KKR090-29

1.

1.) Biomassa X: $CH_{1,83}O_{0,54}N_{0,10}$
Substrat S: $C_2H_5OH \longrightarrow CH_3O_{0,5}$
Kväve N: HNO_3

$D = 0,1\ h^{-1}$
$S = 2,8 \cdot 10^{-3}$ mol/L , $S^\circ = 7,5 \cdot 10^{-2}$ mol/L
$X = 1,2$ g/L , $X^\circ = 0$

$$\gamma_i = 4 + \underset{\text{(h:o / ämne i)}}{a_i} - \underset{\text{(syre / ämne i)}}{2b_i} - \underset{\text{(kväve / ämne i)}}{(c_i} / \underset{\text{(kväve / HNO}_3)}{c_4)} \cdot (4\underset{\text{(kol / HNO}_3)}{d_4} + \underset{\text{(väte / HNO}_3)}{a_4} - \underset{\text{(syre / HNO}_3)}{2b_4})$$

A) Bestäm $Y_{x/s}$ i C-mol/C-mol.

$M_x = 12 + 1,83 + 16 \cdot 0,54 + 14 \cdot 0,1 = 23,87$ g/Cmol
$M_s = 12 + 3 + 16 \cdot 0,5 = 28$ g/C-mol

$$Y_{x/s} = \frac{\Delta X}{\Delta S} = \frac{X}{S^\circ - S}$$

$X = 1,2\ (g/L) / 23,87\ (g/Cmol) = 5,027 \cdot 10^{-2}$ Cmol/L

$(S^\circ - S) = (75 - 2,8) \cdot 10^{-3}\ (mol/L) = 0,1444$ C-mol/L (1 mol = 2 Cmol)

$$Y_{x/s} = \frac{5,027 \cdot 10^{-2}}{0,1444} \approx \underline{0,348} \left(\frac{\text{C-mol}}{\text{C-mol}}\right)$$ ok

1

B) Skriv upp stökimetrisk formel.
Aerob odling $\longrightarrow$ antar ingen produkt.

	S	N	O_2	X	CO_2	H_2O
C-mol	23	63	32	23,87	44	18
γ_i	6	0	-4	5,25	0	0
$Y_{i/s}$	1	0,0348	1,043	0,348	0,652	1,198
$Y_{i/s}\gamma_i$	6	0	-4,173	1,827	0	0

$\gamma_s = 4 + 3 - 2 \cdot 0,5 - 0 = 6$
$\gamma_N = 0 + 1 - 2 \cdot 3 - (1/1)(0 + 1 - 2 \cdot 3) = 0$ ok!
$\gamma_{O_2} = 0 + 0 - 2 \cdot 2 - 0 = -4$
$\gamma_x = 4 + 1,83 - 2 \cdot 0,54 - (0,1/1)(0 + 1 - 2 \cdot 3) = 5,25$
$\gamma_{CO_2} = 4 + 0 - 2 \cdot 2 - 0 = 0$
$\gamma_{H_2O} = 0 + 2 - 2 \cdot 1 - 0 = 0$

$Y_{HNO_3/s} = 0,1 \cdot (\text{N från } x) \cdot Y_{x/s} = 0,0348$

<u>RG-balans</u>: $Y_{s/s} \cdot \gamma_s + Y_{O_2/s} \cdot \gamma_{O_2} = Y_{x/s}\gamma_x$

$\longrightarrow Y_{O_2/s}\gamma_{O_2} = 1,827 - 6 = -4,173 \longrightarrow Y_{O_2/s} = 1,043$ ok

<u>Kolbalans</u>: $Y_{s/s} = Y_{x/s} + Y_{CO_2/s} \longrightarrow$

$Y_{CO_2/s} = 1 - 0,348 = 0,652$ ok

1

KKR090 - 29

H-balans: $3 \cdot Y_{s/s} + 1 \cdot Y_{HNO_3/s} = \overset{1,83}{\cancel{0,1}} \cdot Y_{x/s} + 2 \cdot Y_{H_2O/s}$

$\longrightarrow Y_{H_2O/s} = (3 \cdot 1 + 1 \cdot 0,0348 - 0,1 \cdot 0,348)/2 = 1,5$

Syrebalans: $0,5 \cdot 1 + 0,0348 \cdot 3 + 1,043 \cdot 2 = 0,348 \cdot 0,54 + 0,652 \cdot 2 + Y_{H_2O/s}$

$\longrightarrow Y_{H_2O/s} = 1,198$ oh! Ej samma... mycket lägre. Väljer $Y_{H_2O/s}$ fr. O-balans.

