



CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Institutionen för kemi- och bioteknik

KURSNAMN	Separations- och apparatteknik, KAA095 – <i>Med förslag till lösningar</i>
PROGRAM: namn åk / läsperiod	Civilingenjörsprogram kemiteknik Civilingenjörsprogram kemiteknik med fysik årskurs 3 läsperiod 1
EXAMINATOR	Krister Ström
TID FÖR TENTAMEN LOKAL	Måndag 15 januari, 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 tentamenstenen)
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 15 januari på kurshemsidan studieportalen. Resultat på tentamen anslås tidigast fredag 2 februari efter kl 12.00. Granskning måndag 5 februari samt onsdag 7 februari 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 ej 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. För att bestämma temperaturen i en anläggning med n st indunstare används sambandet

$$\Delta T_1 = \frac{\Delta T_{TOT}}{1 + \frac{U_{SKB,1}}{U_{SKB,2}} + \dots + \frac{U_{SKB,1}}{U_{SKB,n}}}$$

- Vad har man då förutsatt?
 - Hur tar man hänsyn till eventuella kokpunktsförhöjningar i detta samband?
- (3p)

A2. Vad är skillnaden i funktion och användning mellan en stigfilmindunstare och en fallfilmindunstare?

(3p)

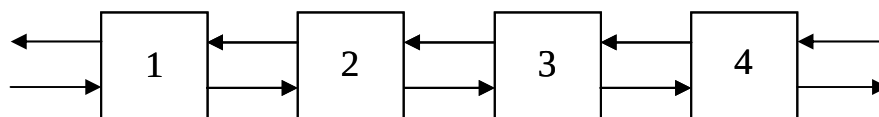
A3. a) Vad är skillnaden mellan bundet och obundet vatten i ett torkgods?
b) Du ska torka ett temperaturkänsligt, partikelformat material. Ange en passande tork. Motivera!

(2p)

A4. a) Finns det något samband mellan partikelstorlek på det fasta materialet och filtreringsmotstånd? Vad innebär i så fall en ökad partikelstorlek för det specifika filtreringsmotståndet?
b) Vid svårfiltrerade suspensioner använder man sig ibland av s.k. precoating. Vad innebär denna metod, och i vilket avseende ändrar den förutsättningarna för filtreringen?

(2 p)

A5. När man tecknar materialbalanser över en vätska-vätskaextraktionsanläggning erhålls en nettoström, vilken vi här antar går åt vänster i flödesschemat enligt nedan.



- a) Hur hamnar polen i ett triangeldiagram?
 - b) Kan denna nettoström vara negativ?
 - c) Vad skulle detta i så fall innebära?
- (4p)

A6. Ange några för- och nackdelar med att minska partikelstorleken vid lakning av fast material!

(2p)

-
- A7.** a) Vad innebär begreppet *idealt steg* vid en lakningsberäkning?
- b) Normalt antas vid lakningsberäkningar att jämviktsbetingelser inställt sig, men hur kan man beskriva lakningens tidsberoende (dvs. förändringen av mängden lakbar substans i det fasta materialet med tiden)?
- c) Olika faktorer påverkar detta förlopp! Vilken roll spelar t.ex. temperaturen på förloppet?

(4p)

Del B. Problem

B1. Indunstning ska ske av en NaOH-vattenlösning, 500 kg/h, från 10 till 60 vikt-%. Tillflödet håller 90°C och indunstningen ska ske vid 100 kPa. En eneffektsindunstare med ytan 100 m² och med ett skenbart värmegenomgångstal U_{SKB} 0.90 kW/m²K används.

- Beräkna vilket mättnadstryck färsången bör ha och vilken mängd som fordras!

Diagram visande kokpunktsförhöjning och entalpi för lösningen bifogas.

(6p)

B2. En torkanläggning ska torka ett fuktigt torkgods från en fuktkvot på 1,5 till 0,8. Den är dimensionerad för att klara ett torrt torkgodsflöde på 4 ton/h. Den primära källan för torkluften är utomhusluft med en temperatur på 5°C och en relativ fuktighet på 70 %. Nu vill man utreda några olika möjligheter som står till buds, för att minska friskluftförbrukningen.

- Beräkna i följande fall massflödet av luft, både det totala flödet och friskluftflödet!
- Beräkna också förbrukad värmeeffekt i förvärmningen.

I alla fallen ska luften värmas till 100°C och torken räknas som ideal, med utgående torkluft mättad.

Fall A: Grundfallet – all torkluft är friskluft.

Fall B: Ingående friskluft blandas med lika stora delar recirkulerad utgående torkluft.

Fall C: I processen har man tillgång till hetluft som är 90°C och har en relativ fuktighet på 5 %. Man planerar att blanda 2 delar hetluft med 1 del friskluft.

Mollierdiagram bifogas.

(9p)

B3. Ett bandfilter är en kontinuerlig filtreringsutrustning, där det porösa filtermediet vilar på ett band som transporterar den växande filterkakan över suglådor. I suglådorna skapas ett undertryck, som gör att den tillförda suspensionen dräneras. För bästa funktion, är det viktigt att avpassa flödet av tillförd suspension till tiden som bandet rör sig över suglådorna, för att den kakan ska hinna bli färdigbildad, d.v.s. all tillförd suspension ska hinna filtreras.

Till ett bandfilter med bredden 2,2 m, och där suglådorna är 17 m i bandets färdriktning, förs ett suspensionsflöde på 0,85 m³/min. Suspensionen innehåller 3 volym-% fasta partiklar, med en densitet på 2500 kg/m³. Vätskans densitet är 1000 kg/m³ och viskositeten 0,0010 Pa s. Den bildade kakans porositet är 0,55. Tryckskillnaden över bandet är 0,6 bar.

- a) I ett labbförsök med samma suspension och med motsvarande filtermedium (samma motstånd som i bandfiltret kan antas), erhöles för en filteryta på 0,02 m² en filtratvolym på 0,45 liter efter 2,5 min och en volym på 1,0 liter efter 10 min. Beräkna specifika filtreringsmotståndet och filtermediets motstånd, om vätskans och kakans egenskaper är desamma som i bandfiltret, och labbfiltrets tryckskillnad är 0,35 bar.

Vänd ➡ !

b) Hur hög bör bandets hastighet högst vara, för att filtreringen ska hinna ske?

Ledning: Bandets passage över suglådorna kan jämföras med en filtreringscykel, och den totala filtratvolymen kan beräknas ur ingående suspensionsflöde m.h.a.

$$V_{tot} = \frac{1 - \varepsilon - J_{vol}}{1 - \varepsilon} \cdot \dot{V}_{susp} \cdot t_{cykel}$$

där J_{vol} är volymandel fast fas i suspensionen, $\dot{V}_{susp}$ är suspensionsflödet, och t_{cykel} är tiden för bandets passage över suglådorna.

(9p)

B4. Olja ska lakas ur rapsfrön med hjälp av ett organiskt lösningsmedel förorenat med olja som lakmedel i en kontinuerlig lakningsanläggning som arbetar i motström. Per timma ska 100 kg rapsfrön lakas bestående av 20 vikt-% olja och resten inerta växtdelar. Från lakningsanläggningen önskas en raffinatström som håller 3 vikt-% olja samt en extraktström, 200 kg/h, som håller 14 vikt-% olja!

Det inerta materialet kvarhåller 1 kg organiskt lösningsmedel per kg inerta växtdelar.

- Bestäm erforderligt antal ideala lakningssteg!
- Beräkna flödet av lakmedel som fordras för separationen!
- Vilken sammansättning har lakmedlet?
- Hur stort är produktflödet i underströmmen?

