

Capitolo 10

Applicazioni di psicrometria

Fisica Tecnica

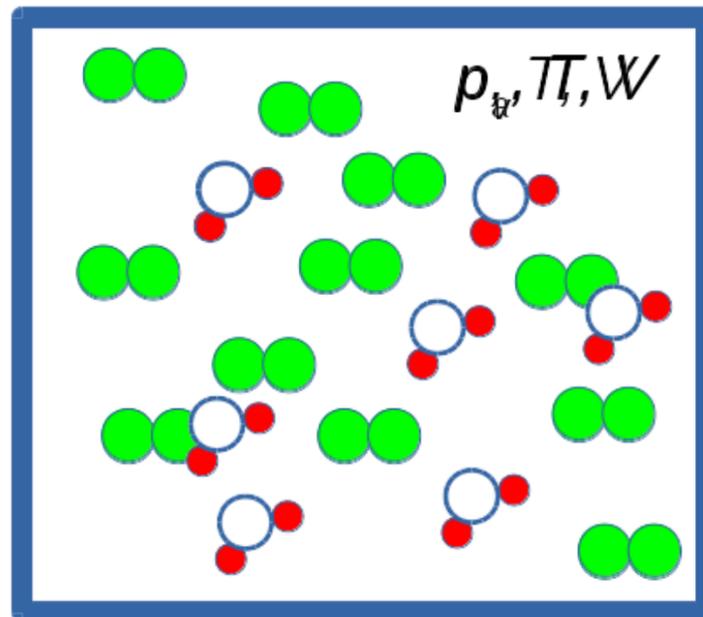
Ingegneria Navale – Ingegneria Civile e Ambientale

Ottobre 2023

Aria umida

- **Aria umida:** Il termine aria umida si riferisce a una miscela di aria secca e vapore acqueo in cui l'aria secca è trattata come se fosse una sostanza pura.
- **Aria umida come gas perfetto:** $T_{\text{ridotta aria}} \gg T_{\text{critica}}$ e $p_{\text{ridotta}} \ll p_{\text{critica}}$
- **Miscela di gas perfetti:** sistema termodinamico costituito da una miscela omogenea di n componenti non reagenti allo stato gassoso, ciascuno dei quali si comporta come gas perfetto.
- All'equilibrio lo stato del sistema è determinato dal valore di due proprietà intensive/specifiche e dalla composizione del sistema.
- Grandezze specifiche riferite alla **massa di aria secca**

Aria Umida - Dalton



- Pressione parziale di un componente gassoso i -esimo di una miscela: pressione alla quale sarebbe sottoposto il componente i -esimo se occupasse da solo l'intero volume V occupato dalla miscela alla medesima temperatura T .

$$p = \frac{n \cdot \bar{R} \cdot T}{V}$$
$$p_{as} = \frac{n_{as} \cdot \bar{R} \cdot T}{V} = \frac{m_{as} \cdot R_{as} \cdot T}{V}$$
$$p_{vap} = \frac{n_{vap} \cdot \bar{R} \cdot T}{V} = \frac{m_{vap} \cdot R_{vap} \cdot T}{V}$$
$$p = p_{as} + p_{vap}$$

Aria Umida – frazione molare

Frazione molare: rapporto tra il numero di moli di un componente la miscela e il numero di moli totali.

$$p_{as} = \frac{n_{as} \cdot \bar{R} \cdot T}{V} = \frac{m_{as} \cdot R_{as} \cdot T}{V}$$

$$p_{vap} = \frac{n_{vap} \cdot \bar{R} \cdot T}{V} = \frac{m_{vap} \cdot R_{vap} \cdot T}{V}$$

$$p = \frac{n \cdot \bar{R} \cdot T}{V}$$

$$n = n_{as} + n_{vap}$$

$$m = m_{as} + m_{vap}$$

Frazione molare
dell'aria secca

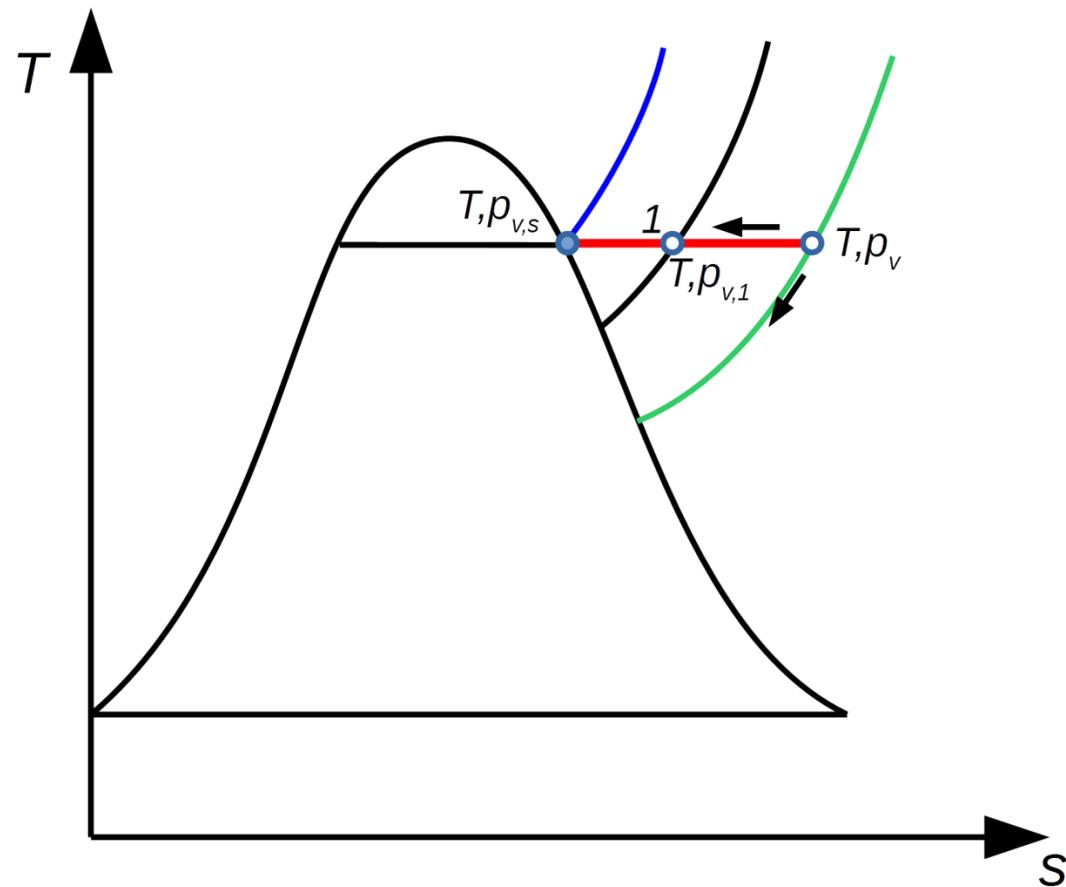
Frazione molare
del vapor acqueo

$$\frac{p_{as}}{p} = \frac{n_{as} \cdot \bar{R} \cdot T / V}{n \cdot \bar{R} \cdot T / V} = \frac{n_{as}}{n} = X_{as}$$

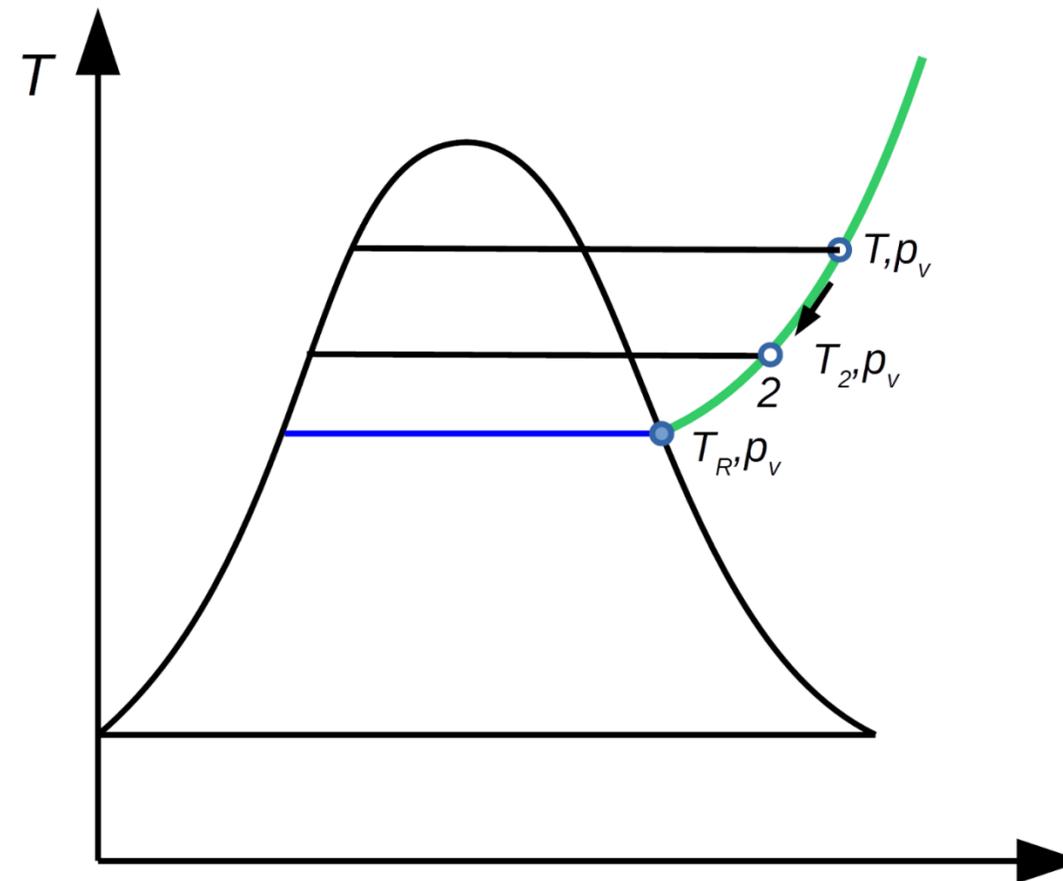
$$\frac{p_{vap}}{p} = \frac{n_{vap} \cdot \bar{R} \cdot T / V}{n \cdot \bar{R} \cdot T / V} = \frac{n_{vap}}{n} = X_{vap}$$

Condensazione del vapore

Aumento moli del vapore



Raffreddamento dell'aria



Umidità assoluta, o specifica

$$\omega = \frac{m_{vap}}{m_{as}} = \frac{M_{vap} \cdot p_{vap} \cdot V / (\bar{R} \cdot T)}{M_{as} \cdot p_{as} \cdot V / (\bar{R} \cdot T)} = \frac{M_{vap} \cdot p_{vap}}{M_{as} \cdot p_{as}} \quad \omega = 0.622 \cdot \frac{p_{vap}}{p - p_{vap}}$$

$$m_{vap} = M_{vap} \cdot n_{vap}$$

$$p_{vap} \cdot V = n_{vap} \cdot \bar{R} \cdot T \Rightarrow n_{vap} = \frac{p_{vap} \cdot V}{\bar{R} \cdot T}$$

$$m_{as} = M_{as} \cdot n_{as}$$

$$p_{as} \cdot V = n_{as} \cdot \bar{R} \cdot T \Rightarrow n_{as} = \frac{p_{as} \cdot V}{\bar{R} \cdot T}$$

Umidità relativa

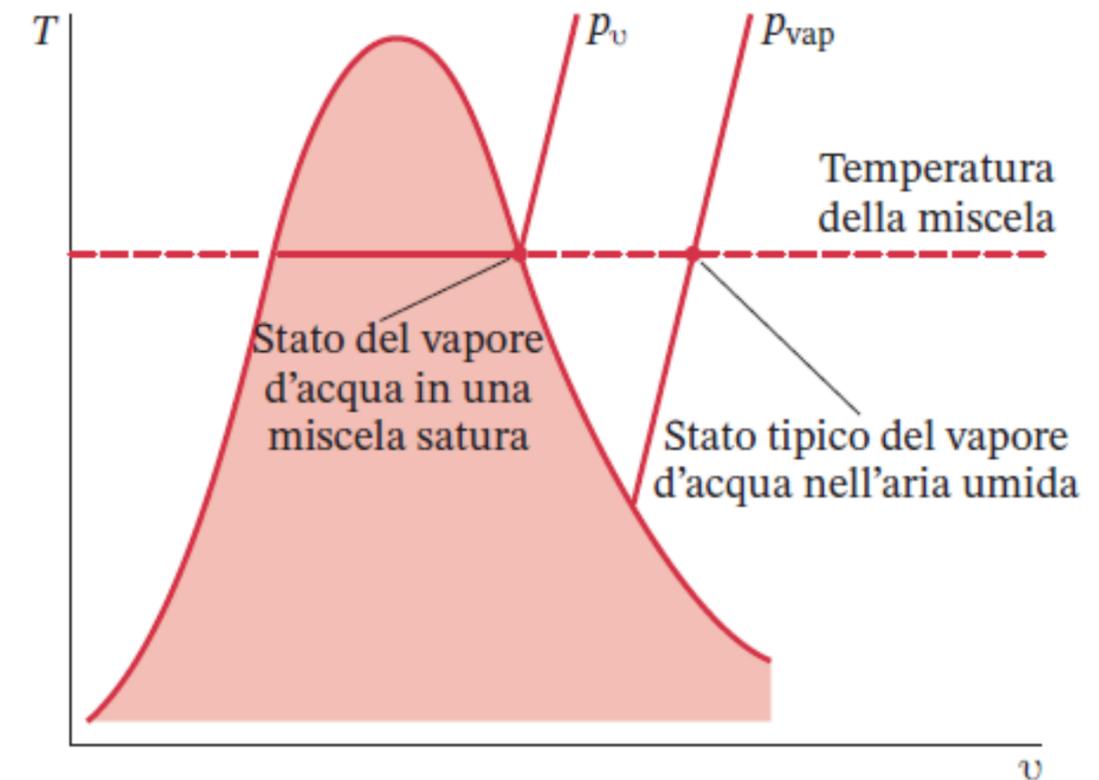
$$\phi = \frac{m_{vap}}{m_v} = \frac{M_{vap} \cdot p_{vap} \cdot V / (\bar{R} \cdot T)}{M_{vap} \cdot p_v \cdot V / (\bar{R} \cdot T)} = \frac{p_{vap}}{p_v}$$

$$m_{vap} = M_{vap} \cdot n_{vap}$$

$$p_{vap} \cdot V = n_{vap} \cdot \bar{R} \cdot T \Rightarrow n_{vap} = \frac{p_{vap} \cdot V}{\bar{R} \cdot T}$$

$$m_v = M_{vap} \cdot n_v$$

$$p_v \cdot V = n_v \cdot \bar{R} \cdot T \Rightarrow n_v = \frac{p_v \cdot V}{\bar{R} \cdot T}$$



$$\phi = \frac{p_{vap}}{p_v(T)} \Big|_T \rightarrow \omega = 0,622 \cdot \frac{\phi \cdot p_v(T)}{p - \phi \cdot p_v(T)}$$

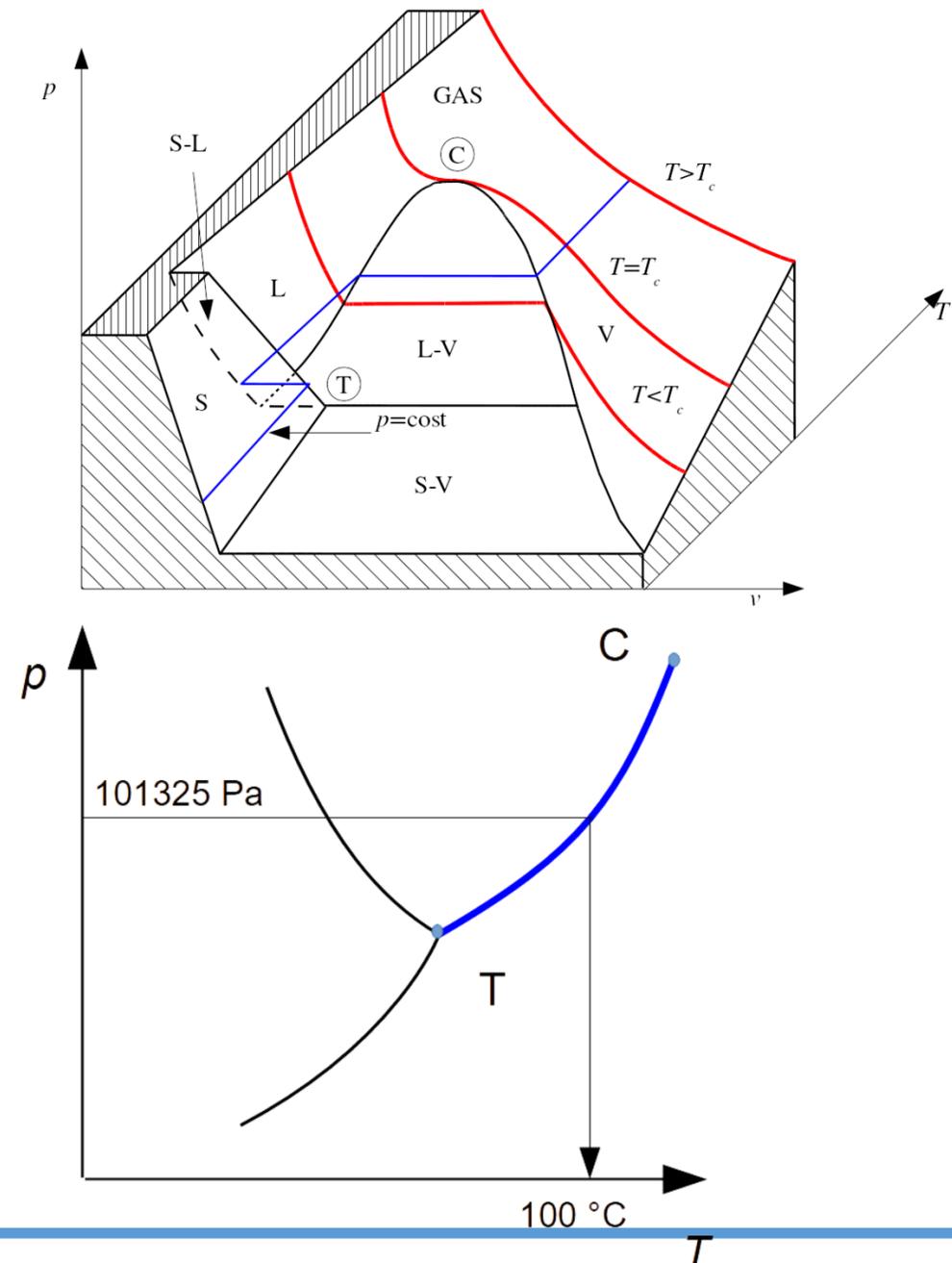
Calcolo della pressione di saturazione

- La pressione di saturazione è funzione della sola temperatura
- Può essere calcolata con le seguenti relazioni

$$p_v(t) = 610,5 \cdot e^{\frac{17,269 \cdot t}{237,3+t}} \text{ per } t \geq 0 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$p_v(t) = 610,5 \cdot e^{\frac{21,875 \cdot t}{265,5+t}} \text{ per } t < 0 \text{ } ^\circ\text{C}$$

