

### 3. VAJA: SIMULACIJA ŠARŽNEGA BIOPROCESA

Datum: 17.11.2006

#### 1. OSNOVE

##### Šaržni proces

{BATFERM}  
{ BATCH GROWTH WITH PRODUCT FORMATION}  
{ CONSTANTS}

$\mu_{\max}$
$K_S$
$\beta$
$\alpha$
$Y_{X/S}$
$X_0$
$S_0$
$P_0$

UM=0.3

KS=0.1

K1=0.03

K2=0.08

Y=0.8

X0=0.01

S0=10

P0=0

{Initial Conditions}

INIT X=X0

INIT S=S0

INIT P=P0

{Mass Balances}

X' = RX ;BIOMASS BALANCE

S' = RS ;SUBSTRATE BALANCE

P' = RP ;PRODUCT BALANCE

{Kinetics}

RX = U\*X ;BIOMASS RATE EQUATION

U=UM\*S/(KS+S) ;MONOD EQUATION

RS=-RX/Y ;SUBSTRATE RATE EQUATION

RP=(K1+K2\*U)\*X ;PRODUCT RATE EQUATION

Limit S>=0.0

## Šaržni proces z napajanjem substrata

{FEDBAT; Fermentation with batch start up}

{Flow rate is initially zero. It can be switched on by changing F1 to a value higher than 0.}

{constants}

UM=0.3

KS=0.1

K1=0.03

K2=0.08

Y=0.8

SF=10

F1=1.5

X1=0.01

S1=10

P1=0

tfeed=22.5

F=if time>=tfeed then F1 else 0      {batch start up}

{Initial Conditions}

init V=1

init VX=V\*X1

init VS=V\*S1

init VP=V\*P1

{Mass balances}

d/dt(V)=F

d/dt(VX)=RX\*V

d/dt(VS)=F\*SF+RS\*V

d/dt(VP)=RP\*V

{Calculation of concentrations}

X=VX/V

S=VS/V

P=VP/V

{Kinetics}

RX=U\*X

U=UM\*S/(KS+S)

RS=-RX/Y

RP=(K1+K2\*U)\*X

D=F/V

{nominal dilution rate}

## 2. NALOGA

Za posamezni način vodenja bioprocasa preučiti vpliv parametrov na njegov potek s pomočjo matematičnega modela tega procesa in računalniško simulacijo:

- pri šaržnem procesu s spreminjanjem parametrov  $K_s$ ,  $\mu_{max}$ ,  $Y_{X/S}$  ter  $\alpha$  in  $\beta$  opazovati spremembe v poteku procesnih spremenljivk
- pri procesu z napajanjem substrata opazovati vpliv  $F_V$  in  $S_V$  na potek procesa

### 3. APARATURA

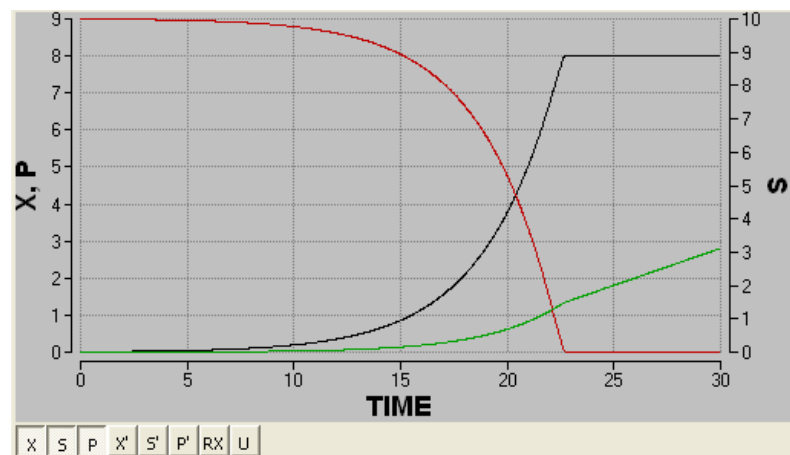
Računalnik in program Berkeley Madonna.