(6p)

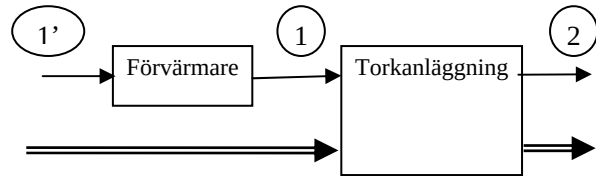
Göteborg 2007-01-02
Krister Ström

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

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/m³

STRÖMNING I PORÖS BÄDD

ρ_s fasta fasens densitet, kg/m³

D_p partikelstorlek, m

g Acceleration i gravitationsfält, m/s²

K'' Kozenys konstant

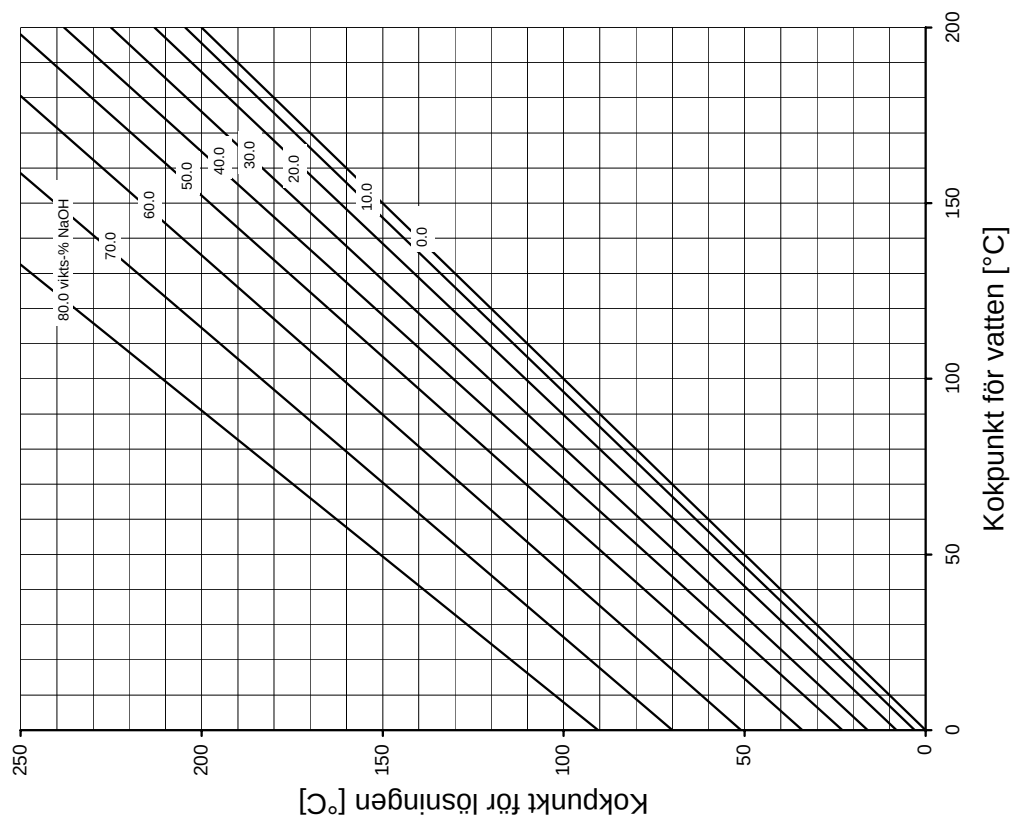
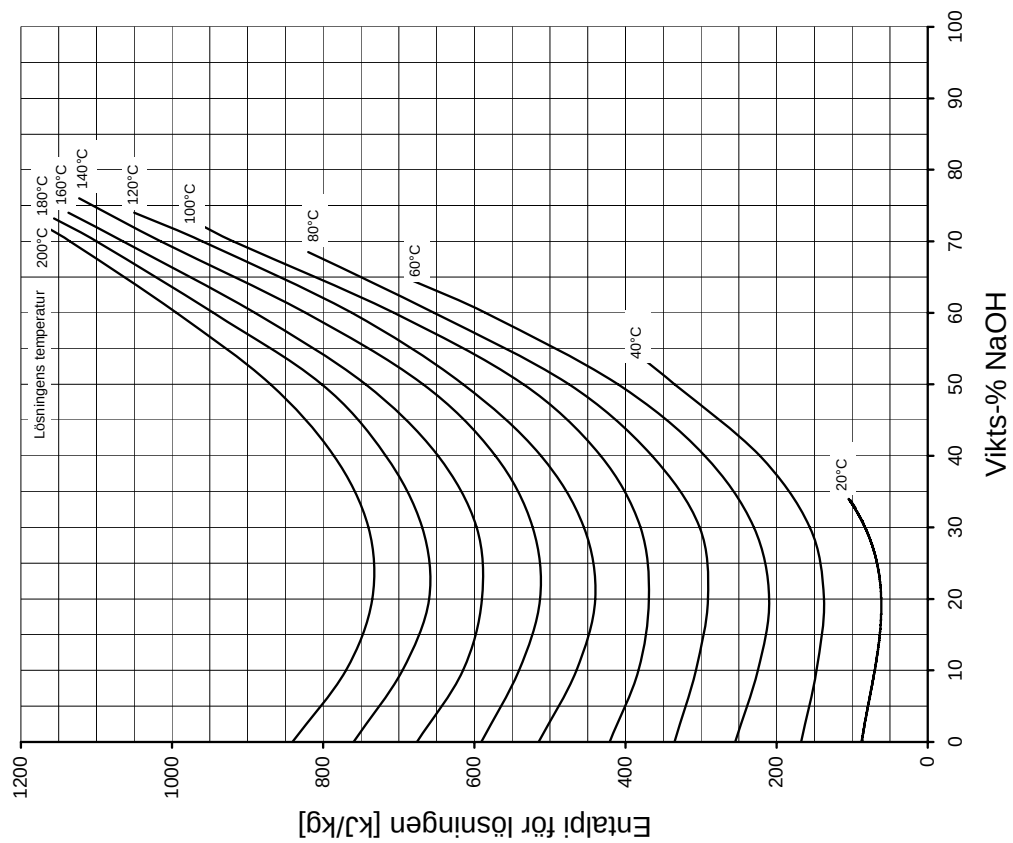
S Partikelns specifika yta, m²/m³

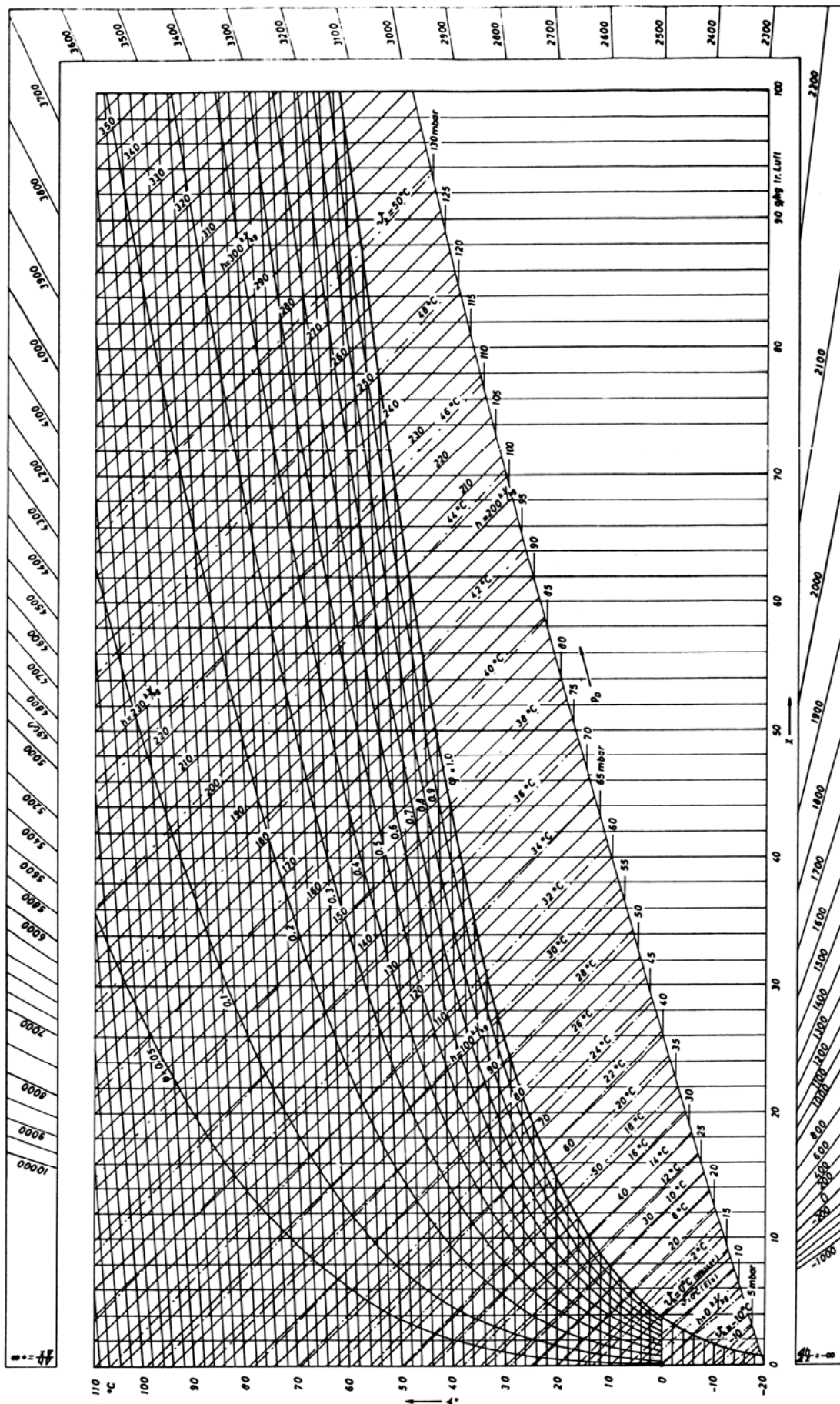
v_{mf} Minsta hastighet för fluidisation, m/s

