

BIOCHEMISCHE INGENIEURSTECHNIEKEN: MATLAB-OEFENINGEN

Elke Maes

`elke.maes@student.ua.ac.be`

Begeleider

Prof. R. Willaert

Dept. Bio-Ingenieurswetenschappen, Universiteit Antwerpen

Groenenborgerlaan 171, B-2020 Antwerpen, België

Academiejaar 2009-2010

22 mei 2010

Inhoudsopgave

1	Oefening 5.4: Batchgroei met productvorming	3
1.1	Balansen en vergelijkingen	3
1.2	Verwerking	4
1.3	Resultaat	5
2	Oefening 5.5: Fed-batchfermentatie	6
2.1	Balansen en vergelijkingen	6
2.2	Verwerking	7
2.3	Resultaat	8
3	Oefening 5.6: De chemostaat	10
3.1	Balansen en vergelijkingen	10
3.2	Verwerking	10
3.3	Resultaat	13
4	Oefening 5.7: Continue bioreactor met celrecyclage	15
4.1	Balansen en vergelijkingen	15
4.2	Verwerking	16
4.3	Resultaat	18
5	Oefening 5.8: Enzymkinetiek	19
5.1	Balansen en vergelijkingen	19
5.2	Verwerking	19
5.3	Resultaat	20
6	Oefening 5.9: Populatiedynamica van een roofdier-prooi-systeem	21
6.1	Balansen en vergelijkingen	21
6.2	Verwerking	21
6.3	Resultaat	23

7	Oefening 5.10: Nitrificatie in een actief-slibproces	24
7.1	Balansen en vergelijkingen	24
7.2	Verwerking	25
7.3	Resultaat	27

Hoofdstuk 1

Oefening 5.4: Batchgroei met productvorming

1.1 Balansen en vergelijkingen

$$\begin{aligned} \text{Substraat : } \frac{dS}{dt} &= \frac{-\mu X}{Y_{XS}} \\ \text{Product : } \frac{dP}{dt} &= (k_1 + k_2\mu)X \\ \text{Biomassa : } \frac{dX}{dt} &= \mu X \\ \mu &= \mu_{max} \frac{S}{K_S + S} \end{aligned}$$

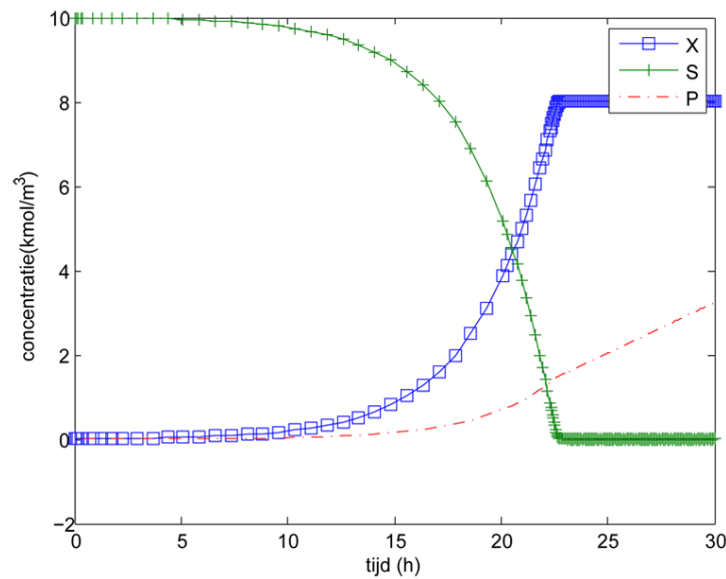
1.2 Verwerking

```
function ydot=batch54(t,y)
%y(1) is CX, y(2) = CS, y(3)= CP
%k1 is 0.03, k2 is 0.08, Ks is 0.1, umax is 0.3
X=y(1);
S=y(2);
u=0.3*(S/(S+0.1));
ydot=[u*X;(-u*X)/0.8;(0.03+0.08*u)*X];

%batchgroei met productvorming
%initiale condities
y0=[0.01 10 0];
%duur van de reacties
tspan=[0 30];
%solver oproepen
[t y]=ode45(@batch,tspan,y0);
%resultaat plotten
plot(t,y(:,1),'s-',t,y(:,2),'+-',t,y(:,3),'-.')
xlabel('tijd (h)')
ylabel('concentratie(kmol/m^3)')
legend('X','S','P')
```

1.3 Resultaat

In de onderstaande figuur ziet men het verloop van de biomassa-, substraat- en productconcentratie gedurende de batchfermentatie waarbij X de biomassaconcentratie voorstelt, S de substraatconcentratie en P de productconcentratie. De fermentatie wordt weergegeven over een tijdsparre van 30uur.



