIEVO ACQUA ADDOLCITA
③	PUNTO PRELIEVO ACQUA CONDENSE
④	PUNTO PRELIEVO ACQUA ALIMENTAZIONE CALDAIA
⑤	PUNTO PRELIEVO ACQUA ESERCIZIO

1.1 Le denunce di impianto devono essere integrate da una relazione tecnica firmata da un professionista abilitato secondo le disposizioni vigenti, contenente lo schema e le caratteristiche di funzionamento dell'impianto di trattamento delle acque.

1.2 Per i generatori di cui all'articolo 39 del DM 21/5/1974, l'utente, all'atto degli accertamenti per la concessione dell'esonero, deve presentare alla A.N.C.C. un certificato di analisi dell'acqua di alimentazione rilasciato da un labo-

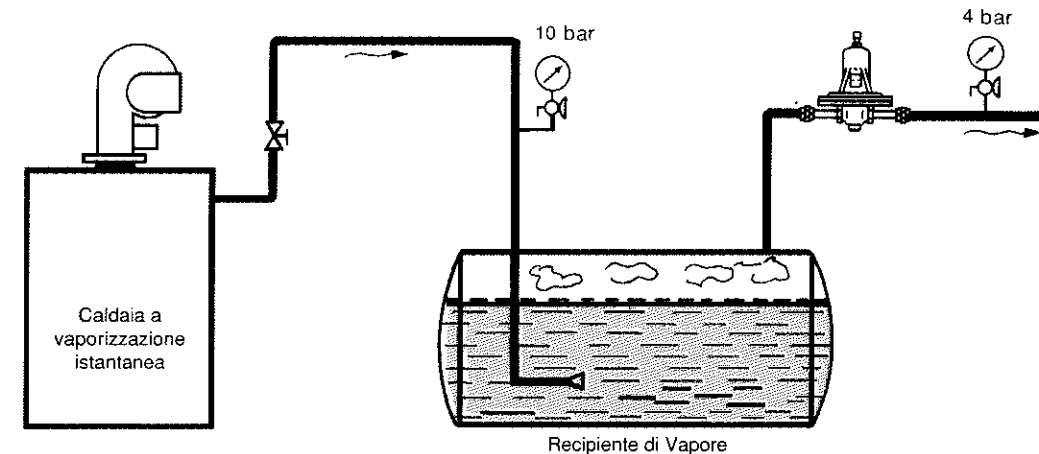
ratorio chimico, che attesti la rispondenza dell'acqua nei limiti previsti dalla presente norma.

1.3 È fatto obbligo all'utente di effettuare le analisi sui campioni di acqua di alimento ed esercizio secondo metodi compatibili con i limiti prescritti e di trascrivere i valori rilevati su apposito registro. Tale documento dovrà essere conservato almeno per il periodo di tempo intercorrente tra due successive verifiche (di norma due anni) a disposizione degli ispettori del servizio di prevenzione delle U.S.L.

PRODUZIONE DI VAPORE PER CADUTA DI PRESSIONE ACCUMULATORI DI VAPORE

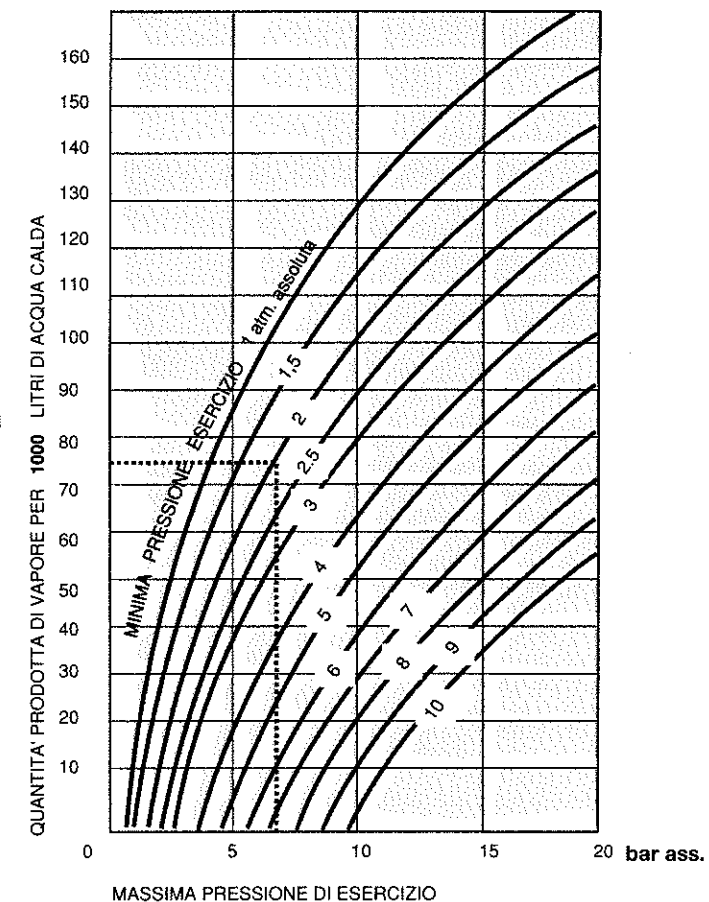
Sulle caldaie a vaporizzazione istantanea, causa accoppiamento bruciatore - pompa, con prelievi discontinui nel tempo della quantità di vapore si può avere umidità di trascinamento. Al di sotto del 50% della richiesta massima di esercizio il titolo del vapore varia creando umidità all'utilizzo. A questo si ovvia:

- 1) Installando pompa acqua alimento a 2 velocità.
- 2) Installando il sistema inverter che varia la frequenza del motore pompa alimento in relazione al pressostato di caldaia del tipo modulante che interviene sul bruciatore (pure modulante) ottenendo buone regolazioni nel campo di lavoro tra il 20 - 100%. Sistema



PRODUZIONE DI VAPORE PER CADUTA DI PRESSIONE ACCUMULATORI DI VAPORE

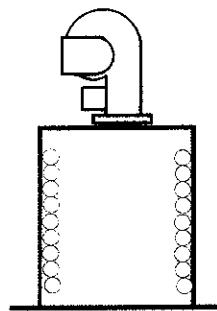
Esempio:
 Massima pressione esercizio 6 bar = 7 bar ass.
 Minima pressione esercizio 1bar = 2 bar ass.
 Quantità di vapore prodotto per ogni 1000 litri di acqua calda: 75 Kg/h



economicamente valido per tale potenzialità.
 3) **Si può ovviare** alle variazioni di carico con l'introduzione di **recipienti** di vapore. Il volume di tali polmoni viene calcolato su 1,5 - 2 volte la potenzialità installata. Ad esempio se una caldaia ha la potenzialità di 500 Kg/h il volume dell'accumulatore verrà scelto tra 750 e 1000 lt.

Secondo normative vigenti il **recipiente** deve essere installato all'esterno del fabbricato, salvo difficoltà di collocamento praticamente insuperabili. (occorre relazione giustificatrice) Più alta è la differenza tra pressione in ingresso e pressione in uscita più conveniente risulta l'utilizzo del recipiente. Per un buon funzionamento di questo sistema è rigoroso un ottimo trattamento dell'acqua.

CAUSE DI VAPORE UMIDO E SUE CONSEGUENZE



Purtroppo, la fonte più comune di vapore umido è... il generatore. Il vapore prodotto dalle caldaie viene indicato comunemente come vapore "saturo secco". Nella maggior parte delle caldaie odierne ormai tutte "compatte o supercompatte" anche se a tubi di fumo, per non dire di quelle "istantanee", proprio a causa dell'esaltazione del rendimento e della riduzione del volume d'acqua si fa ogni sforzo per "cavare il massimo" per il cui il vapore umido è la conseguenza più comune.

CAUSE TRASCINAMENTO UMIDITÀ

- 1) Tipo di costruzione del generatore che non permette una efficiente separazione tra vapore ed acqua.
- 2) Esistenza di variazioni improvvise e continue di richieste vapore da parte dell'impianto.
- 3) Sovraccarico continuo dei generatori rispetto alla potenzialità di esercizio.
- 4) Tipo di trattamento chimico dell'acqua di alimentazione che può creare schiume, causa di trascinamenti umidità sul vapore prodotto.
- 5) Altra occasione di trascinamento umidità è data da picchi di richiesta superiore alla portata massima dichiarata.

CONSEGUENZE

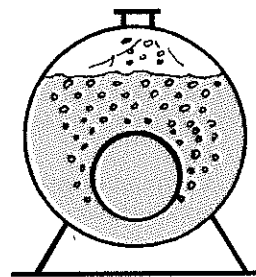
Si consideri, per esempio, una batteria di riscaldamento di aria alimentata con vapore a 4 bar, richiedente 200.000 kcal/h. Con vapore saturo secco, ogni kg di vapore a 4 bar contiene 503 kcal./Kg di calore latente per cui la richiesta di vapore sarà:

$$\frac{200.000}{503} = 398 \text{ Kg/h.}$$

Ma supponendo che il vapore sia umido, ad esempio con umidità del 5%, cosa non infrequente in un impianto industriale, il calore latente per ogni Kg di vapore sarà $503 \times 0,95 = 478 \text{ kcal./Kg}$. Così per ottenere la resa richiesta, sarà necessario alimentare la batteria riscaldante con:

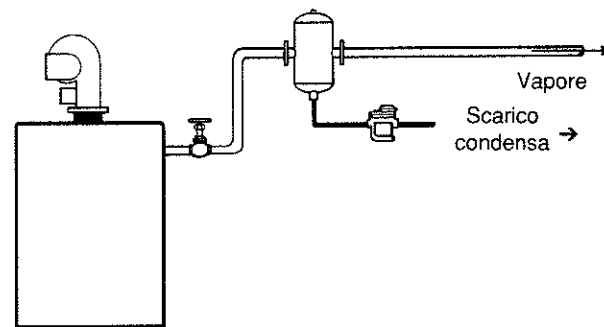
$$\frac{200.000}{478} = 418 \text{ Kg/h che corrisponde a un incremento del 5\%.}$$

Ora questo significa un 5% di aumento nell'energia usata per la pompa di alimento caldaia e un incremento nel consumo di combustibile per portare la temperatura di questo inutile 5% di acqua in più, dal valore iniziale al punto di ebollizione.



RIMEDI

Purtroppo la risposta più ovvia è quella di affrontare il problema alla sorgente: il generatore di vapore. Come rimedio esterno, soprattutto ove non si desideri avere umidità in certi tipi di lavorazioni (es. presse da stiro) risulta utile installare un separatore di condensa.

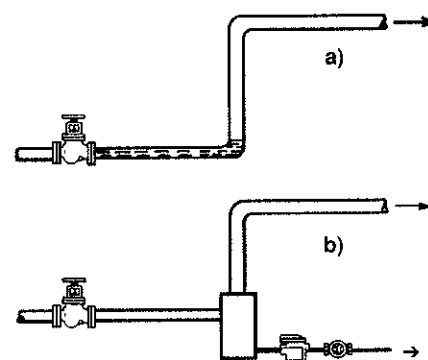


Nel barilotto è inserito un setto divisorio. Il corpo entro cui questo setto è inserito ha un'area trasversale molte volte maggiore di quella della tubazione, così al suo ingresso si verifica una repentina caduta della velocità del vapore. A causa della loro quantità di moto, le gocce d'acqua continuano nel loro tragitto rettilineo e si infrangono contro il setto aderendovi per poi essere portate al punto di drenaggio.

COLPI D'ARIETE. CAUSE E LORO ELIMINAZIONE

COLPI D'ARIETE NELLE TUBAZIONI DI VAPORE

- a) Chiudendo la valvola di intercettazione si ha formazione di condensa nella parte bassa della tubazione. Alla riapertura, il vapore, venendo a contatto con condensa fredda provoca colpi d'ariete.
- b) Non potendo modificare l'andamento della tubazione eliminando la sacca, si provvede al drenaggio continuo della parte bassa con barilotto e scaricatore di condensa adeguato. (vedi schema a fianco).



produce ammoniac, consentendo così l'alcalinizzazione del vapore e la neutralizzazione dell'anidride carbonica eventualmente presente. Tuttavia ciò non comporta la soluzione globale del problema.

L'ammoniaca infatti ha un'elevata tensione di vapore per cui, quando inizia la condensazione del vapore, tende a rimanere prevalentemente in quest'ultimo, mentre l'anidride carbonica passa nelle prime gocce di condensa come acido carbonico. Finché le due fasi acqua-vapore coesistono, non si riesce ad ottenere quindi una sufficiente protezione delle superfici a contatto con la fase acqua.

L'ammoniaca può poi risultare addirittura dannosa nel caso siano presenti nel circuito vapore-condensa superfici di rame e sue leghe, in quanto su queste ultime si possono avere fenomeni corrosivi dovuti alla formazione di complessi cuproammoniacali.

È ben vero che tali complessi si formano quando insieme all'ammoniaca è presente ossigeno, ma è altrettanto vero che, purtroppo, non si può mai escludere che dell'ossigeno possa rientrare nei circuiti vapore-condensa, anche se totalmente eliminato dall'acqua di alimento delle caldaie.

Recentemente è emerso un nuovo motivo che si oppone all'impiego della idrazina come condizionante, e cioè il fatto che detto prodotto sia stato classificato tra le sostanze industriali sospette di una **attività carcinogenica** potenziale per l'uomo.

Le limitazioni suddette hanno ovviamente orientato la ricerca verso prodotti condizionanti più adeguati e ciò ha portato all'impiego di ammine volatili alcalinizzanti e deossigenanti opportunamente scelte ed impiegate in rapporti ben definiti a seconda della necessità.

I vantaggi sono stati molteplici anzitutto per le notevolissime possibilità che tali prodotti indubbiamente presentano.

L'unione, in rapporti ben definiti di diverse ammine volatili, avente ognuna specifica volatilità, consente di disporre di condizionanti che, per qualsiasi arco di pressioni e temperature, abbiano coefficienti di ripartizioni acqua-vapore molto vicini all'unità.

Ciò significa che in fase di condensazione del vapore, quando le due fasi acqua-vapore coesistono, il condizionante si ripartirà in egual misura nelle stesse, garantendo un uguale protezione delle superfici a contatto con le due fasi.

L'anidride carbonica eventualmente presente nel vapore potrà quindi essere immediatamente neutralizzata nel momento stesso in cui si trasformerà in acido carbonico.

Altra particolarità dei condizionanti amminici è la loro stabilità termica.

Attualmente si dispone di condizionanti stabili anche a temperature di 530-535 °C, quali sono quelle dei vapori surriscaldati delle centrali termoelettriche.

Il condizionante quindi, dosato in caldaia, passa inalterato nel vapore e nel condensato, dove continua ad esplicare le sue proprietà specifiche riducenti ed alcalizzanti.

È noto come condizioni stabilmente riducenti del mezzo e la stabilità dei valori di pH siano condizioni essenziali per la formazione ottimale del film protettivo, di magnetite uniforme, compatto, non poroso e ben ancorato alla matrice metallica.

In alcuni casi, per la esclusiva protezione dei circuiti vapore-condensa, possono essere impiegate ammine ad elevato peso molecolare aventi carattere filmante.

Lo scopo dell'utilizzazione di tali prodotti è quello di ottenere una pellicola protettiva che non consenta il contatto dell'acqua con il metallo. In linea di principio la loro efficacia non è influenzata dalle caratteristiche del vapore e delle condense, ma risente molto dello stato delle superfici da filmare.

Se dette superfici sono ossidate, si può avere un rapido distacco degli ossidi che possono poi intasare valvole, tubazioni di piccolo diametro, scaricatori di condensa, ecc.

Inoltre il film protettivo certe volte può presentare forti disomogeneità di spessore e in alcuni punti può risultare totalmente assente.

Questo ovviamente provoca difettosi scambi termici dove il film è troppo spesso, e violente corrosioni localizzate nei punti in cui il film è assente.

Il loro impiego deve essere poi limitato a caldaie funzionanti a bassa pressione in quanto, altrimenti, le ammine filmanti vengono degradate termicamente ed i prodotti di degradazione possono poi accumularsi in caldaia provocando inconvenienti anche gravi.

Nell'ultimo decennio si è portato a termine lo studio di prodotti filmanti a base poliamminica, che presentano una forte affinità per i metalli e che quindi possono dare origine a film polimerici omodenei e compatti, con particolari proprietà idrorepellenti.

L'azione filmante rimane comunque ostacolata da particolari condizioni quali velocità di flusso troppo elevate, la presenza di eccessiva salinità, di sostanze in sospensione, di olii e grassi o di sostanze acidificanti in generale.

È quindi possibile che in detto stato limite si formino depositi minerali, malgrado la concentrazione dei rispettivi sali nell'acqua di caldaia sia ben lontana dal loro limite di solubilità.

Il fosfato trisodico è particolarmente soggetto a questo fenomeno in quanto la sua solubilità, che presenta un massimo a 120 °C, diminuisce gradualmente fino a 200 °C per poi diventare molto piccola per temperature superiori ai 300 °C.

Il fenomeno viene rilevato analiticamente in quanto i fosfati in caldaia scompaiono (depositandosi sulle pareti) per "ricomparire" in caso di fermata, per il fatto che si sciolgono nuovamente non appena viene a cessare il riscaldamento dei tubi.

È chiaro che queste deposizioni possono influire fortemente sui processi di corrosione in quanto rendono più critico lo scambio termico e determinano un aumento della temperatura dei tubi bollitori che può addirittura provocare il surriscaldamento degli stessi nelle zone di maggior sollecitazione termica.

Occorre considerare infine che il fosfato è un sale altamente schiumogeno e può quindi originare pericolosi trascinalenti di acqua di caldaia nel vapore.

Attualmente vengono usati prodotti polimeri sintetici, con proprietà spiccatamente complessanti e disperdenti nei confronti delle sostanze incrostanti.

Tali prodotti determinano la precipitazione dei sali incrostanti sotto forma di fanghi finemente dispersi non aderibili alle superfici e quindi facilmente eliminabili con le estrazioni anche quando queste siano attuate dal corpo cilindrico superiore delle caldaie.

L'azione precipitante e disperdente, oltre che ai sali di calcio e magnesio, si estende anche alla silice che viene complessata in forma stabile impedendone sia la precipitazione in forma incrostante sia il passaggio in forma solubile nel vapore.

Con tali prodotti si può anche ottenere una lenta solubilizzazione di depositi preesistenti, legata al fatto che possono essere impiegati, a differenza del fosfato, anche in concentrazioni molto elevate senza produrre alcun effetto secondario nocivo.

Oltretutto nella loro formulazione sono anche previste sostanze in grado di bloccare i fenomeni di schiumeggiamento dovuti ad eccessiva salinità dell'acqua di caldaia o a rientrate nella stessa di inquinanti organici.

CONDIZIONAMENTO ANTICORROSIVO

Consideriamo ora l'altro grave problema che preoccupa gli Utenti e i Tecnici preposti alla conduzione ed alla manutenzione degli impianti: la corrosione, fenomeno che si estende sia alle parti del circuito a contatto con vapore e condensato.

Per limitare la corrosione occorre anzitutto deossigenare l'acqua di alimento dei generatori e neutralizzare l'anidride carbonica che da essi si libera.

