

# GLI IMPIANTI DEL FREDDO IN ENOLOGIA

I parte - Macchine frigorifere

**Les installations du froid en oenologie.**

**Cooling systems in wine-making.**

Nell'industria enologica l'utilizzo del freddo è attualmente in fase di forte espansione sia negli impieghi tradizionali, quali stabilizzazione tartarica dei vini e dei vermouth, affinamento dei distillati, arresto dell'attività fermentativa, conservazione dei filtrati dolci, concentrazione a freddo, addizione di anidride carbonica ecc., sia in quelli di più recente introduzione o diffusione quali criomacerazione, defecazione a freddo e controllo delle temperature di fermentazione.

Anche in questo campo la tecnica è rapidamente progredita e le aziende produttrici di queste attrezzature sono in grado di soddisfare le esigenze più disparate, da quelle delle piccole cantine, per le quali è essenziale ridurre al minimo i costi d'impianto, ai grandi enopoli orientati su impianti potenti e completamente automatizzati.

Un grosso contributo al miglioramento generale del funzionamento di queste attrezzature è apportato dall'elettronica che oggi, a costi accessibili, consente di regolare con assoluta precisione i parametri di esercizio prefissati, rendendo più agevole e funzio-

nale il controllo degli impianti e dei processi di lavorazione.

## Cenni storici

*Pare che già nell'antichità il freddo venisse sfruttato per la concentrazione del vino, esponendo i vasi vinari alle basse temperature invernali.*

*1860: Raoult scopre le leggi della crioscopia.*

*1865: Vergnette-Lamotte utilizza il freddo artificiale per la concentrazione del vino.*

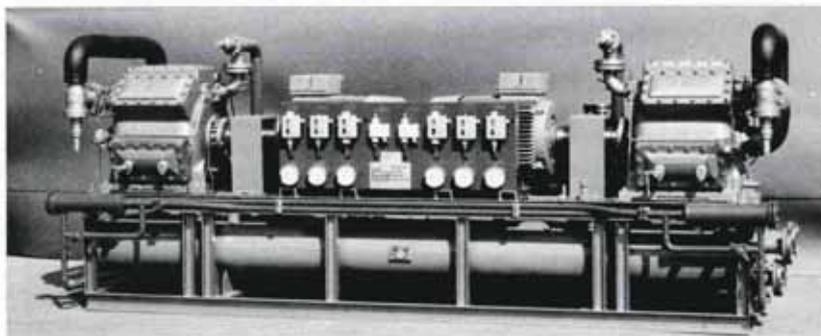
*1882: Ottavi riferisce che la concentrazione a freddo dei vini è pratica diffusa in Borgogna.*

*1902: Monti studia un processo industriale di separazione dei cristalli di ghiaccio che realizza con successo nel 1906-1907.*

*1908: 1° Congresso mondiale del freddo a Parigi. I successivi si svolsero a Vienna (1910), Chicago (1913), Londra (1924), Roma (1928), Buenos Aires (1936), Londra (1951) ecc.*

*1920-1930: diffusione su scala industriale dell'impiego del freddo nelle cantine.*

*1952: 1° Congresso nazionale del freddo a Padova.*



Impianto frigorifero di media potenzialità (Rica-compressori Leonardo da Vinci).  
Medium power cooling system.

**di Albino Morando e Ernesto Taretto**

Istituto Tecnico Agrario Statale specializzato in Viticoltura ed Enologia di Alba (Cuneo)

## Principi di funzionamento

La refrigerazione sfrutta le leggi fisiche che regolano l'evaporazione di un fluido il quale, nel passaggio dallo stato liquido a quello gassoso, assorbe calore e quindi produce freddo.

Le macchine frigorifere, come si può notare nella figura 1, sono costituite dalle seguenti parti fondamentali:

- compressore
- condensatore
- valvola di regolazione
- evaporatore.

Si parla di "ciclo" frigorifero perché si tratta di una serie di fasi che si susseguono e si ripetono uguali nel tempo. Esse sono:

a) *compressione del gas* (solitamente ammoniaca o freon) il quale si surriscalda, diminuisce di volume ed aumenta di pressione;

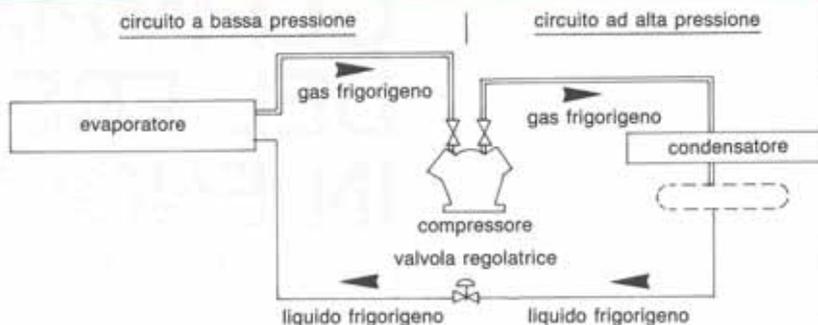


Figura 1: schema di impianto frigorifero.  
Figure 1: cooling plant.