Stökiometri:

$$S + 0,035\ HNO_3 + 1,043\ O_2 \longrightarrow$$

$$\longrightarrow 0,348 \cdot X + 0,652\ CO_2 + 1,198\ H_2O$$

4

(Möjligtvis nåt fel m. reduceringsgraden, men metoden bör vara rätt i övrigt.)

c) $RQ = \dfrac{Y_{CO_2/s}}{Y_{O_2/s}} = \dfrac{0,652}{1,043} \approx 0,625$ 2 (låg för ren respiration, bör ligga runt 1, har nog gjort fel någonstans)

D) Om ytterligare en produkt bildas måste ännu en utbyteskoefficient tas fram experimentellt. Exempelvis kan man göra mätningar av koldioxid-utveckling m.h.a. massanalysator (gas-kromatografi).

För att ta, veda på vilken produkt vi har kan vi först och främst göra en kol-balans (produkten bör innehålla kol), nu även med den exp. framtagna $Y_{CO_2/s}$ (som beräknas fram) ex. vis m. r_{CO_2}/r_s. Efter en reduceringsgradsbalans kan man sedan dra slutsatsen vilken reduceringsgrad produkten har och jämföra tabellerade värden av tänkbara produkter.

fr. mätning, fr. materialbalans.

2

2) $k_d(85) = ?$

$N_{30} = 1{,}3 \cdot 10^9$

$N_{(0)} = 1{,}5 \cdot 10^{12}$

$N = N^0 e^{-k_d t}$ $\frac{N}{N^0} = \frac{1{,}3 \cdot 10^9}{1{,}5 \cdot 10^{12}} = e^{-k_d \cdot 30}$

$\underline{k_d = 0{,}235}$ $14{,}1\ h^{-1}$

PS3 $k_d(100) = 0{,}312 / min$ $18{,}72 / h$

$k = k_0 e^{-\frac{E_d}{RT}}$

$$\frac{0{,}312}{0{,}235} = \frac{k_{100}}{k_{d\,85}} = e^{-\frac{E_d}{8{,}314}\left[\frac{1}{373{,}15} - \frac{1}{(85+273{,}15)}\right]} \Rightarrow$$

$E_d = 20{,}992\ kJ/mol$

$$\frac{k_d^{400}}{k_d^{373,15}} = e^{-\frac{20,992\cdot 10^3}{8,314}\left[\frac{1}{400}-\frac{1}{373,15}\right]} \Rightarrow$$

$$k_d^{400} = 0,491$$

~~TUB~~ DRT $\Rightarrow \frac{N}{N^0} = 0,1 = e^{-k_d t}$

$$\Rightarrow t = 4,69 \text{ min}$$

KEMOSTAT

$$\left.\begin{array}{l} V = 15 \text{ m}^3 \\ q = 1 \text{ m}^3/\text{h} \end{array}\right\} \tau = 15 \text{ h}$$

$$C = \frac{C^0}{(1+k\tau)} \Rightarrow \frac{C}{C^0} = \frac{1}{(1+0,312\cdot 15\cdot 60)} =$$

$$0,0035$$

TUB $C = C^0 e^{-k_d t} \Rightarrow \frac{C}{C^0} = e^{-0,312\cdot 15\cdot 60}$

$$\approx 0$$

KKR090 - 29

3) $A \xrightarrow{gas} B + C$ Isoterm, Isobar

1:a ordn. reak. m.a.p. A
$r = k \cdot C_A$
$k = 0{,}8\ s^{-1}$
$F_A = 1\ mol/s$
$F_I = 1\ mol/s$
$T = 300\ K$
$P = 1\ bar = 10^5\ Pa$

Tubreaktor, materialbalans:

$$F_A^\circ(1-x_A) - F_A^\circ(1 - x_A - dx_A) - (-\nu_A) k \cdot C_A\, dV = 0 \quad \text{(Stationärt)}$$

$$F_A^\circ\, dx_A = \underbrace{(-\nu_A)}_{=-(-1)=1} \cdot k \cdot C_A\, dV$$

$$\frac{V_r}{F_A^\circ} = \int_0^{x_A} \frac{1}{k C_A}\, dx_A$$

Uttryck $C_A = f(x_A)$!

