



# CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

## Institutionen för kemi- och bioteknik

### Avdelningen för kemiteknik

KURSNAMN	Bisoseparationsteknik, KAA150	<i>Med förslag till lösningar av beräkningsuppgifter</i>
PROGRAM: namn åk / läsperiod	Civilingenjörsprogram bioteknik årskurs 3 läsperiod 3	
EXAMINATOR	Krister Ström	
TID FÖR TENTAMEN LOKAL	Måndag 26 augusti, 2013, kl 08.30-12.30 M	
HJÄLPMEDEL	Valfri räknedosa/kalkylator med <b>tömt</b> minne. Egna anteckningar och kursmaterial är <b>ej</b> godkänt hjälpmedel. "Data och Diagram" av Sven-Erik Mörtstedt/Gunnar Hellsten "Tabeller och Diagram" av Gunnar Hellsten "Physics Handbook" av Carl Nordling/Jonny Österman "BETA $\beta$ " av Lennart Råde/Bertil Westergren Formelblad (vilket bifogats tentamenstesen)	
ANSV LÄRARE: namn telnr besöker tentamen	Krister Ström 772 5708 ca. kl. 09.30 och 11.00.	
DATUM FÖR ANSLAG av resultat samt av tid och plats för granskning	Svar till beräkningsuppgifter anslås tisdag 27 augusti på kurshemsidan, studieportalen. Resultat på tentamen meddelas senast 16 augusti efter kl 12.00 via e-post. Granskning 18 september kl 12.30-13.00 samt 25 september kl. 12.30-13.00 i seminarierummet, forskarhus II plan 2.	
ÖVRIG INFORM.	Tentamen består av en teoridel med åtta teorifrågor samt en räknedel med fyra räkneuppgifter. Poäng på respektive uppgift finns noterat i tentamentesen. För godkänd tentamen fordras 50% 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.  Betyg 3 motsvarar 30-39p, betyg 4 motsvarar 40-49p och betyg 5 50-60p.	

---

## Del A: Teori

**A1.** Vid drift av destillationskolonner brukar man ange att  $R/R_{\min}$  skall ligga inom intervallet 1.2 till 1.5 för att driften skall vara ekonomisk. Man brukar dela upp den totala kostnaden i två slag.

- Vilka två kostnadslag?
- Förklara dessa och visa med figur hur de beror av  $R/R_{\min}$  eller  $R$ !

(3p)

**A2.**

- Visa schematiskt i ett diagram temperaturen som funktion av bottennummer för en destillationskolonn, i vilken ett binärt system separeras!
- Visa sammansättningsprofilen (molbråk) i vätske- och ångfas, i samma diagram, för den lättflyktiga komponenten som funktion av bottennummer i ett diagram!

Ange i diagrammet vilken botten som är längst ned respektive högst upp i kolonnen!

(2p)

**A3.** Kokpunktsförhöjning för med sig att avdunstad ånga är överhettad!

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

(3p)

**A4.** Beskriv funktionen hos en stigfilmindunstare och komplettera beskrivningen med en skiss!

(3p)

**A5.** Beskriv schematiskt arbetscykeln för ett kontinuerligt arbetande yfiltreringsförlopp baserat på en valfri filtertyp där det också framgår filtrets funktion!

(4p)

**A6.** Hur kommer separationsgraden att förändras i en bottenkolonn under en absorptionsprocess, om vi separera ett system som utvecklar ett blandningsvärme vilket resulterar i en temperaturökning? Hur kan detta praktiskt lösas så att en god separationsgrad erhålls för processen?

(3p)

**A7.** Nämn minst **tre** faktorer som påverkar extraktionshastigheten vid fast fas-vätskeextraktion. Förklara också på vilket sätt dessa **tre** faktorer påverkar extraktionshastigheten! För att erhålla poäng fordras att båda aspekterna enligt ovan beaktas!

(3p)

**A8.**

- Beskriv funktionen hos en tubulär centrifug!
- Hur kan kapaciteten ökas hos en centrifug?

(3p)

---

**Del B: Problemdel.**

**B1.** Tillflödet till en destillationskolonn, utrustad med totalcondensor och återkokare, är kokvarmt och består av 50 vikt-% bensen och 50 vikt-% toluen. Det yttre återflödesförhållandet är  $1.9 \cdot R_{\min}$ . Destillatets bensenhalt skall vara 90 vikt-% och bottenuttaget ska vara 20 vikt-%. Separationen genomförs vid 100 kPa.

- Beräkna antalet ideala bottnar i kolonnen!
- Till vilken ideal botten ska tillflödet föras då bottnarna numreras upp i från?
- Hur stor andel av tillflödet tas ut som destillat?

Givna data:

	Kokpunkt (K)	Molmassa (kg/kmol)
Bensen	353.2	78.114
Toluen	383.8	92.141

Jämviktsdiagram för systemet bensen-toluen bifogas.

(8p)

**B2.** I en enkeleffektindunstare ska 300 kg/h av en natriumhydroxidlösning koncentreras från 6 vikt-% till 20 vikt-%. Tillflödets temperatur är 70°C och indunstningen ska ske vid atmosfärstryck. Tillgänglig färskånga har mättnadstrycket 2.8 bar. Indunstarens skenbara värmegenomgångstal uppges vara 1.3 kW/m<sup>2</sup>K.

- Beräkna erforderlig ångförbrukning samt indunstarens värmeöverförande yta!

Düringdiagram samt entalpidiagram för natriumhydroxidlösning bifogas.

(9p)

**B3.** Utgående gas från en reaktor, 7000 m<sup>3</sup>/h, består av en luft-aceton-blandning innehållande 2.3 mol-% aceton, som skall absorberas i ett motströms arbetande absorptionstorn med rent vatten. Separationen genomförs vid 25°C och atmosfärstryck med en flöde av vatten på 14800 kg/h. Tvärsnittsarean hos kolonnen är 1.4 m<sup>2</sup>.

- Beräkna erforderlig packningshöjd om 87% av ingående aceton ska separeras från gasströmmen!

Givna data:

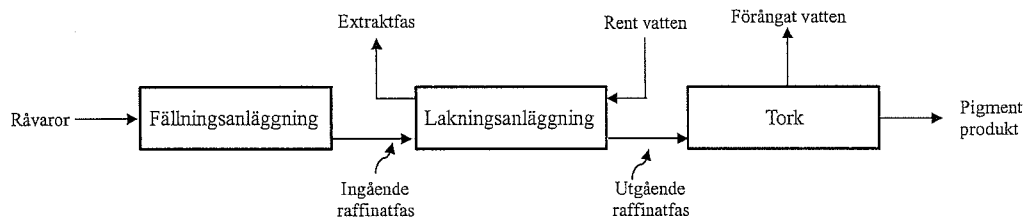
Massgenomgångstal:  $K_{Ga} = 0.023 \text{ kmol/m}^3 \cdot \text{s} \cdot \text{atm}$

Jämviktsdata:

x (mol%)	0.25	0.40	0.60	1.00	2.00
y (mol%)	0.44	0.71	1.06	1.77	3.54

(9p)

**B4.** Ett färgpigment framställs genom fällning i en fällningsanläggning. Från denna fällningsanläggning förs en ström, 150 kg/h, innehållande 80 vikt-% fällning, 13 vikt-% lösligt salt och resten vatten till en lakningsanläggning. Lakningsanläggningen arbetar i motström med rent vatten som lösningsmedel och man har funnit att det inerta materialet kvarhåller 0.5 kg lösningsmedel per kg inert. Den från anläggningen utgående extraktfasen ska innehålla 27 vikt-% lösligt salt. Färgpigmentet får enbart innehålla 1-vikt-% lösligt salt vid försäljning och resten pigment varför raffinatifasen torkas efter lakningen. Se figur nedan!



- Hur många ideala lakningssteg fordras?
- Hur mycket rent vatten måste tillföras lakningsanläggningen?
- Hur mycket vatten måste förångas i torken?

(10p)

Göteborg 2013-08-20  
 Krister Ström

---

# Bioseparationsteknik

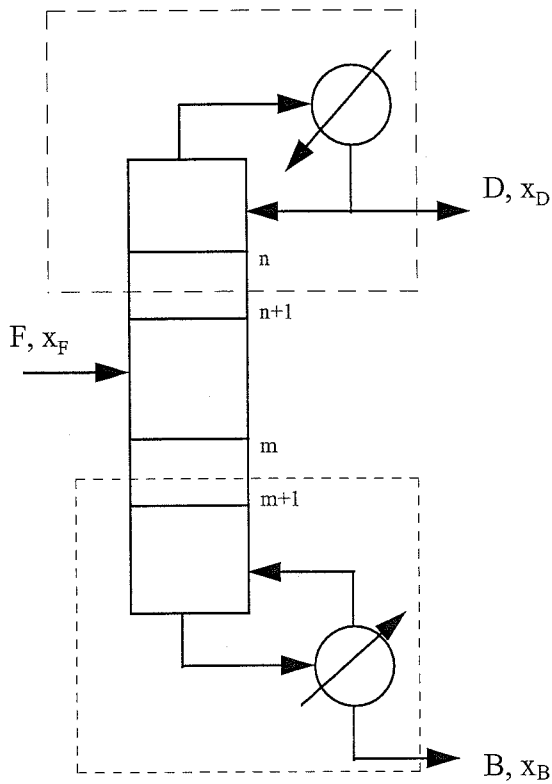
## Formelsamling

## DESTILLATION

Relativ flyktighet: 
$$\alpha_{1,2} = \frac{\frac{y_1}{x_1}}{\frac{y_2}{x_2}}$$

där  $x$  anger vätskefassammansättning  
 $y$  anger ångfassammansättning  
 1 anger lättflyktig komponent  
 2 anger tung komponent

Destillation:



Materialbalanser:

$$V_{y_{n+1}} = Lx_n + Dx_D$$

$$\bar{V}_{y_{m+1}} = \bar{L}x_m - Bx_B$$

q-linje:

$$y = -\frac{q}{1-q}x + \frac{x_F}{1-q}$$

Beräkning av diameter för bottenkolonner

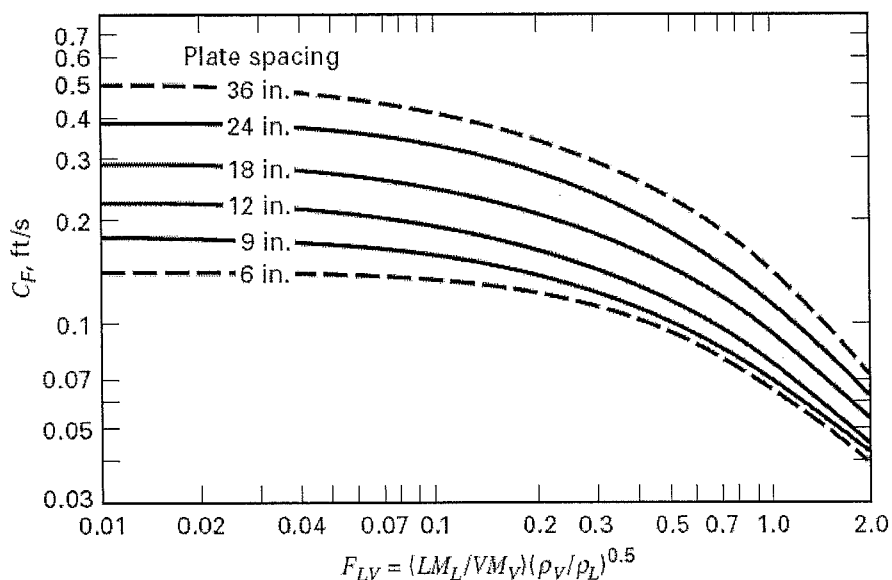


Figure 6.24 Entrainment flooding capacity in a trayed tower.

