

Enhetsförlopp

KRISTER 18/3

• Kemiska enhetsförlopp - Kinetik

• Fysik - kinetik

- Fäsjmv osv

• Fysikaliska enhetsförlopp

- Strömn. tekn.

- Värmeöverf. tekn.

- Materia överför. tekn.

DRIVANDE KRAFT

ΔP

ΔT

ΔC (konc.)

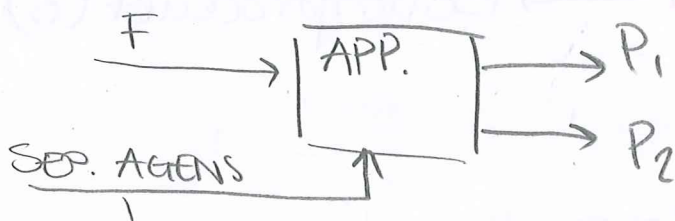
ΔP beror av: $\rho, \nu, \text{ytspänn.} (\sigma)$

ΔT beror av: $Q = UA\Delta T$

ΔC beror av: $N_A = K_A A \Delta C$

massöverf. tal

Enhetsoperationerna



olika för olika blandningar

• Värme (energi)

• Materia (filter, bariär)

Diffusionsop / Mekaniska operationer

Homogent tillf. / heterogent tillflöde

Ex. Destillation,

Absorption,

Läkning, vätska-

vätska extraktion

Filtrering, sedimentering, Centrifugering } SEP. 2

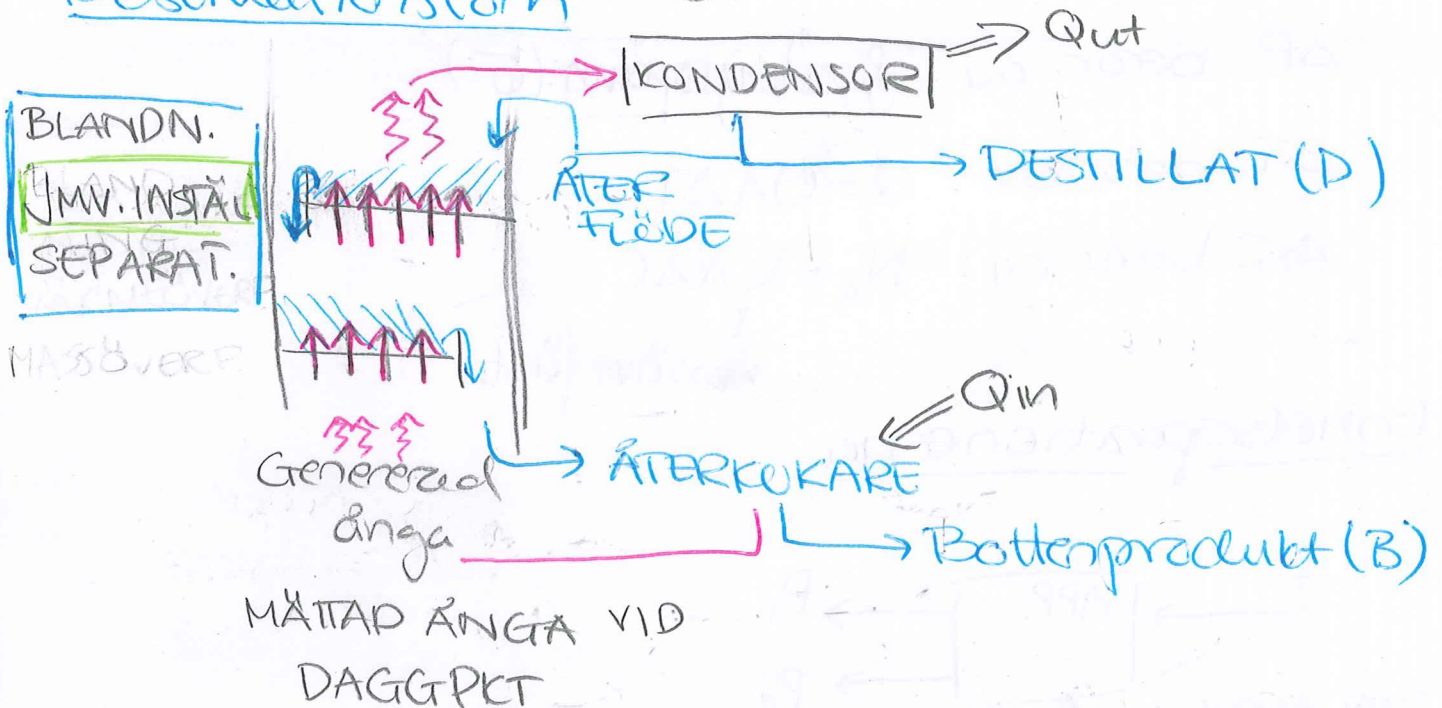
En spontan process är en blandning som sträver mot jmv.

DESTILLATION

Def. Den enhetsoperation där en vätskeblandning separeras pga komponenternas olika ångtryck.

Fenomen När en vätskeblandning värms till sin bubbelpt bildas en ånga som ofta har en annan sammensättning än vätskan (kvarvarande)

Destillationstorn



MÄTTAD ÅNGA MÖTER MÄTTAD VÄTSKA

⇒ Δh är ångbildningsvärme

Drivande kraften är jämvikten.

Det koker o är turbulent vilket gynnar jmv inst. o blandningen.

Kallas för ett idealt steg el. ideal botten.

Ju högre upp desto lägre temp.

Andelen lättflyktig komponent kommer öka

ju högre upp i kolonnen vi kommer

- Sparar energi genom att slippa tillföra värme på varje steg.

- En låg termodynamisk verkningsgrad.

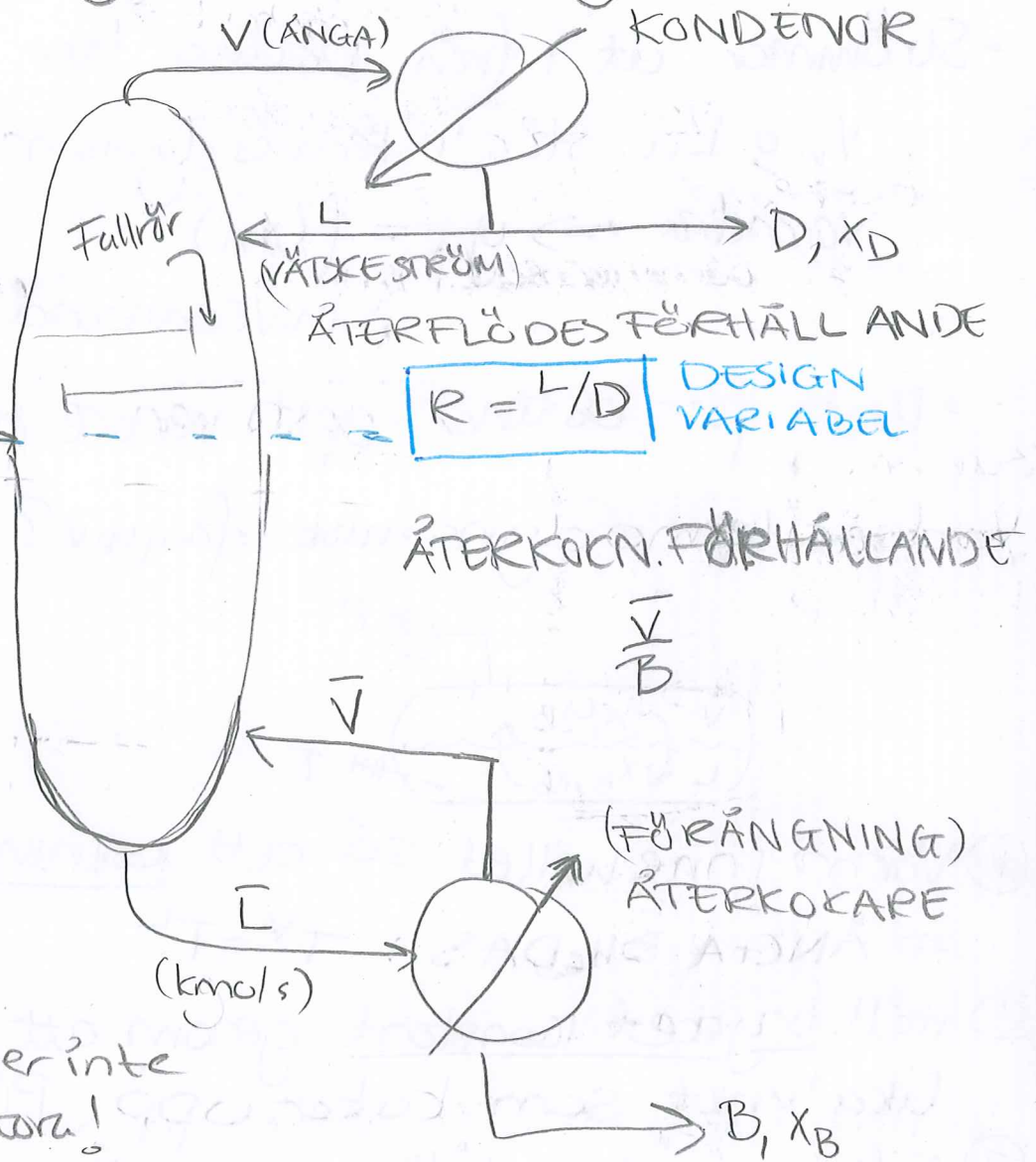
Lättflyktiga
komponentens
molbråk: x

FÖR STÄRKAR
DEL

F_{11}, x_F

VÄTSKA ↓
ÅNGA ↑

AVDRIVARDEL



V o \bar{V} behöver inte
vara lika stora!
Gäller även L o \bar{L} .

$R = \text{reflux}$

Bottnerna o kanten på botten bestämmer
uppehållstiden.

Kanten på botten kallas fallvärskant.

Vätskan på botten åstakommer ett
tryckfall.

Ju mindre blåser i ången ju större kontaktyta med vätskan.

x : molbråk lättflyktig i vätska

y : " " " i ånga

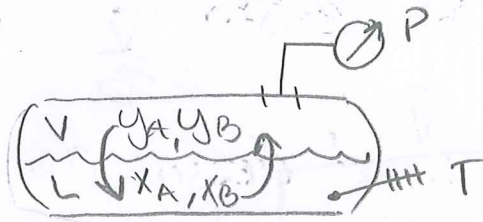
◦ Strömmar ut i från botten har samma index.

V_n & L_n står i termodynamisk jmv med varandra. $\Rightarrow y_n = f(x_n)$

JMVSamband

◦ Desto fler botten desto renare produkt

Vad är termodynamisk fasjmv?



① Värme innehållet så att kokning uppkommer

\Rightarrow ÅNGA BILDAS $T^V = T^L$

② Håll trycket konstant genom att kondensera

lika mycket som kokar upp $P^V = P^L$

③ Efter en "stund" är sammansättningarna konst.
i ång- & vätskefas

\Rightarrow FAS JMV HAR INTRÄTT

$$\mu_i^V = \mu_i^L$$

$$i = A, B$$

μ = kemiska potentialen

kan skrivas om till

$f_i^V = f_i^L$ Fugaciteten \Rightarrow korrigerat partialtryck

Jämviktsamband

Ångfas $f_i^v = P y_i$ $P = \text{total tryck}$ (upp till 10-15 bar)

$$f_i^v = \phi_i^v P y_i \quad \phi_i^v = \text{fugacitetskoeff.}$$

Vätskefas

$$f_i^l = P_i^\circ x_i \quad P_i^\circ \text{ Ångtryck}$$

$$f_i^l = \gamma_i P_i^\circ x_i \quad \gamma_i \text{ Aktivitetsfaktor}$$

när de inte är kemiskt när
när besläktade.