Moländring. Moltabell:

Ämne	In	Aktuell
A	F_A°	$F_A^\circ(1-x_A)$
B	0	$F_A^\circ x_A$
C	0	$F_A^\circ x_A$
I	$F_I = F_A^\circ$	F_A°

$F_{tot} = \sum F_i = F_A^\circ(2 + x_A)$

$$C_A = \frac{P_A}{RT} = \frac{F_A}{F_{tot}} \frac{P}{RT} = \frac{\cancel{F_A^\circ}(1-x_A)}{\cancel{F_A^\circ}(2+x_A)} \frac{P}{RT}$$

$$\frac{V_r}{F_A^\circ} = \frac{1}{k} \int_0^{x_A} \frac{1}{\left(\frac{1-x_A}{2+x_A}\right)\frac{P}{RT}}\, dx_A = \frac{RT}{kP} \int_0^{x_A} \frac{2+x_A}{1-x_A}\, dx_A$$

$$\left\{ \int \frac{a+bx}{c+dx}\, dx = \frac{bx}{d} + \frac{h}{d^2} \ln(c+dx), \quad h = ad - bc = -2 - 1 = -3 \right\}$$

$$I = \Big[-x - 3\ln(1-x_A) \Big]_0^{x_A = 0{,}95} = (-0{,}95 - 3\ln 0{,}05) - 0 = 8{,}037..$$

$$V_r = \frac{F_A^\circ \cdot RT}{kP} I = \frac{1\ mol\ s^{-1} \cdot 8{,}31447\ \cancel{J}\,mol^{-1}K^{-1} \cdot 300\ \cancel{K}}{0{,}8\ \cancel{s^{-1}} \cdot 10^5\ \cancel{J}\ m^{-3}} I$$

$$= 0{,}031179.. \cdot 8{,}037.. = 0{,}25059.. \approx \underline{0{,}25\ m^3}$$

8

perfekt!

Uppehållstid: $\frac{V}{q}$ $\quad q = \frac{F \cdot RT}{P}$

Då F ej konstant (p.g.a. moländring) tar vi ett medel:

$$\left(\frac{F_{in} + F_{ut}}{2}\right) = \frac{(F_A^\circ + F_I^\circ) + (F_A^\circ(2 + x_A))}{2} = \frac{2F_A^\circ + 2{,}95 F_A^\circ}{2} =$$

$= 2{,}475\ F_A^\circ = 2{,}475\ mol/s$ $\quad (q = 0{,}0617..\ m^3/s$

KKR090 - 29 3.

$$\tau = \frac{V \cdot P}{FRT} = \frac{0{,}25\ \cancel{m^3} \cdot 10^5\ \cancel{J} \cdot m^{-3}}{2{,}475\ \cancel{mol}\ s^{-1} \cdot 8{,}31447\ \cancel{J}\,\cancel{mol^{-1}}\,\cancel{K^{-1}}\ 300\ \cancel{K}} =$$

$$\approx \underline{4{,}05\ s}$$

B:) Hur mycket måste trycket öka för att vid samma τ nå $X_A = 0{,}99$?

$$I = \left[-x - 3\ln(1-x_A)\right]_0^{0{,}99} = 12{,}8255\ldots$$

$$\tau = \frac{F_A^\circ RT}{q\ k \cdot P} I \longrightarrow P = \frac{F_A^\circ R T I}{q \cdot k \cdot \tau} =$$

konst.