$$C = F_{ST}F_F F_{HA} C_F \quad \text{where}$$

$$F_{ST} = \{\text{surface tension factor}\} = (\sigma/20)^{0.2} \quad \{\text{liquid surface tension, dyne/cm}\}$$

$$F_F = \{\text{foaming factor}\} = 1.0 \text{ for many absorbers}$$

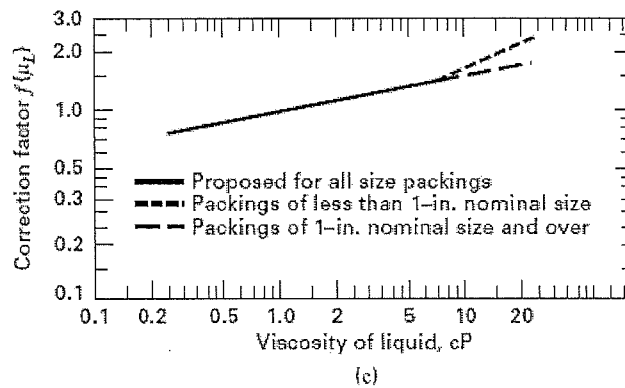
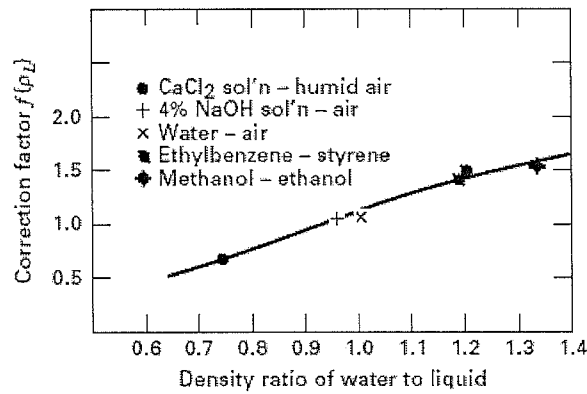
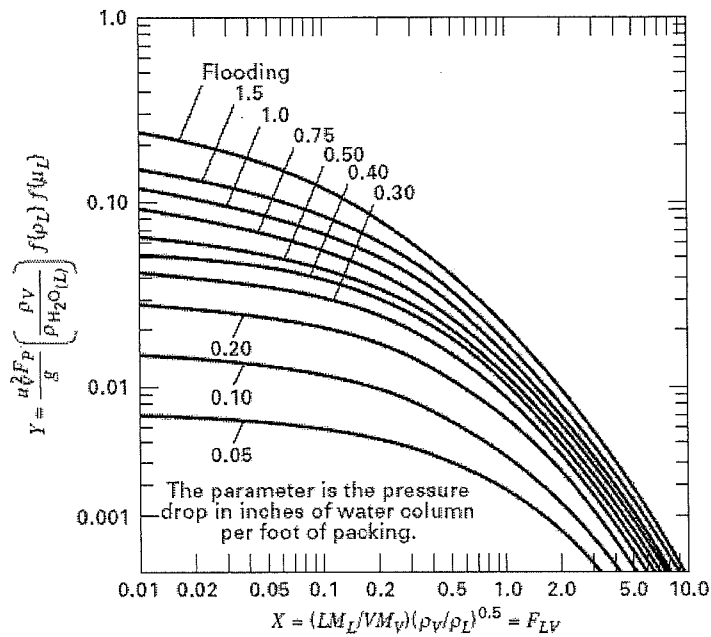
$$F_{HA} = \begin{cases} 1.0 & \text{for } A_h/A_a \geq 0.10 \\ 5(A_h/A_a) + 0.5 & \text{for } 0.06 \leq A_h/A_a \leq 0.1 \end{cases}$$

$A_h$  is the area open to vapour as it penetrates into the liquid on a tray.

$A_a$  is the active area for the tray.

$$U_f = C \left( \frac{\rho_L - \rho_V}{\rho_V} \right)^{1/2} \quad U_f \text{ är gashastigheten vid flödning}$$

## Beräkning av diameter för packade kolonner



**Figure 6.36** (a) Generalized pressure-drop correlation of Leva for packed columns. (b) Correction factor for liquid density. (c) Correction factor for liquid viscosity.

[From M. Leva, *Chem. Eng. Prog.*, 88 (1), 65–72 (1992) with permission.]



---

## ABSORPTION

Vätningshastigheten: 
$$L_W = \frac{L'}{\rho_L \cdot S_B}$$

$L_W > 2 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$  för ringar med diameter mellan 25 mm och 75 mm, och för galler med delning mindre än 50 mm.

$L_W > 3.3 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$  för större packningsmaterial.

Bindelinjens lutning: 
$$\frac{y - y_i}{x - x_i} = - \frac{k_L \cdot a \cdot C_T}{k_G \cdot a \cdot P}$$

Packningshöjd: Vid låga halter: 
$$l_T = \frac{V}{k_G \cdot a \cdot P} \int_{y_2}^{y_1} \frac{dy}{(y - y_i)} = \frac{V}{K_G \cdot a \cdot P} \int_{y_2}^{y_1} \frac{dy}{(y - y^*)}$$

$$l_T = \frac{L}{k_L \cdot a \cdot C_T} \int_{x_2}^{x_1} \frac{dx}{(x_i - x)} = \frac{L}{K_L \cdot a \cdot C_T} \int_{x_2}^{x_1} \frac{dx}{(x^* - x)}$$

$$l_T = \frac{V'}{k_G \cdot a \cdot P} \int_{Y_2}^{Y_1} \frac{dY}{(Y - Y_i)} = \frac{V'}{K_G \cdot a \cdot P} \int_{Y_2}^{Y_1} \frac{dY}{(Y - Y^*)}$$

$$l_T = \frac{L'}{k_L \cdot a \cdot C_T} \int_{X_2}^{X_1} \frac{dX}{(X_i - X)} = \frac{L'}{K_L \cdot a \cdot C_T} \int_{X_2}^{X_1} \frac{dX}{(X^* - X)}$$

Vid rät driftlinje  
och rät jämvikts-  
kurva:

$$l_T = \frac{V}{K_G \cdot a \cdot P} \cdot \frac{1}{1 - \frac{m \cdot V}{L}} \cdot \ln \frac{y_1 - m \cdot x_1}{y_2 - m \cdot x_2}$$

$$l_T = \frac{L}{K_L \cdot a \cdot C_T} \cdot \frac{1}{\frac{L}{m \cdot V} - 1} \cdot \ln \frac{y_1 - m \cdot x_1}{y_2 - m \cdot x_2}$$

---

Vid rät driftlinje och rät jämviktskurva gäller:  $H_{OG} = H_G + \frac{m \cdot G}{L} \cdot H_L$

$$H_{OL} = H_L + \frac{L}{m \cdot G} \cdot H_G$$

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

---

SYMBOLFÖRTECKNING:

ABSORPTION

$a$	massöverförande yta per tornvolym, $m^2/m^3$
$C_{sb,flood}$	kapacitetsparameter, ft/s
$C_T$	vätskans totalkoncentration, $kmol/m^3$
$e$	packningens porositet, -
$F$	packningsfaktor, $m^{-1}$
$F_{lv}$	flödesparameter, -
$g$	tyngdaccelerationen, $m/s^2$
$V$	gasflöde, $kmol/(m^2 \cdot s)$
$G'$	gasflöde, $kg/(m^2 \cdot s)$
$V'$	inert gasflöde, $kmol/(m^2 \cdot s)$
$H_G$	höjd svarande mot en massöverföringsenhet, gasfilm, m
$H_L$	höjd svarande mot en massöverföringsenhet, vätskefilm, m
$H_{OG}$	höjd svarande mot en massgenomgångsenhet, gasfasstorheter, m
$H_{OL}$	höjd svarande mot en massgenomgångsenhet, vätskefasstorheter, m
$k_G$	massöverföringstal, gasfilm, $kmol/(m^2 \cdot s \cdot atm)$
$k_L$	massöverföringstal, vätskefilm, m/s
$K_G$	massgenomgångstal baserat på gasfasstorheter, $kmol/(m^2 \cdot s \cdot atm)$
$K_L$	massgenomgångstal baserat på vätskefasstorheter, m/s
$L$	vätskeflöde, $kmol/(m^2 \cdot s)$
$L'$	vätskeflöde, $kg/(m^2 \cdot s)$
$L''$	inert vätskeflöde, $kmol/s$
$L_W$	vätningshastighet, $m^2/s$
$m$	jämviktskurvans lutning, -
$P$	totaltryck, atm
$S_B$	specifik yta hos packningsmaterialet, $m^2/m^3$
$u_G$	gashastighet, m/s
$u_{nf}$	gashastighet vid flödning (baserad på aktiv area), ft/s
$x$	molbråk i vätskefas, -
$X$	molbråksförhållande i vätskefas, mol absorberbart/mol inert vätska
$y$	molbråk i gasfas, -
$Y$	molbråksförhållande i gasfas, mol absorberbart/mol inert gas
$l_T$	packningshöjd, m
$\mu_L$	vätskans dynamiska viskositet, Pa·s
$\mu_W$	dynamiska viskositeten för vatten vid 20°C, Pa·s
$\rho_G$	gasens densitet, $kg/m^3$
$\rho_L$	vätskans densitet, $kg/m^3$
$\rho_W$	densiteten för vatten vid 20°C, $kg/m^3$

---

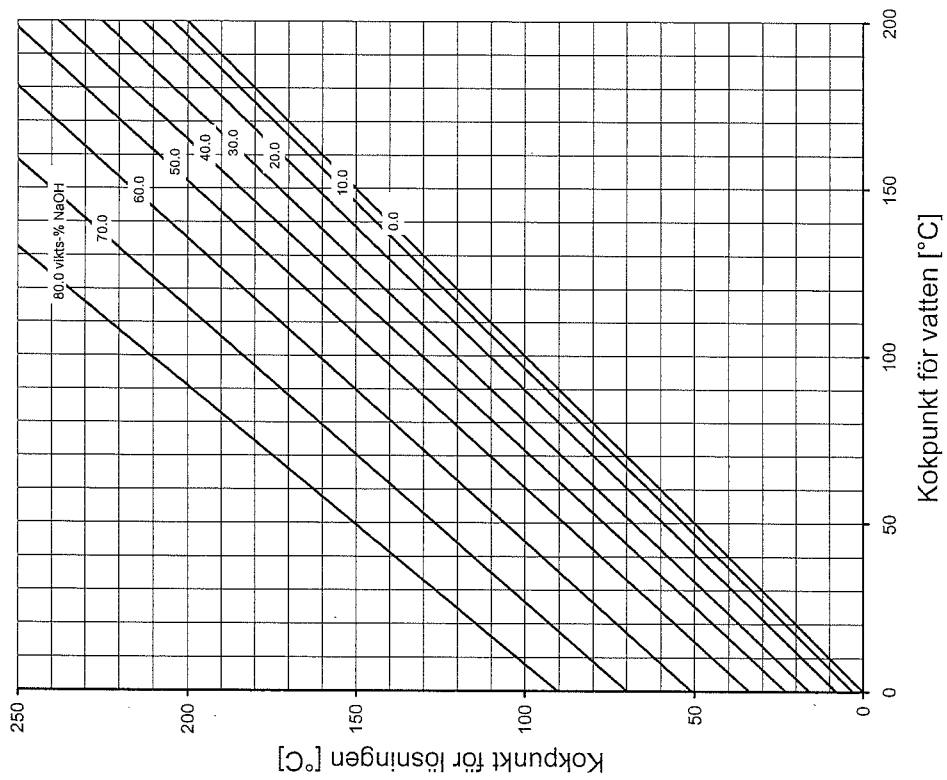
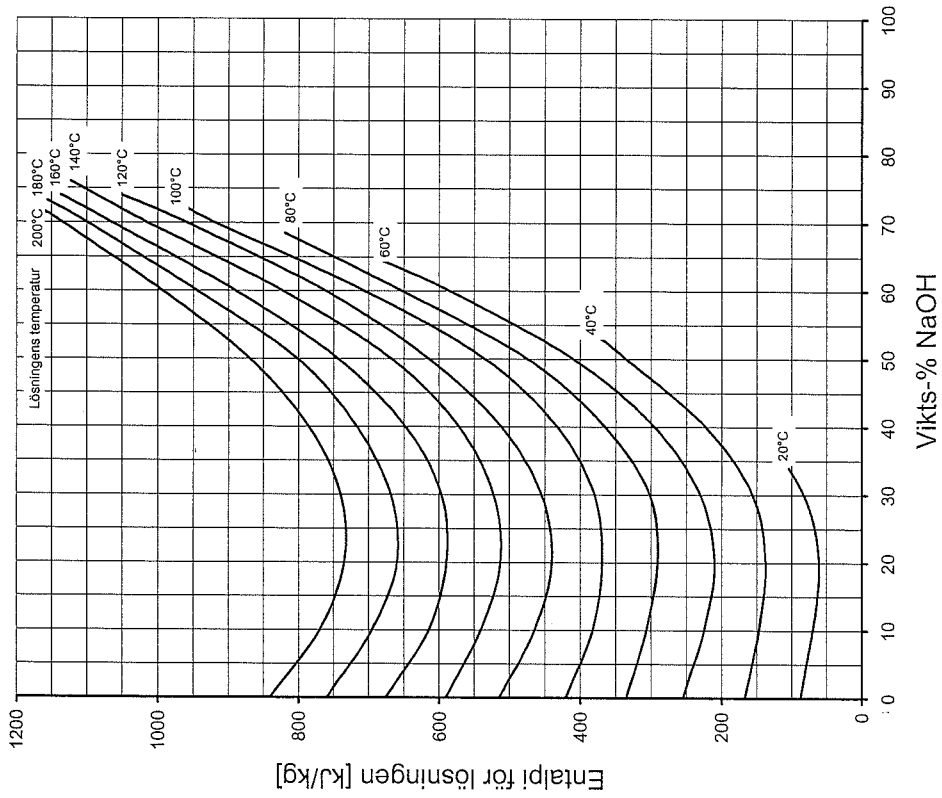
$\sigma$  ytspänning, dyn/cm (=mN/m)

