



CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Institutionen för kemi- och bioteknik

KURSNAMN	Separations- och apparatteknik, KAA095 –Med förslag till lösningar
PROGRAM: namn åk / läsperiod	Civilingenjörsprogram kemiteknik Civilingenjörsprogram kemiteknik med fysik årskurs 3 läsperiod 1
EXAMINATOR	Krister Ström
TID FÖR TENTAMEN LOKAL	Lördag 28 oktober 2006, kl 08.30-13.30 V
HJÄLPMEDEL	Valfri räknedosa av standardtyp. "Data och Diagram" av Sven-Erik Mörtstedt/Gunnar Hellsten "Tabeller och Diagram" av Gunnar Hellsten "Physics Handbook" av Carl Nordling/Jonny Österman "BETA β " av Lennart Råde/Bertil Westergren Formelblad (vilket bifogats tentamenstesen)
ANSV LÄRARE: namn telnr besöker tentamen	Krister Ström 772 5708 Kl. 09.30 resp kl 11.30
DATUM FÖR ANSLAG av resultat samt av tid och plats för granskning	Svar till beräkningsuppgifter anslås måndag 30 oktober på kurshemsidan, studieportalen. Resultat på tentamen anslås tidigast torsdag 14 november efter kl 12.00. Granskning fredag 17 november kl 12.30-13.00 samt onsdag 22 november 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 50 poäng. 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.

Del A. Teoridel

A1. Vilka typer av indunstningsapparat borde du välja att använda i följande fall;

Vätskan som ska indunstras

1. har en hög benägenhet att bilda inkruster (beläggning) på värmeöverförande ytor.
2. har en hög viskositet och är temperaturkänslig.
3. har en mycket låg viskositet och kan tillåta stora temperaturdifferenser

Motivera svaren!

(3p)

A2. Kokpunktsförhöjning för med sig att avdunstad ånga är överhettad!

- Beskriv fenomenet kokpunktsförhöjning!
- Innan denna ånga används som värmende medium i nästa effekt mäts denna! Hur och varför görs detta?

(3p)

A3. a) Vad händer om mättad luft vid 40°C blandas med mättad luft vid 0°C? Varför?
b) Namnge och beskriv funktionen (kortfattat) för två olika konvektionstorkar.

(2p)

A4. a) Hur påverkas filtreringstiden av suspensionens torrhalt?
b) Beskriv funktionen hos ett valfritt, namngivet filter. Ange om det är kontinuerligt eller satsvis, och om det är vakuum- eller tryckfilter.

(3p)

A5. Masstransporten av en löslig komponent ur en partikel med hjälp av ett lösningsmedel kan tecknas;

$$\frac{dM}{dt} = \frac{k'A(c_s - c)}{b} \quad \text{där}$$

A = effektiv yta för masstransport mellan fast fas och lösningsmedel

b = tjockleken av den fiktiva filmen som omger partikeln

c = lösningsmedelsfasens koncentration med avseende på lakbar komponent vid tiden t

c_s = koncentration hos den mättade lösningen som är i kontakt med den fasta fasen

M = massan av upplöst ämne som transporteras till lösningsmedelsfasen under tiden t

k' = diffusionskoefficienten

Hur kan driftparametrarna vid lakningsoperationen påverkas, så att materieöverföringen blir så effektiv som möjligt?

(4p)

A6. Den fördelningsplatta för gas man använder i en fluidiserad bädd kan ha olika utseende!

-
- Vilken skillnad i karaktär hos den fluidiserade bädden fås om man har en fördelningsplatta med enbart ett hål jämfört med ett stort antal hål?
 - Vilka är fördelarna alternativt nackdelarna med respektive utformning?

(3p)

A7. Kapaciteten för en klarnare kan härledas till $A \geq \frac{F}{v}$. Då sedimentationshastigheten, v , är låg kommer en stor klarningsbassäng att fordras för att genomföra separationen. Hur kan man apparatmässigt öka kapacitet för ett sedimentationsförlopp som uppvisar en låg kapacitet i ett gravitationsfält?

(2p)

Del B. Problemdel

B1. En saltlösning, 1300 kg/h, ska indunstas vid 1 bar från 30 till 60 vikt-% i en enkeleffektindunstare. Temperaturen på tillflödet är 55°C och på värmande ånga är 175°C. Entalpier kan approximeras med motsvarande entalpier för ånga respektive vatten. Kokpunktsförhöjningen kan beräknas från sambandet $\beta=100 \cdot x_{\text{SALT}}$ där x_{SALT} är viktbråket salt.

- Beräkna erforderlig värmeöverföringsyta för indunstaren!

Skenbara värmegenomgångstalet är 1.1 kW/m²·K.

(6p)

B2. För en enstegstork gäller följande data: Ingående torkgodsflöde är 800 kg fuktigt gods per timme, och torkning sker från en torrhalt på 32 % till en torrhalt på 90 %. Ingående torkluft, som är 5°C med en relativ fuktighet på 40 %, värms till 100°C, och utgående torkluft har en temperatur på 25°C och en relativ fuktighet på 60 %.

- Bestäm specifik luftförbrukning, specifikt värmebehov och volymflödet av ingående torkluft för denna tork.
- Om torksteget istället skulle ha varit idealt och utgående torkluft mättad, hur ändras då specifika luftförbrukningen, specifika värmebehovet och ingående torkluftflöde?
- Beräkna avgasförlusten för de båda fallen.

(9p)

B3. I en process ska en vattensuspension med en torrhalt på 5 vikt-% filtreras i en platt- och ramfilterpress med 36 ramar. Filtreringen sker vid ett konstant tryckfall på 4 bar och en temperatur på 40°C. Varje ram har en volym på 0,028 m³ och en filteryta på 0,65 m².

För att bestämma filterkakans och filtermediets motstånd, har labbförsök gjorts, med samma suspension och filtermedium som i processen. Tryckfallet över labbfiltret var 1,5 bar, och dess filteryta var 0,052 m². Filtreringen, som utfördes vid en temperatur på 20°C gav följande resultat:

Volym filtrat (liter)	4,0	8,0	12,0	16,0
Tid (min)	4,2	14,4	30,8	53,8

I labbet bestämdes också torrhalten på den bildade kakan till 62 % och densiteten på det fasta materialet till 3100 kg/m³.

- Bestäm det specifika filtreringsmotståndet och filtermediets motstånd.
- Hur lång tid tar det innan processfiltret är fullt? Antag att kakans och filtermediets egenskaper är desamma som i labbförsöket.

(10p)

B4. Aceton ska extraheras ur en etylacetatlösning, 100 kg/h, hållande 30 vikt-% aceton i motström vid 25°C med en lösning av aceton och vatten. Utgående raffinatfas innehåller 13 vikt-% aceton. Utgående flöde för överströmmen är 215 kg/h hållande 15 vikt-% aceton.

-
- Hur stor är ingående överström i kg/h?
 - Hur många ideala steg fordras för separationen?