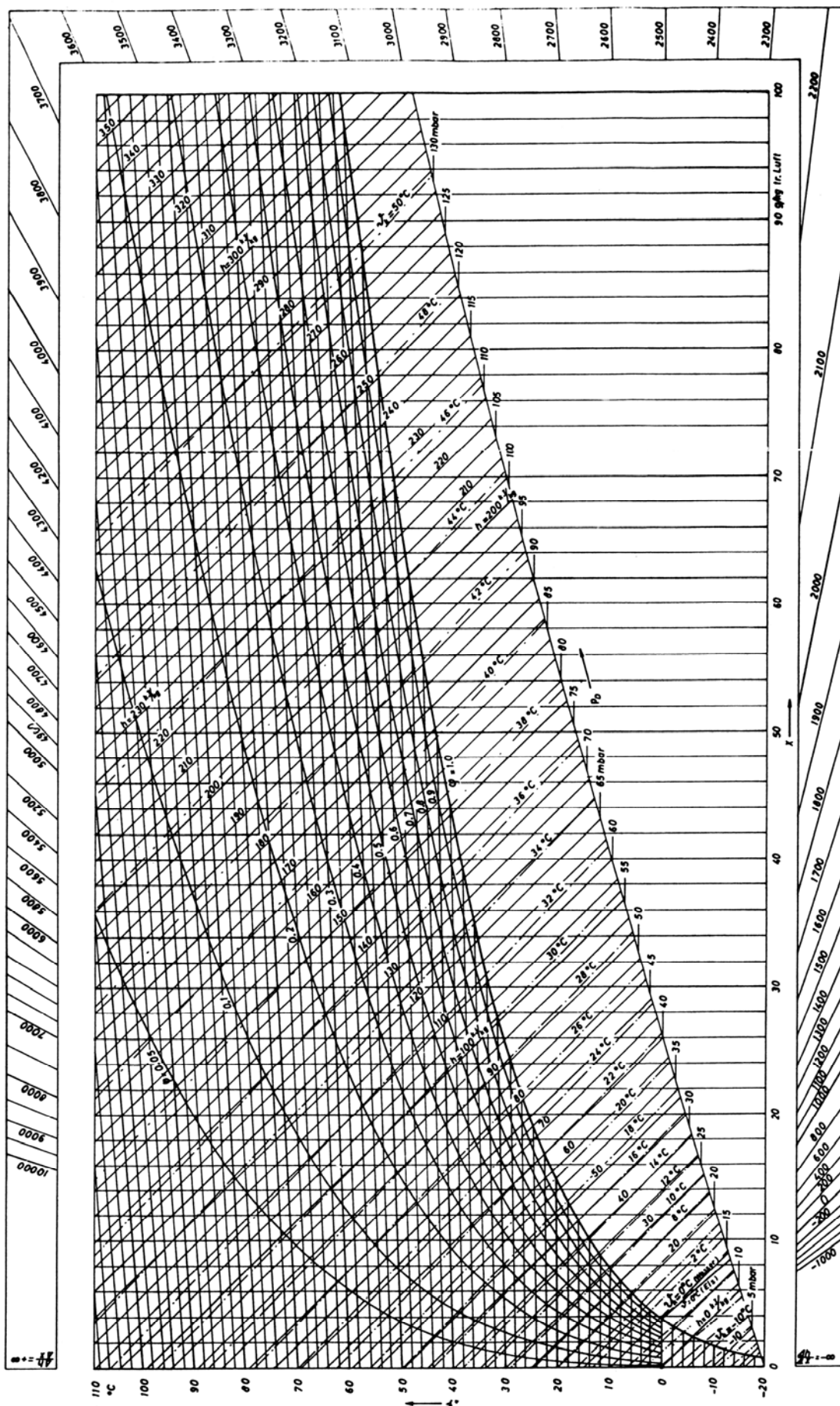
μ fluidens viskositet, Pa·s

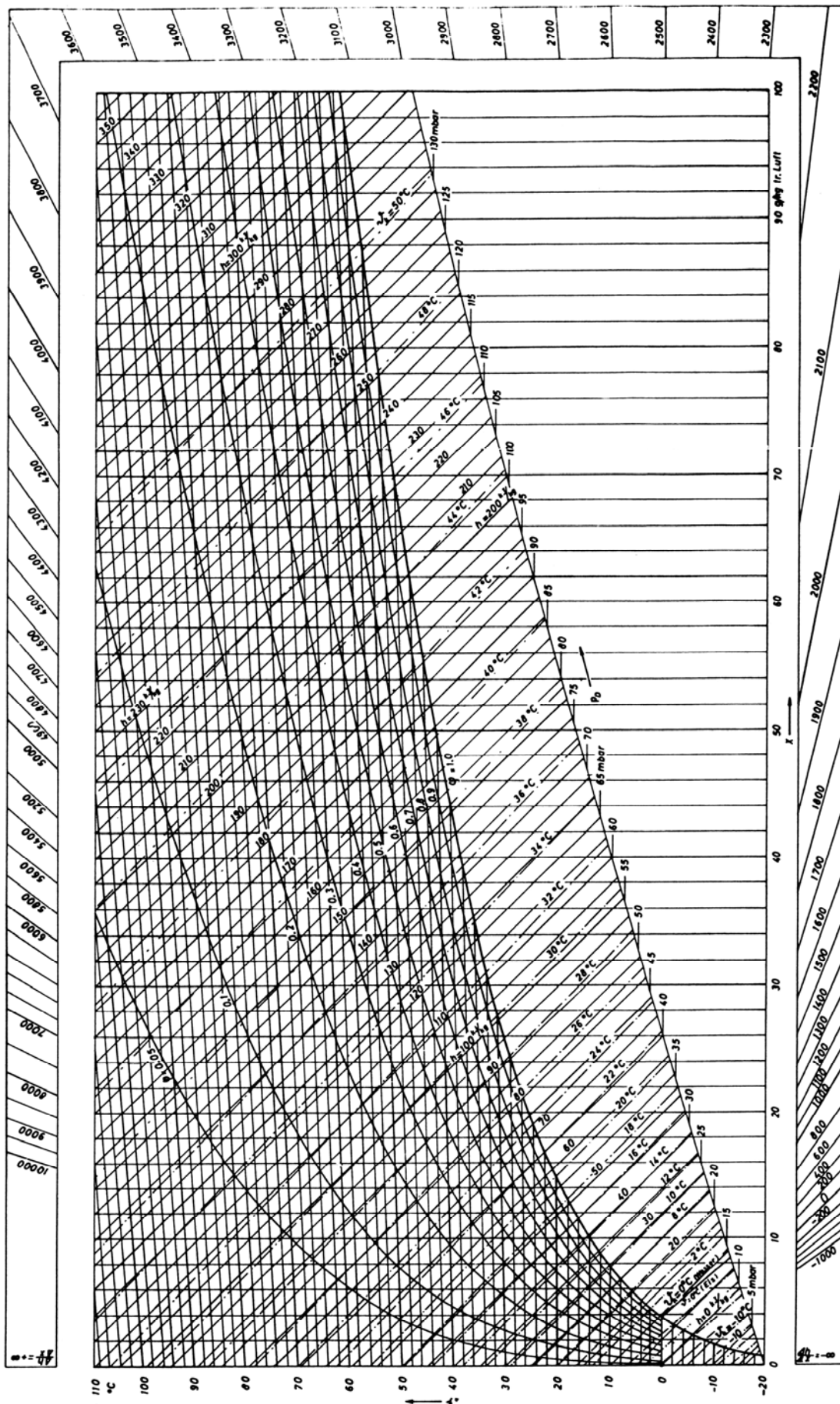