Idealt system

$$P y_i = P_i^\circ x_i$$

Icke-idealt

$$P y_i = \gamma_i P_i^\circ x_i$$

T mot sammansätt

$$P_i^\circ = f(T)$$

Om dragpunkt \leftrightarrow blubbepunkt kurvan separerad = idealt system

En pkt där sammansätt: vätskan \approx ångan är

lika \Rightarrow azeotrop

kan inte separera med destillation

Aktivitetsfaktorn är inte = 1

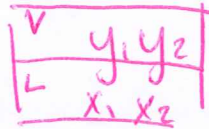
Aktivitetsfaktorn kan bestämmas m

tex Wilson?



Räkneövning 21/3

REP.



Partialtryck

$$P_i = P_{yi}$$

$$P_i = P_i^0 x_i - \text{vätskeandel}$$

ångtryck

Idealt system

$$P_{yi} = P_i^0 x_i$$

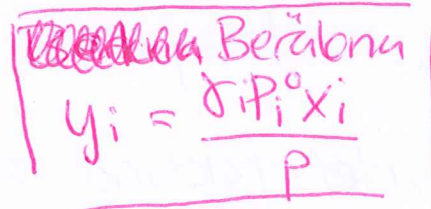
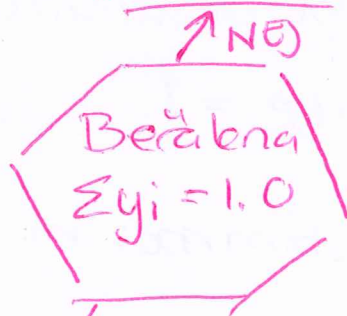
Icke idealt system
vätskefas

$$P_{yi} = \gamma_i x_i P_i^0$$

Bubbel pkt beräkn. Iso bar

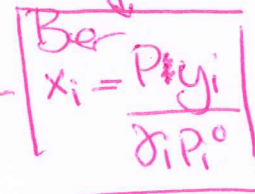
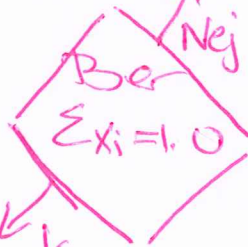
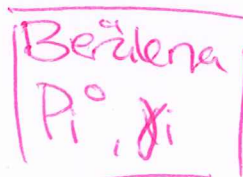
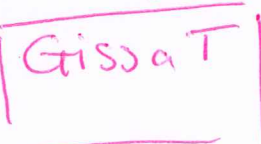
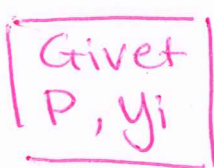


När börjar det koka?



↓ JA
OK!

Daggpktberäkning



↓ Ja
OK

$$T = 91 \quad P_{\text{EtOH}}^{\circ} = 1205.14 \quad P_{\text{H}_2\text{O}}^{\circ} = 546.14$$

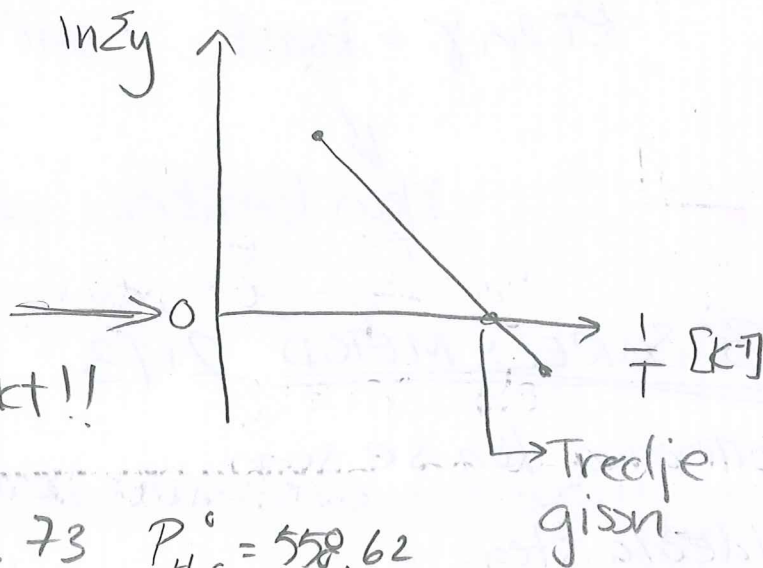
$$y_{\text{EtOH}} = 0.4757 \quad y_{\text{H}_2\text{O}} = 0.5080$$

$$\Rightarrow \sum y_i = 0.9787$$

• Linjär regression

När $\ln \sum y_i = 0$

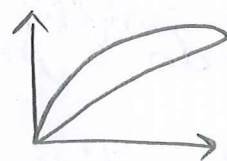
Är när $\sum y_i = 1 \leftarrow$ Sökt!!



$$T_3 = 91.6 \quad P_{\text{EtOH}}^{\circ} = 1231.73 \quad P_{\text{H}_2\text{O}}^{\circ} = 558.62$$

$$y_{\text{EtOH}} = 0.4862 \quad y_{\text{H}_2\text{O}} = 0.5145 \quad \sum y_i = 1.0007$$

Svar: EtOH 48.6 mol %
H₂O 51.4 mol %



IKKE IDEALT $y_i = \frac{\gamma_i P_i^{\circ} x_i}{P}$

γ är Wilson ekv. Giver i form. samtl.

$$\gamma_1 = 1.7069 \quad \gamma_2 = 1.1966$$

$$T_1 = 91.6^{\circ}\text{C} \quad P_{\text{EtOH}}^{\circ} = 1231.73 \quad P_{\text{H}_2\text{O}}^{\circ} = 558.62$$

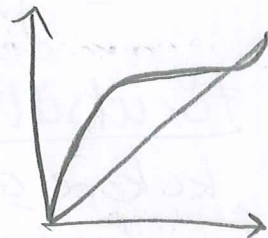
$$y_{\text{EtOH}} = 0.8299 \quad y_{\text{H}_2\text{O}} = 0.6157 \quad \sum y_i = 1.4456$$

Gör p° samma sätt

$$T_3 = 81.9 \quad P_{\text{EtOH}}^{\circ} = 856.51 \quad P_{\text{H}_2\text{O}}^{\circ} = 383.48$$

$$y_{\text{EtOH}} = 0.5771 \quad y_{\text{H}_2\text{O}} = 0.4226 \quad \sum y_i = 0.9997$$

Svar: EtOH = 57.8 mol % H₂O = 42.2 mol %



Uppg. 7 Givet γ_1, γ_2 , laborstyr konstant

Ö7 r₁ & r₂ givet

tag hänsyn till aktivitetens faktumstemp. beroende

Termodynamik ger

$$RT \ln \gamma = \text{konst} \quad (\text{små temp intervall})$$

↙
γ kan beräknas vid annan temp T

F3. SORELS METOD 21/3

Bottnarna kan se som

Ideala steg

3 processer

Bländn. Jmvinställn. Separation

Problemställning vid destillation

• Antal steg } ger

• Torn höjd } ger

• Bottentyp

• Diameter

• Energi ötgång

• Konstruktions mtrl

• Tryck

• Reglering

Sorels metod

Analytisk design metod

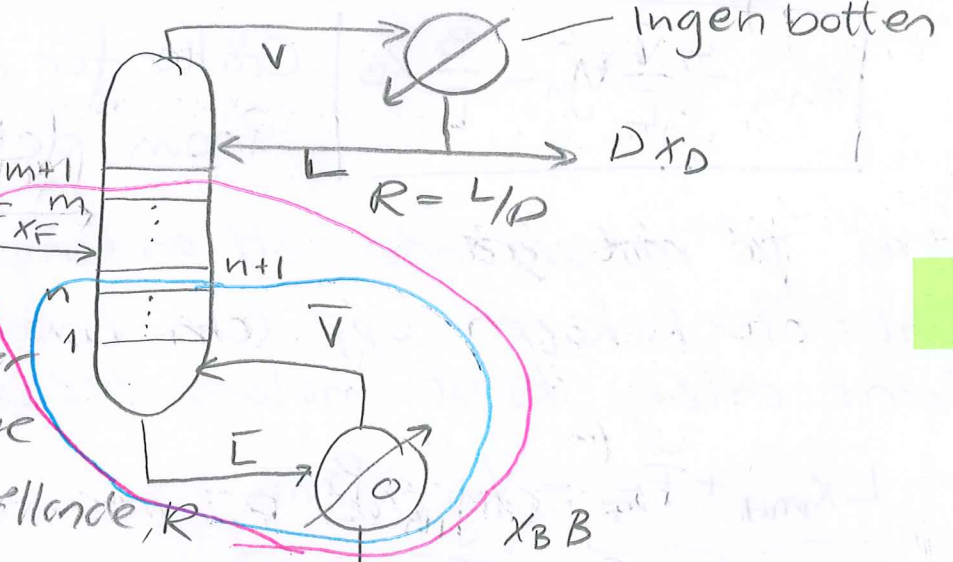
- Komponent balans

- Jmv samband

Förutsättn. Till en kolonn som är utrustad med återkrokare o total kondensar förs en kokvarm vätskeformig feed F kmol/h med sammansättn. x_F (molbråk lättflyk.)

EA

Från kolonnen
önskas två prod.
hållande x_D & x_B .
Kolonnen arbetar
vid ett givet yttre
återflödesförhållande R

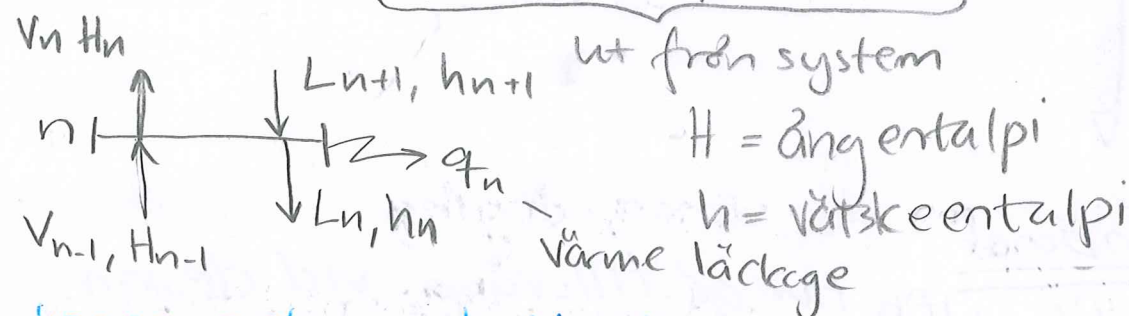


HUR MÅNGA BGTNAR FÖDRAS FÖR SEP?

Teckna komponentbalansen runt återkoren
upp till g med botten nr n.

$$L_{n+1}x_{n+1} = V_n y_n + Bx_B$$

In: ner från kolonn upp i kolonn ut från kolonn



Ingen ackumulation!