Figuur 1.1: Batchgroei met productvorming

Men ziet door opname van substraat de biomassa begint te groeien. Deze groei stijgt zeer sterk waardoor de substraatconcentratie ook zeer snel afneemt. Als al het substraat opgebruikt is, wordt de specifieke groeisnelheid 0 en blijft de biomassaconcentratie dus constant (er vindt geen afsterving plaats). Bij een bepaalde concentratie aan biomassa, start de product-

vorming. Dit verloop is eerst exponentieel en gaat over in een lineaire toename als de specifieke groeisnelheid 0 wordt.

$$\frac{dP}{dt} = k_1 X$$

Hoofdstuk 2

Oefening 5.5: Fed-batchfermentatie

2.1 Balansen en vergelijkingen

$$\begin{aligned} \text{Debiet : } \frac{dV}{dt} &= F \\ \text{Substraat : } \frac{dS}{dt} &= S_f \frac{F}{V} - \frac{-\mu X}{Y_{XS}} - S \frac{F}{V} \\ \text{Product : } \frac{dP}{dt} &= (k_1 + k_2 \mu) X - P \frac{F}{V} \\ \text{Biomassa : } \frac{dX}{dt} &= \mu X - X \frac{F}{V} \\ \mu &= \mu_{max} \frac{S}{K_S + S} \end{aligned}$$

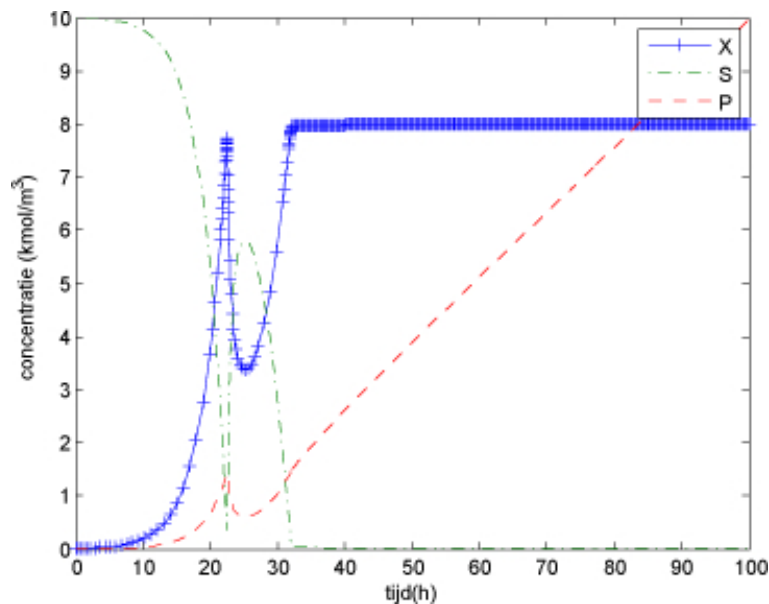
2.2 Verwerking

```
function ydot=fedbatch55(t,y)
V=y(1);
X=y(2);
S=y(3);
P=y(4);
umax=0.3;
Ks=0.1;
k1=0.03;
k2=0.08;
Yxs=0.8;
Sf=10;
u=umax*S/(Ks+S);
if t<22.5
    F=0;
else
    F=1.5;
end
ydot=[F; u*X-X*(F/V); Sf*(F/V)-((u*X)/Yxs)-S*(F/V); (k1+k2*u)*X-P*(F/V)];

%filename run_fedbatch55.m
%initile condities
y0=[1 0.01 10 0];
tspan=[0 100];
[t y]=ode45(@fedbatch55, tspan, y0);
plot(t,y(:,2),'+-',t,y(:,3),'-.',t,y(:,4),'--')
xlabel('tijd(h)')
ylabel('concentratie (kmol/m^3)')
legend('X','S','P')
```


2.3 Resultaat

In de figuur wordt het verloop van de fed-batchfermentatie weergegeven. De eerste 22,5 uur opereert de fermentor als een batchfermentor. Na 22,5 uur start de eigenlijke fed-batchfermentatie. De totale fermentatie wordt voor 100 uur weergegeven. Ook hier stellen X, S en P respectievelijk de biomassa-, de substraat- en de productconcentratie voor.



Figuur 2.1: Fed-batchfermentatie

Men ziet een duidelijke batchfermentatie gedurende de eerste 22,5 uur. Door het toevoegen van substraat stijgt de substraatconcentratie en dalen de concentraties aan biomassa en product door verdunning. Deze daling is maar van korte duur tot de groei terug van start gaat. Hierdoor stijgt de concentratie aan biomassa en als gevolg hiervan stijgt ook de productconcentratie exponentieel. Dit gaat door tot de steady-state wordt bereikt vermits dan het toegevoegde substraat onmiddellijk wordt opgenomen door de biomassa. De aangroei van biomassa heft dan de verdunning op die veroorzaakt werd door de voedingsstroom. De biomassaconcentratie blijft vanaf dan constant. De productconcentratie gaat dan over van een exponentiële toename naar een lineair verloop.