#### FILTRERING

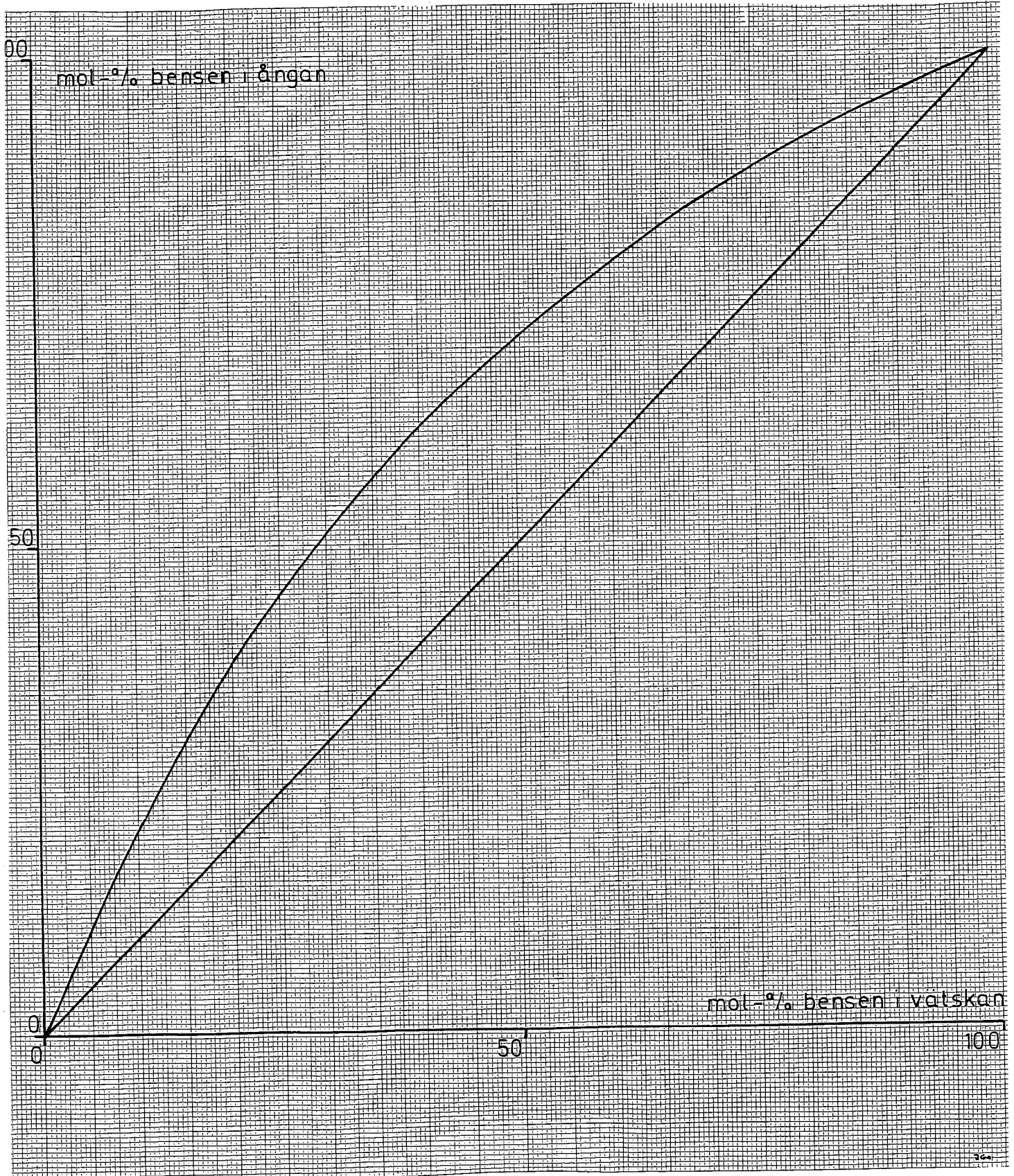
$A$  filtreringsarea, m<sup>2</sup>  
 $c$  förhållandet mellan vikten av det fasta materialet i filterkakan och filtratvolymen, kg/m<sup>3</sup>  
 $J$  massbråk av fast material i suspensionen, -  
 $\Delta P$  tryckfall över filterkakan, Pa  
 $R_m$  filtermediets motstånd, m<sup>-1</sup>  
 $t$  filtreringstid, s  
 $V$  erhållen filtratvolym under tiden  $t$ , m<sup>3</sup>  
 $\alpha_{av}$  specifikt filtreringsmotstånd, m/kg  
 $\varepsilon_{av}$  filterkakans porositet, -  
 $\mu$  fluidens viskositet, Pa·s  
 $\rho$  fluidens densitet, kg/m<sup>3</sup>  
 $\rho_s$  fasta fasens densitet, kg/m<sup>3</sup>

#### SEDIMENTERING

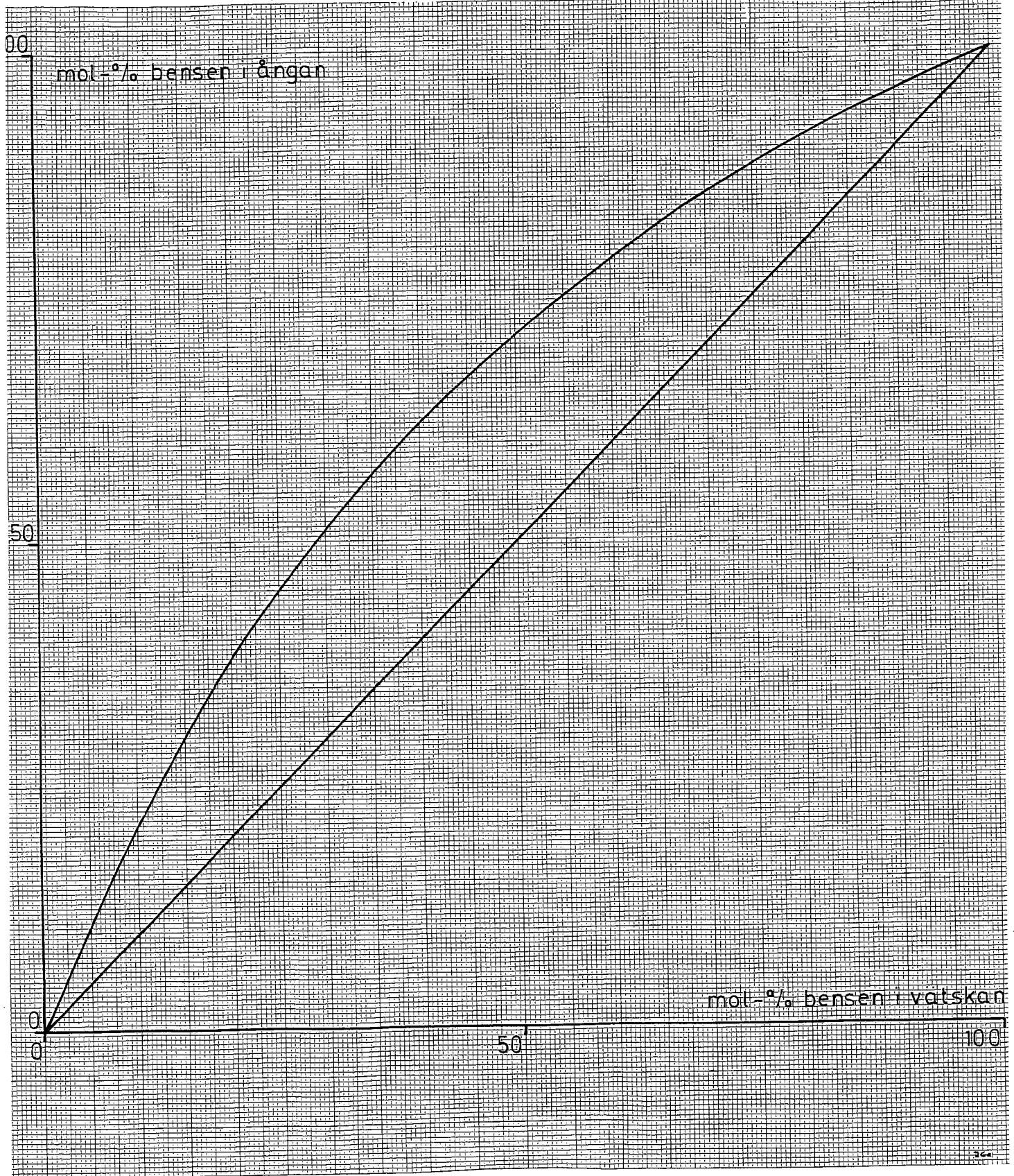
$D_p$  partikelstorlek, m  
 $g$  tyngdaccelerationen, m/s<sup>2</sup>  
 $v$  partikelns sedimentationshastighet, m/s  
 $\mu$  fluidens viskositet, Pa·s  
 $\rho$  fluidens densitet, kg/m<sup>3</sup>  
 $\rho_s$  fasta fasens densitet, kg/m<sup>3</sup>



Jämviktsdiagram för systemet bensen-toluen vid 100 kPa.



Jämviktsdiagram för systemet bensen-toluen vid 100 kPa.



Temp °C	p bar	$\rho$ g/m <sup>3</sup>	X g/kg	Temp °C	p bar	$\rho$ g/m <sup>3</sup>	X g/kg
+170	7,920	4 122		+330	112,89	64 790	
+180	10,027	5 157		+340	128,64	77 200	
+190	12,553	6 392		+350	146,08	92 900	
+200	15,550	7 857		+360	165,37	113 600	
+210	19,080	9 585		+370	186,74	143 600	
+220	23,202	11 610		+372	210,53	202 800	
+230	27,979	13 980		+374	215,63	222 000	
+240	33,480	16 750		+374,15	220,87	274 000	
+250	39,776	19 980		+374,15	221,29	329 000	
+260	46,941	23 740					
+270	55,052	28 110					
+280	64,191	33 220					
+290	74,449	39 180					
+300	85,917	46 240					
+310	98,694	54 640					

SPECIFIK ENTALPI OCH SPECIFIK ENTROPI FÖR MÄTTAD ÅNGA OCH VATTEN

Ur Ingenjörshandboken, Tekniska grundvetenskaperna.

