

# **CAPITOLO 4**

## **CICLO FRIGORIFERO**

## **CICLO FRIGORIFERO**

IL CICLO FRIGORIFERO SI UTILIZZA PER SOTTRARRE ENERGIA TERMICA AD UN'UTENZA A TEMPERATURA PIU' BASSA RISPETTO ALL'AMBIENTE

PER IL SECONDO PRINCIPIO DELLA TERMODINAMICA, QUESTO TRASFERIMENTO DI ENERGIA NON PUO' AVVENIRE NATURALMENTE

## CICLO FRIGORIFERO A COMPRESSIONE

E' UN CICLO CHIUSO OPERATORE, PERCORSO IN SENSO ANTIORARIO, SOSTANZIALMENTE SIMILE A UN CICLO RANKINE PERCORSO IN SENSO INVERSO

POICHE' IL PROCESSO DI SOTTRAZIONE DI ENERGIA TERMICA ( $Q_L$ ) AD UNA SORGENTE FREDDA DA RIVERSARE AD UNA SORGENTE CALDA NON E' UN PROCESSO SPONTANEO, PER IL FUNZIONAMENTO DEL CICLO SI RENDE NECESSARIA L'INTRODUZIONE DI UN LAVORO L.

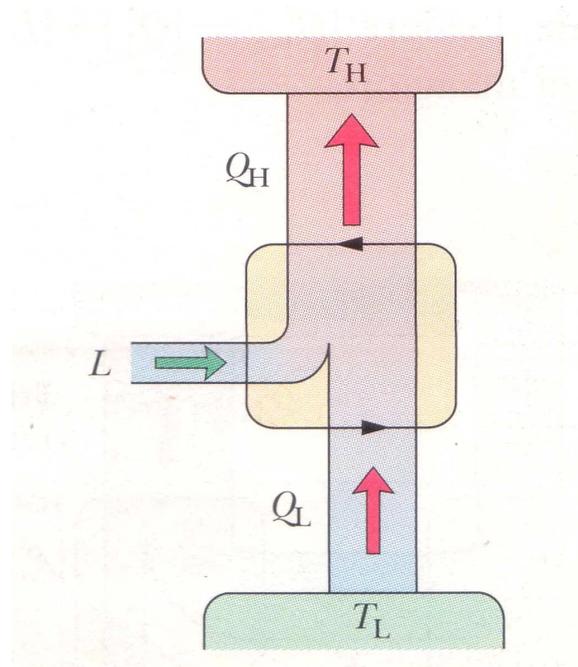
L'ENERGIA TERMICA  $Q_H$  RIVERSATA ALLA SORGENTE CALDA E':

$$Q_H = Q_L + L$$

SI DEFINISCE COEFFICIENTE DI PRESTAZIONE COP IL RAPPORTO FRA L'EFFETTO UTILE E LA SPESA ENERGETICA

$$COP = Q_L / L$$

# CICLO FRIGORIFERO A COMPRESSIONE



$$Q_H = Q_L + L$$

$$\text{COP} = Q_L / L$$

## **CICLO FRIGORIFERO A COMPRESSIONE**

I DATI DI PROGETTO PRINCIPALI DI UN CICLO FRIGORIFERO SONO:

- TEMPERATURA LATO FREDDO (TEMPERATURA DI EVAPORAZIONE)
- TEMPERATURA LATO CALDO (TEMPERATURA DI CONDENSAZIONE)
- POTENZIALITA' FRIGORIFERA RICHIESTA

LA TEMPERATURA DI EVAPORAZIONE DIPENDE DALLE ESIGENZE DELL'UTENZA.

LA TEMPERATURA DI CONDENSAZIONE DIPENDE DAL TIPO DI CONDENSAZIONE (AD ACQUA, AD ARIA) E DALLE CONDIZIONI AMBIENTALI ESTERNE.

LA POTENZIALITA' FRIGORIFERA SI OTTIENE VARIANDO LA PORTATA IN CIRCOLO E QUESTA DETERMINA LA SCELTA DEL TIPO DI COMPRESSORE (ALTERNATIVO, A VITE, CENTRIFUGO). CIO' PUO' INFLUENZARE LA SCELTA DEL TIPO DI FLUIDO FRIGORIGENO E LE PRESSIONI DI EVAPORAZIONE E CONDENSAZIONE E, QUINDI, RIPERCUOTERSI SUL CICLO TERMODINAMICO