Per tale scopo, fino a qualche tempo fa sono stati usati prima solfito sodico e successivamente idrazina: prodotti però che, insieme agli indubbi vantaggi che la deossigenazione comporta, presentano anche svantaggi da non sottovalutare.

Il solfito sodico reagisce con l'ossigeno dando solfato sodico. Stechiometricamente occorrono 8 ppm di solfito per eliminare 1 ppm di ossigeno e quindi con il suo impiego si vengono a concentrare nell'acqua di caldaia quantità non trascurabili di solfato sodico, che comportano aumenti di salinità totale non più accettabili per buona parte delle moderne caldaie a tubi di acqua.

Il solfito, inoltre, reagisce molto lentamente con l'ossigeno a temperature inferiori ai 100 °C, ma questo inconveniente può essere eliminato con l'aggiunta di appositi catalizzatori che assicurano una rapida e completa eliminazione dell'ossigeno anche a temperature molto basse (fig. 15).

Naturalmente con l'uso del solfito sodico non si ottiene la neutralizzazione di eventuale anidride carbonica che si libera in caldaia per presenza di bicarbonati o carbonati nell'acqua di alimento e quindi rimangono irrisolti i relativi problemi di corrosione acida nelle linee di condensa.

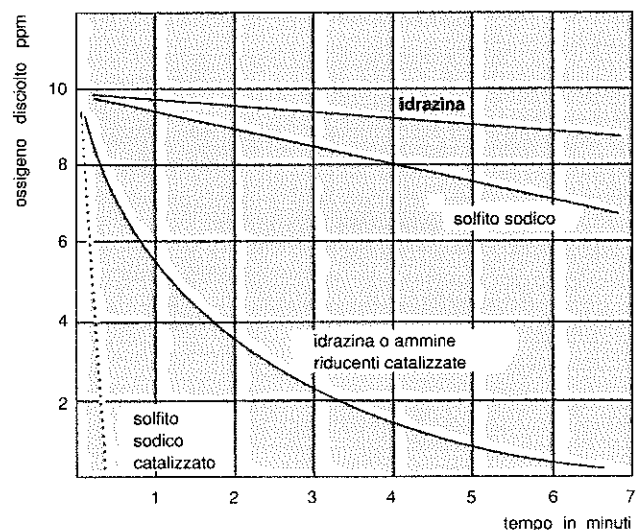
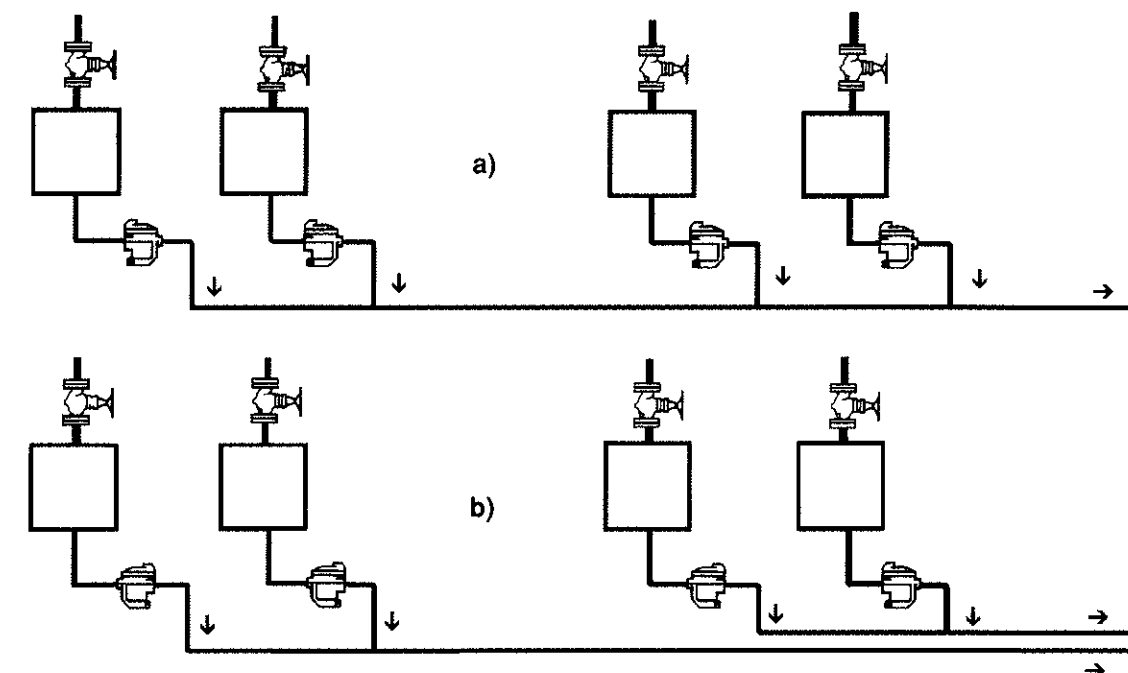


FIG. 15 - Comparazione tra le velocità di deossigenazione a 20 °C di alcuni condizionanti con o senza catalizzatori.

L'idrazina, anch'essa generalmente catalizzata per aumentarne la reattività alle basse temperature, offre nei confronti del solfito il vantaggio di non aumentare la salinità dell'acqua di caldaia.

Dosata necessariamente in eccesso rispetto all'ossigeno presente, per degradazione termica

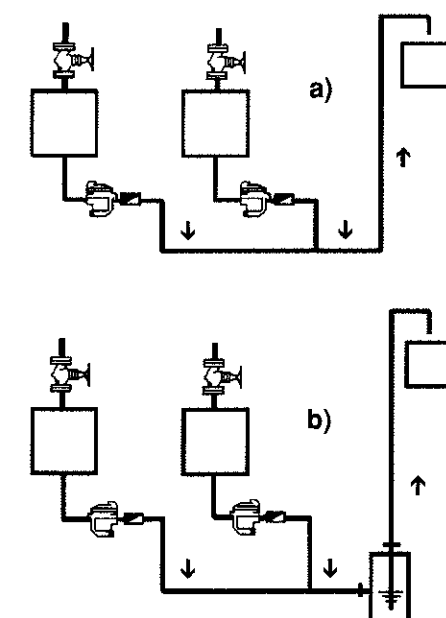
COLPI D'ARIETE NELLE TUBAZIONI DI CONDENSA CON LINEE GENERALI DI LUNGHEZZA ESTESA



- a) La condensa proveniente dagli utilizzatori più lontani dal serbatoio di raccolta, si raffredda lungo il percorso. Quella scaricata dagli utilizzatori più vicini e il suo vapore nascente, a contatto con la suddetta condensa fredda, provocano colpi d'ariete.
- b) Si possono evitare i colpi d'ariete, suddividendo gli scarichi in varie linee. Anche le condense pro

venienti da utilizzatori funzionanti a pressioni diverse, non debbono essere raccolte in un unico collettore. Colpi d'ariete possono risultare dal trascinalento di condensa ad alta velocità o ad opera del vapore che con la sua alta velocità crea urti contro ostacoli come: curve, filtri, apparecchi installati, ecc.

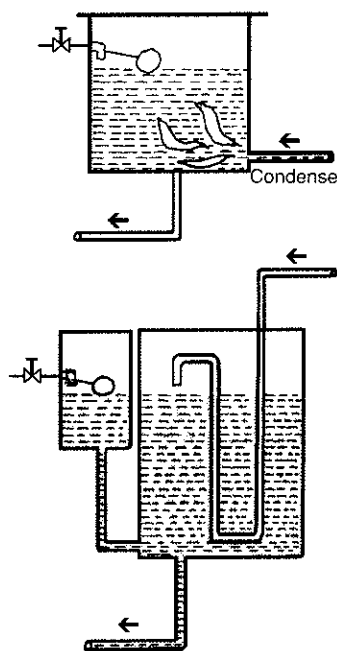
COLPI D'ARIETE DOVUTI ALL'INNALZAMENTO DELLA CONDENSA



- a) Colpi d'ariete si possono verificare quando la condensa a valle degli scaricatori viene innalzata.
- b) L'apparecchio che si presta molto bene all'eliminazione del colpo d'ariete è il compensatore - elevatore di condensa.

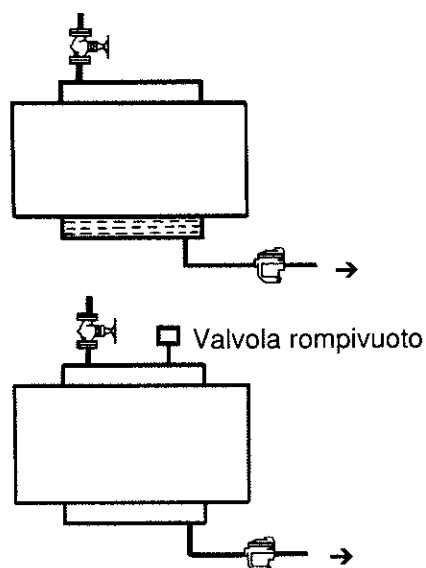
COLPI D'ARIETE NEI SERBATOI

Nella tubazione di raccolta delle condense, generalmente si ha anche vapore nascente. Non avendo possibilità di sfruttarlo, si può scaricarlo con la condensa, nel serbatoio dell'acqua di alimentazione della caldaia. Qui però l'acqua è relativamente fredda e le bolle di vapore condensano rapidamente, provocando colpi d'ariete. A utilizzatori fermi, l'acqua del serbatoio può ritornare nella tubazione, riempiendola. Alla successiva messa in moto dell'impianto si possono verificare colpi d'ariete



Immettendo lo scarico condense a sifone, la condensa si raffredda cedendo il calore all'acqua circostante evitando il colpo d'ariete che si produrrebbe nel contatto diretto tra bolle di vapore ed acqua.

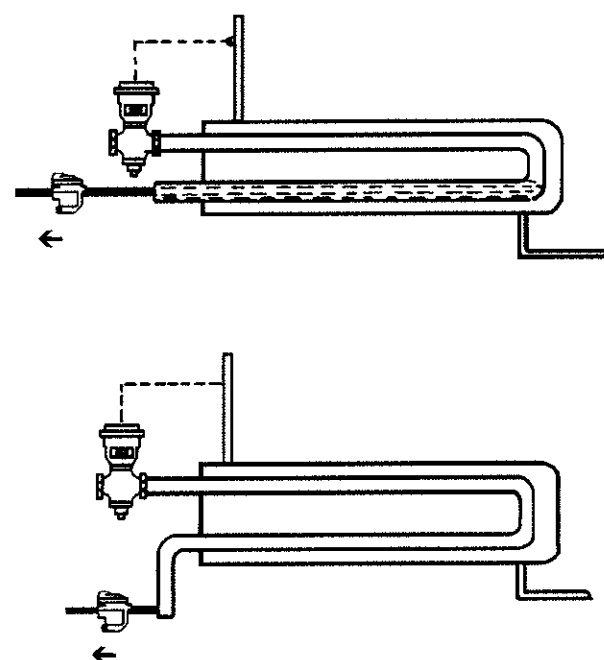
COLPI D'ARIETE NEGLI SCAMBIATORI DI CALORE



Il vapore rimasto nello scambiatore, a impianto fermo condensa, creando un vuoto che può avere come conseguenza il risucchio di altra condensa dal tubo di scarico. (Si possono avere anche deformazioni allo stesso scambiatore). Riaprendo il vapore, a contatto con l'acqua fredda, condensa rapidamente, provocando colpi d'ariete.

Applicando una valvola rompivuoto sulla parte superiore dello scambiatore si evita la formazione del vuoto, il pericolo di risucchio e quindi la possibilità dei colpi d'ariete.

COLPI D'ARIETE NEGLI SCAMBIATORI RAPIDI, CON REGOLAZIONE



A carico ridotto, parte del serpentino rimane allagato perché la pressione non è sufficiente ad innalzare la condensa, che ristagna e si raffredda. Non appena il termoregolatore riapre, il vapore viene a contatto con l'acqua relativamente fredda e condensa rapidamente, provocando colpi d'ariete.

La condensa viene espulsa rapidamente, data la pendenza del tubo di scarico; il colpo d'ariete viene in gran parte eliminato.

NB. Naturalmente, la condensa, dopo lo scaricatore deve defluire per gravità. Se esiste un innalzamento o una contropressione, per evitare colpi d'ariete, è indispensabile installare apposita pompa per condense.

2) Anidride carbonica

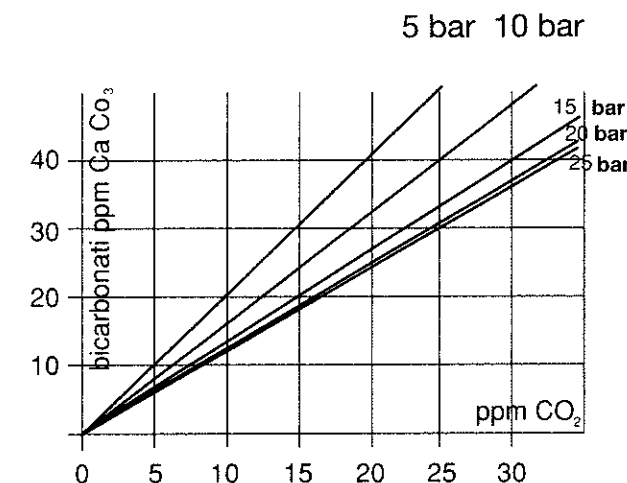


GRAFICO N. 1

LEGENDA: Sviluppo di CO₂ in caldaia in funzione delle quantità di bicarbonati in alimento e della pressione del generatore.

L'anidride carbonica trasportata con il vapore si scioglie come acido carbonico nella condensa abbassandone il pH e rendendola, anche in assenza di ossigeno, fortemente aggressiva nei confronti del ferro con formazione di bicarbonato ferroso.

Questo sale riciclato in caldaia con le condense si scinde sviluppando nuovamente CO₂ che passa ancora nel vapore, mentre il ferro si concentra in caldaia incrementando il processo corrosivo.

Si instaura così un "processo corrosivo in ciclo chiuso" che procede a ritmo sempre più elevato, provocando in breve tempo danni gravissimi agli impianti di produzione e utilizzazione del vapore.

Si deve ricordare inoltre che l'elevato coefficiente di solubilità della CO₂ ne determina l'assorbimento selettivo da parte delle condense che si trovano a contatto con l'atmosfera, sia nei serbatoi di raccolta sia nel circuito stesso del condensato quando si verificano dei rientri d'aria.

Per una più esatta valutazione del ruolo preminente della CO₂ nei confronti dei processi corrosivi basta osservare le forti variazioni di pH che si verificano in acqua praticamente pura, in presenza di piccole quantità di CO₂ (vedi grafico n. 2).

CONDIZIONAMENTO CHIMICO ANTINCROSTANTE

Per quanto riguarda il controllo dei fenomeni incrostanti, il condizionamento può essere di natura precipitante o stabilizzante.

Lo scopo del condizionamento di tipo precipitante è

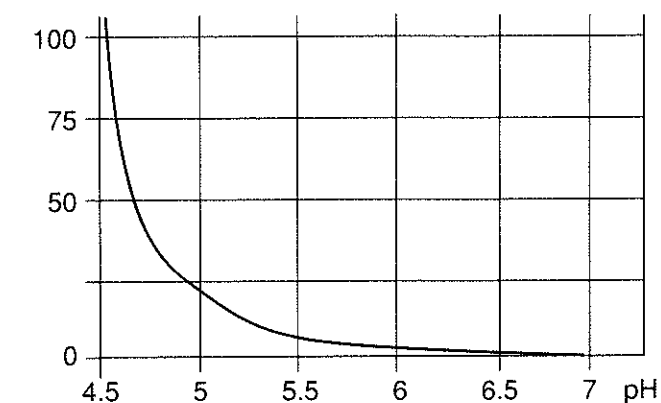


GRAFICO N. 2

LEGENDA: Reazione tra acido carbonico libero e pH in assenza di bicarbonati.

quello di abbattere le sostanze incrostanti producendo fanghi che possono essere rimossi attraverso gli spurghi.

Il primo condizionante di tipo precipitante che sia stato usato è senz'altro il fosfato trisodico, con il quale gli ioni calcio e magnesio vengono precipitati sotto forma di fanghi relativamente non aderenti. L'impiego del fosfato tuttavia presenta tutta una serie di conseguenze negative che ne hanno man mano limitato l'impiego.

Anzitutto i sali di calcio e magnesio precipitati a seguito del trattamento con fosfato trisodico, pur presentandosi in forma fangosa, sono piuttosto pesanti e quindi, accumulandosi in particolari zone della caldaia, possono dare origine a depositi molto simili alle incrostazioni che si volevano evitare.

Ma il fenomeno indubbiamente più pericoloso che si verifica con l'impiego di fosfato trisodico nelle moderne caldaie ad elevato carico termico, è quello noto con il nome di "HIDE OUT".

Questa è la particolare conseguenza di un fenomeno molto diffuso, cioè della concentrazione di sostanze presenti nell'acqua di caldaia sulla superficie vaporizzante di tubi.

Le bolle di vapore si formano su tali superfici, dove si sviluppano fino a raggiungere certe dimensioni per poi staccarsi ed essere asportate dal flusso idrodinamico.

Durante l'accrescimento della bolla si ha un notevole consumo di acqua nello strato limite di vaporizzazione, su cui si determina un flusso radiale di acqua che trasporta e concentra su detta superficie tutte le sostanze in essa contenute.

essendo agenti schiumogeni, possono dare origine a reazioni elettrochimiche di ossido-riduzione con il ferro delle pareti dei generatori e quindi originare difusi focolai di corrosione.

4. Depositi e surriscaldamenti nei generatori di vapore

Per il depositarsi in forma incoerente dei prodotti della corrosione (ossidi e idrati di ferro) possono verificarsi, anche in assenza di sali incrostanti, parziali o totali occlusioni dei tubi con pericolosi fenomeni di surriscaldamento e possibilità di scoppio.

B) CAUSE CHE PROVOCANO LA CORROSIONE

Per valutare le cause che provocano la corrosione occorre tener presente che il ferro a contatto con acqua e vapore non è stabile ma è sottoposto ad ossidazione secondo le seguenti reazioni:

- 1) $Fe + 2H_2O = Fe(OH)_2 + H_2$
- 2) $3Fe(OH)_2 = Fe_3O_4 + 2UH_2O + H_2$
- 3) $Fe + H_2O = FeO + H_2$
- 4) $3FeO + H_2O = Fe_3O_4 + H_2$

L'ossido che si forma con le reazioni 2 e 4 (magnetite) è stabile fino a temperatura di 580 °C.