Hoofdstuk 3

Oefening 5.6: De chemostaat

3.1 Balansen en vergelijkingen

$$\begin{aligned} \text{Substraat : } \frac{dS}{dt} &= D(S_f - S) - \frac{\mu X}{Y_{XS}} \\ \text{Product : } \frac{dP}{dt} &= -DP + (k_1 + k_2\mu)X \\ \text{Biomassa : } \frac{dX}{dt} &= -DX + \mu X \\ \mu &= \mu_{max} \frac{S}{K_S + S} \end{aligned}$$

3.2 Verwerking

```
% Filename 0ef56a.m
function xdt=0ef56a(z,y)
clc; clf;
S=y(1);
P=y(2);
X=y(3);
mumax=0.3;
Ks=0.1;
k1=0.03;
k2=0.08;
Yxs=0.8;
Sf=10;
mu=mumax*S/(Ks+S);
```

```

if z<=5
    D=0;
else
    D=0.25;
end
xdt=[D*(Sf-S)-(mu*X)/Yxs
    -D*P+(k1+k2*mu)*X
    -D*X+mu*X];

% Filename Oef56arun.m
y0=[10 0 1];
zspan=[0 80];
[z y]=ode45(@Oef56a,zspan, y0);
plot(z,y), xlabel('Tijd in uur'), ylabel('Concentratie in kg/m^3');
legend('S','P','X')

% Filename Oef56b.m
function xdt=Oef56b(z,y)
clc; clf;
S=y(1);
P=y(2);
X=y(3);
mumax=0.3;
Ks=0.1;
k1=0.03;
k2=0.08;
Yxs=0.8;
Sf=10;
mu=mumax*S/(Ks+S);
if z<=5
    D=0;
else
    D=0.35;
end
xdt=[D*(Sf-S)-(mu*X)/Yxs
    -D*P+(k1+k2*mu)*X
    -D*X+mu*X];

% Filename Oef56brun.m
y0=[10 0 1];
zspan=[0 80];

```

```

[z y]=ode45(@Oef56b,zspan, y0);
plot(z,y), xlabel('Tijd in uur'), ylabel('Concentratie in kg/m^3');
legend('S','P','X')

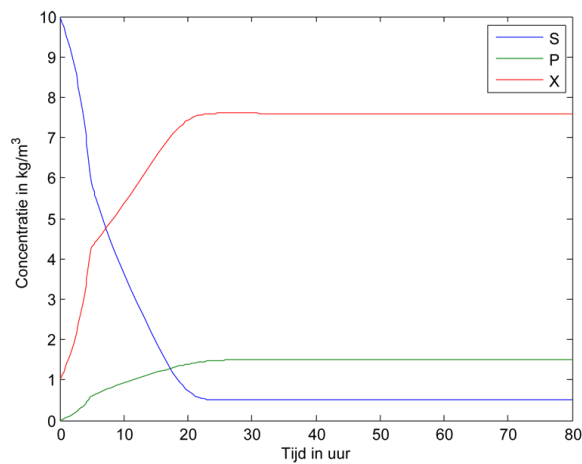
% Filename Oef56c.m
function xdt=Oef56c(z,y)
clc; clf;
S=y(1);
P=y(2);
X=y(3);
mumax=0.3;
Ks=0.1;
k1=0.03;
k2=0.08;
Yxs=0.8;
Sf=10;
mu=mumax*S/(Ks+S);
if z<=5
    D=0;
else
    D=0.35;
end
xdt=[D*(Sf-S)-(mu*X)/Yxs
    -D*P+(k1+k2*mu)*X
    -D*X+mu*X];

% Filename Oef56crun.m
y0=[10 0 1];
zspan=[0 80];
[z y]=ode45(@Oef56c,zspan, y0);
plot(z,y), xlabel('Tijd in uur'), ylabel('Concentratie in kg/m^3');
legend('S','P','X')

```

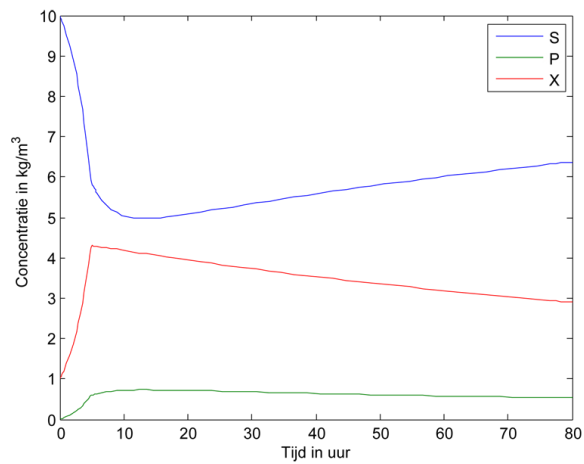
3.3 Resultaat

Hieronder worden de verlopen van een continue bioreactor nl. een chemostaat weergegeven bij verschillende dilutiesnelheden. Tijdens de transiente opstart de eerste 5 uur is $D=0$ wat overeenkomt met een batchfermentatie. Daarna werkt de reactor bij steady-state met verschillende dilutiesnelheden. De fermentatie wordt steeds 80 uur gevolgd.