Temperaturtabell

p bar, h kJ/kg, s kJ/(kg·°C), v m<sup>3</sup>/kg

Temp. °C	Tryck p	Volymitet v		Specifik entalpi h		Specifik entropi s	
		Vätska	Ånga	Vätska	Ånga	Vätska	Ånga
0	0,006108	0,00100021	206,288	0,000	2501	0,000	9,155
5	0,008719	0,000008	147,150	21,05	2439	0,076	9,024
10	0,012271	0,00035	106,432	42,04	2477	0,151	8,900
15	0,017041	0,00095	77,973	62,98	2466	0,224	8,781
20	0,023368	0,00184	57,896	83,90	2453	0,296	8,666
25	0,031663	0,00301	43,401	104,81	2442	0,367	8,557
30	0,042418	0,00442	32,929	125,71	2430	0,437	8,452
35	0,056218	0,00605	25,245	146,60	2418	0,505	8,352
40	0,073750	0,00789	19,546	167,50	2406	0,572	8,256
45	0,095818	0,00993	15,275	188,40	2394	0,638	8,164
50	0,12335	0,0121	12,045	209,30	2382	0,704	8,075
55	0,15740	0,0145	9,578	230,21	2370	0,768	7,990
60	0,19919	0,0171	7,6776	251,13	2358	0,831	7,909
65	0,25008	0,0199	6,2014	272,07	2345	0,893	7,830
70	0,31161	0,0228	5,0453	293,01	2333	0,955	7,754

Temp °C	p mbar	$\rho$ g/m <sup>3</sup>	X g/kg	Temp °C	p mbar	$\rho$ g/m <sup>3</sup>	X g/kg
+50	123,3	83,0	87,5	+100	1,0132	598,4	
+52	136,1	91,0	98,1	+102	1,0378	639,3	
+54	150,0	99,3	110	+104	1,1667	682,6	
+56	165,1	109,1	123	+106	1,2504	728,3	
+58	181,4	119,2	138	+108	1,3391	777,1	
+60	199,2	130,1	155	+110	1,4327	827,1	
+62	218,4	141,8	174	+112	1,5314	880,3	
+64	239,0	153,5	195	+114	1,6362	936,4	
+66	261,4	168,0	210	+116	1,7464	995,1	
+68	285,6	182,5	248	+118	1,8627	1 057,1	
+70	311,6	198,0	282	+120	1,9854	1 122	
+72	339,4	214,6	319	+130	2,701	1 496	
+74	369,6	232,4	365	+140	3,614	1 967	
+76	401,8	251,4	417	+150	4,760	2 548	
+78	436,4	271,7	480	+160	6,180	3 260	
+80	473,6	293,3	564				
+82	513,1	316,2	654				
+84	555,7	340,7	778				
+86	601,1	366,7	937				
+88	649,4	394,3	1 150				
+90	701,1	423,5	1 460				
+92	756,1	454,5	1 910				
+94	814,5	487,6	2 730				
+96	876,7	522,5	4 420				
+98	943,0	559,3	10 300				

Temp °C	p mbar	$\rho$ g/m <sup>3</sup>	X g/kg
+10	12,27	9,39	7,74
+11	13,12	10,00	8,27
+12	14,03	10,66	8,85
+13	14,97	11,30	9,45
+14	15,99	12,03	10,10
+15	17,04	12,79	10,79
+16	18,17	13,60	11,50
+17	19,37	14,52	12,30
+18	20,64	15,41	13,12
+19	21,97	16,36	14,00
+20	23,37	17,34	14,88
+21	24,86	18,38	15,86
+22	26,44	19,47	16,89
+23	28,09	20,62	17,98
+24	29,84	21,82	19,13
+25	31,66	23,09	20,34
+26	33,61	24,42	21,63
+27	35,65	25,81	22,99
+28	37,80	27,28	24,44
+29	40,05	28,81	25,95
+30	42,42	30,37	27,55
+31	44,93	32,09	29,26
+32	47,54	33,85	31,06
+33	50,30	35,70	32,94
+34	53,19	37,64	34,94
+35	56,22	39,63	37,05
+36	59,41	41,75	39,27
+37	62,75	43,96	41,64
+38	66,25	46,12	44,13
+39	69,91	48,66	46,75
+40	73,75	51,18	49,52
+41	77,7	53,8	52,4
+42	82,0	56,5	55,5
+43	86,4	59,4	58,6
+44	91,1	62,3	62,4
+45	95,8	65,4	66,0
+46	100,9	68,7	69,7
+47	106,1	72,0	73,8
+48	111,6	75,5	78,6
+49	117,3	79,2	82,5

\* Härifrån p bar.



Temp. °C	Volymitet <i>v</i>			Specifik entalpi <i>h</i>			Specifik entropi <i>s</i>		
	Tryck <i>P</i>	Vätska	Ånga	Vätska	Ånga	Vätska	Ånga	Vätska	Ånga
300	85,917	0,0014096	0,021643	1944,9	1404	1344,9	2749	3,255	5,705
305	92,135	14247	0,019916	1375,2	1366	1375,2	2739	3,303	5,665
310	98,694	14475	0,018316	1402,1	1325	1402,1	2727	3,351	5,623
315	105,61	14722	0,016881	1431,8	1282	1431,8	2714	3,400	5,580
320	112,89	14992	0,015451	1462,2	1238	1462,2	2700	3,450	5,536
325	120,57	15289	0,014167	1493,6	1190	1493,6	2684	3,500	5,489
330	128,64	15622	0,012967	1526,0	1140	1526,0	2665	3,552	5,441
335	137,15	1599	0,011841	1559,8	1086	1559,8	2645	3,606	5,391
340	146,08	1639	0,010779	1594,9	1027,0	1594,9	2622	3,661	5,336
345	155,47	1686	0,009771	1631,9	963,4	1631,9	2595	3,718	5,277
350	165,37	1741	0,008805	1671,9	893,1	1671,9	2564	3,779	5,212
355	175,77	1807	0,007869	1713,9	813,1	1713,9	2527	3,844	5,139
360	186,74	1894	0,006943	1761,6	719,7	1761,6	2481	3,916	5,053
365	198,30	2016	0,005995	1817,6	603,3	1817,6	2421	4,001	4,946
366	200,68	2048	0,005796	1830,4	575,7	1830,4	2406	4,020	4,921
367	203,11	2083	0,005593	1844,1	546,0	1844,1	2373	4,041	4,894
368	205,55	2123	0,005383	1858,7	513,7	1858,7	2353	4,063	4,865
369	208,02	2170	0,005164	1874,7	478,1	1874,7	2330	4,087	4,832
370	210,53	2225	0,004932	1892,5	438,4	1892,5	2311	4,114	4,795
371	213,06	2283	0,004681	1912,5	392,3	1912,5	2305	4,144	4,753
372	215,63	238	0,00440	1936,8	336,2	1936,8	2273	4,181	4,702
373	218,23	251	0,00405	1969,1	261,3	1969,1	2230	4,230	4,634
374	220,87	280	0,00347	2031,9	114,7	2031,9	2147	4,326	4,503
374,15	221,29	31	0,0031	2085	0	2085	2085	4,406	4,406

Specifik ENTALPI OCH SPECIFIK ENTROPI FÖR MÄTTAD ÅNGA OCH VATTEN  
Efter O. H. Faxén, *Ångtabeller* (Serien Forskning och teknik, häfte 2, supplementet)

*Trycktabell*

*P* bar, *h* kJ/kg, *s* kJ/(kg·°C), *v* m<sup>3</sup>/kg

Temp. °C	Volymitet <i>v</i>			Specifik entalpi <i>h</i>			Specifik entropi <i>s</i>		
	Tryck <i>P</i>	Vätska	Ånga	Vätska	Ånga	Vätska	Ånga	Vätska	Ånga
0,010	6,98	0,00100016	129,20	29,375	2484,28	29,375	2513,66	0,1061	8,9742
0,015	13,03	0,00100068	87,984	64,750	2470,08	64,750	2524,82	0,1958	8,8286
0,020	17,51	0,00100135	67,010	73,485	2459,54	73,485	2533,03	0,2608	8,7224
0,025	21,09	0,00100206	54,259	88,481	2451,10	88,481	2539,57	0,3120	8,6419
0,030	24,10	0,00100278	45,670	101,038	2444,00	101,038	2545,04	0,3545	8,5763
0,035	26,69	0,00100345	39,490	111,863	2437,87	111,863	2549,73	0,3907	8,5211
0,040	28,98	0,00100410	34,805	121,449	2432,44	121,449	2553,89	0,4225	8,4733
0,045	31,03	0,00100474	31,142	130,026	2427,57	130,026	2557,59	0,4509	8,4312
0,050	32,90	0,00100534	28,195	137,812	2423,14	137,812	2560,95	0,4764	8,3937

P	Temp. °C	Specifik ångbildnings- entalpi			våtska ånga	våtska ånga
		våtska	ånga	ånga		
1,1	102,32	0,0010453	1,5492	2250,61	2679,49	1,3331
1,2	104,81	0,0010472	1,4281	2243,98	2683,38	1,3610
1,3	107,13	0,0010491	1,3252	2237,75	2686,99	1,3869
1,4	109,32	0,0010510	1,2364	2231,87	2690,34	1,4110
1,5	111,37	0,0010527	1,1591	2226,30	2693,47	1,4337
1,6	113,32	0,0010544	1,0913	2220,98	2696,41	1,4551
1,7	115,17	0,0010560	1,0310	2215,92	2699,19	1,4753
1,8	116,93	0,0010575	0,97734	2211,05	2701,80	1,4945
1,9	118,62	0,0010591	0,92907	2206,39	2704,25	1,5128
2,0	120,23	0,0010606	0,88554	2201,89	2706,55	1,5302
2,1	121,78	0,0010619	0,84607	2197,55	2708,89	1,5469
2,2	123,27	0,0010633	0,80996	2193,38	2711,05	1,5629
2,3	124,71	0,0010646	0,77694	2189,32	2713,10	1,5783
2,4	126,09	0,0010659	0,74662	2185,38	2715,07	1,5930
2,5	127,43	0,0010672	0,71859	2181,56	2716,96	1,6073
2,6	128,73	0,0010685	0,69270	2177,85	2718,77	1,6210
2,7	129,99	0,0010697	0,66863	2174,23	2720,52	1,6344
2,8	131,21	0,0010709	0,64617	2170,71	2722,21	1,6472
2,9	132,39	0,0010721	0,62525	2167,28	2723,83	1,6597
3,0	133,54	0,0010732	0,60567	2163,92	2725,40	1,6718
3,1	134,66	0,0010744	0,58738	2160,64	2726,92	1,6835
3,2	135,75	0,0010755	0,57013	2157,43	2728,38	1,6949
3,3	136,82	0,0010765	0,55389	2154,29	2729,81	1,7060
3,4	137,86	0,0010776	0,53858	2151,21	2731,19	1,7169
3,5	138,88	0,0010787	0,52410	2148,20	2732,53	1,7274
3,6	139,87	0,0010797	0,51043	2145,24	2733,82	1,7377
3,7	140,84	0,0010807	0,49750	2142,33	2735,08	1,7477
3,8	141,79	0,0010817	0,48519	2139,48	2736,31	1,7576
3,9	142,72	0,0010827	0,47348	2136,69	2737,50	1,7672
4,0	143,63	0,0010836	0,46232	2133,94	2738,66	1,7765
4,1	144,52	0,0010846	0,45172	2131,23	2739,79	1,7857
4,2	145,39	0,0010855	0,44161	2128,56	2740,89	1,7946
4,3	146,25	0,0010865	0,43195	2125,94	2741,96	1,8035
4,4	147,09	0,0010874	0,42271	2123,36	2743,01	1,8120
4,5	147,92	0,0010883	0,41384	2120,82	2744,03	1,8205
4,6	148,73	0,0010892	0,40537	2118,31	2745,03	1,8288
4,7	149,53	0,0010901	0,39727	2115,84	2746,00	1,8369
4,8	150,32	0,0010909	0,38948	2113,40	2746,95	1,8449
4,9	151,09	0,0010918	0,38198	2111,00	2747,88	1,8528
5,0	151,85	0,0010926	0,37478	2108,62	2748,79	1,8604
5,1	152,60	0,0010934	0,36786	2106,28	2749,68	1,8678
5,2	153,33	0,0010941	0,36118	2103,97	2750,55	1,8754
5,3	154,05	0,0010949	0,35471	2101,69	2751,40	1,8829
5,4	154,77	0,0010956	0,34843	2099,43	2752,23	1,8900
5,5	155,48	0,0010963	0,34232	2097,20	2753,05	1,8968
5,6	156,18	0,0010969	0,33636	2095,00	2753,85	1,9034
5,7	156,87	0,0010976	0,33054	2092,82	2754,64	1,9097
5,8	157,55	0,0010982	0,32485	2090,66	2755,40	1,9157
5,9	158,22	0,0010987	0,31928	2088,52	2756,15	1,9214
6,0	158,88	0,0011007	0,31382	2086,42	2756,89	1,9269