ρ fluidens densitet, kg/m³

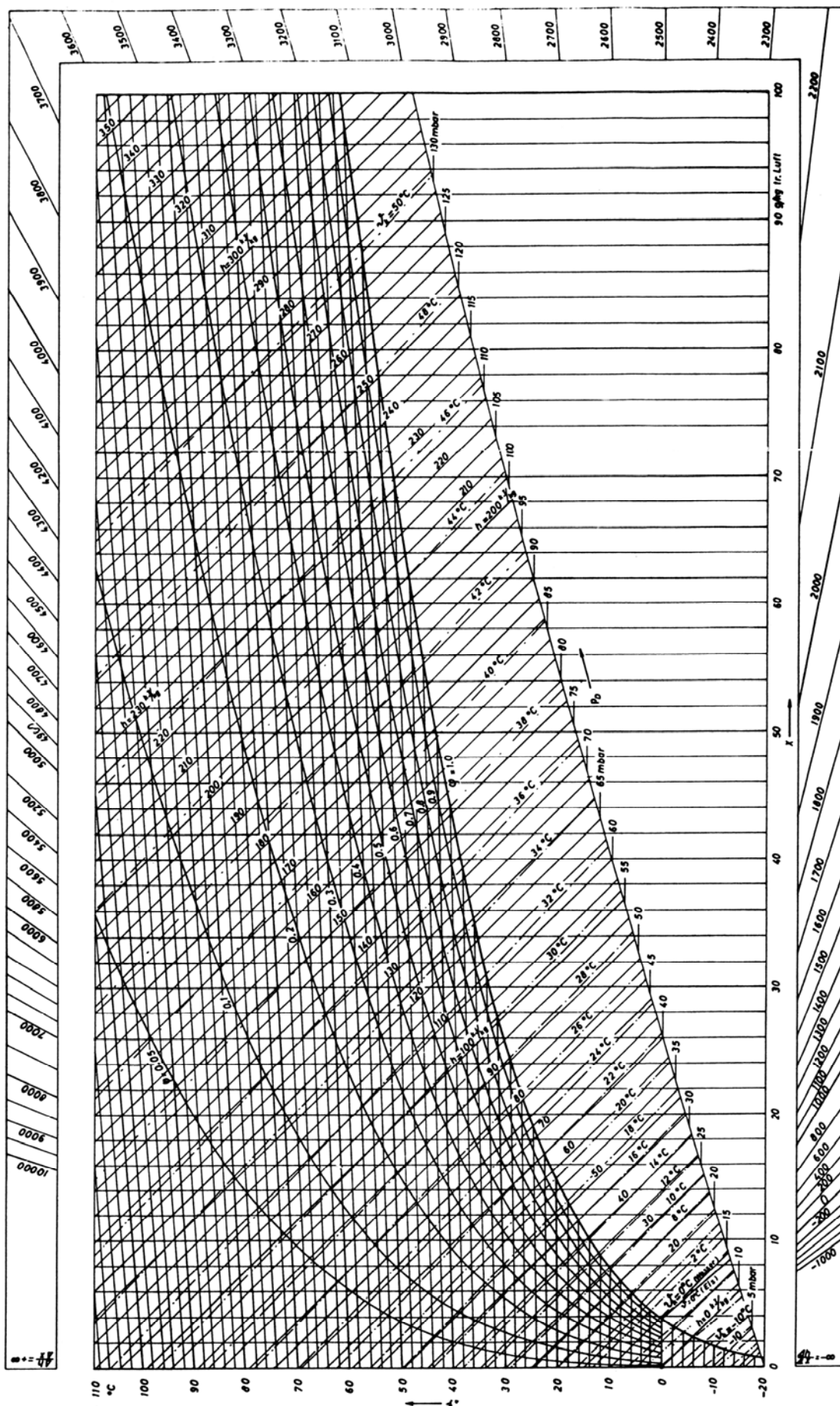
ε_{mf} Bäddens porositet vid minsta hastighet för fluidisation, -