1. Ossigeno

L'ossigeno può trovarsi nell'acqua di caldaia e nei circuiti vapore-condense per varie cause, fra le quali ad esempio:

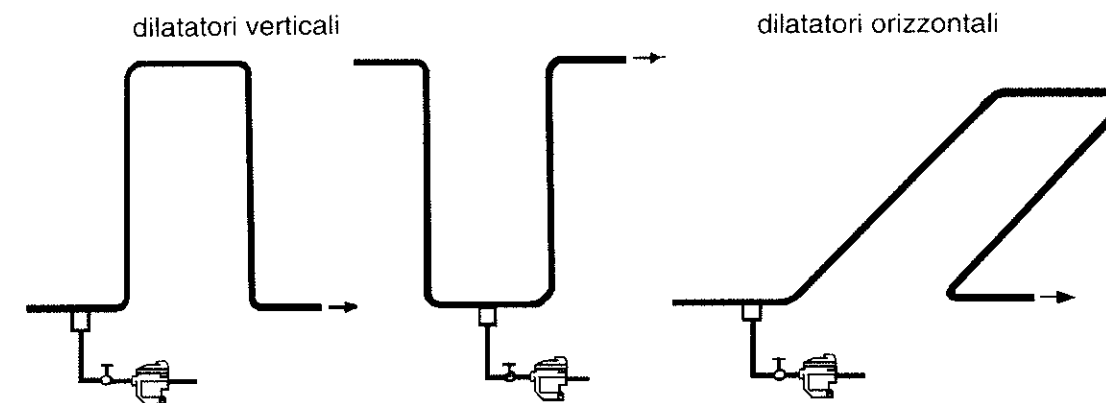
- a) Assenza o insufficienza di degasazione dell'acqua di alimento.
- b) Rientro di aria dal circuito di utilizzazione del vapore attraverso valvole, giunti, apparecchiature a tenuta non perfetta, ecc.
- c) Solubilizzazione dell'O₂ atmosferico, in misura maggiore o minore a seconda delle temperature e delle pressioni in gioco, nei serbatoi di recupero condensa (vedi tab. 1).

L'azione dell'ossigeno è duplice:

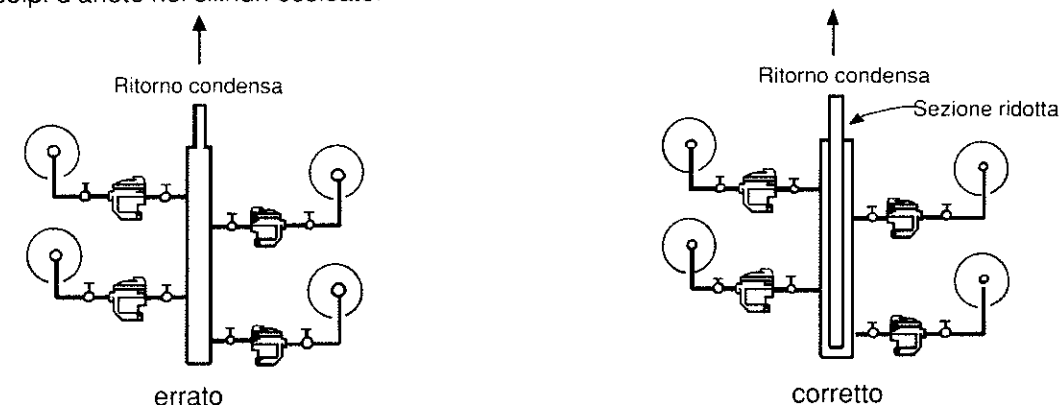
- d) Depolarizzazione per distruzione del cuscinetto gassoso protettivo di idrogeno.
- e) Ossidazione dell'idrato ferroso con rottura dell'equilibrio e conseguente precipitazione di idrato ferrico.

La comparsa di ioni ferrici determina, secondo alcuni autori, la distruzione della magnetite presente che precipita nella massa liquida.

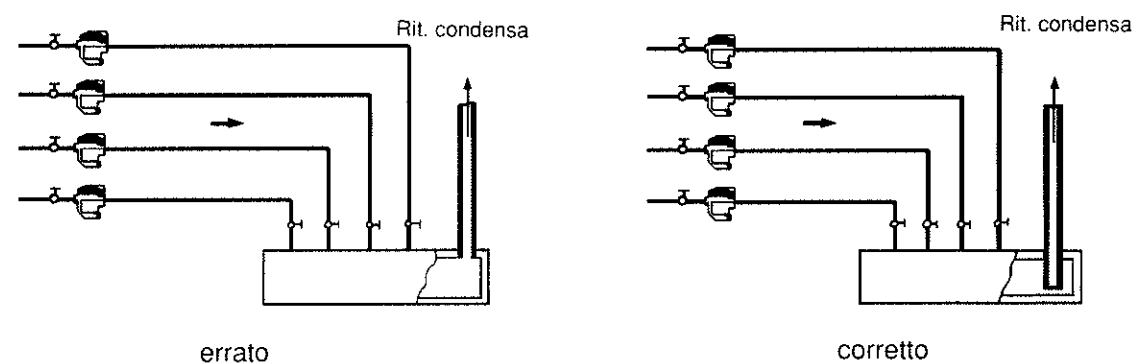
DRENAGGIO DA APPLICARE AI DILATATORI A LIRA PER EVITARE I COLPI D'ARIETE



colpi d'ariete nei cilindri essiccatoti



colpi d'ariete nei collettori di raccolta condense



drenaggio di serpentine immerse in vasca

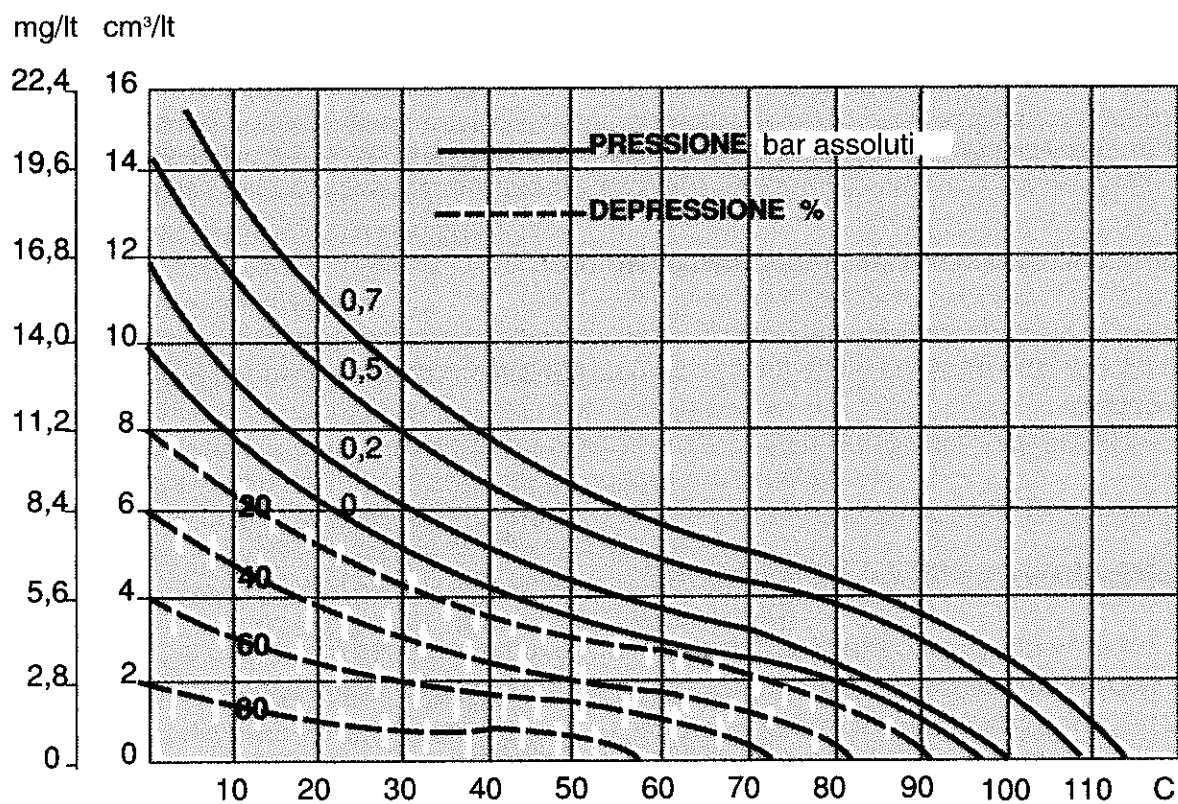
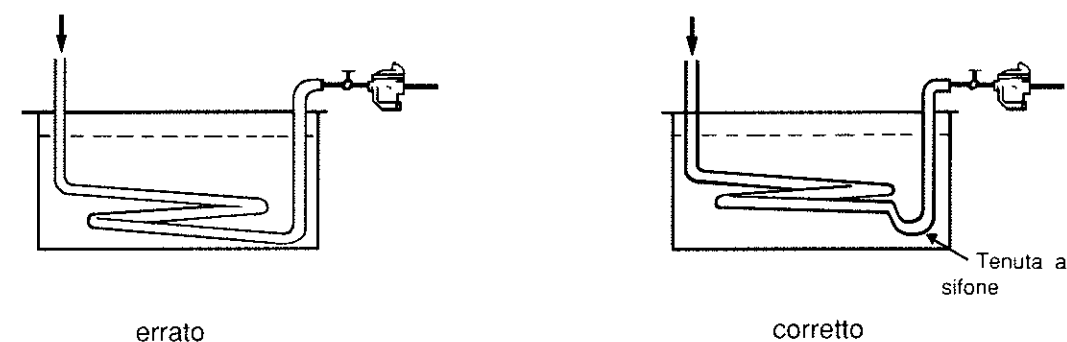
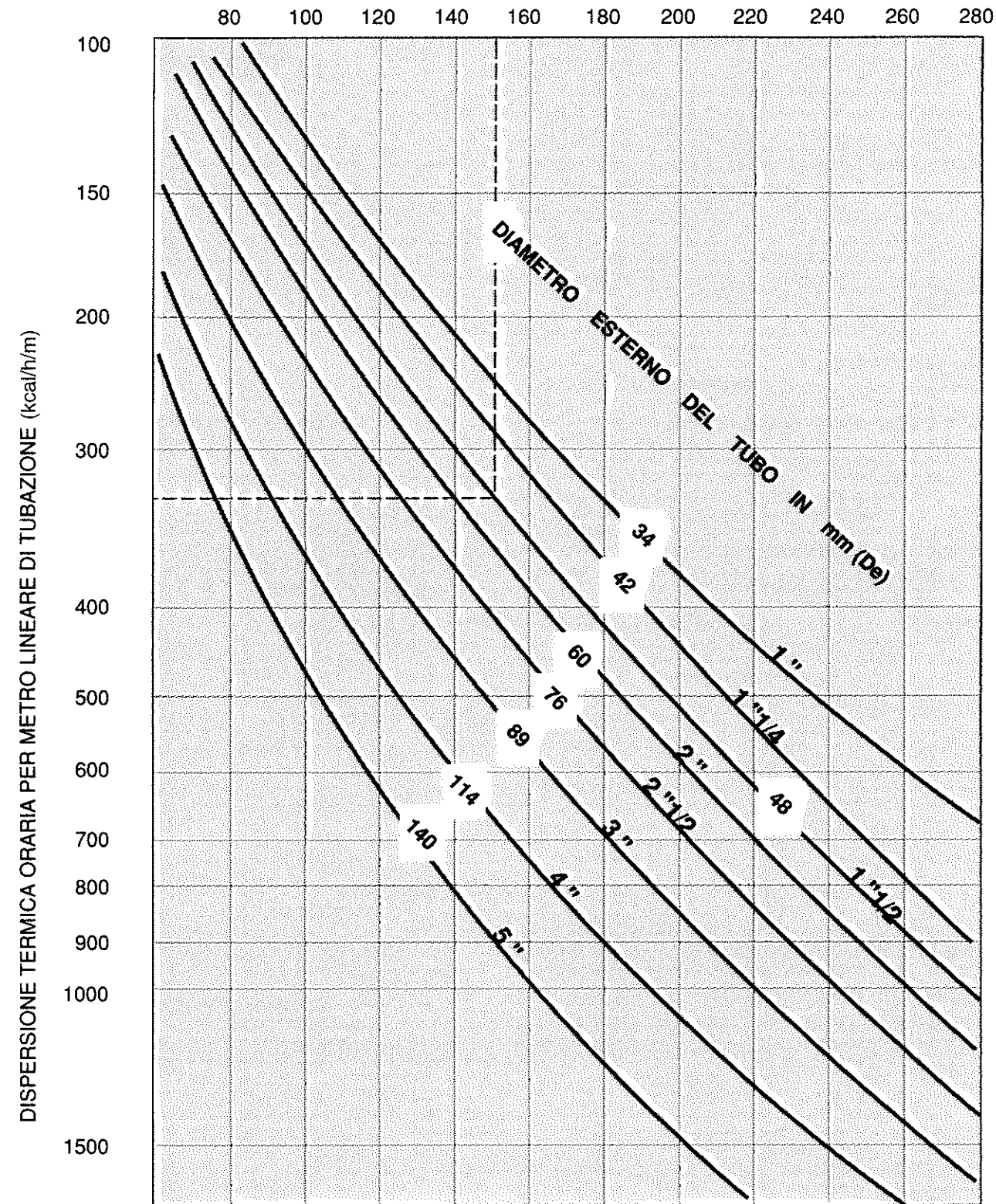


TABELLA N. 1 - Solubilità dell'ossigeno in acqua pura alle varie temperature e pressioni (Winkler)

**DISPERSIONI ATTRAVERSO TUBAZIONI
NON ISOLATE**

DIFFERENZE DI TEMPERATURA IN °C TRA L'ARIA AMBIENTE E IL FLUIDO



esempio:
 tubazione nuda vapore. P = 7 bar = 170 °C
 tubazione da 1" 1/2 De = 48 mm
 temperatura ambiente t = 20 °C
 170 - 20 = 150 °C
 dispersione = 320
 Kcal/h/metro

Anche l'acqua pura ha sempre una leggera dissociazione di ione idrogeno H⁺ e ione ossidrile (OH)⁻, il primo da all'acqua un carattere acido ed il secondo un carattere basico.

Nell'acqua distillata gli ioni H⁺ e (OH)⁻ sono presenti in numero uguale per cui questa acqua è neutra. In questo caso il valore del pH è uguale a 7.

La presenza di elettroliti cioè di sostanze in soluzione, oppure variazioni di temperatura possono modificare questo rapporto per cui, se prevalgono gli ioni idrogeno H⁺ il pH è inferiore a 7 e la soluzione è acida, se prevalgono gli ioni (OH)⁻ il pH è superiore a 7 e la soluzione è alcalina.

In genere si ritiene che una sostanza in soluzione in un solvente non sia mai completamente dissociata ma la dissociazione sia parziale per cui si può grossolanamente immaginare che una soluzione qualsiasi sia costituita da tre fasi: una acida comprendente gli ioni positivi H⁺, una alcalina comprendente gli ioni (OH)⁻ e una non dissociata.

Si potrebbe credere che la misura della acidità, o della basicità di una soluzione si possa fare mediante una titolazione chimica, ciò non è perché il pH dà la misura della acidità libera, cioè quella degli ioni pronti alla reazione, mentre la titolazione dà tutta l'acidità, cioè anche quella relativa alla parte non dissociata.

È una materia, come si vede, alquanto complessa della quale non è facile formarsi un concetto chiaro, comunque si tratta di un elemento di grandissima importanza pratica e che oggi interessa non solo le caldaie ma numerosissimi campi della scienza e della tecnica.

La pratica dimostra che per evitare da un lato l'acidità dell'acqua, con pericolo di corrosioni e dall'altra un eccesso di alcalinità, con pericolo di fragilità caustica il pH deve essere compreso fra il 9 e 11. Occorre tenere presente che l'eccesso di alcalinità può portare alla fragilità caustica, per cui in caldaia si deve avere sempre un pH maggiore di 7, ma non troppo alto.

Va pure tenuto presente che il pH varia con la temperatura; e che per una stessa acqua è maggiore a bassa temperatura che a alta temperatura, per cui se si misura alla temperatura ordinaria quello di un'acqua estratta dalla caldaia, si commette un errore di più.

Pertanto se si vuole avere per esempio nell'acqua in caldaia un pH pari all'8,5, occorre ottenere nella misura a freddo un valore un pò maggiore.

Vediamo ora come si misura praticamente il pH.

Questa misura, per i comuni casi della pratica si fa con metodo colorimetrico e cioè si prenda una certa quantità di acqua in una buretta e vi si introducono alcune gocce di un rivelatore.

Il liquido assume una certa colorazione che confrontata con una apposita scala colorimetrica dà il valore del pH.

Analogamente si hanno delle cartine imbevute di una speciale sostanza, le quali immerse nella soluzione da saggiare assumono una colorazione in relazione al valore del pH.

Questo sistema è in genere sufficiente per i correnti

casi della pratica, ma avendo bisogno di una indicazione più esatta, o di una indicazione continua od anche registrata, si ricorre a speciali strumenti detti pHmetri. Come principio essi sono basati sull'azione di due elettrodi di cui uno, che ha funzione di campione, può dare un pH noto e l'altro è immerso nella soluzione della quale si fa la misura.

Fra i due elettrodi si stabilisce una forza elettromotrice che è in funzione della differenza dei due pH.

La regolazione del pH si fa nei seguenti modi: anzitutto occorre cercare di eliminare la causa che ne produce l'abbassamento evitando di introdurre nel ciclo acque acide; per esempio potrebbero essere acide per inquinamento le acque di condensa di recupero oppure si potrebbe avere acqua acida per residui di CO₂ proveniente dai processi di depurazione, ecc.

Per elevare il pH se troppo basso si usano dei correttivi alcalinizzati fra i quali l'idrato sodico (NaOH) il cui uso però non è molto diffuso per timore della formazione in caldaia di concentrazioni eccessive e non controllate.

Si fa uso pure di fosfato trisodico che evita il pericolo della fragilità caustica ed elimina anche eventuali durezza residue e si usa pure l'ammoniaca.

Questa essendo molto volatile si mescola col vapore e mantiene anche alto il pH nel vapore stesso e nel condensato.

CONDIZIONAMENTO DEI CIRCUITI ACQUA - VAPORE - CONDENSA

A) INCONVENIENTI NEI CIRCUITI VAPORE - CONDENSE CAUSATE DALLA CORROSIONE

Gli inconvenienti che più spesso si lamentano nei circuiti vapore-condensa e che maggiormente preoccupano gli Utenti ed i Tecnici preposti alla conduzione ed alla manutenzione degli impianti stessi sono rappresentati dalle conseguenze dirette ed indirette della CORROSIONE:

1. Manutenzioni

Costo e difficoltà delle riparazioni e sostituzioni; le difficoltà derivano dall'estensione e dalla complessità dei circuiti, che comprendono le apparecchiature di utilizzazione.

2. Inquinamenti e loro conseguenze

A seguito di forature si possono avere inquinamenti del condensato con conseguenze che, nei casi più gravi, possono portare notevoli complicazioni nella conduzione dei generatori di vapore o metterli addirittura fuori servizio per lunghi periodi. Inoltre, dopo le riparazioni del caso, potrebbe risultare indispensabile un complicato e costoso lavaggio chimico dei circuiti e delle caldaie.

3. Trascinamenti e corrosioni nel generatore del vapore

I prodotti della corrosione (idrati e ossidi di ferro ed anche di rame) riciclati in caldaia con le condense, oltre ad esaltare o provocare dannosi trascinamenti

una pompa o un eiettore.

È noto che l'acqua al livello del mare ed alla pressione atmosferica di 760 mm di mercurio bolle a 100 °C, se sulla superficie di essa facciamo il vuoto con uno dei mezzi anzidetti, l'acqua bolle a temperatura più bassa e il suo riscaldamento comporta minor consumo di calorie.