Jämviktsdiagram samt triangeldiagram med lösningskurva för systemet aceton-etylacetat-vatten bifogas.

(6p)

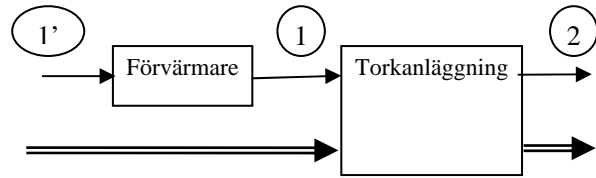
Göteborg 2006-10-19
Krister Ström

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

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

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

SEDIMENTERING

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

Klarnarens yta
$$A \geq \frac{F}{v}$$

STRÖMNING I PORÖS BÄDD

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

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

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
F	tillflöde, m ³ /s
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

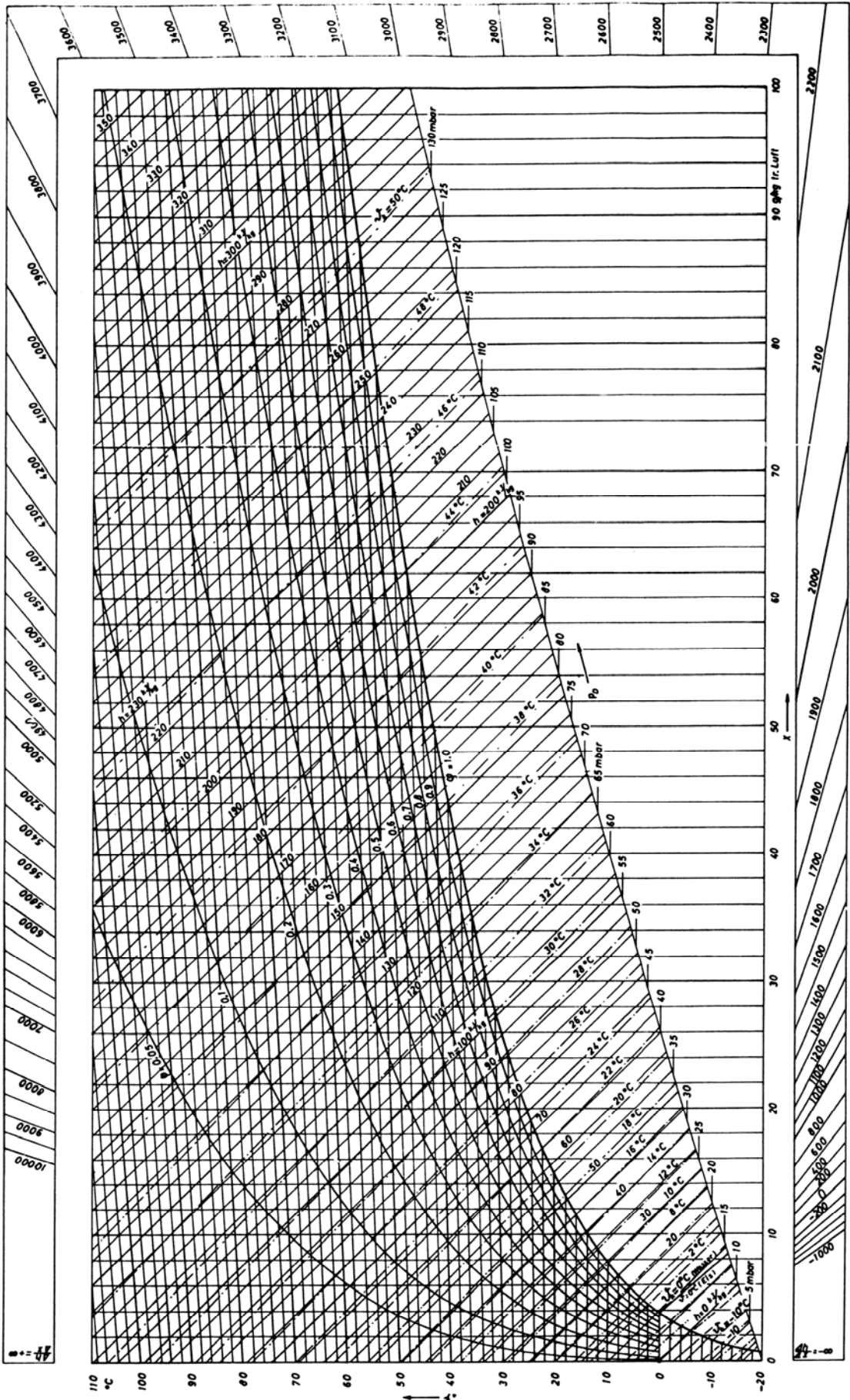
S Partikelns specifika yta, m^2/m^3

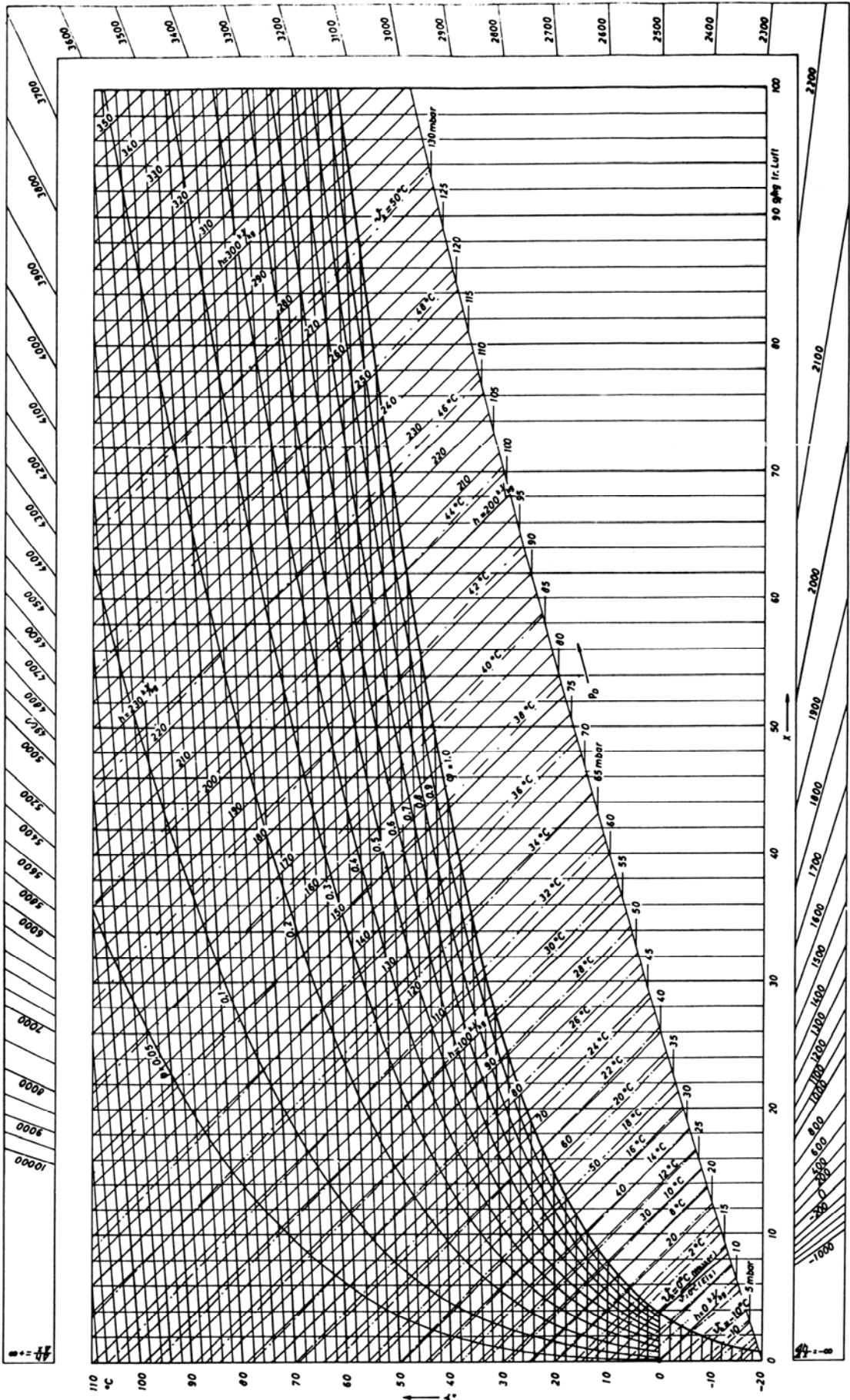
v_{mf} Minsta hastighet för fluidisation, m/s