P	Temp. °C	Specifik ångbildnings- entalpi			våtska ånga	våtska ånga
		våtska	ånga	ånga		
0,055	34,60	0,00100591	25,777	144,917	2419,08	2564,03
0,060	36,18	0,00100646	23,744	151,542	2415,32	2566,87
0,065	37,68	0,00100700	21,983	157,797	2411,75	2569,55
0,070	39,02	0,00100751	20,535	163,417	2408,54	2571,95
0,075	40,32	0,00100801	19,239	168,814	2405,46	2574,27
0,080	41,53	0,00100849	18,104	173,908	2402,54	2576,44
0,085	42,69	0,00100896	17,099	178,735	2399,76	2578,50
0,090	43,79	0,00100942	16,203	183,323	2397,14	2580,46
0,095	44,83	0,00100986	15,400	187,697	2394,63	2582,32
0,10	45,83	0,00101028	14,674	191,877	2392,22	2584,10
0,11	47,71	0,0010111	13,414	199,724	2387,71	2587,43
0,12	49,45	0,0010119	12,361	206,983	2383,52	2590,50
0,13	51,06	0,0010126	11,464	213,741	2379,62	2593,36
0,14	52,58	0,0010134	10,693	220,066	2375,96	2596,02
0,15	54,00	0,0010140	10,022	226,018	2372,50	2598,58
0,16	55,34	0,0010147	9,4317	231,640	2369,25	2600,88
0,17	56,62	0,0010153	8,9096	236,969	2366,15	2603,12
0,18	57,83	0,0010160	8,4436	242,098	2363,24	2605,24
0,19	58,98	0,0010166	8,0257	246,973	2360,38	2607,25
0,20	60,09	0,0010171	7,6483	251,496	2357,68	2609,18
0,21	61,15	0,0010177	7,3060	255,927	2355,09	2611,02
0,22	62,16	0,0010182	6,9937	260,183	2352,60	2612,78
0,23	63,14	0,0010188	6,7079	264,277	2350,20	2614,48
0,24	64,08	0,0010193	6,4454	268,223	2347,89	2616,11
0,25	64,99	0,0010199	6,2030	272,033	2345,65	2617,69
0,26	65,87	0,0010204	5,9790	275,714	2343,48	2619,20
0,27	66,72	0,0010209	5,7711	279,280	2341,39	2620,66
0,28	67,55	0,0010214	5,5775	282,735	2339,36	2622,09
0,29	68,35	0,0010218	5,3969	286,087	2337,38	2623,46
0,30	69,13	0,0010223	5,2281	289,343	2335,45	2624,79
0,32	70,62	0,0010232	4,9211	295,590	2331,75	2627,34
0,34	72,03	0,0010240	4,6491	301,517	2328,25	2629,76
0,36	73,37	0,0010248	4,4066	307,186	2324,89	2632,05
0,38	74,66	0,0010256	4,1888	312,599	2321,68	2634,22
0,40	75,89	0,0010263	3,9925	317,690	2318,61	2636,31
0,45	78,74	0,0010281	3,5753	329,679	2311,44	2641,12
0,50	81,35	0,0010298	3,2394	340,602	2304,88	2645,48
0,55	83,74	0,0010315	2,9829	350,649	2298,81	2649,46
0,60	85,95	0,0010331	2,7512	359,963	2293,16	2653,12
0,65	88,02	0,0010345	2,5341	368,653	2287,88	2656,52
0,70	89,96	0,0010359	2,3643	376,805	2282,89	2659,69
0,75	91,78	0,0010371	2,2466	384,489	2278,18	2662,67
0,80	93,51	0,0010384	2,0868	391,761	2273,70	2665,46
0,85	95,15	0,0010397	1,9717	398,666	2269,44	2668,11
0,90	96,71	0,0010409	1,8691	405,243	2265,36	2670,61
0,95	98,20	0,0010421	1,7770	411,527	2261,46	2672,98
1,0	99,63	0,0010431	1,6938	417,550	2257,71	2675,25



P	Temp. °C	Specifik ångbildnings- entalpi			P	Temp. °C	Specifik ångbildnings- entalpi			våtka ånga	våtka ånga	våtka ånga					
		våtka	ånga	våtka			våtka	ånga	våtka				ånga	våtka			
61	276,64	0,0013217	0,03186	1219,34	1563,92	2783,26	3,0374	5,8817	122	325,90	0,001534	0,01894	1499,35	1181,10	2680,45	3,5093	5,4809
62	277,71	0,0013250	0,03190	1294,88	1557,26	2782,13	3,0472	5,8740	124	327,16	0,001542	0,01864	1507,41	1169,62	2676,04	3,5223	5,4689
63	278,76	0,0013282	0,03076	1230,36	1550,63	2780,99	3,0569	5,8663	126	328,31	0,001551	0,01835	1515,46	1156,11	2671,57	3,5352	5,4570
64	279,80	0,0013315	0,03023	1235,79	1544,04	2779,82	3,0665	5,8588	128	329,69	0,001559	0,01806	1523,44	1143,56	2667,00	3,5479	5,4451
65	280,83	0,0013347	0,02972	1241,13	1537,52	2778,65	3,0759	5,8512	130	330,81	0,001568	0,01278	1531,41	1130,97	2662,53	3,5605	5,4331
66	281,85	0,0013379	0,02922	1246,52	1530,90	2777,42	3,0853	5,8437	132	332,00	0,001576	0,01251	1539,37	1118,31	2657,68	3,5732	5,4212
67	282,85	0,0013412	0,02874	1251,88	1524,38	2776,19	3,0946	5,8363	134	333,18	0,001584	0,01224	1547,31	1105,60	2652,91	3,5859	5,4091
68	283,85	0,0013445	0,02827	1257,07	1517,88	2774,94	3,1038	5,8288	136	334,34	0,001594	0,01198	1555,22	1092,82	2648,08	3,5983	5,3971
69	284,83	0,0013477	0,02782	1262,27	1511,40	2773,67	3,1129	5,8216	138	335,49	0,001602	0,01173	1563,11	1079,97	2643,08	3,6108	5,3851
70	285,80	0,0013510	0,02737	1267,44	1504,94	2772,37	3,1219	5,8143	140	336,63	0,001611	0,01149	1570,99	1067,03	2638,08	3,6232	5,3730
71	286,76	0,0013543	0,02694	1272,56	1498,50	2771,06	3,1309	5,8071	142	337,75	0,001621	0,01125	1578,86	1054,03	2632,89	3,6356	5,3608
72	287,71	0,0013575	0,02652	1277,65	1492,09	2769,74	3,1397	5,8000	144	338,85	0,001630	0,01102	1586,72	1040,92	2627,65	3,6478	5,3487
73	288,66	0,0013608	0,02611	1282,70	1485,69	2768,38	3,1485	5,7929	146	339,96	0,001639	0,01079	1594,57	1027,72	2622,29	3,6601	5,3364
74	289,58	0,0013640	0,02571	1287,70	1479,31	2767,01	3,1571	5,7859	148	341,04	0,001648	0,01056	1602,43	1014,41	2616,84	3,6724	5,3240
75	290,51	0,0013673	0,02533	1292,68	1472,95	2765,62	3,1657	5,7788	150	342,12	0,001658	0,01035	1610,29	1000,99	2611,27	3,6846	5,3116
76	291,42	0,0013706	0,02495	1297,62	1466,60	2764,21	3,1742	5,7719	152	343,18	0,001669	0,01013	1618,15	987,44	2605,59	3,6969	5,2990
77	292,32	0,0013739	0,02458	1302,52	1460,27	2762,79	3,1826	5,7650	154	344,23	0,001678	0,00992	1626,03	973,76	2599,79	3,7091	5,2863
78	293,22	0,0013772	0,02421	1307,40	1453,95	2761,35	3,1910	5,7581	156	345,27	0,001689	0,00971	1633,92	959,94	2593,86	3,7213	5,2735
79	294,10	0,0013805	0,02386	1312,24	1447,64	2759,88	3,1993	5,7513	158	346,30	0,001699	0,00951	1641,83	945,97	2587,81	3,7336	5,2606
80	294,98	0,0013838	0,02352	1317,05	1441,35	2758,40	3,2076	5,7446	160	347,32	0,001710	0,00930	1649,77	931,84	2581,61	3,7458	5,2476
81	295,85	0,0013871	0,02318	1321,83	1435,08	2756,91	3,2158	5,7378	162	348,33	0,001722	0,00912	1657,74	917,53	2575,27	3,7581	5,2344
82	296,71	0,0013905	0,02286	1326,58	1428,83	2755,41	3,2238	5,7311	164	349,32	0,001733	0,00894	1665,74	903,05	2568,79	3,7704	5,2211
83	297,56	0,0013938	0,02254	1331,29	1422,56	2753,86	3,2319	5,7244	166	350,31	0,001745	0,00876	1673,78	888,34	2562,24	3,7827	5,2076
84	298,40	0,0013971	0,02222	1335,98	1416,30	2752,29	3,2398	5,7177	168	351,29	0,001757	0,00858	1681,88	873,45	2555,52	3,7952	5,1939
85	299,24	0,0014005	0,02191	1340,65	1410,07	2750,72	3,2478	5,7111	170	352,26	0,001769	0,00838	1690,02	858,31	2548,33	3,8076	5,1800
86	300,07	0,0014039	0,02162	1345,30	1403,84	2749,13	3,2556	5,7046	172	353,22	0,001782	0,00820	1698,23	842,92	2541,15	3,8202	5,1659
87	300,89	0,0014073	0,02133	1349,91	1397,61	2747,52	3,2634	5,6981	174	354,17	0,001795	0,00802	1706,51	827,26	2533,77	3,8328	5,1516
88	301,70	0,0014106	0,02104	1354,49	1391,40	2745,89	3,2711	5,6915	176	355,04	0,001809	0,00785	1714,86	811,32	2526,18	3,8455	5,1369
89	302,51	0,0014140	0,02076	1359,05	1385,19	2744,23	3,2788	5,6850	178	355,96	0,001824	0,00767	1723,30	795,06	2518,36	3,8584	5,1220
90	303,31	0,0014174	0,02048	1363,59	1378,99	2742,59	3,2864	5,6786	180	356,96	0,001838	0,00750	1731,85	778,45	2510,30	3,8714	5,1068
91	304,11	0,0014208	0,02021	1368,11	1372,79	2740,90	3,2940	5,6721	182	357,87	0,001854	0,00733	1740,51	761,47	2501,98	3,8845	5,0912
92	304,89	0,0014242	0,01996	1372,59	1366,60	2739,19	3,3016	5,6657	184	358,78	0,001870	0,00717	1749,30	744,07	2493,37	3,8979	5,0753
93	305,67	0,0014277	0,01970	1377,06	1360,41	2737,47	3,3090	5,6593	186	359,67	0,001887	0,00700	1758,22	726,24	2484,46	3,9114	5,0590
94	306,45	0,0014311	0,01944	1381,51	1354,22	2735,73	3,3164	5,6529	188	360,56	0,001905	0,00683	1767,31	707,52	2475,23	3,9251	5,0423
95	307,22	0,0014346	0,01919	1385,95	1348,04	2733,98	3,3239	5,6465	190	361,44	0,001924	0,00667	1776,57	689,05	2465,62	3,9391	5,0249
96	307,98	0,0014381	0,01895	1390,35	1341,85	2732,19	3,3312	5,6402	192	362,31	0,001944	0,00651	1786,04	669,58	2455,62	3,9534	5,0071
97	308,73	0,0014416	0,01871	1394,73	1335,67	2730,40	3,3385	5,6338	194	363,17	0,001965	0,00634	1795,76	649,41	2445,16	3,9681	4,9895
98	309,48	0,0014451	0,01848	1399,10	1329,48	2728,58	3,3458	5,6276	196	364,03	0,001988	0,00618	1805,73	628,49	2434,23	3,9831	4,9715
99	310,22	0,0014486	0,01825	1403,45	1323,29	2726,74	3,3530	5,6213	198	364,87	0,002012	0,00601	1816,02	606,69	2422,71	3,9986	4,9496
100	310,96	0,0014521	0,01802	1407,78	1317,10	2724,88	3,3601	5,6149	200	365,71	0,002038	0,00585	1826,68	583,89	2410,56	4,0147	4,9286
101	311,64	0,0014559	0,01781	1412,09	1310,90	2722,99	3,3674	5,6082	202	366,54	0,002067	0,00568	1837,76	560,93	2397,68	4,0314	4,9066
102	312,36	0,0014600	0,01761	1416,39	1304,73	2721,12	3,3743	5,6024	204	367,37	0,002098	0,00551	1849,34	537,92	2383,96	4,0488	4,8855
103	313,06	0,0014644	0,01741	1420,69	1298,59	2719,23	3,3815	5,5960	206	368,18	0,002131	0,00534	1861,56	514,91	2369,21	4,0672	4,8688
104	313,86	0,0014691	0,01721	1424,95	1292,39	2717,32	3,3889	5,5900	208	368,99	0,002170	0,00516	1874,55	491,84	2353,22	4,0868	4,8322
105	314,67	0,0014740	0,01701	1429,18	1286,14	2715,44	3,4023	5,5776	210	369,79	0,002212	0,00498	1888,54	467,71	2335,68	4,1079	4,8083
106	315,47	0,0014790	0,01681	1433,41	1279,85	2713,52	3,4161	5,5654	212	370,58	0,002263	0,00481	1903,81	442,56	2316,16	4,1309	4,7714
107	316,27	0,0014841	0,01661	1437,64	1273,52	2711,58	3,4298	5,5532	214	371,37	0,002323	0,00464	1920,95	417,39	2293,92	4,1568	4,7354
108	317,07	0,0014893	0,01641	1441,87	1267,15	2709,62	3,4433	5,5410	216	372,15	0,002394	0,00447	1940,87	392,12	2267,55	4,1870	4,6992
109	317,86	0,0014946	0,01621	1446,10	1260,75	2707,65	3,4567	5,5289	218	372,91	0,002476	0,00430	1963,68	365,85	2240,82	4,2246	4,6604
110	318,64	0,0015000	0,01601	1450,33	1254,32	2705,65	3,4701	5,5169	220	373,68	0,002568	0,00413	2002,44	338,57	2185,02	4,2807	4,6130
111	319,42	0,0015055	0,01581	1454,56	1247,85	2703,62	3,4834	5,5048	221,89	374,45	0,002666	0,00396	2084,00	0,00	2084,00	4,4062	4,4062
112	319,42	0,0015055	0,01581	1454,56	1247,85	2703,62	3,4834	5,5048	221,89	374,45	0,002666	0,00396	2084,00	0,00	2084,00	4,4062	4,4062
113	320,19	0,0015094	0,01561	1458,79	1241,40	2701,52	3,4967	5,4929									
114	320,73	0,0015134	0,01541	1462,95	1234,90	2699,37	3,5100	5,4810									
115	321,26	0,0015174	0,01521	1467,10	1228,35	2697,22	3,5233	5,4691									
116	321,80	0,0015214	0,01501	1471,26	1221,75	2695,06	3,5366	5,4572									
117	322,33	0,0015254	0,01481	1475,41	1215,10	2692,89	3,5500	5,4453									
118	322,86	0,0015294	0,01461	1479,56	1208,50	2690,72	3,5633	5,4334									
119	323,39	0,0015334	0,01441	1483,71	1201,85	2688,54	3,5766	5,4215									
120	323,92	0,0015374	0,01421	1487,86	1195,25	2686,37	3,5900	5,4096									

