

# ESERCIZI DI ESSICCAMENTO – vers#1

by Prof.A.Tonini

(per lo svolgimento è necessario l'uso del diagramma Mollier)

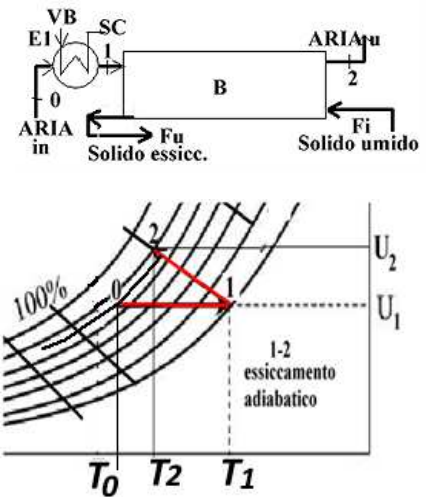
## ES N°1 – MONOSTADIO - TEMA ESAME 1983 \*

Un essiccatore ad armadio a uno stadio con preriscaldamento funziona nelle seguenti condizioni:

- solido umido da trattare 300Kg/h con umidità iniziale del materiale 20% e finale 4 % peso;
- aria umida in ingresso al preriscaldamento (0) e temperatura  $T=15^{\circ}\text{C}$  e U.rel 70%;
- aria uscente dal preriscaldamento (1) a  $T=70^{\circ}\text{C}$
- aria uscente (2) dall'essiccamento [adiabatico] a umidità rel. del 80%;
- vapore riscaldante saturo secco a 2 ata e coeff.glob.U=200kcal/m<sup>2</sup>h°C;

determinare:

- 1-la portata di aria secca all'ingresso; 2-la portata di solido uscente e la quantità totale di acqua evaporata; 3- la temperatura di uscita dell'aria dallo stadio essiccante; 4 la quantità di energia richiesta per il preriscaldamento dell'aria, la portata di vapore riscaldante, la superficie di scambio; 5-disegnare sul diagramma igrometrico il processo di essiccamento in esame.



Soluzione:

1-PUNTI del DIAGRAMMA:

p.to (0): U.Rel. 70%;  $T_0=15^{\circ}\text{C}$ ;  $C_{\text{umido}}=0,24 \text{ kcal}/^{\circ}\text{C kg}_{\text{A.S.}}$ ;  $\rightarrow U_0 = U_1 = 0,0075 \text{ kg}_{\text{VAP}}/\text{kg}_{\text{A.S.}}$ ;  $T_1=70^{\circ}\text{C}$ ; si traccia la retta raffredd.adiabatico dal p.to 1 alla curva a Urel. 80%; p.to (2): U.Rel. 80%  $\rightarrow T_2=32,5^{\circ}\text{C}$ ;  $U_2=0,0215 \text{ kg}_{\text{VAP}}/\text{kg}_{\text{A.S.}}$ ;

2-BILANCIO DI MATERIA:

Fi=300 Kg umido entrante (i)	H <sub>2</sub> O(i) 20% =300 x 0,20=60 KgH <sub>2</sub> O SSsec.80% =300 x 0,80=240 KgSS	
Fu solido umido uscente (u)	H <sub>2</sub> O (u)= 4% SSsec. 96% =240 Kg	$\rightarrow Fu=240/0,96 =250 \text{ Kg solido umido uscente}$ $\rightarrow H_2O (u)= 250 - 240 = 10 \text{ KgH}_2\text{O}$ $\rightarrow H_2O_{\text{evap}}=60-10=50\text{kg}$

2-BILANCIO ESSICCATORE: portate di aria

$G_{\text{a.s.}}(U_2-U_1) = (F_i X_i - F_u X_u) = 50 \text{ kg/h}$ ;  $\rightarrow G_{\text{a.s.}}=50/(0,0215-0,0075)=3571 \text{ Kg}_{\text{A.S.}}/\text{h}$ ;  $\rightarrow G_{\text{a.umida}} = G_{\text{a.s.}} + G_{\text{a.s.}}(U_1) = 3598 \text{ kg/h}$  aria umida.

