

DIAGRAMMA DI MOLLIER

TABELLE DEL VAPOR D'ACQUA

DIAGRAMMA DI MOLLIER DEL VAPORE D'ACQUA

RAPPRESENTA I VALORI DELLE VARIABILI TERMODINAMICHE DEL VAPORE D'ACQUA IN UN PIANO h (ASSE Y) / s (ASSE X)

h = ENTALPIA SPECIFICA - (kcal/kg o kJ/kg)

s = ENTROPIA SPECIFICA - (kcal/kg K o kJ/kg K)

NEL PIANO h - s SONO TRACCIATE LA CURVA LIMITE E INOLTRE LE LINEE:

- A PRESSIONE COSTANTE (p - bar oppure ata)
- A TEMPERATURA COSTANTE (T - °C)
- A VOLUME SPECIFICO COSTANTE (v - mc/kg)
- A TITOLO COSTANTE (x - kg vapore / kg totali)

DIAGRAMMA DI MOLLIER DEL VAPORE D'ACQUA

LA CONOSCENZA DEI VALORI DI DUE QUALUNQUE DELLE VARIABILI TERMODINAMICHE DI UN SISTEMA PERMETTE DI INDIVIDUARNE IL PUNTO RAPPRESENTATIVO NEL DIAGRAMMA E, PERTANTO, DI LEGGERE I VALORI DI TUTTE LE ALTRE VARIABILI

NOTA: AL DI SOTTO DELLA CURVA LIMITE QUESTO NON VALE PER LA COPPIA p - T , PERCHE' IL PASSAGGIO DI STATO AVVIENE A p E T COSTANTI – IN TAL CASO, SERVE UNA COPPIA DI VALORI DOVE ALMENO UNO NON SIA p O T

