



CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

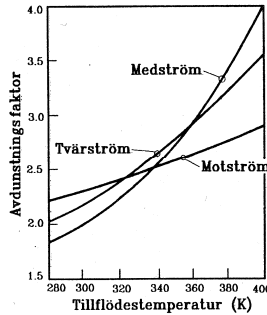
Institutionen för kemi- och bioteknik

Avdelningen för kemiteknik

KURSNAMN	Separations- och apparatteknik 2, KAA095	<i>Med förslag till lösningar av beräkningsuppgifter.</i>
PROGRAM: namn åk / läsperiod	Civilingenjörsprogram kemiteknik Civilingenjörsprogram med fysik årskurs 3 läsperiod 1	
EXAMINATOR	Krister Ström	
TID FÖR TENTAMEN LOKAL	Fredag 26 augusti, 2011, kl 08.30-13.30 V	
HJÄLPMEDEL	Valfri räknedosa/kalkylator med tömt minne. Egna anteckningar och kursmaterial är ej godkänt hjälpmedel "Data och Diagram" av Sven-Erik Mörtstedt/Gunnar Hellsten "Physics Handbook" av Carl Nordling/Jonny Österman "BETA β " av Lennart Råde/Bertil Westergren Formelblad (vilket bifogats tentamentesen)	
ANSV LÄRARE: namn telnr besöker tentamen	Krister Ström 772 5708 Kl 09.30 resp kl 11.00	
DATUM FÖR ANSLAG av resultat samt av tid och plats för granskning	Svar till beräkningsuppgifter anslås 29 augusti på kurshemsidan, studieportalen. Resultat på tentamen meddelas tidigast onsdag 14 september efter kl 12.00 via e-post. Granskning 16 september kl 12.30-13.00 samt 20 september kl. 12.30-13.00 i seminarierummet, forskarhus II plan 2.	
ÖVRIG INFORM.	Tentamen består av en teoridel med sju teorifrågor samt en räknedel med fyra räkneuppgifter. Poäng på respektive uppgift finns noterat i tentamentesen. För godkänd tentamen fordras 40% av tentamens totalpoäng. Samtliga diagram och bilagor skall bifogas lösningen av tentamensuppgiften. Diagram och bilagor kan <u>ej</u> kompletteras med vid senare tillfälle. Det är Ditt ansvar att Du besitter nödvändiga kunskaper och färdigheter. Det material som Du lämnar in för rättning skall vara väl läsligt och förståeligt. Material som inte uppfyller detta kommer att utelämnas vid bedömningen. Betygsgränser: 20-29 poäng betyg 3, 30-39 poäng betyg 4 och 40-50 poäng ger betyg 5.	

Del A. Teoridel

- A1.** Studerar man avdunstningsfaktor som funktion av tillflödets temperatur för en indunstningsanläggning bestående av tre effekter erhålls kurvor för med-, mot-, och tvärströmskoppling enligt figuren nedan.



Varför är medströmskoppling lämplig vid hög temperatur hos tillflödet då man önskar en hög avdunstningsfaktor? Varför är motströmskoppling lämpligt vid låg temperatur? Motivera svaret!

(3p)

- A2.** Beskriv den principiella funktionen hos samt några för- och nackdelar med indunstare av typen;

1. Stigfilm
2. Tvångscirkulation

(2p)

- A3.** Linjen för konstant våttemperatur och konstant entalpi är oftast inte samma i ett Mollierdiagram!

- Varför?
- Varför följer ofta torkförloppet en våttemperaturlinje?
- Varför får ”våttemperaturen” under 0°C en brantare lutning än över?

(3p)

- A4.** En filterkaka som bildats vid filtrering i en platt- och ramfilterpress kan tvättas genom att tvättvätska tillförs på två olika sätt.

- Vilka?
- Varför fås olika resultat?

Då man ritar upp kvarvarande ”förorening” i filterkakan mot mängden tvättvätska, tex. som en tvättvätskekvot, så faller denna halt linjärt. Dock inte ända till tvättvätskekvoten 1.0.

- Faller den brantare vid tvättvätskekvoten 1.0 eller mindre brant?
- Vad är förklaringen till denna avvikelse?

Motivera svaren!

(4p)

- A5.** Redogör för den fundamentala skillnaden mellan fri och hindrad sedimentering!

(2p)

- A6.**
- Redogör för hur lakgodsets och lakmedlets egenskaper påverkar lakningsförloppet!
 - Hur kan man ordna för en så effektiv lakning som möjligt?
- (4p)

A7. Ange fyra fall då extraktion är att föredra framför destillation!

(2p)

Del B. Problemdel

B1. En saltlösning ska koncentreras i en enkeleffektindunstare av stigfilmtyp. Tillflödet håller 15 vikt-% salt och har temperaturen 35°C och man önskar en koncentrerad lösning som håller 45 vikt-% salt.

Färskången håller trycket 3.7 bar och trycket i indunstarens ångrum är 0.85 bar. Det skenbara värmegenomgångstalet är 1.45 kW/m²·K och indunstarens värmeöverförande yta är 90 m².

- Beräkna vilket tillflöde stigfilmindunstaren kan arbeta vid utifrån ovan givna förutsättningar!