måste också vara konst., annars ändras τ

$$= \frac{1\ mol\ s^{-1} \cdot 8{,}31447\ J\ mol^{-1}\ \cancel{K^{-1}} \cdot 300\ \cancel{K} \cdot 12{,}8255}{0{,}0617\ m^3\ s^{-1} \cdot 0{,}8\ \cancel{s^{-1}} \cdot 4{,}05\ \cancel{s}} \left[\frac{J}{m^3} = Pa\right] =$$

$$= 160\,029{,}466\ldots \approx \underline{1{,}6\ bar}$$

Dvs. 160 % av original-tryck

(resonemanget är doch helt bra beroende på föränderligt F. Används ist. F_{in} för att beräkna $q \longrightarrow q = 0{,}05\ m^3/s \longrightarrow \tau = 5\ s$.

$$\longrightarrow P = \frac{F_A^\circ \cdot R \cdot T \cdot I}{q \cdot k \cdot \tau} = 1{,}5999\ldots\ bar \approx 1{,}6\ bar$$

verkar helt okej trots allt!)

2

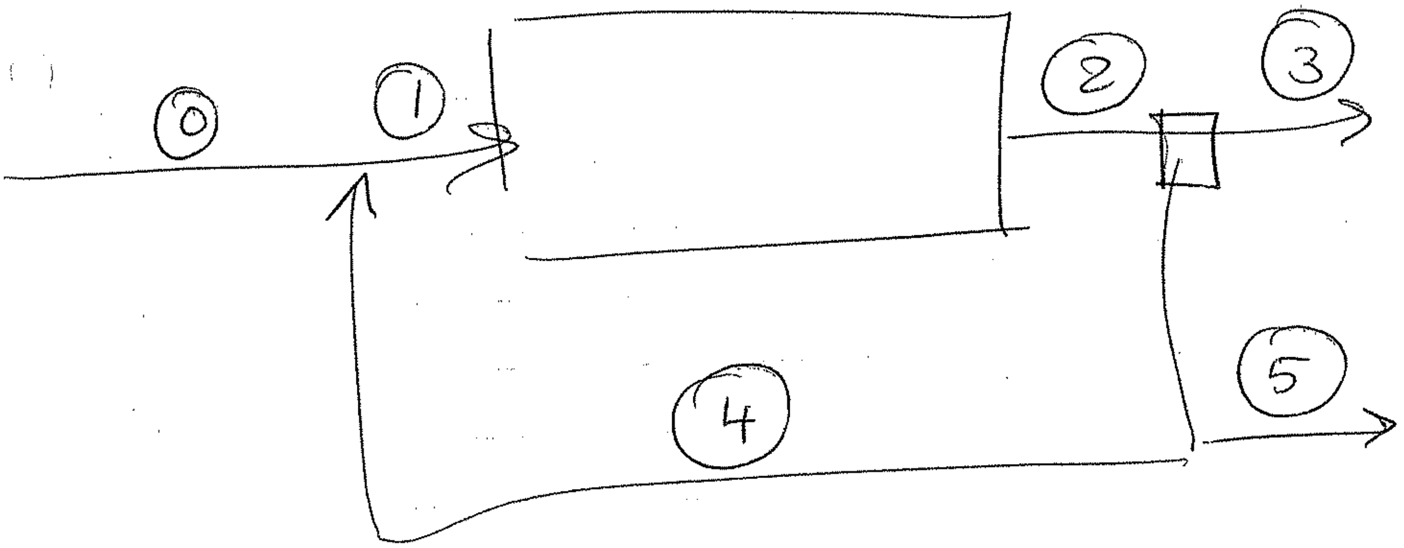
H

091216   I = INERT

$$2B \rightleftharpoons D + H$$

$$K_p = \frac{P_D \cdot P_H}{(P_B)^2} = 0{,}35 \quad \text{JÄMVIKT}$$

$$K_p' = 0{,}9 \cdot 0{,}35 = 0{,}315$$



0) $F_B^0 = 98$

$F_I^0 = 2$

VI VET $\dfrac{F_I^1}{F_I^1 + F_B^1} = 0{,}1$

$$K_p = \frac{F_D^2 \cdot F_H^2}{(F_B^2)^2} = 0{,}315 \quad (F_D^2 = F_H^2) \Rightarrow F_D^2 = 0{,}561 F_B^2$$