b) *condensazione del gas* compresso e caldo, ad opera di una corrente di aria o di acqua, tramite la quale viene sottratto calore con passaggio del gas allo stato liquido;

c) *regolazione del flusso*, tramite apposita valvola che separa la zona dell'impianto ad alta pressione da quella a pressione minore;

d) *evaporazione del gas* liquefatto, con produzione del freddo a spese dell'ambiente circostante che si raffredda. Ponendo il liquido da raffreddare a contatto con le pareti dell'evaporatore ed operando opportunamente sulla regolazione del flusso, se ne ottiene l'abbassamento termico al valore desiderato.

## Il compressore

Pur presentando nell'insieme un funzionamento relativamente semplice, il compressore può essere considerato la parte più complessa e, nello stesso tempo, più delicata della macchina frigorifera. È costituito da una pompa a stantuffo aspirante-premente o di altro tipo, azionata da un motore elettrico, che aspira il gas frigorifero dall'evaporatore e lo comprime.

### Funzionamento

Quando il pistone occupa il punto morto inferiore, figura 2, il cilindro risulta pieno di gas a bassa pressione (1). Nel momento in cui inizia la corsa verso il punto morto superiore, entrambe le valvole sono chiuse e tali rimangono fino a quando la pressione raggiunge valori piuttosto elevati (2), costringendo la valvola di mandata ad aprirsi, per lasciar defluire il gas compresso.

La mandata prosegue finché il pistone raggiunge il punto morto superiore (3), che risulta posto più in basso della testa del cilin-

dro, lasciandovi uno spazio detto "spazio nocivo", ove parte del gas rimane compresso senza poter uscire. Lo spazio nocivo è una necessità meccanica, finalizzata ad evitare il contatto tra pistone e testata, a seguito delle dilatazioni delle parti in movimento dovute al riscaldamento.

Quando inizia la corsa discendente (4), la valvola di mandata si chiude immediatamente, mentre quella di aspirazione ritarda ad aprirsi fino a quando il gas contenuto nello spazio nocivo non ha raggiunto, espandendosi, una pressione inferiore a quella di aspirazione.

Per il raffreddamento dei pistoni si può ricorrere all'alettatura del-

le testate dei cilindri oppure, nel caso dei compressori più potenti, la camera di aspirazione periferica alle camicie consente di raffreddarli a mezzo dello stesso gas aspirato. Talvolta il raffreddamento viene ottenuto tramite la circolazione forzata di acqua, in camicie adiacenti le testate dei cilindri.

Anche la lubrificazione deve essere molto accurata; qualora giunga olio in circolazione nel liquido frigorifero, occorre recuperarlo, affinché non causi problemi in fase di compressione (essendo un liquido non è comprimibile e sottopone il compressore ad azioni meccaniche dannose).

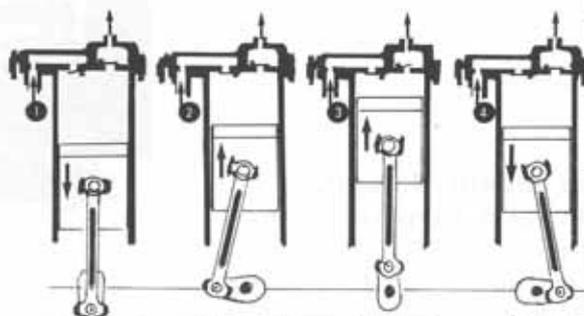


Figura 2: fasi di lavoro del compressore.  
Figure 2: compressor operating stages.

## Tipi di compressore

**Figura 3:** compressori ermetici. Sono caratterizzati dall'aver il motore elettrico e l'insieme meccanico rinchiusi nello stesso involucro, per cui non vi sono possibilità di perdite di gas causate da imperfetta tenuta a livello dell'albero.

Forniscono una quantità di frigoriferi relativamente bassa (fino a 20-30.000 fr/h), operano ad un numero di giri piuttosto elevato (2.000-3.000 giri/min.), ed in caso di guasti risultano difficilmente riparabili, per cui spesso devono essere sostituiti integralmente.