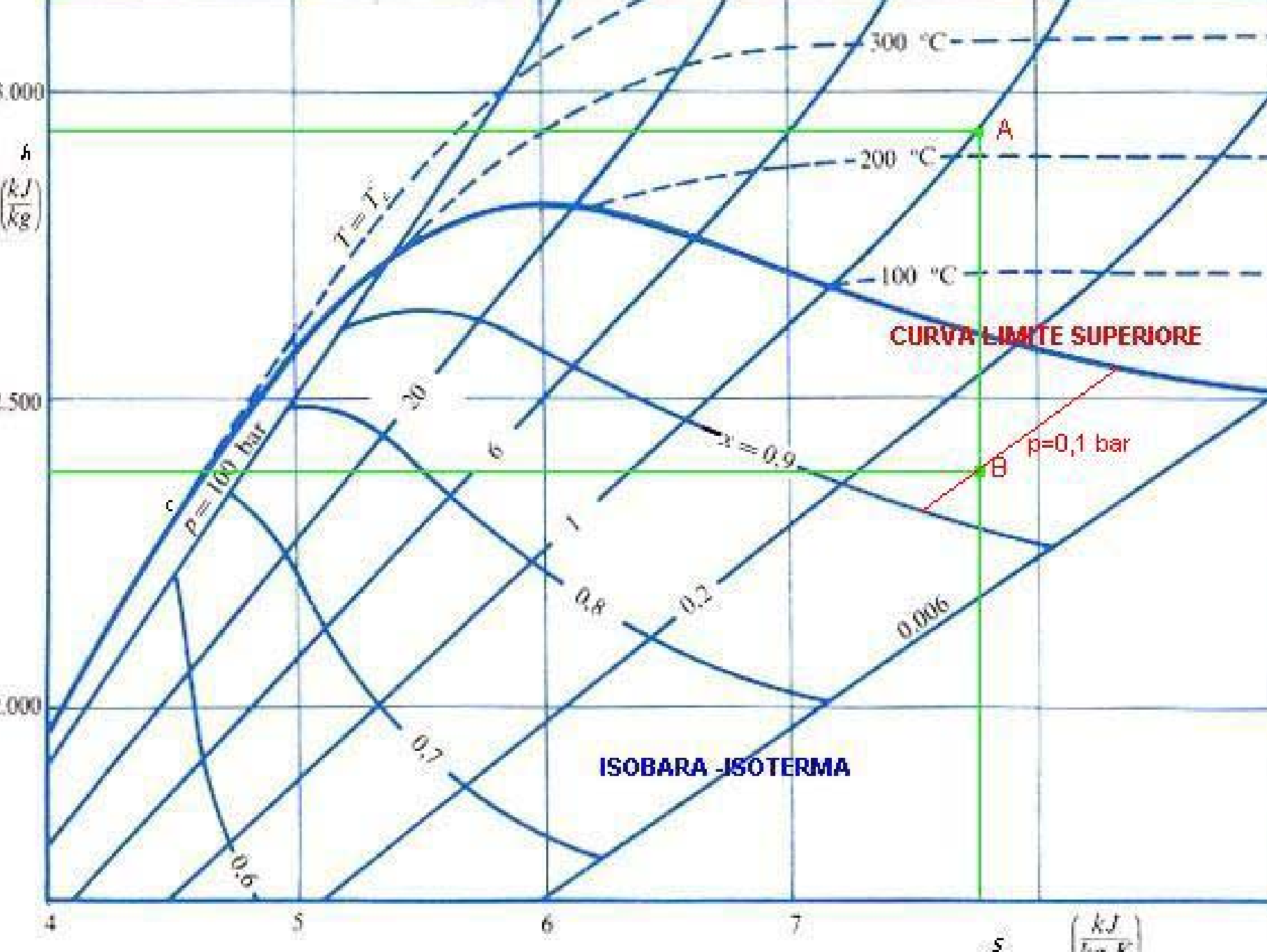


DIAGRAMMA DI MOLLIER DEL VAPORE D'ACQUA

NEL PIANO h / s E' TRACCIATA PARTE DELLA CURVA LIMITE (LA PARTE ALLA DESTRA DEL PUNTO CRITICO), CHE LO DIVIDE IN DUE PARTI

AL DI SOTTO DELLA CURVA LIMITE SONO TRACCIATE LE CURVE:

- A PRESSIONE / TEMPERATURA COSTANTE
- A VOLUME SPECIFICO COSTANTE
- A TITOLO COSTANTE

AL DI SOPRA DELLA CURVA LIMITE SONO TRACCIATE LE CURVE:

- A PRESSIONE COSTANTE
- A TEMPERATURA COSTANTE
- A VOLUME SPECIFICO COSTANTE

DIAGRAMMA DI MOLLIER DEL VAPORE D'ACQUA

AL DI SOTTO DELLA CURVA LIMITE COESISTONO LIQUIDO E VAPORE, IN CONDIZIONI DI CAMBIAMENTO DI FASE, CHE AVVIENE A PRESSIONE E TEMPERATURA COSTANTI

PERTANTO LE CURVE A PRESSIONE E TEMPERATURA COSTANTE COINCIDONO

SUL DIAGRAMMA, AL DI SOTTO DELLA CURVA LIMITE, PER QUESTE CURVE E' INDICATO SOLAMENTE IL VALORE DI PRESSIONE - IN CORRISPONDENZA DELLA CURVA LIMITE, DALL'ALTRO LATO, E' POSSIBILE LEGGERE I VALORI DI TEMPERATURA DELLE CURVE $T=\text{COSTANTE}$, CHE SI DIPARTONO DALLE CURVE $p=\text{COSTANTE}$ E CONOSCERE, PERTANTO, IL VALORE DI TEMPERATURA CORRISPONDENTE AD OGNI PRESSIONE DI SATURAZIONE

IL TITOLO RAPPRESENTA LA FRAZIONE DI VAPORE RISPETTO ALLA MASSA TOTALE - LA CURVA LIMITE COINCIDE OVVIAMENTE CON LA CURVA $x = 1$ (VAPORE SATURO)