Givna data

Entalpi för saltlösningen beräknas genom

$$H_{\text{Saltlösning}}(x,T) = 0.214 \cdot x^2 - 8.76 \cdot x + 4.36 \cdot T \quad [\text{kJ/kg}]$$

där x är lösningens salthalt [vikt-%] och T är lösningens temperatur [°C]

Kokpunktsförhöjningen för saltlösningen beräknas genom

$$\beta(x) = 0.0047 \cdot x^2 - 0.053 \cdot x + 4.18 \quad [^{\circ}\text{C}]$$

där x är lösningens salthalt [vikt-%]

(7p)

B2. En tvåstegs torkanläggning används för att torka ett torkgods från en fuktkvot på 3,2 till en fuktkvot på 0,95. Ingående friskluft till anläggningen har ett flöde på 9700 m³/h och håller en temperatur på 15°C och en våttemperatur på 5°C. Torkgodset tål inte hög värme, så högsta tillåtna temperatur i förvärmningsstegen är 46°C.

Utgående torkluft från första steget håller en temperatur på 20°C och en relativ fuktighet på 45 %. Det andra stegets utgående temperatur är 22°C med en relativ fuktighet på 60 %.

- a) Bestäm specifik luftförbrukning och specifikt värmebehov för denna tork.
- b) Hur stor är torkens kapacitet uttryckt som ingående torkgodsflöde i kg fuktigt gods per timme?
- c) Uppskatta förlusterna i de enskilda torkstegen, samt avgasförlusterna. Förlusterna ska anges i kW.

(9p)

B3. Ett tryckfilter, som har en total filteryta på 25,7 m², används för att filtrera en suspension med en torrhalt på 3,5 vikt-%. Filtreringen sker vid ett konstant tryckfall

på 2,2 bar och en temperatur på 60°C. Efter 5 min av filtreringen har 24,3 m³ filtrat producerats, och efter 10 min 35,2 m³ filtrat.

På labb har kakans torrhalt uppmätts till 65 % och det fasta materialets densitet till 2700 kg/m³.

- a) Beräkna hur lång tid filtreringen tar, om den avbryts vid en kaktjocklek på 7 cm.
- b) Uppskatta specifika filtreringsmotståndet och filtermediets motstånd.
- c) För att öka kapaciteten funderar man på att öka trycket till ett tryckfall på 3,1 bar. Hur mycket tid tjänar man på detta för varje filtercykel?

(9p)

Mollierdiagram bifogas.

B4. En fällningsanläggning producerar 100 ton/dag av ett titandioxidpigment, vilket måste lakas för att hålla en renhet av minst 98% i torrt tillstånd. Pigmentet framställs genom fällning. Materialet är efter fällningen förorenat med 1 ton saltlösning per ton pigment. Saltlösningen håller 0.55 ton salt per ton saltlösning. Materialet lakas i motström med vatten.

- Hur många verkliga laksteg erfordras, om rent vatten tillförs som lakmedel i en mängd av 200 ton/dag?

I underströmmen håller 1 kg inert material kvar 0.5 kg lösningsmedel. Verkningsgraden för anläggningen är 80%.

(5p)

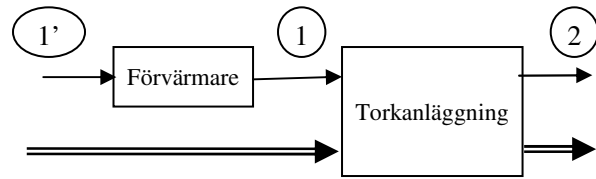
Göteborg 2011-08-23
Krister Ström

Formelblad – Separations- och apparatteknik

TORKNING

$$\frac{dH}{dY} = \frac{H_1 - H_2}{Y_1 - Y_2} = c_{pl} T_{S_1} - q_S - q_{X_1} - q_F$$

$$q_D = \Delta H_{vap, T_0} + c_{pV} T_{G_2} - c_{pl} T_{S_1}$$



FILTRERING

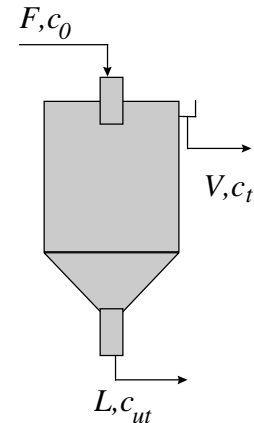
$$\frac{dV}{dt} = \frac{A^2 \Delta P}{\mu(c\alpha_{av} V + AR_m)}$$

$$c = \frac{\rho J}{(1-J) - \frac{\epsilon_{av}}{1-\epsilon_{av}} J \frac{\rho}{\rho_s}}$$

SEDIMENTERING

Fri sedimentering: $v = \frac{D_p^2 (\rho_s - \rho) g}{18\mu}$; $A \geq \frac{F}{v}$

Hindrad sedimentering: Nedre driftlinjen $cv = \frac{L}{A} (c_{ut} - c)$
 Övre driftlinjen $cv = \frac{V}{A} (c - c_t)$



STRÖMNING I PORÖS BÄDD

Kozeny-Carman baserad: $v_{mf} = \frac{1}{K''} \frac{\epsilon_{mf}^3}{S^2 (1 - \epsilon_{mf})} \frac{(\rho_s - \rho) g}{\mu}$