- Nelle relazioni da considerare t [$^\circ\text{C}$], p_v [Pa]



Entalpia aria umida

Entalpia di miscela (H) quantità estensiva

$$H = H_{as} + H_{vap} = m_{as} \cdot h_{as} + m_{vap} \cdot h_{vap}$$

Entalpia specifica di miscela (J)

$$J = \frac{H}{m_{as}} = h_{as} + \frac{m_{vap}}{m_{as}} \cdot h_{vap} = h_{as} + \omega \cdot h_{vap} \left(\frac{\text{kJ}}{\text{kg}_{as}} \right)$$

$$J = \frac{H}{m_{as}} = h_{as} + \frac{m_{vap}}{m_{as}} \cdot h_{vap} = h_{as} + \omega \cdot h_{vap} \left(\frac{\text{kJ}}{\text{kg}_{as}} \right)$$

$$h_{as} = c_{p,as}(T - 0^\circ \text{C}) = c_{p,as} \cdot t$$

Condizioni:

- vapore surriscaldato
- basse pressioni vapore (<10kPa)
- Le quantità specifiche sono riferite alla massa dell' **aria secca**

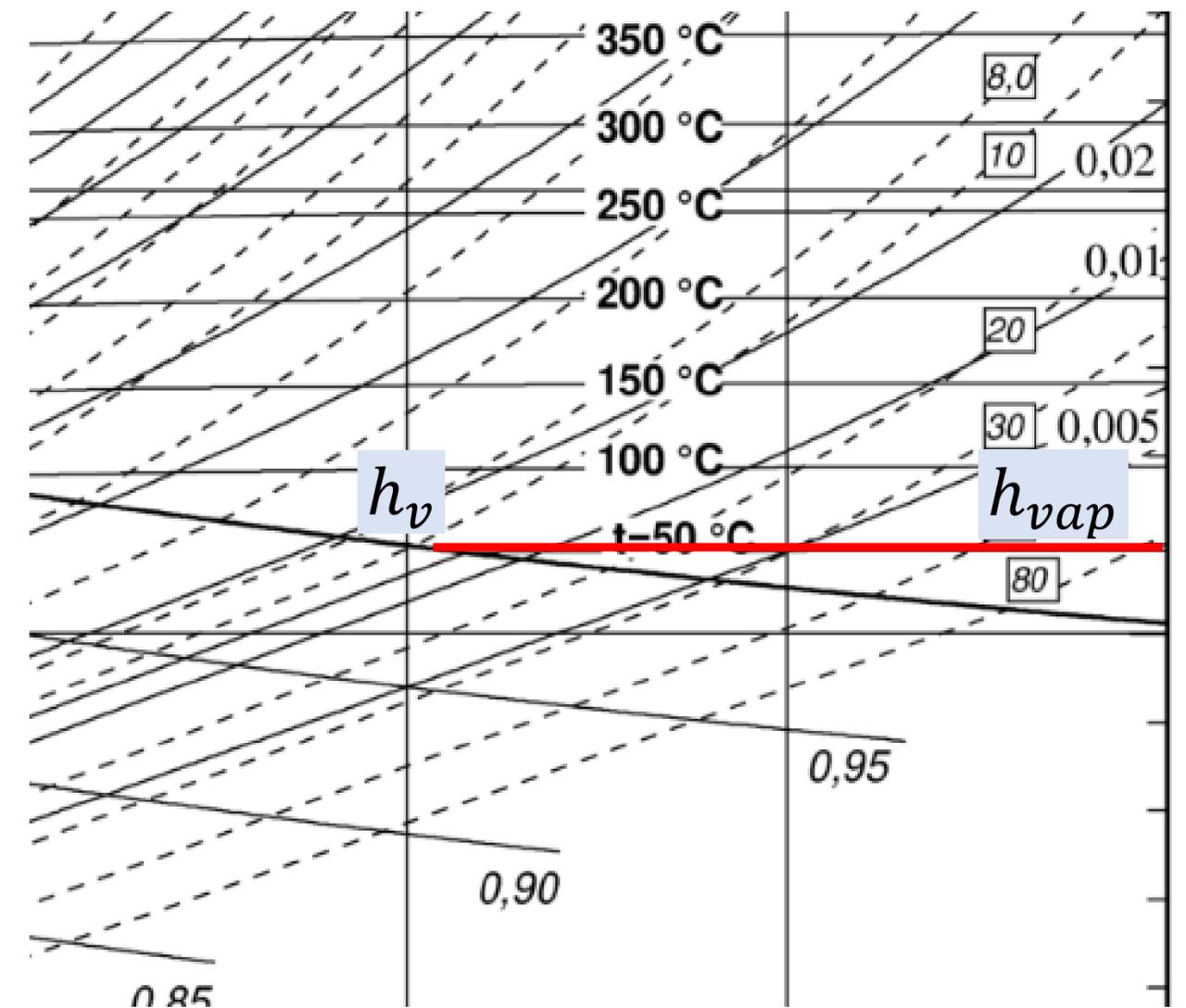


$$h_{vap} \approx h_v(T)$$

Entalpia del vapore saturo

Determinazione entalpia del vapore

- La pressione parziale del vapore è bassa
- Il comportamento è di gas ideale
- L'entalpia è funzione della sola temperatura $h_{vap} = h_v$
- Entalpia del vapore h_{vap}
- Entalpia del vapore saturo alla stessa temperatura h_v

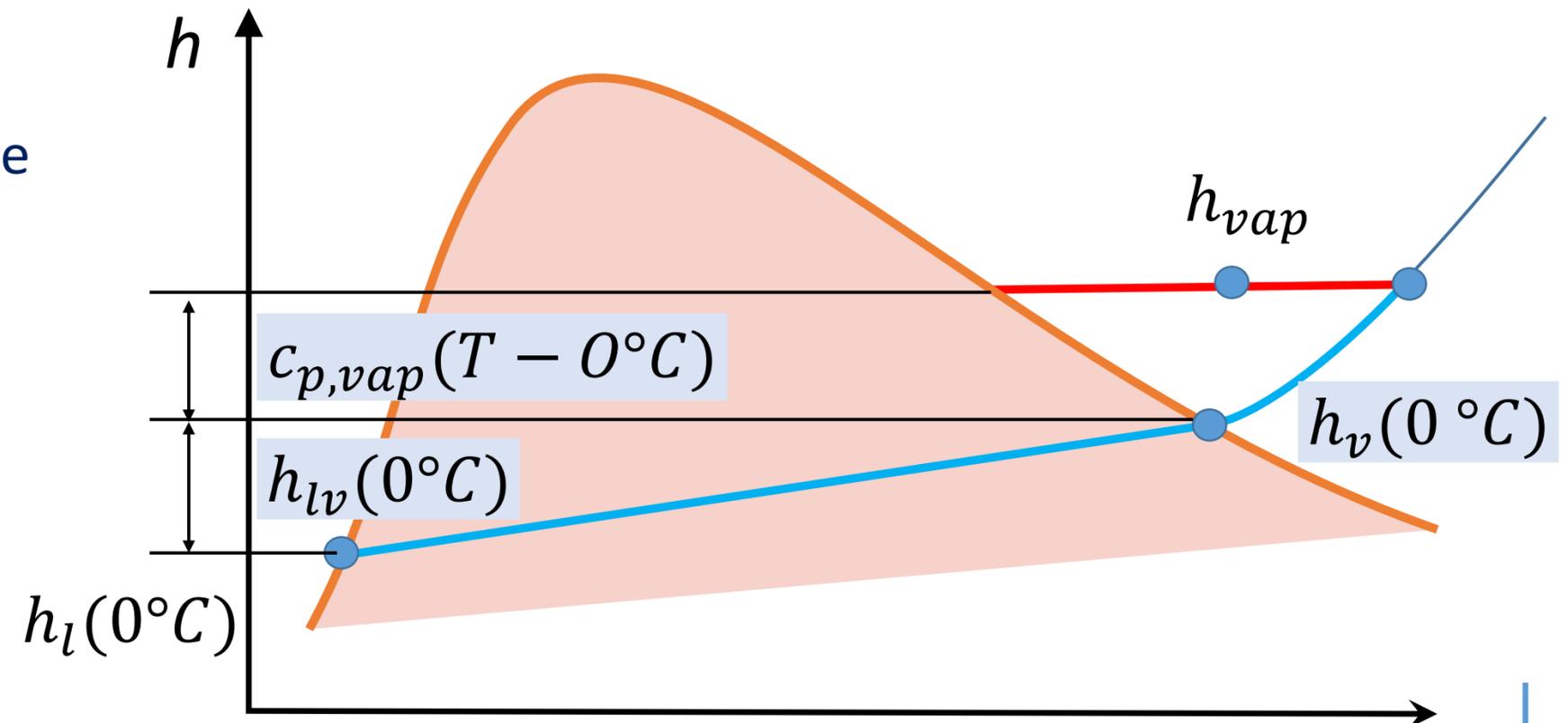


Determinazione entalpia del vapore

- Il comportamento è di gas ideale
- L'entalpia è funzione della sola temperatura
- Costruisco trasformazione da stato di riferimento ad uno stato alla stessa temperatura
- $h_l(0^\circ C) = 0$ entalpia sulla curva limita inferiore
- $h_{lv}(0^\circ C)$ calore latente di vaporizzazione
- $c_{p,vap}$ calore specifico del vapore

$$h_{lv} = 2501,3 \text{ kJ/kg}$$

$$c_{p,vap} = 1,875 \text{ kJ/(kg K)}$$



$$h_{vap} = h_l(0^\circ C) + h_{lv}(0^\circ C) + c_{p,vap}(T - 0^\circ C) \quad \longrightarrow \quad h_{vap} = h_{lv} + c_{p,vap} \cdot t$$

Entalpia specifica dell'aria umida

$$J = \frac{H}{m_{as}} = h_{as} + \frac{m_{vap}}{m_{as}} \cdot h_{vap} = h_{as} + \omega \cdot h_{vap} \left(\frac{\text{kJ}}{\text{kg}_{as}} \right)$$

$$J = c_{p,as} \cdot t + \omega \cdot (c_{p,vap} \cdot t + h_{lv})$$

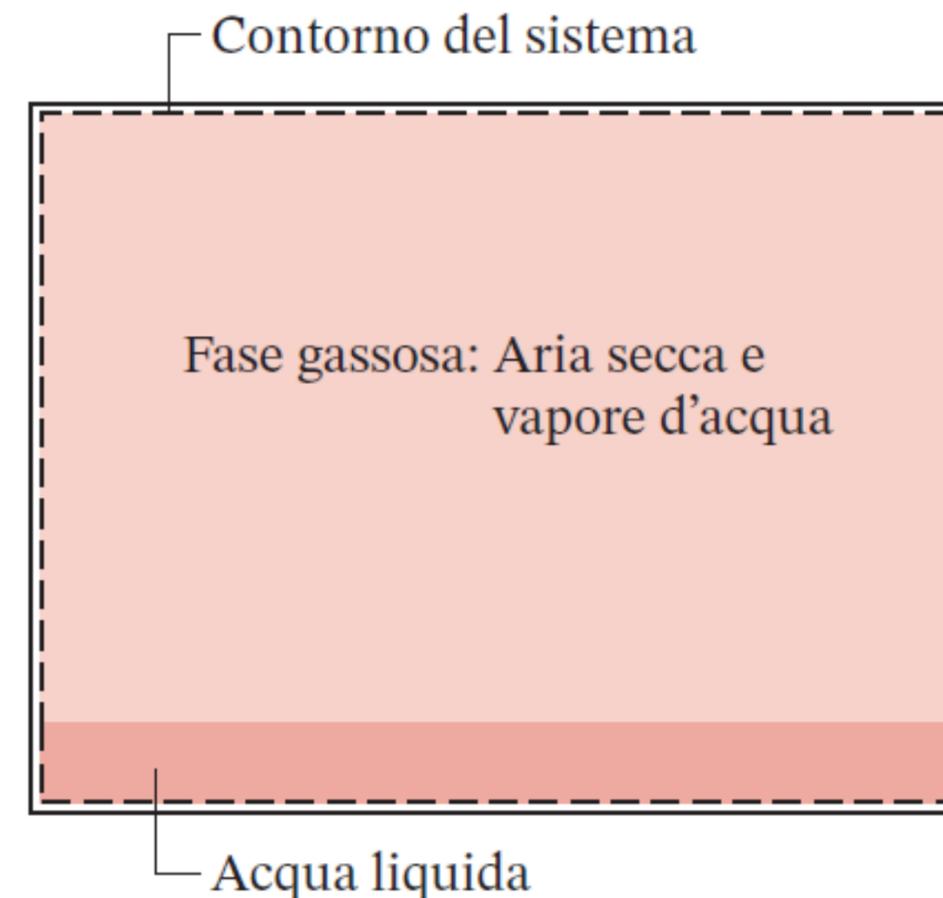
$$J = 1,005 \cdot t + \omega \cdot (1,875 \cdot t + 2501,3) \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

Condizioni:

- vapore surriscaldato
- basse pressioni vapore (<10kPa)
- Le quantità specifiche sono riferite alla massa dell' **aria secca**