Si ha inoltre il vantaggio che l'acqua degasata arriva alle pompe di alimento e all'economizzatore a temperatura inferiore permettendo un miglior sfruttamento dell'economizzatore stesso. Tutta la tubazione di uscita dal degasatore resta però in depressione col pericolo di entrate d'aria.

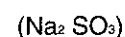
L'altro sistema di degasazione cui abbiamo sopra accennato è quello per via chimica. Se facciamo attraversare l'acqua di alimento, o se si introduce in essa una sostanza che si combina con l'ossigeno, questo resta formato e può venire eliminato.

Un tempo erano in uso degasatori costituiti da un cassone contenente una speciale paglia di ferro; l'acqua di alimento passava attraverso il cassone, ossidava la paglia fissando l'acido. La paglia si trasformava in ossido di ferro e si raccoglieva sotto forma di melma nella parte bassa del cassone e di qui veniva espulsa con un lavaggio fatto con acqua e vapore. Naturalmente, per non interrompere il servizio occorreva disporre di due cassoni.

Il sistema è stato quasi del tutto abbandonato perché non assicurava una efficiente degasazione e perché era di uso poco pratico.

Negli ultimi anni si è molto diffusa nell'industria e specie per le caldaie a pressione molto elevata in cui la degasazione deve essere completa, l'eliminazione chimica dei residui di ossigeno rimasti dopo il trattamento termico, per mezzo di appositi reagenti. I più usati per questo scopo sono il **solfito sodico** e l'**idrazina**.

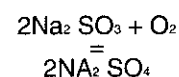
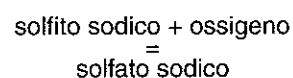
Il solfito sodico, che ha la formula:



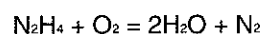
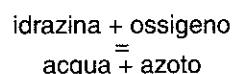
combinandosi con l'ossigeno in soluzione nell'acqua diventa solfato sodico



con la seguente reazione:



L'idrazina, che ha formula simile a quella dell'ammoniaca (N₂ H₄) combinandosi con l'ossigeno dell'acqua da luogo a formazione di acqua con liberazione dell'azoto secondo la formula:



La quantità di questi correttivi da introdurre nell'acqua dipende ovviamente dal residuo di ossigeno contenuto in essa dopo la degasazione termica.

Per ogni unità in peso di ossigeno (mg per litro) occorre teoricamente introdurre nell'acqua un peso 8 volte maggiore di solfito (in pratica se ne mettono 10 volte cioè per ogni mg di ossigeno residuo contenuto in un litro d'acqua si debbono introdurre 10 mg di solfito).

In quanto all'idrazina teoricamente se ne dovrebbe impiegare un peso identico a quello dell'ossigeno, in pratica però per ottenere una degasazione completa se ne introducono 6 o 7 volte il peso dell'ossigeno stesso.

L'efficacia delle due sostanze è pressoché identica; esse però hanno caratteristiche differenti e quindi particolari vantaggi e difetti.

Il solfito che si forma in caldaia ha lo svantaggio di essere un sale e quindi di aumentare la salinità dell'acqua per cui deve essere periodicamente eliminato con spurghi e conseguenti perdite di calore.

L'idrazina ha il vantaggio di non lasciar residui salini dato che nella reazione si forma acqua e azoto che va via col vapore; anzi l'eccesso di idrazina, che sempre si introduce, si trasforma in parte in ammoniaca rendendo alcalino il vapore e l'acqua di condensa dei condensatori (ne mantiene cioè alto il pH). Per contro l'ammoniaca corrode il rame e le sue leghe che compongono i rubinetti, valvole, lavatori del vapore, ecc.

Generalmente la degasazione non si pratica in caldaie funzionanti a pressione inferiore alle 15 ate (atmosfera effettive); fra le 15 e le 25 ate l'ossigeno residuo ammissibile è di 0,1 mg/l; fra le 25 e 45 ate l'ossigeno residuo non deve superare i 0,05 mg/l e fra 45 e 100 ate e oltre, il residuo deve essere praticamente nullo. Per questo per le alte pressioni si deve far seguire alla degasazione termica il trattamento al solfito od alla idrazina di cui abbiamo parlato.

Recentemente si è diffusa anche la degasazione chimica della anidride carbonica e per questo gli agenti più impiegati sono la morfina e la cicloesilammina. Questi reagenti sono alcali volatili che passano nella fase vapore e neutralizzano l'anidride carbonica.

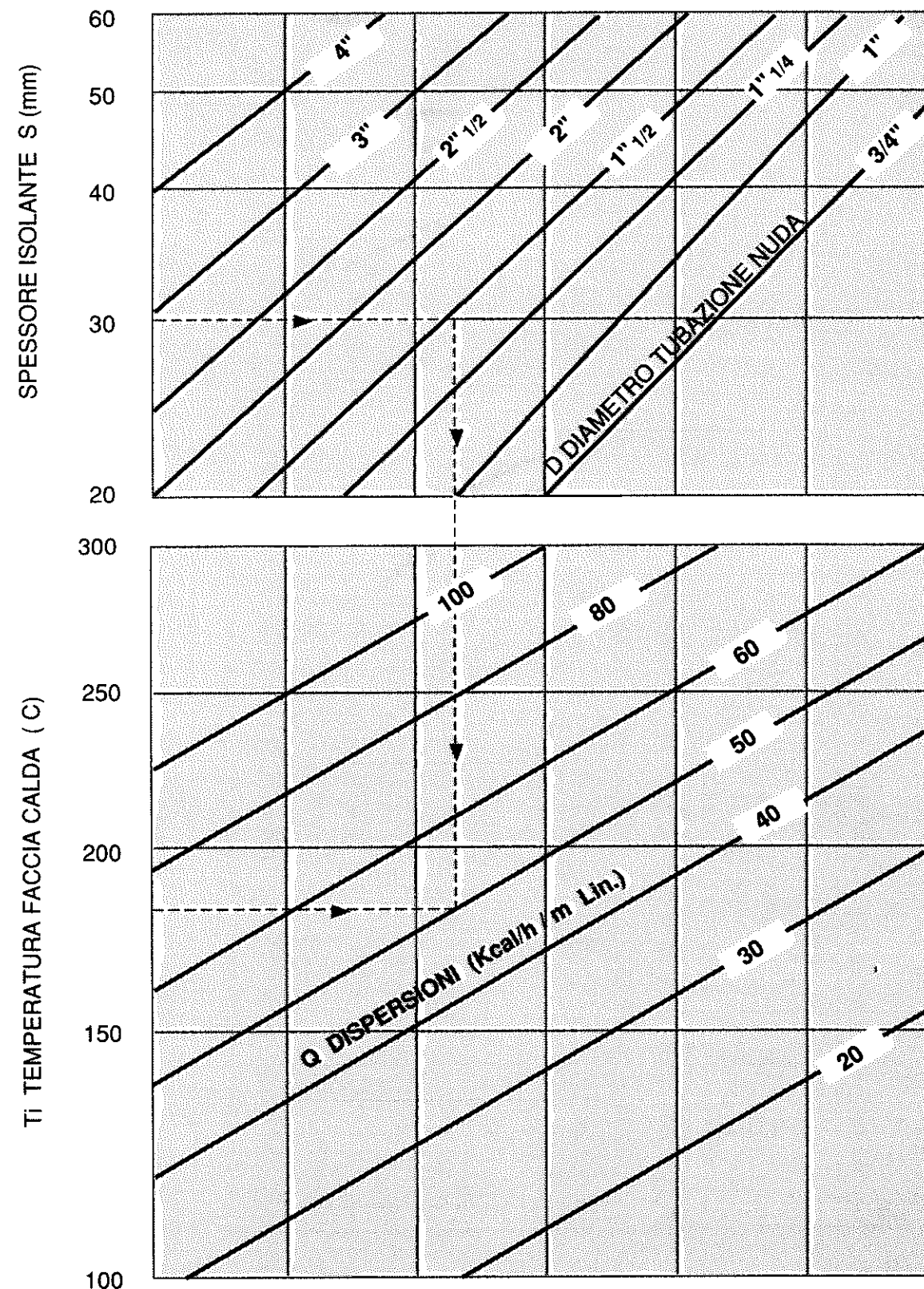
Il regolare funzionamento della degasazione implica frequenti ed accurati controlli per accertare che l'ossigeno sia stato realmente eliminato; senza questi controlli non si è mai sicuri dell'efficienza della degasazione e spesso ci si accorge della mancata degasazione solo quando gravi corrosioni si sono già verificate.

Questi controlli costituiscono una operazione di laboratorio e non di centrale. Il personale della centrale ha invece spesso il compito di fare il prelievo del campione di acqua da analizzare e questo prelievo deve essere fatto con la massima scrupolosità e mediante speciali burette per evitare che l'analisi resti falsata da ossigeno captato all'atto del prelievo.

Il concetto e l'uso pratico della grandezza pH

Già è stato spiegato come gli acidi e talune altre sostanze quando sono in soluzione acquosa, si scindano in ioni parte con carica elettrica positiva e parte con carica elettrica negativa.

DISPERSIONI DI UNA TUBAZIONE ISOLATA CON COPPELLE IN LANA DI VETRO



Esempio:
 S = Spessore coppella : 30 mm
 D = Diametro tubazione nuda : 1" 1/2
 Ti = Temperatura faccia calda : ~ 180 °C
 O = Dispersioni : 50
 Kcal/h/m.lin.

Superficie esterna in m² di isolamento per ogni metro lineare di tubazione coibentata

Diametro della tubazione		Spessore dell'isolamento in mm									
		15	20	25	30	40	50	60	70		
in pollici	esterno in mm	m ² /ml							m ² /ml		
3/8"	17	0,148	0,170	0,210	0,242	0,305					
1/2"	21	0,160	0,191	0,223	0,254	0,317					
3/4"	27	0,179	0,210	0,242	0,273	0,336					
1"	34	0,200	0,233	0,264	0,295	0,358					
1"1/4	42	0,226	0,257	0,289	0,320	0,383					
1"1/2	49	0,248	0,280	0,311	0,342	0,405	0,468				
2"	60	0,283	0,314	0,346	0,377	0,440	0,565	0,616			
2"1/2	76	0,333	0,364	0,396	0,427	0,490	0,553	0,657	0,719		
3"	89	0,374	0,405	0,437	0,468	0,531	0,594	0,735	0,798		
4"	114	0,462	0,484	0,515	0,547	0,609	0,672	0,817	0,880		
5"	140	0,534	0,566	0,597	0,628	0,690	0,754	0,905	0,968		
6"	168	0,622	0,654	0,685	0,716	0,779	0,842	1,000	1,060	1,128	
8"	219	0,782	0,814	0,877	0,939	1,000	1,060	1,232	1,299	1,362	
10"	273	0,952	0,983	1,000	1,111	1,173	1,232	1,299	1,362		

Esempio: Tubazione da 2". Spessore isolamento 40 mm. Ne risulta una superficie di 0,44 m² per m lineare.

Lunghezza tubazione 80 m. 0,44 x 80 = 35,2 m² totali di superficie isolante.

Degasazione

La degasazione rientra nei trattamenti tendenti alla eliminazione delle sostanze dannose contenute nelle acque. Essa ha lo scopo di **separare dall'acqua i gas che restano in essa disciolti** dopo il trattamento di addolcimento o di demineralizzazione di cui abbiamo parlato in precedenza.

Tali gas sono, in primo luogo **l'ossigeno**, che proviene dall'aria atmosferica, in secondo luogo **l'anidride carbonica** che proviene, nella sua quasi totalità, dai trattamenti di depurazione.

L'eliminazione dell'ossigeno si può fare **per via fisica** e cioè col riscaldamento dell'acqua da degasare -è questo il sistema oggi più diffuso - oppure per via chimica e cioè introducendo nell'acqua sostanze che fissano l'ossigeno combinandosi con esso.

Il sistema chimico, come vedremo in seguito, è ora usato quasi esclusivamente per perfezionare, per completare, il trattamento **per via termica**.

La deossigenazione termica è basata sul principio che **la solubilità dell'ossigeno nell'acqua diminuisce con l'aumento della temperatura**. Infatti l'acqua può contenere in soluzione alla temperatura di 0 °C 14 mg di ossigeno per litro, alla temperatura di 50 °C ne può contenere 6 mg ed alla temperatura di 100 °C tutto l'ossigeno si libera.

Pertanto se si fa riscaldare l'acqua anche poco oltre i 100 °C si può essere certi che tutto (o quasi tutto) l'ossigeno insieme con l'anidride carbonica vengono eliminati.

Il degasatore termico, nella sua disposizione schematica più comune è costituito (v. fig. 12) da un grande serbatoio (A) orizzontale o verticale, sormontato da un alto duomo (B) che porta internamente una

serie di piani sui quali l'acqua che entra dalla tubazione (C) scende dall'uno all'altro sotto forma di pioggia, investita da una corrente ascendente di vapore che entra dal tubo (D).

Questa corrente di vapore riscalda l'acqua sui 102-104 °C, la fa in parte evaporare e ne libera l'ossigeno e gli altri gas che escono dal tubo (E), passando nell'atmosfera o in uno scambiatore di calore per il recupero del calore che contengono (G). L'acqua degasata scende dal tubo centrale del duomo (F) e si raccoglie nel grande serbatoio (A).

Da questo serbatoio va direttamente, per caduta, alle pompe di alimento.

Abbiamo detto direttamente perché l'acqua degasata è molto avida di ossigeno e, se la si raccogliesse in un serbatoio, potrebbe venire a contatto con l'atmosfera e riassorbire l'ossigeno.

Per il medesimo scopo le pompe di alimento debbono essere poste a livello più basso del serbatoio (A) perché nessun punto dell'impianto resti in aspirazione, evitando così entrate di aria dai premistoppa e dai giunti.

Dalla sommità del duomo il vapore, che esce come abbiamo detto dalla tubazione (E), va generalmente in uno scambiatore di calore che serve come preriscaldatore della stessa acqua di alimento, oppure per riscaldare acqua per altri usi.

Il vapore usato per riscaldare l'acqua alla temperatura di degasazione è generalmente vapore a bassa pressione, di recupero.

Abbiamo detto che nel degasatore l'acqua è portata alla temperatura di 102-104 °C, vi sono però anche degasatori che funzionano ad una temperatura inferiore ai 100 °C attuando in essi un vuoto mediante

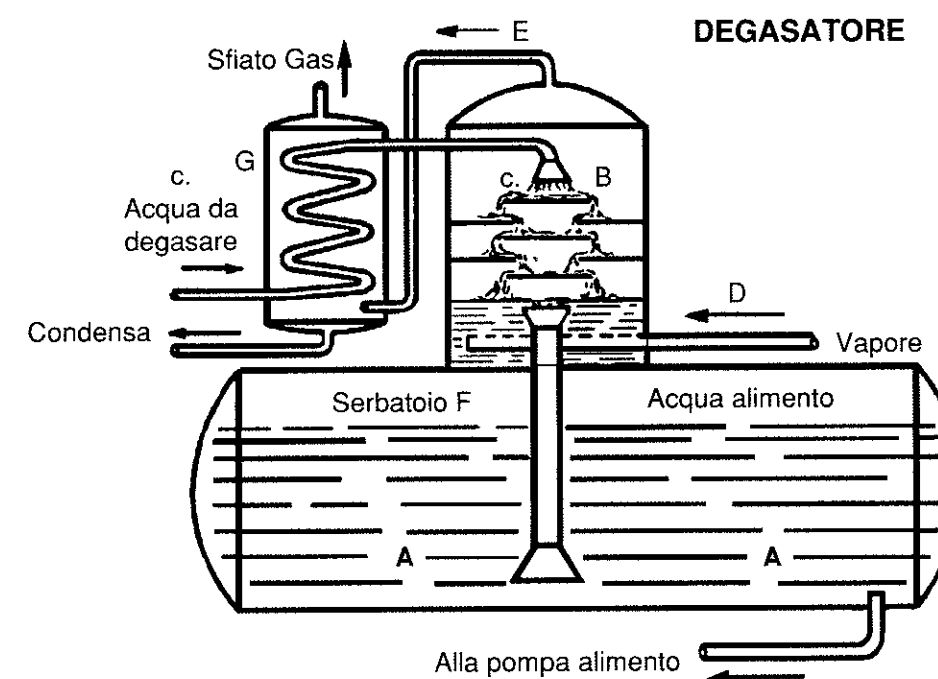


Fig. 12

produzione debbono trovarsi intimamente miscelate, viene ottenuta facendo passare dell'acqua nello scambiatore, a velocità opportuna, dal basso verso l'alto. La resina anionica più leggera si porta in alto, mentre quella cationica si raccoglie in basso.

Le due resine si dispongono così in due strati sovrapposti, come raffigurato nella figura e possono venire rigenerate con soda caustica, contenuta nel serbatoio 6 e con acido contenuto nel serbatoio 14. La soda caustica entra nello scambiatore dal punto (o) e viene scaricata dal punto (q) attraverso la valvola (V). L'acido invece entra dal punto (q) e viene scaricato attraverso la valvola (9).

Terminata la rigenerazione, le due resine vengono nuovamente rimescolate: per ottenere la necessaria agitazione si utilizza dell'aria compressa che viene insufflata nella parte inferiore dello scambiatore.

Durante la produzione dell'acqua demineralizzata, l'acqua proveniente dalla torre (4) entra nello scambiatore a letto misto nel punto (o) e ne esce dal punto (p).

Quando l'acqua deve essere utilizzata per l'alimentazione di caldaie a vapore è necessario fare una lieve aggiunta di fosfato trisodico (o a volte di soda caustica) per innalzare il valore del pH.

Nello schema è indicato al punto (7) un piccolo serbatoio nel quale viene conservata la soluzione alcalina utilizzata a tale scopo.

Il controllo del funzionamento degli impianti si fa misurando la conduttività elettrica dell'acqua all'uscita dello scambiatore anionico.

È ovvio infatti che poiché tale conduttività è in rapporto con la quantità di sali disciolti nell'acqua, la misura di

essa dà una norma sicura per il controllo dell'impianto. Si ha inoltre un misuratore del pH all'uscita dell'acqua acida dallo scambiatore cationico ed una seconda misura del pH all'uscita dallo scambiatore anionico, anzi, dopo l'iniezione della soda caustica o del fosfato trisodico usato per la regolazione del pH medesimo.

c) Distillazione dell'acqua

Fino all'evento della demineralizzazione totale di cui abbiamo sopra trattato la distillazione era l'unica via per ottenere l'acqua priva di sali.