3-BILANCI AL PRERISCALDATORE E1:

$\rightarrow Q_{E1} = G_{\text{A.S.}} C_U (T_1-T_0) = 3571 \times 0,24 \times (70-15) = 47137 \text{ kcal/h}$ ;

VAPORE: p=2 ata;dalla tab.vap.sat.sec.  $\rightarrow T_{\text{VB}}=119,6^{\circ}\text{C}$ ;  $H_{\text{EVAP}}= 527 \text{ kcal/kg}$ ;  $\rightarrow \text{VB} = Q_{E1} / H_{\text{EVAP}} = 89,4 \text{ kg/h}$  portata vapore;

$Q_{E1} = U \text{ Sup. } \Delta T_{\text{ML}}$ ;  $\Delta T_{\text{ML}} = (\Delta T_1 - \Delta T_2) / \ln(\Delta T_1 / \Delta T_2)$ ;  $\Delta T_1 = 119,6-15=104,6^{\circ}$ ;  $\Delta T_2 = 119,6-70=49,6^{\circ}$ ;

$\rightarrow \Delta T_{\text{ML}}=73,7^{\circ}\text{C}$ ;  $\rightarrow \text{Sup.}=Q_{E1}/(U \cdot \Delta T_{\text{ML}})=3,2 \text{ m}^2$ .

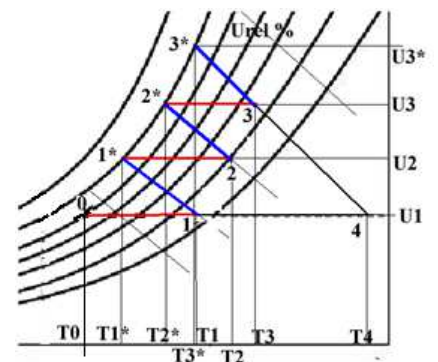
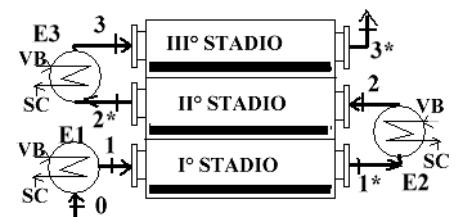
## ES N°2 – MULTISTADIO - TEMA ESAME 1984 \*

Un essiccatore ad armadio a tre stadi con riscaldamenti intermedi e preriscaldamento funziona nelle seguenti condizioni:

- solido umido da trattare 500 Kg/h con umidità iniziale del materiale 30% e finale 10 % in peso;
- aria in ingresso al preriscaldamento con temperatura  $T=20^{\circ}\text{C}$  e Urel.70%;
- aria uscente dall'ultimo stadio a T 40°C e umidità del 90%;

Nell'ipotesi che (a) l'aria asporti da ogni stadio la stessa quantità di acqua e (b) che all'uscita di ogni stadio abbia umidità relativa del 90%, supponendo le trasformazioni adiabatiche, determinare:

- 1-la portata di solido umido finale, di acqua evaporata; 2- la portata di aria secca ; 3- le temperature di entrata e uscita da ogni stadio; 4 la quantità totale di energia richiesta per il riscaldamento dell'aria nei vari stadi; 5-disegnare sul diagramma igrometrico il processo di essiccamento in esame; 6- determinare, se funzionante con un unico preriscaldamento, la temperatura finale del preriscaldamento e la quantità di calore necessaria.



Soluzione: [riscaldamenti: 0//1; 1\*\*//2; 2\*\*//3; essiccamenti: 1//1\*; 2//2\*; 3//3\*]

1-PUNTI del DIAGRAMMA: [vedi appendice 1]

p.to (0): U.Rel. 70%;  $T_0=20^{\circ}\text{C}$ ;  $\rightarrow U_0 = U_1 = 0,011 \text{ kg}_{\text{VAP}}/\text{kg}_{\text{A.S.}}$ ; p.to (3\*):  $T_3^*=40^{\circ}\text{C}$ ; U.Rel. 90%  $\rightarrow U_3^*=0,044 \text{ kg}_{\text{VAP}}/\text{kg}_{\text{A.S.}}$ ;

$(U_3^*-U_1)/3\text{stadi} = (0,044-0,011)/3\text{stadi}=0,011 \text{ kg}_{\text{VAP}}/\text{kg}_{\text{A.S.}}$ ;  $\rightarrow U_2=0,011+0,011=0,022$ ;  $U_3=0,022+0,011=0,033 \text{ kg}_{\text{VAP}}/\text{kg}_{\text{A.S.}}$ ;

$\rightarrow$ si disegna quindi il grafico del processo a 3 stadi, e si ricavano le relative temperature:

$T_0=20^{\circ}$ ;  $T_1=53^{\circ}$ ;  $T_1^*=28^{\circ}$ ;  $T_2=60^{\circ}$ ;  $T_2^*=36^{\circ}$ ;  $T_3=67^{\circ}$ ;  $T_3^*= 40^{\circ}\text{C}$ .