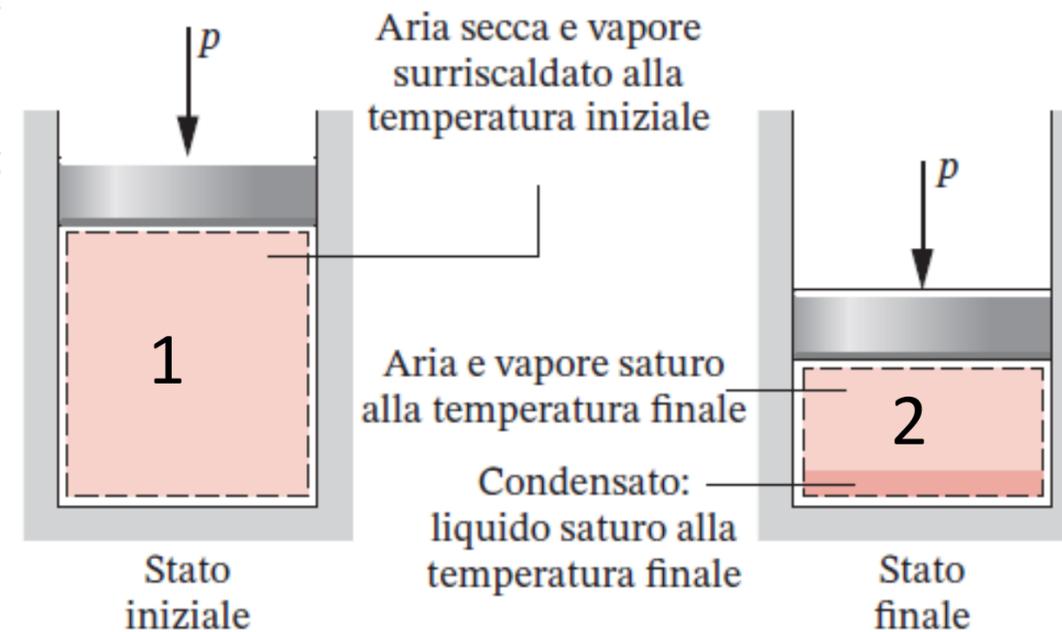
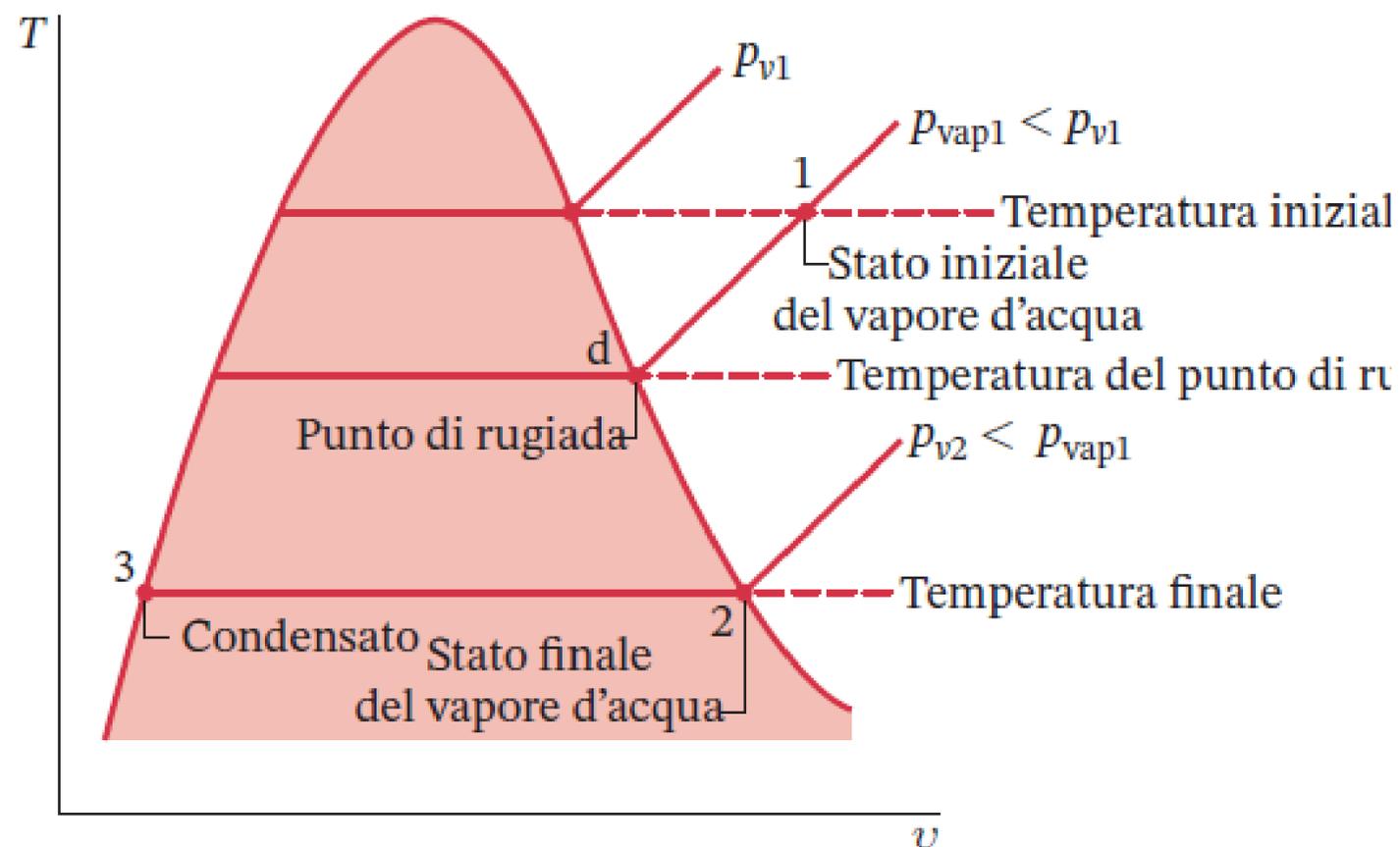
Modellizzazione aria umida in equilibrio con acqua liquida

- Se non sono consentite interazioni con l'ambiente circostante, il liquido evapora finché la fase gassosa si satura e il sistema raggiunge uno stato di equilibrio.
- L'aria non altera l'equilibrio del vapore
- **Idealizzazioni:**
 - Aria secca e vapore gas ideali
 - $p_{vap} = p_v(T)$



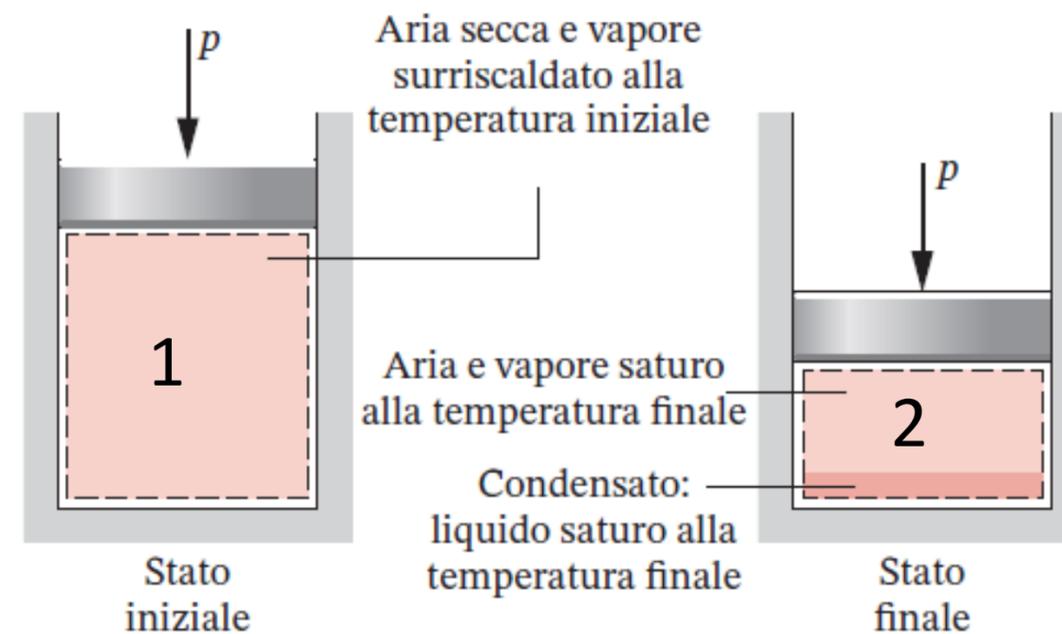
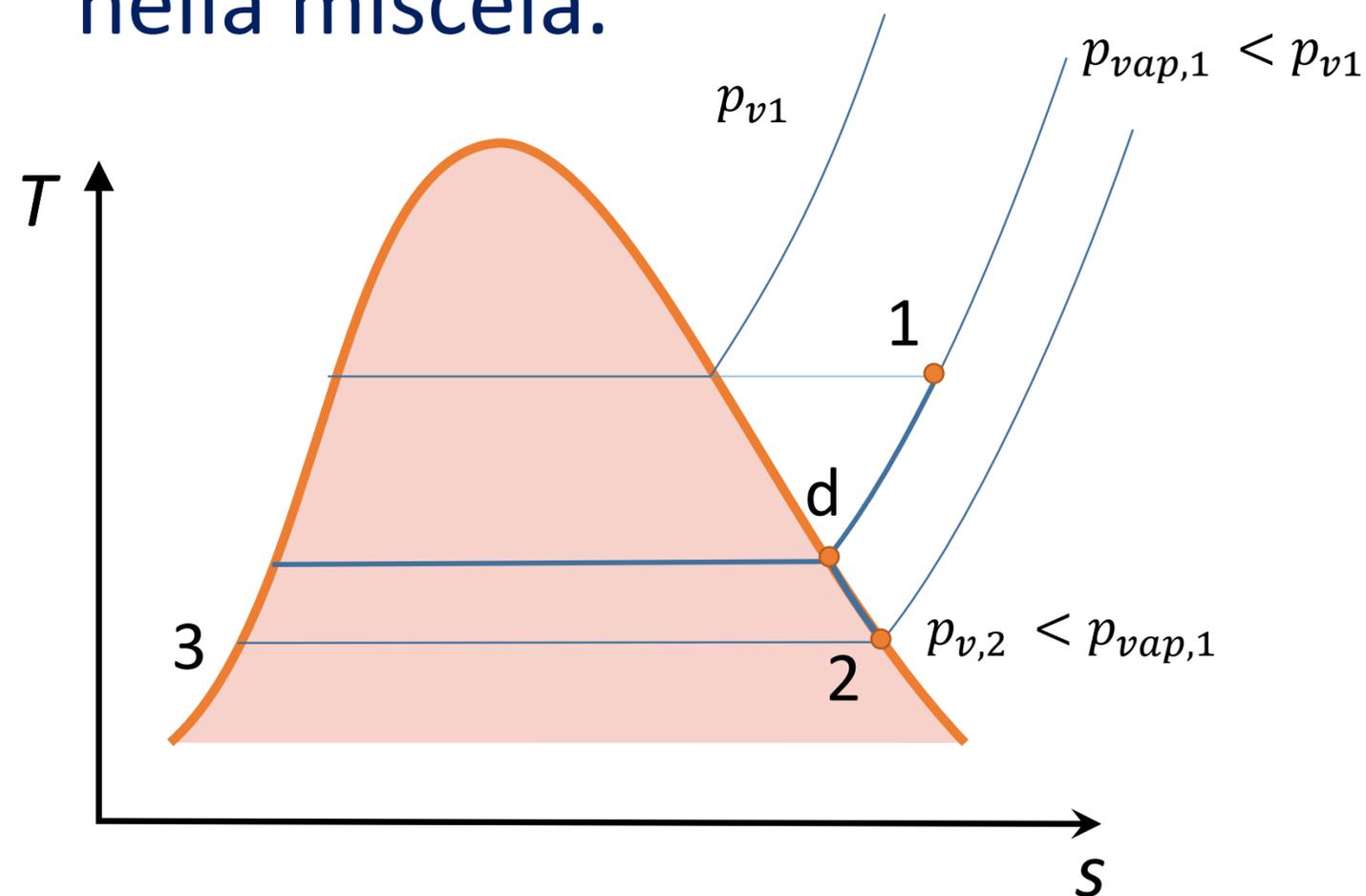
Temperatura di rugiada

- La **temperatura di rugiada** è la temperatura di saturazione del vapor d'acqua corrispondente alla pressione parziale del vapore



Temperatura di rugiada

- La **temperatura di rugiada** è la temperatura di saturazione del vapor d'acqua corrispondente alla pressione parziale del vapore nella miscela.



Temperatura di bulbo umido e di bulbo secco

- **Temperatura di bulbo umido:** temperatura misurata con un termometro il cui sensore, avvolto da una garza umida, è ventilato.
- **Temperatura di bulbo secco:** temperatura misurata con un termometro immerso nella miscela aria vapore.

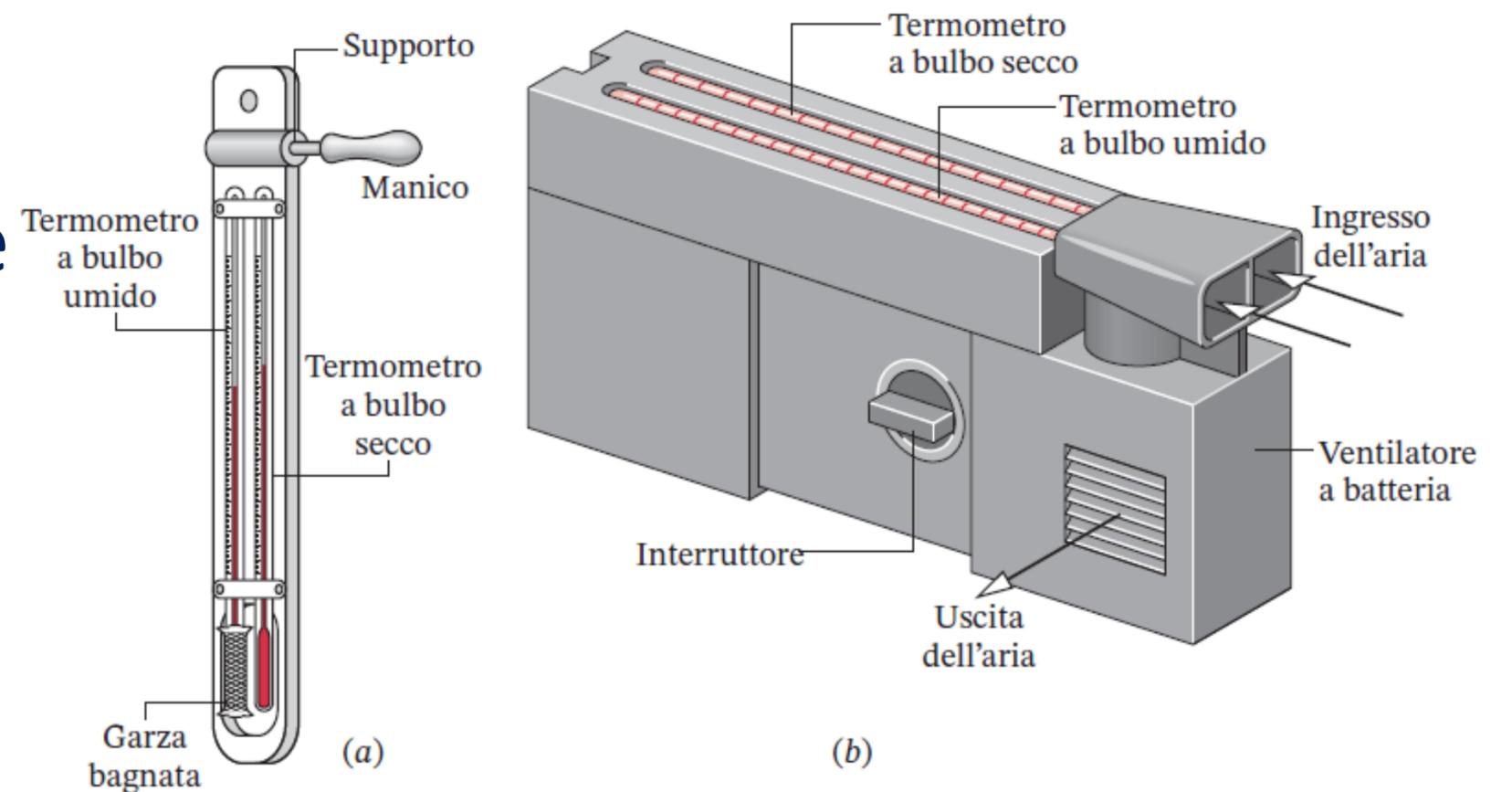


Diagramma psicrometrico Carrier

- Umidità relativa costante
- Curva di saturazione $\phi = 1$
- Isoentalpica
- Isocora
- Nel diagramma Carrier entalpie e curve a bulbo umido costante coincidono