Ergun baserad: $v_{mf} = -\frac{150(1 - \epsilon_{mf})\mu}{3.5D_p\rho} + \sqrt{\left(-\frac{50(1 - \epsilon_{mf})\mu}{3.5D_p\rho}\right)^2 + \frac{(\rho_s - \rho)g\epsilon_{mf}^3 D_p}{1.75\rho}}$

SYMBOLFÖRTECKNING:

TORKNING

c_{pl}	vattnets värmekapacitet, kJ/kg,K
T_{S_1}	torkgodsets temperatur, °C
q_S	värme för uppvärmning av torra godset, kJ/kg avd.
q_{X_1}	värmemängd för uppvärmning av vatten i torkgods, kJ/kg avd.
q_F	värmeförluster, kJ/kg avd.
q_D	värme genom torkluft
$\Delta H_{vap,T_0}$	vattnets ångbildningsvärme vid 0°C, kJ/kg
c_{pV}	vattenångas värmekapacitet, kJ/kg,K
T_{G_2}	luftens temperatur, °C
T_{S_1}	torkgodsets temperatur, °C
H	luftens entalpi, kJ/kg torr luft
Y	luftens vatteninnehåll, kg vattenånga/kg torr luft

FILTRERING

A	filtreringsarea, m ²
c	förhållandet mellan vikten av det fasta materialet i filterkakan och filtratvolymen, kg/m ³
J	massbråk av fast material i suspensionen, -
ΔP	tryckfall över filterkakan, Pa
R_m	filtermediets motstånd, m ⁻¹
t	filtreringstid, s
V	erhållen filtratvolym under tiden t , m ³
α_{av}	specifikt filtreringsmotstånd, m/kg
ε_{av}	filterkakans porositet, -
μ	fluidens viskositet, Pa·s
ρ	fluidens densitet, kg/m ³
ρ_s	fasta fasens densitet, kg/m ³