ÖVERHETTAD VATTENÅNGA  
 v m³/kg, h kJ/kg, s kJ/(kg·°C)  
 (Utdrag ur Faxeén; Anglabeller)

		0,10 bar/45,83 °C				0,24 bar/64,08 °C				0,50 bar/81,35 °C				2,8 bar/131,21 °C				4,0 bar/143,63 °C				5,0 bar/151,85 °C			
°C	v	h	s		v	h	s		v	h	s		v	h	s	v	h	s	v	h	s	v	h	s	
50	14,87	2592	8,175		6,760	2647	7,935		3,419	2683	7,696		0,6626	2741	7,062	0,4840	2775	6,982	0,3837	2767	6,865	0,3837	2767	6,865	
60	16,34	2612	8,233		7,151	2686	8,041		3,609	2722	7,798		0,6985	2784	7,163	0,5095	2819	7,081	0,4047	2813	6,957	0,4047	2813	6,957	
80	16,28	2650	8,344		7,540	2724	8,142		3,797	2761	7,894		0,7338	2826	7,257	0,5345	2861	7,172	0,4251	2856	7,080	0,4251	2856	7,080	
100	17,20	2688	8,449		7,928	2763	8,237		3,984	2800	7,986		0,7686	2867	7,346	0,5590	2903	7,258	0,4451	2898	7,148	0,4451	2898	7,148	
120	18,13	2726	8,548		8,316	2801	8,338		4,170	2839	8,074		0,8029	2908	7,430	0,5833	2940	7,340	0,4648	2940	7,231	0,4648	2940	7,231	
140	19,05	2764	8,645		8,702	2841	8,415		4,356	2878	8,158		0,8370	2948	7,511	0,6073	2985	7,418	0,4842	2982	7,310	0,4842	2982	7,310	
160	19,98	2802	8,733		9,088	2879	8,499		4,542	2917	8,239		0,8710	2998	7,588	0,6311	3026	7,493	0,5035	3023	7,386	0,5035	3023	7,386	
180	20,90	2841	8,820		9,474	2918	8,579		4,728	2956	8,317		0,9058	3059	7,662	0,6549	3066	7,566	0,5227	3064	7,459	0,5227	3064	7,459	
200	21,82	2879	8,904		9,859	2957	8,657		4,913	2995	8,393		0,9404	3110	7,734	0,6786	3107	7,636	0,5417	3105	7,530	0,5417	3105	7,530	
220	22,75	2918	8,984		10,24	2997	8,732		5,099	3035	8,465		1,005	3148	7,804	0,7022	3148	7,704	0,5607	3146	7,598	0,5607	3146	7,598	
240	23,67	2957	9,062		10,63	3036	8,805		5,284	3075	8,536		1,039	3189	7,871	0,7258	3189	7,769	0,5797	3187	7,664	0,5797	3187	7,664	
260	24,60	2997	9,137		11,02	3076	8,876		5,469	3115	8,605		1,072	3232	7,937	0,7492	3232	7,834	0,5985	3229	7,729	0,5985	3229	7,729	
280	25,52	3036	9,210		11,40	3116	8,944		5,654	3155	8,671		1,106	3274	8,003	0,7726	3272	7,896	0,6173	3270	7,791	0,6173	3270	7,791	
300	26,45	3076	9,280		11,79	3156	9,011		5,839	3196	8,736		1,139	3315	8,063	0,7960	3313	7,957	0,6361	3312	7,883	0,6361	3312	7,883	
320	27,37	3116	9,349		12,17	3196	9,076		6,024	3236	8,800		1,172	3357	8,123	0,8194	3355	8,016	0,6549	3354	7,912	0,6549	3354	7,912	
340	28,29	3156	9,415		12,56	3237	9,139		6,209	3277	8,861		1,205	3399	8,184	0,8427	3397	8,074	0,6736	3396	7,970	0,6736	3396	7,970	
360	29,22	3196	9,480		12,94	3278	9,201		6,394	3318	8,922		1,238	3441	8,247	0,8661	3440	8,181	0,6923	3438	8,027	0,6923	3438	8,027	
380	30,14	3237	9,543		13,33	3319	9,261		6,579	3360	8,981		1,272	3483	8,303	0,8893	3482	8,187	0,7109	3481	8,083	0,7109	3481	8,083	
400	31,06	3278	9,605		13,71	3360	9,320		6,764	3402	9,038		1,305	3526	8,359	0,9126	3525	8,242	0,7296	3524	8,198	0,7296	3524	8,198	
420	31,99	3319	9,665		14,09	3402	9,377		6,949	3443	9,095		1,338	3569	8,411	0,9358	3568	8,295	0,7482	3567	8,198	0,7482	3567	8,198	
440	32,91	3360	9,724		14,48	3443	9,434		7,134	3486	9,150		0,3167	2759	6,765	0,2848	2799	6,788	0,2472	2792	6,714	0,2472	2792	6,714	
460	33,83	3402	9,782		14,86	3486	9,493		7,318	3528	9,204		0,3348	2806	6,871	0,3001	2845	6,888	0,2609	2840	6,817	0,2609	2840	6,817	
480	34,76	3444	9,838		15,25	3528	9,543		7,503	3571	9,258		0,3522	2851	6,968										
500	35,68	3486	9,893										0,3691	2894	7,057	0,3148	2890	6,979	0,2741	2885	6,910	0,2741	2885	6,910	
520	36,60	3529	9,948									0,3868	2936	7,142	0,3293	2933	7,065	0,2870	2929	6,997	0,2870	2929	6,997		
540	37,52	3571	10,001									0,4042	2978	7,226	0,3435	2975	7,146	0,2996	2972	7,080	0,2996	2972	7,080		
												0,4184	3020	7,298	0,3575	3017	7,223	0,3120	3014	7,158	0,3120	3014	7,158		
												0,4345	3061	7,372	0,3715	3059	7,298	0,3242	3056	7,233	0,3242	3056	7,233		
												0,4505	3103	7,443	0,3853	3101	7,369	0,3364	3098	7,304	0,3364	3098	7,304		
												0,4664	3144	7,513	0,3990	3142	7,438	0,3484	3140	7,375	0,3484	3140	7,375		
												0,4822	3186	7,578	0,4126	3184	7,505	0,3604	3182	7,441	0,3604	3182	7,441		
												0,4980	3227	7,643	0,4262	3225	7,570	0,3724	3224	7,506	0,3724	3224	7,506		
												0,5137	3269	7,706	0,4398	3267	7,633	0,3843	3266	7,569	0,3843	3266	7,569		
												0,5295	3311	7,767	0,4534	3309	7,694	0,3962	3308	7,631	0,3962	3308	7,631		
												0,5451	3351	7,827	0,4668	3351	7,754	0,4080	3350	7,691	0,4080	3350	7,691		
												0,5607	3395	7,885	0,4802	3394	7,813	0,4198	3393	7,750	0,4198	3393	7,750		
												0,5763	3437	7,942	0,4936	3436	7,870	0,4316	3435	7,807	0,4316	3435	7,807		
												0,5919	3480	7,998	0,5070	3479	7,926	0,4433	3478	7,863	0,4433	3478	7,863		
												0,6075	3523	8,053	0,5204	3522	7,981	0,4551	3521	7,918	0,4551	3521	7,918		
												0,6231	3566	8,106	0,5338	3565	8,034	0,4668	3564	7,972	0,4668	3564	7,972		