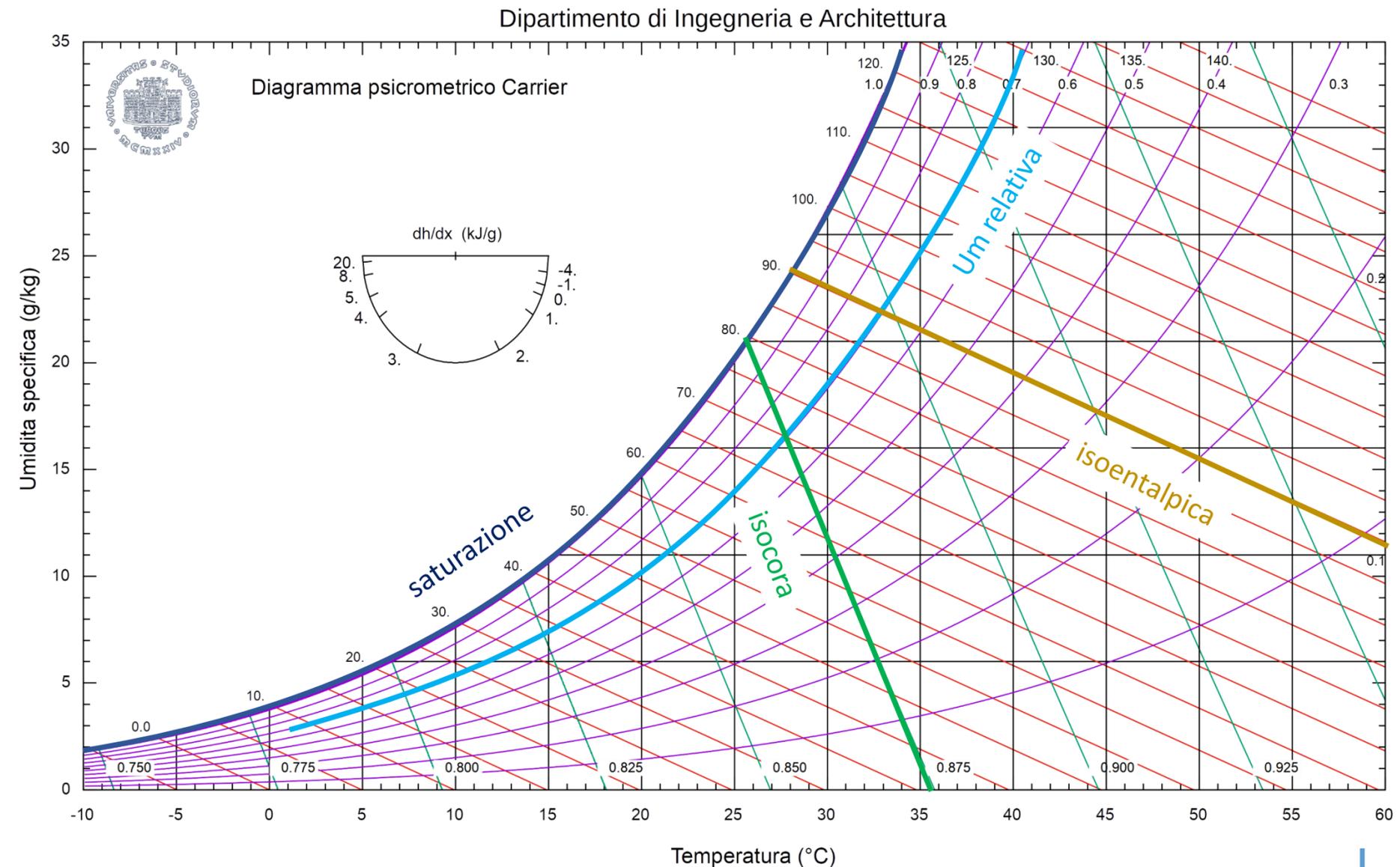
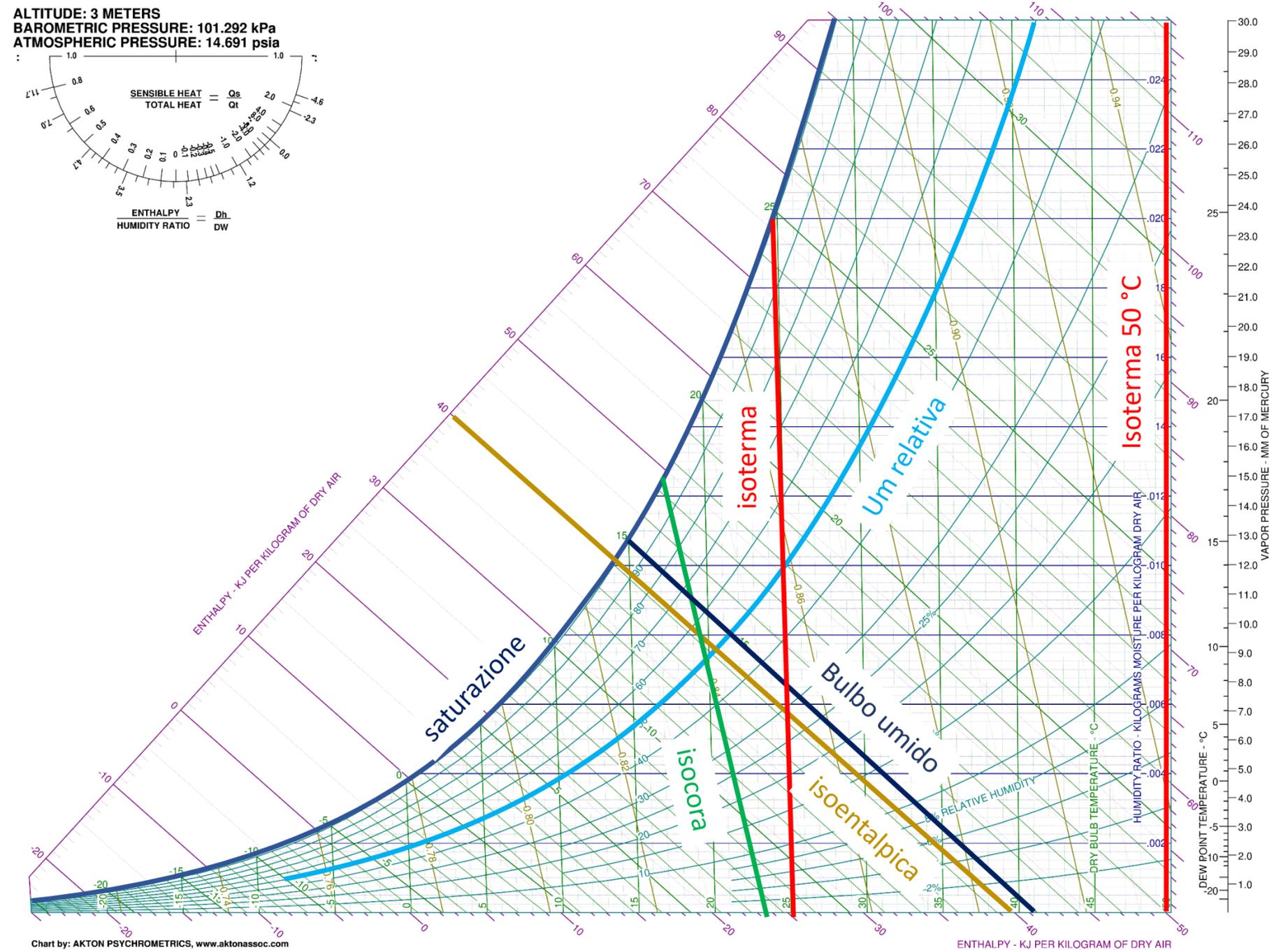


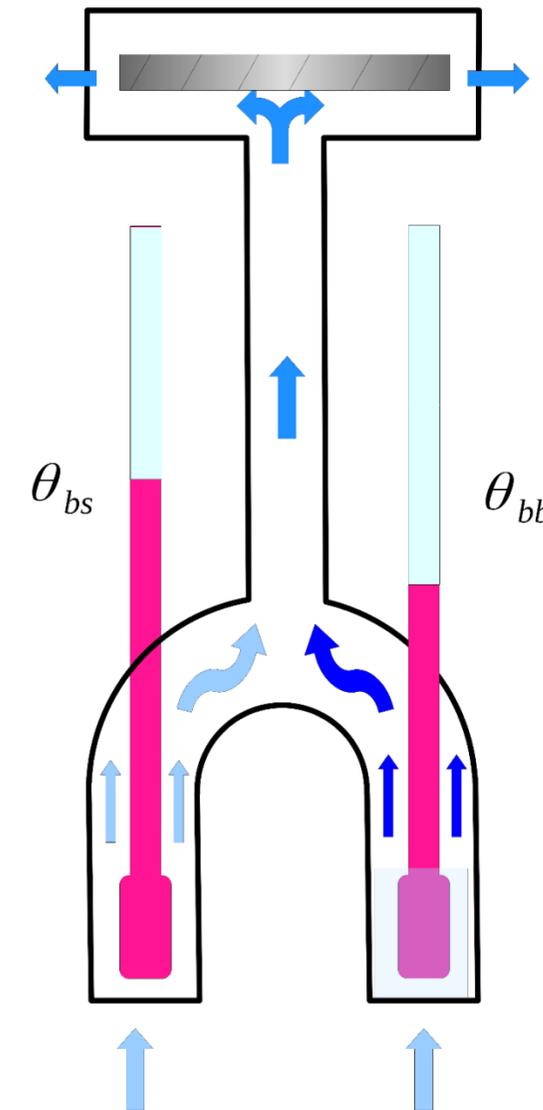
Diagramma Ashrae

- American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
- Isoterma
 - Non verticale, solamente 50 °C verticale
- Umidità relativa costante
- Curva di saturazione $\phi = 1$
- Isoentalpica
- Bulbo bagnato
- Isocora



Igrometro di hasman

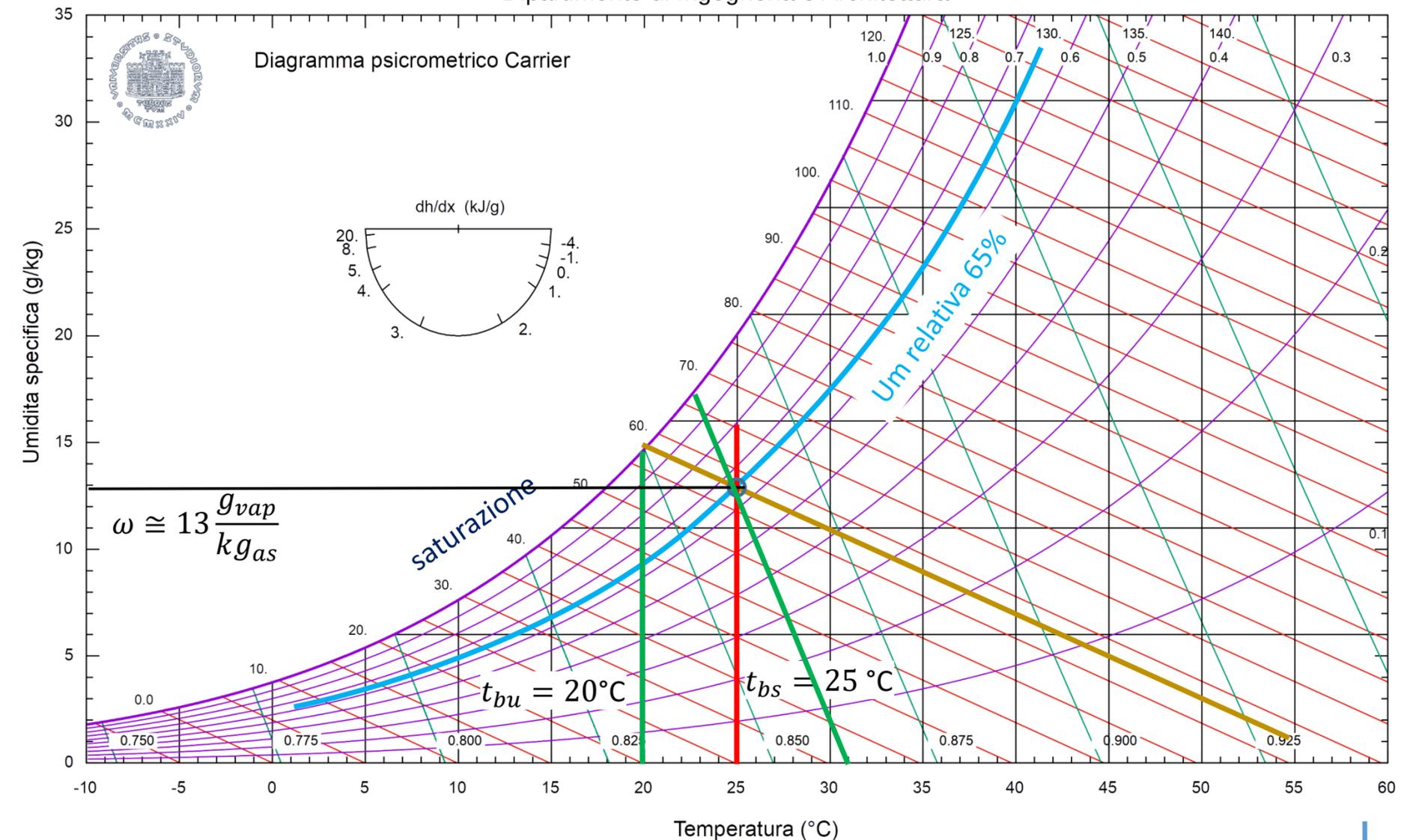
- Metodo semplice per ricavare lo stato del sistema
- Misuro la temperatura di bulbo secco e di bulbo umido
- La differenza di temperatura consente la determinazione dello stato dell'aria umida



Stato dell'aria con igrometro Assman

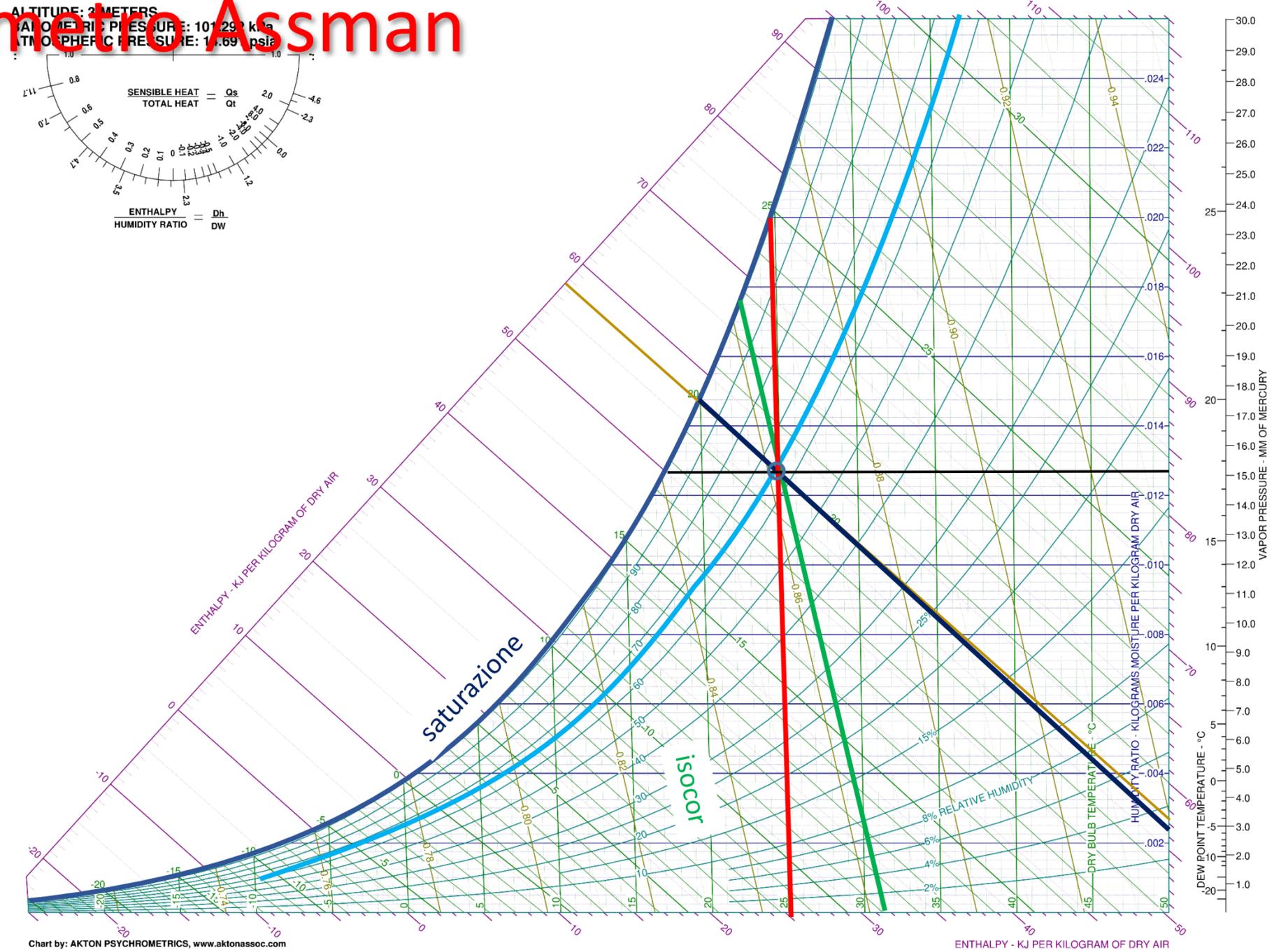
Dipartimento di Ingegneria e Architettura

- esempio
 - $t_{bs} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$
 - $t_{bu} = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Misuro la temperatura a bulbo secco t_{bs}
- Misuro temperatura a bulbo umido t_{bu}
- Considero coincidenti le isoentalpiche e la temperatura a bulbo umido
- Intersezione identifica lo stato
- Umidità relativa
- Umidità specifica
- Volume specifico



Stato dell'aria con igrometro Assman

- esempio
 - $t_{bs} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$
 - $t_{bu} = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Misuro la temperatura a bulbo secco t_{bs}
- Misuro temperatura a bulbo umido t_{bu}
- Intersezione identifica lo stato
- Umidità relativa
- Umidità specifica
- entalpia
- Volume specifico
- Entalpia e curve a temperatura bulbo umido sono diverse