2- BILANCIO DI MATERIA:

Fi=500 Kg/h umido entrante (i)	H <sub>2</sub> O(i) 30% =500 x 0,30=150 KgH <sub>2</sub> O SSsec.70% =500 x 0,70=350 KgSS	
Fu solido umido uscente (u)	H <sub>2</sub> O (u)= 10% SSsec. 90% =350 Kg	→Fu=350/0,90 =389 Kg/h solido umido uscente →H <sub>2</sub> O (u)= 389- 350 = 39 KgH <sub>2</sub> O →H <sub>2</sub> Oevap=150-39=111kg/h

3-BILANCIO ESSICCATORE: portata di aria secca

Ga.s.(U3\*-U1) = (F<sub>i</sub> X<sub>i</sub> - F<sub>u</sub> X<sub>u</sub>)= 111 kg/h; → Ga.s.=111/(0,044-0,011)=3364 Kg<sub>A.S.</sub> /h;

4-BILANCI DI ENERGIA:

dal diagramma: a U1→C<sub>U1</sub>= 0,24 kcal/°C kg<sub>A.S.</sub>; a U2 →C<sub>U2</sub>= 0,246 kcal/°C kg<sub>A.S.</sub>; a U3 →C<sub>U3</sub>= 0,252 kcal/°C kg<sub>A.S.</sub>;

quantità di calore per riscaldamento aria:

→Q<sub>E1</sub>= G<sub>A.S.</sub> C<sub>U1</sub> (T1-T0) = 26643 kcal/h; Q<sub>E2</sub> = G<sub>A.S.</sub> C<sub>U2</sub> (T2-T1\*) = 26481 kcal/h; Q<sub>E3</sub> = G<sub>A.S.</sub> C<sub>U3</sub> (T3-T2\*) = 26280 kcal/h;

→Qtotale= 79404 kcal/h;

5- RISCALDAMENTO IN UNA SOLA APPARECCHIATURA:

dal diagramma: p.to (4): →T4=125°C; Q\*= G<sub>A.S.</sub> C<sub>U1</sub> (T4-T0) = 84773 kcal/h; maggiore q.calore richiesta!

ES N°3 – MULTISTADIO - \*

Un essiccatore a tre stadi con riscaldamenti intermedi e preriscaldamento funziona nelle seguenti condizioni:

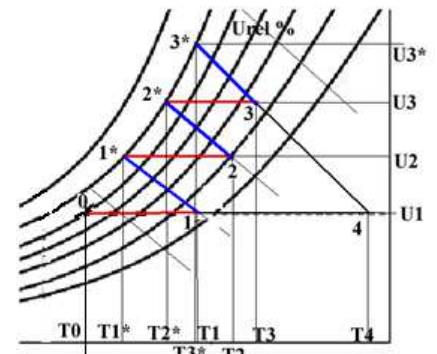
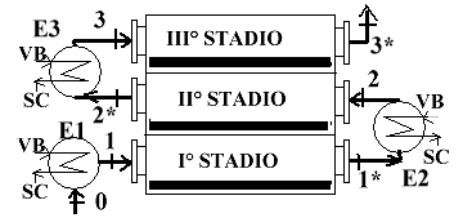
-solido umido da trattare 200 Kg/h con umidità iniziale del materiale 20% e finale 5 % in peso;

-aria in ingresso al preriscaldamento con temperatura T=20°C e Urel.70%;

-aria uscente dall'ultimo stadio a T 39°C e umidità del 90%;

Nell'ipotesi che (a) l'aria asporti da ogni stadio la stessa quantità di acqua e (b) che all'uscita di ogni stadio abbia umidità relativa del 90%, supponendo le trasformazioni adiabatiche, determinare:

1-la portata di solido umido finale, di acqua evaporata; 2- la portata di aria secca ; 3- le temperature di entrata e uscita da ogni stadio; 4 disegnare sul diagramma igrometrico il processo di essiccamento in esame.