**Figura 4:** compressori semi-ermetici. Presentano il motore elettrico e le parti meccaniche molto vicini, per cui l'albero è contenuto nel carter e quindi presentano quasi gli stessi vantaggi del tipo ermetico. In più, possono essere facilmente aperti per riparare o sostituire parti meccaniche danneggiate (Copeland).

La testata del compressore può essere raffreddata dal gas frigorifero proveniente dall'evaporatore (come per il compressore ermetico), oppure con aria o acqua. Questi compressori, per le loro caratteristiche di praticità e funzionalità a costi accessibili, vengono spesso utilizzati nella espansione "a secco".

**Figura 5:** compressori aperti. Risultano costituiti da motore elettrico e gruppo meccanico nettamente separati. Sono i più utilizzati, in quanto il motore può essere adattato ad ogni potenzialità; inoltre ogni parte meccanica è facilmente raggiungibile per interventi di manutenzione e riparazione. Presentano un ingombro maggiore e costi d'impianto più elevati; consentono però di risparmiare sui costi di esercizio perché assorbono il 10-20% di potenza in meno.



Figura 3 - Figure 3



Figura 4 - Figure 4



Figura 5 - Figure 5

**Figure 3:** hermetic compressors. They are characterized by the fact that the electric motor and the mechanical parts are all contained in the same housing, which prevents air leaks due to faulty shaft sealing.

They supply a relatively low quantity of units of refrigeration (up to 20-30.000 fr./h), run at a fairly high number of revolutions, and are difficult to repair when faulty, so they frequently have to be replaced completely.

**Figure 4:** semi-hermetic compressors. The electric motor and mechanical parts are close together, so the shaft is inside the crankcase and the advantages are almost the same as for hermetic compressors. An additional advantage is that they are easy to open up when mechanical parts have to be repaired or replaced.

The headstock of the compressor can be cooled by the frigorific air from the cooler (as in the hermetic compressor), or air or water. As they are practical, functional and cost-effective, these compressors are often used in "dry" expansion.

**Figure 5:** open compressors. Here the electric motor and mechanical parts are completely separate. They are the most commonly used since the motor can be adapted to any capacity.

Besides this, they are easily accessible for repairs and maintenance. They are more bulky and costs are higher, but they involve lower running costs as they absorb 10-20% less power.

## Fluidi frigoriferi

*Il fluido frigorifero è quello che consente di "creare" il freddo, tramite i cicli precedentemente descritti, e non deve essere confuso con le soluzioni anticongelanti (salamoia, glicole ecc.), utilizzati invece per "trasportare" il freddo dalla macchina frigorifera allo scambiatore di calore.*

*Teoricamente il fluido frigorifero dovrebbe presentare le seguenti caratteristiche: non essere esplosivo, non essere velenoso, venire facilmente liquefatto a basse pressioni, non richiedere impianti di elevate dimensioni, non corrodere i metalli con i quali va a contatto, non miscelarsi con i lubrificanti, consentire il facile rilevamento delle eventuali perdite, essere poco costoso.*

*I fluidi che presentano attitudine frigorifera sono diversi, ma quelli che si avvicinano di più alle caratteristiche prima elencate sono soprattutto l'ammoniaca ed il freon, attualmente utilizzati in campo alimentare per medie ed elevate potenzialità. Nell'ambito dei piccoli impianti, ad esempio quelli di tipo domestico, si utilizza talvolta l'anidride carbonica.*

*Anche l'anidride solforosa, si presterebbe come gas frigorifero, ma non può venire utilizzata per la sua spiccata azione corrosiva.*

**Ammoniaca (NH<sub>3</sub>).** È un gas incolore, dall'odore pungente caratteristico. Se miscelata con l'aria in concentrazioni tra il 16 ed il 25% in volume, può infiammarsi ed esplodere. Inoltre, già alla concentrazione nell'ambiente dello 0,5-0,6%, con esposizione prolungata (30 minuti) provoca nell'uomo gravissimi disturbi.

*Occorre però rilevare che, a causa dell'odore inconfondibile, è difficile il verificarsi di tali incidenti. Anzi, proprio la facile percezione olfattiva consente agevolmente di individuare le perdite prima che possano provocare danni.*

*L'ammoniaca presenta il notevole vantaggio di non solubilizzarsi con gli oli lubrificanti, dai quali può essere facilmente separata, non attacca il ferro e l'acciaio, mentre corrode il rame.*

**Freon.** Questo fluido può trovarsi in diverse forme: tra queste risultano particolarmente diffuse il freon 12 (dicloro-difluorometano - CF<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>) ed il freon 22 (monocloro-difluorometano - CHF<sub>2</sub>Cl), indicati internazionalmente anche con le sigle R 12 ed R 22. Il più utilizzato è il freon 22, incolore sotto forma liquida, inodore e non infiammabile quando si trova in miscela con l'aria. Presenta bassa tossicità arrecando gravi disturbi solo quando raggiunge nell'aria una concentrazione del 10% e l'esposizione molto prolungata (oltre 2 ore).