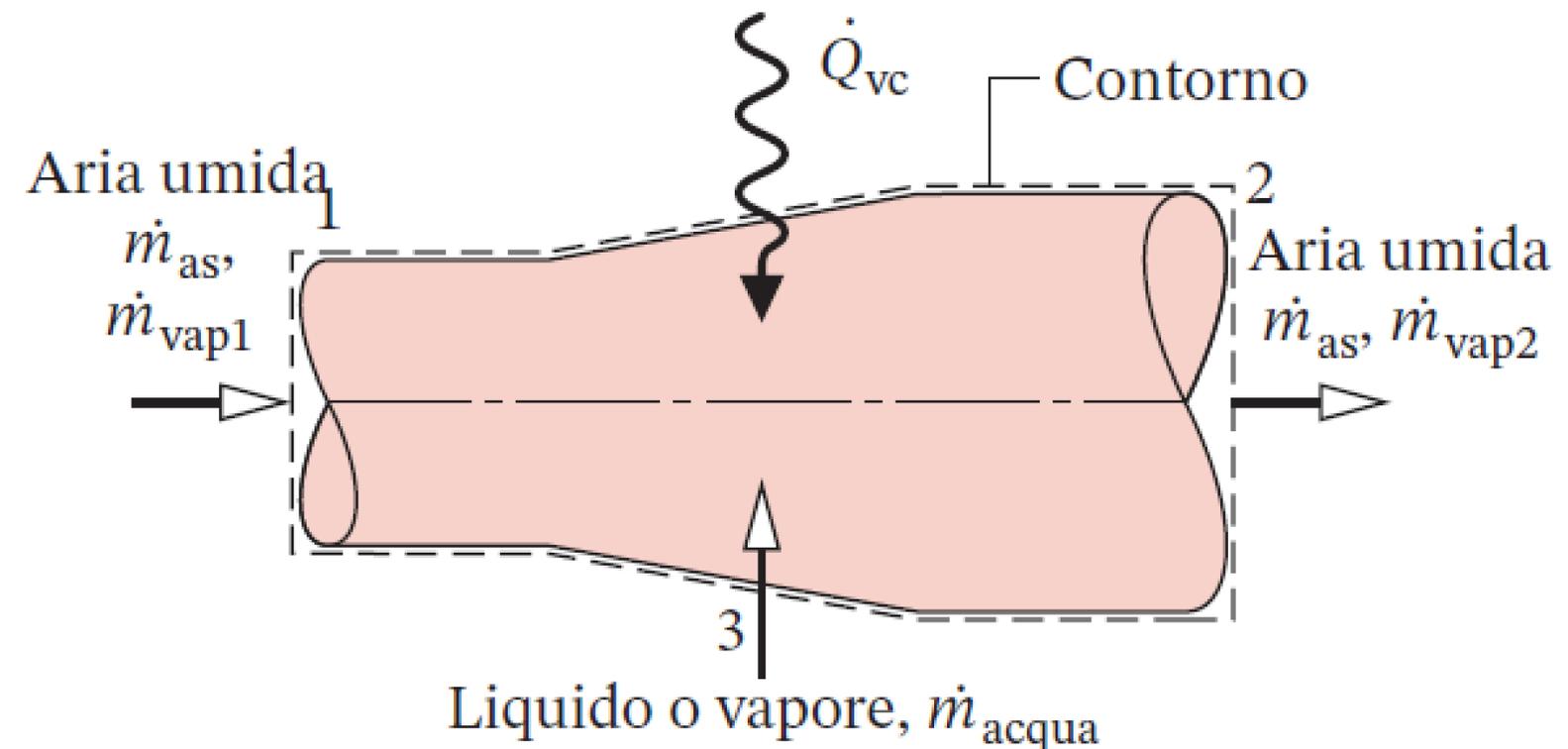


Analisi dei processi di condizionamento dell'aria - 1

Sistema generico di trattamento aria umida

Assunzioni:

- volume di controllo in funzionamento stazionario
- variazioni di energia cinetica e potenziale trascurabili
- consentito lo scambio termico
- consentita l'immissione di acqua allo stato liquido o vapore
- flusso monodimensionale



Analisi dei processi di condizionamento dell'aria - 2

Sistema generico di trattamento aria umida

Bilancio di massa aria secca

$$\dot{m}_{as} = \dot{m}_{as1} = \dot{m}_{as2}$$

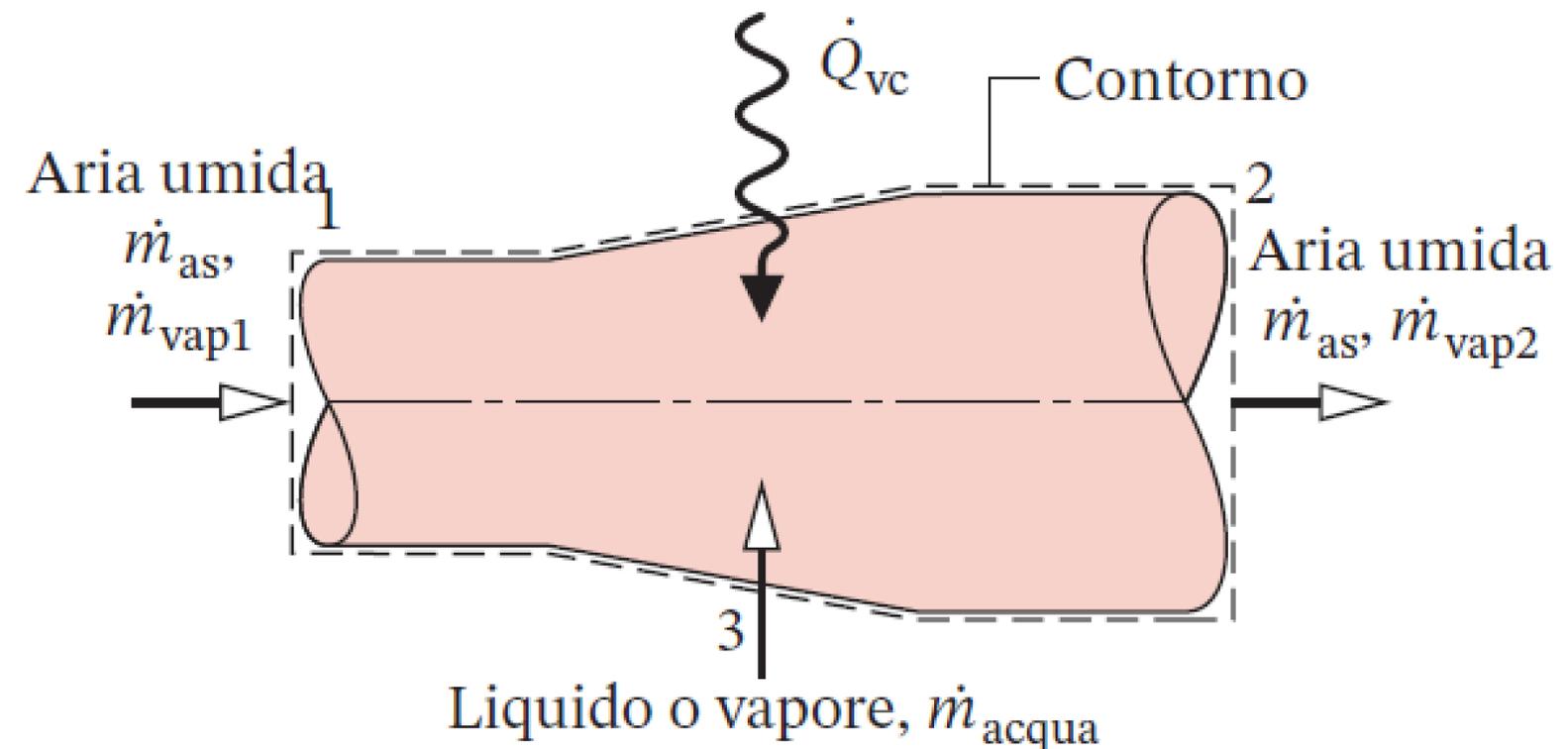
Bilancio di massa vapore d'acqua

$$\dot{m}_{vap2} = \dot{m}_{acqua} + \dot{m}_{vap1}$$

$$\dot{m}_{vap1} = \omega_1 \cdot \dot{m}_{as}$$

$$\dot{m}_{vap2} = \omega_2 \cdot \dot{m}_{as}$$

$$\dot{m}_{acqua} = (\omega_2 - \omega_1) \cdot \dot{m}_{as}$$



Analisi dei processi di condizionamento dell'aria - 3

Sistema generico di trattamento aria umida

Bilancio energetico (assumendo $L=0$)

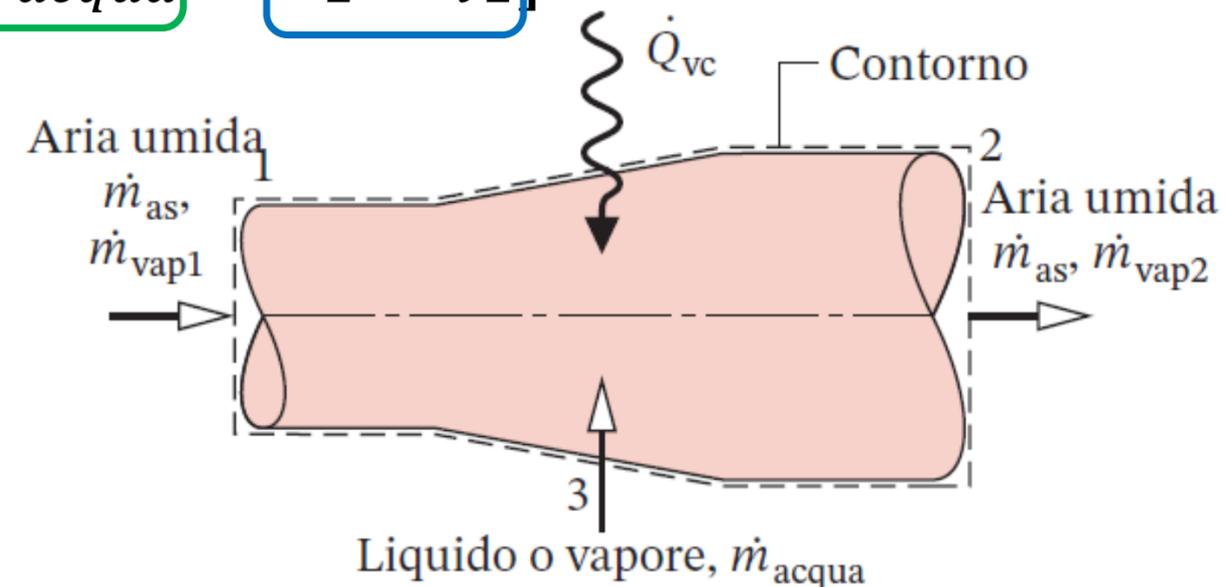
$$0 = \dot{Q}_{vc} + \dot{m}_{as} \cdot h_{as1} + \dot{m}_{vap1} \cdot h_{vap1} + \dot{m}_{acqua} \cdot h_{acqua} - (\dot{m}_{as} \cdot h_{as2} + \dot{m}_{vap2} \cdot h_{vap2})$$

$$0 = \dot{Q}_{vc} + (\dot{m}_{as} \cdot h_{as1} + \dot{m}_{vap1} \cdot h_{v1}) + \dot{m}_{acqua} \cdot h_{acqua} - (\dot{m}_{as} \cdot h_{as2} + \dot{m}_{vap2} \cdot h_{v2})$$

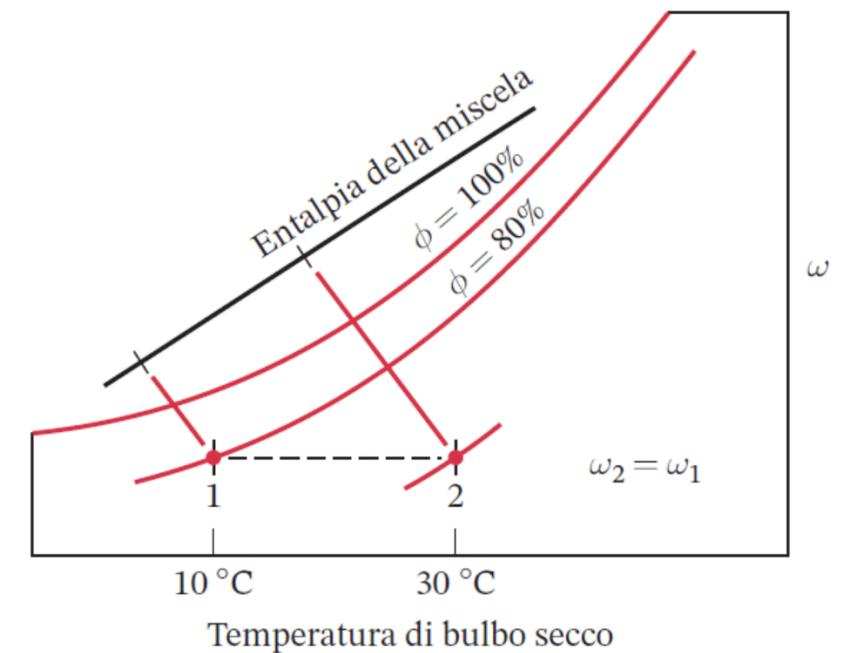
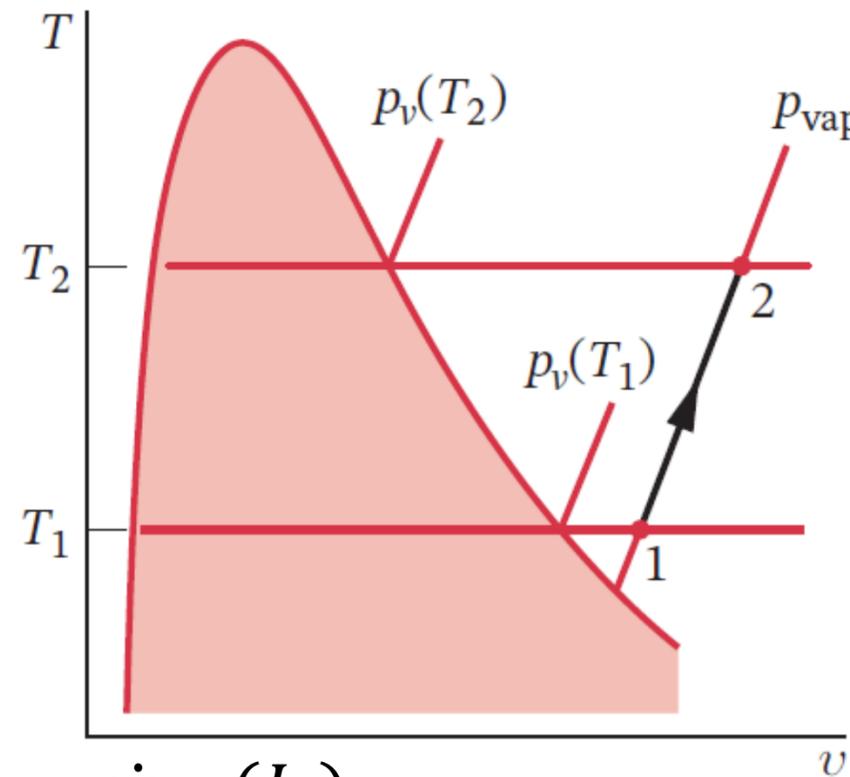
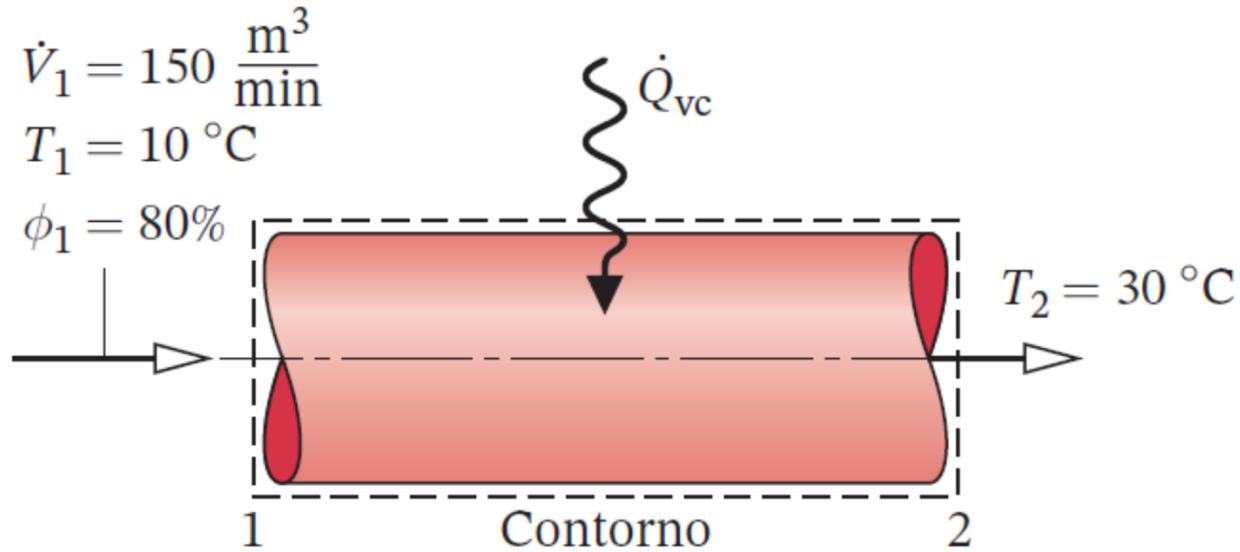
$$0 = \dot{Q}_{vc} + \dot{m}_{as} \cdot J_1 + \dot{m}_{acqua} \cdot h_{acqua} - \dot{m}_{as} \cdot J_2$$

$$0 = \dot{Q}_{vc} + \dot{m}_{as} \cdot [(h_{as1} - h_{as2}) + \omega_1 \cdot h_{v1} + (\omega_2 - \omega_1) \cdot h_{acqua} - \omega_2 \cdot h_{v2}]$$

$$\text{con } \overleftrightarrow{\overleftrightarrow{\overleftrightarrow{h_{as1} - h_{as2} = c_{p,as}(T_1 - T_2)}}}$$



Riscaldamento semplice



$$\omega_2 = \omega_1 \Rightarrow \dot{m}_{acqua} = 0$$

$$0 = \dot{Q}_{vc} + \dot{m}_{as}(J_1) + \cancel{\dot{m}_{acqua} \cdot h_{acqua}} - \dot{m}_{as}(J_2)$$