Soluzione: [riscaldamenti: 0//1; 1\*//2; 2\*//3; essiccamenti: 1//1\*; 2//2\*; 3//3\*]

1-PUNTI del DIAGRAMMA: [vedi appendice 1]

p.to (0): U.Rel. 70%; T0=20°C; → U0= U<sub>1</sub> = 0,011kg<sub>VAP</sub>/kg<sub>A.S.</sub>; p.to (3\*):T3\*=39°C; U.Rel. 90%;

→ U3\*=0,042 kg<sub>VAP</sub>/kg<sub>A.S.</sub>; (U3\*-U1)/3stadi= (0,042-0,011)/3stadi=0,01 kg<sub>VAP</sub>/kg<sub>A.S.</sub>;

→U2=0,011+0,01=0,021...;U3=0,021+0,01=0,031 kg<sub>VAP</sub>/kg<sub>A.S.</sub>;

→si disegna quindi il grafico del processo a 3 stadi, e si ricavano le temperature seguenti:

T0=20°; T1\*=28°; T2\*=34°; T3\*= 39°C.

2- BILANCIO DI MATERIA:

Fi=200 Kg/h umido entrante (i)	H <sub>2</sub> O(i) 20% =200 x 0,20=40 KgH <sub>2</sub> O SSsec.80% =200 x 0,80=160 KgSS	
Fu solido umido uscente (u)	H <sub>2</sub> O (u)= 5% SSsec. 95% =160 Kg	→Fu=160/0,95 =168,4 Kg/h solido umido uscente →H <sub>2</sub> O (u)= 168,4- 160 = 8,4 KgH <sub>2</sub> O →H <sub>2</sub> Oevap=40-8,4=31,6kg/h

3-BILANCIO ESSICCATORE: portata di aria secca

Ga.s.(U3\*-U1) = (F<sub>i</sub> X<sub>i</sub> - F<sub>u</sub> X<sub>u</sub>)= 31,6 kg/h; → Ga.s.=31,6/(0,042-0,011)=1019,4 Kg<sub>A.S.</sub> /h;

ES.N°4 – MONOSTADIO \*

Un essiccatore ad armadio a uno stadio con preriscaldamento funziona nelle seguenti condizioni:

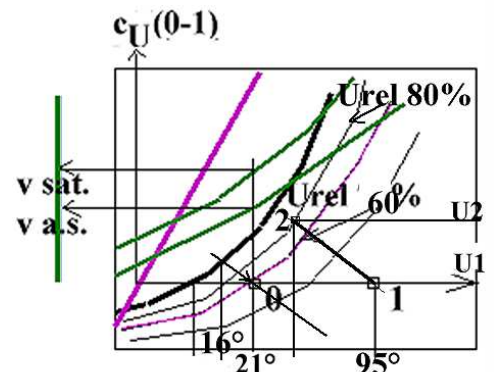
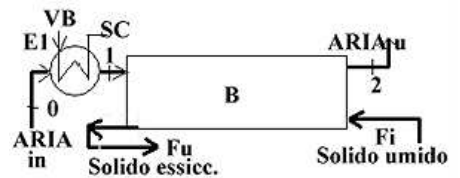
-solido umido da trattare 180 Kg/h con umidità iniziale del materiale 25%

-aria umida in ingresso al preriscaldamento (0) con portata Gu=1000 Nm<sup>3</sup>/h, temperatura T=21°C e T b.u.(bulbo umido) 16°C;

-aria uscente dal preriscaldamento (1) a T=95°C

-aria uscente dall'essiccamento (2) a umidità del 80%;

determinare: 1- le temperature di entrata e uscita dallo stadio e la portata di aria secca 2-la quantità totale di acqua evaporata; 3- la portata di solido umido uscente e la percentuale di umidità del solido uscente. 4- la quantità di energia richiesta per il riscaldamento dell'aria; 5-disegnare sul diagramma igrometrico il processo di essiccamento in esame.



Soluzione:

1-PUNTI del DIAGRAMMA:

p.to (0):  $T_0=21^\circ$ ;  $T_{b.u.}=16^\circ$ ;  $\rightarrow U_{rel}(0)=60\%$ ;  $\rightarrow U_0=U_1=0,01 \text{ kg}_{VAP}/\text{kg}_{A.S.}$ ;  $T_1=95^\circ\text{C}$ ;

p.to (2): U.Rel. 80%;  $\rightarrow T_2=37,3^\circ\text{C}$ ;  $\rightarrow U_2=0,033 \text{ kg}_{VAP}/\text{kg}_{A.S.}$ ;

calcolo volume umido dal diag., noti i volumi specifici del p.to (0) (vedi fig.precedente), di aria secca  $v_{AS}$  e alla saturazione  $v_{SAT}$ :