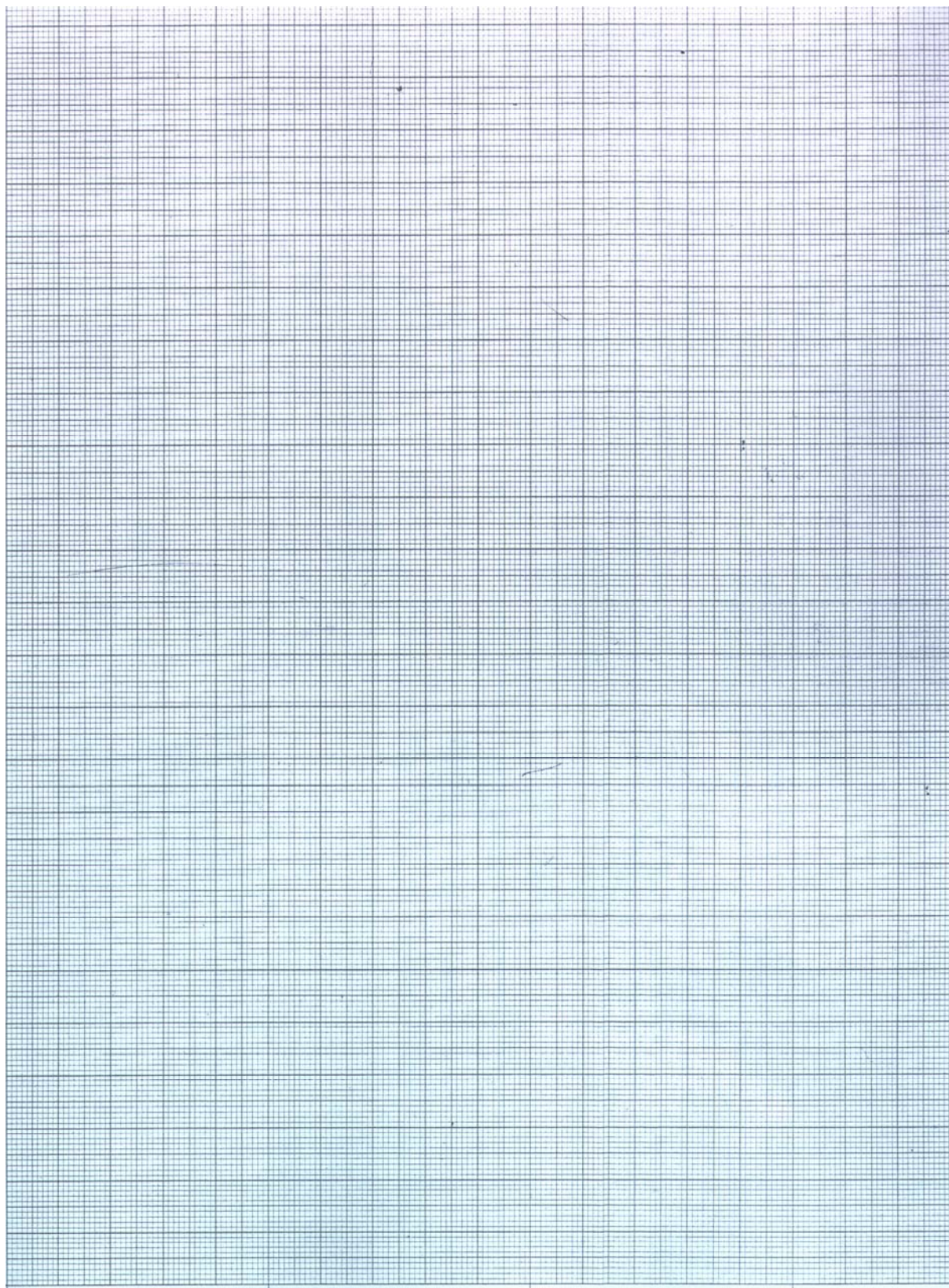


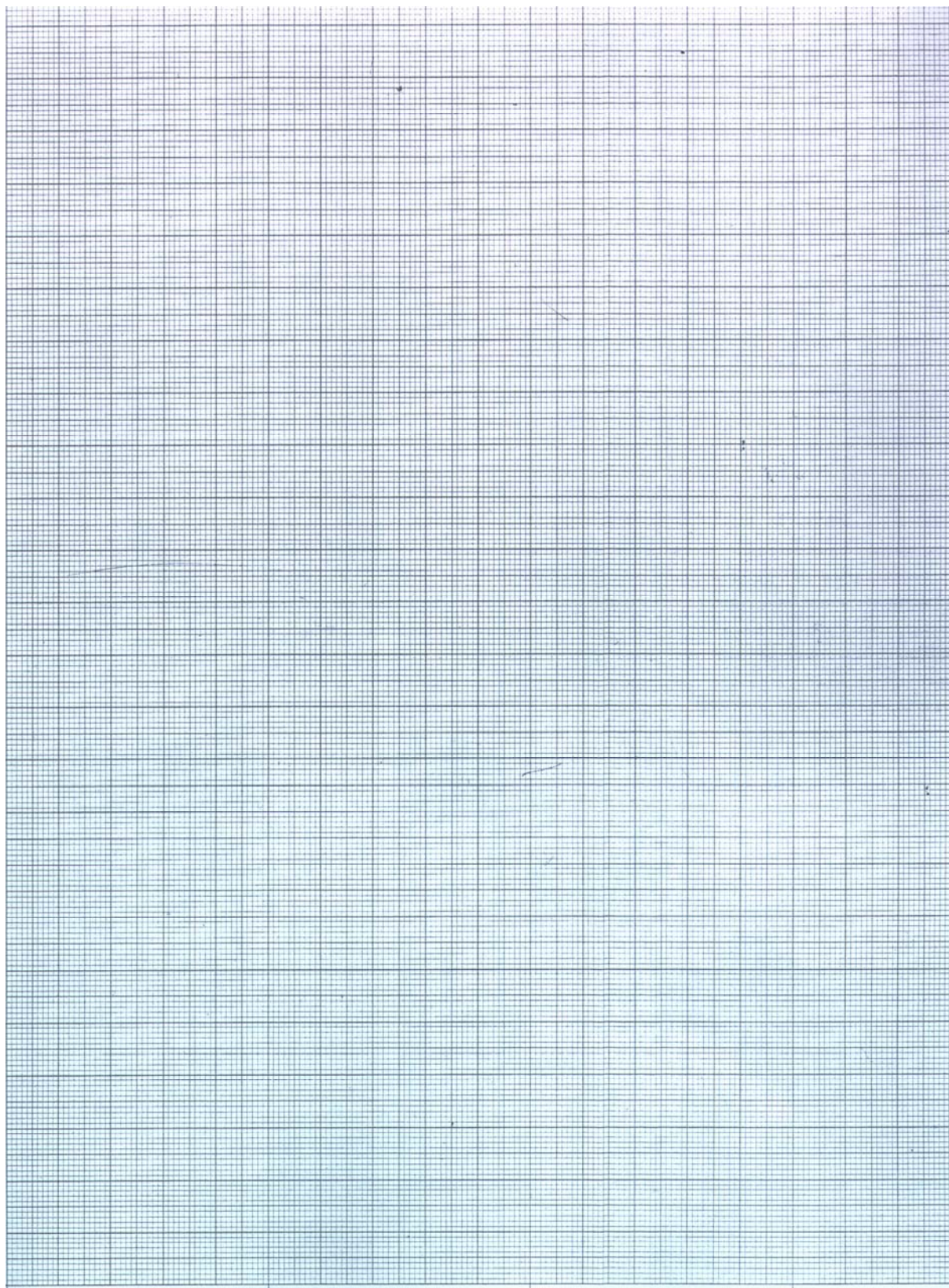










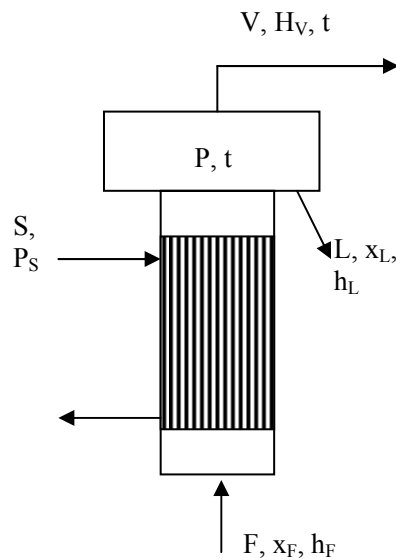


B1.

Data: $F = 500 \text{ kg/h}$
 $x_F = 0.10$
 $x_L = 0.60$
 $t_F = 90^\circ\text{C}$
 $P = 100 \text{ kPa}$
 $A = 100 \text{ m}^2$
 $U_{\text{SKB}} = 0.90 \text{ kW/m}^2\text{K}$

Sökt: P_S, S

Lösning:



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

Komponentbalans: $Fx_F = Lx_L$ (2)

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

Kapacitetsekvation: $S\Delta H_{\text{VAP}} = U_{\text{SKB}}A\Delta t$ (4)

Sök V och L !

$$(2) \quad L = F \frac{x_F}{x_L} \Rightarrow L = 83.33 \text{ kg/h}$$

$$(1) \quad V = F - L \Rightarrow V = 416.67 \text{ kg/h}$$

Entalpier och kokpunktsförhöjning!

Kokpunktsförhöjning enligt diagram $\Rightarrow \beta = 62^\circ\text{C}$

$$h_L = 890 \text{ kJ/kg}$$

$$h_F = 350 \text{ kJ/kg}$$

$$H_V = 2675 + 1.9 \cdot 62 \Rightarrow H_V = 2793.05 \text{ kJ/kg}$$

$$(3) \quad S\Delta H_{VAP} + Fh_F = Lh_L + VH_V + Fh_F \Rightarrow S\Delta H_{VAP} = 295.26 \text{ kJ}$$

$$(4) \quad \Delta t = \frac{S\Delta H_{VAP}}{U_{SKB}A} \Rightarrow \Delta t = 164.9^\circ\text{C}$$

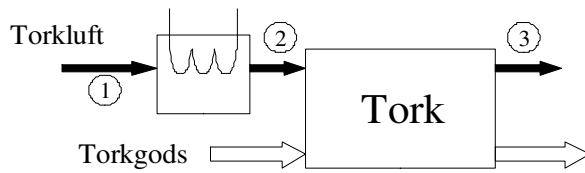
$$\left. \begin{array}{l} \Delta t = t_S - t - \beta \\ t = 99.63^\circ\text{C} \\ \beta = 62^\circ\text{C} \end{array} \right\} \quad t_S = 164.9^\circ\text{C} \quad P_S = 7 \text{ bar}$$

$$P_S = 7 \text{ bar} \Rightarrow \begin{array}{l} \Delta H_{VAP} = 2066 \text{ kJ/kg} \\ S = 514.5 \text{ kg/h} \end{array}$$