$$F_D^2 = 0{,}561\, F_B^2$$

$$F_D^2 = F_D^3 = F_H^2 = F_H^3$$

(1) $F_B^2 = F_B^1 - 2F_D^3 = F_B^1 - 2 \cdot 0{,}561 \cdot F_B^2$

$$\Rightarrow \quad F_B^2 = \frac{F_B^1}{(1+2\cdot 0{,}561)} = 0{,}471\, F_B^1$$

VI VET SEDAN TIDIGARE ATT

$$\frac{F_I^1}{F_I^1 + F_B^1} = 0{,}1 \Rightarrow F_I^1 = 0{,}111 \cdot F_B^1 = F_I^2 \quad (2)$$

VI VET OCKSÅ ATT ALLT INERT GÅR UT

$$F_I^0 = F_I^5 = 2 \text{ MOL/S.}$$

FÖRHÅLLANDE I AUTAPPNING I/B ÄR SAMMA SOM I REAKTORUTFLÖDE

$$\frac{F_I^2}{F_B^2} = \frac{F_I^5}{F_B^5} \overset{(2)(1)}{\Rightarrow} \frac{0{,}1111\, F_B^1}{0{,}471\, F_B^1} = \frac{2}{F_B^5} \Rightarrow$$

$$F_B^5 = 8{,}486$$

TOTALBALANS B)

$$~~9~~8 = 8{,}486 - 2F_D^3 \Rightarrow$$

$$F_D^3 = 44{,}76 = F_H^3$$

SVAR FLÖDE AV ~~DIFENYL~~ BENSEN I AVTAPP

$$= 8{,}486$$

DIFENYLFLÖDE = 44,76 mol/s

$$F_D^2 = 44{,}76$$

$$\Rightarrow F_B^2 = \frac{F_D^2}{0{,}56} = 79{,}78 \ \frac{mol}{s} \Rightarrow$$

$$F_B^1 = \frac{F_B^2}{0{,}471} = 169{,}4 \ \frac{mol}{s} \Rightarrow$$

$$F_B^4 = -98 + 169{,}4 = 71{,}397$$

$$F_B^2 = F_B^1(1-x) \Rightarrow x = \underline{\underline{0{,}529}}$$

$$R = \frac{F_B^4}{F_B^2} = \frac{71{,}4}{79{,}78} = 0{,}89$$

% AVTAPPNIN $\frac{F_B^4}{F_B^2} = 0{,}11$ dvs 11 %

~~7~~

10 5

KKR090-10

$k = 5{,}2 \cdot 10^{-3}\ s^{-1}$

omsättningsgrad beräknas mha 3 olika modeller, och sedan kommenteras resultaten

BRA!

A: Dispersionsmodellen - anta sluten mätsträcka.

$$\frac{\sigma_t^2}{\langle t \rangle^2} = 2\left(\frac{Dea}{VL}\right) - 2\left(\frac{Dea}{VL}\right)^2\left(1 - \exp(-VL/Dea)\right)$$

1. anta att $\exp(-VL/Dea) << 1$

$$\rightarrow \frac{\sigma_t^2}{\langle t \rangle^2} = 2\left(\frac{Dea}{VL}\right) - 2\left(\frac{Dea}{VL}\right)^2$$

2. anta $\left(\frac{Dea}{VL}\right)^2 << \left(\frac{Dea}{VL}\right)$

$$\rightarrow \frac{\sigma_t^2}{\langle t \rangle^2} = 2\left(\frac{Dea}{VL}\right)$$

Bestämning av σ_t^2 o $\langle t \rangle^2$ $\rightarrow$ vi får ut $\frac{Dea}{VL}$ $\rightarrow$ avläsning ur diagram ger omsättningsgrad.