*Il freon offre quindi maggiore sicurezza d'impiego, ma presenta anche svantaggi, quali una resa leggermente inferiore a quella offerta dall'ammoniaca, una notevole miscibilità con gli oli lubrificanti, una certa azione corrosiva in particolare alle temperature di surriscaldamento ed in presenza di umidità. È più pesante dell'aria per cui, negli ambienti chiusi, si accumula ai livelli bassi. Le eventuali perdite sono difficilmente rilevabili e solo con il ricorso a particolari torce che, bruciando alcool in presenza di rame, evidenziano con una fiamma verde la fuga di freon.*

## Il condensatore

Il condensatore è essenzialmente uno scambiatore di calore con la funzione di portare il fluido frigorifero dallo stato di vapore compresso a quello di liquido.

Infatti il gas surriscaldato proveniente dal compressore cede prima il calore di "surriscaldamento" e poi, giunto alla temperatura di condensazione, cede il calore "latente" (la quantità di calore che bisogna sottrarre al gas per

farlo condensare, dopo avergli sottratto il calore di surriscaldamento).

Il liquido che ne deriva viene poi ulteriormente raffreddato nell'ultimo tratto del condensatore. Volendo suddividere l'azione del condensatore in tre fasi abbiamo:

- nel primo tratto il gas cede il calore di surriscaldamento ed arriva alla temperatura di condensa-

zione;

- nel secondo tratto inizia la sottrazione del calore latente e quindi il gas passa allo stato liquido;

- nell'ultima parte del condensatore, il liquido viene ulteriormente raffreddato (sottoraffreddamento).

I condensatori possono funzionare ad acqua, ad aria oppure ad aria ed acqua.

### Condensatori ad acqua

I condensatori ad acqua adottano soluzioni diverse (figure 6, 7 e 8), ma tutte orientate a far passare il gas frigorifero compresso e surriscaldato in tubazioni a contatto con acqua di raffreddamento.

In generale la temperatura di condensazione del freon è superiore di 7-10°C, rispetto alla temperatura di entrata dell'acqua. Ad esempio disponendo di acqua a 20°C, il condensatore raggiunge valori di 27-30°C.

Non disponendo dei quantitativi necessari di acqua per il funzionamento del condensatore, è possibile riciclarla, raffreddandola in torri di evaporazione (figura 9).

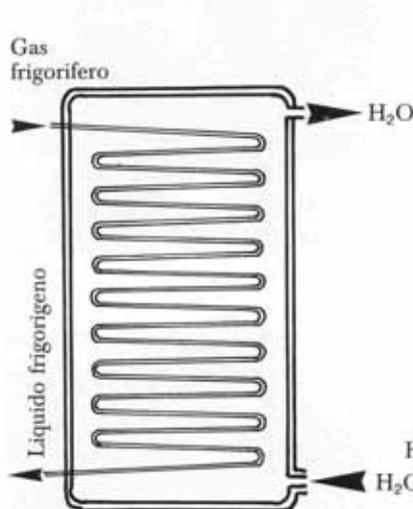


Figura 6: condensatore raffreddato ad acqua (da Enel, ridisegnato).  
Figure 6: water-cooled condenser.

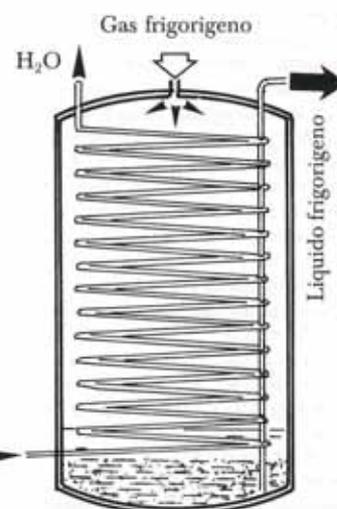


Figura 7: condensatore con raffreddamento a serpentina (da Enel, ridisegnato).  
Figure 7: condenser with coil cooling.