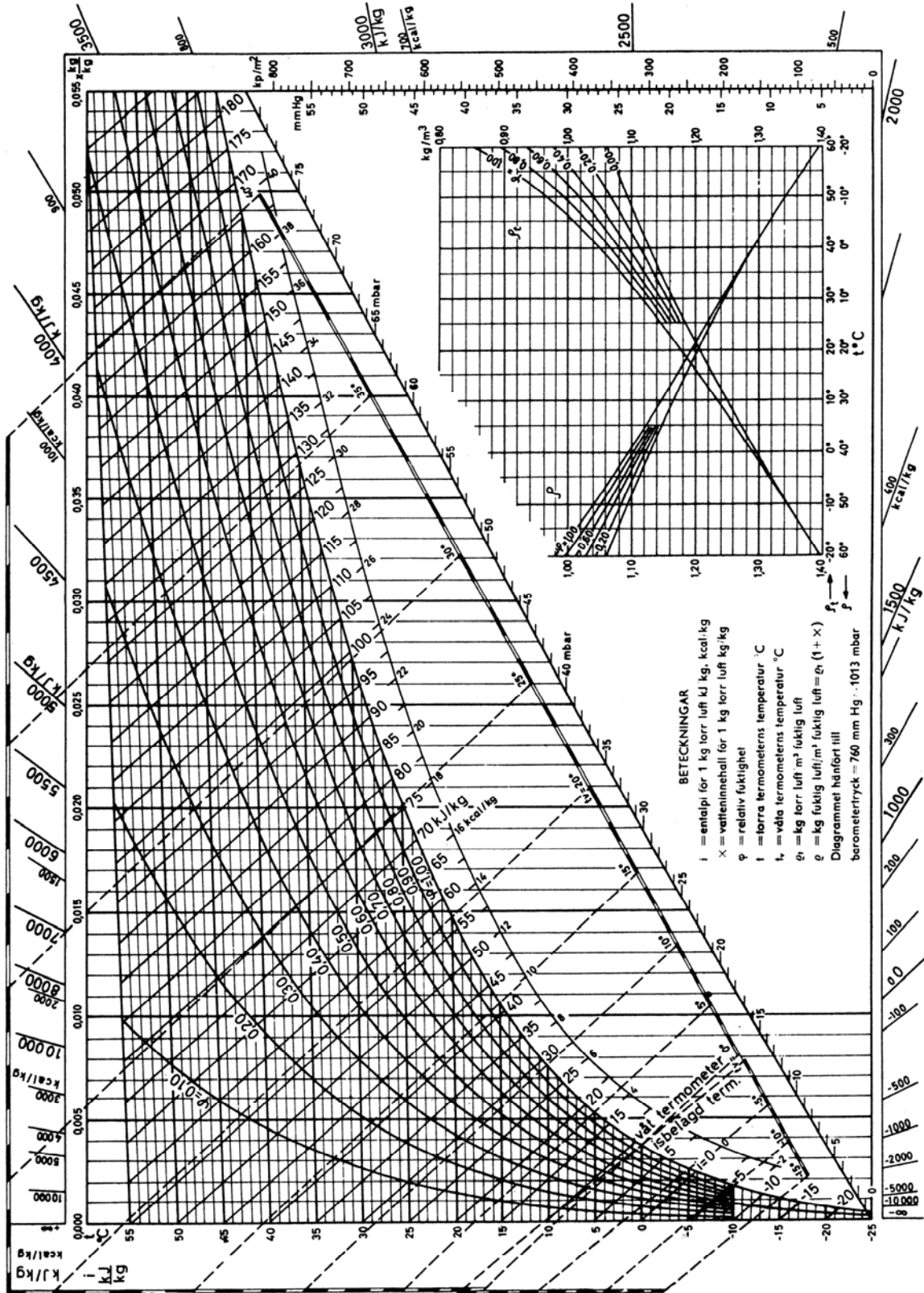
μ fluidens viskositet, Pa·s

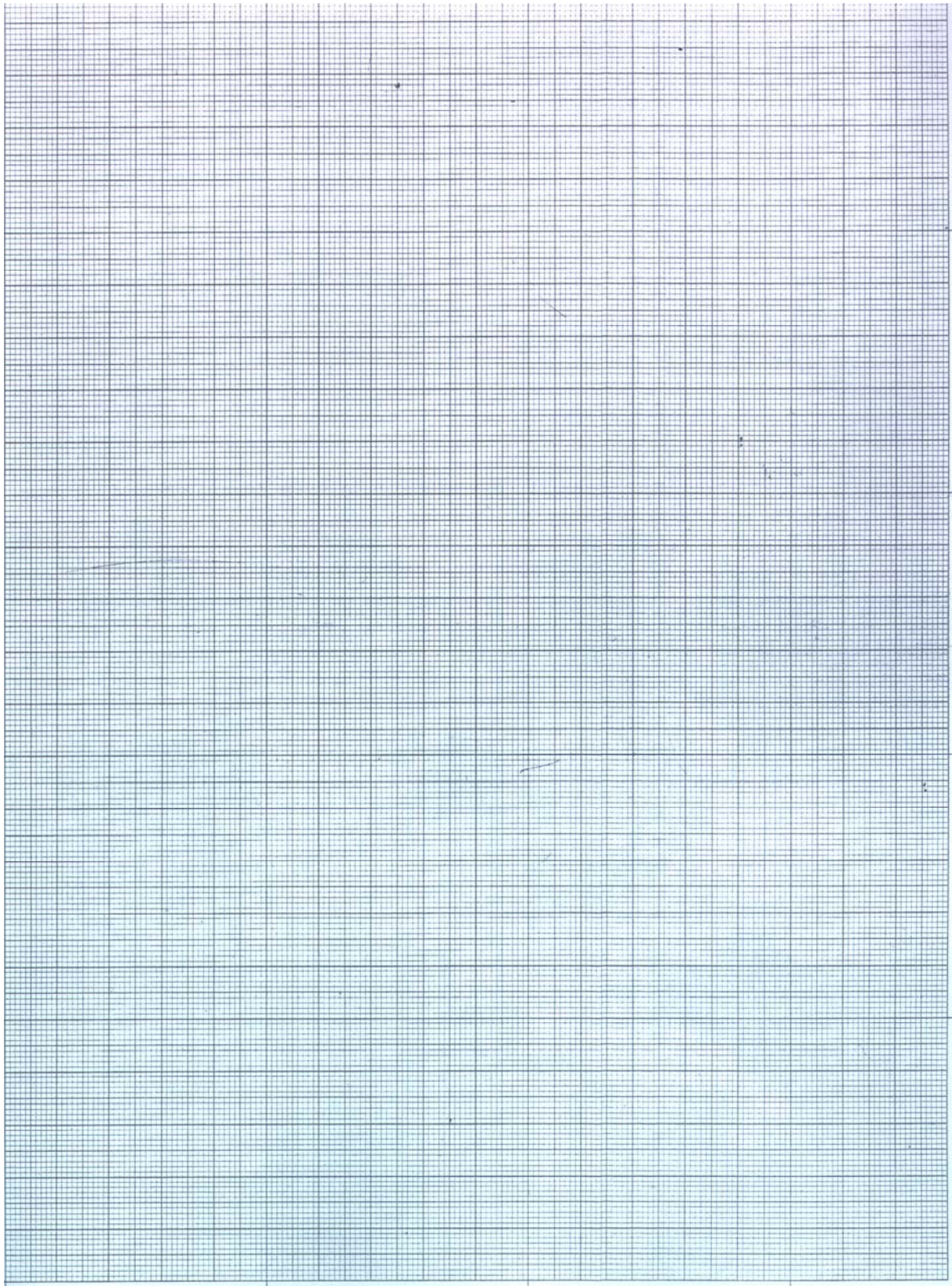