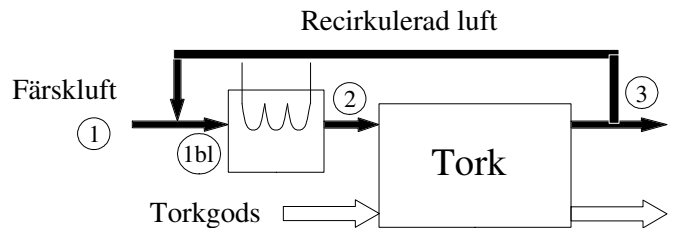
Svar: 7 bar, 414.5 kg/h

B2

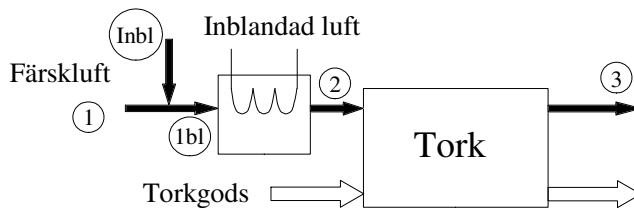
A



B



C



Givet:

$$\dot{M}_s = 4 \text{ ton torrt gods/h} = 1,11 \text{ kg/s}$$

$$X_{in} = 1,5 \text{ kg fukt/kg torrt gods}$$

$$X_{ut} = 0,8 \text{ kg fukt/kg torrt gods}$$

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

$$\phi_1 = 0,70$$

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

B:

$$\dot{M}_{rec} / \dot{M}_{färsk} = 1$$

C:

$$T_{inbl} = 90^\circ\text{C}$$

$$\phi_{inbl} = 0,05$$

$$\dot{M}_{inbl} / \dot{M}_{färsk} = 2$$

Sökt: $\dot{M}_G$, $\dot{M}_{färsk}$ och $\dot{Q}$ för alla alternativen.

Lösning:

A:

Torkningen sker med förvärmning av färskluften till torkgodsets maximala temperatur (T_2), och därefter idealt till mättad luft. Ur Mollierdiagrammet fås:

$$Y_1 = 0,0038 \text{ kg fukt/kg torr luft}$$

$$Y_{3A} = 0,032 \text{ kg fukt/kg torr luft}$$

$$\Rightarrow \Delta Y_A = Y_{3A} - Y_1 = 0,032 - 0,0038 = 0,0282 \text{ kg fukt/kg torr luft}$$

$$H_1 = 14 \text{ kJ/kg torr luft}$$

$$H_{2A} = 110 \text{ kJ/kg torr luft}$$

$$\Rightarrow \Delta H_A = H_{2A} - H_1 = 110 - 14 = 96 \text{ kJ/kg torr luft}$$

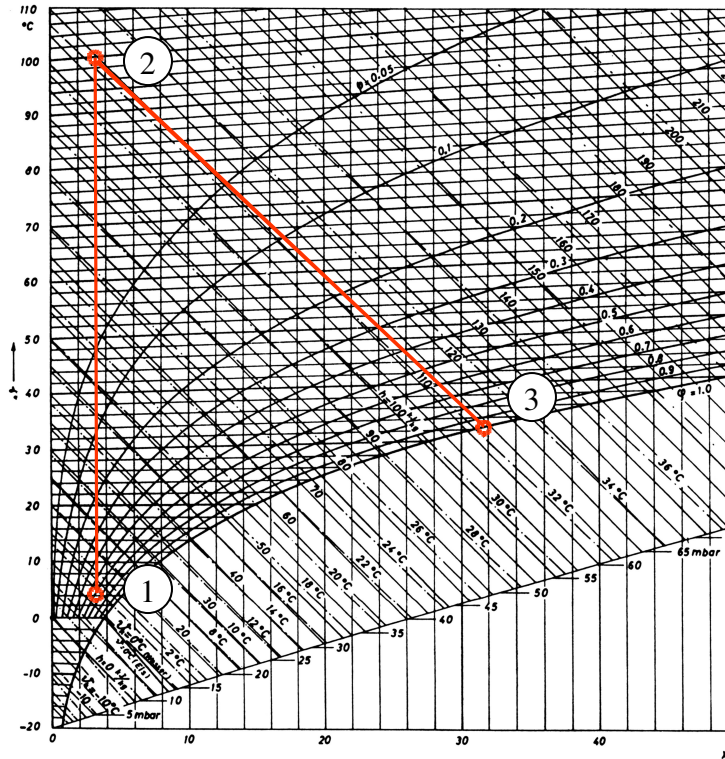
En fuktbalans ger:

$$\dot{M}_G \cdot \Delta Y = \dot{M}_s \cdot \Delta X \Rightarrow \dot{M}_{färsk,A} = \dot{M}_{G,A} = \frac{\dot{M}_s \cdot \Delta X}{\Delta Y_A} = 1,11 \cdot (1,5 - 0,8) / 0,0282 = 27,6 \text{ kg/s} =$$

$$99 \text{ ton torr luft/h}$$

Tillförd effekt i förvärmningen:

$$\dot{Q}_A = \dot{M}_{G,A} \cdot \Delta H_A = 27,6 \cdot 96 = 2650 \text{ kW} = 2,6 \text{ MW}$$



B:

Den utgående torkluftens blandas med ingående färskluft till ett tillstånd som ligger på en linje mellan de båda lufttillstånden. Eftersom detta ligger nedanför mätnadskurvan, kommer utkondensering av överskottsfukt ske, i en process som följer våttemperaturisotermer. Därefter sker förvärmning till T_2 , innan ideal torkning till mättad luft.

Inritning i Mollierdiagrammet ger nu:

$$Y_{1bl,B} = 0,0258 \text{ kg fukt/kg torr luft}$$

$$Y_{3B} = 0,052 \text{ kg fukt/kg torr luft}$$

$$\Rightarrow \Delta Y_B = Y_{3B} - Y_{1bl,B} = 0,052 - 0,0258 = 0,0262 \text{ kg fukt/kg torr luft}$$

$$H_{1bl,B} = 95 \text{ kJ/kg torr luft}$$

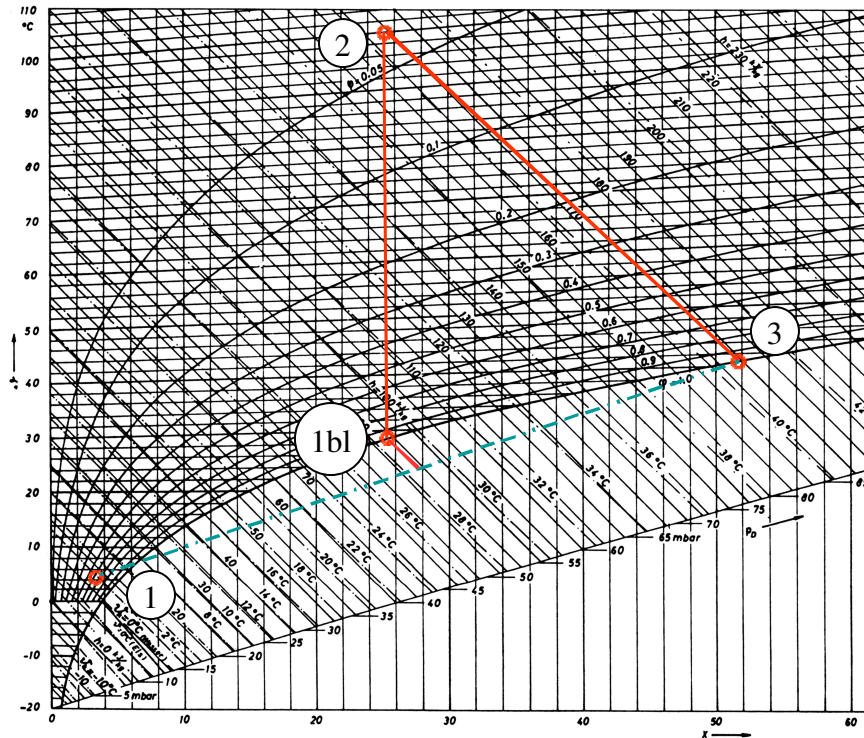
$$H_{2B} = 170 \text{ kJ/kg torr luft}$$