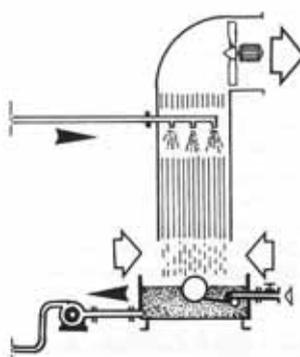
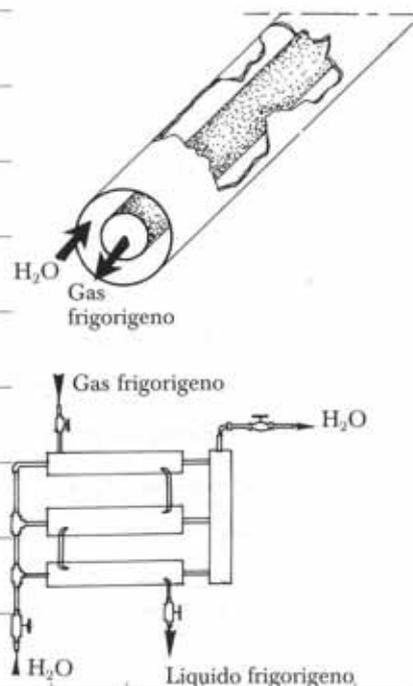


Figura 8 (a sinistra): in alto, condensatori a tubi concentrici con circolazione di acqua in controcorrente. In basso, condensatore a fasci multi-tubolari, con raffreddamento successivo dall'alto verso il basso (da Enel, ridisegnato).

Figure 8: concentric-tube condensers with counter-current flow. Below: multi-tube nest condenser with downwards cooling.



Figura 9: schema (a sinistra) e figura di torre di evaporazione per il raffreddamento dell'acqua di condensazione.

Figure 9: diagram and picture of an evaporating tower for cooling condensate.

## Condensatori ad aria

Il fluido frigorifero, allo stato di gas compresso e surriscaldato, circola all'interno di tubi realizzati solitamente in rame, collegati con una fitta serie di alettature (figura 10) finalizzate all'aumento della superficie di scambio. Il dispositivo viene investito da una corrente d'aria prodotta da appositi ventilatori (condensatori a circolazione d'aria forzata).

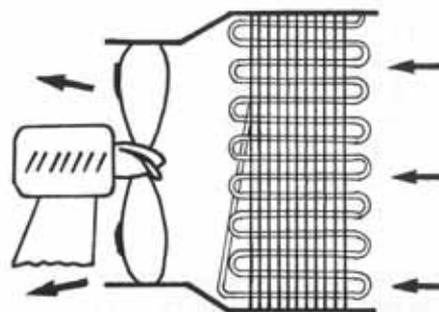
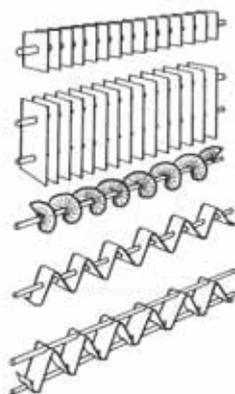


Figura 10: diversi tipi di alette di raffreddamento del condensatore e schema di condensatore ad aria (da Enel, ridisegnato).  
Figure 10: different types of cooling fin and diagram of an air-cooled condenser.

## Condensatori ad aria ed acqua

Sono costituiti dai "condensatori evaporativi" (figura 11), nei quali i tubicini del condensatore vengono finemente spruzzati con acqua che, evaporando per la corrente d'aria prodotta dai ventilatori, nel passaggio di stato sottrae calore all'ambiente, facilitando la condensazione del fluido frigorifero circolante nei tubi.

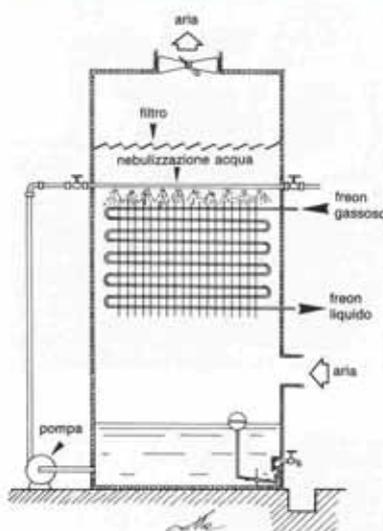


Figura 11: schema di condensatore evaporativo (da Enel, ridisegnato).  
Figure 11: diagram of an evaporative condenser.

## Dosaggio del fluido frigorifero

Per assicurare un funzionamento corretto e senza problemi meccanici del compressore, questo deve aspirare esclusivamente gas, con assenza di goccioline di fluido non evaporate le quali, essendo incompressibili, potrebbero danneggiare la struttura meccanica.

Occorre quindi regolare il flusso con sistemi che possono essere manuali (in disuso) o tramite valvola regolatrice.

Per gli evaporatori funzionanti ad allagamento, la regolazione avviene tramite dispositivi galleggianti, funzionanti a bassa o alta pressione. Quando il livello si abbassa, il galleggiante si sposta azionando la valvola di entrata del fluido posta nella parte bassa dell'impianto.