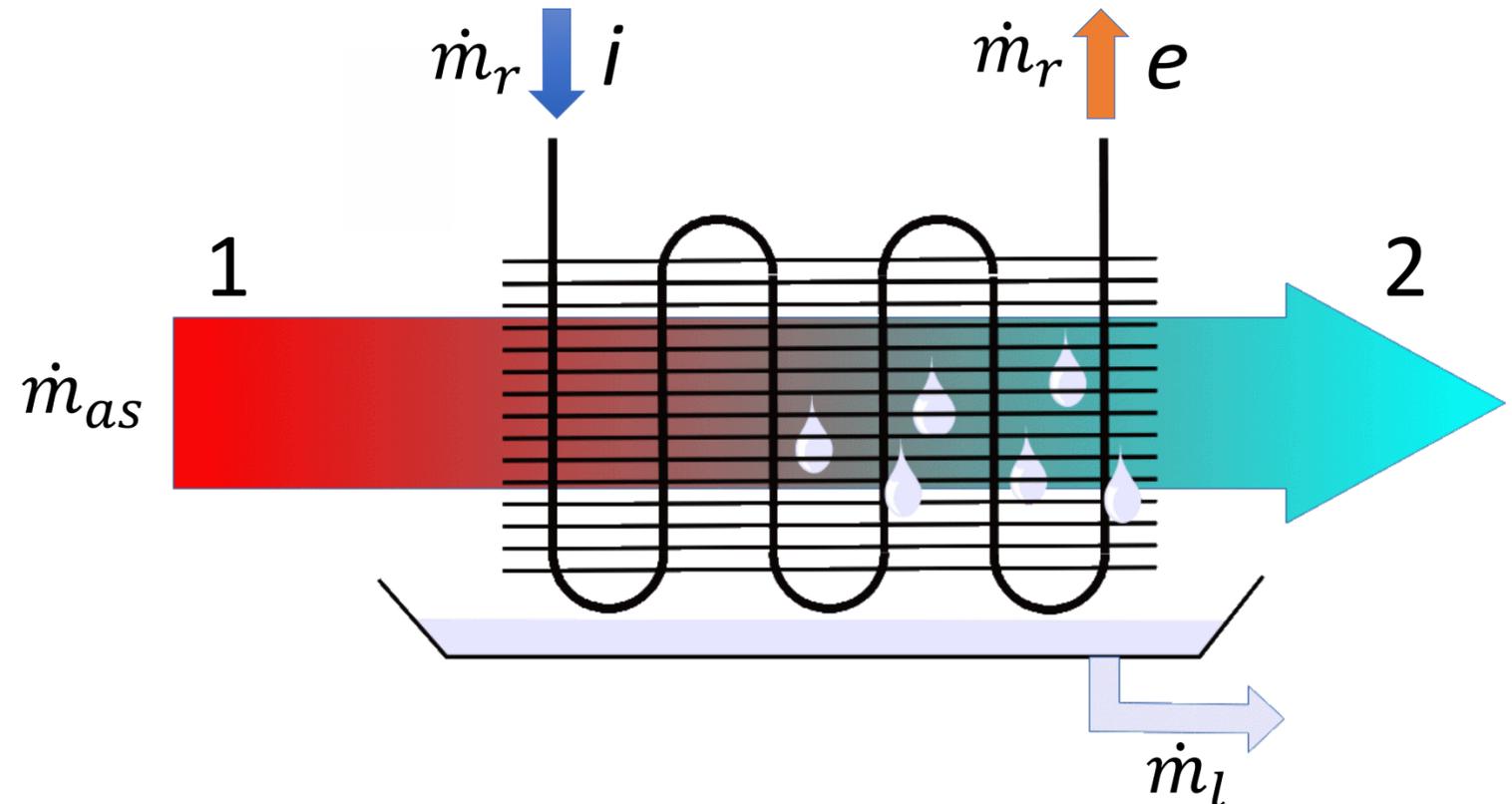
$$\dot{Q}_{vc} = \dot{m}_{as} \cdot (J_2 - J_1) = \dot{m}_{as} \cdot [c_{p,as} \cdot t_2 + \omega_2 \cdot (c_{p,v} \cdot t_2 + \cancel{h_{lv}}) - c_{p,as} \cdot t_1 - \omega_1 \cdot (c_{p,v} \cdot t_1 + \cancel{h_{lv}})]$$

$$\dot{Q}_{vc} = \dot{m}_{as} \cdot (c_{p,as} + \omega_2 \cdot c_{p,v}) \cdot (t_2 - t_1) = \dot{m}_{as} \cdot c_{p,au} \cdot (t_2 - t_1)$$

Calore specifico dell'aria umida

Raffreddamento con deumidificazione

- La portata di aria secca, nelle condizioni 1, attraversa una superficie fredda (batteria)
- La batteria è ad una temperatura media t_s inferiore alla temperatura di rugiada dell'aria
- La portata d'aria si raffredda e si deumidifica
- L'umidità condensata \dot{m}_l deve essere raccolta e drenata
- La batteria fredda è raffreddata da una portata di fluido freddo che entra nelle condizioni i ed esce nelle condizioni e
- Il flusso termico da asportare è $|\dot{Q}_{12}^-|$



Raffreddamento con deumidificazione

- La condizione di uscita può essere rappresentata come un punto che congiunge l'ingresso dell'aria 1 ed il punto S. Questo è posto sulla curva a saturazione alla temperatura media superficiale della batteria fredda t_s
- Si determina il flusso da asportare alla batteria $|\dot{Q}_{12}^-|$

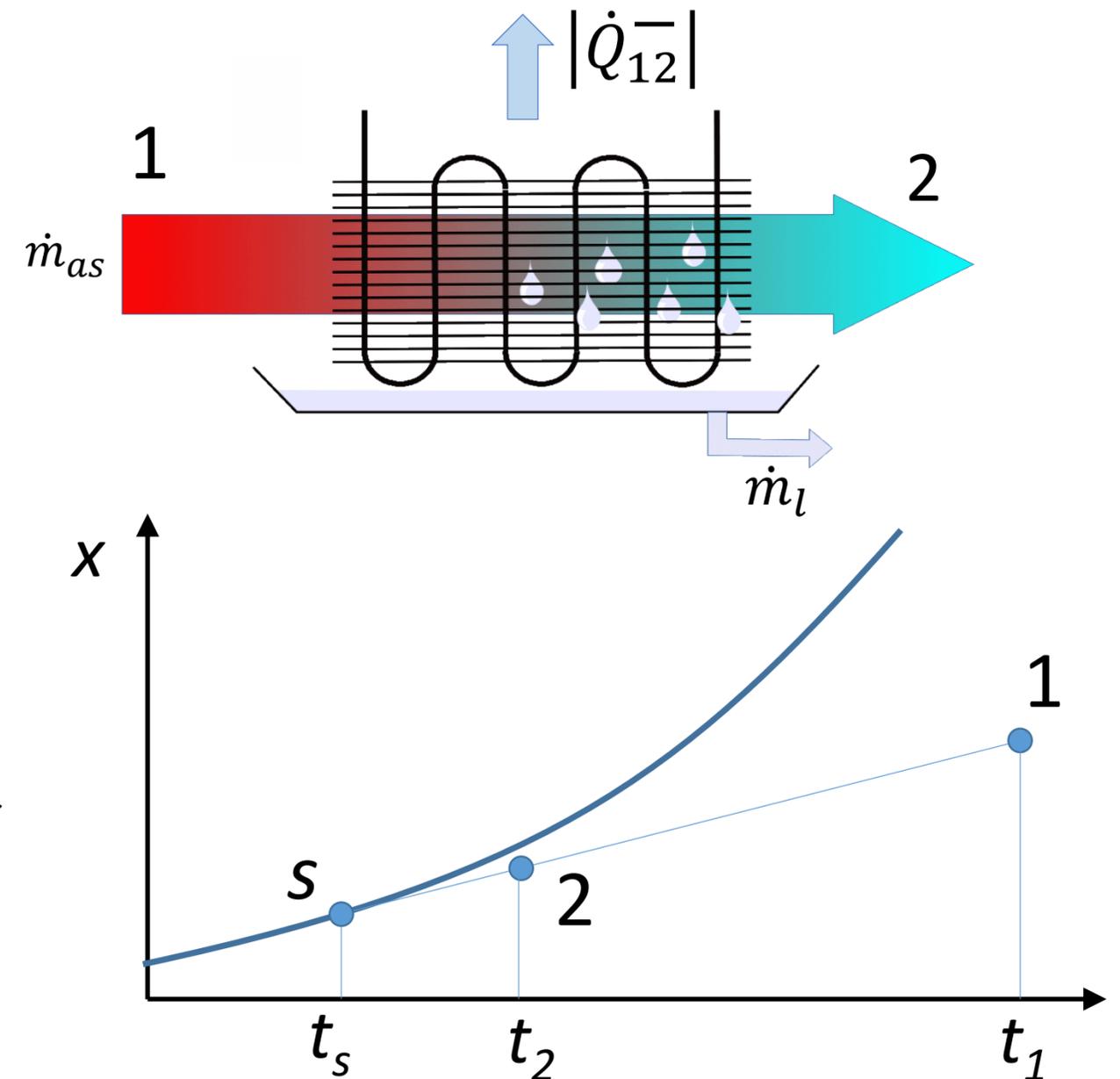
$$|\dot{Q}_{12}^-| = \dot{m}_{as} \cdot (J_1 - J_2) + \dot{m}_l \cdot h_s$$

$$\dot{m}_l = \dot{m}_{as} \cdot (\omega_1 - \omega_2)$$

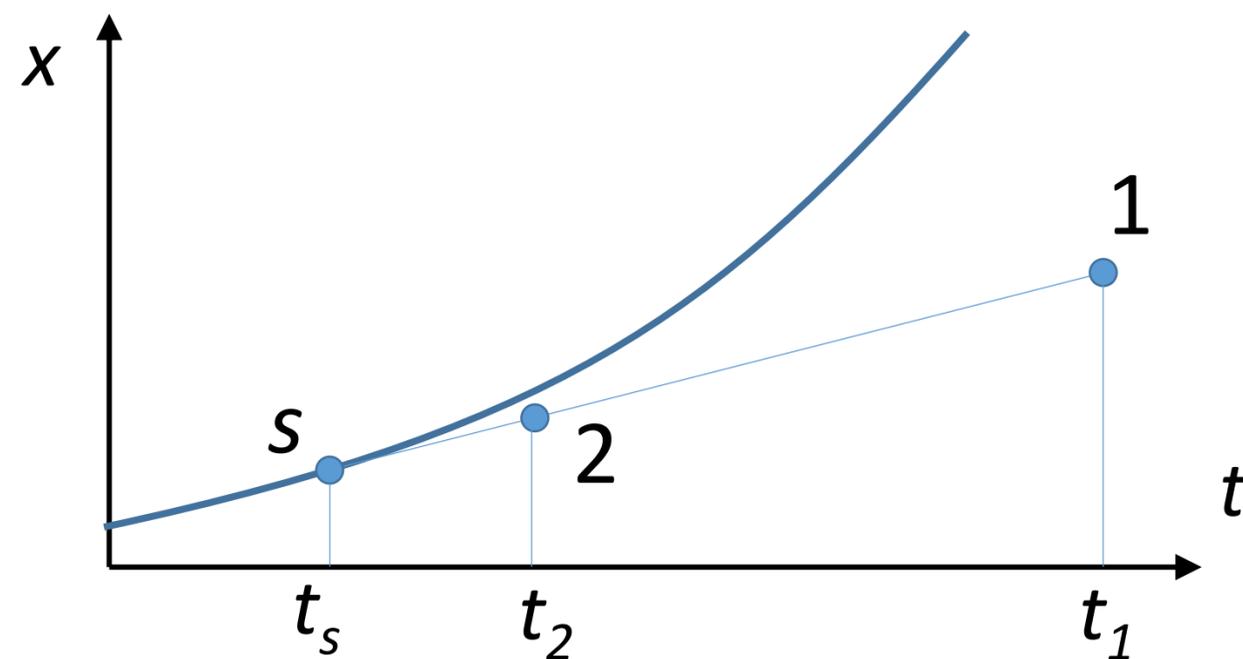
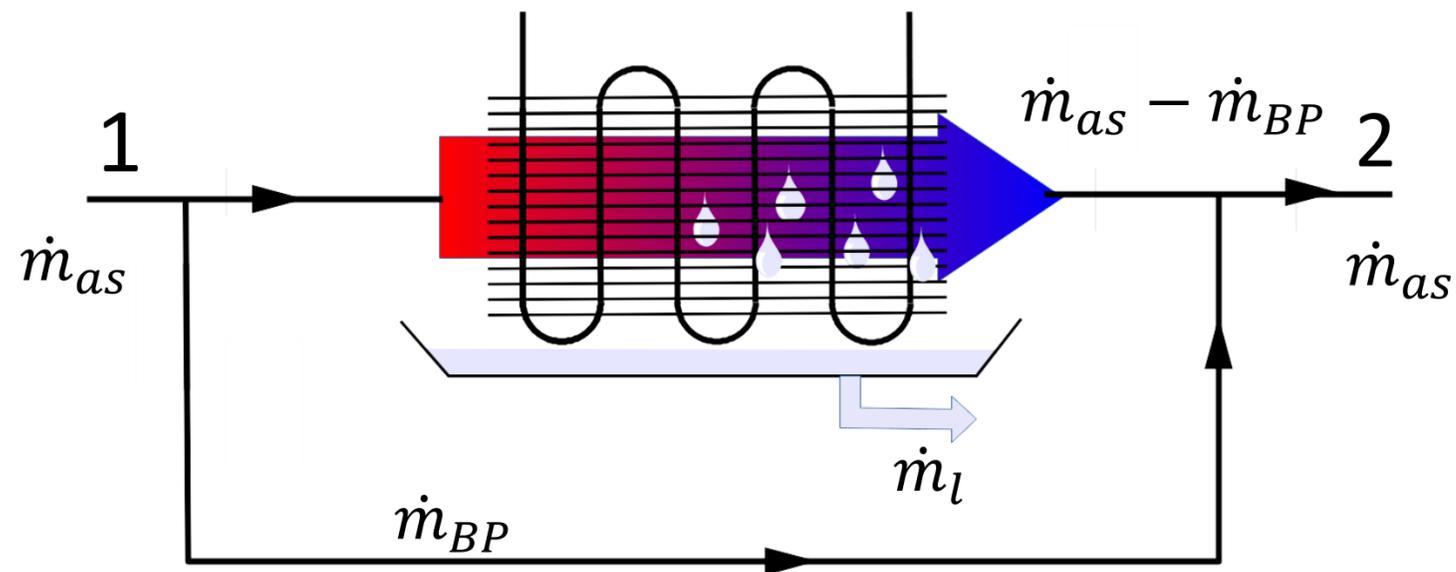
$$|\dot{Q}_{12}^-| = \dot{m}_{as} \cdot (J_1 - J_2) + \dot{m}_{as} \cdot (\omega_1 - \omega_2) \cdot h_s$$

$$h_s = c_l \cdot t_s, h_1, h_2 \text{ stesso ordine di grandezza}$$

$$|\dot{Q}_{12}^-| \cong \dot{m}_{as} \cdot (J_1 - J_2)$$

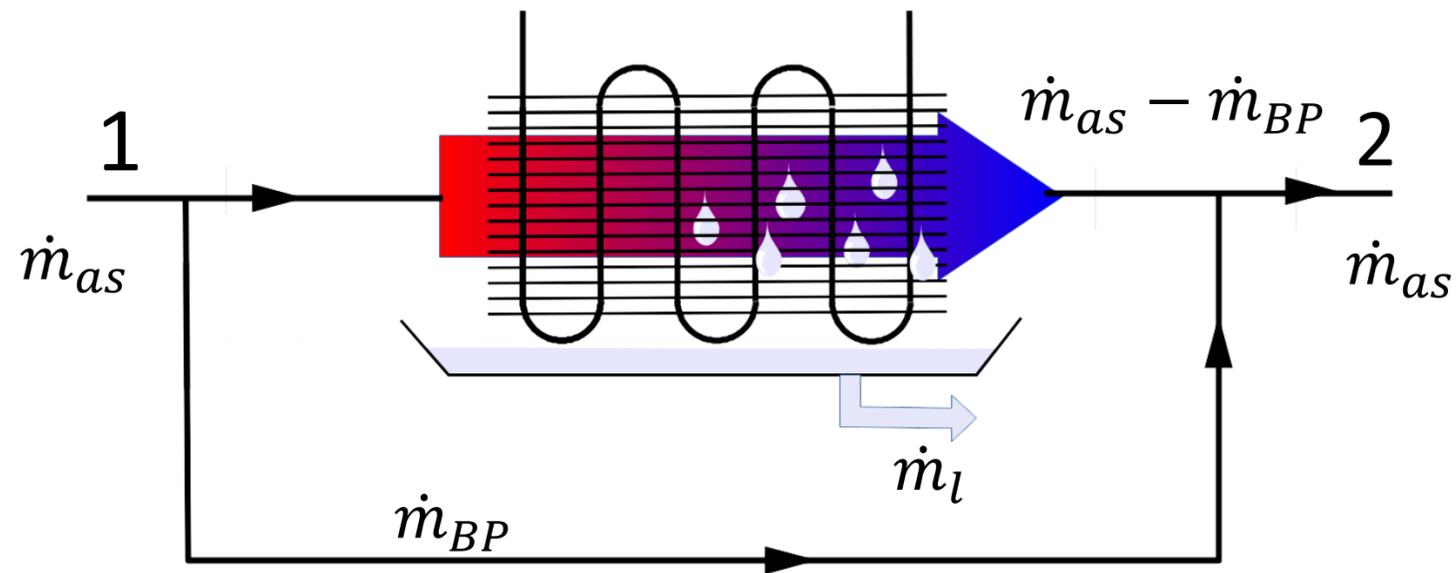


Bypass Factor



- Si può pensare al processo di raffreddamento e deumidificazione come la miscelazione di due portate
 - Una portata \dot{m}_{BP} che rimane inalterata
 - Una portata $\dot{m}_{as} - \dot{m}_{BP}$ che esce in condizioni di saturazione S alla temperatura t_s
- Fattore di Bypass $BPF = \frac{\dot{m}_{BP}}{\dot{m}_{as}}$