$v_{AS}=0,83 \text{ m}^3/\text{Kga.s.}$ ;  $v_{SAT}=0,86 \text{ m}^3/\text{Kga.s.}$ ;  $\rightarrow v_u = v_{AS} + (v_{SAT} - v_{AS}) 0,60 = 0,848 \text{ m}^3/\text{Kga.s.}$ ;

portate aria all'ingresso (0):  $G_{A.Umid}=1000 \text{ Nm}^3/\text{h}$ ; aria secca  $\rightarrow G_{A.Sec} = G_{A.Umid} / v_u = 1000 / 0,848 = 1179,2 \text{ Kga.s.}/\text{h}$

$G_{a.s.}(U_2 - U_1) = (F_i X_i - F_u X_u) = 27,12 \text{ kg/h}$ ;  $\rightarrow H_2O_{evap.} = 27,12 \text{ kg/h}$  quantità di acqua evaporata dal solido.

2-BILANCIO ESSICCATORE:

F(i)=180Kg/h umido entrante	H <sub>2</sub> O =180 x 0,25=45 Kg SSsec.=180 x 0,75=135 Kg	(F <sub>i</sub> X <sub>i</sub> - F <sub>u</sub> X <sub>u</sub> )= 27,12 kg/h 45 - H <sub>2</sub> O usc. =27,12
F(u) solido umido uscente	$\rightarrow H_2O \text{ usc.} = 17,88 \text{ kg/h} = F_u X_u$ SSsec=135 kg/h	$\rightarrow F(u) = 135 + 17,88 = 152,88 \text{ kg/h}$ solido umido uscente $\rightarrow \% H_2O \text{ usc.} = 17,88 / 152,88 \times 100 = 11,7\%$

3-BILANCI DI ENERGIA:

dal diagramma: a U1  $\rightarrow C_{U1} = 0,242 \text{ kcal}/^\circ\text{C kg}_{A.S.}$ ;

$\rightarrow Q_{EI} = G_{A.S.} C_U (T_1 - T_0) = 1179,2 \times 0,242 \times (95 - 21) = 21117 \text{ kcal/h}$ ;

### ES N°5 – MULTISTADIO - \*

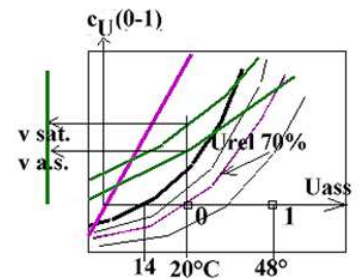
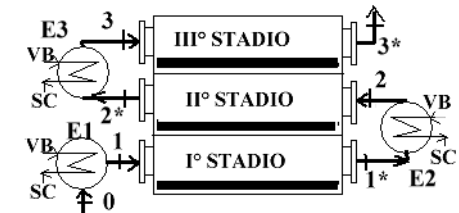
Un essiccatore ad armadio a tre stadi con riscaldamenti intermedi e preriscaldamento funziona nelle seguenti condizioni:

-solido umido da trattare 180 Kg/h con umidità iniziale del materiale 25% e finale 11,8 % in peso;

-aria in ingresso al preriscaldamento con temperatura  $T=20^\circ\text{C}$  e  $T$  rugiada  $14^\circ\text{C}$ ;

-aria uscente dall'ultimo stadio a  $T 39^\circ\text{C}$  e umidità del 80%; Nell'ipotesi che (a) l'aria asporti da ogni stadio la stessa quantità di acqua e (b) che all'uscita di ogni stadio abbia umidità relativa del 80%, supponendo le trasformazioni adiabatiche, determinare:

1-la portata di aria secca 2-1a quantità totale di acqua evaporata; 3- le temperature di entrata e uscita da ogni stadio; 4 la quantità totale di energia richiesta per il riscaldamento dell'aria nei vari stadi; 5-disegnare sul diagramma igrometrico il processo di essiccamento in esame.