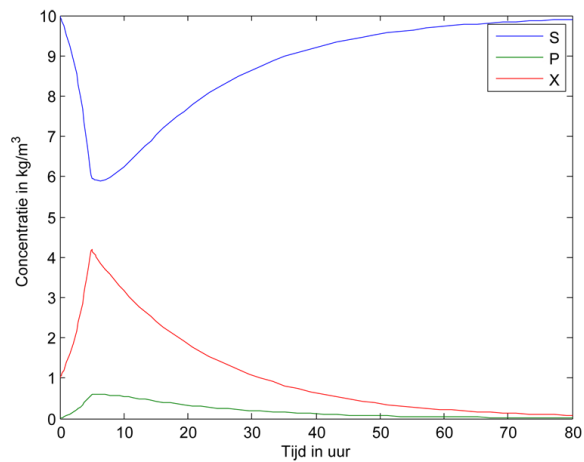
Figuur 3.1: De chemostaat met $D=0.25$

In deze figuur ziet men dat de fermentatie zeer snel de stationaire toestand bereikt. De concentratie van de biomassa ligt ook hoog in vergelijking met de andere concentraties. Deze dilutiesnelheid is dus 'ideaal' om de biomassa van voldoende substraat te voorzien en er voor te zorgen dat de biomassa niet te snel uit de reactor spoelt. De productconcentratie ligt hier dan ook hoger dan bij de andere dilutiesnelheden vermits de biomassa hier de tijd krijgt om het product te vormen.



Figuur 3.2: De chemostaat met $D=0.30$

Door de verhoging van de dilutiesnelheid, verdwijnt de biomassa sneller uit het systeem waardoor het substraat niet allemaal verbruikt wordt en er dus ook minder product wordt gevormd.



Figuur 3.3: De chemostaat met $D=0.35$

Bij deze laatste figuur zien we dat door de hoge dilutiesnelheid, het substraat begint op te stapelen waardoor deze hoge concentraties bereikt. De biomassa daarentegen spoelt snel uit het systeem en kan dus ook maar zeer weinig tot bijna product aanmaken.

De dilutiesnelheid van de eerste figuur is dus de beste. Hier wordt het meeste product aangemaakt en bereikt het systeem een stady state.

Hoofdstuk 4

Oefening 5.7: Continue bioreactor met celrecyclage

4.1 Balansen en vergelijkingen

Eerste reactor:

$$\begin{aligned} \text{Totalebiomassa :} \quad & \frac{dX_{t1}}{dt} = -B_1X_{t1}D_1 + \mu_1X_1 \\ \text{Levendebiomassa :} \quad & \frac{dX_1}{dt} = -B_1X_1D_1 + \mu_1X_1 - k_{d1}X_1 \\ \text{Glucosebalans :} \quad & V_1 \frac{dS_1}{dt} = F_1S_{f1} - B_1F_1S_1 - (1 - B_1)F_1S_1 - r_{S1}X_1V_1 \\ \text{Melkzuurbalans :} \quad & \frac{dP_1}{dt} = D_1P_{f1} - D_1P_1 + r_{P1}X_1 \end{aligned}$$

Tweede reactor:

$$\begin{aligned} \text{Totalebiomassa :} \quad & \frac{dX_{t2}}{dt} = -B_2X_{t2}D_2 + \mu_2X_2 + B_1D_2X_{t1} \\ \text{Levendebiomassa :} \quad & \frac{dX_2}{dt} = -B_2X_2D_2 + \mu_2X_2 - k_{d2}X_2 + B_1D_2X_1 \\ \text{Glucosebalans :} \quad & \frac{dS_2}{dt} = D_2S_{f2} + \frac{F_1S_1B_1}{V_2} - (B_1F_1 + F_2)\frac{S_2}{V_2} - r_{S2}X_2 \\ \text{Melkzuurbalans :} \quad & \frac{dP_2}{dt} = D_2P_{f2} + \frac{F_1P_1B_1}{V_2} - (B_1F_1 + F_2)\frac{P_2}{V_2} - r_{P2}X_2 \end{aligned}$$