## FLUIDI DI LAVORO PER CICLI A COMPRESSIONE

SI UTILIZZANO I FLUIDI COSIDDETTI "REFRIGERANTI" (IDROCARBURI CLORATI E FLUORATI). VENGONO DESIGNATI CON UNA SIGLA, COSTITUITA DALLA LETTERA R (REFRIGERANTE) SEGUITA DA TRE CIFRE. LA PRIMA CIFRA INDICA IL NUMERO DI ATOMI DI CARBONIO MENO UNO, LA SECONDA IL NUMERO DI ATOMI DI IDROGENO PIU' UNO, LA TERZA IL NUMERO DI ATOMI DI FLUORO. SI RICAVALA POI IL NUMERO DI ATOMI DI CLORO CON LA FORMULA:

$$nCl = 2nC + 2 - 2nH - nF$$

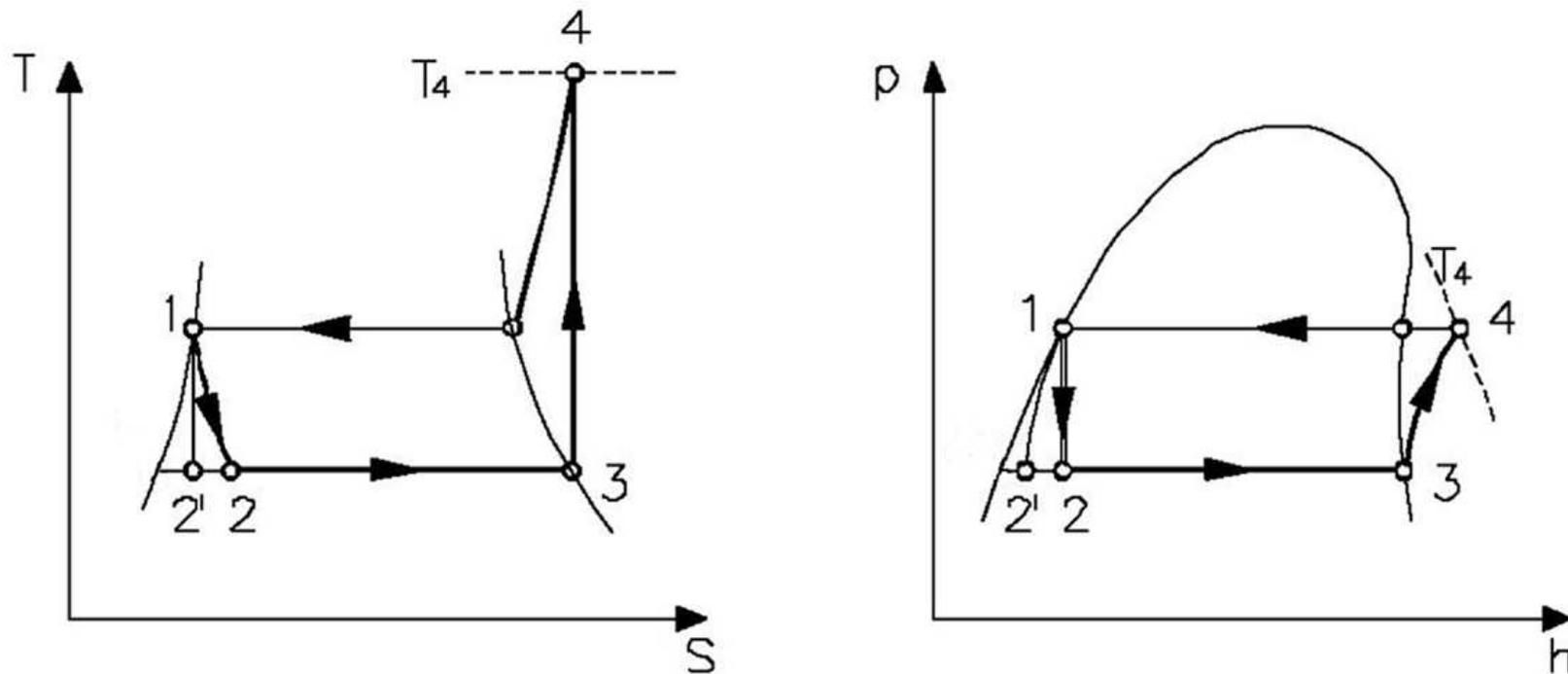
SE IL NUMERO DI ATOMI DI CARBONIO MENO UNO VALE ZERO, TALE CIFRA VIENE TRALASCIATA.

QUESTI FLUIDI SONO RITENUTI I PRINCIPALI RESPONSABILI DELL'ALLARGAMENTO DEL BUCO DELL'OZONO IN ATMOSFERA, PER CUI VENGONO PROGRESSIVAMENTE SOSTITUITI CON ALTRI CHE HANNO MINOR IMPATTO AMBIENTALE

## **TERMODINAMICA DEL CICLO FRIGORIFERO A COMPRESSIONE**

I CICLI FRIGORIFERI VENGONO GENERALMENTE STUDIATI NEL PIANO TERMODINAMICO  $p - h$ .