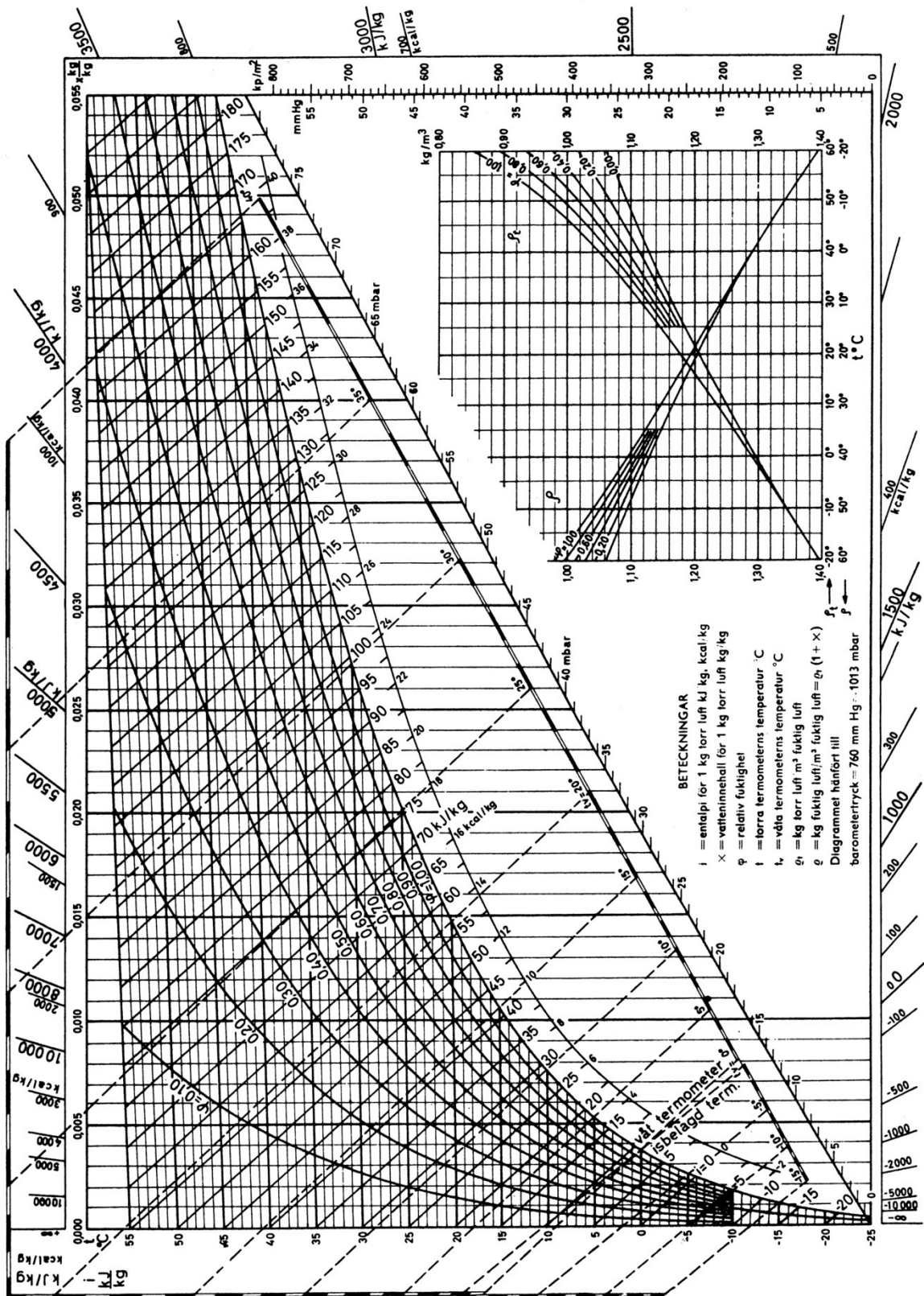
SEDIMENTERING

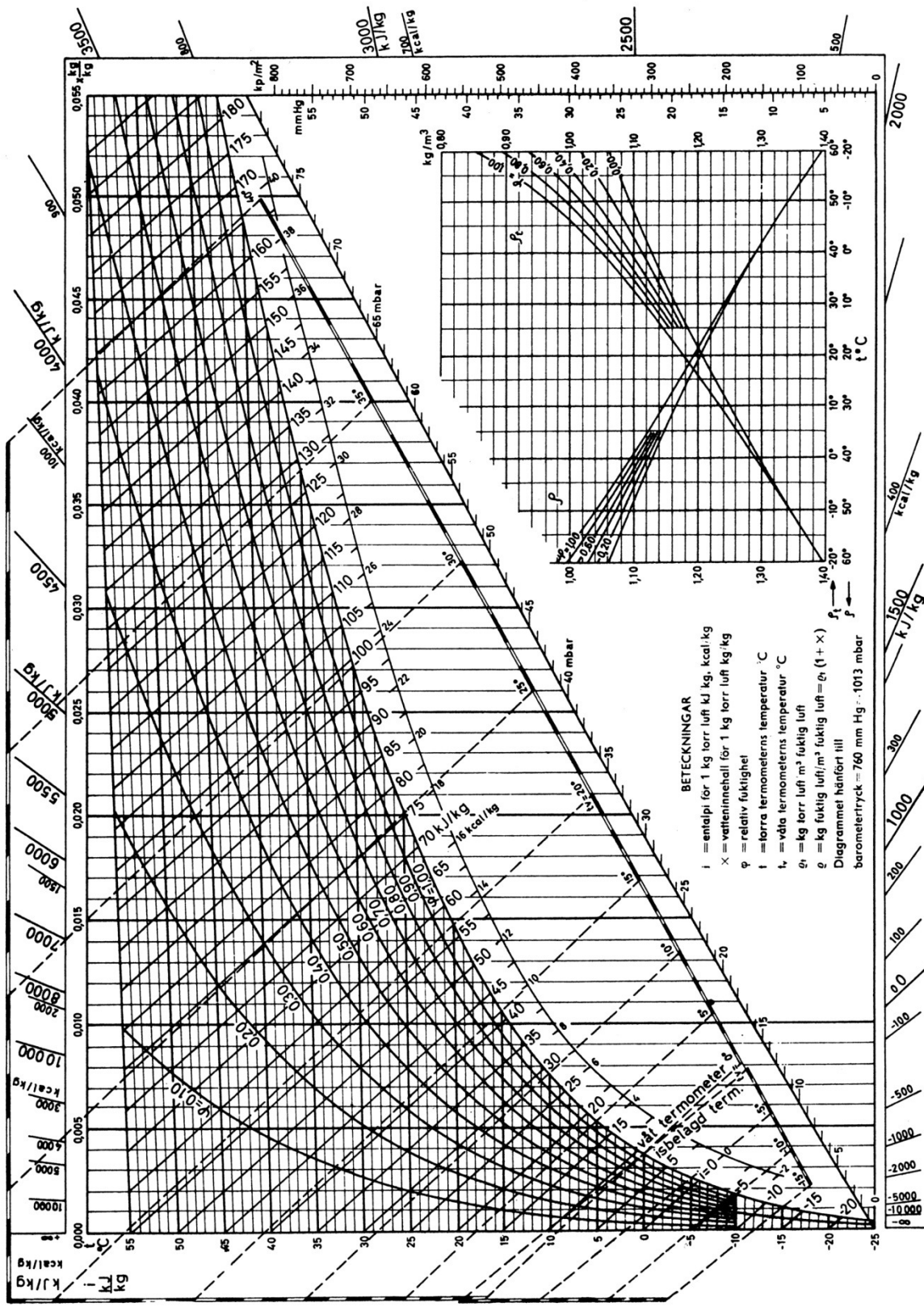
A	sedimentationsarea, m ²
D_p	partikelstorlek, m
g	tyngdaccelerationen, m/s ²
v	partikelns sedimentationshastighet, m/s
μ	fluidens viskositet, Pa·s

ρ	fluidens densitet, kg/m ³
ρ_s	fasta fasens densitet, kg/m ³

STRÖMNING I PORÖS BÄDD

ρ_s	fasta fasens densitet, kg/m ³
D_p	partikelstorlek, m
g	Acceleration i gravitationsfält, m/s ²
K''	Kozenys konstant
S	Partikelns specifika yta, m ² /m ³
v_{mf}	Minsta hastighet för fluidisation, m/s
μ	fluidens viskositet, Pa·s
ρ	fluidens densitet, kg/m ³
ϵ_{mf}	Bäddens porositet vid minsta hastighet för fluidisation, -