4.2 Verwerking

```
% Filename 0ef57.m
function xdt=0ef57(t,y)
clc; clf;
umax=1.6;
Ks=0.22;
Kp=9.5;
kd0=0.08;
a=0.0065;
Gs=0.13;
Ds=0.128;
Gp=0.2;
Dp=0.04;
V1=1;
F1=1.5;
D1=1.5;
D2=D1;
B1=0.3;
V2=V1;
F2=F1;
B2=B1;
Pf1=0;
Pf2=0;
Sf1=30;
Sf2=30;
Xt1=y(1);
X1=y(2);
S1=y(3);
P1=y(4);
Xt2=y(5);
X2=y(6);
S2=y(7);
P2=y(8);
kd1=kd0*(1+a*P1);
kd2=kd0*(1+a*P2);
u1=umax*S1/(Ks+S1)*Kp/(Kp+P1);
u2=umax*S2/(Ks+S2)*Kp/(Kp+P2);
rs1=u1/(Gs+Ds*u1);
rs2=u2/(Gs+Ds*u2);
rp1=u1/(Gp+Dp*u1);
```



```

rp2=u2/(Gp+Dp*u2);
xdt=[-B1*Xt1*D1+u1*X1
      -B1*X1*D1+u1*X1-kd1*X1
      D1*Sf1-D1*S1-rs1*X1
      D1*Pf1-D1*P1+rp1*X1
      -B2*Xt2*D2+u2*X2+B1*D2*Xt1
      -B2*X2*D2+u2*X2+B1*D2*X1-kd2*X2
      D2*Sf2+F1*S1*B1/V2-(B1*F1+F2)*S2/V2-rs2*X2
      D2*Pf2+F1*P1*B1/V2-(B1*F1+F2)*P2/V2+rp2*X2];

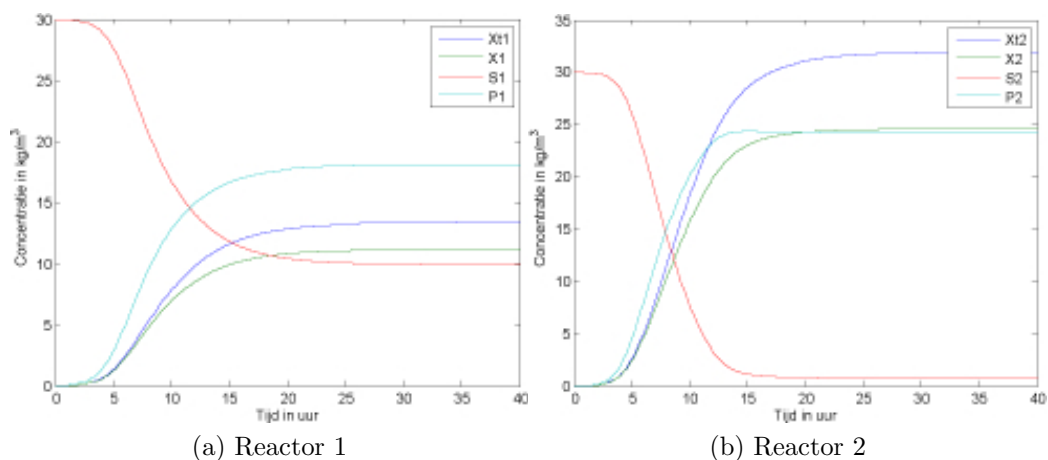
% Filename Oef57run.m
y0=[0.01 0.01 30 0 0 0 30 0];
tspan=[0 40];
[t y]=ode45(@Oef57,tspan,y0);
plot(t,y(:,1),'-',t,y(:,2),'-',t,y(:,3),'-',t,y(:,4),'-')
xlabel('Tijd in uur')
ylabel('Concentratie in kg/m^3')
legend('Xt1','X1','S1','P1');

% Filename Oef57run2.m
y0=[0.01 0.01 30 0 0 0 30 0];
tspan=[0 40];
[t y]=ode45(@Oef57,tspan,y0);
plot(t,y(:,5),'-',t,y(:,6),'-',t,y(:,7),'-',t,y(:,8),'-')
xlabel('Tijd in uur')
ylabel('Concentratie in kg/m^3')
legend('Xt2','X2','S2','P2');

```

4.3 Resultaat

In de figuren worden de verschillende concentraties voorgesteld in beide reactoren gedurende 40 uur. Hierbij is glucose het substraat en melkzuur het product van deze fermentatie. Er wordt gebruik gemaakt van een 2-trapssysteem vermits men te maken heeft met productinhibitie. Men wil zo de productiviteit verhogen. Men houdt bij deze fermentatie dan ook rekening met afsterfte van cellen.



Figuur 4.1: Continue bioreactor met celrecyclage

Men ziet op de figuren een duidelijk onderling verschil in aanwezig concentraties. Zo valt op dat in reactor 1 het substraat voornamelijk gebruikt wordt om melkzuur te vormen. De concentraties aan biomassa liggen hier lager dan de productconcentratie. Ook valt op te merken dat het substraat niet allemaal verbruikt wordt. In reactor 2 ziet men dat het substraat volledig wordt verbruikt na verloop van tijd. De biomassaconcentratie (zowel de totale als de levende) ligt hier veel hoger. Dit omdat er hier biomassa uit reactor 1 wordt toegevoegd. Door de aanwezigheid van meer biomassa wordt er dus meer substraat verbruikt. Hierdoor wordt er dus ook meer product gevormd.