Per gli evaporatori ad espansione secca, esistono diversi modelli di

valvole automatiche con espansione a soffietto o a membrana, oppure con bulbo termostatico (figura 12).

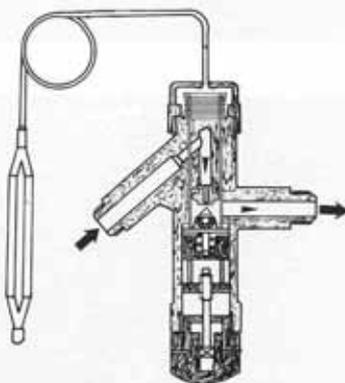


Figura 12: valvola ad espansione con bulbo termostatico (da Enel, ridisegnato). Il movimento di regolazione del flusso viene impresso dalla dilatazione di un gas contenuto nel bulbo termostatico posizionato a contatto con l'evaporatore.

## Confronto tra i diversi tipi di condensatore

*I vantaggi del condensatore ad aria sono principalmente quelli di non consumare acqua, di non presentare rischi di congelamento e di regolare facilmente la condensazione operando sull'inserimento o arresto dei ventilatori.*

*Tra i difetti occorre annoverare il costo più elevato, la rumorosità, la necessità di un locale ben aerato, il forte consumo di energia elettrica. Un tempo questi condensatori venivano impiegati solo per basse potenzialità, invece negli ultimi anni si sono ampiamente diffusi anche per i grandi impianti.*

*Il condensatore ad acqua consuma circa 150-250 l/h per ogni 1.000 frigorie (il consumo risulta inversamente proporzionale alla temperatura dell'acqua), inoltre l'impianto necessita di una periodica manutenzione soprattutto per eliminare le incrostazioni e le colonie di alghe, infine occorre una protezione antigelo ed un serbatoio di riserva per supplire a temporanee interruzioni dell'allacciamento.*

*Tra i vantaggi si possono elencare il basso costo, il buon rendimento frigorifero, il ridotto consumo energetico ed il minore ingombro.*

Figure 12: expansion valve with thermostatic bulb.

Flow adjustment movement is impressed by expansion of a gas in the thermostatic bulb placed in contact with the cooler.

## L'evaporatore

Costituisce la parte dell'impianto dove avviene lo scambio termico tra il fluido frigorifero in espansione (evaporazione) ed il liquido da raffreddare che può essere: mosto, vino, distillato ecc. (refrigerazione diretta), oppure una

soluzione incongelandibile (refrigerazione indiretta) la quale successivamente, tramite scambiatore di calore, viene portata a contatto con il liquido al quale si vogliono sottrarre calorie. In base alla struttura si distinguono essenzial-

mente tre tipi di evaporatori:  
a) evaporatori a superficie raschiata;  
b) evaporatori a fascio tubiero;  
c) evaporatori misti a fascio tubiero e superficie raschiata.

### a) Evaporatore a superficie raschiata (o a corpi raschiati)

Rappresenta la soluzione più utilizzata in campo enologico perché consente di soddisfare qualsiasi esigenza di refrigerazione. È costituito da uno o più corpi cilindrici, formati da due grossi tubi, concentrici o leggermente disassati, che delimitano una camera di evaporazione anulare nella parte esterna ed una camera cilindrica interna nella quale circola il liquido da refrigerare (figure 13, 14 e 15).

Il cilindro centrale è provvisto di un albero rotante a bassa velocità tramite motoriduttore esterno, montato su una estremità della testata ed accoppiato all'albero tramite giunti elastici. Si ottiene in questo modo l'agitazione del liquido, l'omogeneizzazione della temperatura e la pulizia della parete di scambio da cristalli di ghiaccio ed eventuali precipitati tartarici, il deposito dei quali attenuerebbe la conducibilità termica, per giungere all'intasamento dell'impianto. Le palette, realizzate in materiale plastico resistente all'abrasione, vengono mantenute aderenti alla parete tramite molle o per forza centrifuga. La struttura dell'evaporatore si completa con lo strato isolante e la carenatura esterna. Quest'ultima può assumere forme diverse (figure 16 e 17) e viene quasi sempre realizzata totalmente in acciaio inossidabile, a tutto vantaggio della durata e dell'estetica.

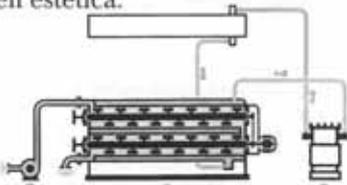


Figura 13



Figura 14



Figura 15



Figura 16



Figura 17

Didascalie delle figure alla pagina a fianco:

Figura 13: schema di evaporatore a corpi raschiati (Padovan).

Figure 13: diagram of a scraped element evaporator.