Bypass Factor



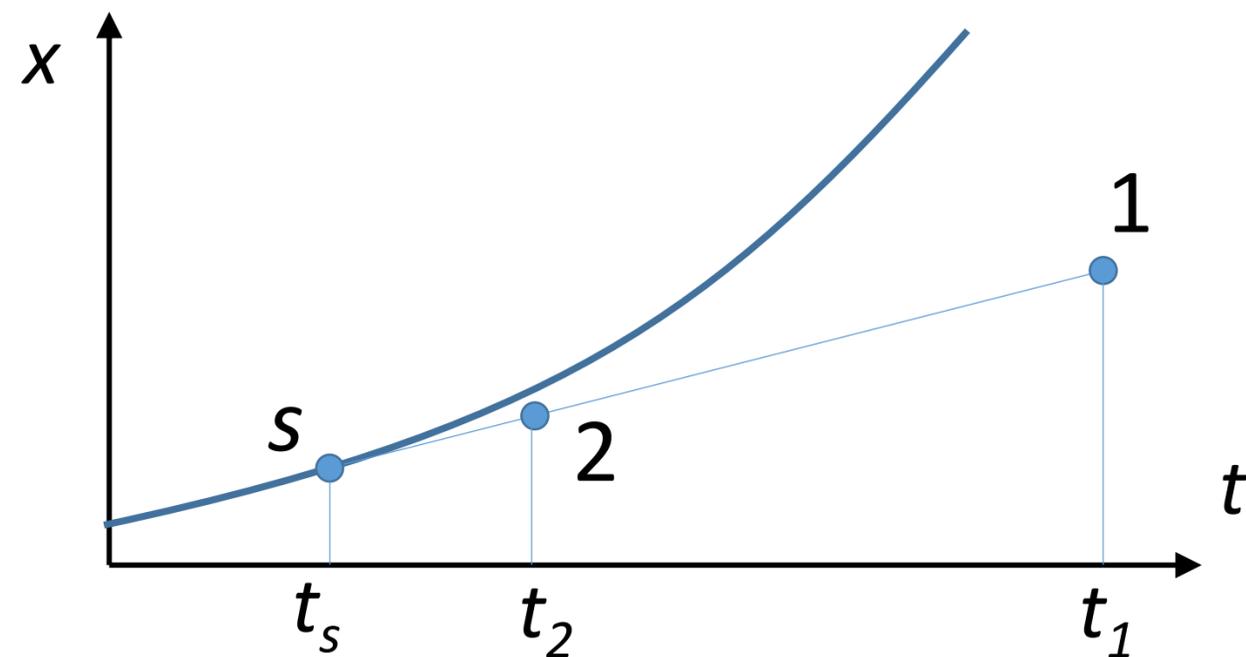
$$J_2 = \frac{(\dot{m}_{as} - \dot{m}_{BP}) \cdot J_S + \dot{m}_{BP} \cdot J_1}{\dot{m}_{as}}$$

$$J_2 = (1 - BPF) \cdot J_S + BPF \cdot J_1$$

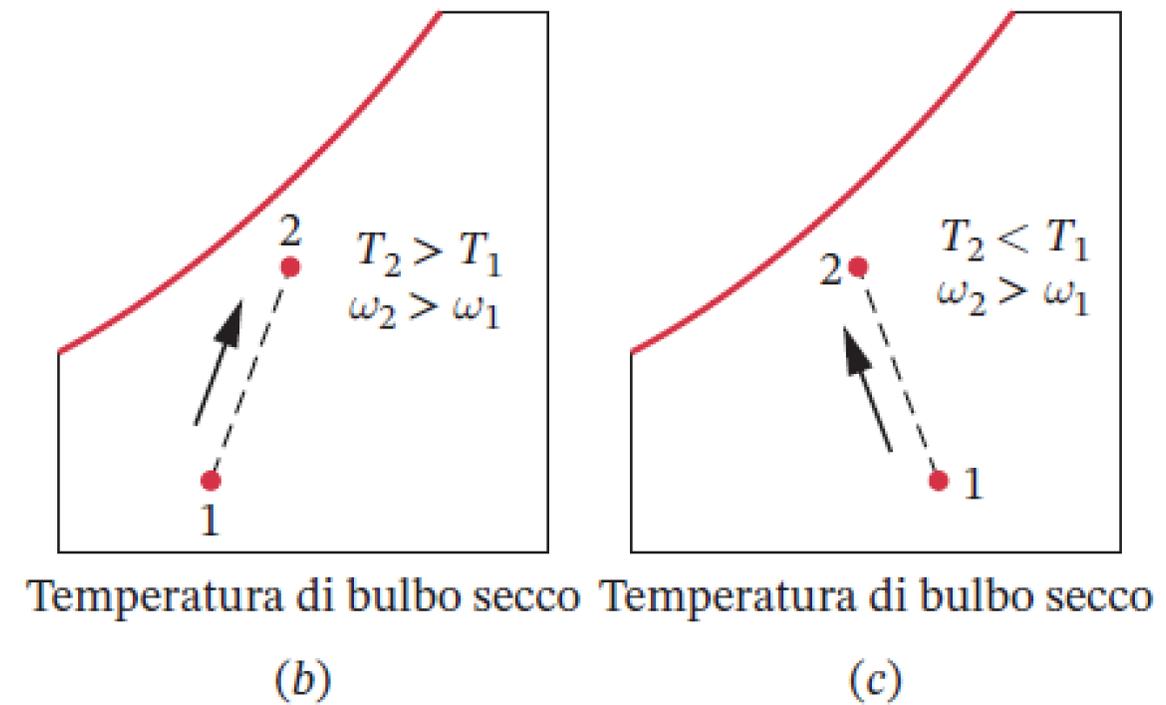
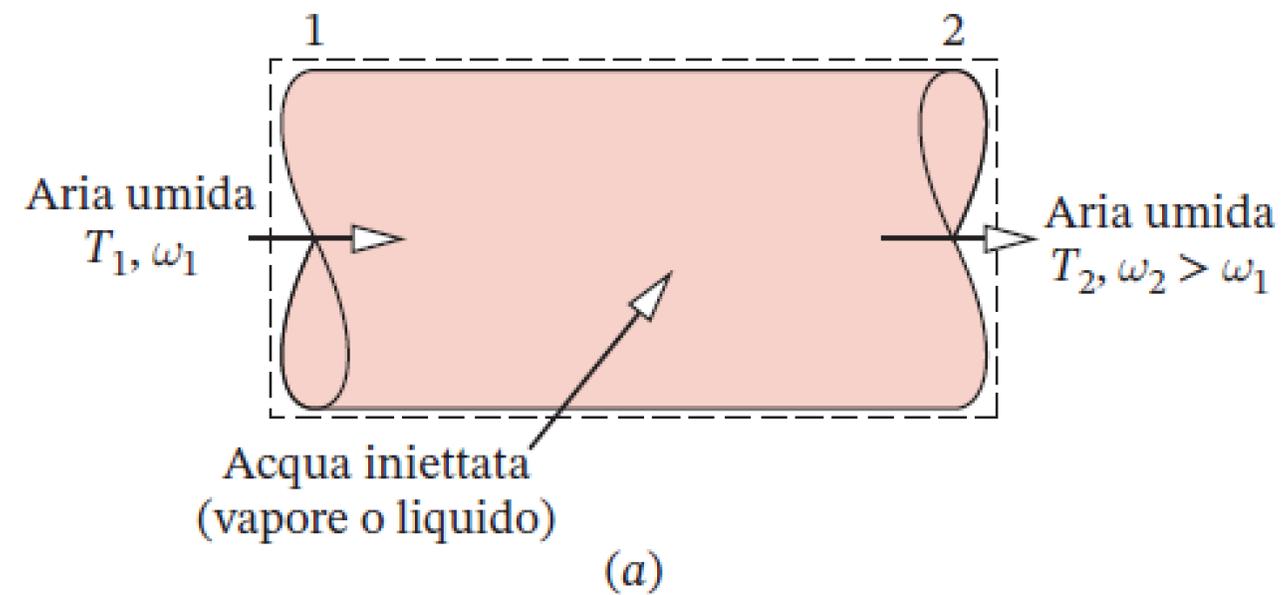
$$BPF = \frac{J_2 - J_S}{J_1 - J_S}$$

Stessi passaggi con l'umidità specifica

$$BPF = \frac{\omega_2 - \omega_S}{\omega_1 - \omega_S}$$



Trattamento di umidificazione



- (b) iniezione di vapore saturo o surriscaldato
- (c) iniezione di acqua liquida

Umidificazione a iniezione di vapore

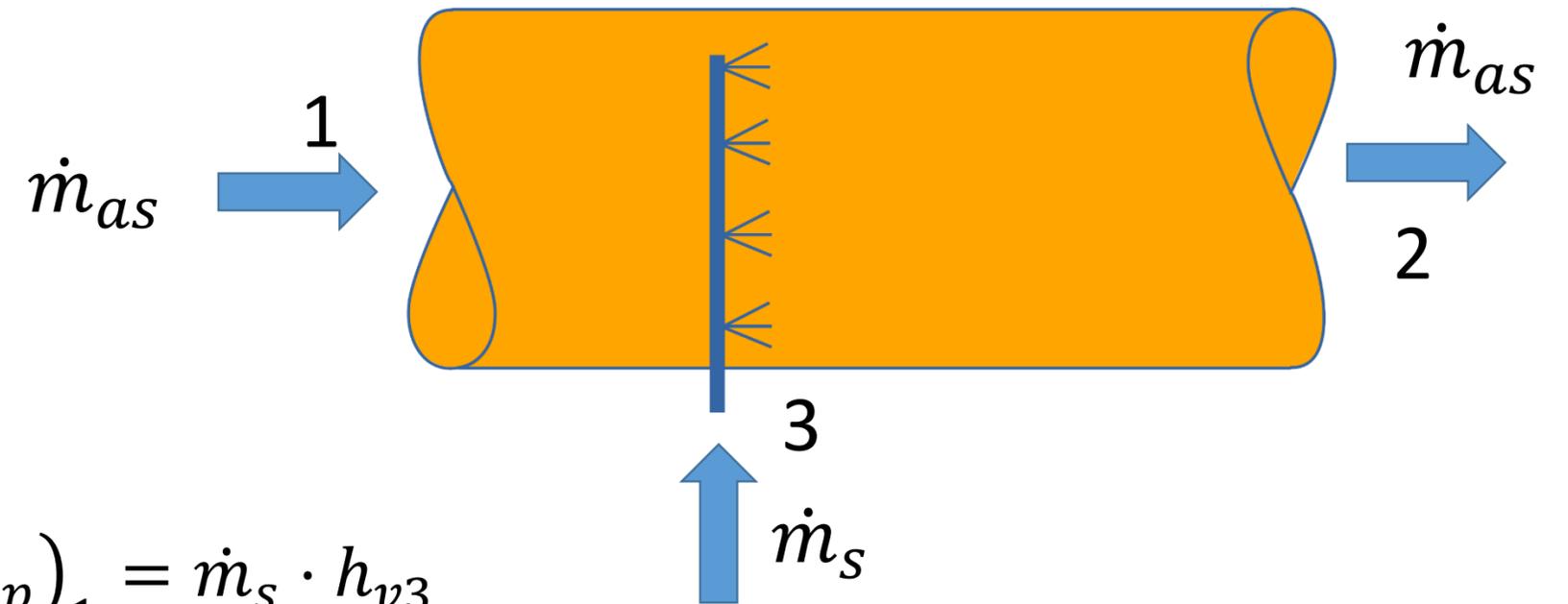
$$\dot{m}_{as} \cdot (\omega_2 - \omega_1) = \dot{m}_s$$

$$\omega_2 = \omega_1 + \frac{\dot{m}_s}{\dot{m}_{as}}$$

$$\dot{m}_{as} \cdot (h_{as} + \omega h_{vap})_2 - \dot{m}_{as} \cdot (h_{as} + \omega h_{vap})_1 = \dot{m}_s \cdot h_{v3}$$

$$(h_{as} + \omega h_{vap})_2 - (h_{as} + \omega h_{vap})_1 = (\omega_2 - \omega_1) h_{v3}$$

$$h_{as,2} + \omega_2 h_{vap,2} - h_{as,1} - \omega_1 h_{vap,1} = (\omega_2 - \omega_1) h_{v3}$$



Umidificazione a iniezione di vapore

$$\dot{m}_{as} \xrightarrow{1} c_{p,as} \cdot (t_2 - t_1) = (h_{v3} - \overline{h_{vap,12}}) \cdot (\omega_2 - \omega_1) \xrightarrow{2} \dot{m}_{as}$$

$$h_{as,2} + \omega_2 \overline{h_{vap,2}} - h_{as,1} - \omega_1 \overline{h_{vap,1}} = (\omega_2 - \omega_1) \cdot h_{v3}$$

$$\xrightarrow{3} \dot{m}_s$$

$$h_{as,2} - h_{as,1} + \overline{h_{vap,12}} \cdot (\omega_2 - \omega_1) = (\omega_2 - \omega_1) h_{v3}$$

$$h_{as,2} - h_{as,1} = (h_{v3} - \overline{h_{vap,12}}) \cdot (\omega_2 - \omega_1)$$

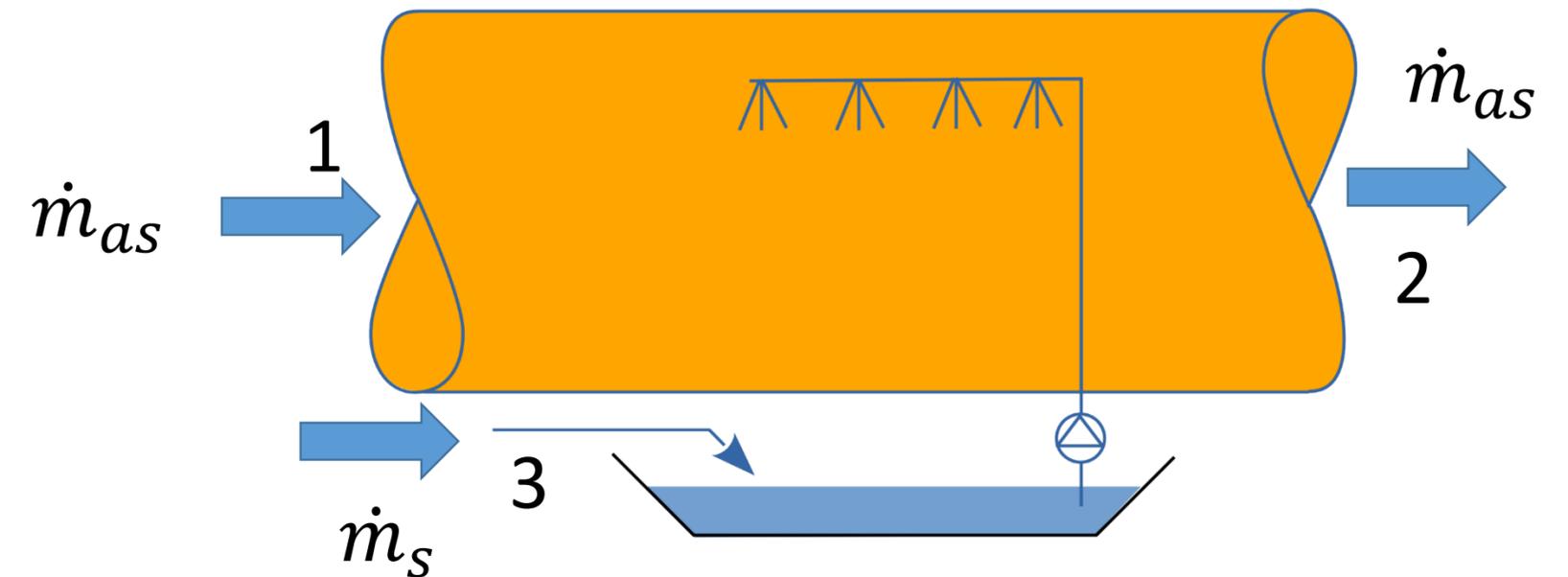
$$c_{p,as} \cdot (t_2 - t_1) = (h_{v3} - \overline{h_{vap,12}}) \cdot (\omega_2 - \omega_1) = c_{p,v} \cdot (t_3 - \overline{t_{12}}) \cdot (\omega_2 - \omega_1)$$

$$(t_2 - t_1) = c_{p,v} / c_{p,as} \cdot (t_3 - \overline{t_{12}}) \cdot (\omega_2 - \omega_1) \cong 0$$