Värmebalans $V_n H_n + L_n h_n = L_{n+1} h_{n+1} + V_{n-1} H_{n-1} + q_n + \dots$

Värme in Värme ut

+ ... blandningsvärme

Antaganden:

- Välisolerad kolonn → Försumma värme förlust
- Försummar blandn. värmen
- Konst. molära ångbildn. värmen $V_{n-1} = V_n = V_{n+1} = \bar{V}$
- Konst. molära vätskefasentalpi

$$L_{n+1} = L_n = \dots = \bar{L}$$

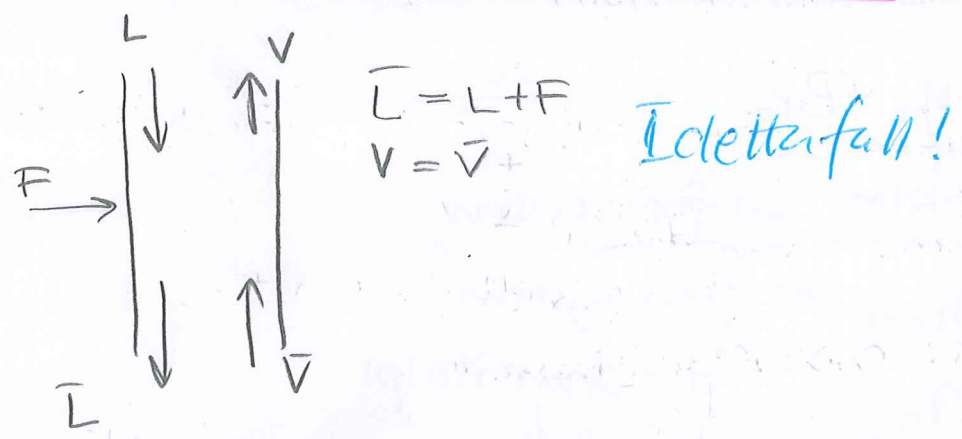
$$\bar{L}x_{n+1} = \bar{V}y_n + Bx_B \quad \text{Till för ej eller bort för ej flöden}$$

$$x_{n+1} = \frac{\bar{V}}{L} y_n + \frac{B}{L} x_B \quad \left| \begin{array}{l} \text{Gäller för alla botten} \\ \text{inom det blå systemet.} \end{array} \right.$$

- Tedna på motsvarande sätt en komponent balen runt återkåken upp tom botten nr m. Somt antag konst. molära fröden.

$$\underbrace{L x_{m+1} + F_{XF}}_{In} = \underbrace{V y_m + B x_B}_{Ut}$$

$$x_{m+1} = \frac{V}{L} y_m + \frac{1}{L} (B x_B - F_{XF}) \quad \text{Ekv 2}$$



Umv samband

$$y_n = f(x_n) \quad \text{Ekv 3}$$

Hur gör till väga vid design beräkn?

n, m	x_n	y_n	
0	$x_B = x_0$ Ekv 3	y_0	
1	x_1 Ekv 2	y_1 Ekv 3	Fortsätt tills
2	x_2 Ekv 2	y_2 Ekv 3	x_n är sterrän ell. lika med x_F .

DESTILLATION KONTAKTORDN.

F4

- i) Finfördelar ångfasen som små ångblåsar i en kontinuerlig vätskefas **STEGVIS KONTAKT**
- ii) Bilda vätskefilmer som rinner i en kontinuerlig fas **KONTINUERLIG KONTAKT**

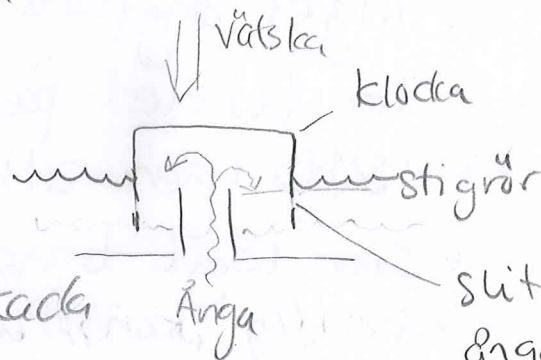
i) STEGVIS KONTAKT

KRAV PÅ KONTAKTANORDNING

- a) God kontakt mellan ånga o vätska
- b) Dimensionerad för aktuella flöden
- c) Lätt att konstruera o underhålla
- d) Lågt tryckfall

TYP AV BOTTEN

I Klockbotten



- Lätt korrosions skada i klockan.

- Dyr!!

- Används i STORA kolonner

Återflöde pga för högvätskenivå

Inaktiv klocka pga att ångan inte orkar ut

Kontinuerlig ångpelare pga att ångan pressas sig fram

- Belastningsdiagram för varje kolonn

Pulsation o Dumpning = återflöde

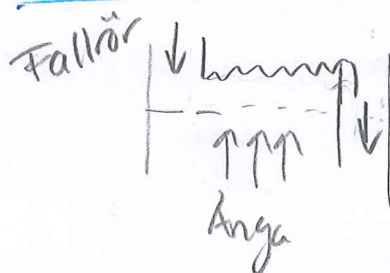
- kolonnen gräter

Coning - ångpelare som blåser förbi vätskan

Entraining - högt ångflöde som drar med vätske droppar till övre bottenplan.
⇒ blandning ist. för destillation

Flooding - kolonnen flödar, vätskan byggs upp i kolonnen på varje botten

II SILBOTTEN



Silbotten hålen styr ångblåsarnas diameter.

- Svårare att kontrollera.
- Inget ångflöd, vätske ötkerner.
- Har flödet fast mot kunden sätta igen silhålen.
- Ger lågt tryckfall
- Vanlig konstruktion

III VENTILBOTTNAR

- Lite högre tryckfall
- Lite dyrare än silbotten

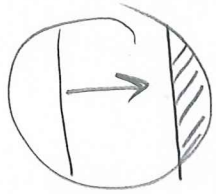
SAMMANFATTNING

	SIL	VENTIL	KLOCK	ÖÖKAR
KOSTNAD				→
KAPACITET				→
VERKN. GRAD	←	OBERÖENDE		→
TRYCKFALL				→

DIAMETER
UPPEHÅLLSTID

Alla har ett kross flöde över bottenarna.

VÄTSKEFÖRING

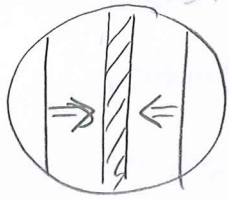
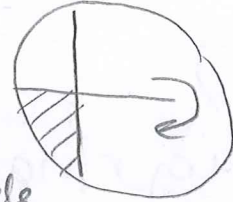


Cross flow: Vanligast
Lång vandring sträcka
för vätskan.

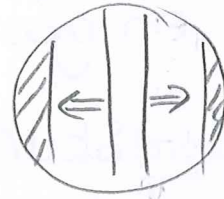
Lämpligheten bestäms
av sökta upphållstiden

Reverse flow:

Fallröret reducerat
vanligt vid låga L/V förhållande

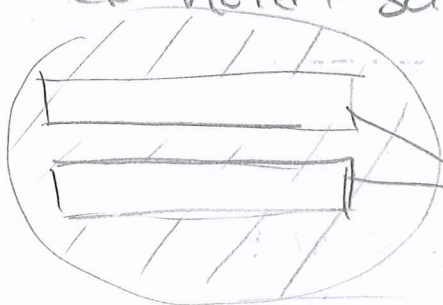


Double pass
Lämpligt vid höga
L/V förhållande



KONTINUERLIG KONTAKT MEDAN FASER

- Packad kolonn med distributör, som sprider ut vätskan, vätskefilm som ger kontakten.
- Distributören sprider vätskan o
garanterar inga torra ytor i kolonnen.
Anten utnående ej bra vid fastmatri
då hela sätts igen.



Centralfördelare



Krav på packningsmatri


- a) Ger en stor yta \Rightarrow god kontakt mellan ånga o vätska
- b) Jämn fördelning av ånga o vätska över kolonn tvärsnittet

c) Lågt tryckfall

Packningsmtrl

- i) Slumpvis packning
- ii) Strukturerad packning

Grupp i)

- Rashig ring Diameter = längden 
Kommer packa sig likartad vilket ger en god porositet. (Torrazoner)
- Pallring - Skurit upp mantelytan
Öppnare struktur ger lägre tryckfall
Bildas droppkärnor => mindre vätskedroppar som ger god kontaktyta.
Ringarna ska vara $D = 1/8$ av kolonn

• Berl sadel

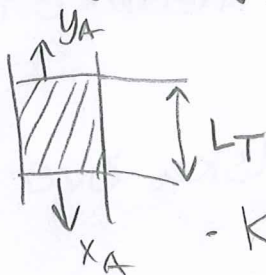
• Intalox sadel



Mer kontinuerlig vätskefilm

Grupp ii)

- Kontaktanordningar staplade i struktur
Väldigt effektivt system.
- Veckade plåtkonstruktioner
=> Turbulens
Dyra packningsmtrl
- Lågt tryckfall
Används vid svåra separationer (kräver många mvssteg)



Platen höjden = 1 mvssteg

- Kapacitet ökning

Val av kolonn

Bottenkolonn

- Stora kolonner
- lågt vätskeföde
- Kylaing på bottenarna

Packad kolonn

- Korrosiva vätskor
- Små kolonner Diameter $< 0.8m$
- Låga tryckfall

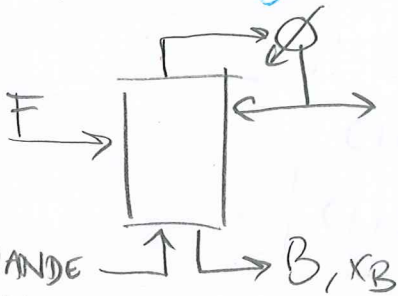
ÅTERKOKARE ALLTID IDEALT STEG

Valet beror av

- processfluid
viskositet, inkruster
- utrymme i höjd led "lay outs"
- Tryckfallet

Turbulens motverkar inkruster bildning

Direktång



tunga komponenten (ren ångfas)

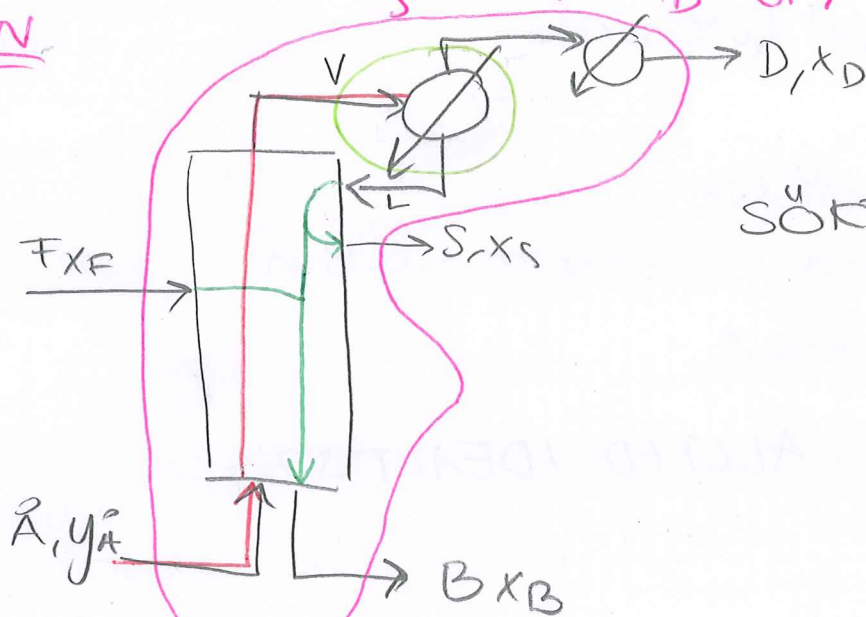
ÖVNING 22/3 SÖREL

#3

DATA: $F = 0.1 \text{ kmol/s}$ $x_F = 0.3$ $\dot{A} = 0.5 \text{ kmol/s}$

$x_B = 0.05$ $x_S = 0.4$ $x_D = 0.9$ $R = 2.0$

LÖSN



SÖRT: D, S, B

TOTALBALANS

$$F + \dot{A} = D + S + B$$

Komponentbalans

$$F x_F + \dot{A} y_A = D x_D + S x_S + B x_B$$

$y_A = 0.0$ Pga komp. lättflyktig är 0

T.B. PARTIALKOND.

$$V = L + D$$

ytre återflöde $R = L/D$

$$\therefore V = D(R + 1)$$

$$\begin{aligned} L &= DR \\ V &= DR + D \\ V &= D(R + 1) \end{aligned}$$

$\therefore \dot{A} = V$ Ty konst. molärflöden!