~~8~~

5

KKR090-10

$$\boxed{\sigma t^2} = \int_0^\infty (t - \langle t \rangle)^2 \cdot E(t)\, dt$$

$$\boxed{\langle t \rangle} = \int_0^\infty t\, E(t)\, dt$$

$$E(t) = \frac{c^*(t)}{\int_0^\infty c^*(t)\, dt}$$

där $c^*(t)$ är spårämnes-koncentrationen

$\int_0^\infty c^*(t)dt$ uppskattas mha

trapetsmetoden:

$$\int_0^\infty c^*(t)dt = \overset{\Delta t}{100}\left(\frac{10}{2} + 40 + 50 + 80 + \cdots + \frac{30}{2}\right)$$

$$= 83000$$

$$\rightarrow E(t) = \frac{c^*(t)}{83000}$$

Jag räknar ut E(t) för alla t
& fyller i tabellen
på nästa sida.

~~4~~ 5.

KKR090-10

t [s]	$C^\#(t)$	$E(t)$	$t\cdot E(t)$	$(t-\langle t\rangle)^2\cdot E(t)$
100	10	$1{,}2\cdot10^{-4}$	0,012	28,39
200	40	$4{,}82\cdot10^{-4}$	0,0964	71,97
300	50	$6{,}02\cdot10^{-4}$	0,1806	49,38
400	80	$9{,}64\cdot10^{-4}$	0,3856	33,5
500	130	0,00157	0,785	11,72
600	240	0,00289	1,734	0,5337
700	140	0,00169	1,183	21,8
800	80	$9{,}64\cdot10^{-4}$	0,7712	43,98
900	50	$6{,}02\cdot10^{-4}$	0,5418	59,2
1000	30	$3{,}61\cdot10^{-4}$	0,361	61,75

$t\cdot E(t)$ fylls också på i tabellen för respektive försök.

Nu kan $\langle t\rangle$ beräknas:

$$\langle t\rangle = \int_0^\infty t\,E(t)\,dt$$ mha trapetsmetoden.

$$\langle t\rangle = 100\left(\frac{0{,}012}{2} + 0{,}0964 + \cdots + \frac{0{,}361}{2}\right)$$

$$= 586{,}41\ s$$

R

nu kan $(t-\langle t\rangle)^2\cdot E(t)$ räknas ut, jag fyller på m. värdena i ovanstående tabell.

22

5.

KKR0A0-10

Nu kan σ_t^2 beräknas ur
$\int_0^\infty (t-\langle t\rangle)^2 E(t)\,dt$ mha trapets-

metoden =

$$100\left(\frac{28{,}39}{2}+71{,}97+\cdots+\frac{64{,}75}{2}\right)$$

$= 33715$ R

$$\rightarrow \boxed{\frac{Dea}{VL}} = \frac{\sigma_t^2}{\langle t\rangle^2\cdot 2} = \frac{33715}{(586{,}41)^2\cdot 2} =$$

$= 0{,}049$ R

Avläsning i diagram för första ordningens reaktion ger, med
$\boxed{k\tau} = k\cdot\langle t\rangle = 5{,}2\cdot 10^{-3}\cdot 586{,}41$
$= 3{,}05$

$\rightarrow \frac{C_A}{C_{A^0}} \simeq 0{,}08 \rightarrow \boxed{X_A = 0{,}92}$ R

KKR090-10

Svar. För dispersionsmodellen blir $X \simeq 0{,}92$.

B Tankseriemodellen:

$$C_A^N = \frac{C_A^0}{(1+k\tau^{*})^N}$$

$$N = \frac{\tau^2}{\sigma_t^2} = \frac{(586{,}41)^2}{33715} \approx 10{,}2 \text{ tankar}$$

$$\rightarrow C_A^{10} = \frac{C_A^0}{(1+k\tau^{*})^{10}} \qquad \rightarrow \frac{C_A^{10}}{C_A^0} = \frac{1}{(1+k\tau^{*})^{10}}$$

$$= \frac{1}{(1+5{,}2\cdot10^{-3}\cdot 58{,}641)^{10}}$$

$$\tau^{*} = \frac{\langle t \rangle}{N} = \frac{586{,}415}{10} = 58{,}6415$$

$$= 0{,}06984\ldots$$

$$\rightarrow X_A = 1 - \ldots = 0{,}93$$

R

Svar: Med tankseriemodellen blir omsättningsgraden över systemet 93%.