Hoofdstuk 5

Oefening 5.8: Enzymkinetiek

5.1 Balansen en vergelijkingen

$$\begin{aligned} S : \quad \frac{dS}{dt} &= -k_1[S][E] + k_{-1}[ES] \\ E : \quad \frac{dE}{dt} &= -k_1[S][E] + k_{-1}[ES] + k_2[ES] \\ ES : \quad \frac{dES}{dt} &= k_1[S][E] - k_2[ES] - k_{-1}[ES] \\ P : \quad \frac{dP}{dt} &= k_2[ES] \end{aligned}$$

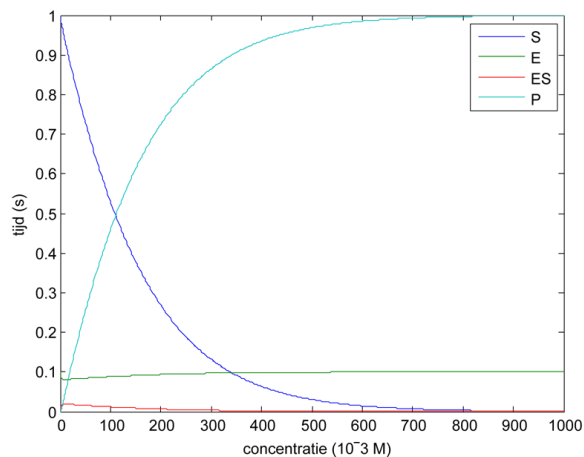
5.2 Verwerking

```
%oef58.m
function xdt = oef58(t,y)
k1=0.1;
k1rev=0.1;
k2=0.3;
S=y(1);
E=y(2);
ES=y(3);
P=y(4);
xdt=[-k1*S*E+k1rev*ES
      -k1*S*E+k1rev*ES+k2*ES
      k1*S*E-k2*ES-k1rev*ES
      k2*ES];
end
```

```
%oef58run.m
y0=[1.0 0.1 0 0];
tspan=[0 1000];
[t y]=ode45(@oef58,tspan,y0);
plot(t,y(:,1),'-',t,y(:,2),'-',t,y(:,3),'-',t,y(:,4),'-')
xlabel('concentratie (10-3 M)')
ylabel('tijd (s)')
legend('S','E','ES','P')
```

5.3 Resultaat

In de figuur wordt het verloop weergegeven van deze enzymkinetiek waarbij een enzym E de omzetting van een substraat S katalyseert om een product P te vormen via een intermediair complex ES. Dit verloop wordt weergegeven voor 1000 s.



Figuur 5.1: Enzymkinetiek

Uit de figuur kan men duidelijk opmaken dat de enzymreacties gehoorzamen aan de Michaelis-Menten-kinetiek. Men ziet duidelijk dat de vorming van product het snelt verloopt als de substraatsconcentratie het hoogst is. Door deze omzetting van substraat naar product, daalt de substraatconcentratie. Hierdoor zal ook de reactiesnelheid afnemen waardoor de stijging van de productconcentratie minder snel verloopt.

In het begin van de reactie ziet men een kleine stijging in de concentratie aan enzymcomplex waardoor er een kleine daling in de concentratie van het enzym voorkomt. Door de daling in substraatconcentratie zal de concentratie van het enzymcomplex dalen tot 0.

Hoofdstuk 6

Oefening 5.9: Populatie-dynamica van een roofdier-prooi-systeem

6.1 Balansen en vergelijkingen

$$\begin{aligned}\frac{dS}{dt} &= S_f * D - S_1 * D - \frac{\mu_1 * X_1}{Y_1} \\ \frac{dX_1}{dt} &= \mu_1 * X_1 * Y_1 - D * X_1 - \frac{\mu_2 * X_2}{Y_2} \\ \frac{dX_2}{dt} &= \mu_1 * X_2 - D * X_2\end{aligned}$$