SVAR:

$$D = 0.0167 \text{ kmol/s}$$

$$S = 0.0237 \text{ kmol/s}$$

$$B = 0.1096 \text{ kmol/s}$$

Grafisk metod

För att bestämma antal steg som fördras för en separation genom destillation.

- Återkokaren är ALLTID ett idealt steg.
 - Totalkondensator ej idealt steg partialkondensator = idealt steg
- Formulera komponentbalanser

- Runt kondensorn ned t.o.m. botten nr n.

Antag konst. molära flöden.

$$Vy_{n+1} = Lx_n + Dx_D$$

$$y_{n+1} = \frac{L}{V}x_n + \frac{D}{V}x_D$$

TOTALBALANS ÖVER TOTALKONDENSORN

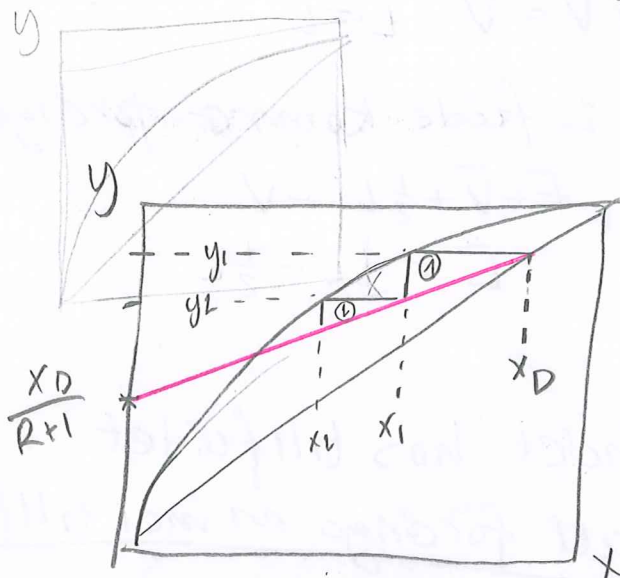
$$V = L + D \quad R = \frac{L}{D} \quad \therefore V = D(R + 1)$$

$$L = R \cdot D$$

$$y_{n+1} = \frac{R}{R+1}x_n + \frac{x_D}{R+1}$$

□ ÖVRE DRIFTLINJEN

Rät linje med lutning $\frac{R}{R+1} = \left\{ \frac{L}{V} \right\}$ samt avskärning $\frac{x_D}{R+1}$ på en y-axel.



Antag $x_n = x_D$

$$y_{n+1} = \frac{R}{R+1}x_D + \frac{x_D}{R+1}$$

$$= x_D \left(\frac{R}{R+1} + \frac{1}{R+1} \right) =$$

$$= x_D \left(\frac{R+1}{R+1} \right)$$

y_1 i m.v. x_1

AVDRIVARDEL

Teckna på motsvarande sätt en komponent balans runt återkokaren upp t.o.m botten nr $m+1$.

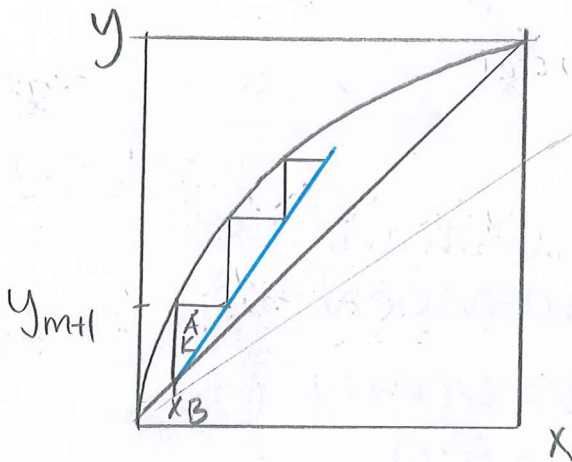
$$\bar{L} x_m = \bar{V} y_{m+1} + B x_B$$

Skriv om

$$y_{m+1} = \frac{\bar{L}}{\bar{V}} x_m - \frac{B}{\bar{V}} x_B$$

□ NEDRE DRIFT LINJEN

Rätlinje med lutning $\frac{\bar{L}}{\bar{V}}$
 o avskärning $\frac{B}{\bar{V}} x_B$
 med en y-axel.



Tillflödets tillståndets inverkan på ångfas-ovätskefas

a) Underkyld vätska $F + L + \frac{1}{2}\bar{V} = \bar{V}$ $V = \bar{V}$ - kondens värme

b) Mättad vätska (SOREL'S METOD) $\bar{V} = V$

c) Blandning ånga o vätska. $\frac{1}{2}F + \bar{V} = V$ $\frac{1}{2}F + L = \bar{L}$

d) Mättad ånga $F + \bar{V} = V$ $L = \bar{L}$

e) Överhettad ånga L flöde kommer förångas

$$F + \bar{V} + \frac{1}{2}L = V$$

$$\bar{L} = L - \frac{1}{2}L$$

q värde

För att beskriva tillståndet hos tillflödet

$$q = \frac{\text{Värme att förångas en mol tillflöde}}{\text{Ångbildn. värme}}$$

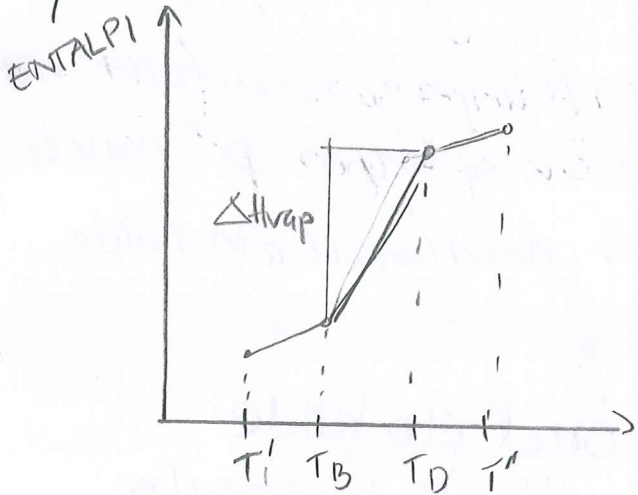
Flödena kan tecknas mha q värdet

$$\bar{L} = L + qF$$

$$V = \bar{V} + (1-q)F$$

$q = 0$ $\bar{L} = L$ (mättad ånga)

$q = 1$ mättad vätska



Mättad vätska $q = 1$

Mättad ånga $q = 0$

Blandn. ånga & vätska
 $q = \text{vätskeandel}$
 $q \in [0, 1]$

Underkyld vätska

$$q = \frac{C_p^L (T_B - T') + \Delta H_{vap}}{\Delta H_{vap}} \quad q > 1$$

Överhettad ånga

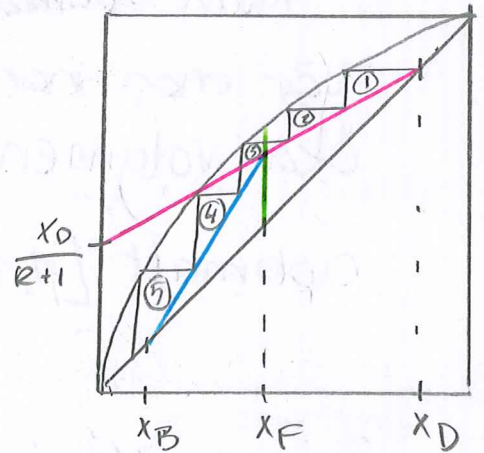
$$q = \frac{C_p^V (T_D - T'')}{\Delta H_{vap}} \quad q < 0$$

STRATEGI - McCabe Thiele

① Konstruera q linjen utifrån känt tillstånd på bottenflödet
 Vid mättad vätska är q linjen rak.

② Konstruera övre driftlinje

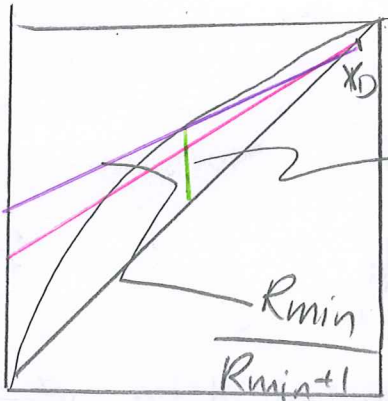
$$y_{n+1} = \frac{R}{R+1} x_n + \frac{x_D}{R+1} \text{ från } (x_D, x_D) \text{ på diagonalen till } (0, \frac{R}{R+1}) \text{ på y-axeln.}$$



③ Konstruera nedre driftlinjen från skärningspunkten mellan övre driftlinjen & q linjen ned till (x_B, x_B) på diagonalen

④ "STEGA" Passerar ofta x_B då antagit molära flöden 4 botten + åter kotaren

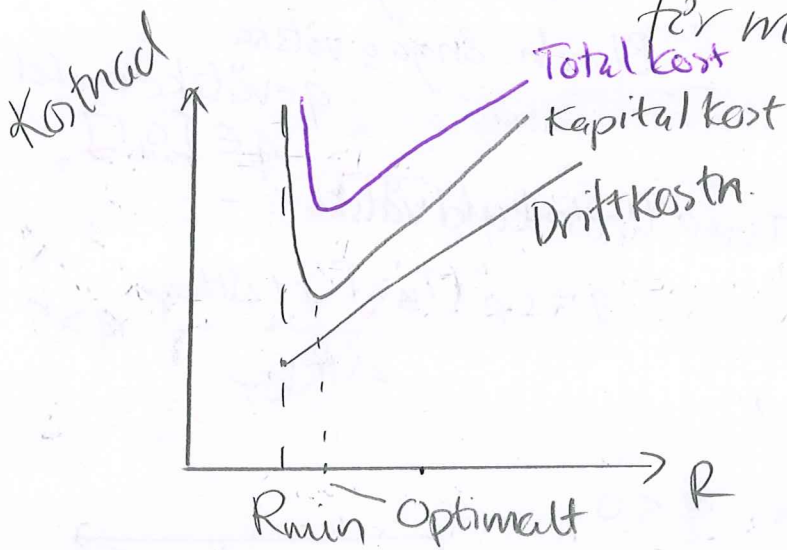
MINIMALT ÅTERFLÖDE FÖRHÅLL



$$\frac{R}{R+1}$$

När drift linjen
samma faller med
diagonalen tar man
ingen top produkt.