Soluzione:

[riscaldamenti: 0//1; 1\*//2; 2\*//3; essiccamenti: 1//1\*; 2//2\*; 3//3\*]

1-PUNTI dal DIAGRAMMA: [vedi appendice 1]

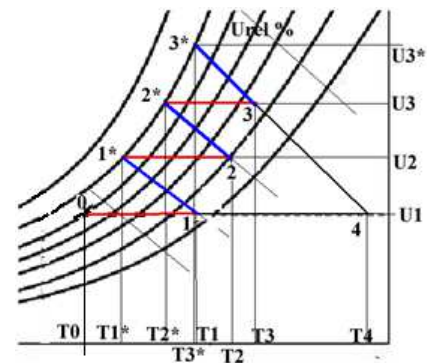
p.to (0):  $T_{rug}=14^\circ$ ;  $T_0=20^\circ\text{C}$ ;  $\rightarrow U_{rel.} = 70\%$   $U_0 = U_1 = 0,01 \text{ kg}_{VAP}/\text{kg}_{A.S.}$ ; p.to (3\*):  $T_{3^*}=39^\circ\text{C}$ ; U.Rel. 80%;

$\rightarrow U_{3^*} = 0,037 \text{ kg}_{VAP}/\text{kg}_{A.S.}$ ;  $(U_{3^*} - U_1) / 3 \text{ stadi} = (0,037 - 0,01) / 3 \text{ stadi} = 0,009 \text{ kg}_{VAP}/\text{kg}_{A.S.}$ ;

$\rightarrow U_2 = 0,01 + 0,009 = 0,019$ ;  $U_3 = 0,019 + 0,009 = 0,028 \text{ kg}_{VAP}/\text{kg}_{A.S.}$ ;

$\rightarrow$  si disegna quindi il grafico del processo a 3 stadi, e si ricavano le temperature seguenti:

$T_0=20^\circ$ ;  $T_1=48^\circ$ ;  $T_1^*=28^\circ$ ;  $T_2=55^\circ$ ;  $T_2^*=34,3^\circ$ ;  $T_3=58,8^\circ$ ;  $T_3^*=39^\circ\text{C}$ .



2- BILANCIO DI MATERIA:

F <sub>i</sub> =180 Kg umido entrante (i)	H <sub>2</sub> O(i) 25% =180 x 0,25=45 KgH <sub>2</sub> O SSsec.80% =180 x 0,75=135 KgSS	
F <sub>u</sub> solido umido uscente (u)	H <sub>2</sub> O (u)= 11,8% SSsec. 88,2% =135Kg	$\rightarrow F_u = 135 / 0,882 = 153,1 \text{ Kg}$ solido umido uscente $\rightarrow H_2O (u) = 153,1 - 135 = 18,1 \text{ KgH}_2\text{O}$ $\rightarrow H_2O_{evap.} = 45 - 18,1 = 26,9 \text{ kg}$

3-BILANCIO ESSICCATORE: portata di aria secca

$G_{a.s.}(U_{3^*} - U_1) = (F_i X_i - F_u X_u) = 26,9 \text{ kg/h}$ ;  $\rightarrow G_{a.s.} = 26,9 / (0,037 - 0,01) = 996,3 \text{ Kga.s.}/\text{h}$ ;

volume umido: dal diag., volumi specifici (p.to 0)  $v_{AS}=0,83 \text{ m}^3/\text{Kga.s.}$ ;  $v_{SAT}=0,85 \text{ m}^3/\text{Kga.s.}$ ;  $\rightarrow v_u = v_{AS} + (v_{SAT} - v_{AS}) 0,70 = 0,844 \text{ m}^3/\text{Kga.s.}$ ;

ARIA UMIDA entrante (0):  $\rightarrow G_{A.U.} = G_{A.Sec.} \times v_u = 0,844 \times 996,3 = 841 \text{ m}^3/\text{h}$ .

4-BILANCI DI ENERGIA:

dal diagramma: a U1  $\rightarrow C_{U1} = 0,243 \text{ kcal}/^\circ\text{C kg}_{A.S.}$ ; a U2  $\rightarrow C_{U2} = 0,2465 \text{ kcal}/^\circ\text{C kg}_{A.S.}$ ; a U3  $\rightarrow C_{U3} = 0,25 \text{ kcal}/^\circ\text{C kg}_{A.S.}$ ;

quantità di calore per riscaldamento aria:

$\rightarrow Q_{EI} = G_{A.S.} C_{U1} (T_1 - T_0) = 6779 \text{ kcal/h}$ ;  $Q_{E2} = G_{A.S.} C_{U2} (T_2 - T_1^*) = 6631 \text{ kcal/h}$ ;  $Q_{E3} = G_{A.S.} C_{U3} (T_3 - T_2^*) = 6227 \text{ kcal/h}$ ;

$\rightarrow Q_{totale} = 19637 \text{ kcal/h}$ .