1,0 bar/99,63 °C

1,4 bar/109,32 °C

2,0 bar/120,23 °C

°C	v	h	s		v	h	s		v	h	s
120	1,794	2717	7,468		1,275	2713	7,304		0,9355	2749	7,231
140	1,890	2757	7,567		1,345	2754	7,406		0,9845	2790	7,329
160	1,984	2797	7,661		1,413	2794	7,501		1,033	2831	7,421
180	2,079	2836	7,750		1,481	2834	7,591		1,081	2871	7,507
200	2,173	2875	7,835		1,549	2874	7,677		1,128	2911	7,590
220	2,265	2915	7,916		1,616	2913	7,759		1,175	2951	7,670
240	2,360	2954	7,995		1,683	2953	7,838		1,223	2991	7,746
260	2,453	2994	8,071		1,750	2993	7,914		1,270	3031	7,820
280	2,546	3034	8,144		1,817	3033	7,987		1,316	3071	7,892
300	2,639	3074	8,215		1,883	3073	8,058		1,363	3112	7,961
320	2,732	3114	8,284		1,950	3113	8,127		1,410	3152	8,028
340	2,825	3154	8,350		2,016	3153	8,194		1,456	3193	8,094
360	2,917	3195	8,415		2,082	3194	8,259		1,503	3234	8,157
380	3,010	3235	8,479		2,149	3235	8,323		1,549	3275	8,219
400	3,103	3276	8,541		2,215	3276	8,385		1,596	3316	8,280
420	3,195	3318	8,601		2,281	3317	8,445		1,642	3358	8,339
440	3,288	3359	8,660		2,347	3359	8,504		1,688	3400	8,397
460	3,380	3401	8,718		2,414	3402	8,562		1,735	3442	8,453
480	3,473	3443	8,774		2,480	3443	8,618		1,781	3484	8,509
500	3,565	3485	8,830		2,546	3485	8,674		1,828	3527	8,563
520	3,658	3528	8,884		2,612	3527	8,728		1,874	3570	8,617
540	3,750	3571	8,937		2,678	3570	8,782				

9,0 bar/175,36 °C

°C	v	h	s	v	h	s	v	h	s
180	0,2179	2785	6,647	0,1944	2777	6,585	0,1693	2816	6,589
200	0,2304	2834	6,753	0,2060	2828	6,694	0,1789	2866	6,692
220	0,2424	2880	6,849	0,2170	2875	6,792	0,1880	2913	6,786
240	0,2540	2925	6,937	0,2276	2921	6,883	0,1968	2958	6,873
260	0,2653	2968	7,020	0,2379	2965	6,967	0,2054	3002	6,994
280	0,2764	3011	7,099	0,2480	3008	7,047	0,2139	3046	7,032
300	0,2874	3054	7,175	0,2580	3051	7,123	0,2222	3089	7,106
320	0,2983	3096	7,247	0,2678	3094	7,196	0,2305	3132	7,177
340	0,3091	3138	7,317	0,2776	3136	7,266	0,2386	3174	7,245
360	0,3199	3180	7,384	0,2874	3178	7,334	0,2467	3217	7,311
380	0,3305	3222	7,450	0,2970	3220	7,399	0,2548	3260	7,375
400	0,3411	3264	7,514	0,3066	3263	7,463	0,2628	3302	7,438
420	0,3517	3306	7,575	0,3162	3305	7,525	0,2708	3345	7,499
440	0,3623	3349	7,635	0,3257	3347	7,585	0,2788	3388	7,558
460	0,3728	3391	7,694	0,3352	3390	7,644	0,2867	3431	7,615
480	0,3833	3434	7,751	0,3447	3433	7,702	0,2946	3474	7,672
500	0,3937	3477	7,808	0,3541	3476	7,758	0,3025	3517	7,727
520	0,4042	3520	7,863	0,3635	3519	7,813	0,3103	3561	7,782
540	0,4146	3563	7,917	0,3729	3562	7,867	0,3182	3604	7,835
560				0,3823	3606	7,920	0,3260	3648	7,887
580				0,3917	3650	7,972	0,3339	3692	7,938
600				0,4010	3694	8,023	0,3417	3737	7,988
620				0,4104	3738	8,074	0,3495	3782	8,038
640				0,4198	3783	8,123			

20 bar/212,37 °C

°C	v	h	s	v	h	s	v	h	s
220	0,1022	2821	6,585	0,09157	2809	6,321	0,08944	2857	6,380
240	0,1085	2877	6,495	0,09757	2867	6,436	0,09371	2912	6,486
260	0,1144	2928	6,594	0,1031	2920	6,538	0,09864	2963	6,580
280	0,1201	2977	6,683	0,1084	2970	6,630	0,1034	3012	6,667
300	0,1255	3024	6,767	0,1134	3018	6,715	0,1080	3059	6,748
320	0,1308	3070	6,845	0,1183	3065	6,795	0,1124	3106	6,825
340	0,1360	3115	6,920	0,1231	3110	6,870	0,1168	3151	6,898
360	0,1412	3159	6,991	0,1279	3155	6,942	0,1211	3196	6,967
380	0,1462	3203	7,060	0,1325	3199	7,012	0,1253	3240	7,034
400	0,1512	3247	7,126	0,1371	3244	7,078	0,1295	3285	7,099
420	0,1562	3290	7,190	0,1417	3288	7,143	0,1337	3329	7,162
440	0,1611	3334	7,252	0,1461	3331	7,205	0,1378	3373	7,223
460	0,1660	3378	7,312	0,1506	3375	7,266	0,1419	3417	7,282
480	0,1708	3421	7,371	0,1550	3419	7,324	0,1459	3461	7,340
500	0,1756	3465	7,428	0,1594	3463	7,382	0,1500	3505	7,396
520	0,1804	3509	7,484	0,1638	3507	7,438	0,1540	3549	7,451
540	0,1852	3553	7,539	0,1682	3551	7,493	0,1580	3594	7,505
560	0,1900	3597	7,593	0,1726	3596	7,547	0,1620	3638	7,558
580	0,1948	3642	7,645	0,1770	3640	7,600	0,1659	3683	7,610
600	0,1995	3686	7,697	0,1812	3685	7,652	0,1699	3728	7,661
620	0,2043	3731	7,748	0,1856	3730	7,703	0,1739	3773	7,711
640	0,2091	3776	7,798	0,1899	3775	7,753			

22 bar/217,24 °C

°C	v	h	s	v	h	s	v	h	s
240	0,08069	2846	6,327	0,07402	2835	6,276	0,06821	2824	6,226
260	0,08571	2903	6,436	0,07884	2895	6,389	0,07287	2886	6,344
280	0,09039	2956	6,533	0,08330	2949	6,489	0,07715	2942	6,447
300	0,09484	3006	6,622	0,08752	3000	6,580	0,08117	2994	6,539
320	0,09913	3054	6,705	0,09156	3049	6,664	0,08502	3044	6,625
340	0,1033	3101	6,782	0,09549	3096	6,742	0,08873	3092	6,705
360	0,1073	3147	6,856	0,09933	3143	6,817	0,09234	3139	6,780
380	0,1113	3192	6,926	0,1031	3189	6,888	0,09587	3185	6,852
400	0,1153	3237	6,994	0,1068	3234	6,956	0,09936	3230	6,920
420	0,1193	3282	7,059	0,1104	3279	7,022	0,1028	3276	6,986
440	0,1231	3326	7,122	0,1140	3323	7,085	0,1062	3320	7,050
460	0,1269	3370	7,183	0,1176	3368	7,147	0,1096	3365	7,112
480	0,1307	3414	7,243	0,1212	3412	7,206	0,1129	3410	7,172
500	0,1344	3459	7,301	0,1246	3457	7,265	0,1161	3454	7,231
520	0,1382	3503	7,357	0,1282	3501	7,321	0,1195	3499	7,288
540	0,1420	3547	7,413	0,1316	3546	7,377	0,1227	3544	7,343
560	0,1457	3592	7,467	0,1351	3591	7,431	0,1260	3589	7,398
580	0,1494	3637	7,520	0,1386	3635	7,484	0,1292	3633	7,451
600	0,1530	3682	7,572	0,1420	3680	7,536	0,1324	3679	7,503
620	0,1568	3727	7,623	0,1454	3725	7,588	0,1356	3724	7,555
640	0,1604	3772	7,673	0,1488	3771	7,638	0,1388	3769	7,605

24 bar/221,78 °C

°C	v	h	s	v	h	s	v	h	s
240	0,06821	2824	6,226	0,06821	2824	6,226	0,06821	2824	6,226
260	0,07287	2886	6,344	0,07287	2886	6,344	0,07287	2886	6,344
280	0,07715	2942	6,447	0,07715	2942	6,447	0,07715	2942	6,447
300	0,08117	2994	6,539	0,08117	2994	6,539	0,08117	2994	6,539
320	0,08502	3044	6,625	0,08502	3044	6,625	0,08502	3044	6,625
340	0,08873	3092	6,705	0,08873	3092	6,705	0,08873	3092	6,705
360	0,09234	3139	6,780	0,09234	3139	6,780	0,09234	3139	6,780
380	0,09587	3185	6,852	0,09587	3185	6,852	0,09587	3185	6,852
400	0,09936	3230	6,920	0,09936	3230	6,920	0,09936	3230	6,920
420	0,1028	3276	6,986	0,1028	3276	6,986	0,1028	3276	6,986
440	0,1062	3320	7,050	0,1062	3320	7,050	0,1062	3320	7,050
460	0,1096	3365	7,112	0,1096	3365	7,112	0,1096	3365	7,112
480	0,1129	3410	7,172	0,1129	3410	7,172	0,1129	3410	7,172
500	0,1161	3454	7,231	0,1161	3454	7,231	0,1161	3454	7,231
520	0,1195	3499	7,288	0,1195	3499	7,288	0,1195	3499	7,288
540	0,1227	3544	7,343	0,1227	3544	7,343	0,1227	3544	7,343
560	0,1260	3589	7,398	0,1260	3589	7,398	0,1260	3589	7,398
580	0,1292	3633	7,451	0,1292	3633	7,451	0,1292	3633	7,451
600	0,1324	3679	7,503	0,1324	3679	7,503	0,1324	3679	7,503
620	0,1356	3724	7,555	0,1356	3724	7,555	0,1356	3724	7,555
640	0,1388	3769	7,605	0,1388	3769	7,605	0,1388	3769	7,605

14 bar/195,04 °C

°C	v	h	s	v	h	s	v	h	s
200	0,1450	2803	6,496	0,1310	2844	6,526	0,1150	2833	6,455
220	0,1516	2855	6,605	0,1384	2895	6,627	0,1218	2886	6,559
240	0,1597	2904	6,702	0,1454	2943	6,719	0,1282	2936	6,654
260	0,1675	2951	6,791	0,1521	2990	6,804	0,1348	2988	6,741
280	0,1760	2996	6,875	0,1587	3035	6,885	0,1403	3029	6,823
300	0,1824	3040	6,954	0,1651	3079	6,961	0,1461	3075	6,900
320	0,1896	3084	7,029	0,1715	3123	7,034	0,1518	3119	6,974
340	0,1968	3128	7,100	0,1777	3167	7,103	0,1574	3163	7,044
360	0,2038	3171	7,170	0,1839	3210	7,171	0,1630	3207	7,112
380	0,2108	3214	7,236	0,1901	3253	7,236	0,1685	3250	7,178
400	0,2178	3256	7,301	0,1962	3296	7,299	0,1740	3293	7,241
420	0,2248	3299	7,364	0,2022	3340	7,360	0,1794	3337	7,303
440	0,2316	3342	7,425	0,2082	3383	7,426	0,1848	3380	7,363
460	0,2385	3385	7,484	0,2142	3426	7,478	0,1902	3424	7,421
480	0,2453	3428	7,542	0,2202	3469	7,535	0,1955	3467	7,479
500	0,2521	3472	7,599	0,2262	3513	7,591	0,2009	3511	7,535
520	0,2589	3515	7,654	0,2322	3557	7,645	0,2061	3555	7,589
540	0,2657	3559	7,709	0,2381	3601	7,699	0,2114	3659	7,643
560	0,2724	3603	7,762	0,2441	3645	7,751	0,2167	3643	7,695
580	0,2792	3647	7,814	0,2499	3689	7,803	0,2219	3688	7,747
600	0,2859	3691	7,866	0,2559	3734	7,853	0,2272	3733	7,798
620	0,2927	3735	7,916	0,2617	3779	7,903	0,2324	3778	7,847
640	0,2994	3780	7,966						

26 bar/226,03 °C

°C	v	h	s	v	h	s	v	h	s
240	0								

B1

DATA:  $x_F = 0.50$  VIKT-%

$$R = 1.9 R_{\min}$$

$x_D = 0.90$  VIKT-%

$x_B = 0.10$  VIKT-%

SÖKT:  $n, n_F, D/F$

LÖSNING: SAMMANSÄTTNINGARNA RÄKNAS OM TILL  
MÅLBRÅK MHA GIVNA MOLMANTOR.

$$x_F = 0.50 \text{ v.b.} \Rightarrow x_F = 0.54 \text{ m.b.}$$

$$x_D = 0.90 \text{ v.b.} \Rightarrow x_D = 0.91 \text{ m.b.}$$

$$x_B = 0.10 \text{ v.b.} \Rightarrow x_B = 0.12 \text{ m.b.}$$

SAMMANSÄTTNINGARNA NOTERAS I JMV. DIAG OCH  
ÖVRE DRIFTLINJEN VID  $R_{\min}$  KONSTRUERAS. KOK-  
VARMETILLFLÖDE  $\Rightarrow$  KORRÄT  $q$ -LINJE.