6.2 Verwerking

```
%oef59.m  
function ydot=oef59(t,y)  
D=0.04;  
Sf=100;  
Y1=0.14;  
Y2=0.5;  
umax1=0.5;  
umax2a=0.11;  
umax2b=0.49;  
K1=10;
```

```

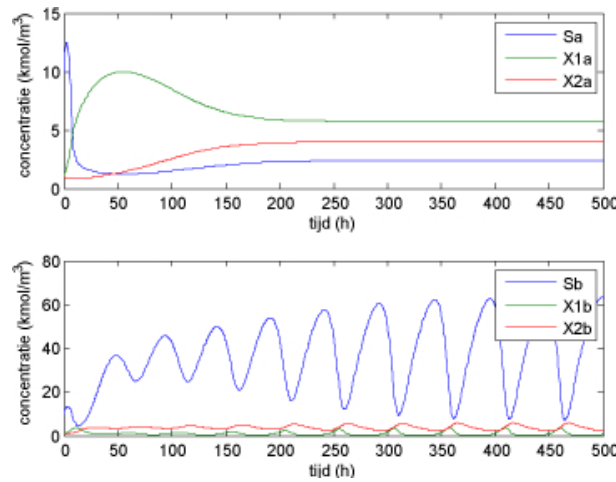
K2=10;
Sa=y(1);
X1a=y(2);
X2a=y(3);
Sb=y(4);
X1b=y(5);
X2b=y(6);
u1a=umax1*Sa/(K1+Sa);
u2a=umax2a*X1a/(K2+X1a);
u1b=umax1*Sb/(K1+Sb);
u2b=umax2b*X1b/(K2+X1b);
ydot=[Sf*D-Sa*D-u1a*X1a/Y1
      u1a*X1a-D*X1a-u2a*X2a/Y2
      u2a*X2a-D*X2a
      Sf*D-Sb*D-u1b*X1b/Y1
      u1b*X1b-D*X1b-u2b*X2b/Y2
      u2b*X2b-D*X2b];

%oef59run.m
y0=[10 1 1 10 1 1];
tspan=[0 500];
[t y]=ode45(@oef59,tspan,y0);
subplot(2,1,1)
plot(t,y(:,1),'-',t,y(:,2),'-',t,y(:,3),'-')
xlabel('tijd (h)')
ylabel('concentratie (kmol/m^3)')
legend('Sa','X1a','X2a');
subplot(2,1,2)
plot(t,y(:,4),'-',t,y(:,5),'-',t,y(:,6),'-')
xlabel('tijd (h)')
ylabel('concentratie (kmol/m^3)')
legend('Sb','X1b','X2b');

```

6.3 Resultaat

In de figuur wordt de populatiedynamica voorgesteld voor een gemengde populatie bestaande uit 2 organismen waarbij het eerste organisme X_1 wordt geconsumeerd door het tweede organisme X_2 . Het verloop van deze fermentatie wordt weergegeven vanaf de transiënte opstart gedurende 500 uur. Deze berekeningen worden gemaakt voor 2 verschillende maximale groeisnelheden voor het tweede organisme.



Figuur 6.1: Populatiedynamica van een roofdier-prooi-systeem

Op de eerste figuur wordt het verloop weergegeven met $\mu_{max,2} = 0,11h^{-1}$ en op de figuur eronder voor $\mu_{max,2} = 0,49h^{-1}$. Men ziet op de onderste figuur dat men te maken heeft met een periodiek verloop van de concentraties. Dit is te verklaren doordat de maximale groeisnelheid van organisme 2 hier bijna even groot is als de maximale groeisnelheid van organisme 1. Hierdoor neemt eerst de concentratie van organisme 2 toe. Hierdoor daalt de concentratie van organisme 1. Dit veroorzaakt schaarste bij organisme 2 waardoor deze concentratie weer daalt. Hierdoor kan organisme 1 weer beter groeien en stijgt deze concentratie weer. Het stijgen en dalen van de concentratie van organisme 1 gaat gepaard met het stijgen en dalen van het substraat. Als de concentratie van organisme 1 stijgt, dan daalt de substraatsconcentratie en omgekeerd. De onderste reactor is dus onstabiel.

Als men kijkt naar de eerste figuur, ziet men een normaal verloop van de concentraties. Na een tijd wordt een steady-state bereikt. Het substraat wordt hier echter nooit volledig opgebruikt doordat organisme 1 de prooi is van organisme 2 en zich dus niet helemaal optimaal kan ontwikkelen. Deze reactor is dus in evenwicht.

Hoofdstuk 7

Oefening 5.10: Nitrificatie in een actief-slibproces

7.1 Balansen en vergelijkingen

Reactor:

$$\begin{aligned} \text{Substraat : } V_r \frac{dS_r}{dt} &= F_0 S_{r0} - F_1 S_{r1} + F_2 S_{r2} - \frac{Q_{Hr}}{Y_{Hr}} V_r \\ \text{Ammonium : } V_r \frac{dA_r}{dt} &= F_0 A_{r0} - F_1 A_{r1} + F_2 A_{r2} - \frac{Q_{Hr}}{Y_{Hr}} V_r \\ \text{Heterotrofebiomassa : } V_1 \frac{dX_{Hr}}{dt} &= Q_{Hr} V_1 - X_{Hr} F_1 + X_{Ht} F_2 \\ \text{Nitrifierendebiomassa : } V_1 \frac{dX_{Nr}}{dt} &= Q_{Nr} V_1 - X_{Nr} F_1 + X_{Nt} F_2 \end{aligned}$$

Bezinkingstank:

$$\begin{aligned} \text{Substraat : } V_2 \frac{dS_t}{dt} &= F_1 S_r - F_3 S_t - F_4 S_t \\ \text{Ammonium : } V_2 \frac{dA_t}{dt} &= F_1 A_r - F_3 A_t - F_4 A_t \\ \text{Heterotrofebiomassa : } V_2 \frac{dX_{Ht}}{dt} &= X_{Hr} F_1 - X_{Ht} F_3 \\ \text{Nitrifierendebiomassa : } V_2 \frac{dX_{Nt}}{dt} &= X_{Nr} F_1 - X_{Nt} F_3 \end{aligned}$$