Umidificazione con saturatore

$$\dot{m}_{as} \cdot (\omega_2 - \omega_1) = \dot{m}_s$$

$$\omega_2 = \omega_1 + \frac{\dot{m}_s}{\dot{m}_{as}}$$



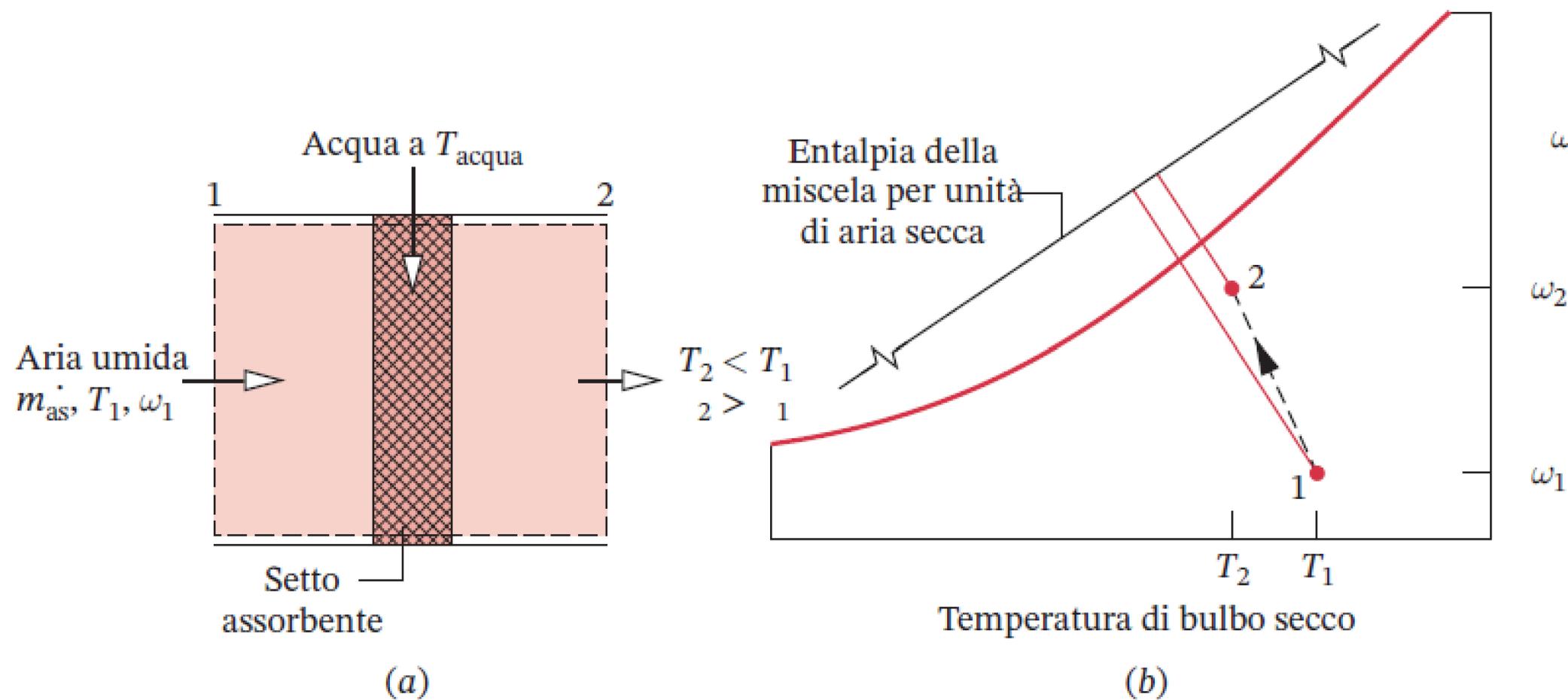
$$\dot{m}_{as}(h_{as} + \omega h_{vap})_2 - \dot{m}_{as}(h_{as} + \omega h_{vap})_1 = \dot{m}_s \cdot h_{l3}$$

$$(h_{as} + \omega h_{vap})_2 - (h_{as} + \omega h_{vap})_1 = (\omega_2 - \omega_1)h_{l3} \cong 0$$

$$(h_{as} + \omega h_{vap})_2 - (h_{as} + \omega h_{vap})_1 = (\omega_2 - \omega_1)h_{l3} \cong 0$$

$$J_2 - J_1 = (\omega_2 - \omega_1)h_l \cong 0$$

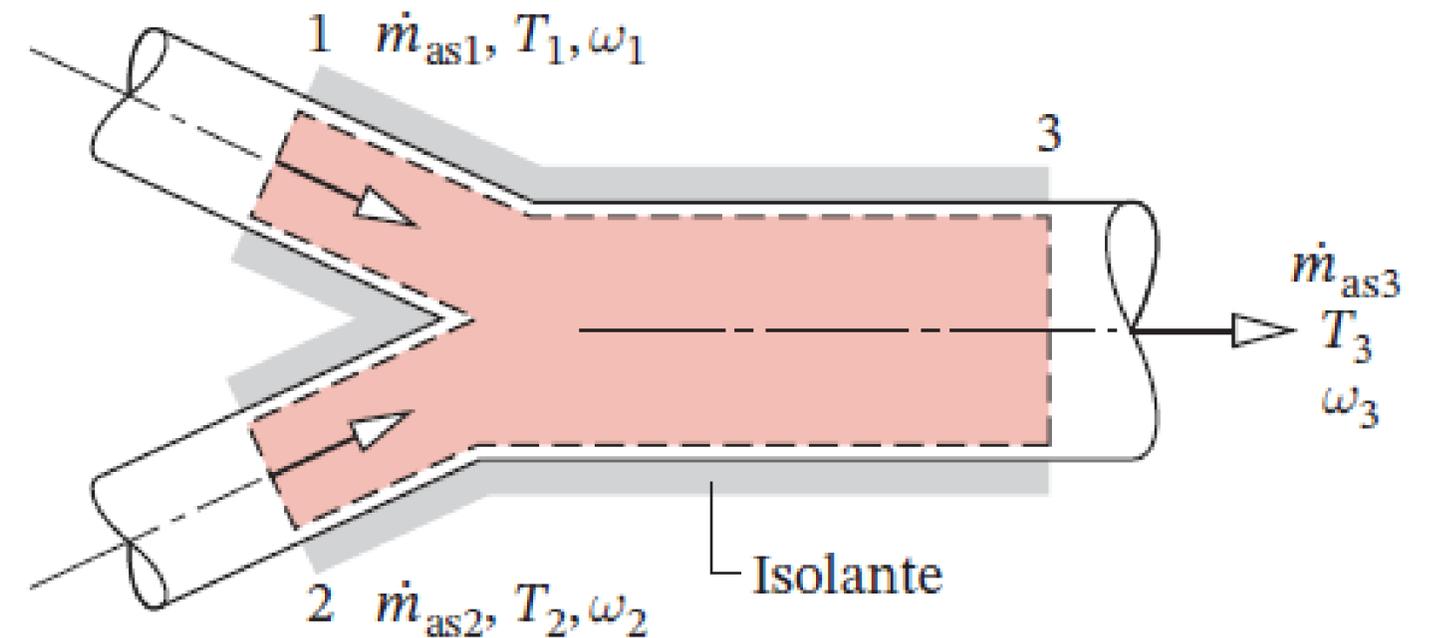
Raffrescamento evaporativo



$$J_1 = (\omega_2 - \omega_1)h_l + J_2$$

Entalpia specifica del liquido in ingresso al V.C.

Miscelazione adiabatica di due correnti di aria umida



$$\dot{m}_{as1} \cdot (h_{as1} + \omega_1 h_{vap,1}) + \dot{m}_{as2} \cdot (h_{as2} + \omega_2 h_{vap,2}) = \dot{m}_{as3} \cdot (h_{as3} + \omega_3 h_{v3})$$

$$\omega_1 \dot{m}_{as1} + \omega_2 \dot{m}_{as2} = \omega_3 \dot{m}_{as3}$$

$$\dot{m}_{as1} + \dot{m}_{as2} = \dot{m}_{as3}$$

Esercizio iniezione di vapore

Umidificatore a iniezione di vapore

ESEMPIO 10.4

Aria umida con una temperatura di $22\text{ }^{\circ}\text{C}$ e una temperatura di bulbo umido di $9\text{ }^{\circ}\text{C}$ entra in un umidificatore a iniezione di vapore. La portata massica di aria secca è 90 kg/min . Nella miscela aria-vapor d'acqua viene iniettato vapor d'acqua saturo secco a $110\text{ }^{\circ}\text{C}$ con una portata di 52 kg/h . Non c'è scambio di calore con l'ambiente esterno e la pressione rimane costante e pari a 1 bar attraverso tutto il sistema. Usando il diagramma psicrometrico, determinare all'uscita: **(a)** l'umidità assoluta; **(b)** la temperatura, in $^{\circ}\text{C}$.

Tabella T2

Tabella T-2 Proprietà dell'acqua saturo (liquido-vapore): tabella della temperatura

Temp. °C	Press. bar	Volume specifico m ³ /kg		Energia interna kJ/kg		Entalpia kJ/kg			Entropia kJ/kg · K		Temp. °C
		Liquido saturo v _l × 10 ³	Vapore saturo v _v	Liquido saturo u _l	Vapore saturo u _v	Liquido saturo h _l	Evap. h _{l/v}	Vapore saturo h _v	Liquido saturo s _l	Vapore saturo s _v	
.01	0.00611	1.0002	206.136	0.00	2375.3	0.01	2501.3	2501.4	0.0000	9.1562	.01
4	0.00813	1.0001	157.232	16.77	2380.9	16.78	2491.9	2508.7	0.0610	9.0514	4
5	0.00872	1.0001	147.120	20.97	2382.3	20.98	2489.6	2510.6	0.0761	9.0257	5
6	0.00935	1.0001	137.734	25.19	2383.6	25.20	2487.2	2512.4	0.0912	9.0003	6
8	0.01072	1.0002	120.917	33.59	2386.4	33.60	2482.5	2516.1	0.1212	8.9501	8
10	0.01228	1.0004	106.379	42.00	2389.2	42.01	2477.7	2519.8	0.1510	8.9008	10
11	0.01312	1.0004	99.857	46.20	2390.5	46.20	2475.4	2521.6	0.1658	8.8765	11
12	0.01402	1.0005	93.784	50.41	2391.9	50.41	2473.0	2523.4	0.1806	8.8524	12
13	0.01497	1.0007	88.124	54.60	2393.3	54.60	2470.7	2525.3	0.1953	8.8285	13
14	0.01598	1.0008	82.848	58.79	2394.7	58.80	2468.3	2527.1	0.2099	8.8048	14
15	0.01705	1.0009	77.926	62.99	2396.1	62.99	2465.9	2528.9	0.2245	8.7814	15
16	0.01818	1.0011	73.333	67.18	2397.4	67.19	2463.6	2530.8	0.2390	8.7582	16
17	0.01938	1.0012	69.044	71.38	2398.8	71.38	2461.2	2532.6	0.2535	8.7351	17
18	0.02064	1.0014	65.038	75.57	2400.2	75.58	2458.8	2534.4	0.2679	8.7123	18
19	0.02198	1.0016	61.293	79.76	2401.6	79.77	2456.5	2536.2	0.2823	8.6897	19
20	0.02339	1.0018	57.791	83.95	2402.9	83.96	2454.1	2538.1	0.2966	8.6672	20
21	0.02487	1.0020	54.514	88.14	2404.3	88.14	2451.8	2539.9	0.3109	8.6450	21
22	0.02645	1.0022	51.447	92.32	2405.7	92.33	2449.4	2541.7	0.3251	8.6229	22
23	0.02810	1.0024	48.574	96.51	2407.0	96.52	2447.0	2543.5	0.3393	8.6011	23
24	0.02985	1.0027	45.883	100.70	2408.4	100.70	2444.7	2545.4	0.3534	8.5794	24
25	0.03169	1.0029	43.360	104.88	2409.8	104.89	2442.3	2547.2	0.3674	8.5580	25
26	0.03363	1.0032	40.994	109.06	2411.1	109.07	2439.9	2549.0	0.3814	8.5367	26
27	0.03567	1.0035	38.774	113.25	2412.5	113.25	2437.6	2550.8	0.3954	8.5156	27
28	0.03782	1.0037	36.690	117.42	2413.9	117.43	2435.2	2552.6	0.4093	8.4946	28
29	0.04008	1.0040	34.733	121.60	2415.2	121.61	2432.8	2554.5	0.4231	8.4739	29
30	0.04246	1.0043	32.894	125.78	2416.6	125.79	2430.5	2556.3	0.4369	8.4533	30
31	0.04496	1.0046	31.165	129.96	2418.0	129.97	2428.1	2558.1	0.4507	8.4329	31
32	0.04759	1.0050	29.540	134.14	2419.3	134.15	2425.7	2559.9	0.4644	8.4127	32
33	0.05034	1.0053	28.011	138.32	2420.7	138.33	2423.4	2561.7	0.4781	8.3927	33

Tabella T2

Tabella T-2 Proprietà dell'acqua saturo (liquido-vapore): tabella della temperatura (continua)

Temp. °C	Press. bar	Volume specifico m ³ /kg		Energia interna kJ/kg		Entalpia kJ/kg			Entropia kJ/kg · K		Temp. °C
		Liquido saturo v_l × 10 ³	Vapore saturo v_v	Liquido saturo u_l	Vapore saturo u_v	Liquido saturo h_l	Evap. $h_{l/v}$	Vapore saturo h_v	Liquido saturo s_l	Vapore saturo s_v	
34	0.05324	1.0056	26.571	142.50	2422.0	142.50	2421.0	2563.5	0.4917	8.3728	34
35	0.05628	1.0060	25.216	146.67	2423.4	146.68	2418.6	2565.3	0.5053	8.3531	35
36	0.05947	1.0063	23.940	150.85	2424.7	150.86	2416.2	2567.1	0.5188	8.3336	36
38	0.06632	1.0071	21.602	159.20	2427.4	159.21	2411.5	2570.7	0.5458	8.2950	38
40	0.07384	1.0078	19.523	167.56	2430.1	167.57	2406.7	2574.3	0.5725	8.2570	40
45	0.09593	1.0099	15.258	188.44	2436.8	188.45	2394.8	2583.2	0.6387	8.1648	45
50	0.1235	1.0121	12.032	209.32	2443.5	209.33	2382.7	2592.1	.7038	8.0763	50
55	0.1576	1.0146	9.568	230.21	2450.1	230.23	2370.7	2600.9	.7679	7.9913	55
60	0.1994	1.0172	7.671	251.11	2456.6	251.13	2358.5	2609.6	.8312	7.9096	60
65	0.2503	1.0199	6.197	272.02	2463.1	272.06	2346.2	2618.3	.8935	7.8310	65
70	0.3119	1.0228	5.042	292.95	2469.6	292.98	2333.8	2626.8	.9549	7.7553	70
75	0.3858	1.0259	4.131	313.90	2475.9	313.93	2321.4	2635.3	1.0155	7.6824	75
80	0.4739	1.0291	3.407	334.86	2482.2	334.91	2308.8	2643.7	1.0753	7.6122	80
85	0.5783	1.0325	2.828	355.84	2488.4	355.90	2296.0	2651.9	1.1343	7.5445	85
90	0.7014	1.0360	2.361	376.85	2494.5	376.92	2283.2	2660.1	1.1925	7.4791	90
95	0.8455	1.0397	1.982	397.88	2500.6	397.96	2270.2	2668.1	1.2500	7.4159	95
100	1.014	1.0435	1.673	418.94	2506.5	419.04	2257.0	2676.1	1.3069	7.3549	100
110	1.433	1.0516	1.210	461.14	2518.1	461.30	2230.2	2691.5	1.4185	7.2387	110
120	1.985	1.0603	0.8919	503.50	2529.3	503.71	2202.6	2706.3	1.5276	7.1296	120
130	2.701	1.0697	0.6685	546.02	2539.9	546.31	2174.2	2720.5	1.6344	7.0269	130
140	3.613	1.0797	0.5089	588.74	2550.0	589.13	2144.7	2733.9	1.7391	6.9299	140
150	4.758	1.0905	0.3928	631.68	2559.5	632.20	2114.3	2746.5	1.8418	6.8379	150
160	6.178	1.1020	0.3071	674.86	2568.4	675.55	2082.6	2758.1	1.9427	6.7502	160
170	7.917	1.1143	0.2428	718.33	2576.5	719.21	2049.5	2768.7	2.0419	6.6663	170
180	10.02	1.1274	0.1941	762.09	2583.7	763.22	2015.0	2778.2	2.1396	6.5857	180
190	12.54	1.1414	0.1565	806.19	2590.0	807.62	1978.8	2786.4	2.2359	6.5079	190
200	15.54	1.1565	0.1274	850.65	2595.3	852.45	1940.7	2793.2	2.3309	6.4323	200
210	19.06	1.1726	0.1044	895.53	2599.5	897.76	1900.7	2798.5	2.4248	6.3585	210
220	23.18	1.1900	0.08619	940.87	2602.4	943.62	1858.5	2802.1	2.5178	6.2861	220

(segue)