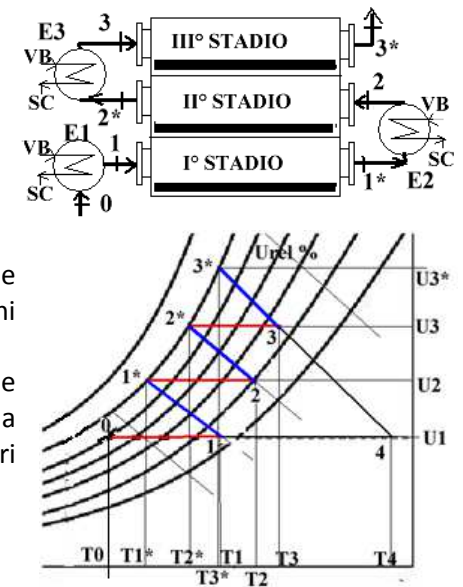
## ES.6 – MULTISTADIO - \*

Un essiccatore ad armadio a tre stadi con riscaldamenti intermedi e preriscaldamento funziona nelle seguenti condizioni:

- solido umido da trattare 167 Kg/h con umidità iniziale del materiale 34,5% e finale 9 % in peso;
- aria in ingresso al preriscaldamento con temperatura  $T=24^{\circ}\text{C}$  e  $U_{rel.}70\%$ ;
- aria uscente dall'ultimo stadio a  $T 43^{\circ}\text{C}$  e umidità del 90%;

Nell'ipotesi che (a) l'aria asporti da ogni stadio la stessa quantità di acqua e (b) che all'uscita di ogni stadio abbia umidità relativa del 90%, supponendo le trasformazioni adiabatiche, determinare:

- 1- la quantità di solido umido uscente e la quantità totale di acqua evaporata;
- 2- le temperature di entrata e uscita da ogni stadio;
- 3-la portata di aria secca e umida entrante;
- 4 la quantità totale di energia richiesta per il riscaldamento dell'aria nei vari stadi;
- 5-disegnare sul diagramma igrometrico il processo di essiccamento in esame.



Soluzione: [riscaldamenti: 0//1; 1\*\*//2; 2\*\*//3; essiccamenti: 1//1\*; 2//2\*; 3//3\*]

1-PUNTI dal DIAGRAMMA: [vedi appendice 1]

p.to (0):  $T_0=24^{\circ}\text{C}$ ;  $U_{rel.}=70\% \rightarrow U_0=U_1=0,013\text{kg}_{VAP}/\text{kg}_{A.S.}$ ;

p.to (3\*):  $T_3^*=43^{\circ}\text{C}$ ;  $U_{rel.}90\%$ ;  $\rightarrow U_3^*=0,052\text{kg}_{VAP}/\text{kg}_{A.S.}$ ;  $(U_3^*-U_1)/3\text{stadi}=(0,052-0,013)/3\text{stadi}=0,013\text{kg}_{VAP}/\text{kg}_{A.S.}$ ;

$\rightarrow U_2=0,013+0,013=0,026$ .;  $U_3=0,026+0,013=0,039\text{kg}_{VAP}/\text{kg}_{A.S.}$ ;

$\rightarrow$ si disegna quindi il grafico del processo a 3 stadi, e si ricavano le temperature seguenti:

$T_0=24^{\circ}$ ;  $T_1=62^{\circ}$ ;  $T_1^*=31,4^{\circ}$ ;  $T_2=67,5^{\circ}$ ;  $T_2^*=38^{\circ}$ ;  $T_3=71,3^{\circ}$ ;  $T_3^*=43^{\circ}\text{C}$ .

2- BILANCIO DI MATERIA:

Fi=167 Kg/h umido entrante (i)	H <sub>2</sub> O(i) 34,5% =167 x 0,345=57,6 KgH <sub>2</sub> O SSsec.65,5% =167 x 0,655=109,4 KgSS	
Fu solido umido uscente (u)	H <sub>2</sub> O (u)= 9% SSsec 91% =109,4Kg	$\rightarrow F_u=109,4/0,91=120,2\text{Kg/h solido umido uscente}$ $\rightarrow H_2O(u)=120,2-109,4=10,8\text{KgH}_2\text{O}$ $\rightarrow H_2O_{evap}=57,6-10,8=46,8\text{kg/h}$