ÖVRE DRIFTLINJEN VID  $R_{\min}$  GER  $\phi = \left\{ \frac{x_D}{R_{\min} + 1} \right\} = 0.49$   
 $\Rightarrow R_{\min} = 0.86 \Rightarrow R = 1.63 \Rightarrow \phi = 0.346$

ÖVRE OCH NEDRE DRIFTLINJEN SKAPAS VAR-  
EFFTER ANTALET IDEALA BOTTNAR KAN BEST.

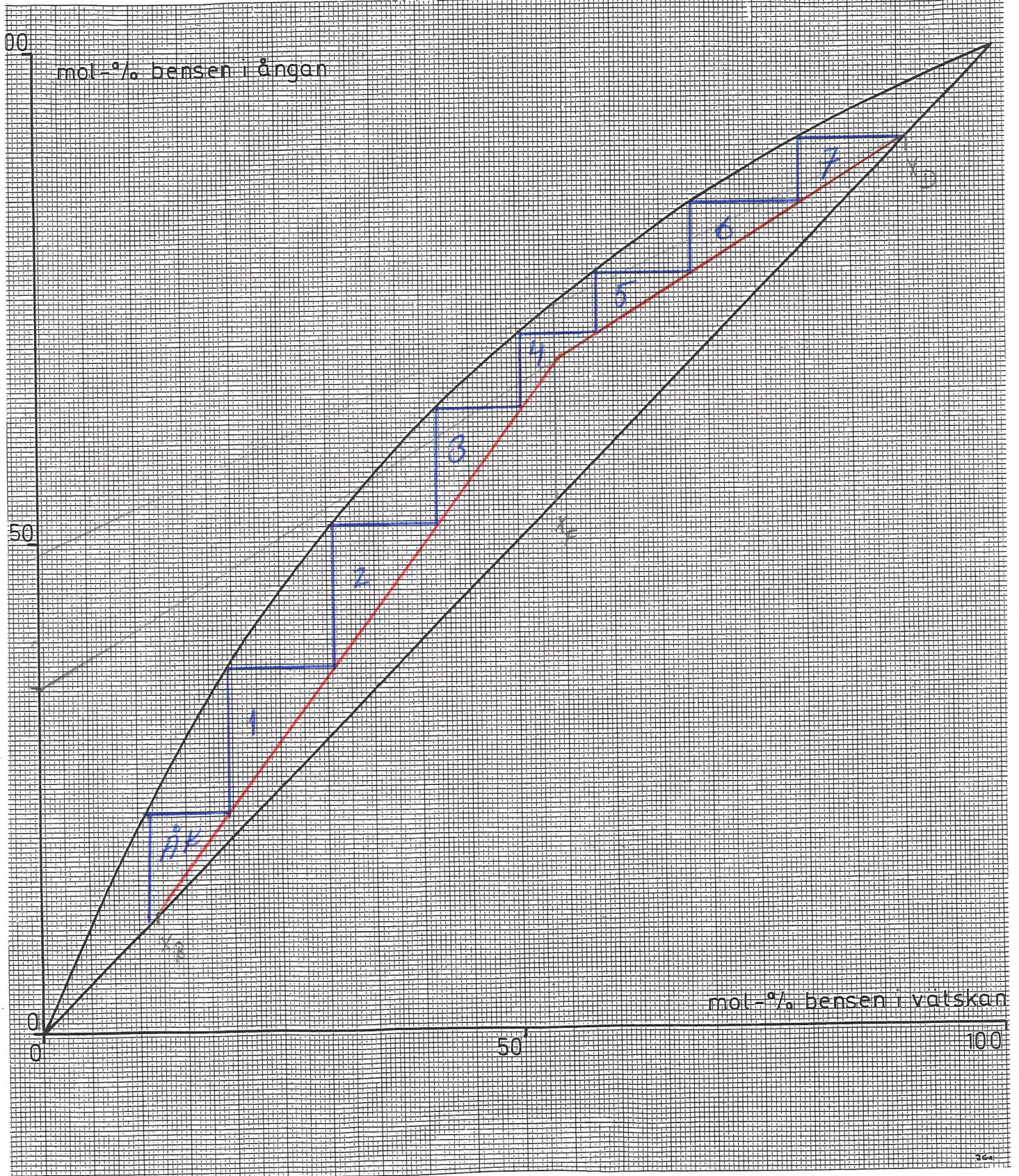
"STEGNING" GER 7 IDEALA BOTTNAR

SAMT ÅTERKOKARE

TILLFLÖDET PÅFÖRES MELLAN BOTTEN 3 OCH 4  
RÄKNAT OVANIFRÅN

$$\left. \begin{array}{l} \text{T.B. } F = D + B \\ \text{K.B. } Fx_F = Dx_D + Bx_B \end{array} \right\} \underline{\underline{\frac{D}{F} = 0.53}}$$

Jämviktsdiagram för systemet bensen-toluen vid 100 kPa.





B2

DATA:  $F = 300 \text{ kg/h}$

$$x_F = 0.06$$

$$x_L = 0.20$$

$$T_F = 70^\circ\text{C}$$

$$P = 1 \text{ bar}$$

$$P_s = 2.8 \text{ bar}$$

$$U_{SKB} = 1.0 \text{ kW/m}^2\text{-K}$$

SÖKT:  $S, A$

LÖSNING:

BALANSER

$$T.B.: F = V + L$$

$$K.B.: F x_F = L x_L$$

$$V.B.: S \Delta H_{VAP} + F h_F = L h_L + V h_V$$

$$KAP. EKV: S \Delta H_{VAP} = U_{SKB} A \Delta T$$

$$\Delta T = T_s - T$$

$$K.B. \Rightarrow L = F \frac{x_F}{x_L} \Rightarrow L = 90 \text{ kg/h}$$

$$T.B. \Rightarrow V = 210 \text{ kg/h}$$

$$V.B. \Rightarrow S = \frac{L h_L + V h_V - F h_F}{\Delta H_{VAP}}$$

ENTALPIER

KOEPUNKTFÄRHÖJNING

$$P = 1 \text{ bar} \Rightarrow T_b = 100^\circ\text{C}$$

$$x_L = 0.20$$

$$\left. \begin{array}{l} T_b = 100^\circ\text{C} \\ x_L = 0.20 \end{array} \right\} T'_b = \{T\} = 110^\circ\text{C}$$

$$\Delta H_{VAP} = \{ P_G = 2.8 \text{ bar} \} = 2170.71 \text{ kJ/kg}$$

$$h_F = \{ x_F = 0.06, T_F = 70^\circ\text{C} \} = 275 \text{ kJ/kg} \quad (\approx)$$

$$h_M = \{ x_M = 0.20, T_M = 110^\circ\text{C} \} = 405 \text{ kJ/kg} \quad (\approx)$$

$$H_V = \{ P = 1 \text{ bar}, T = 110^\circ\text{C} \} = 2696 \text{ kJ/kg} \quad (\text{INTERPOL.})$$

$$\underline{S = 289.6 \text{ kg/h.}}$$

$$\text{K.B.} \Rightarrow A = \frac{S \Delta H_{VAP}}{U_{SFB} \Delta T}$$

$$\Delta T = T_G - T$$

$$T_G = 131.21^\circ\text{C}$$

$$T = 110^\circ\text{C}$$

$$\underline{A = 5.3 \text{ m}^2}$$

83

DATA:  $V = 7000 \text{ m}^3/\text{h}$

$$y_1 = 0,023$$

$$x_2 = 0,0$$

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

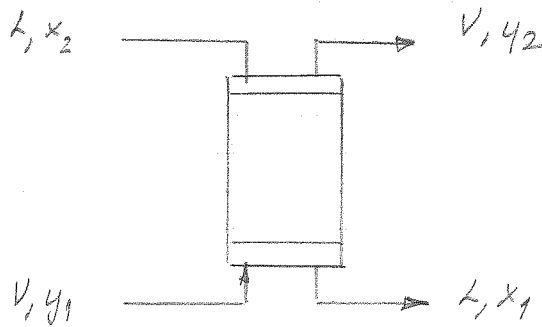
$$P = 1 \text{ atm}$$

$$L = 14800 \text{ kg/h}$$

$$S = 1,4 \text{ m}^2$$

SÖKT:  $L_T$  så 87% ska separeras från gasströmmen.

LÖSNING:



FLÖDENA RÄKNAS OM TILL MOLFLÖDEN!

$$\left. \begin{array}{l} L = 14800 \text{ kg/h} \\ M_r = 18 \text{ kg/kmol} \end{array} \right\} L = 0,228 \text{ kg/h}$$

$$\left. \begin{array}{l} V = 7000 \text{ m}^3/\text{h} \\ p_v = \frac{pM}{RT} \\ M = 29 \text{ kg/kmol} \end{array} \right\} V = 0,078 \text{ kg/s}$$

KOMP.BALANSER GER  $y_2$  OCH  $x_1$

$$y_2: \quad (1 - 0,87) V y_1 = V y_2 \quad \Rightarrow \quad y_2 = 0,003$$

$$x_1: \quad 0,87 V y_1 = L x_1 \quad \Rightarrow \quad x_1 = 6,8 \cdot 10^{-3}$$

$K_G$  GIVET TILL  $0.023 \text{ kmol/m}^3 \cdot \text{s} \cdot \text{atm}$ .  
OCH GIVNA JMV DATA GER  $m = 1.78$

FRÅN F.S. ERHÅLLS

$$L_T = \frac{V}{K_G a \tau S} \cdot \frac{1}{1 - \frac{mV}{L}} \ln \frac{y_1 - mx_1}{y_2 - mx_2}$$

$$\underline{\underline{L_T = 8 \text{ m}}}$$

B4

DATA:  $L_0 = 150 \text{ kg/h}$

$$\frac{S}{C} = \frac{1}{2}$$

$$x_C^0 = 0.80$$

$$x_A^0 = 0.13$$

$$x_S^0 = 0.07$$

$$y_S^{n+1} = 1.0$$

$$y_A^1 = 0.27$$

$$x_A^n = 0.01$$

SÖKT:  $n$ ,  $V_{n+1}$ ,  $M_{\text{FÖRÄNDRAT}}$

LÖSNING:

GEOMETRISK ORT:  $\frac{S}{C} = \frac{1}{2} \Rightarrow \frac{x_S}{1 - x_A - x_S} = \frac{1}{2}$

$$x_S = \frac{1}{3} - \frac{1}{3}x_A$$

GEOMETRISKA ORTEN KONSTRUERAS OCH KÄNDA STRÖMMAR

LÄGGS IN I TRIANGELDIAG. POLEN SKAPAS FRÅN

$V_{n+1}$  OCH  $L_n$  SAMT  $L_0$  OCH  $V_1$ . "STERNANS" SER

5 IDEALA LÄRN. STED.

INGÅENDE EXTRAKTIONSVÄTJKA BEST. MHA HÄVSTÄNGSREGLN.

$$\left. \begin{array}{l} L_0 a = V_{n+1} b \\ a = 45 \\ b = 67 \end{array} \right\} \underline{V_{n+1} = 100 \text{ kg/h}}$$

VATTENMÄNGDEN SOM SKA FÖRÄNDRAS KAN BEST. FRÅN

GDFU

$$\left. \begin{array}{l} C = 120 \text{ kg/h} \\ \frac{S}{C} = \frac{1}{2} \end{array} \right\} \underline{S = 60 \text{ kg/h}}$$