KKR090-10

1. Segregerat flöde

$$\langle c \rangle = \int_0^\infty c(t)\,E(t)\,dt$$

$c(t) = c_0 \cdot e^{-kt}$ för första ordningens process =>

$$\frac{\langle c \rangle}{c_0} = \int_0^\infty e^{-kt} \cdot E(t)\,dt$$

$k = 5{,}2 \cdot 10^{-3}$

t	E(t)	$e^{-kt} \cdot E(t)$
100	$1{,}2 \cdot 10^{-4}$	$7{,}13 \cdot 10^{-5}$
200	$4{,}82 \cdot 10^{-4}$	$1{,}704 \cdot 10^{-4}$
300	$6{,}02 \cdot 10^{-4}$	$1{,}265 \cdot 10^{-4}$
400	$9{,}64 \cdot 10^{-4}$	$1{,}204 \cdot 10^{-4}$
500	0,00157	$1{,}166 \cdot 10^{-4}$
600	0,00289	$1{,}276 \cdot 10^{-4}$
700	0,00169	$4{,}437 \cdot 10^{-5}$
800	$9{,}64 \cdot 10^{-4}$	$1{,}5 \cdot 10^{-5}$
900	$6{,}02 \cdot 10^{-4}$	$5{,}59 \cdot 10^{-6}$
1000	$3{,}61 \cdot 10^{-4}$	$1{,}99 \cdot 10^{-6}$

25.

5.

KKR090-10

Nu kan $\int_0^\infty e^{-kt} E(t)\,dt$ beräknas mha

trapets:

$$100\left(\frac{7{,}13\cdot 10^{-5}}{2} + 1{,}704\cdot 10^{-4} + \cdots + \frac{1{,}99\cdot 10^{-6}}{2}\right)$$

$$= 7{,}63\cdot 10^{-2} = \frac{\langle C \rangle}{C_0}$$

$$\rightarrow X = 1 - 7{,}63\cdot 10^{-2}$$

$$= 0{,}924$$

R

<u>Svar</u>: Med segregerat flöde blir

$X = 0{,}924$.

KKR090-10

$\boxed{D}$ KOMMENTARER:

$X_{DISP} = 0,92$

$X_{TANK} = 0,93$

$X_{SEGR} = 0,924$.

Dispersionsmodellen är den modell som ger minst trovärdiga resultatet eftersom den baserar sig på många antaganden som leder till grov förenkling.

Då återstår tank eller segregerat flöde;

segregerat flöde ger troligen det mest trovärdiga resultatet eftersom det är en 1:a ordningens process där k är känt.

Dock kan påpekas att i detta fall ger alla 3 modellerna väldigt liknande värden.

091216

7)

$S^{IN} = 60 g/l$

$$Q = \frac{dV}{dt} = 1 l/h = \left(\frac{(31-1)l}{30h} \right)$$

$Y_{x/s}$ = PRODUCED BIOMASS / CONSUMED SUBSTRATE

$$X_8 = 8 g/l \cdot 9l = 72 g$$
$$X_2 = 1 g/l \cdot 3l = 3 g$$

$$S_8 = 15 g/l \cdot 9l = 135 g$$
$$S_2 = 37 g/l \cdot 3l = 111 g$$
$$Q \cdot S^{f} \cdot \Delta t = 1 \cdot 60 \cdot 6h = 360 g$$

$$Y_{x/s} = \frac{72-3}{(111+360-135)} = \frac{69}{336} = 0,21 \pm 0,3$$

$$P_8 = 18 g/l \cdot 9l = 162 g$$
$$P_2 = 2,5 g/l \cdot 3l = 7,5$$

$$Y_{P/S} = \frac{162-\cancel{7,5}}{336} = 0,46 \quad \pm 0,04$$

8)

$$S_7 = \cancel{22}\ 30 \cdot 8 = \cancel{176 g}\ 240$$
$$S_4 = 39 \cdot 5 = 235 g$$
$$QS_f\Delta t = 1 \cdot 60 \cdot 3 = 180$$

$$\Delta S = 235 + 180 - \cancel{17}\ 24$$

$\underline{239 g}$ / ≈ 1