

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

ESISTONO DUE TIPOLOGIE DI CICLI FRIGORIFERI:

- CICLO FRIGORIFERO A COMPRESSIONE
- CICLO FRIGORIFERO AD ASSORBIMENTO

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.

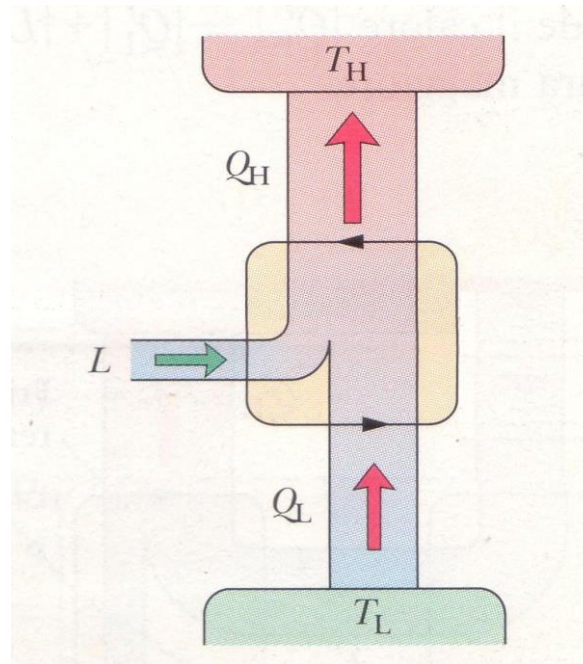
L'ENERGIA TERMICA Q_H RIVERSATA ALLA SORGENTE CALDA E':

$$Q_H = Q_L + L$$

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 RICA VA POI IL NUMERO DI ATOMI DI CLORO CON LA FORMULA:

$$n_{Cl} = 2n_C + 2 - 2n_H - n_F$$

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

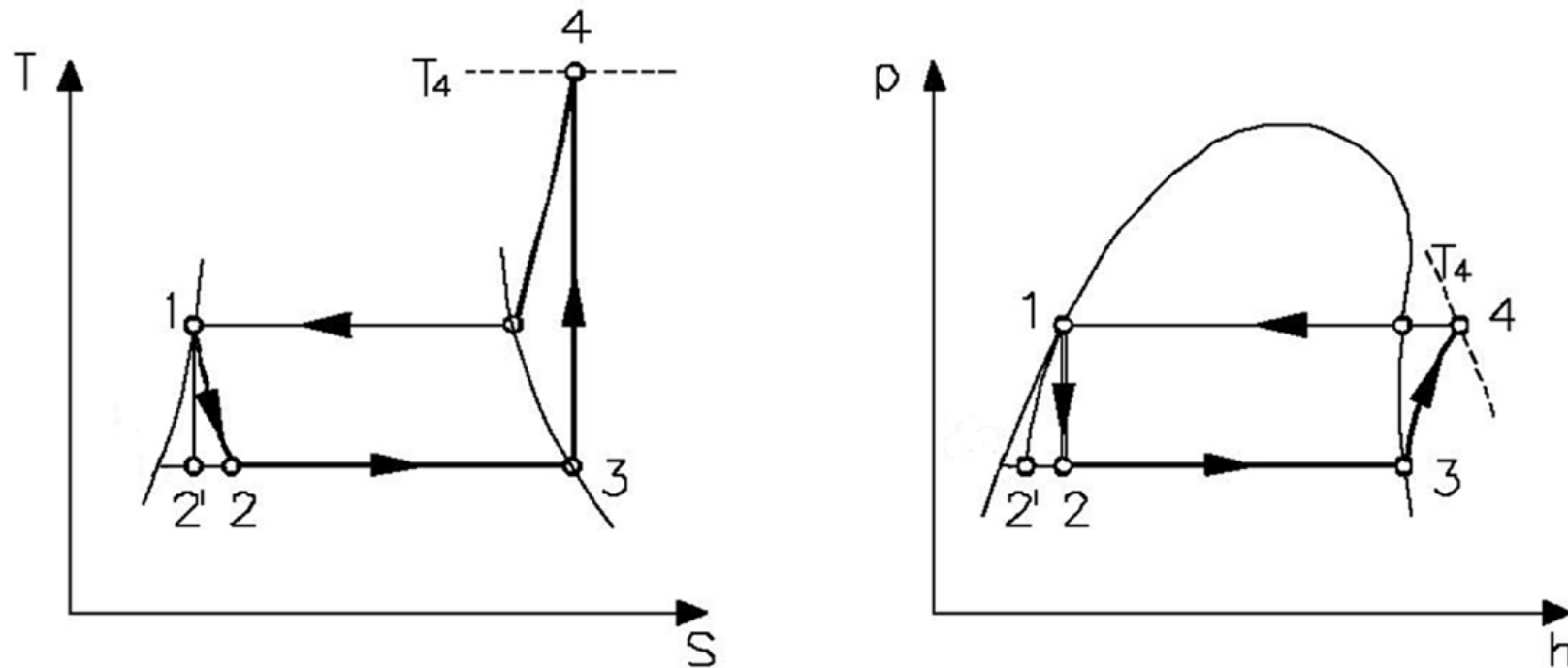
QUESTI FLUIDI SONO RITENUTI I PRINCIPALI RESPONSABILI DELL'ALLARGAMENTO DEL BUCO DELL'OZONO IN ATMOSFERA, PER CUI VENGONO PROGRESSIVAMENTE SOSTITUITI CON ALTRI CHE HANNO MINOR IMPATTO AMBIENTALE