$$\Rightarrow \Delta H_B = H_3 - H_2 = 170 - 95 = 75 \text{ kJ/kg torr luft}$$

$$\dot{M}_{G,B} = \frac{\dot{M}_S \cdot \Delta X}{\Delta Y_B} = 1,11 \cdot (1,5 - 0,8) / 0,0262 = 29,7 \text{ kg/s} = 107 \text{ ton torr luft/h}$$

$$\dot{M}_{\text{färsk},B} = \frac{\dot{M}_{G,B}}{1 + \dot{M}_{\text{rec}} / \dot{M}_{\text{färsk}}} = 29,7 / (1 + 1) = 14,8 \text{ kg/s} = 53 \text{ ton torr luft/h}$$

$$\dot{Q}_B = \dot{M}_{G,B} \cdot \Delta H_B = 29,7 \cdot 75 = 2230 \text{ kW} = 2,2 \text{ MW}$$



C:

Den inblandade processluften och färsklufte blandas längs en linje mellan de båda tillstånden, i en punkt som ligger närmare den inblandade luftens tillstånd (1/3 av sträckan.) Efter blandning sker förvärmning till T_2 , innan ideal torkning till mättad luft.

Inritning i Mollierdiagrammet ger nu:

$$Y_{1bl,C} = 0,0163 \text{ kg fukt/kg torr luft}$$

$$Y_{3C} = 0,0435 \text{ kg fukt/kg torr luft}$$

$$\Rightarrow \Delta Y_C = Y_{3C} - Y_{1bl,C} = 0,0435 - 0,0163 = 0,0272 \text{ kg fukt/kg torr luft}$$

$$H_{1bl,C} = 105 \text{ kJ/kg torr luft}$$

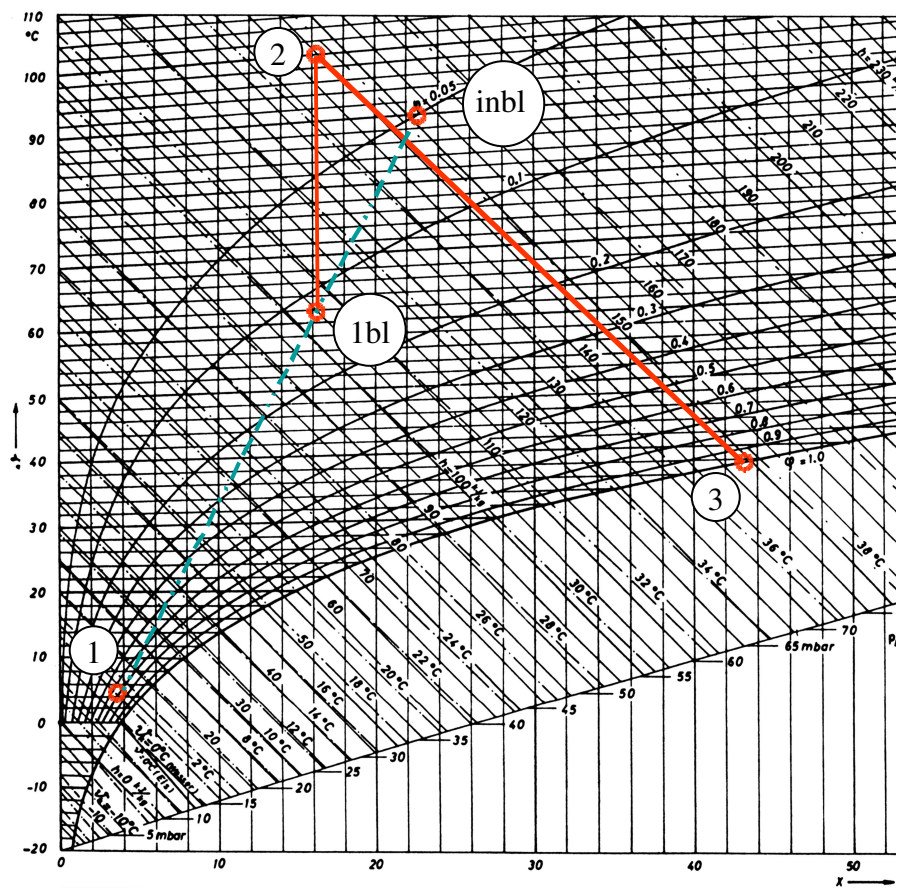
$$H_{2C} = 145 \text{ kJ/kg torr luft}$$

$$\Rightarrow \Delta H_C = H_{2C} - H_{1bl,C} = 145 - 105 = 40 \text{ kJ/kg torr luft}$$

$$\dot{M}_{G,C} = \frac{\dot{M}_S \cdot \Delta X}{\Delta Y_C} = 1,11 \cdot (1,5 - 0,8) / 0,0272 = 28,6 \text{ kg/s} = 103 \text{ ton torr luft/h}$$

$$\dot{M}_{\text{färsk},C} = \frac{\dot{M}_{G,C}}{1 + \dot{M}_{\text{inbl}} / \dot{M}_{\text{färsk}}} = 28,6 / (1 + 2) = 9,53 \text{ kg/s} = 34 \text{ ton torr luft/h}$$

$$\dot{Q}_C = \dot{M}_{G,C} \cdot \Delta H_C = 28,6 \cdot 40 = 1140 \text{ kW} = 1,1 \text{ MW}$$



B3

Givet:

Filteryta bandfilter (B×L)

B = 2,2 m

L = 17 m

$\dot{V}_{susp} = 0,85 \text{ m}^3/\text{min} = 0,0142 \text{ m}^3/\text{s}$

$J_{vol} = 0,03$

$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$

$\mu = 0,0010 \text{ Pa s}$

$\rho_s = 2500 \text{ kg/m}^3$

$\epsilon_{av} = 0,55$

$\Delta P = 0,6 \text{ bar}$

$A_{labb} = 0,02 \text{ m}^2$

$t_1 = 2,5 \text{ min}$

$V_1 = 0,45 \text{ liter}$

$t_2 = 10 \text{ min}$

$V_2 = 1,0 \text{ liter}$

$\Delta P_{labb} = 0,35 \text{ bar}$

Sökt:

a) α_{av} och R_m

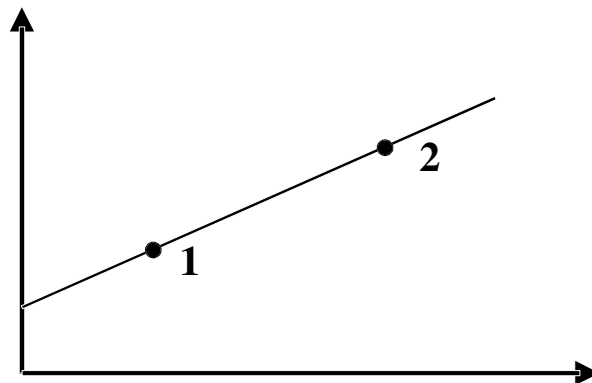
b) v_{max}

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.