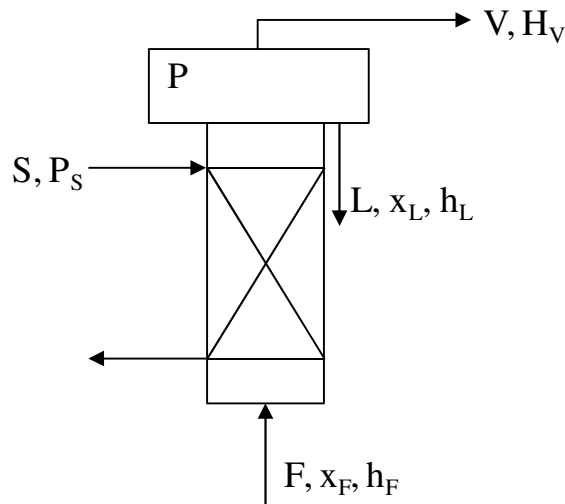


B1.

Data: $x_F = 0.15$
 $T_F = 35^\circ\text{C}$
 $x_L = 0.45$
 $P_S = 3.7 \text{ bar}$
 $P = 0.85 \text{ bar}$
 $U_{\text{SKB}} = 1.450 \text{ kW/m}^2\text{K}$
 $A = 90 \text{ m}^2$

Sökt: F

Lösning:



$$\text{Totalbalans:} \quad F = V + L \quad (1)$$

$$\text{Komponentbalans:} \quad Fx_F = Lx_L \quad (2)$$

$$\text{Värmebalans:} \quad S\Delta H_{\text{VAP}} + Fh_F = VH_V + Lh_L \quad (3)$$

Ekvation (3) ger F då övriga flöden och entalpier är kända.

Flöden: $(2) \Rightarrow L = F \frac{x_F}{x_L}$ samt $(1) \Rightarrow V = F(1 - \frac{x_F}{x_L})$

Entalpier: $h_F = \{x_F = 0.15 ; T_F = 35^\circ\text{C}\} = 151.29 \text{ kJ/kg}$

Kokpunktsförhöjning $\beta = 4.4^\circ\text{C}$

$$h_L = \{x_L = 0.45 ; T_L = 95.15 + 4.16 = 99.31^\circ\text{C}\} = 429.08 \text{ kJ/kg}$$

$$H_V = \{P=0.85 \text{ bar} ; T = 99.6^\circ\text{C}\} = 2668.11 + 1.9 \cdot 4.16 = 2676.01 \text{ kJ/kg}$$

$$Fh_F = VH_V + Lh_L - S\Delta H_{VAP}$$

$$Fh_F = F\left(1 - \frac{x_F}{x_L}\right) H_V + F\frac{x_F}{x_L} h_L - S\Delta H_{VAP}$$

$$F = \frac{-S\Delta H_{VAP}}{h_F - \left(1 - \frac{x_F}{x_L}\right)H_V - \frac{x_F}{x_L}h_L}$$

$$S\Delta H_{VAP} = U_{SKB} A\Delta T$$

$$\Delta T = T_S - T$$

$$T_S = 140.84^\circ\text{C}$$

$$T = 99.31^\circ\text{C}$$

$$\therefore F = 3.05 \text{ kg/s}$$

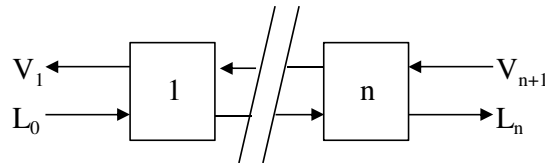
Svar: 3.05 kg/s

B4.

Data: $L_0^C = 100$ ton/dag
 $x_C^{n'} = 0.98$
 $L_0^{A+S} = 100$ ton/dag
 L_0^{A+S} : 0.55 ton salt/ton saltlösning
 $V_{n+1} = 200$ ton/dag
 $S/C = 0.5$
 $\eta = 0.80$

Sökt: Antalet verkliga steg för separationen.

Lösning:



Information om strömmar baserad på räknebasen 1 dag.

L_0 : 100 ton C ; $x_C^0 = 0.50$
 55 ton A ; $x_A^0 = 0.275$ $L_0 = 200$ ton
 45 ton S ; $x_S^0 = 0.225$

V_{n+1} : $y_S^{n+1} = 1.0$ $V_{n+1} = 200$ ton

L_n : $x_A^{n'} = 0.98$

V_1 : Kan konstrueras grafiskt genom hävstångsregeln.

Geometrisk ort för underströmmar.