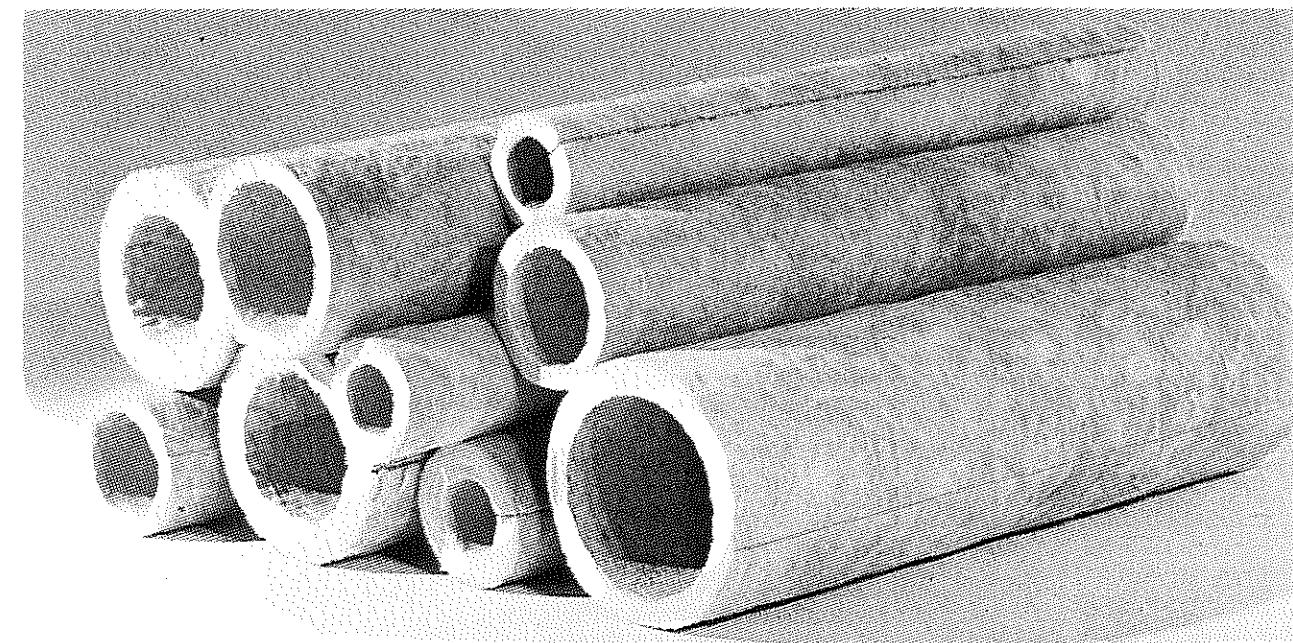
Oggi, poiché tecnicamente i due sistemi all'incirca si equivalgono, nel senso che permettono entrambi di ottenere dell'acqua priva di sostanze estranee, la scelta dell'uno o dell'altro dipende quasi solo dalla convenienza di carattere economico.

Il principio di funzionamento di questi impianti è ben noto, **se si fa evaporare dell'acqua bruta ed il vapore si fa condensare in apposito refrigerante**, l'acqua ottenuta può ritenersi completamente pura perché i sali che conteneva rimangono nell'evaporatore.

L'evaporazione si fa generalmente con vapore di recupero cioè con vapore di cui sia già stato utilizzato un salto di pressione per produrre forza motrice o per altri usi più nobili.

Essa si fa generalmente a pressione media 5-6 Kg/cm² con apparecchi complessi che ricavano dal calore di condensazione del vapore la massima resa in condensato.

Vi sono impianti che producono 4-5 Kg di condensato per Kg di vapore impiegato. Ovviamente anche l'evaporatore è soggetto ad incrostarsi per i sali contenuti nell'acqua e pertanto l'acqua stessa viene generalmente sottoposta ad un preventivo trattamento di addolcimento.



ISOLAMENTO TUBAZIONI

Spessore economicamente ottimale per coppelle in lana di vetro con coefficiente di conducibilità λ = 0,03

DIAMETRO ESTERNO TUBAZIONE mm ø	TEMPERATURA VAPORE 100 °C	TEMPERATURA VAPORE 150 °C	TEMPERATURA VAPORE 200 °C	TEMPERATURA VAPORE 250 °C
	SPESSORE ISOLAMENTO mm	SPESSORE ISOLAMENTO mm	SPESSORE ISOLAMENTO mm	SPESSORE ISOLAMENTO mm
21	20	30	30	40
27	25	30	40	50
34	30	40	40	50
42	30	40	50	50
48	30	40	50	60
61	30	40	50	60
76	30	40	50	60
89	40	50	60	70
114	40	50	60	70
139	40	50	60	70

N.B. Spessore economicamente ottimale riferito a funzionamento impianto 7000 ore/anno - ammortamento impianto 4 anni - interesse capitale 10% annuo - trasporto - ponteggi - manodopera.

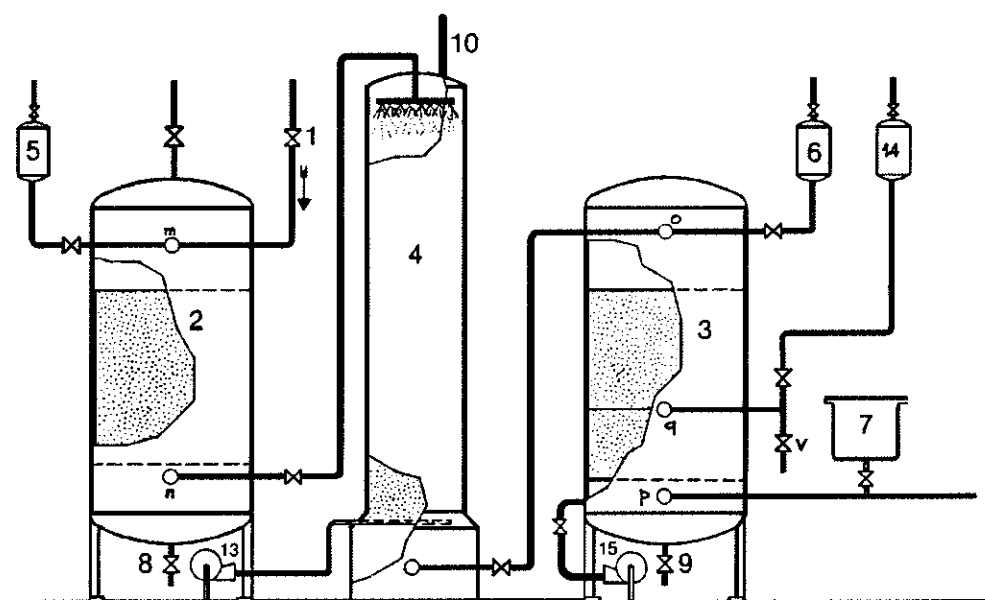


Fig. 11

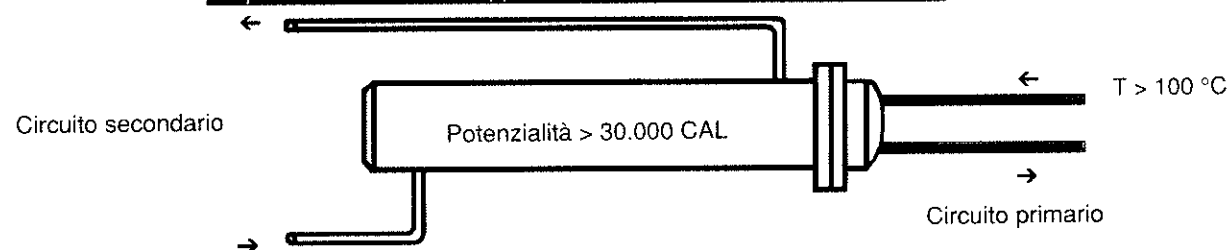
**NORME DI SICUREZZA PER APPARECCHI
CONTENENTI LIQUIDI CALDI SOTTO PRESSIONE**
(DM 1 - 12 - 1975 Edizione maggio 1982)

FASCICOLO R. 1 CAMPO DI APPLICAZIONE DELLE NORME CAPITOLO R. 1. A. EDIZIONE 1982

Art. 3 Sono soggetti alle prescrizioni del DM 1 - 12 - 1975 anche gli scambiatori di calore il cui prima-

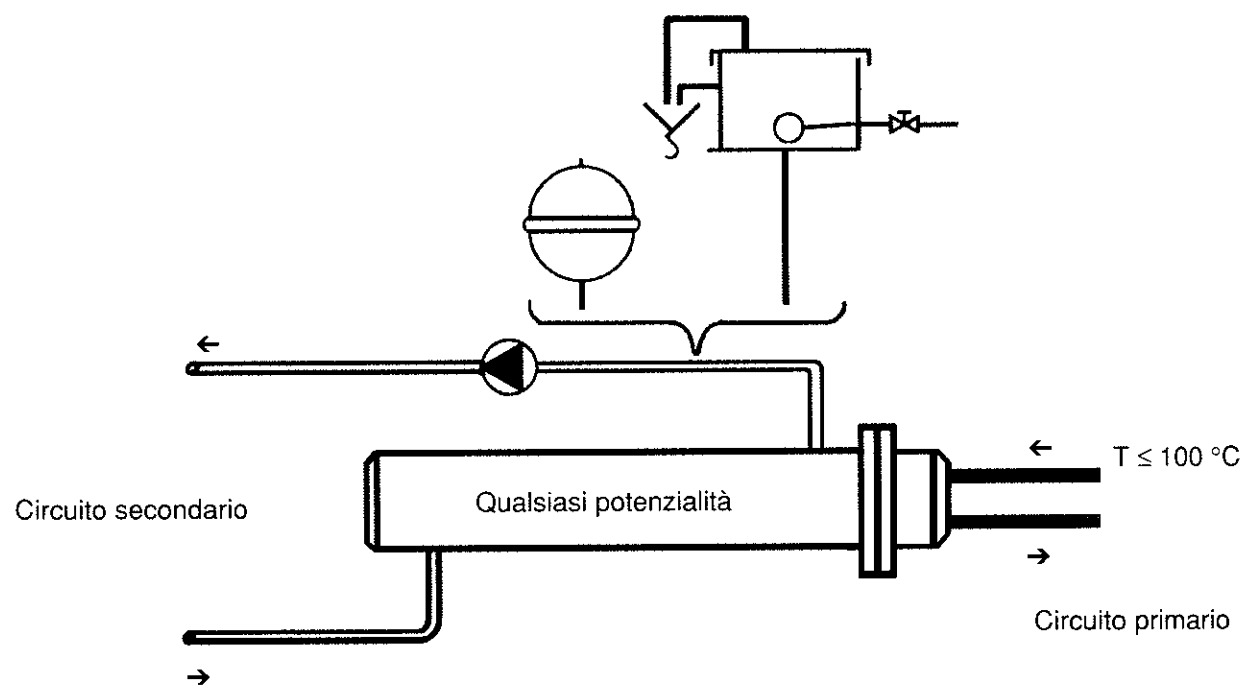
rio è alimentato da fluido avente temperatura superiore a quella di ebollizione dell'acqua a pressione atmosferica.

Dispositivi di protezione e sicurezza secondo D.M.1 - 12 - 75 e specificazione tecnica applicativa raccolta R - 1982 - CAP. R.3.D

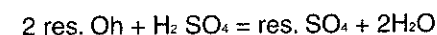
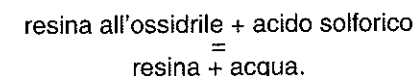


Sono esclusi dalle prescrizioni del DM 1 - 12 - 1975 gli scambiatori di calore aventi sul primario fluidi a temperatura minore di 100 °C. Per i circuiti secondari alimentati da uno scambiatore di calore, nel caso in cui la temperatura del fluido primario sia

inferiore od uguale a quella di ebollizione del fluido secondario a pressione atmosferica, nel circuito secondario possono essere omessi i dispositivi di protezione e sicurezza, mentre in ogni caso sono necessari i sistemi di espansione, questi ultimi non assoggettati a prescrizioni particolari.

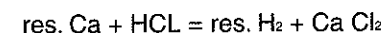
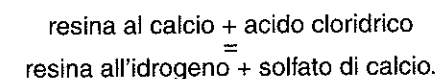


drile (OH⁻) che hanno la facoltà di scambiare l'anione (OH⁻) che contengono con l'anione (SO₄⁻) contenuto nell'acido, e questo secondo la reazione:



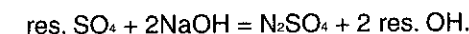
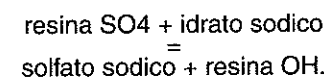
In conclusione nello scambiatore cationico sono stati eliminati i composti del calcio (carbonati e solfati) producendo acido solforico e nello scambiatore anionico è stato eliminato l'acido solforico; restano così eliminati i due sali incrostanti di calcio contenuti nell'acqua. Con analogo ragionamento si può dimostrare che è possibile eliminare anche gli altri sali incrostanti di calcio e di magnesio.

Come nel caso dello scambio a base sodica, anche gli scambiatori cationici ed anionici si esauriscono dopo un certo tempo e debbono essere rigenerati: quello cationico si rigenera facendolo attraversare da una soluzione di acido cloridrico che toglie alla resina il calcio e le ridà l'idrogeno secondo la reazione:



Il cloruro di calcio che è molto solubile a freddo va via col lavaggio.

Lo scambiatore anionico si rigenera facendo circolare in esso una soluzione di idrato sodico (NaOH) che toglie alla resina l'anione SO₄ e lo sostituisce con l'ossidrile (OH) secondo la reazione:



Il funzionamento degli apparecchi anionici e cationici è riassunto nello schema di cui alla figura 10 nella quale a sinistra sono elencati tutti i sali incrostanti che l'acqua può contenere; in mezzo si hanno i prodotti di uscita dopo il primo scambiatore.

A destra, all'uscita dello scambiatore anionico, si ha il risultato di tutta l'operazione e cioè acqua completamente demineralizzata e anidride carbonica che si elimina con la degasazione.

A titolo di esempio la figura 11 rappresenta lo schema di un impianto costituito da:

- uno scambiatore cationico (2), nel quale vengono trattenuti i cationi contenuti nell'acqua greggia. Questa entra nello scambiatore dal tubo (1) dal punto (m), attraversa la resina ed esce da (n). Quando la resina cationica si esaurisce viene rigenerata utilizzando una soluzione acida che viene distribuita a mezzo del serbatoio (5) e scarica attraverso la valvola (8);
- una torre di decarbonatazione (4), nella quale l'acqua scorre a pioggia su idonei elementi di riempimento, mentre una corrente di aria prodotta dal ventilatore (13), trascina l'anidride carbonica allo sfiato (10);
- uno scambiatore a letto misto (3), nel quale, oltre a venire eliminati gli anioni, la silice e l'anidride carbonica residua, vengono anche trattenute le tracce di cationi che inevitabilmente sfuggono dallo scambiatore cationico.

L'acqua prodotta da uno scambiatore a letto misto è a parità di caratteristiche dell'acqua greggia, molto più pura di quella prodotta da uno scambiatore cationico ed uno anionico distinti.

Nella figura 11 lo scambiatore a letto misto è raffigurato nella fase di rigenerazione. Infatti in questa fase le due resine debbono trovarsi separate perché la cationica deve essere rigenerata con un acido e la anionica con una base (per esempio la soda caustica NaOH).

La separazione delle resine, che durante la fase di

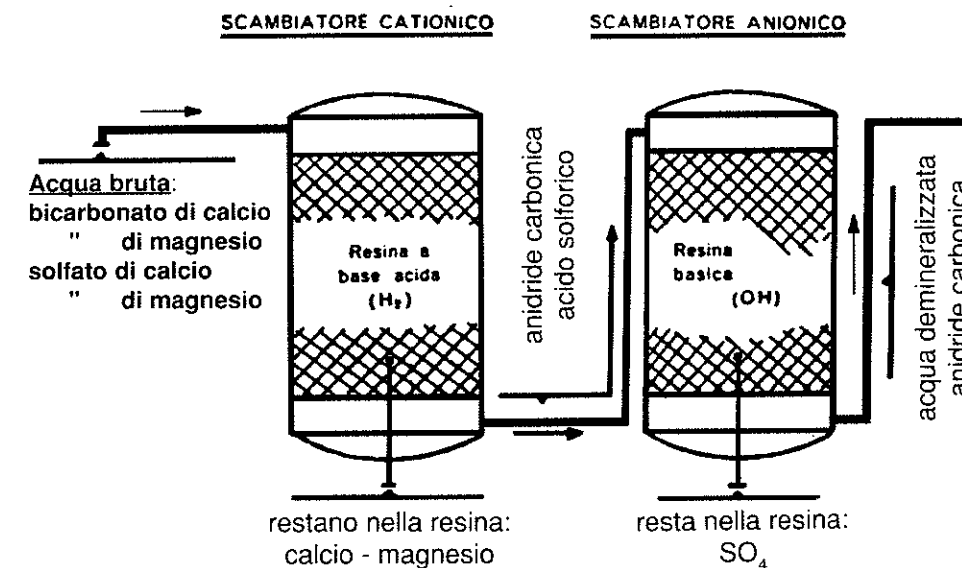


Fig. 10 - Schema delle trasformazioni che avvengono nei sali incrostanti attraversando lo scambiatore cationico e lo scambiatore anionico. Alla fine si ha acqua completamente demineralizzata.

Al trattamento di scambio resterebbe così solo il compito di eliminare la durezza permanente, con un consumo di resina molto minore.

Il maggior carico che si fa al sistema è che tutti i sali della durezza, trasformati in sali di sodio, vanno in caldaia portando l'acqua ad un elevato

grado di alcalinità; il che richiede frequenti spurghi con sensibili perdite di calore.

Si tratta comunque di un sistema semplice, pratico, di facile conduzione, che si fa a freddo e che ha preso una notevole diffusione.

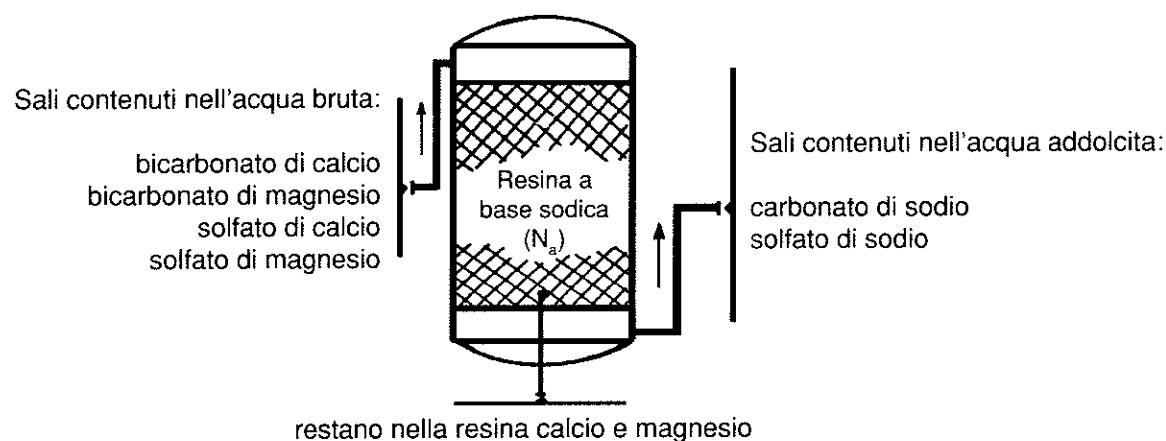


Fig. 9 - Schema delle trasformazioni che avvengono nella composizione dei sali incrostanti nell'attraversare l'apparecchio contenente resina a base sodica.

b) Demineralizzazione totale con resine cationiche ed anioniche

Per meglio chiarire quanto diremo in seguito dobbiamo premettere alcuni concetti di chimica fisica di ordine generale.