Figura 14: evaporatore in costruzione (Gianazza).

Figure 14: evaporator being built.

Figura 15: struttura interna di un evaporatore a corpi raschiati (Gianazza).

Figure 15: inside structure of a scraped element evaporator.

Figura 16: evaporatore con struttura esterna a forma parallelepipedica (Padovan).

Figure 16: evaporator with external structure shaped like a parallelepiped.

Figura 17: evaporatore a struttura modulare (Gianazza). Esternamente, gli evaporatori a fascio tubiero diversificano da quelli a superficie raschiata solo perché non presentano il motoriduttore di azionamento dell'albero raschiatore, situato solitamente nella parte posteriore, con posizione assiale o leggermente disassata rispetto al cilindro esterno.

Figure 17: modular evaporator. Externally, the only difference between tube nest evaporators and those with a scraped surface is that in the former the scraping shaft geared motor is not visible; it is usually situated at the rear, axial or slightly offset with respect to the outer cylinder.

## b) Evaporatore a fascio tubiero

È costituito da una serie di tubi in acciaio inossidabile, raggruppati in corpi cilindrici e collegati tra loro alle testate per consentire al liquido da refrigerare un percorso ripetuto all'interno dell'evaporatore (figura 18). Le testate dei fasci tubieri, realizzate in modo tale da invertire il flusso nelle condotte, sono facilmente apribili per manutenzioni e pulizie (figura 19).

All'interno dei tubi circola il liquido da refrigerare, mentre all'esterno, nell'involucro cilindrico, si trova il fluido frigorifero in espansione.

Nell'evaporatore a fascio tubiero si possono refrigerare mosti e vini, senza però avvicinarsi alle temperature di congelamento che porterebbero alla formazione di ghiaccio ed all'accumulo sulle pareti di depositi tartarici, con iniziale "isolamento termico", per giungere anche all'occlusione totale dei tubi.

A causa di questi inconvenienti, non presenti invece negli evaporatori a superficie raschiata, c'è la

tendenza ad utilizzare i fasci tubieri soprattutto per la refrigerazione indiretta, dove la soluzione incongelabile non crea problemi di intasamenti.

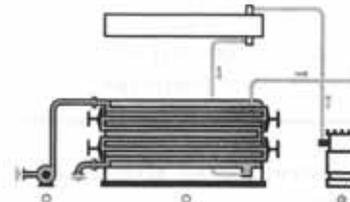


Figura 18: schema di evaporatore a fascio tubiero (Padovan).

Figure 18: diagram of a tube nest evaporator.



Figura 19: particolare della testata di un fascio tubiero (Cingano).

Figure 19: detail of the head of a tube nest.

## c) Evaporatore a fascio tubiero e corpi raschiati

Figura 21: vecchio impianto a fascio tubiero e corpi raschiati (Padovan).

Figure 21: old plant with tube nest and scraped elements.



Rappresenta un abbinamento (oggi meno usato) teso ad acquisire i vantaggi dei due sistemi.

Di solito viene posto nella parte in alto il fascio tubiero, preposto al preraffreddamento del vino che poi circola nel sottostante corpo raschiato, dove si completa l'abbassamento termico alla temperatura desiderata (figura 20 e 21).

Il duplice intervento consente salti termici anche molto elevati e quindi agevola la stabilizzazione effettuata in ciclo aperto.

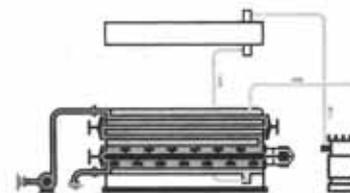


Figura 20: schema di fascio tubiero e corpi raschiati.

Figure 20: diagram of a tube nest and scraped elements.

## Modalità di espansione del gas

Esistono essenzialmente due modalità di evaporazione del fluido frigorifero, dette rispettivamente "ad allagamento di gas" e ad "espansione secca", che possono funzionare indifferentemente su fasci tubieri o corpi raschiati.

## Evaporatore ad allagamento di gas

In questi impianti, la parte anulare, periferica al cilindro centrale di raffreddamento, è allagata per oltre due terzi con liquido frigorifero in fase di evaporazione (figura 22).