## CICLO FRIGORIFERO A COMPRESSIONE



- 1-2 ESPANSIONE ADIABATICA
- 2-3 EVAPORAZIONE ISOTERMA / ISOBARA
- 3-4 COMPRESSIONE ADIABATICA
- 4-1 CONDENSAZIONE ISOTERMA / ISOBARA



## VALUTAZIONI ENERGETICHE

### SIMBOLOGIA

$G$  = PORTATA DEL FLUIDO DI LAVORO

$q_1$  = ENERGIA TERMICA SPECIFICA SOTTRATTA ALL'UTENZA

$q_2$  = ENERGIA TERMICA SPECIFICA CEDUTA AL CONDENSATORE

$l$  = LAVORO SPECIFICO DEL COMPRESSORE

$P_1$  = POTENZA FRIGORIFERA

$P_2$  = POTENZA TERMICA CEDUTA AL CONDENSATORE

$P_C$  = POTENZA DEL COMPRESSORE

$q_1$  =  $h_3 - h_2$

$q_2$  =  $h_4 - h_1$

$l$  =  $h_4 - h_3$

$P_1$  =  $G(h_3 - h_2)$

$P_2$  =  $G(h_4 - h_1)$

$P_C$  =  $G(h_4 - h_3)$

$$\text{COP} = q_1 / l = P_1 / P_C = (h_3 - h_2) / (h_4 - h_3)$$

## **CICLO FRIGORIFERO AD ASSORBIMENTO**

IL CICLO FRIGORIFERO AD ASSORBIMENTO SI DIFFERENZIA ESSENZIALMENTE DAL CICLO FRIGORIFERO A COMPRESSIONE PER LA FASE DI COMPRESSIONE

NEL CICLO A COMPRESSIONE, IL VAPORE DEL FLUIDO DI LAVORO DEL CICLO VIENE PORTATO DALLA PRESSIONE MINIMA ALLA PRESSIONE MASSIMA DEL CICLO MEDIANTE COMPRESSIONE.

NEL CICLO AD ASSORBIMENTO, IL VAPORE IN USCITA DALL'EVAPORATORE VIENE FATTO ASSORBIRE IN UN LIQUIDO; QUEST'ULTIMO, CON UNA POMPA, SUBISCE L'INCREMENTO RICHIESTO DI PRESSIONE DA QUELLA MINIMA A QUELLA MASSIMA DEL CICLO. POI AVVIENE LA SEPARAZIONE DEI DUE FLUIDI

## CICLO FRIGORIFERO AD ASSORBIMENTO

NEL CICLO AD ASSORBIMENTO, DATO CHE LA COMPRESSIONE AVVIENE SUL LIQUIDO L'INTRODUZIONE DI LAVORO NEL CICLO E' FORTEMENTE RIDOTTA (ADDIRITTURA, QUASI ANNULLATA) RISPETTO AL CICLO A COMPRESSIONE, MA SI RENDE NECESSARIA L'INTRODUZIONE DI ENERGIA TERMICA AD UNA TEMPERATURA DI:

- 90°C o 120°C NEL CICLO MONOSTADIO (COP = 0,65 - 0,70)
- 160°C (VAPORE SATURO A 8 BAR) NEL CICLO BISTADIO (COP = 1,10 – 1,15)

ESISTONO ANCHE CICLI AD ASSORBIMENTO A FIAMMA DIRETTA, ALIMENTATI A GAS NATURALE. IN QUESTI GRUPPI, NON E' NECESSARIO L'IMPIEGO DI UN FLUIDO TERMOVETTORE AD ALTA TEMPERATURA PER L'INTRODUZIONE DI CALORE NEL CICLO.

## CICLO FRIGORIFERO AD ASSORBIMENTO

COME FLUIDI PER CICLI AD ASSORBIMENTO SI UTILIZZANO PRINCIPALMENTE:

- ACQUA + BROMURO DI LITIO
- AMMONIACA + ACQUA

<b>SOLVENTE</b>	<b>SOLUTO</b>	<b>REFRIGERANTE</b>
ACQUA	BROMURO DI LITIO	ACQUA
ACQUA	AMMONIACA	AMMONIACA

## CICLO FRIGORIFERO AD ASSORBIMENTO

IL COEFFICIENTE DI EFFETTO FRIGORIFERO PER IL CICLO AD ASSORBIMENTO SI ESPRIME NEL MODO SEGUENTE:

$$\text{COP} = q_1 / q_3$$

$q_1 =$  ENERGIA TERMICA SPECIFICA SOTTRATTA ALL'UTENZA

$q_3 =$  ENERGIA TERMICA SPECIFICA CONSUMATA