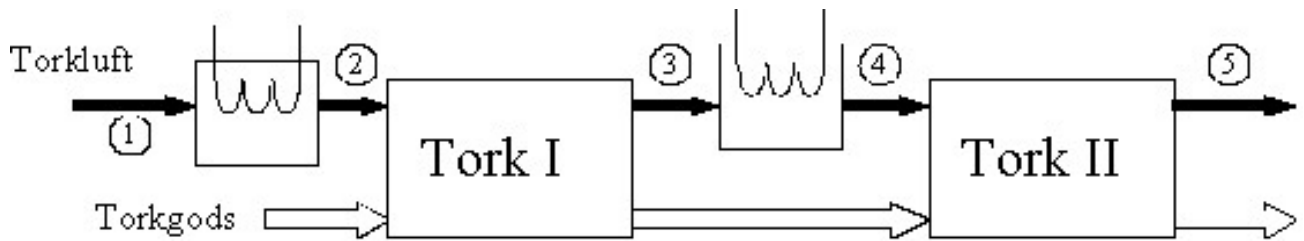
$$\frac{S}{C} = 0.5 ; \frac{x_S}{x_C} = 0.5 ; \{x_A + x_S + x_C = 1.0\} ; x_S = \frac{1}{3}(1-x_A)$$

Triangeldiagram

Triangeldiagram skapas med geometriska orten. Kända strömmar inprickas utifrån kända sammansättningar. Från hävstångsregeln kan blandningspunkten mellan de kända stömmarna L_0 och V_{n+1} bestämmas. Båda dessa strömmar är kända till storlek och sammansättning. Stömmen L_n på geometriska orten för underströmmarna konstrueras utifrån L_n' och V_{n+1} . Strömmen V_1 's läge på geometriska orten för överströmmarna bestäms konstrueras med hjälp av blandningspunkten och L_n . Polen, R, konstrueras genom att bilda driftlinjerna mellan strömmarna L_0 och V_{n+1} samt L_n och V_1 vilka har en gemensam skärningspunkt i R. Genom grafisk lösning erhålls ca 2.4 ideala steg vilket ger 3 verkliga steg.

Svar: Tre verkliga steg.

B2



Figur 1: Två torksteg

Givna data

$X_{in} = 3,2 \text{ kg fukt/kg torrt gods}$	$T_{max} = 46,0^\circ\text{C}$
$X_{ut} = 0,9 \text{ kg fukt/kg torrt gods}$	$T_3 = 20,0^\circ\text{C}$
$\dot{V}_{in} = 2,7 \text{ m}^3/\text{s}$	$\phi_3 = 0,45$
$T_1 = 15,0^\circ\text{C}$	$T_5 = 22,0^\circ\text{C}$
$T_{w,1} = 5,0^\circ\text{C}$	$\phi_5 = 0,60$

Sökt

- l och q
- $\dot{M}_{fg,in}$
- $\dot{Q}_{forl,I}$, $\dot{Q}_{forl,II}$ och \dot{Q}_{avg}

Lösning

a)

För att kunna bestämma specifik luftförbrukning, måste vi veta luftens fukt-kvotsändring, eftersom:

$$l = \frac{\dot{M}_G}{\dot{M}_G \cdot \Delta Y} = \frac{1}{\Delta Y} \quad (1)$$

med

$$\Delta Y = Y_5 - Y_1 \quad (2)$$

Ritar vi in torkförloppet i ett Mollierdiagram (med förvärmning till T_{max} i båda stegen), kan vi bestämma ΔY . Avläsning av fuktkvotsvärden ur figur 2:

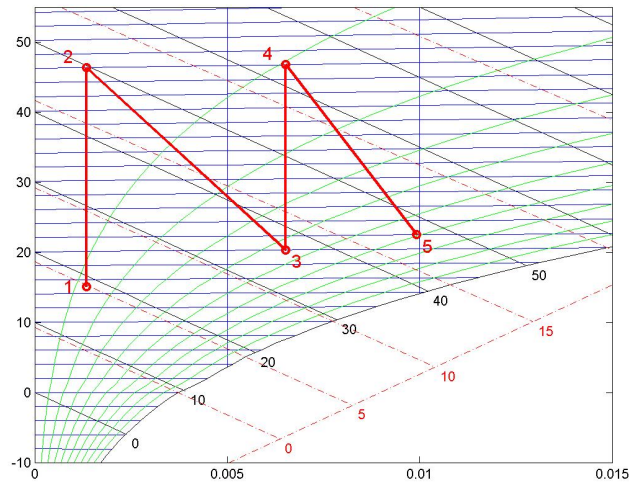
$$Y_1 = 0,0014 \text{ kg fukt/kg torr luft}$$

$$Y_5 = 0,010 \text{ kg fukt/kg torr luft}$$

Insättning i ekvation (2) och (1) ger nu:

$$\Delta Y = 0,009 \text{ kg fukt/kg torr luft}$$

$$l = 117 \text{ kg torr luft/kg avdunstat}$$



Figur 2: Två torksteg i Mollierdiagrammet

Specifika värmebehovet fås ur:

$$q = \frac{\dot{M}_G \cdot \sum \Delta H}{\dot{M}_G \cdot \Delta Y} = \frac{H_2 - H_1 + H_4 - H_3}{\Delta Y} \quad (3)$$