När drift linjen samma faller med
toppen av q linjen på inverterna
för man minimalt återflöde.



Ökad återflöde
= ökad kostnader

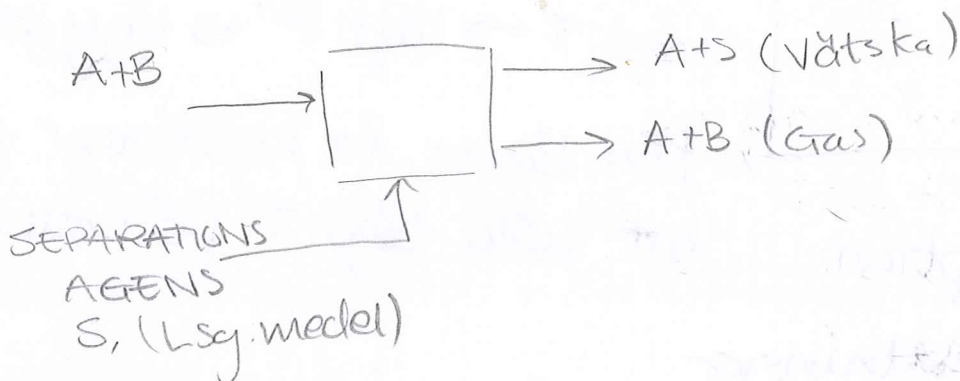
Invest. kost = area o
antal steg

När man närmar sig R_{min} måste man
öka volymen o antalet steg \Rightarrow Invest kost ökar
Optimalt $[1,1 \rightarrow 1,5] R_{min}$

Absorption

F5 15/4

Def. Utvinning av gasformig komponent(er) mha ett lösningsmedel, **absorbent**.



- Material sep agens
- Masstransport från gas till vätska
- Apparatur påminner om destillation

Två typer av absorption

- Fysikalisk absorption — H_2O , kolväten
- Absorption med kemisk reaktion — alkaliska vattenlösliga etanolaminlösliga MEA, DEA, TEA

Ex syntesgas Absorption med aminer för att utvinna "suragaser"

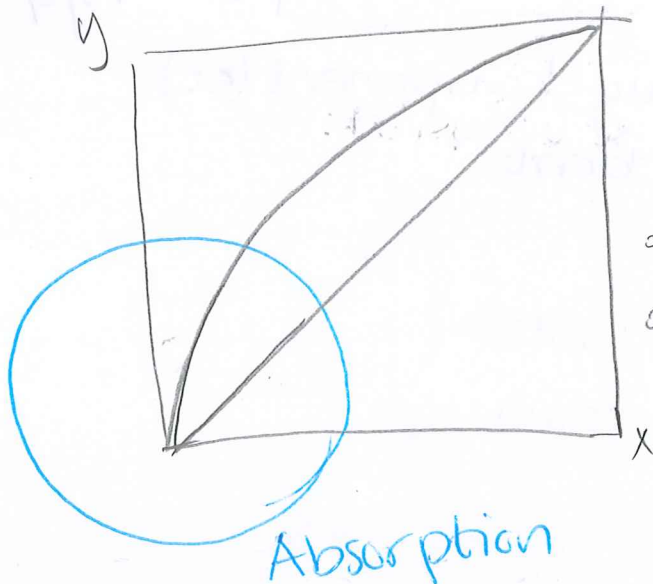
TVÅ FILMSTÖRRI

• Används för att det vart masstransport motståndet ligger

• Även packningshöjd

I filmerna finns det ett masstransport ^{motstånd} pga långsam diffusion.

- Koncentrationen i vätskefas beror på partialtryck
Högre konc. vid högre partialtryck
Högre konc. vid högre temp vid konst. partialtryck



$$y^P = P^{\circ} x$$

$$y = \frac{P^{\circ}}{P} x = K x$$

- Högt $P \rightarrow$ litet y
 - Lågt $T \rightarrow$ lågt $P^{\circ} \Rightarrow$ lågt y , stark
- Kan lägga in kylslingar för att hålla lågt T på botten.

Vid sammansättningar

> 5 mol% Då kommer masstransporten ha påverkan

Inertflöden

$$L' = L - Lx = L(1-x) = [\text{kg S/M}]$$

komponentflöde

Totalflöde

$$V' = V - Vy = V(1-y) = [\text{kg B/h}]$$

istället för molbråk

$$\bar{X} = \frac{Lx}{L(1-x)} = \frac{x}{1-x} \quad \frac{\text{kg a}}{\text{kg S}}$$

$$\bar{Y} = \frac{Vy}{V(1-y)} = \frac{y}{1-y} \quad \frac{\text{kg a}}{\text{kg B}}$$

Ny komponent balans

$$\bar{Y} = \frac{L'}{V'} \bar{X} + \bar{Y}_1 - \frac{L'}{V} \bar{X}_0$$

Vid > 5 mol%

Krav på Isgmedel, S

- 1) Hög löslighet för ämnet.
Fodras lite Isgmedel
- 2) Selektivt
- 3) Låg fuktighet (Isgmedlet ej går över till gas)
Små förluster
Återvinning behövs ej

4) Låg viskositet
 Gynnsamt för masstransporten
 ($k_x a \approx k_y a$ beror av viskositet)

5) Ej ge skum

6) Korrosivitet

7) Giftighet osv

VAD KNYTER DRIFTLINJE O JMV SAMBAND SAMMAN?

Masstransport samband baserat på bulk
 samma sätt.

$$N_A = k_y a (y - y_i) = k_x a (x_i - x)$$

$$k_y a (y - y_i) = k_x a (x_i - x)$$

$$\frac{y - y_i}{x - x_i} = - \frac{k_x a}{k_y a}$$

BINDELINJE

knytter samman driftlinje o jmv samb.

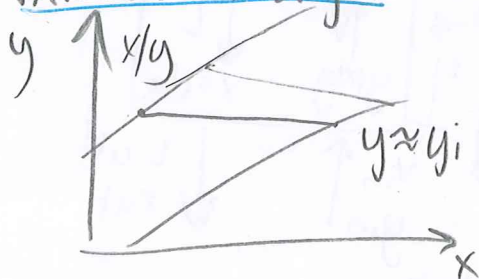
Lodrät bind. linje - massöverf. talen är mkt högre
 i vätske filmen än i gasfilmen

GASFILMSTYRT



Mkt liten gradient i vätskefilm
 måste ha en god turbulens
 för att öka kontakten ytan.

VÄTSKEFILMSTYRT



Ex absorberar ammoniak i H₂O.

Mkt liten gradient i gasfilmen

Svagt lsg i vätskefasen

Finfördela vätskefasen

$$k_y a \gg k_x a$$

ABSORPTION FÖRT. F6

17/4

Massöverföring $N_A = k_y a (y - y_i) = k_x a (x_i - x) \left[\frac{\text{kmol}}{\text{m}^2 \text{s}} \right]$

k_a - massöverföringstal

MASSENGOMGÅNGSTAL $K_G a$ o $K_L a$ (LITERATUR)

$N_A = K_G a P (y - y^*) = K_L a G (x^* - x)$ total konc $[\text{kmol}/\text{m}^3]$

y^* o x^* bestäm med p mv förhållande

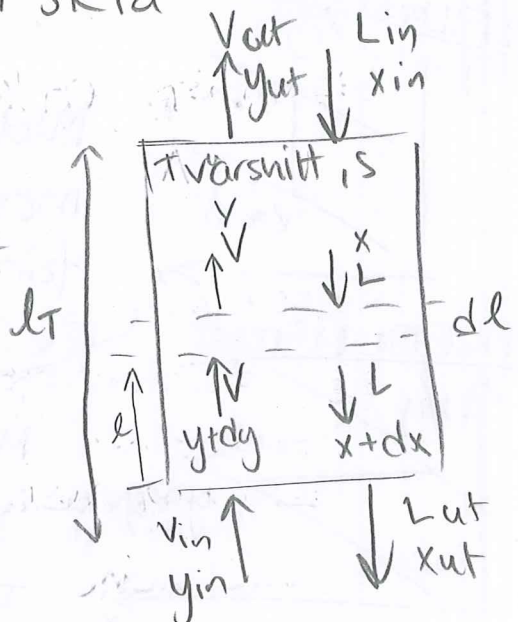
Enheter

r	$\text{mol}/\text{m}^2 \text{s}$
$k_y, k_x, k_{y_i}, k_{x_i}$	$\text{mol}/\text{m}^2 \text{s}$
$K_G, K_L, K_G a, K_L a$	s^{-1}
k_L, k_G, k_c	m/s
k_{p_a}, k_{c_a}	$\text{mol}/\text{m}^3 \text{s kPa}$

PACENINGSHÖJD (LT)

Teckna en differentiell komponent balans för segmentet dl .

Bädderna först "gässidan"
Anta låga halter så ström V är konstant.



$Vy - V(y + dy) = -Vdy$ $S = \text{tvärsnittsyta}$

$\therefore -Vdy = K_G a P (y - y^*) S dl \rightarrow -Vdy = K_G a P (y - y^*) dl$

$\left[\frac{\text{kmol}}{\text{m}^2 \text{s}} \cdot \text{Pa} = \frac{\text{kmol}}{\text{m}^2 \text{s kPa}} \cdot \text{kPa} \cdot \text{m}^2 \right]$

$\Rightarrow dl = \frac{-Vdy}{K_G a P (y - y^*)}$

Kan skrivas om till

$$\int_0^{L_T} dL = -\frac{V}{K_{GA}P} \int_{y_{in}}^{y_{ut}} \frac{dy}{(y-y^*)} \Rightarrow \int_0^{L_T} dL = \frac{V}{K_{GA}P} \int_{y_{ut}}^{y_{in}} \frac{dy}{(y-y^*)}$$

PACKNINGSHÖJD

• Vätskesidan

$$L(x+dx) - Lx = Ldx$$

$$L \cdot S dx = K_L a_G (x^* - x) S dx$$

$$\int_0^{L_T} dL = \frac{L}{K_L a_G} \int_{x_{in}}^{x_{ut}} \frac{dx}{(x^* - x)}$$

Inverkan på separationen är flödena.

Gas $\left\{ \begin{array}{l} N_o G - \text{antalet överföringsenheter} - \text{antal i vinsteg} \\ H_o G - \text{höjden på överföringsenheten} \end{array} \right.$

Vätsk $\left\{ \begin{array}{l} H_o L \\ N_o L \end{array} \right.$

Kan jämf olika packn. mtrl via dessa

BESTÄMNING AV DIAMETER FÖR ETT ABS.TORN

Kant Gasflöde (ingående) till storlek o sammansättn.
 Separationsgrad
 Kännedom om absorbentens flöde o sammansättning.

Syfte: Dimensionera diametern utifrån en lämplig gashastighet.