Qualora nello stesso impianto coesistano più evaporatori sovrapposti (indifferentemente se a fascio tubiero o a corpi raschiati), quello posto in alto si presenta nelle condizioni ora descritte, mentre quelli sottostanti sono completamente allagati. La refrigerazione risulta comun-

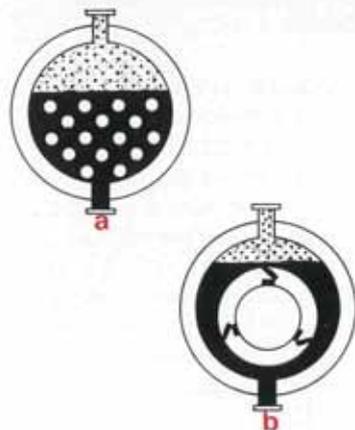


Figura 22: schema di evaporatore ad allagamento di gas a fascio tubiero (a) ed a superficie raschiata (b).  
Figure 22: diagram of a gas flooding evaporator with tube nest and scraped elements.

que identica in tutti gli elementi tubolari del complesso perché il fluido frigorifero è in fase di "ebollizione", quindi con temperatura costante.

Questi impianti funzionano di solito ad ammoniaca la quale, essendo più leggera dell'olio che

inevitabilmente si mescola durante la fase di compressione, consente facilmente di recuperare il lubrificante, prelevandolo dalla parte bassa dell'impianto.

Il livello di allagamento viene mantenuto costante con appositi dispositivi galleggianti collegati alla valvola di regolazione.

Di solito in questi evaporatori, il cilindro centrale risulta leggermente disassato rispetto alla camera di evaporazione, per disporre di un maggior spazio in alto, atto ad assicurare la completa evaporazione del liquido frigorifero ed evitare che questo, aspirato dal compressore trascini con sé gocce di liquido che andrebbero a danneggiarne la struttura meccanica.

L'evaporatore ad allagamento richiede una ampia camera di evaporazione e necessita di elevati quantitativi di fluido frigorifero. Allo scopo va molto bene l'ammoniaca, mentre il freon, più pesante dell'olio di lubrificazione, rende difficoltosa la separazione ed il recupero di quest'ultimo.

## Evaporatore ad espansione secca

Rappresenta una soluzione che trova oggi particolare interesse e diffusione, soprattutto per le piccole e medie potenzialità.

Ha la caratteristica di presentare una camera di evaporazione li-

mitata e particolarmente ristretta (pochi mm di spessore), nella quale il liquido frigorifero viene immesso in quantità minime necessarie per evaporare totalmente (figura 23), con una turbolenza sufficiente a distribuire uniformemente il gas ed a trascinare l'olio di lubrificazione nuovamente al carter del compressore. A questo scopo si prestano molto bene il freon 12 e soprattutto il freon 22, i quali invece, come già detto, trovano difficoltà con il funzionamento ad allagamento di gas.

La tecnica costruttiva più recente consente di realizzare camere di evaporazione molto strette, ottenute elettrosaldando attorno al cilindro centrale una sottile lamiera opportunamente sagomata per creare turbolenza ed uniformare la distribuzione del gas (figura 24). In complesso, pur essendo interamente realizzati con un materiale costoso quale l'acciaio inossidabile, questi evaporatori risultano economici, oltreché leggeri, resistenti, poco ingombranti e con minime esigenze di manutenzione.

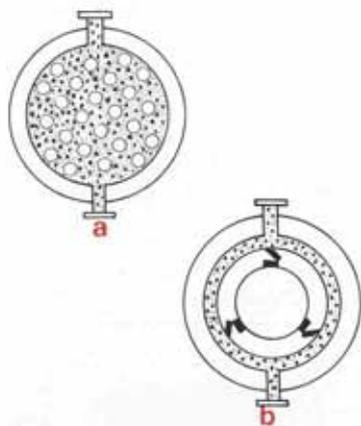


Figura 23: schema di evaporatori a fascio tubiero (a) ed a corpi raschiati (b), funzionanti ad espansione secca.  
Figure 23: diagram of dry expansion evaporators with tube nest (a) and scraped elements (b).

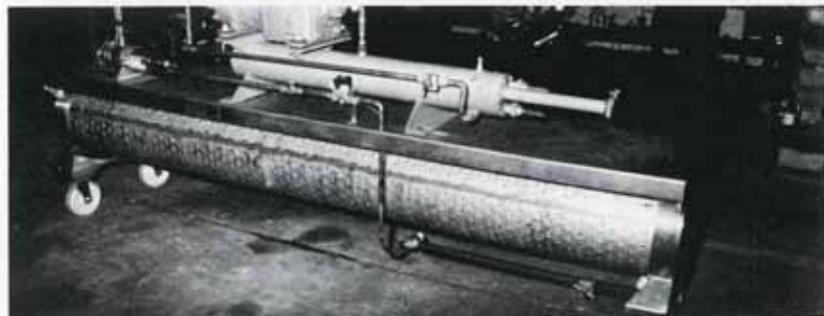


Figura 24: evaporatore ad espansione secca in costruzione (Cingano).  
Figure 24: dry expansion evaporator being built.