3-BILANCIO ESSICCATORE: portata di aria secca

$G_{a.s.}(U_3^*-U_1)=(F_i X_i - F_u X_u)=46,8\text{kg/h}$ ;  $\rightarrow G_{a.s.}=46,8/(0,052-0,013)=1200\text{Kg}_{A.S.}/\text{h}$ ;

volume umido: dal diagr, volumi specifici (p.to 0)  $v_{AS}=0,84\text{m}^3/\text{Kga.s.}$ ;  $v_{SAT}=0,87\text{m}^3/\text{Kga.s.}$ ;  $\rightarrow v_U=v_{AS}+(v_{SAT}-v_{AS})0,70=0,861\text{m}^3/\text{Kga.s.}$ ;

ARIA UMIDA entrante (0):  $\rightarrow G_{A.U.}=G_{A.Sec.} \times v_U=0,861 \times 1200=1033,2\text{m}^3/\text{h}$ .

4-BILANCI DI ENERGIA:

dal diagramma: a  $U_1 \rightarrow C_{U1}=0,244\text{kcal}/^{\circ}\text{C kg}_{A.S.}$ ; a  $U_2 \rightarrow C_{U2}=0,249\text{kcal}/^{\circ}\text{C kg}_{A.S.}$ ; a  $U_3 \rightarrow C_{U3}=0,256\text{kcal}/^{\circ}\text{C kg}_{A.S.}$ ;

quantità di calore per riscaldamento aria:

$\rightarrow Q_{E1}=G_{A.S.} C_{U1} (T_1-T_0)=11126\text{kcal/h}$ ;  $Q_{E2}=G_{A.S.} C_{U2} (T_2-T_1^*)=10787\text{kcal/h}$ ;  $Q_{E3}=G_{A.S.} C_{U3} (T_3-T_2^*)=10230\text{kcal/h}$ ;

$\rightarrow Q_{totale}=32143\text{kcal/h}$ .

### APPENDICE1: PROCEDIMENTO PER DETERMINARE I PUNTI SUL DIAGRAMMA PER ESSICCATORE A 3 EFFETTI:

$\rightarrow$ IPOTESI: nell'ipotesi che l'aria asporti da ogni stadio la stessa quantità di acqua e che all'uscita di ogni stadio abbia umidità relativa indicata (p.es.del 80%), supponendo le trasformazioni adiabatiche;

a-si tracciano sul diagr. i punti noti (0) e (3\*), ricavando  $U_1$  e  $U_3^*$  (umidità assoluta);

b-si divide per 3 l'intervallo  $U_3^*-U_1$ , ricavando i p.ti  $U_2$  e  $U_3$ ;

c-si tracciano le rette orizzontali da  $U_2$  e  $U_3$  fino alla curva a  $U_{mid. rel.}$  finale nota (p.es.80%), ricavando i punti  $1^*$  e  $2^*$ ;

d-si tracciano le rette di essiccamento adiabatico, parallele alle rette di inclinazione nota, ricavando i p.ti 3, 2, 1 dall'incrocio con le rette orizzontali per  $U_3$ ,  $U_2$ ,  $U_1$ ;

$\rightarrow$  le rette 0-1, 1\*-2, 2\*-3, rappresentano i riscaldamenti dell'aria prima di entrare negli stadi;

$\rightarrow$  le inclinate 1-1\*, 2-2\*, 3-3\* rappresentano le fasi di essiccamento adiabatico.

e- in alternativa si può conoscere la quantità di acqua assorbita dall'aria per Kg aria secca, che sommata all'Umidità assoluta  $U_1$ , nota, mi permette di ricavare  $U_3^*$ , e quindi seguire il procedimento dal punto b-.

ES.:  $G_{a.sec.}=1019\text{kg/h}$ ; acqua evaporata dal solido = 31,6kg/h; N°3 stadi;  $U_1=0,011\text{kg}_{vap}/\text{kg}_{a.s.}$ ;

q.acqua assorb per  $\text{kg}/\text{a.s.}=31,6/1019=0,031$ ;  $\rightarrow$  quantità acqua/stadio:  $0,031/3=0,010\text{kg}/\text{kg}$ ;

$\rightarrow U_1=0,011\text{Kg}7\text{kg}$ ;  $U_2=0,011+0,01=0,021\text{kg}/\text{kg}$ ;  $U_3=0,021+0,01=0,031$ ;  $U_3^*=0,031+0,010=0,042\text{kg}/\text{kg}$ .