• Aktivarea = arean där kontakten mellan vätska o gas
 • Fallvören - 10-20% av

F

Belestringsparameter:

$$F_{LV} = \left(\frac{LML}{VMV} \right) \left(\frac{\rho_V}{\rho_L} \right)^{0.5}$$

alltid på molbas

C_F - flödningsparameter [fot/s]

Plate spacing - bottenavstånd
påverkas av tex skumning

$$1 \text{ tum} = 2,54 \text{ cm}$$

$$12 \text{ tum} = 1 \text{ fot}$$

$$1) C = F_{ST} F_F F_{HA} C_F$$

F_{ST} - ytspänningsfaktorn [dyne/cm]

F_F - alltid 1 skumfaktor

F_{HA} - andelen H i den aktiva arean s. 217 (ofta 1)

2) U_f - hastigheten vid flödning

$$U_f = C \left(\frac{\rho_L - \rho_V}{\rho_V} \right)^{0.5}$$

Vill inte ha flödning i kolonnen

vill därför reducera till 80% för aktuell
gashastighet U

$$3) U = f \cdot U_f$$

$$4) V - \text{från mol/s} \rightarrow \text{m}^3/\text{s}$$

5) V/U - aktiv area

Kompensera för fallrör $\overbrace{(V/U)}^{A_A} \cdot 1,10 \text{ el. } 1,20 = A$

6) Beräkna diametern

$$A = \frac{D^2 \pi}{4}$$

* Packningsfaktor är unik för varje packen. mtrl

* Vid packade kolonner har vi inget fallrör.

F_p - packningsparameter

Tunnvätskefilm \rightarrow stor kontakt yta

Packn. mtrl \circ kolonn diameter påverkar varandra

\rightarrow kolla vättningshastighet

$$L_w = \frac{L'}{\rho_L S_B}$$

L' - vätskeflöde $\text{kg}/\text{m}^2\text{s}$

ρ_L - vätskefas densitet

S_B - kontaktyta m^2/m^3

(datablad)

Porositet \circ vätske kontakten styr kolonnen effektivitet.

* Vid en specifik gashastighet kan tryckfallet öka \rightarrow flödnings \circ packningsmtrl kommer hålla kvar vätska. (Liquid holdup)

Liquid hold up kommer öka tills vi når flödnings linjen. \Rightarrow Reducera gashastigheten för att försäkra mot liquid hold up.

* Vill ligga nära loading line för hög kapacitet.
Inte mellan loading line \circ flooding line.

ÖVNING 17/4 ABSORPTION

#0.8 Metström absorptionstorn

DATA: $y_1 = 0.02$ $y_2 = 0.005$

$$V = 0.05 \frac{\text{kmol}}{\text{m}^2 \text{s}}$$

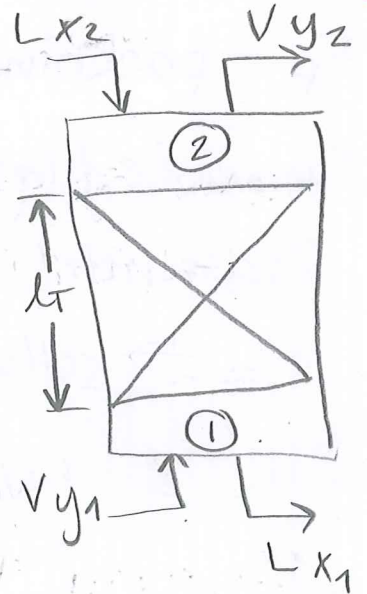
$$K_G a = 0.05 \frac{\text{kmol}}{\text{m}^3 \text{s atm}}$$

$$P_{\text{H}_2\text{S}} = 545 x_{\text{H}_2\text{S}} \quad P = 10 \text{ atm}$$

$$L = 1.2 L_{\text{min}}$$

$$x_2 = 0.0 \quad (\text{Då det var rent vatten})$$

SÖKT $\frac{L}{V}$, x_1 , h_T



LÖSNING

Strategi: Formulera jämsamband o komponentbalans

Bestäm L_{min}

Bestäm L/V samt x_1 och h_T

i) JÄMVIKTSAMBAND

$$P_{\text{H}_2\text{S}} = 545 x_{\text{H}_2\text{S}}$$

$$P_{\text{H}_2\text{S}} = P y_{\text{H}_2\text{S}} \quad P = 10 \text{ atm}$$

$$y_{\text{H}_2\text{S}} = 545 x_{\text{H}_2\text{S}}$$

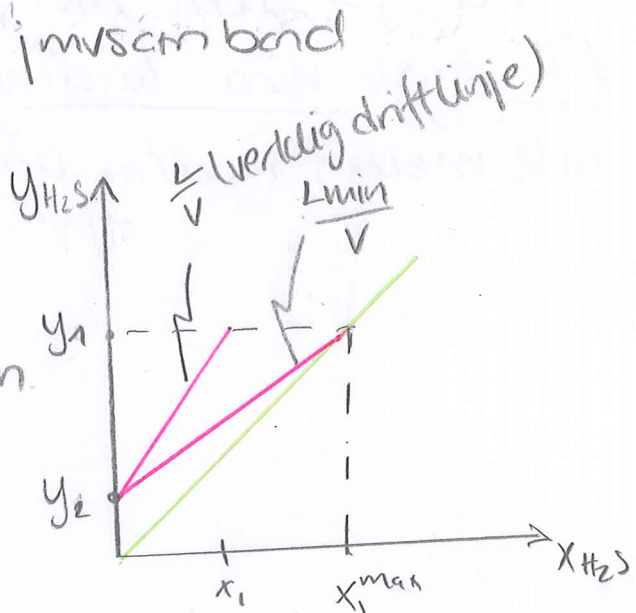
Linj. jämsamband

Plotta $y_{\text{H}_2\text{S}}$ mot $x_{\text{H}_2\text{S}}$

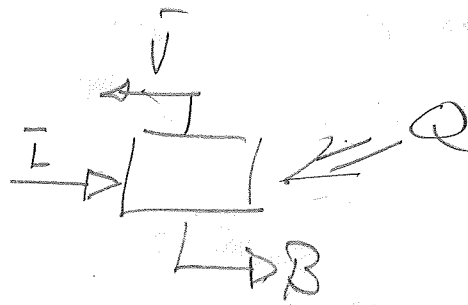
Minimal L_{min} kommer ge ett oändligt högt torn.

Som ger x_1^{max}

$$\frac{L_{\text{min}}}{V} = \frac{y_1 - y_2}{x_1^{\text{max}} - x_2} \quad (1)$$



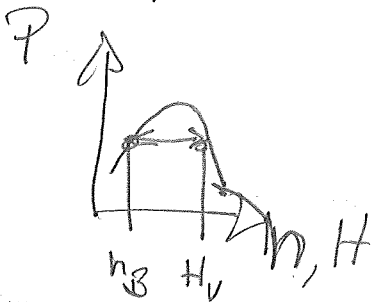
Projekt 2



$$V \cdot B \quad \bar{L} h_L + Q = \bar{V} H_V + B h_B$$
$$h_L = h_B$$

$$Q = \bar{V} H_V + B h_B - \bar{L} h_B = \bar{V} H_V + h_B (\bar{B} - \bar{L})$$

$$T.B \Rightarrow \bar{L} = \bar{V} + \bar{B} \Rightarrow -\bar{V} = \bar{B} - \bar{L}$$



$$Q = \bar{V} H_V - \bar{V} h_B = \bar{V} (H_V - h_B)$$

ΔH_{VAP}

$$Q = m \cdot \Delta H_{VAP}$$

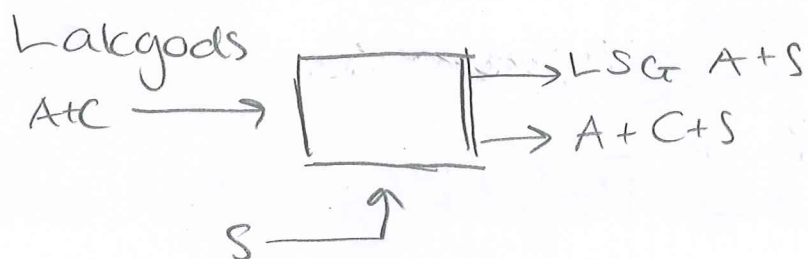
4 bar

↳ ANSCHAUEN

LAKNING, FASTFAS EXTRAKTION

25/4

DEF. Utvinning av lakbar komponent(er), A, från ett lakgods bestående av komp A samt fast inert mtrl, C, mha ett lösgmedel, S



Exempel på lakningsop.

i) Metallurgisk industri

* Cu - NH_3 lsg, H_2SO_4

* Au - CN - lsg

* Ni, Zn, Co, Ag

ii) Livsmedel industri

Vegetabiliska oljor (efter pressat finns det 15% kvar)
som lakas ut.

sockerframställn.

sockerbeton, C, o socker A

iii)

cellulosa tvättning

kakor träflis, frilägger fiber o lösgör lignin

iv) Saft, kaffe o te

Lakning används för att i) tillvara ta värdefulla produkter ii) rena råprodukter

Lakning är ett ex på diffusion operation. som

Materia överföring

1) Diffusion av lakmedelmolekyler till den fastafasens gränssyta.

2) Upptagning av lakmedel i den fasta fasen

- 3) Diffusion i den fasta fasen av rent lakmedel, upplösning samt diffusion av lsg ut till gränssyta.
- 4) Lsg passage genom gränssytan
- 5) Diffusion av lsg till lakmedlets huvudkvanitet.

2.3.4 påverkas av driftparametrar
 1.3.5 utrustn. utseende

Masstransport som bariär för lakning

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

k' - diffusionkonst
 påverkas av → temp, viskositet, ytspänn.

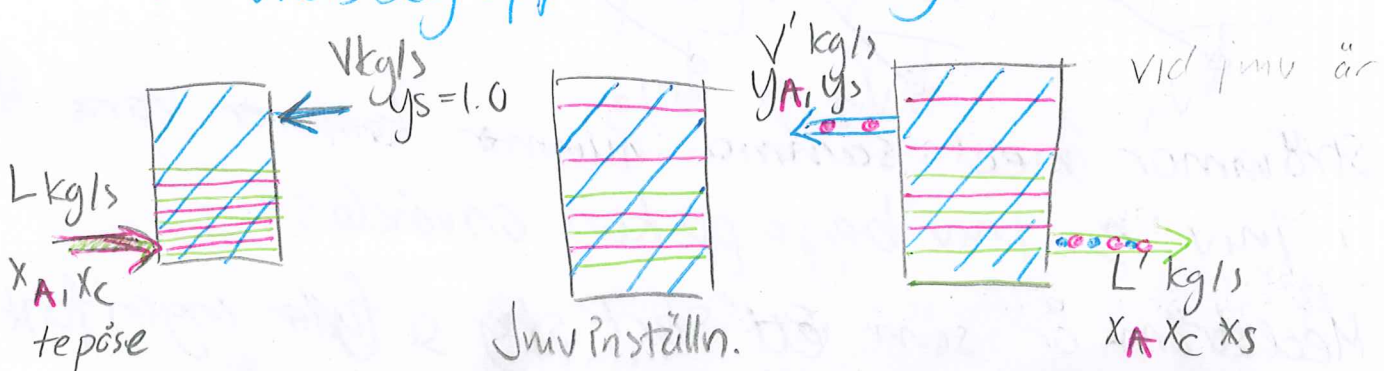
drivande kraft $\left\{ \begin{array}{l} c_s - \text{konc. vid mättnad} \\ c - \text{konc} \end{array} \right.$