Le molecole di talune sostanze quando sono in soluzione nell'acqua si scindono, **in parte**, in particelle cariche di elettricità dette **ioni**, aventi cariche elettriche uguali ed opposte. Questa particolarità è propria dei sali, degli acidi e delle basi.

Le particelle cariche di elettricità positiva si chiamano **cationi** (che si indicano col simbolo chimico sormontato dal segno +) e sono in genere costituite dall'idrogeno e dai metalli che fanno parte della sostanza che si considera.

Le particelle cariche di elettricità negativa danno luogo agli **anioni** e sono costituiti da metalli o da gruppi atomici residui, cioè facenti parte di un acido o di una base.

Per esempio in una soluzione di acido solforico: H₂SO₄ si ha il catione idrogeno (H⁺) e l'anione (SO₄⁻). Il sale di calcio corrisponde, cioè il solfato di calcio (CaSO₄) è costituito dal catione calcio (Ca⁺⁺) e dall'anione (SO₄⁻).

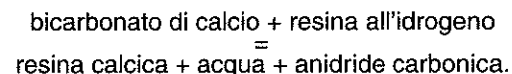
Consideriamo ora una base, cioè una sostanza di caratteristiche opposte all'acido: per esempio l'idrato sodico (Na OH) costituito dal catione metallo sodio (Na⁺) e dall'anione (OH⁻) che si chiama ossidrile e che dà la caratteristica basica a una soluzione.

In sostanza, come la caratteristica acida di una soluzione è data dallo ione idrogeno (H⁺) la caratteristica

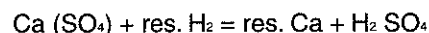
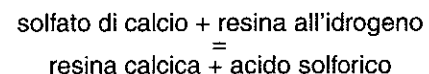
basica è data dall'ossidrile (OH⁻).

Le resine e le zeoliti alla base sodica, di cui abbiamo in precedenza parlato, sono cationiche perché hanno a base un metallo e cioè lo ione positivo: il sodio. Tali resine però sono anche resistenti agli acidi e possono essere utilizzate allo stato acido ed in questo caso invece di avere disponibile per lo scambio lo **ione sodio** hanno disponibile per lo scambio lo **ione idrogeno**.

Per esempio l'eliminazione dei bicarbonati da un'acqua può aver luogo secondo la seguente reazione:



L'eliminazione dei solfati con la reazione:



Come si vede dalle due reazioni sopra indicate la resina all'idrogeno **ha eliminato la durezza del bicarbonato producendo solo anidride carbonica (CO₂)** (l'acqua non si considera perché si unisce a quella della soluzione) **e la durezza del solfato ha determinato la produzione di acido solforico**. Naturalmente l'acido solforico non deve andare in caldaia.

Vi sono altre resine dette anioniche a base dell'ossi-

NORME DI SICUREZZA PER APPARECCHI CONTENENTI LIQUIDI CALDI SOTTO PRESSIONE (DM 1-12-1975 Edizione maggio 1982)

FASCICOLO R. 3. IMPIANTI	SCAMBIATORI DI CALORE, ALIMENTATI CON VAPORE O ACQUA SURRISCALDATA OD ALTRI FLUIDI A TEMPERATURA SUPERIORE A 100 °C, PRODUTTORI DI ACQUA CALDA PER IMPIANTI DI RISCALDAMENTO.	CAPITOLO R. 3. D. EDIZIONE 1982
--------------------------	---	---------------------------------

1. Per gli scambiatori di calore alimentati sul primario con vapore o acqua surriscaldata, produttori di acqua calda per impianti di riscaldamento, si applicano le seguenti disposizioni particolari:

1.1. Per quanto concerne i dispositivi di sicurezza e di controllo valgono le disposizioni di cui al Cap. R. 3. A. ed R. 3. B. che riguardano rispettivamente gli impianti a vaso di espansione aperto e quelli a vaso di espansione chiuso.

1.2. Per quanto concerne i dispositivi di protezione:

1.2.1. Si prescrive quale dispositivo di protezione il solo interruttore termico automatico di blocco che deve operare su una valvola termoregolatrice applicata sul circuito primario dello scambiatore.

Qualora la pressione di esercizio dell'impianto (circuito secondario) sia superiore a 5 bar (5 Kg/cm²) deve essere installato un secondo interruttore termico automatico di blocco, indipendente dal primo, ed operante anch'esso sul primario dello scambiatore su una seconda valvola intercettatrice del fluido primario all'ingresso oppure all'uscita di detto circuito.

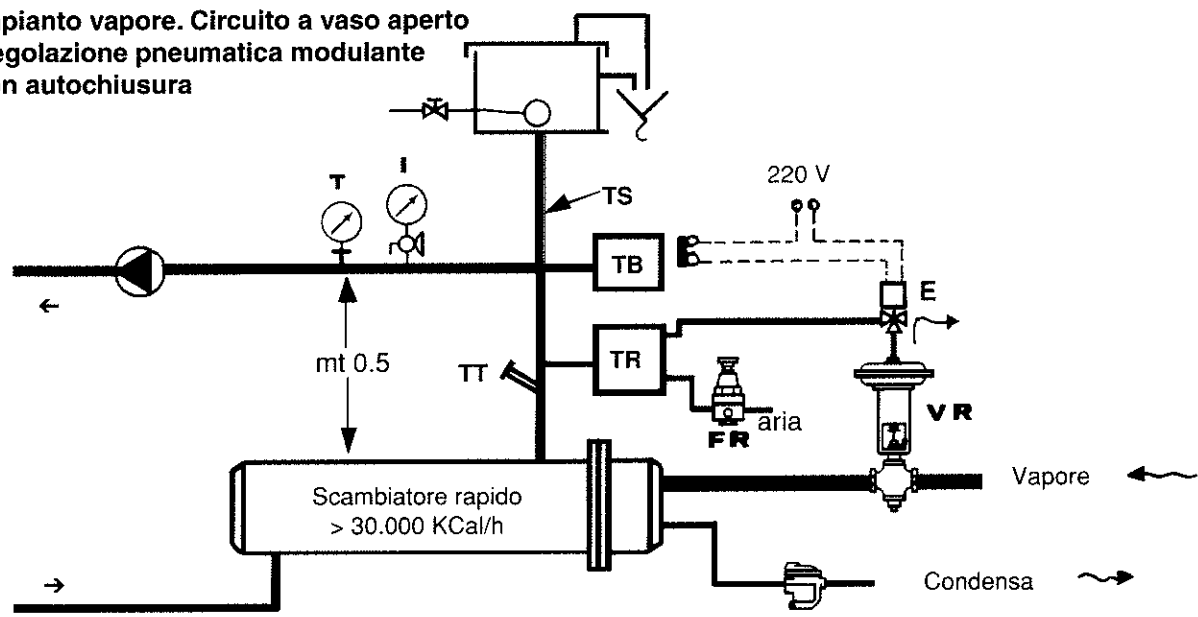
1.2.2. L'eventuale esistente interruttore termico automatico di regolazione o altro dispositivo di regolazione della temperatura dell'acqua, può essere applicato indifferentemente sul circuito primario o secondario dello scambiatore; se applicato sul primario, esso può operare sulla stessa valvola su cui opera l'interruttore termico automatico di blocco.

1.2.3. Gli scambiatori di calore facenti parte di impianti a vaso chiuso sono esonerati dall'applicazione del pressostato di blocco, dall'obbligo dell'intercettazione del passaggio del fluido primario nel caso di arresto delle pompe di circolazione dell'acqua calda sul secondario, nonché dall'applicazione di un secondo interruttore automatico di blocco per potenze di impianto superiori a 350 Kw (300.000 Kcal/h).

N.B. se il circuito primario (ove circola vapore od acqua surriscaldata) ha capacità maggiore di 25 lt e pressione maggiore di 0,5 bar, lo scambiatore deve essere collaudato I.S.P.E.S.L. (dotato di regolare libretto come un normale recipiente a pressione di vapore) R.D. 12-5-1927 N° 824.

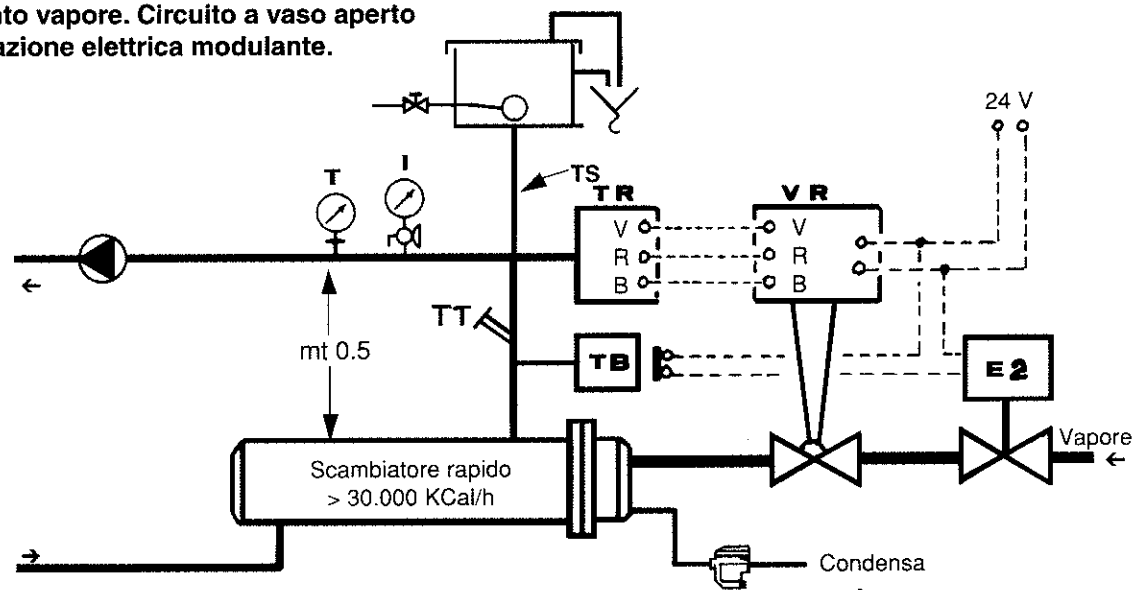
**INTERPRETAZIONE DELLE NORME R.3.D.
ALCUNI ESEMPI DI SCHEMI APPLICATIVI**

**Impianto vapore. Circuito a vaso aperto
Regolazione pneumatica modulante
con autochiusura**



- TT Tasca termometrica per controllo ISPEL (entro 0,5 m)
- T Termometro. Scala 0 - 120 °C
- I Idrometro con rubinetto a 3 vie flangetta
- TB Termostato di blocco a riarmo manuale
- TR Termostato di regolazione pneumatico. Tipo modulante
- FR Filtro riduttore di pressione per aria compressa
- VR Valvola di pneumatica di regolazione. Normalmente chiusa.
- E Elettrovalvola a 3 vie. In mancanza di tensione mette in comunicazione l'aria della testata con l'atmosfera. La valvola si chiude.
- TS Tubazione di sicurezza dimensionata secondo tab 1. R2A

**Impianto vapore. Circuito a vaso aperto
Regolazione elettrica modulante.**



- E2 Elettrovalvola di sicurezza, on - off. Normalmente chiusa.
L'elettrovalvola E2 può essere installata anziché sul circuito vapore su quello relativo al ritorno condensa.
- TT Tasca termometrica per controllo ISPEL (entro 0,5 m)
- T Termometro. Scala 0 - 120 °C
- I Idrometro con rubinetto a 3 vie
- TB Termostato di blocco a riarmo manuale
- TR Termostato di regolazione, tipo modulante
- VR Valvola di regolazione a 2 vie, tipo modulante. Alim 24v (sistema controlli s.p.a.)
- TS Tubazione di sicurezza dimensionata secondo tab 1. R2A

dopo una periodica pulizia o un lavaggio, allo scopo di costituire rapidamente una certa alcalinità in caldaia, si raccomanda di introdurre in questa prima acqua, una quantità di soda pari a 300-500 gr per m³ secondo il tipo e la pressione della caldaia.

La depurazione interna si applica in tutti quei casi in cui l'impianto di un depuratore non è possibile - come nelle locomotive e nelle altre caldaie mobili - oppure dove non è economicamente conveniente. Per esempio nelle industrie stagionali che lavorano pochi mesi all'anno, oppure in molte caldaie semifisse o fisse di piccole industrie.

I trattamenti interni hanno anche preso una certa diffusione come completamento ed integrazione dei trattamenti esterni.

TRATTAMENTI ESTERNI

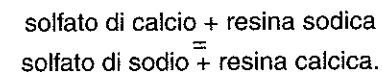
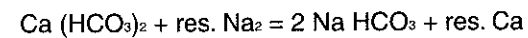
a) Addolcimento con resine scambiatrici di ioni

Vi sono delle sostanze allo stato naturale, denominate **zeoliti** e delle **resine di fabbricazione sintetica**, che portano incorporati taluni elementi che possono cedere ad altre sostanze con le quali vengono a contatto, assumendo altri elementi contenuti nelle sostanze stesse.

Si ha cioè uno scambio fra elementi di resina con elementi del liquido trattato senza che la resina passi in stato di soluzione.

Per esempio se un acqua contenente un sale incrostante a base di calcio attraversa uno strato di zeolite o di resina, a base di sodio, la resina **cede al sale il sodio e ne prende il calcio.**

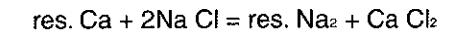
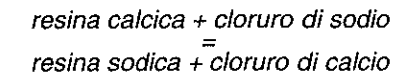
La trasformazione può schematicamente indicarsi per i due sali che più frequentemente si incontrano nella depurazione, nel modo seguente: **bicarbonato di calcio + resina sodica = bicarbonato di sodio + resina calcica.**



Naturalmente l'operazione non può continuare all'infinito perché la resina sodica, dopo il passaggio di un certo volume di acqua, si trasforma tutta in resina calcica e cioè si esaurisce.

Occorre quindi rigenerarla e la **rigenerazione** consiste nel far attraversare la resina da una soluzione di sale da cucina, cloruro di sodio (Na Cl) che, mediante uno scambio inverso di basi, ridà il sodio alla resina e si prende il calcio formando il cloruro di calcio, che è solubile ed è espulso con l'acqua del lavaggio e che si deve fare anche per eliminare ogni residuo del sale.

La rigenerazione si può indicare come appresso:



Il funzionamento dell'apparecchio può essere riassunto nello schema qui unito (fig. 9) in cui da una parte figurano i sali incrostanti che possono essere contenuti nell'acqua e dall'altra i prodotti solubili che vanno in caldaia.

Per determinare il momento in cui è necessario fare la rigenerazione un sistema semplice e sicuro è quello di provare la durezza dell'acqua che deve essere all'incirca nulla; se si rilevasse una durezza di qualche grado vorrebbe dire che la resina è esaurita.

Praticamente, per i piccoli impianti, facendo affidamento su una composizione dell'acqua all'incirca costante, si fa la rigenerazione quando, mediante un contatore, si accerta che è stato trattato un certo numero di metri cubi d'acqua; oppure, si fa la rigenerazione a intervalli di tempo prestabiliti; per esempio ogni 12 ore, ogni 24 ore, ecc.

Abbiamo detto che compiuta la rigenerazione si deve fare un completo lavaggio della resina per eliminare ogni residuo di cloruro di sodio dall'apparecchio perché esso andrebbe in caldaia aumentando la salinità e producendo anche corrosioni.

Per constatare quando il lavaggio è finito i conduttori hanno l'abitudine di mettere in bocca un dito dopo averlo immerso nell'acqua che esce dal lavaggio e sentire così se è ancora salata.

Il sistema non va, perché anche la saliva umana è salata, per cui si apprezza una salinità solo quando il residuo salino è ancora sensibile. Per un accertamento sicuro occorre prendere un bicchiere di acqua di lavaggio e introdurre qualche goccia di acido nitrico e una goccia di nitrato d'argento; se si vede una immediata formazione di un evidentissimo fiocco bianco vuol dire che vi è ancora sale e che si deve continuare il lavaggio.

Si tenga presente che il lavaggio sia completo, cioè elimini ogni residuo di sali, ma nello stesso tempo sia fatto con la minore quantità d'acqua possibile; e ciò tanto più che mentre sarebbe preferibile fare questo lavaggio con acqua addolcita - e che quindi non agisce più sulla resina - in pratica lo si fa invece quasi generalmente con acqua bruta che, attraversando la resina, si depura inutilmente.

Il metodo di addolcimento a scambio di basi può essere razionalmente applicato come completamento di un trattamento precedente.

Le resine sono costose e costano pure le rigenerazioni ed i lavaggi per cui quando l'acqua ha una forte durezza temporanea (quella cioè data dai carbonati) e una bassa durezza permanente (quella data dai solfati) può convenire di far precedere al trattamento di scambio, un trattamento alla calce che elimina i bicarbonati e che è molto semplice e di costo limitato.

In pratica si considerano tre forme di durezza: **durezza totale**, **durezza temporanea** (o carbonatica), **durezza permanente** (o acarbonatica).

Se si fa bollire per un tempo sufficiente una certa quantità di acqua dura si vede che una parte delle sostanze che erano in soluzione si separano portandosi sul fondo del recipiente o rimanendo in sospensione.

Se si determina la durezza dell'acqua greggia, prima della ebollizione, la si fa bollire, la si filtra, si riporta il volume a quello primitivo con acqua distillata e si determina di nuovo la durezza, si vede che questa seconda durezza è generalmente minore.

La differenza è quella che corrisponde ai bicarbonati che col riscaldamento hanno cessato di rimanere in soluzione, essendosi trasformati in carbonati insolubili. La durezza che è rimasta dopo l'ebollizione si chiama **permanente** e la differenza fra la durezza totale e la durezza permanente dà la durezza **temporanea**.

Riassumendo abbiamo:

- a) una durezza totale che è quella che presenta l'acqua greggia;
- b) una durezza permanente (o acarbonica) che è quella che l'acqua conserva anche dopo l'ebollizione;
- c) una durezza temporanea (o carbonatica) che è la differenza fra le due.

Non tutti gli stati hanno adottato per la misura della durezza i gradi idrometrici francesi; si hanno anche gradi tedeschi e gradi inglesi.

Il valore comparativo fra i tre gradi aziendali è quello che figura nella seguente tabella:

Abbiamo già detto che i gradi francesi corrispondono

Gradi	Francesi	Tedeschi	Inglese
Tedeschi	1,00	0,56	0,70
Francesi	1,79	1,00	1,25
Inglese	1,43	0,80	1,00

a 10 mg di carbonato di calcio per litro; quelli tedeschi corrispondono a 10 mg per litro di ossido di calcio e quelli inglesi corrispondono ad un grado di carbonato di calcio per ogni gallone d'acqua, pari a 10 mg/l di ossido di calcio in 700 g d'acqua.

I gradi inglesi e tedeschi non vengono in Italia usati mai e si sta diffondendo l'uso americano delle **parti per milione** (p.p.m.) di carbonato di calcio e il grado francese corrisponde a 10 p.p.m. di questo sale.

I trattamenti che si fanno alle acque di alimentazione per eliminare i sali incrostanti e cioè la durezza, si chiamano "trattamenti di addolcimento".