AL DI SOPRA DELLA CURVA LIMITE SI TROVA LA ZONA DEL VAPORE SURRISCALDATO (LA SUA TEMPERATURA E' MAGGIORE DI QUELLA DI SATURAZIONE, IN CORRISPONDENZA DELLA PRESSIONE ASSEGNATA)

TABELLE DEL VAPORE D'ACQUA

RAPPRESENTANO I VALORI DELLE VARIABILI TERMODINAMICHE DEL VAPOR D'ACQUA, SIA NELLA ZONA DEL PASSAGGIO DI STATO, SIA AL DI FUORI DELLA CURVA LIMITE

SONO RIPORTATI I VALORI DI:

T = TEMPERATURA - ($^{\circ}\text{C}$)

p = PRESSIONE - (MPa OPPURE kPa)

v = VOLUME MASSICO - (m^3/kg)

h = ENTALPIA SPECIFICA - (kJ/kg)

s = ENTROPIA SPECIFICA - (kJ/kg K)

TABELLE DEL VAPORE D'ACQUA

TABELLA A.1 - LIQUIDO / VAPORE SATURO

GRANDEZZA D'INGRESSO: TEMP. SATURAZIONE

NELLE ALTRE COLONNE LEGGO:

p PRESSIONE DI SATURAZIONE CORRISPONDENTE ALLA TEMPERATURA DELLA PRIMA COLONNA

v SONO RIPORTATI I DUE VALORI:

- v_L PER IL LIQUIDO SATURO
- v_G PER IL VAPORE SATURO

h SONO RIPORTATI I TRE VALORI:

- h_L PER IL LIQUIDO SATURO
- Dh_{FG} DIFFERENZA DI ENTALPIA FRA VAPORE E LIQUIDO SATURO = CALORE DI EVAPORAZIONE
- h_G PER IL VAPORE SATURO

s SONO RIPORTATI I TRE VALORI:

- s_L PER IL LIQUIDO SATURO
- Ds_{FG} DIFFERENZA DI ENTROPIA FRA VAPORE E LIQUIDO SATURO
- s_G PER IL VAPORE SATURO

TABELLE DEL VAPORE D'ACQUA

TABELLA A.2 - LIQUIDO / VAPORE SATURO

GRANDEZZA D'INGRESSO: PRESSIONE DI SATURAZIONE

E' ANALOGA ALLA TABELLA A.1, CON L'UNICA DIFFERENZA CHE E'
SCAMBIATO L'ORDINE DELLE PRIME DUE COLONNE

TABELLE DEL VAPORE D'ACQUA

TABELLA A.3.1 - VAPORE SURRISCALDATO

VI SONO TABELLE PER DIVERSI VALORI DI PRESSIONE

GRANDEZZA D'INGRESSO: TEMPERATURA

NELLE ALTRE COLONNE LEGGO v , h , s

TABELLA A.3.2 – LIQUIDO COMPRESSO

E' ANALOGA ALLA TABELLA A.3.1, MA PER IL LIQUIDO VI SONO ALCUNE PARTICOLARITA':

- v E' ALL'INCIRCA COSTANTE (circa $1 \text{ dm}^3/\text{kg}$)
- A PARITA' DI p , LA VARIAZIONE Dh SI CALCOLA (APPROSSIMATIVAMENTE) DA:
 $Dh = C_p DT$ (buona precisione per $T < 100^\circ\text{C}$)
- A PARITA' DI T , LA VARIAZIONE Dh SI CALCOLA (APPROSSIMATIVAMENTE) DA:
 $Dh = v Dp$ (la formula non è molto precisa ma dà una prima approssimazione)