ρ fluidens densitet, kg/m^3

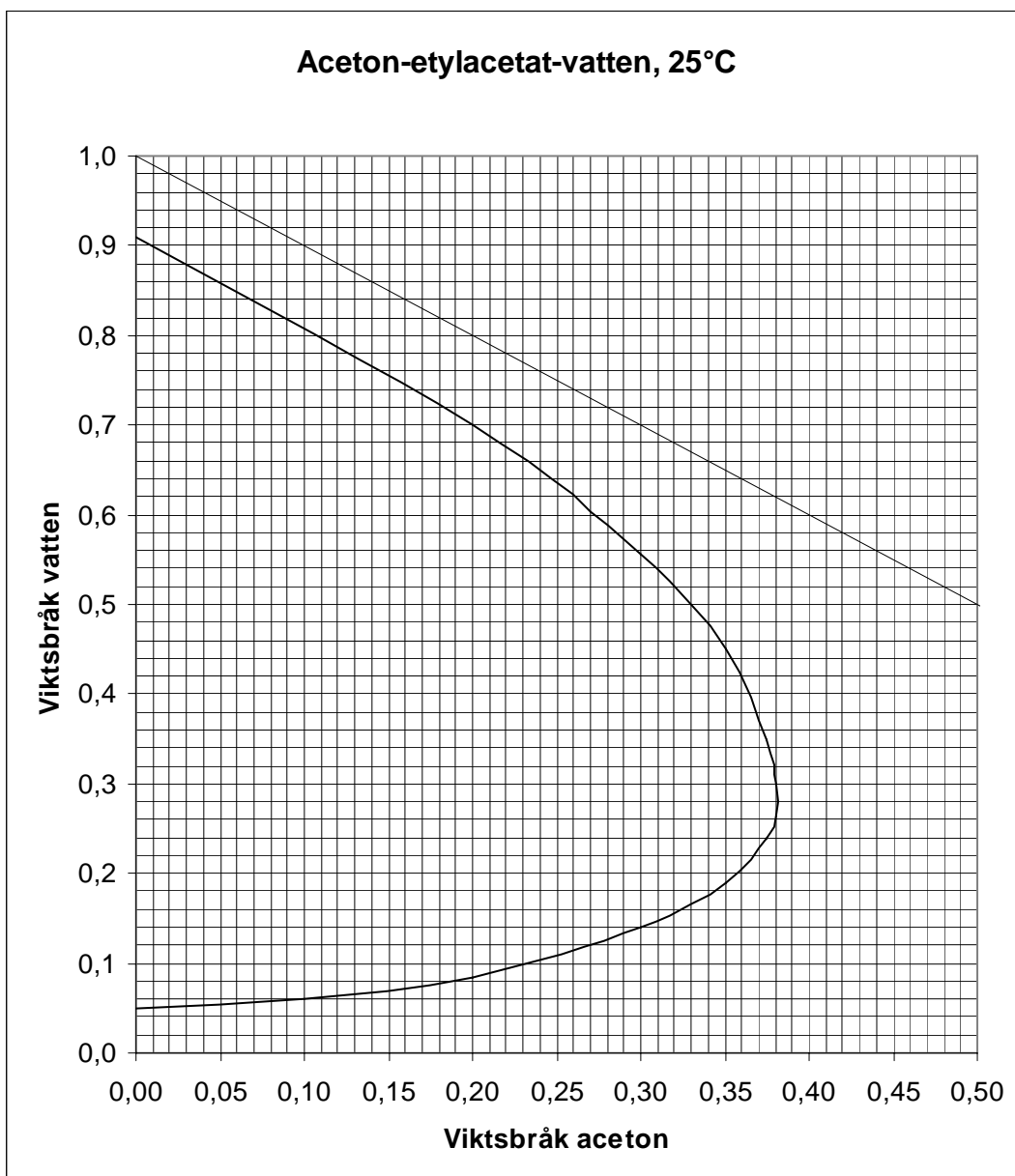
ε_{mf} Bäddens porositet vid minsta hastighet för fluidisation, -