In via più generale, la depurazione delle acque ha lo scopo di eliminare o di ridurre i seguenti fenomeni dannosi:

- a) formazione e accumulo di fanghi e di incrostazioni;
- b) formazione di corrosioni;
- c) trascinalenti d'acqua, di sali e di schiume insieme col vapore;
- d) fragilità caustica.

L'addolcimento delle acque di alimentazione

Si premette che i trattamenti di addolcimento possono essere: **interni** od **esterni**: si definiscono interni quelli in cui le sostanze depuranti vengono mandate ad agire direttamente in caldaia, si definiscono esterni quelli fatti in appositi apparecchi, indipendenti dalla caldaia, detti depuratori.

È ovvio che in linea generale, almeno negli impianti di una certa importanza, sono preferibili, o meglio sono necessari, i trattamenti esterni; infatti nei trattamenti interni le sostanze incrostanti disciolte nell'acqua e trasformate in fango si depositano all'interno delle caldaie e la loro eliminazione mediante gli spurghi è spesso difficile e quasi sempre incompleta.

I trattamenti esterni di addolcimento o di completa demineralizzazione sono i seguenti:

- a) addolcimento a scambio di basi;
- b) demineralizzazione totale;
- c) distillazione termica.

TRATTAMENTI INTERNI DI ADDOLCIMENTO

Come abbiamo detto si definiscono **trattamenti interni** quelli in cui i **reagenti vengono direttamente introdotti in caldaia**. Gli scopi da raggiungere sono ovviamente gli stessi e cioè evitare le incrostazioni, le corrosioni ed i trascinalenti d'acqua.

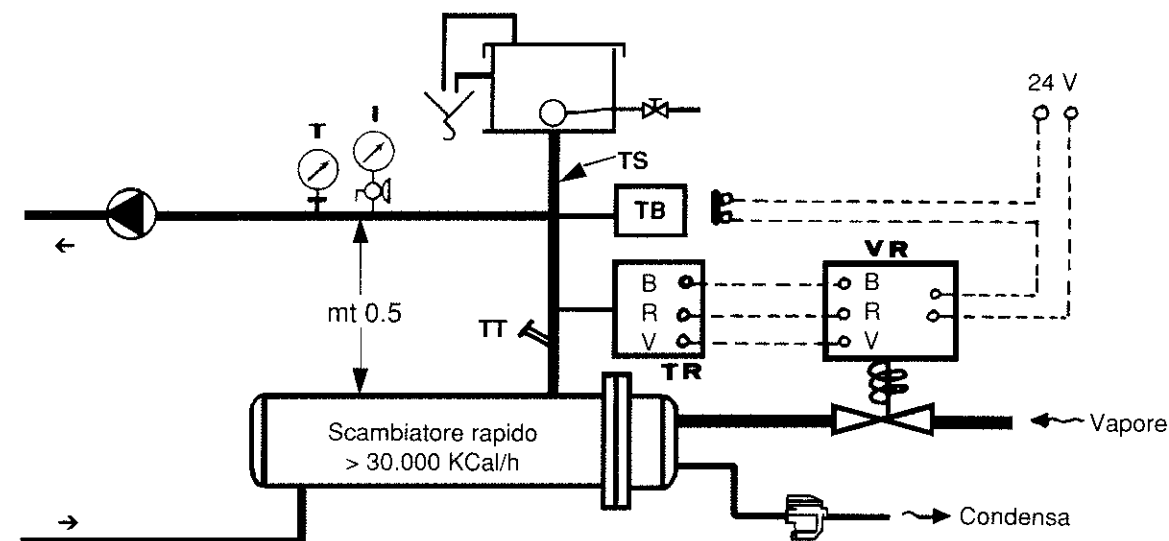
Fino a non molti anni fa, quando le caldaie erano nella quasi totalità a grandi corpi (tipo Cornovaglia), oppure erano multitubolari a grossi tubi dritti (tipo Babcock & Wilcox), i trattamenti dell'acqua di alimento (quando si facevano) si limitavano in genere alla introduzione di soda (o di fosfato trisodico) in caldaia, che venivano immessi periodicamente nel serbatoio da cui aspiravano le pompe di alimento.

Questa pratica, pure imperfetta, è indubbiamente molto utile ed è bene che sia ancora applicata per quelle caldaie che mancano di impianto di depurazione. Essa favorisce il deposito dei sali insolubili sotto forma di fanghi, che possono venire estratti con gli spurghi, con i quali spurghi si riduce pure l'alcalinità e la salinità dell'acqua.

La quantità di reagente da impiegare, dipende ovviamente dalla durezza dell'acqua, che va periodicamente misurata e si può ritenere sia di 12 gr di soda per ogni grado di durezza permanente dell'acqua, oppure di 30 gr di fosfato trisodico, per m³.

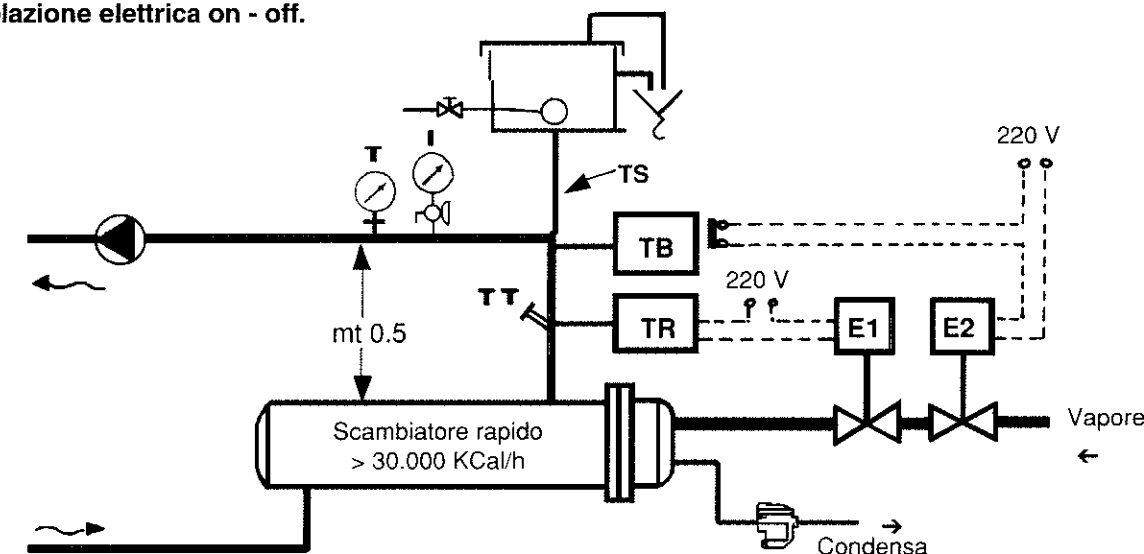
Inoltre quando si riempie la caldaia con acqua nuova

Impianto vapore. Circuito a vaso aperto
Regolazione modulante tramite valvola autosicura con ritorno a molla.



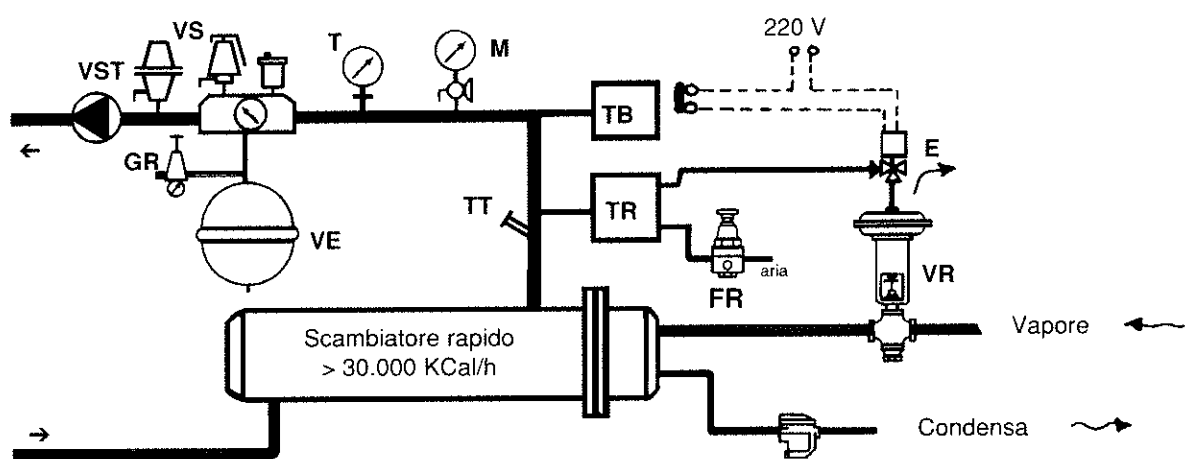
- TT Tasca termometrica (entro 0,5 m)
- T Termometro. Scala 0 - 120 °C
- I Idrometro con rubinetto a 3 vie flangiato
- TB Termostato di blocco a riarmo manuale
- TR Termostato di regolazione, tipo modulante
- VR Valvola di regolazione a due vie, tipo modulante, con ritorno automatico a molla che, in mancanza di tensione mette in chiusura la valvola.
- TS Tubazione di sicurezza dimensionata secondo tab 1. R2A

Impianto vapore. Circuito a vaso aperto
Regolazione elettrica on - off.



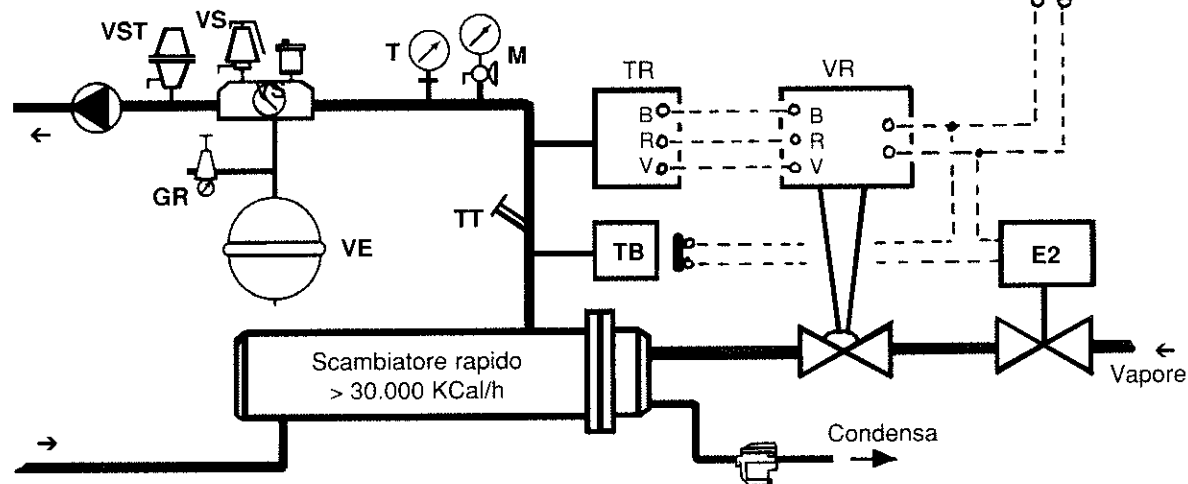
- TT Tasca termometrica per controllo ISPESL-USL (entro 0,5 m)
- T Termometro. Scala 0 - 120 °C
- I Idrometro con rubinetto a 3 vie
- TB Termostato di blocco a riarmo manuale
- TR Termostato di regolazione
- E1 Elettrovalvola on - off. Normalmente chiusa.
- E2 Elettrovalvola di sicurezza, on - off. Normalmente chiusa. L'elettrovalvola E2 può essere installata anziché sul circuito vapore su quello relativo al ritorno condensa.
- TS Tubazione di sicurezza dimensionata secondo tab 1. R2A

Impianto vapore. Circuito vaso chiuso autopressurizzato. Regolazione pneumatica modulante con autochiusura



- VST Valvola scarico termico (entro 0,5 mt)
 - VS Valvola sicurezza (entro 1 mt)
 - T Termometro
 - M Manometro
 - GR Gruppo riempimento automatico
 - VE Vaso espansione chiuso
 - TT Tasca termometrica
 - TB Termostato di blocco a riarmo manuale
 - TR Termostato di regolazione pneumatico. Tipo modulante
 - FR Filtro riduttore di pressione per aria compressa
 - VR Valvola pneumatica di regolazione. Normalmente chiusa
 - E Elettrovalvola a tre vie.
- In mancanza di tensione mette in comunicazione l'aria della testata con l'atmosfera. La valvola VR chiude. Come evidenziato sul capitolo R.3.D. comma 1.2.3. viene eliminato il pressostato di blocco ed il flussostato. In sostituzione della VST, se possibile, può essere installata la valvola di intercettazione combustibile. Superando la potenza termica di 500.000 Kcal/h, la portata di scarico deve essere suddivisa tra almeno 2 valvole di sicurezza.

Impianto vapore. Circuito a vaso chiuso autopressurizzato. Regolazione elettrica modulante



- E2 Elettrovalvola di sicurezza, on-off. Normalmente chiusa
 - VR Valvola di regolazione modulante
 - TB Termostato di blocco a riarmo manuale
 - TR Termostato di regolazione modulante
 - TT Tasca termometrica
 - M Manometro
 - T Termometro
 - VS Valvola sicurezza (entro 1 mt)
 - VST Valvola scarico termico (entro 0,5 mt)
 - GR Gruppo riempimento automatico
 - VE Vaso espansione chiuso
- Come evidenziato sul capitolo R.3.D. comma 1.2.3. viene eliminato il pressostato di blocco ed il flussostato. In sostituzione della VST, se possibile, può essere installata la valvola di intercettazione combustibile. Superando la potenza termica di 500.000 kcal/h, la portata di scarico deve essere suddivisa tra almeno 2 valvole di sicurezza. L'elettrovalvola E2 può essere installata anziché sul circuito vapore su quello relativo al ritorno condensa.

LE ACQUE DI ALIMENTAZIONE DELLE CALDAIE TRATTAMENTI DI DEPURAZIONE E CONTROLLI

Preliminari sulla depurazione

I vari sali, o, più generalmente, le sostanze disciolte nell'acqua, quando entrano, o si formano, in caldaia non si comportano tutte nello stesso modo, ma producono effetti diversi, si è reputato pertanto utile suddividerle in vari gruppi, con comportamento analogo.

1° gruppo - Sostanze incrostanti

Bicarbonato di calcio	Ca (HCO ₃) ₂
Bicarbonato di magnesio	Mg (HCO ₃) ₂
Solfato di magnesio	MgSO ₄
Solfato di calcio	CaSO ₄
Cloruro di calcio	CaCl ₂
Cloruro di magnesio	MgCl ₂

2° gruppo - Sostanze non incrostanti

Carbonato di sodio	Na ₂ CO ₃
Solfato di sodio	Na ₂ SO ₄
Fosfato di sodio	Na ₃ PO ₄
Cloruro di sodio	NaCl
Idrato	NaOH

3° gruppo - Silice (che si comporta in modo diverso dalle altre sostanze e va trattata a sè).

4° gruppo - Sostanze gassose

Ossigeno	O ₂
Anidride carbonica	CO ₂
Azoto	N ₂

Ci preme anzitutto far rilevare che nei sopra indicati gruppi non figurano i carbonati ma solo i bicarbonati. La ragione è che essendo i carbonati di calcio e di magnesio quasi insolubili nell'acqua, sarebbero rimasti in sospensione e quindi sarebbero stati eliminati nei processi preliminari di chiarificazione.

I carbonati si trovano in caldaia perché ivi si formano per trasformazione dei bicarbonati, per effetto dell'alta temperatura dell'acqua, o dei trattamenti di depurazione.

Nel primo gruppo sono compresi tutti i composti del calcio e del magnesio che sono quei sali che danno la durezza.

Essi vengono chiamati incrostanti perché nell'interno della caldaia si depositano, alcuni sotto forma di melma ed altri sotto una forma dura, compatta, cristallina, che costituisce l'incrostazione.

Due dei sali del primo gruppo - cloruro di calcio e di magnesio - sono considerati corrosivi perché combinandosi con l'acqua ad alta temperatura della caldaia danno luogo a composti corrosivi.

Il secondo gruppo comprende sostanze non incrostanti che sono tutte costituite da composti del sodio (carbonati, solfati, cloruri, idrati di sodio).

Esse hanno la particolarità di restare in soluzione anche a concentrazioni molto elevate e cioè molto superiori a quelle massime che si hanno normalmente nelle caldaie.

Infatti la solubilità di questi sali, alla temperatura di 100 °C è la seguente:

Cloruro di sodio (NaCl)	396 grammi per litro
Carbonato sodico (Na ₂ CO ₃)	450 grammi per litro
Solfato sodico (Na ₂ SO ₄)	427 grammi per litro
Idrato sodico (NaOH)	3.470 grammi per litro

Naturalmente se la loro concentrazione giungesse, non dico ai limiti sopra indicati, ma risultasse superiore a determinati valori si avrebbero gli inconvenienti di cui diremo in seguito.

Durezza

Prima di passare allo studio della depurazione è necessario illustrare un concetto che ricorre molto spesso nella nostra trattazione e cioè il concetto della durezza dell'acqua.

Si dicono dure o crude quelle acque che contengono notevoli quantità di sali di calcio e magnesio cioè di sali del primo gruppo; si dicono dolci quelle che ne contengono in quantità limitata.

Le acque dure negli usi correnti, familiari, lasciano depositi nelle pentole, cuociono male i legumi, sciolgono male il sapone, ecc. Nelle caldaie danno luogo alla formazione dei fanghi e delle incrostazioni.

La durezza si misura in Italia in gradi idrometrici francesi ed ogni grado equivale ad un contenuto di 10 mg di carbonato di calcio per litro.