Avläsning av entalpvärden ur figur 2:

$$H_1 = 18,5 \text{ kJ/kg torr luft}$$

$$H_2 = 49,7 \text{ kJ/kg torr luft}$$

$$H_3 = 36,7 \text{ kJ/kg torr luft}$$

$$H_4 = 63,1 \text{ kJ/kg torr luft}$$

Insättning i ekvation (3) ger:

$$q = 6730 \text{ kJ/kg avdunstat}$$

$$= 6,7 \text{ MJ/kg avdunstat}$$

b)

För att få reda på torkens kapacitet för att ta hand om torkgods, kan vi utnyttja fuktbalansen:

$$\dot{M}_D = \dot{M}_S \cdot \Delta X = \dot{M}_G \cdot \Delta Y \quad (4)$$

$$\dot{M}_S = \frac{\dot{M}_G \cdot \Delta Y}{\Delta X} \quad (5)$$

Därefter kan vi beräkna fuktigt ingående torkgodsflöde ur:

$$\dot{M}_{fg,in} = (1 + X_{in}) \cdot \dot{M}_S \quad (6)$$

Först måste vi räkna om luftflödet till massflöde torr luft, enligt:

$$\dot{M}_G = \dot{V}_{in} \cdot \rho_{t,in} \quad (7)$$

Ur hjälpdigrammet kan vi slå upp värdet för ρ_t i ingående torkluft:

$$\rho_{t,in} = 1,22 \text{ kg torr luft/m}^3$$

Insättning i ekvationerna (7) och (5) ger:

$$\dot{M}_G = 3,29 \text{ kg torr luft/s} = 1,19 \cdot 10^4 \text{ kg torr luft/h}$$

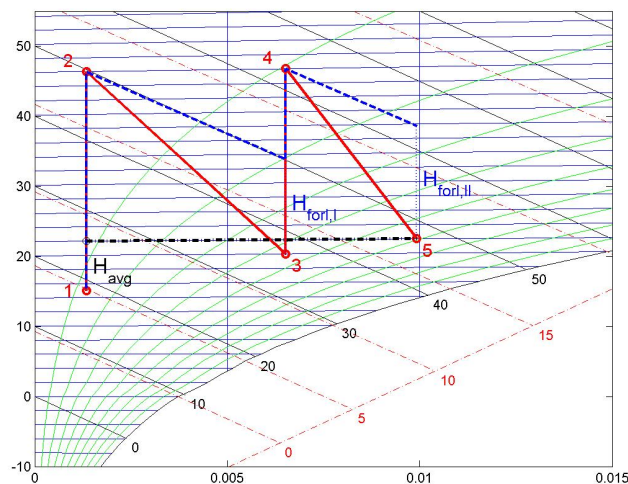
$$\dot{M}_S = 0,013 \text{ kg torrt gods/s} = 45,2 \text{ kg torrt gods/h}$$

Ekvation (6) ger nu:

$$\dot{M}_{fg,in} = 0,1 \text{ kg fuktigt gods/s} = 190 \text{ kg fuktigt gods/h}$$

c)

För att uppskatta förlusterna i ett torksteg, kan man använda sig av jämförelse med ett idealt torksteg. Detta kan göras på två sätt: Antingen antar man att det ideala torksteget börjar i samma punkt som det verkliga, eller så antar man att det slutar i samma punkt som det verkliga. I den första metoden drar man linjen till samma utgående fuktkvot som det verkliga steget, och läser av skillnaden i entalpi mellan idealt och verkligt steg för utgående tillstånd. I den andra metoden drar man linjen "baklänges" till förvärmningslinjen, och läser av entalpiskillnad för ingående tillstånd istället. Båda metoderna ger i stort sett samma värden (bara marginella skillnader), så här kommer bara en metod, den första, att visas.



Figur 3: Förlusterna i Mollierdiagrammet

Inritning av två ideala steg i samma diagram som de verkliga kan ses i figur 3. Avläsning ger entalpiskillnaderna:

$$H_{forl,I} = 13 \text{ kJ/kg torr luft}$$

$$H_{forl,II} = 16 \text{ kJ/kg torr luft}$$

Avgasförlusterna beskriver hur mycket ingående luft till torkanläggningen måste värmas upp för att uppnå avgasernas temperatur. (Avgaser = Utgående torkluft ur anläggningen!) Den beräknas genom att ta entalpiskillnad mellan ingående entalpi och entalpin vid ingående fuktkvot men utgående temperatur, H_1' . (Den senare syns i figur 3 som en svart cirkel, och fås genom att följa isotermen från utgåen-

de torrlufttillstånd tillbaka till första torkstegets förvärmningslinje.) Entalpiskillnad beräknas som:

$$H_{avg} = H_{1'} - H_1 \quad (8)$$

Avläsning i diagrammet och insättning i ekvation (8) ger:

$$H_{1'} = 26 \text{ kJ/kg torrluft} \quad H_{avg} = 7 \text{ kJ/kg torrluft}$$

För att omvandla förlusterna från entalpi per torrluftmassa till effekt, används:

$$\dot{Q} = \dot{M}_G \cdot H \quad (9)$$

Insättning av entalpivärdena i ekvation (9) ger:

$$\begin{aligned} \dot{Q}_{forl,I} &= 44 \text{ kW} & \dot{Q}_{avg} &= 23 \text{ kW} \\ \dot{Q}_{forl,II} &= 53 \text{ kW} \end{aligned}$$