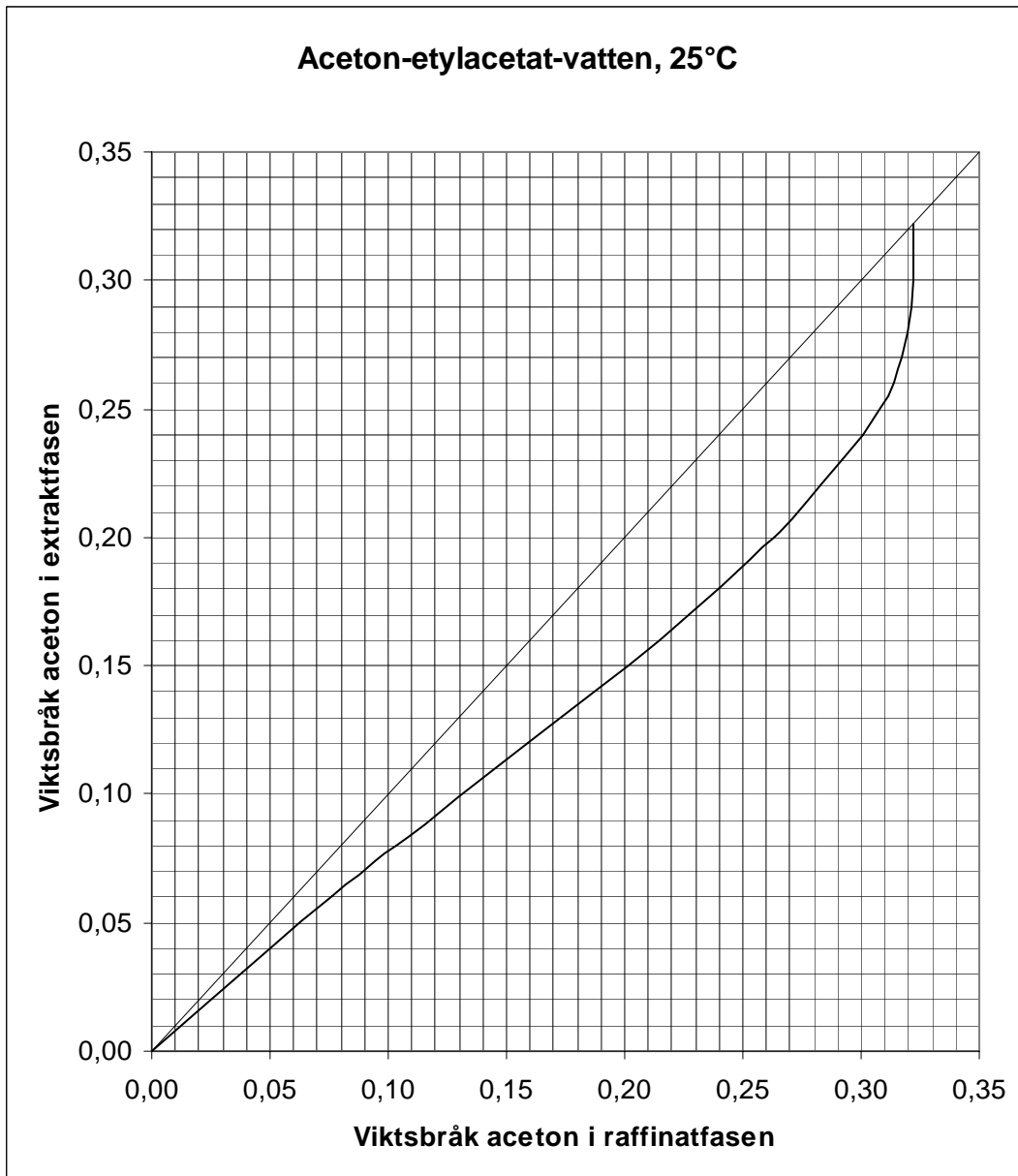










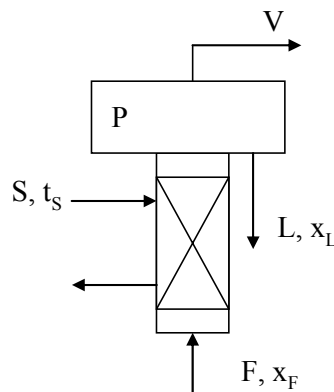


B1.**Data:**

$F = 1300 \text{ kg/h}$
 $P = 0.9 \text{ bar}$
 $x_F = 0.30$
 $x_L = 0.60$
 $t_F = 55^\circ\text{C}$
 $t_S = 175^\circ\text{C}$
 $\beta = 100 \cdot x_{\text{SALT}}$
 $U_{\text{SKB}} = 1.1 \text{ kW/m}^2 \cdot \text{K}$

Sökt:

A

Lösning:

Samband: $F = V + L$ (1)

$F x_F = L x_L$ (2)

$S \lambda_S + F h_F = V H_V + L h_L$ (3)

$S \lambda_S = U_{\text{SKB}} A \Delta t$ (4)

(2) $\Rightarrow L = F x_F / x_L \Rightarrow L = 650 \text{ kg/h}$

(1) $\Rightarrow V = F - L \Rightarrow V = 650 \text{ kg/h}$

(3) $\Rightarrow S = (V H_V + L h_L + F h_F) / \lambda_S$

Entalpier: $h_F = \{55^\circ\text{C}, 1 \text{ bar}\} = 230.21 \text{ kJ/kg}$

$h_L = \{1 \text{ bar}, 99.63 + 100 \cdot 0.60 = 159.63^\circ\text{C}\} = 667 \text{ kJ/kg}$

$H_V = \{1 \text{ bar}, 99.63 + 100 \cdot 0.60 = 159.63^\circ\text{C}\} = 2796 \text{ kJ/kg}$

$\lambda_S = \{175^\circ\text{C}\} = 2032 \text{ kJ/kg}$

$S = 960.47 \text{ kJ/kg}$

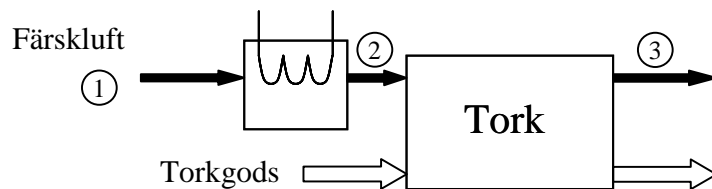
(4) $\Rightarrow A = S \lambda_S / U_{\text{SKB}} \Delta t$