TERMODINAMICA DEL CICLO FRIGORIFERO A COMPRESSIONE

IL CICLO FRIGORIFERO A COMPRESSIONE VIENE GENERALMENTE STUDIATO NEL PIANO TERMODINAMICO $p - h$.

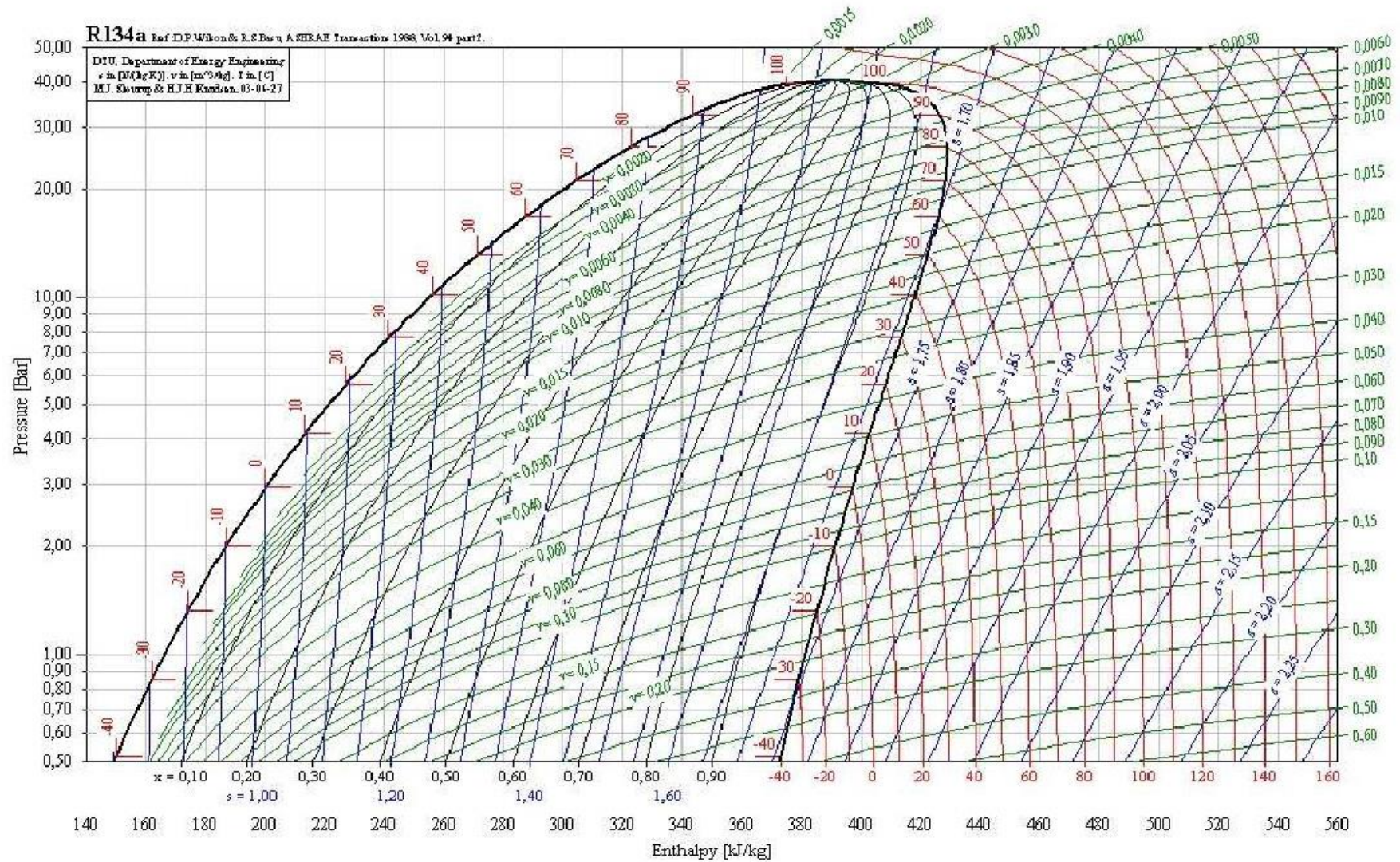
COME DETTO, E' UN CICLO CHIUSO OPERATORE, PERCORSO IN SENSO ANTIORARIO, SOSTANZIALMENTE SIMILE A UN CICLO RANKINE PERCORSO IN SENSO INVERSO.

CICLO FRIGORIFERO A COMPRESSIONE



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

CICLO FRIGORIFERO A COMPRESIONE



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, IL LAVORO INTRODOTTTO NEL CICLO E' FORTEMENTE RIDOTTO (A VALORI QUASI TRASCURABILI) RISPETTO AL CICLO A COMPRESSIONE.

PER CONTRO, SI RENDE NECESSARIA L'INTRODUZIONE DI ENERGIA TERMICA AD UNA TEMPERATURA DI:

- 90°C o 120°C NEL CICLO MONOSTADIO (COP = 0,75)
- 160°C (VAPORE SATURO A 8 BAR) NEL CICLO BISTADIO (COP = 1,40)

ESISTONO ANCHE CICLI AD ASSORBIMENTO A FIAMMA DIRETTA, ALIMENTATI A GAS NATURALE. IN QUESTI GRUPPI, IL CALORE E' FORNITO DIRETTAMENTE DALLA COMBUSTIONE E NON E' NECESSARIO L'IMPIEGO DI UN FLUIDO TERMOMETTORE 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

SOLVENTE	SOLUTO	REFRIGERANTE
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:

$$\text{COP} = Q_E / Q_G$$

- Q_E = ENERGIA TERMICA SOTTRATTA NELL'EVAPORATORE
(EQUIVALE A QUELLA SOTTRATTA ALL'UTENZA)ALL'UTENZA
- Q_G = ENERGIA TERMICA FORNITA AL GENERATORE
(CIOE' CONSUMATA)

IL CALORE DA ASPORTARE, TRAMITE TORRE DI RAFFREDDAMENTO, E' PARI ALLA SOMMA $Q_E + Q_G$