b - gränsskiktet runt partikel där mass transport sker

Parametrar som påverkar

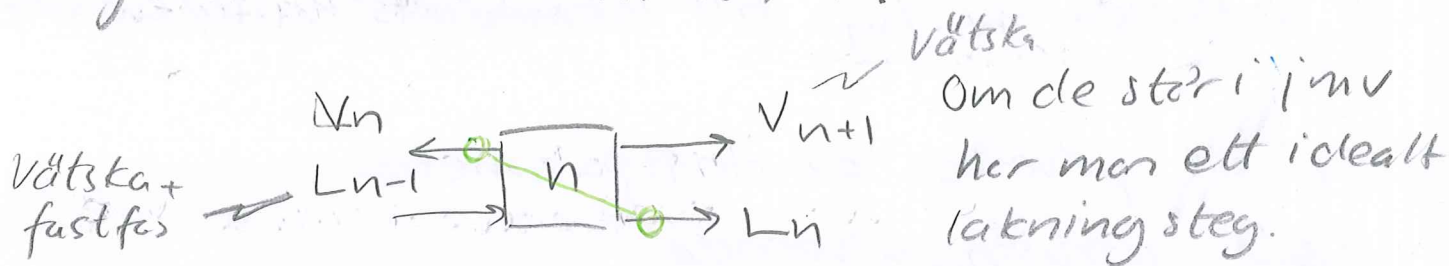
<u>Lsg medel</u>	<u>Partikel storlek</u>	<u>Temp</u>	<u>Omrörning</u>
<ul style="list-style-type: none"> • Selektivitet • Viskositet (k') • Ytspänning (k'') • Substans förändring (om det sker en reaktion) 	<ul style="list-style-type: none"> • Kontakt yta (A) • Separationen av C från A+S • Samma partikel storlek (Alla färdig lakade samtidigt) 	<ul style="list-style-type: none"> • Löslighet • Diffusion (k') • Substans förändring 	<ul style="list-style-type: none"> • Diffusion (b minskar vid turbulens) • Undviker sedimentation

Jämvillets begrepp vid lakning



Jmv begrepp

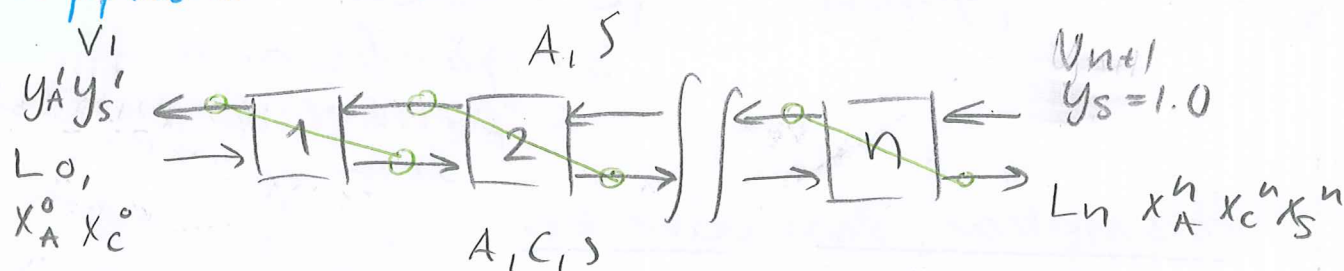
Den lsg A+S som går ut med strömmen L' håller samma halt map A som den lsg som går ut med strömmen V' .



Hur många steg som krävs, beror på renhets krav, lakningsgodset, hur stor lsgmedel o lakningsgods

Uppbyggnad av anläggning mha ideala lakning steg

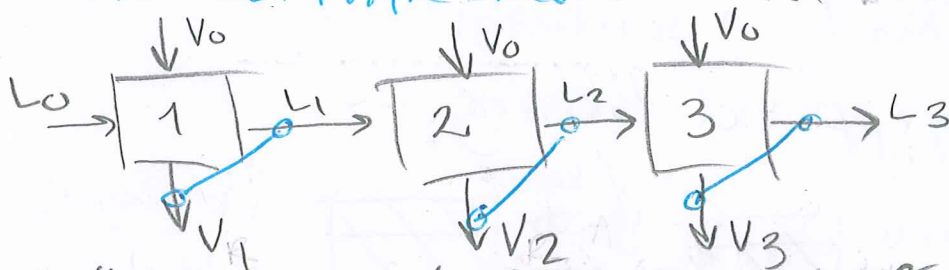
i) Kopplade i motström



- C är fast komponent o kan ej lösas upp
- L är raffinatströmmar / underström
- V kallas för extraktström / överström
- Kaffe sump i kaffet är ett ex på medrycken

ii) I kors el. tvärström

(Ex tvättmaskin)



Strömmar med samma nummer kommer vara i jmv o jmv begrepp kan användas.

Medeström är som ett stort steg o fyller ingen funk.

VAD PÅVERKAR ERFORDERLIGT ANTAL STEG?

i) RENHET / SEPARATIONS KRAV

- önskad sammansättning

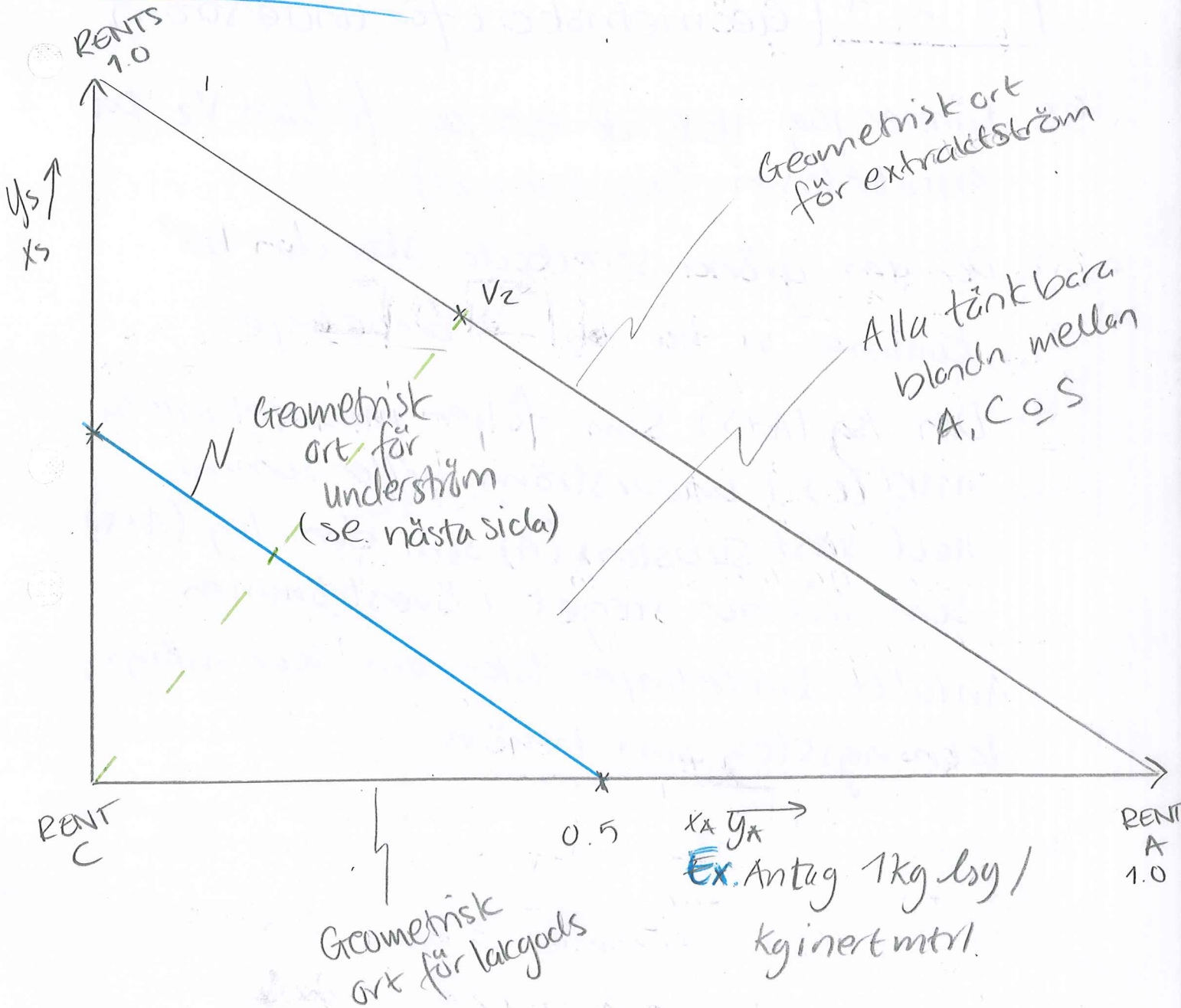
ii) LAGGODSETS RELATIVA STÖRLEK I FÖRHÅLLANDE TILL LSG MEDLET

- hur mycket L_0 vs V_{n+1} tillförs

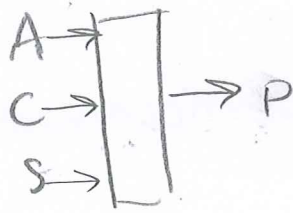
iii) HUR MYCKET LSG SOM KVAR HÅLLS AV INERT MTRL, R

$$- r = \frac{A+S}{C}$$

GRAFISK LSG



Lsg: $\frac{A+S+C}{c} = 1.0$



$$A = P x_A$$

$$C = P x_C$$

$$S = P x_S$$

$$\frac{P x_A + P x_S}{P x_C} = \frac{x_A + x_S}{x_C} = 1.0$$

$$x_A + x_S + x_C = 1.0 \quad \text{ALLTID!}$$

$$x_C = 1.0 - x_S - x_A \Rightarrow \frac{x_A + x_S}{1.0 - x_A - x_S} = 1.0$$

$x_S = \frac{1}{2} x_A$ | Geometriskort för underström

Ex Känner jag: $y_S x_S$ då kan jag få fram V_2 på extraktfasen (via triangel)

Där den gröna streckade skär den blå kommer vi ha L_2 . binde linje

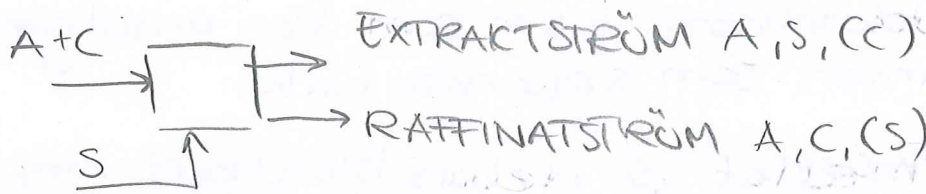
Den lsg (A+S) som följer med det inerta mtrl (c) i underström håller samma halt löst substans (A) som den lsg (A+S) som lämnar steget i överströmmen.

Antalet binde linjer talar om hur många lämningssteg som behövs.