$\Delta t = t_S - t_V - \beta \Rightarrow \Delta t = 15.37^\circ\text{C}$

} $A = 32 \text{ m}^2$

Svar: 32 m^2

B2



Givet:

$$\dot{M}_{gods} = 800 \text{ kg fuktigt gods/h}$$

$$TH_{in} = 0,32$$

$$TH_{ut} = 0,90$$

$$T_1 = 5^\circ\text{C}$$

$$\varphi_1 = 0,40$$

$$T_2 = 100^\circ\text{C}$$

$$T_3 = 25^\circ\text{C}$$

$$\varphi_3 = 0,60$$

Sökt:

a) l , q och \dot{M}_G

b) l , q och \dot{M}_G om torkningen sker idealt

c) $q_{A,a}$ och $q_{A,b}$

Lösning:

a) Inläggning av tillstånden i Mollierdiagrammet ger:

$$Y_1 = 0,0022 \text{ kg fukt/kg torr luft}$$

$$Y_3 = 0,0120 \text{ kg fukt/kg torr luft}$$

$$\Rightarrow \Delta Y_a = Y_3 - Y_1 = 0,0120 - 0,0022 = 0,0098 \text{ kg fukt/kg torr luft}$$

$$H_1 = 11 \text{ kJ/kg torr luft}$$

$$H_2 = 107,5 \text{ kJ/kg torr luft}$$

$$\Rightarrow \Delta H = H_2 - H_1 = 107,5 - 11 = 96,5 \text{ kJ/kg torr luft}$$

$$l = \frac{1}{\Delta Y} = 102 \text{ kg torr luft/kg avdunstat}$$
$$q = \frac{\Delta H}{\Delta Y} = 9850 \text{ kJ/kg avdunstat} = 9,8 \text{ MJ/kg avdunstat}$$

Det fuktiga godsets torra flöde fås ur:

$$\dot{M}_{gods} = \dot{M}_{fukt} + \dot{M}_S = X \cdot \dot{M}_S + \dot{M}_S \Rightarrow \dot{M}_S = \frac{\dot{M}_{gods}}{1 + X}$$

Omräkning från torrhalt till fuktkvot i torkgodset ger:

$$X = \frac{1 - TH}{TH} \quad X_{in} = (1 - 0,32) / 0,32 = 2,12$$

$$X_{ut} = (1 - 0,90) / 0,90 = 0,111$$

Med det ingående fuktiga godsets flöde:

$$\dot{M}_s = 800 / (1 + 2,12) = 256 \text{ kg torrt gods/h}$$

En fuktbalans ger:

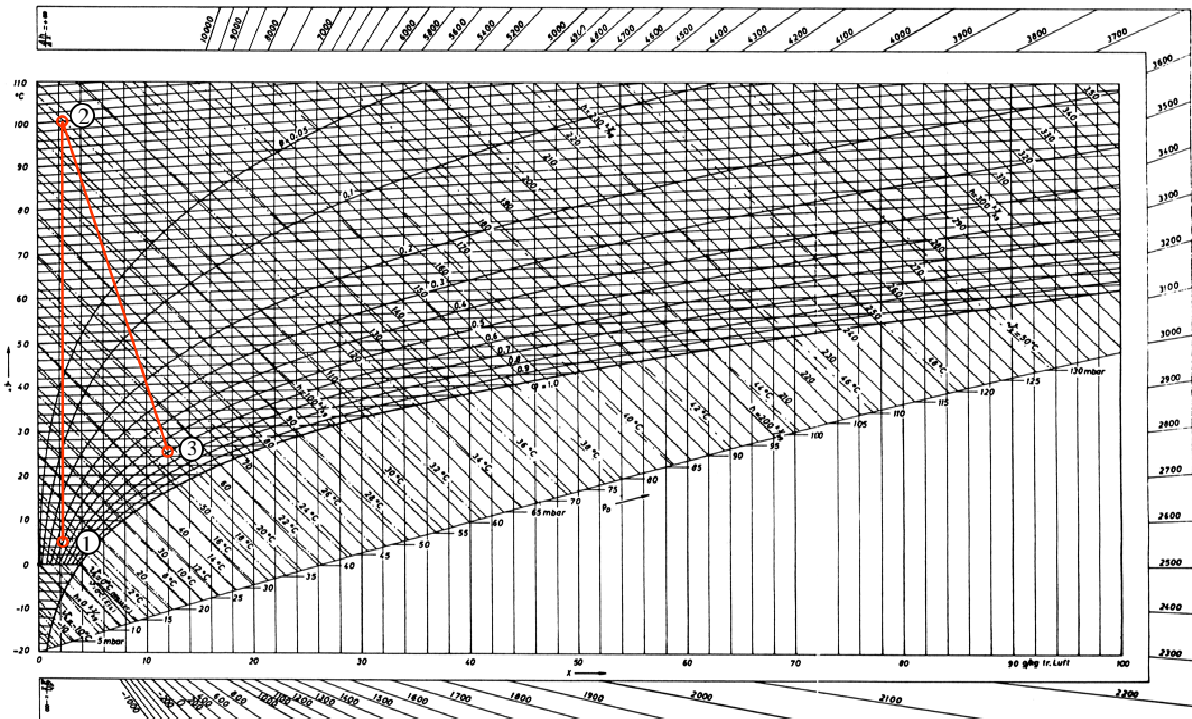
$$\dot{M}_G \cdot \Delta Y = \dot{M}_s \cdot \Delta X \Rightarrow \dot{M}_G = \frac{\dot{M}_s \cdot \Delta X}{\Delta Y}$$

$$\dot{M}_G = 256 \cdot (2,12 - 0,111) / 0,0098 = 52600 \text{ torr luft/h}$$

Ingående volymflöde fås nu om densiteten vid ingående lufts tillstånd är känt:

$$\rho_t = \rho_t (5^\circ\text{C}, 40 \% \text{ rel. fuktighet}) = 1,265 \text{ kg/m}^3$$

$$\dot{V}_{G,in} = \frac{\dot{M}_G}{\rho_t} = 52600 / 1,265 = 41600 \text{ m}^3/\text{h} = 4,2 \cdot 10^4 \text{ m}^3/\text{h}$$



b) Torkningen sker nu idealt, d.v.s. följer en våttemperaturlinje från tillstånd 2. Inritat i Mollierdiagram fås nu nya värden för tillstånd 3:

$$Y_3 = 0,0310 \text{ kg fukt/kg torr luft}$$

$$\Rightarrow \Delta Y_b = Y_3 - Y_1 = 0,0310 - 0,0022 = 0,0288 \text{ kg fukt/kg torr luft}$$

Eftersom förvärmningen inte påverkas, blir ΔH detsamma. Specifika luftförbrukningen och specifika värmebehovet kan nu beräknas:

$$l = \frac{1}{\Delta Y} = 35 \text{ kg torr luft/kg avdunstat}$$

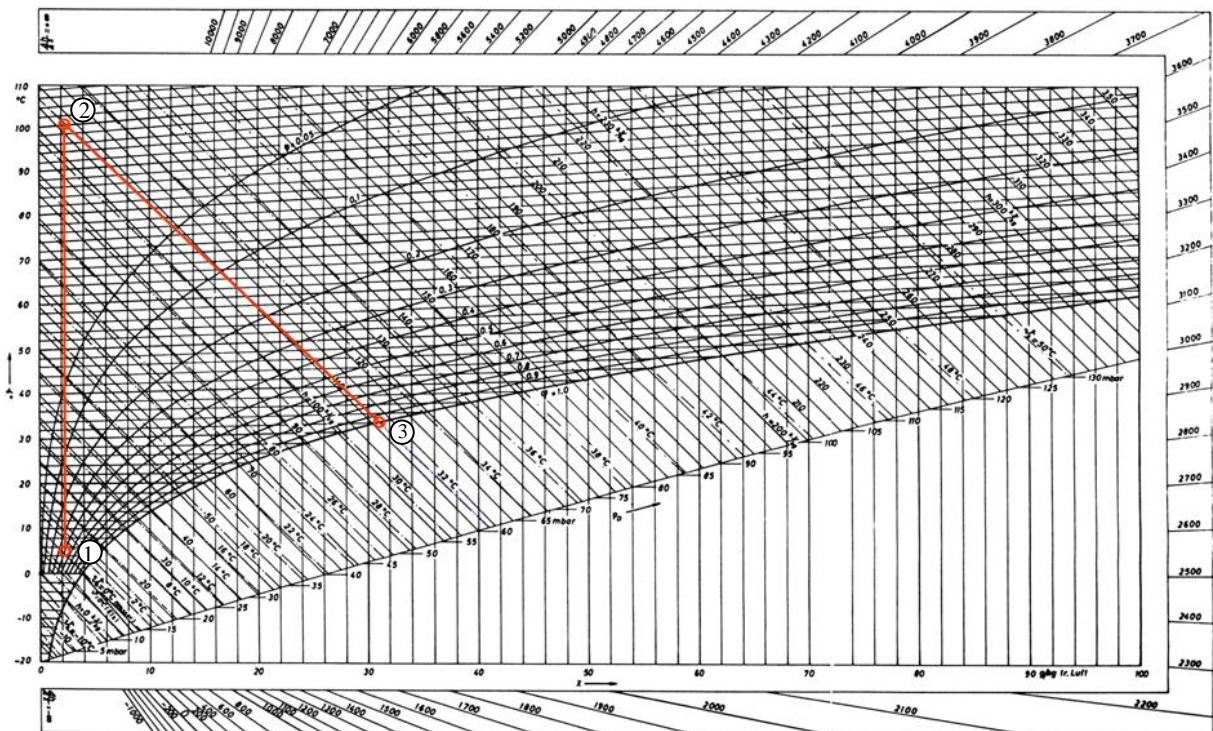
$$q = \frac{\Delta H}{\Delta Y} = 3350 \text{ kJ/kg avdunstat} = 3,4 \text{ MJ/kg avdunstat}$$

Förändringen av ΔY leder till minskat luftflöde:

$$\dot{M}_G = \frac{\dot{M}_S \cdot \Delta X}{\Delta Y} = 256 \cdot (2,12 - 0,111) / 0,0288 = 17900 \text{ kg torr luft/h}$$

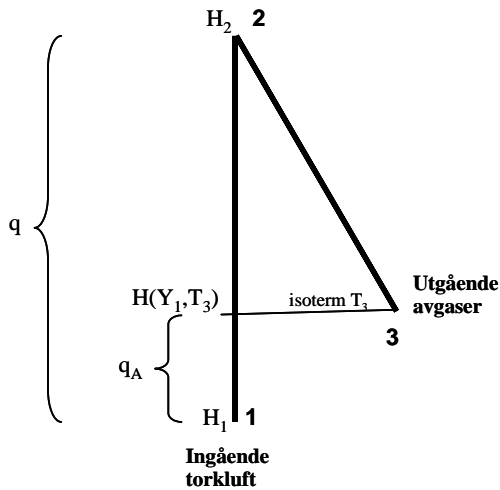
Med oförändrat färslufttillstånd ändras inte ρ_t , så vi får nu:

$$\dot{V}_{G,in} = \frac{\dot{M}_G}{\rho_t} = 17900 / 1,265 = 14200 \text{ m}^3/\text{h} = 1,4 \cdot 10^4 \text{ m}^3/\text{h}$$



c) Bestämning av avgasförlust sker utifrån definitionen av denna förlust:

Den del av förvärmningen som går åt till att värma upp den ingående luften till de utgående avgasernas temperatur.



I entalpilermer kan detta uttryckas

$$\Delta H_A = H(Y_1, T_3) - H_1$$

eller som en specifik avgasförlust:

$$q_A = \frac{H(Y_1, T_3) - H_1}{\Delta Y}$$

Avläsning i Mollierdiagrammet ger för de två fallen:

$$H(Y_1, T_3)_a = 31 \text{ kJ/kg torr luft}$$

$$H(Y_1, T_3)_b = 38 \text{ kJ/kg torr luft}$$

Detta ger:

$$q_{A,a} = (31 - 11) / 0,0098 = 2040 \text{ kJ/kg avdunstat} = 2,0 \text{ MJ/kg avdunstat}$$

$$q_{A,b} = (38 - 11) / 0,0288 = 938 \text{ kJ/kg avdunstat} = 0,94 \text{ MJ/kg avdunstat}$$

B3

Givet:

36 ramar

$$V_{\text{ram}} = 0,028 \text{ m}^3$$

$$A_{\text{ram}} = 0,65 \text{ m}^2$$

$$J = 0,05$$

$$\Delta P = 4 \text{ bar}$$

$$T = 40^\circ\text{C}$$

$$A_{\text{labb}} = 0,052 \text{ m}^2$$

$$\Delta P_{\text{labb}} = 1,5 \text{ bar}$$

$$T_{\text{labb}} = 20^\circ\text{C}$$

$$TH = 0,62$$

$$\rho_s = 3100 \text{ kg/m}^3$$

t, V-data i tabell

Sökt:

a) α och R_m

b) t_{slut}

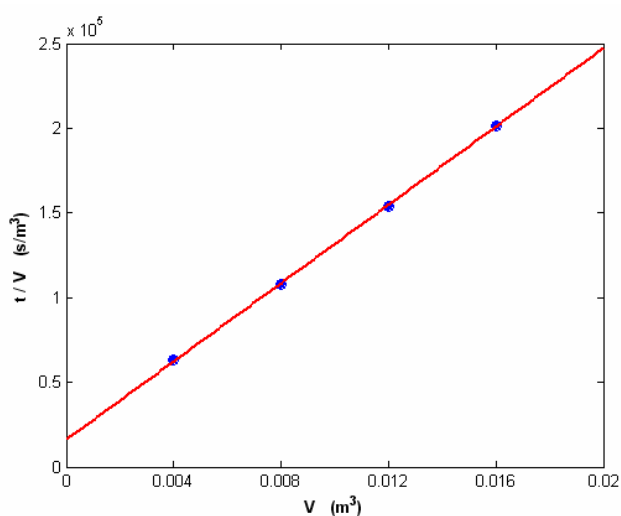
Lösning:

a) Filtreringen sker vid konstant tryck, alltså gäller:

$$\frac{t}{V} = \frac{\mu \cdot \alpha_{av} \cdot c}{2 \cdot \Delta P \cdot A^2} \cdot V + \frac{\mu \cdot R_m}{\Delta P \cdot A}$$