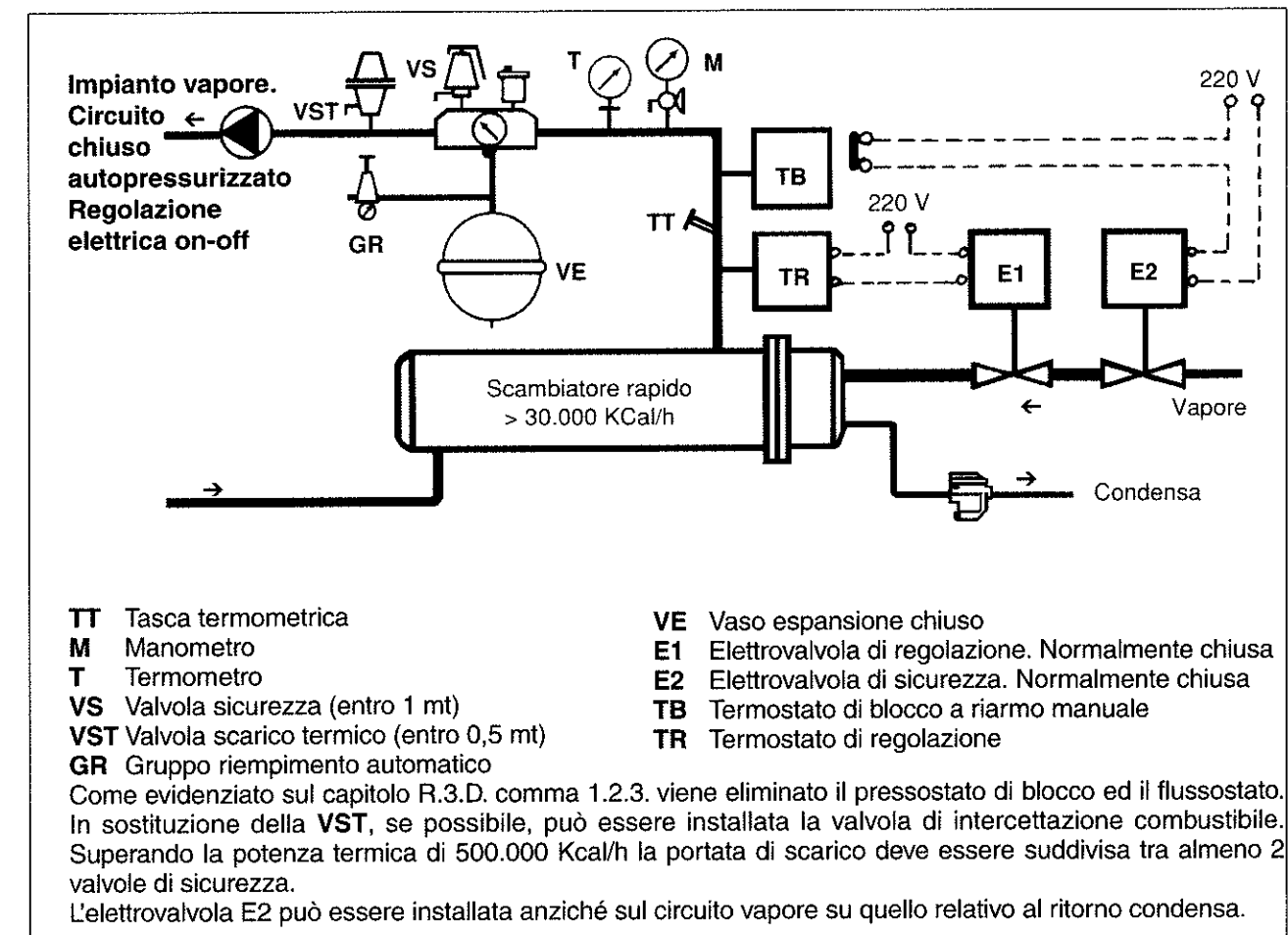
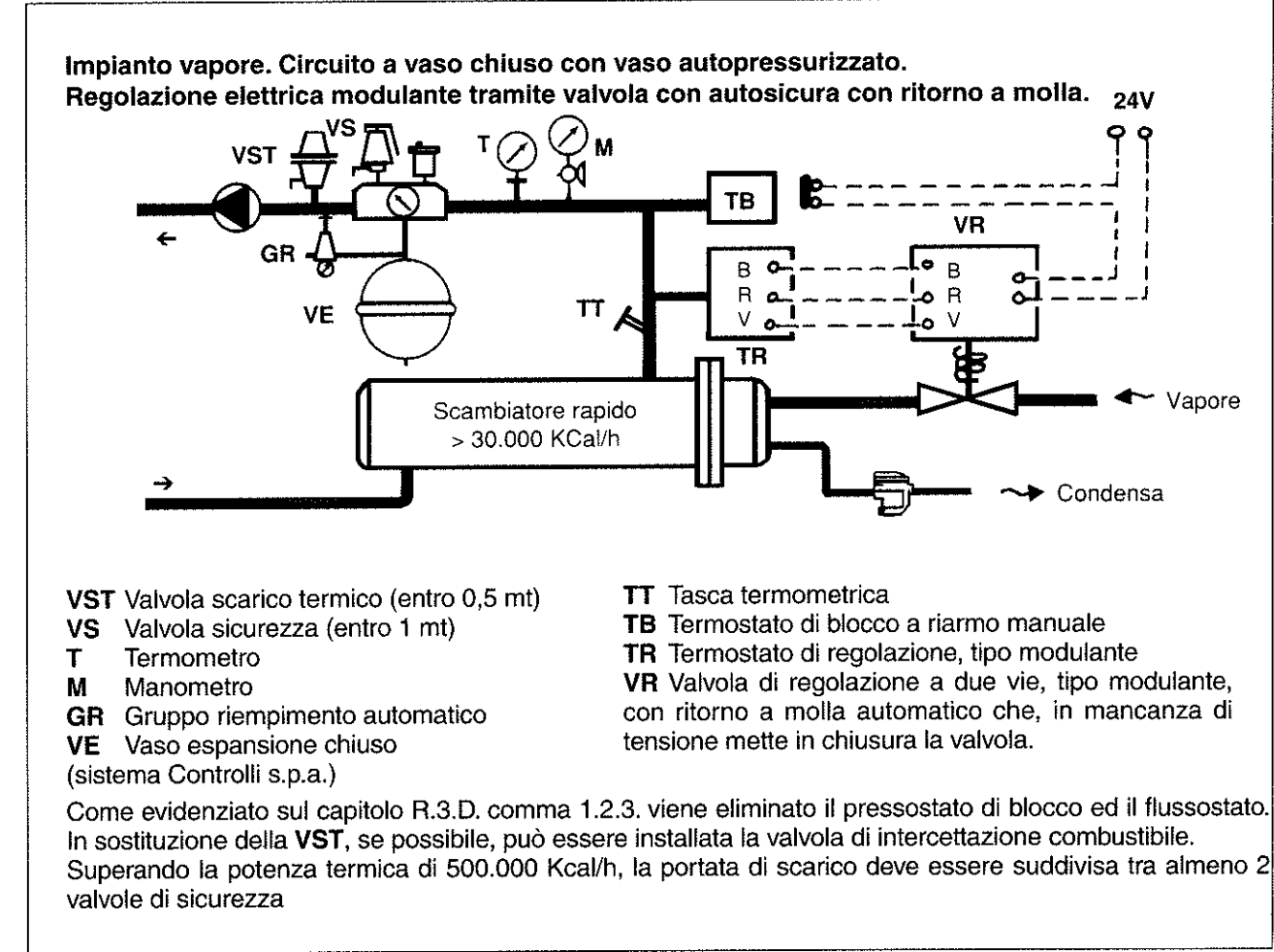
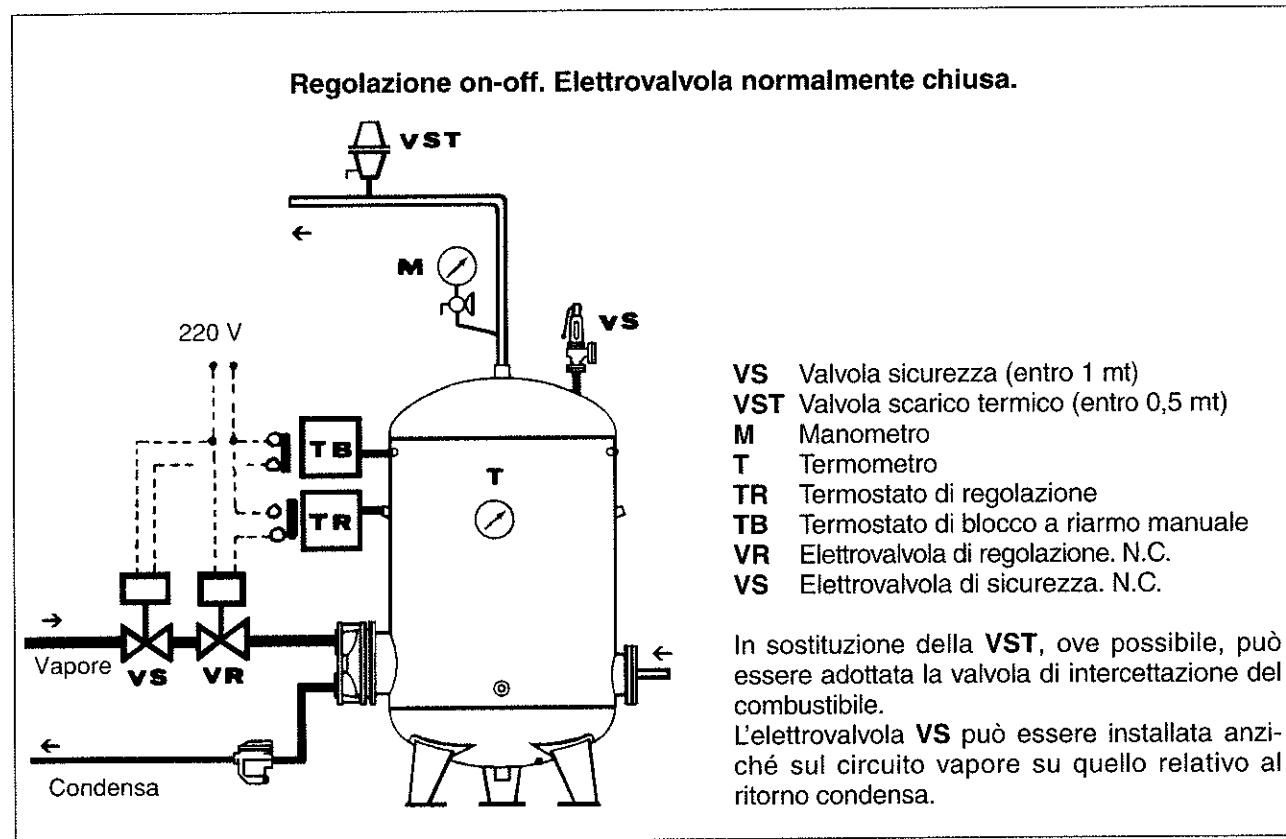
La durezza viene cioè misurata in carbonato di calcio e cioè viene valutata la durezza che si avrebbe se tutti i sali fossero carbonato di calcio. Naturalmente a formare la durezza complessiva i vari sali concorrono secondo la loro quantità e il loro apporto alla durezza stessa.

È questo un concetto molto importante che van ben chiarito perché si ripeterà anche quando tratteremo della alcalinità.

Nel seguente specchio sono indicati, in milligrammi per litro (mg/l), le quantità delle diverse sostanze che danno una durezza pari a un grado francese.

Carbonato di calcio	10 mg/l
Bicarbonato di calcio	16,2 mg/l
Solfato di calcio	13,6 mg/l
Ossido di calcio	5,6 mg/l
Carbonato di magnesio	8,4 mg/l
Bicarbonato di magnesio	14,6 mg/l
Solfato di magnesio	12 mg/l

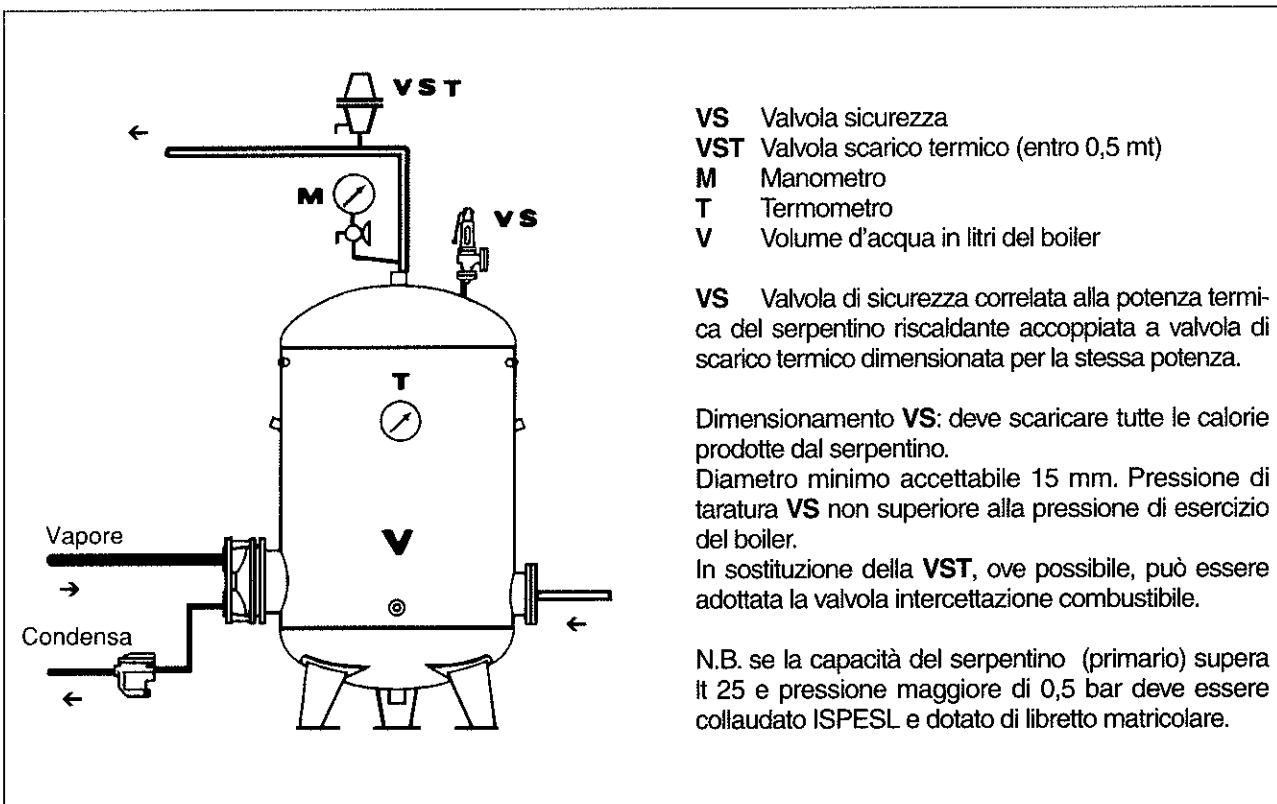
Ovviamente se un'acqua contenesse questi sali nelle quantità indicate avrebbe 7 gradi di durezza.



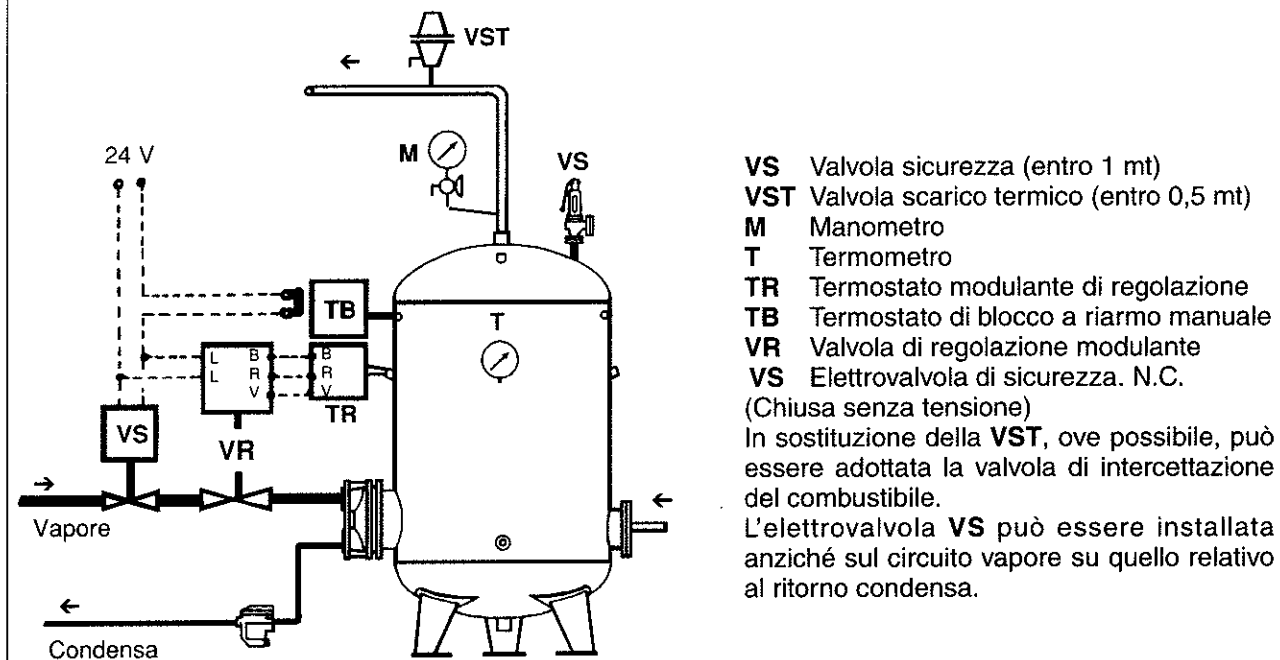
FASCICOLO R. 3. RISCALDATORI D'ACQUA PER SERVIZI IGIENICI ED USI TECNOLOGICI, ALIMENTATI CON VAPORE O ACQUA SURRISCALDATA OD ALTRI FLUIDI A TEMPERATURA SUPERIORE A 100 °C

IMPIANTI

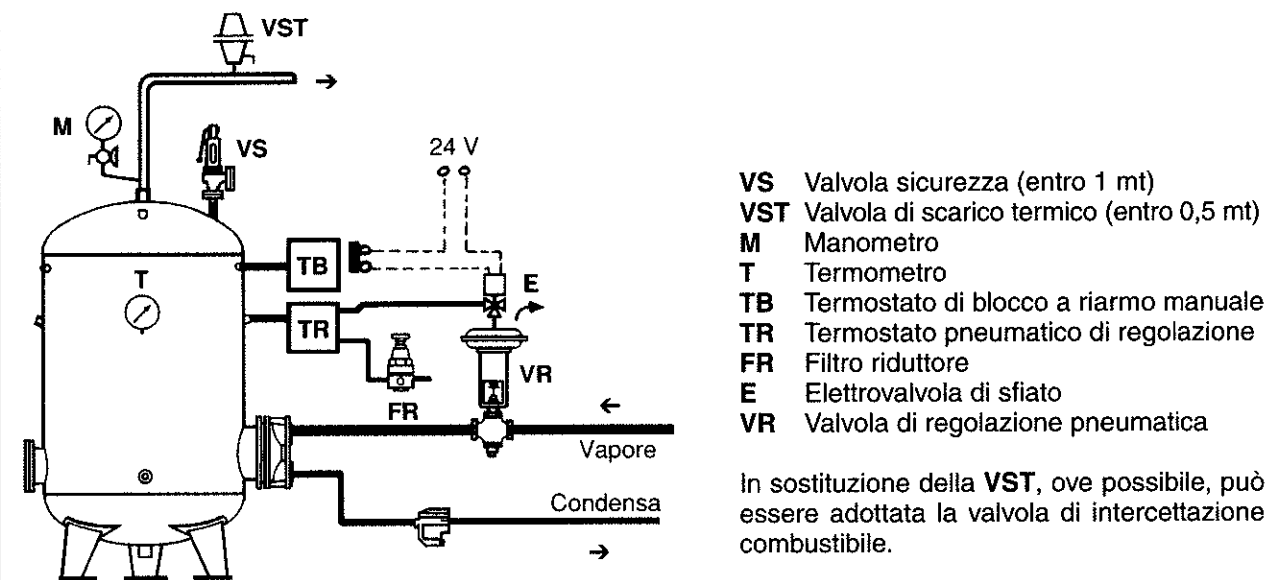
CAPITOLO R. 3.E. EDIZIONE 1982



Sistema elettrico. Valvola di regolazione modulante.



Sistema pneumatico. Valvola modulante con autochiusura.



Sistema elettrico. Valvola di regolazione modulante con ritorno a molla.