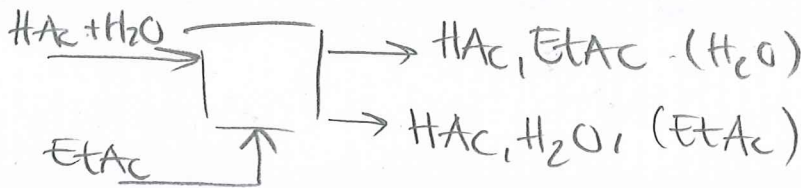
VÄTSKA - VÄTSKA EXTRAKTION

3/5

Def. Utvinning av komponent(er) från en vätskeblandn. mha ett lösgmedel



Ex1



Ex2

Blandn. två isomerer

p-nitrobensosyra
o-nitrobensosyra

Kökt plöt förnära för att extrahera med destillation.

Lösgmedel till p-nitrobensosyra = kloroform
Lösgmedel till o-nitrobensosyra = H₂O

⇒ En "dubbel lösgmedel extraktion"

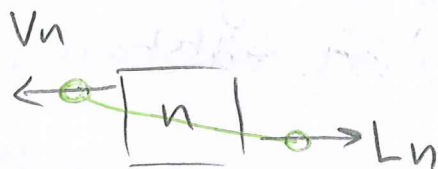
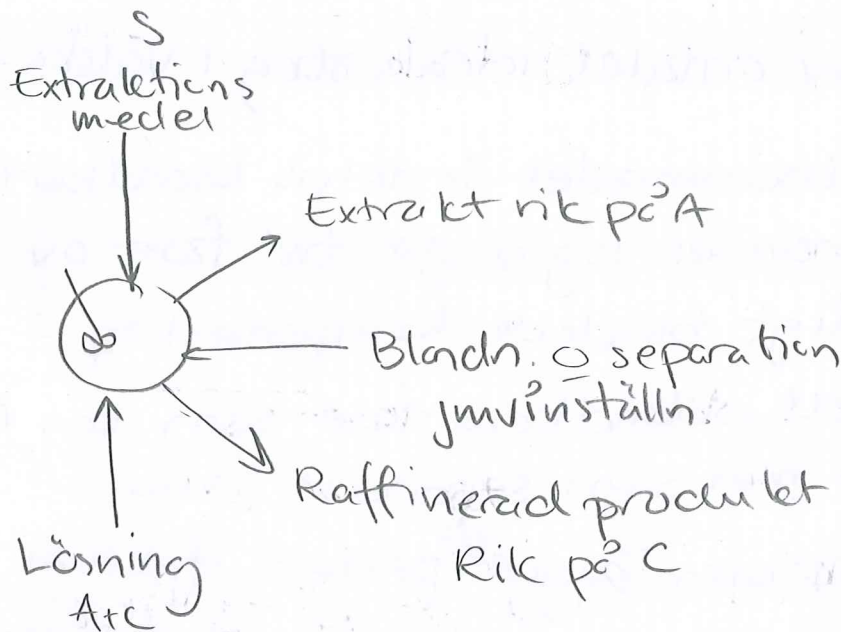
Extraktionsprocess jobbar med destillation för att återvinna lösgmedel.

När används vätska - vätska extraktion

- 1) $\alpha \approx 1.0$
- 2) Tempkänsliga komponenter
- 3) Stort värmebehov för att åstadkomma separation.
- 4) Azeotropa system

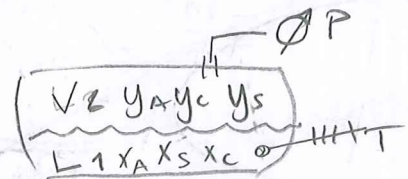
- Densitet (Densitets skillnad mellan faserna.)
- Ytspänning låg (gynnar masstransport)
- Kemisk stabilt - slipper tillföra nytt
- Viskositet, låg ångtryck o låg fryspkt

Arbetsprincip för vätska - vätska



Vätska - vätska jämvikt

Jmv när masstransporten
lika stor från $y \rightarrow x$
som $x \rightarrow y$



Fugaciteten för vätskefas $f_i^L = \gamma_i x_i P_i^\circ$

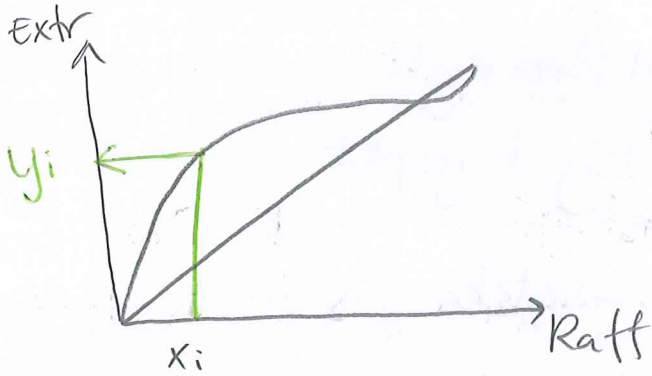
vid jmv $(\gamma_i y_i P_i^\circ)^E = (\gamma_i x_i P_i^\circ)^E$

- Samma temp o samma ångtryck pga att systemen är i kontakt.

$$(\gamma_i y_i)^E = (\gamma_i x_i)^E$$

KAN EJ ANVÄNDA WILSON!!

NRTL } ÖVERSÄTTA TILL GRAFER
UNIQUAC }



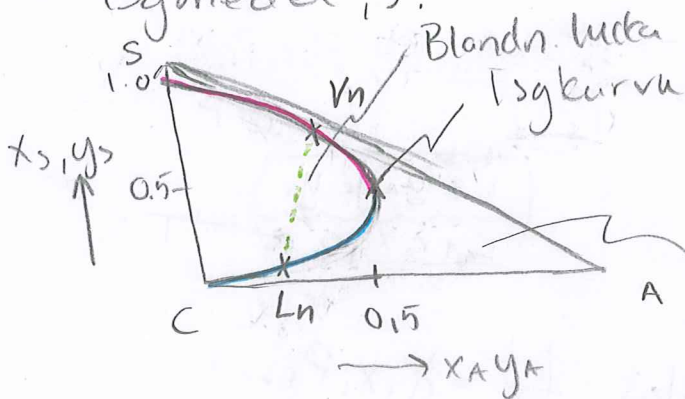
Översätta till viktbråk

Beräkning av antalet ideala steg i vätska-vätska

Fall I: Extraktionsmedlet är delvis blandbart med vätskeblandn. el. $1sg_0$ ger två faser av delvis ömsesidigt blandade komponenter.

Fall II: Två helt oblandbara faser som kan emulgeras samman men som separerar i vila.

Fall I: Extraktionen bygger på det faktum att det existerar en blandn. lucka för ett system bestående av extraherbart ämne, A, inert vätska, C, $1sg$ medel, S.



— geometriskort för extraktströmmar

— geometriskort för raffinatströmmar

Homogen blandning



FALL 2



Eftersom extralet - o raffinat strömmarna är helt oblandbara kommer flödet av lösgmedel S i extraletström (V_1, V_2, \dots) samt flöde av inert vätska i raffinatström (L_0, L_1, \dots) att vara konsta.

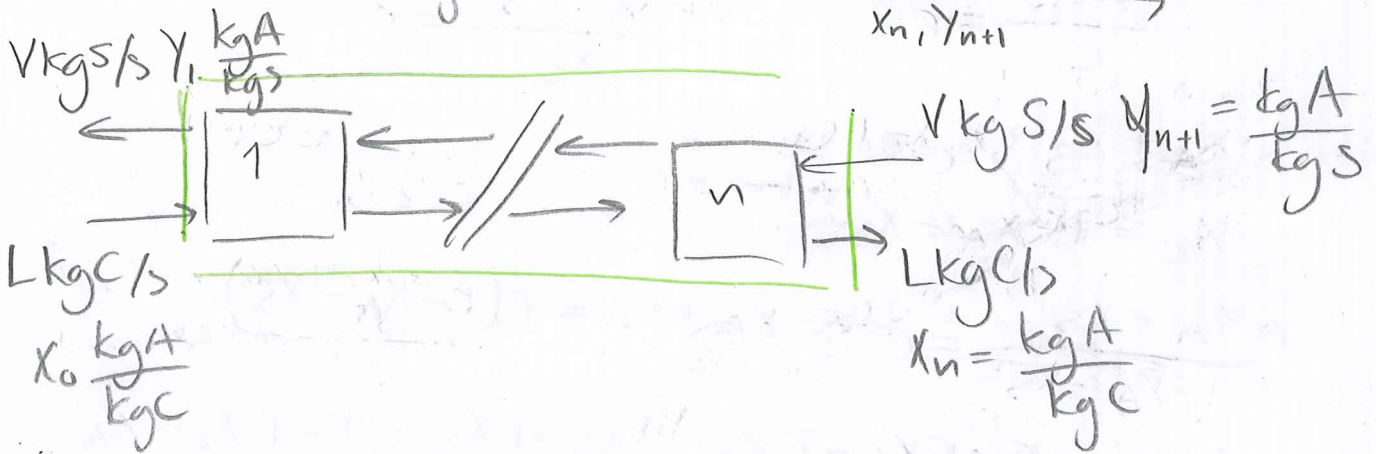
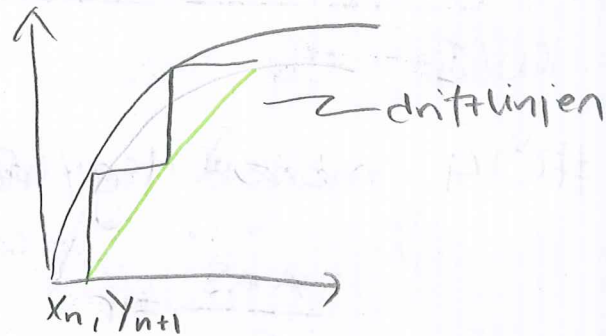
$$V_1 = V_2 = \dots = V \text{ kgS/tidsenhet}$$

$$L_0 = L_1 = \dots = L \text{ kgC/tidsenhet}$$

Sammansättn. kan uttryckas

Extralet: $\frac{kgA}{kgS} = Y$

Raffinat: $\frac{kgA}{kgC} = X$



Mtrl balans $VY_{n+1} + LX_0 = VY_1 + LX_n$

$$Y_{n+1} = \frac{L}{V} X_n + Y_1 - \frac{L}{V} X_0$$

$\frac{L}{V}$ Lutning
 $Y_1 - \frac{L}{V} X_0$ avskärn.

RÄKNAT SJÄLV LÄKNING

#01



#04 mängd lsg / mängd inert

$$\frac{A+S}{C} = r$$

$$\frac{X_A + X_S}{X_C} = r$$

$$X_A + X_S + X_C = 1.0$$

$$X_C = 1 - X_A - X_S$$

$$\frac{X_A + X_S}{1 - X_A - X_S} = r \quad X_A + X_S = r(1 - X_A - X_S)$$

$$X_A + X_S = r - rX_A - rX_S \quad X_S + rX_S = r - rX_A - X_A$$

$$X_S(1+r) = r - rX_A - X_A$$

$$X_S = \frac{r - rX_A - X_A}{1+r}$$

$$X_S(1+r) = (1+r)(X_A + X_A)$$

$$\frac{S}{C} = r + \frac{X_S}{X_C} = r \quad X_A + X_S + X_C = 1 \quad X_C = 1 - X_S - X_A$$

$$\frac{X_S}{1 - X_S - X_A} = r \quad X_S = r(1 - X_S - X_A) \quad X_S = r - rX_S - rX_A$$