Ekvationen kan även skrivas:

$$\frac{t}{V} = \text{Lutning} \cdot V + \text{Skärning}$$

vilket ger oss $\text{Lutning} = \frac{\mu \cdot \alpha_{av} \cdot c}{2 \cdot \Delta P \cdot A^2}$ och $\text{Skärning} = \frac{\mu \cdot R_m}{\Delta P \cdot A}$

Vi har tillgång till 2 punkter från labbförsöket, som kan användas för att bestämma lutning och skärning:

$$Lutning = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{t_2/V_2 - t_1/V_1}{V_2 - V_1}$$

$$Skärning = y - Lutning \cdot x = t_1/V_1 - Lutning \cdot V_1$$

Räkna om till SI-enheter:

$$t_1 = 2,5 \cdot 60 = 150 \text{ s}$$

$$t_2 = 10 \cdot 60 = 600 \text{ s}$$

$$t_1/V_1 = 150/0,00045 = 3,33 \cdot 10^5 \text{ (s/m}^3\text{)}$$

$$t_2/V_2 = 600/0,0010 = 6,0 \cdot 10^5 \text{ (s/m}^3\text{)}$$

Detta ger:

$$Lutning = (6,0 - 3,33) \cdot 10^5 / (0,0010 - 0,00045) = 4,85 \cdot 10^9 \text{ (s/m}^6\text{)}$$

$$Skärning = 3,33 \cdot 10^5 - 0,00045 \cdot 4,85 \cdot 10^9 = 1,15 \cdot 10^6 \text{ (s/m}^3\text{)}$$

För att beräkna α_{av} använder vi oss av lutningen:

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

Först måste kvoten c beräknas:

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

Det är massandelen fast fas i suspensionen (J) som ska användas i uttrycket, men det som är givet är volymandelen (J_{vol}), så en omräkning måste ske enligt:

$$J = \frac{\rho_s \cdot J_{vol}}{\rho_s \cdot J_{vol} + \rho \cdot (1 - J_{vol})} = 2500 \cdot 0,03 / (2500 \cdot 0,03 + 1000 \cdot 0,97) = 0,072$$

Detta ger:

$$c = 0,072 \cdot 1000 / (1 - 0,072 - 0,55/(1 - 0,55) \cdot 1000/2500 \cdot 0,072) = 80,4 \text{ kg/m}^3$$

Nu kan specifika filtreringsmotståndet beräknas:

$$\alpha_{av} = 4,85 \cdot 10^9 \cdot 2 \cdot 0,35 \cdot 10^5 \cdot 0,02^2 / (0,0010 \cdot 80,4) = 1,69 \cdot 10^{11} = 1,7 \cdot 10^{11} \text{ (kg/m)}$$

På samma sätt kan filtermotståndet bestämmas ur:

$$R_m = \frac{Skärning \cdot \Delta P_{labb} \cdot A_{labb}}{\mu} = 1,15 \cdot 10^6 \cdot 0,35 \cdot 10^5 \cdot 0,02 / 0,0010 = 8,06 \cdot 10^{10} = 8,0 \cdot 10^{10} \text{ (1/m)}$$

b) När bandet rör sig över suglådorna, ska en filtercykel hinna fullbordas. Alltså gäller att:

$$V_{\max} = \frac{L}{t_{\text{cykel}}}$$

Integrering av filterekvationen ger för detta fall:

$$\frac{t_{\text{cykel}}}{V_{\text{tot}}} = \frac{\mu \cdot \alpha_{av} \cdot c}{2 \cdot \Delta P \cdot A_{band}^2} \cdot V_{\text{tot}} + \frac{\mu \cdot R_m}{\Delta P \cdot A_{band}}$$

Detta kan kombineras med det givna sambandet:

$$V_{\text{tot}} = \frac{1 - \varepsilon - J_{vol}}{1 - \varepsilon} \cdot \dot{V}_{\text{susp}} \cdot t_{\text{cykel}} = \dot{V}_{\text{filtrat}} \cdot t_{\text{cykel}}$$

$$\text{med } \dot{V}_{\text{filtrat}} = \frac{1 - \varepsilon - J_{vol}}{1 - \varepsilon} \cdot \dot{V}_{\text{susp}} = (1 - 0,55 - 0,03) / (1 - 0,55) \cdot 0,0142 = 0,0132 \text{ m}^3/\text{s}$$

Detta ger:

$$\frac{1}{\dot{V}_{\text{filtrat}}} = \frac{\mu \cdot \alpha_{av} \cdot c}{2 \cdot \Delta P \cdot A_{band}^2} \cdot V_{\text{tot}} + \frac{\mu \cdot R_m}{\Delta P \cdot A_{band}}$$

$$\Rightarrow V_{\text{tot}} = \left(\frac{1}{\dot{V}_{\text{filtrat}}} - \frac{\mu \cdot R_m}{\Delta P \cdot A_{band}} \right) \bigg/ \frac{\mu \cdot \alpha_{av} \cdot c}{2 \cdot \Delta P \cdot A_{band}^2}$$

Arean fås ur:

$$A_{band} = B \cdot L = 2,2 \cdot 17 = 37,4 \text{ m}^2$$

Några mellanberäkningar:

$$\frac{\mu \cdot \alpha_{av} \cdot c}{2 \cdot \Delta P \cdot A_{band}^2} = 0,0010 \cdot 1,69 \cdot 10^{11} \cdot 80,4 / (2 \cdot 0,60 \cdot 10^5 \cdot 37,4^2) = 80,9 \text{ (s/m}^6\text{)}$$

$$\frac{\mu \cdot R_m}{\Delta P \cdot A_{band}} = 0,0010 \cdot 8,06 \cdot 10^{10} / (0,60 \cdot 10^5 \cdot 37,4) = 35,9 \text{ (s/m}^3\text{)}$$

$$\Rightarrow V_{tot} = (1/0,0132 - 35,9) / 80,9 = 0,491 \text{ m}^3$$

Nu kan tiden för en cykel beräknas:

$$t_{cykel} = \frac{V_{tot}}{\dot{V}_{filtrat}} = 0,491 / 0,0132 = 37,1 \text{ s}$$

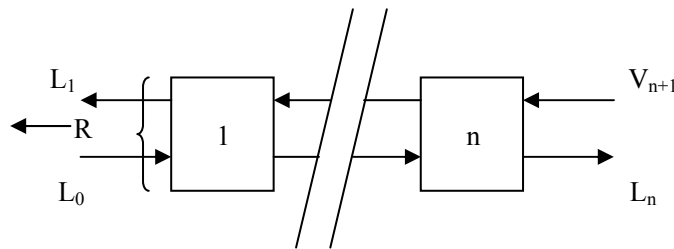
Detta ger nu maximala hastigheten:

$$v_{max} = 17 / 37,1 = 0,458 \text{ m/s} = 0,46 \text{ m/s}$$

B4.

Data: $L_0 = 100 \text{ kg/h}$
 $x_A^0 = 0.20$
 $y_A^1 = 0.140$
 $V_1 = 200 \text{ kg/h}$
 $x_A^n = 0.03$
 $S/B = 1.0$

Sökt: $n, V_{n+1}, y_A^n, y_S^n, L_n$

Lösning:

Geometrisk ort för underströmmarna (GOFU)

$$\frac{S}{B} = 1.0 \quad ; \quad \frac{x_S}{x_B} = \frac{x_S}{1.0 - x_A - x_S} = 1.0$$

$$x_S = 1.0 - x_A - x_S \Rightarrow 2x_S = 1 - x_A \Rightarrow x_S = \frac{1}{2}(1 - x_A)$$

Konstruera polen R!

R:	$\leftarrow: R = V_1 - L_0$	$\Rightarrow R = 100 \text{ kg/h}$
x_A^R	$\leftarrow: R x_A^R = V_1 y_A^1 - L_0 x_A^0$	$\Rightarrow x_A^R = 0.08$
x_S^R	$\leftarrow: R x_S^R = V_1(1 - y_A^1)$	$\Rightarrow x_S^R = 1.72$

Polen kan konstrueras! ”Stegning” ger att det fordras tre ideala lakningssteg!

$L_n = L_3$ bestäms med hävstångsregeln!

$$V_1 a = L_3 b$$

a och b mäts i triangeldiagram!
 $L_3 = 162.5 \text{ kg/h}$

$$V_{n+1} = V_4$$

$$L_0 + V_4 = V_1 + L_3 \Rightarrow V_4 = 262.5 \text{ kg/h}$$

$$y_A^1 = 0.05$$

$$y_S^1 = 0.95$$

Svar: Tre lakningssteg, 262.5 kg lakmedel/h, $y_A^1 = 0.05$, $y_S^1 = 0.95$, 162.5 kg underström/h