TABELLE DEL VAPORE D'ACQUA

SOTTO LA CURVA LIMITE, IL VALORE DI UNA QUALSIASI GRANDEZZA ESTENSIVA W (ad esempio: V , H , S) E' DATO DA:

$$W = m_L w_L + m_V w_V$$

DIVIDENDO PER LA MASSA TOTALE m SI TROVANO I VALORI SPECIFICI DELLA GRANDEZZA ESTENSIVA:

$$w = (1 - X) w_L + X w_V$$

$$w = w_L + X D w_{LV}$$

$X = m_V / m =$ TITOLO

$D w_{LV} = w_V - w_L =$ VARIAZIONE DELLA GRANDEZZA w FRA VAPORE E LIQUIDO

SOTTO LA CURVA LIMITE:

- SE SI CONOSCONO X e T o P , LE TABELLE A.1 ED A.2 PERMETTONO IL CALCOLO DI v , h , s
- SE SI CONOSCONO T o P ED UNA GRANDEZZA ESTENSIVA LE TABELLE A.1 ED A.2 PERMETTONO IL CALCOLO DI X E DELLE ALTRE GRANDEZZE

TABELLE DEL VAPORE D'ACQUA

ESEMPIO DI CALCOLO SOTTO LA CURVA LIMITE, QUANDO SI CONOSCONO
X e T o P:

$$P = 25 \text{ kPa}$$

$$X = 0,7$$

dalla tabella A.2 si ricavano $T = 65^\circ\text{C}$ e i valori delle altre grandezze per il liquido saturo e per il vapore saturo alla pressione di 25 kPa e quindi attraverso il valore del Titolo X si calcolano i valori effettivi delle grandezze

$$v = (1-X) \cdot v_l + X \cdot v_v = (1-0,7) \cdot 0,001020 + 0,7 \cdot 6,197$$

$$v = 0,000306 + 4,3379 = 4,338 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$h = (1-X) \cdot h_l + X \cdot h_v = (1-0,7) \cdot 271,93 + 0,7 \cdot 2618,2$$

$$h = 81,58 + 1832,74 = 1914,32 \text{ kJ/kg}$$

$$s = (1-X) \cdot s_l + X \cdot s_v = (1-0,7) \cdot 0,8935 + 0,7 \cdot 7,831$$

$$s = 0,26805 + 5,4817 = 5,7498 \text{ kJ/kg K}$$

TABELLE DEL VAPORE D'ACQUA

ESEMPIO DI CALCOLO SOTTO LA CURVA LIMITE, QUANDO SI CONOSCONO T o P ED UNA GRANDEZZA ESTENSIVA:

$$T = 25^{\circ}\text{C}$$

$$h = 2500 \text{ kJ/kg}$$

dalla tabella A.1 si ricavano $p = 3,169 \text{ kPa}$ e i valori dell'entalpia del liquido saturo e del vapore saturo alla temperatura di 25°C e quindi si calcola il Titolo X

$$X = (h - h_l) / (h_v - h_l) = (2500 - 104,89) / (2547,2 - 104,89)$$

$$X = 2395,11 / 2442,31 = 0,981$$

noto X si possono calcolare il volume e l'entropia

$$v = (1-X) \cdot v_l + X \cdot v_v = (1-0,981) \cdot 0,001003 + 0,981 \cdot 43,36$$

$$v = 0,000019057 + 42,53616 = 42,536 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$s = (1-X) \cdot s_l + X \cdot s_v = (1-0,981) \cdot 0,3674 + 0,981 \cdot 8,5580$$

$$s = 0,0069806 + 8,395398 = 8,4024 \text{ kJ/kg K}$$

TABELLE DEL VAPORE D'ACQUA

ESEMPIO DI CALCOLO DI VAPORE SURRISCALDATO

$$p = 4 \text{ MPa}$$

$$T = 300^\circ\text{C}$$

dalla tabella A.2 si ricava che per $p = 4 \text{ MPa}$ la temperatura di saturazione è di 250°C e quindi a 300°C si tratta di vapore surriscaldato

uso la tabella A.3.1 – sulla riga di $T = 300^\circ\text{C}$ si leggono:

$$v = 0,05884 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$h = 2960,7 \text{ kJ/kg}$$

$$s = 6,3615 \text{ kJ/kg K}$$