Detta beskriver en linje om man avsätter t/V mot V i ett diagram. Med givna tabelldata:

t (min)	V (liter)	t (s)	V (m ³)	t/V (s/m ³)
4,2	4,0	252	0,004	$6,30 \cdot 10^4$
14,4	8,0	864	0,008	$10,8 \cdot 10^4$
30,8	12,0	1848	0,012	$15,4 \cdot 10^4$
53,8	16,0	3228	0,016	$20,2 \cdot 10^4$



$$\text{Lutning} = 1,16 \cdot 10^7 \text{ (s/m}^6\text{)}$$

$$\text{Skärning} = 1,61 \cdot 10^4 \text{ (s/m}^3\text{)}$$

Specifika filtermotståndet, α , och filtermediets motstånd, R_m , kan nu bestämmas ur lutning resp. skärning, om man har kännedom om övriga parametrar.

$$\alpha_{av} = \frac{2 \cdot \Delta P_{labb} \cdot A_{labb}^2 \cdot \text{Lutning}}{\mu \cdot c}$$

$$R_m = \frac{\Delta P_{labb} \cdot A_{labb} \cdot \text{Skärning}}{\mu}$$

Viskositeten, μ , bestäms vid temperaturen i labbet. Vi behöver också densiteten:

$$\mu = \mu(20^\circ\text{C}) = 1,005 \cdot 10^{-3} \text{ Pa s}$$

$$\rho = \rho(20^\circ\text{C}) = 998,2 \text{ kg/m}^3$$

Filterkvoten, c , bestäms enligt:

$$c = \frac{J \cdot \rho}{1 - J - \frac{\varepsilon_{av}}{1 - \varepsilon_{av}} \cdot \frac{\rho}{\rho_s} \cdot J}$$

Allt är känt, utom kakans porositet, ε_{av} , som måste bestämmas utifrån torrhalten:

$$\varepsilon_{av} = \frac{\text{Vätskevolym}}{\text{Total volym}} = \frac{\frac{m_{v\ddot{a}tska}}{\rho}}{\frac{m_{v\ddot{a}tska}}{\rho} + \frac{m_{fast}}{\rho_s}} = \frac{m_{v\ddot{a}tska}}{m_{v\ddot{a}tska} + \frac{\rho}{\rho_s} \cdot m_{fast}} = \frac{(1 - TH) \cdot m_{kaka}}{(1 - TH) \cdot m_{kaka} + \frac{\rho}{\rho_s} \cdot TH \cdot m_{kaka}}$$

$$\varepsilon_{av} = \frac{1 - TH}{1 - TH + \frac{\rho}{\rho_s} \cdot TH}$$

Densiteten för vätskan vid labbtemperaturen:

$$\varepsilon_{av} = (1 - 0,62) / (1 - 0,62 + 998,2/3100 \cdot 0,62) = 0,656$$

Detta ger:

$$c = 0,05 \cdot 998,2 / (1 - 0,05 - 0,656/(1 - 0,656) \cdot 998,2/3100 \cdot 0,05) = 54,0 \text{ kg/m}^3$$

Nu kan motståndet beräknas:

$$\alpha_{av} = 2 \cdot 1,5 \cdot 10^5 \cdot 0,052^2 \cdot 1,16 \cdot 10^7 / (1,005 \cdot 10^{-3} \cdot 54,0) = 1,73 \cdot 10^{11}$$

$$R_m = 1,61 \cdot 10^4 \cdot 1,5 \cdot 10^5 \cdot 0,052 / 1,005 \cdot 10^{-3} = 1,25 \cdot 10^{11}$$

b) För att beräkna tiden för att erhålla en viss filtratvolym, kan nu följande ekvation användas:

$$t = \frac{\mu \cdot \alpha_{av} \cdot c}{2 \cdot \Delta P \cdot A^2} \cdot V^2 + \frac{\mu \cdot R_m}{\Delta P \cdot A} \cdot V$$

När filtret är fullt (vid tiden t_{slut}), har filtratvolymen V_{full} erhållits. Denna kan beräknas genom kännedom om filterkammrarnas totala volym och filterkvoten c , eftersom:

$$c = \frac{\text{Torrsubstansmassa i kakan}}{\text{Filtratvolym}} = \frac{\rho_s \cdot (1 - \varepsilon_{av}) \cdot V_{kaka}}{V_{full}}$$

$$V_{full} = \frac{\rho_s \cdot (1 - \varepsilon_{av}) \cdot V_{kaka}}{c}$$

Det finns 36 ramar:

$$V_{kaka} = 36 \cdot 0,028 = 1,01 \text{ m}^3$$

$$\Rightarrow V_{full} = 3100 \cdot (1 - 0,656) \cdot 1,01 / 54,0 = 19,9 \text{ m}^3$$

I processen råder en annan temperatur, alltså ska ett annat värde på viskositeten användas:

$$\mu = \mu(40^\circ\text{C}) = 0,656 \cdot 10^{-3} \text{ Pa s}$$

Den totala filterarean:

$$A = 36 \cdot A_{ram} = 36 \cdot 0,65 = 23,4 \text{ m}^2$$

Detta ger nu:

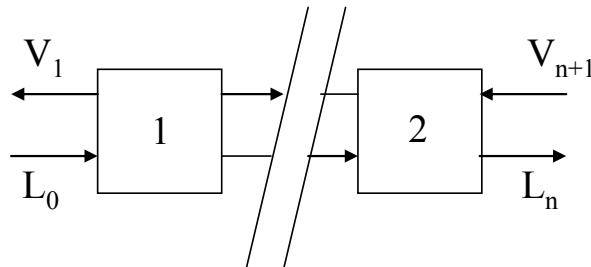
$$t_{slut} = 0,656 \cdot 10^{-3} \cdot 1,73 \cdot 10^{11} \cdot 54,0 / (2 \cdot 4 \cdot 10^5 \cdot 23,4^2) \cdot 19,9^2 + 0,656 \cdot 10^{-3} \cdot 1,25 \cdot 10^{11} / (4 \cdot 10^5 \cdot 23,4) \cdot 19,9 = 1,13 \cdot 10^4 \text{ s} = 190 \text{ min}$$

B4.

Data: $L_0 = 100 \text{ kg/h}$
 $x_A^0 = 0.30$
 $x_A^n = 0.13$
 $V_1 = 215 \text{ kg/h}$
 $y_A^1 = 0.15$

Sökt: V_{n+1}, n

Lösning:



Kända strömmars sammansättningar noteras i triangeldiagram med lösningskurva..

Beräkna ”fiktiva” strömmen R

$$\leftarrow R = V_1 + L_0 \Rightarrow R = 115 \text{ kg/h}$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Hävstångsregeln ger} \\ R \cdot a = L_0 \cdot b \\ b = 99 \end{array} \right\} a = 86$$

V_{n+1} bestäms mha hävstångsregeln

$$\left. \begin{array}{l} L_0 \cdot c = V_{n+1} \cdot d \\ c = 83 \\ d = 45 \end{array} \right\} V_{n+1} = 184 \text{ kg/h}$$

”Stegning ” ger två steg!

Svar: 184 kg/h, två steg