B3

Givna data

$$\begin{array}{ll} A = 25,7 \text{ m}^2 & t_2 = 600 \text{ s} \\ J = 0,035 \text{ kg fast/kg suspension} & V_2 = 35,2 \text{ m}^3 \\ \Delta P = 2,2 \cdot 10^5 \text{ Pa} & \epsilon_{av} = 0,60 \\ T = 60^\circ \text{C} & \rho_S = 2700 \text{ kg fast/m}^3 \\ t_1 = 300 \text{ s} & L_{kaka} = 0,070 \text{ m} \\ V_1 = 24,3 \text{ m}^3 & T = 60^\circ \text{C} \end{array}$$

Sökt

- α_{av} och R_m
- t_{slut}
- $t_{slut,ny}$

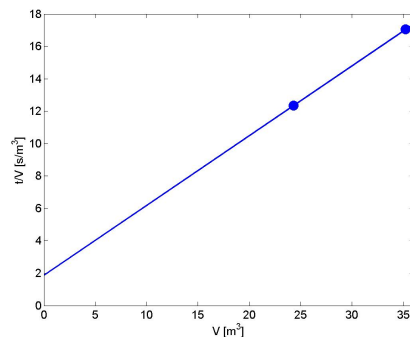
Lösning

a)

Eftersom tryckfallet är konstant, blir resultatet av en integrering (från $t=0$):

$$\frac{t}{V} = \frac{\mu \alpha_{av} c}{2A^2 \Delta P} V + \frac{\mu R_m}{A \Delta P} \quad (1)$$

Om värdena för t/V avsätts mot V , bör alltså en linje bildas. Beräkning av t/V och plottning ger:



Figur 1: t/V mot V

Eftersom det bara finns två punkter, kan vi bestämma lutning och skärning ur figur 1, eller genom beräkning:

$$\text{Lutning} = \frac{\Delta y}{\Delta x} \quad (2)$$

$$\text{Skärning} = y - \text{Lutning} \cdot x \quad (3)$$

y-värdena är i detta fallet t/V -värden:

$$(t/V)_1 = 12 \text{ s/m}^3 \quad (t/V)_2 = 17 \text{ s/m}^3$$

I båda fallen blir resultatet:

$$\text{Lutning} = 0,4 \text{ s/m}^6 \quad \text{Skärning} = 1,9 \text{ s/m}^3$$

För att bestämma α_{av} och R_m identifierar vi lutningen och skärningen i ekvation (1). Ur detta får vi:

$$\alpha_{av} = \frac{2A^2 \Delta P \cdot \text{Lutning}}{\mu c} \quad (4)$$

och

$$R_m = \frac{A \Delta P \cdot \text{Skärning}}{\mu} \quad (5)$$

Vi saknar värden på filterkvoten c och μ . Filterkvoten bestäms enligt:

$$c = \frac{J \rho}{1 - J - \frac{\epsilon_{av}}{1 - \epsilon_{av}} J \frac{\rho}{\rho_s}} \quad (6)$$

Till denna ekvation behövs värden på ϵ_{av} och ρ . Det senare fås ur tabell (t.ex. D&D s.76) vid den givna temperaturen (vi passar även på att hämta värdet på viskositeten):

$$\rho = 983,2 \text{ kg/m}^3 \quad \mu = 0,000469 \text{ Pas}$$

Porositeten fås m.h.a. torrhalten på kakan, genom ekvationen nedan:

$$\epsilon_{av} = \frac{1 - TH}{1 - TH + TH \cdot \frac{\rho}{\rho_s}} \quad (7)$$

$$\epsilon_{av} = 0,60$$

Ekvation (6) ger nu:

$$c = 36,4 \text{ kg/m}^3$$

Insättning i ekvationerna (4) och (5) ger nu:

$$\alpha_{av} = 7,3 \cdot 10^9 \text{ (m/kg)} \quad R_m = 2,3 \cdot 10^{10} \text{ (1/m)}$$

b)

Ekvationen för bestämning av filtreringstiden fås ur ekvation (1), enligt:

$$t_{slut} = \frac{\mu \alpha_{av} c}{2A^2 \Delta P} \cdot V_{tot}^2 + \frac{\mu R_m}{A \Delta P} \cdot V_{tot} \quad (8)$$

Först måste totala filtratvolymen tas fram, m.h.a. kakvolymen och kvoten c :

$$c = \frac{m_s}{V} \quad (9)$$

$$V_{tot} = \frac{m_{s,kaka}}{c} = \frac{\rho_s (1 - \epsilon_{av}) V_{kaka}}{c} \quad (10)$$

$$V_{tot} = 53,88 \text{ m}^3$$

Ekvation (8) ger oss nu:

$$t_{slut} = 1352 \text{ s} \quad = 22,5 \text{ min}$$

c)

En höjning av temperaturen ändrar vätskans (vattnets) egenskaper, framför allt viskositeten. Eventuell påverkan på filtreringsförlopp och -data av andra egenskapers förändring kan antas försumbara.

D&D s.76 ger:

$$\mu = 0,000469 \text{ Pa s}$$

Insättning av detta värde i ekvation (8) ger:

$$t_{slut,ny} = 960 \text{ s}$$