7.2 Verwerking

```
% Filename Def510.m
function xdt=Def510(t,y)
V1=100;
V2=100;
R=0.95;
C=2;
F0=20;
S0=1;
A0=0.1;
umaxH=0.5;
umaxN=0.04;
Kh=0.5;
Kn=1.0;
Yh=0.5;
Yn=0.1;
Sr=y(1);
Ar=y(2);
Xhr=y(3);
Xnr=y(4);
St=y(5);
At=y(6);
Xht=y(7);
Xnt=y(8);
F2=F0*R;
F1=F0*R+F0;
F3=F1/C;
F4=F1-F3;
%F5=F3-F2;
qhr=(umaxH*Sr*Xhr/(Kh+Sr))*Xhr;
qnr=(umaxN*Ar*Xnr/(Kn+Ar))*Xnr;
xdt=[(F0*S0-F1*Sr+F2*St-qhr*V1/Yh)/V1
      (F0*A0-F1*Ar+F2*At-qnr*V1/Yn)/V1
      (qhr*V1-Xhr*F1+Xht*F2)/V1
      (qnr*V1-Xnr*F1+Xnt*F2)/V1
      (F1*Sr-F3*St-F4*St)/V2
      (F1*Ar-F3*At-F4*At)/V2
      (F1*Xhr-F3*Xht)/V2
      (F1*Xnr-F3*Xnt)/V2];
```

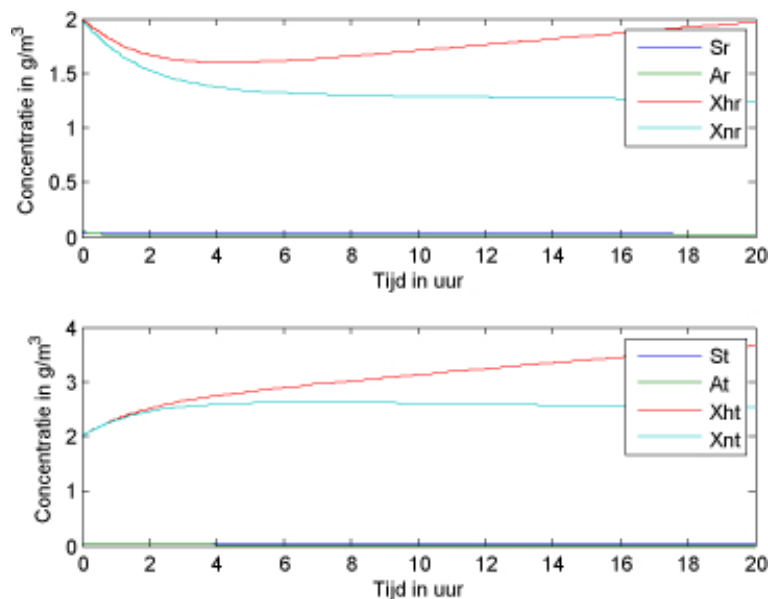
```

% Filename Oef510run.m
y0=[0.05 0.05 2 2 0.05 0.05 2 2];
tspan=[0 20];
[t y]=ode45(@Oef510,tspan,y0);
subplot(2,1,1)
plot(t,y(:,1:4)), xlabel('Tijd in uur'), ylabel('Concentratie in g/m^3');
legend('Sr','Ar','Xhr','Xnr');
subplot(2,1,2)
plot(t,y(:,5:8)), xlabel('Tijd in uur'), ylabel('Concentratie in g/m^3');
legend('St','At','Xht','Xnt');

```

7.3 Resultaat

In de figuur wordt het verloop weergegeven van de concentraties gedurende 20 uur. De bovenste figuur is voor de reactor en de onderste voor de bezinkingstank. Waarbij de index t staat voor tank, r voor reactor, A voor ammoniumsubstraat en S voor organisch substraat.



Figuur 7.1: Nitrificatie in een actief-slibproces

Men stelt vast dat de concentraties van het organische en het ammoniumsubstraat zeer laag blijven. Dit wil dus zeggen dat het actief-slibproces goed werkt. Men ziet ook een vrij constant verloop van de concentratie heterotrofe en nitrifiërende biomassa. De heterotrofe biomassa stijgt maar heel licht. Deze stijging zal sneller gaan in de reactor waar groei mogelijk is. De nitrifiërende biomassa daalt lichtjes doordat de aangroei niet snel genoeg is om de uitspoeling teniet te doen. In het algemeen kan men opmaken dat men een goed werkend actief-slibproces heeft ontworpen met een goed slibuitlaat-debiet. Men kan echter maar moeilijk voorkomen dat er kleine veranderingen optreden in de concentraties van de verschillende biomassa's.