### 4. REZULTATI SIMULACIJ IN KOMENTARJI

#### ŠARŽNI PROCES

Začetni pogoji

$\mu_{max}$
$K_s$
$\beta$
$\alpha$
$Y_{X/S}$
$X_0$
$S_0$
$P_0$



UM=0.3  
 KS=0.1  
 K1=0.03  
 K2=0.08  
 Y=0.8  
 X0=0.01  
 S0=10  
 P0=0

#### Legenda

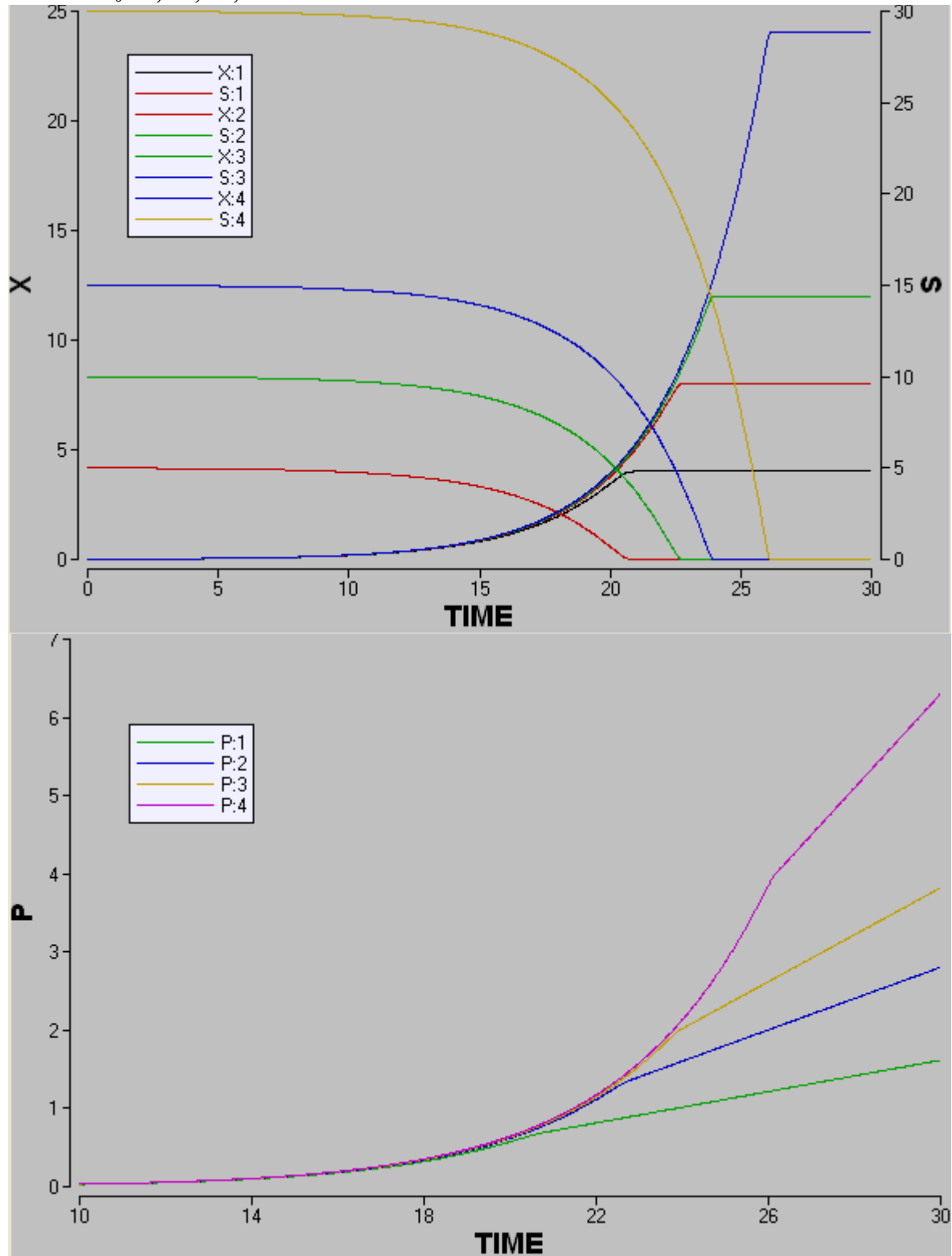
—	X:1
—	S:1
—	P:1

X = koncentracija biomase  
 S = koncentracija substrata

**P = koncentracija produkta**

### 4.1 Spreminjanje $S_0$

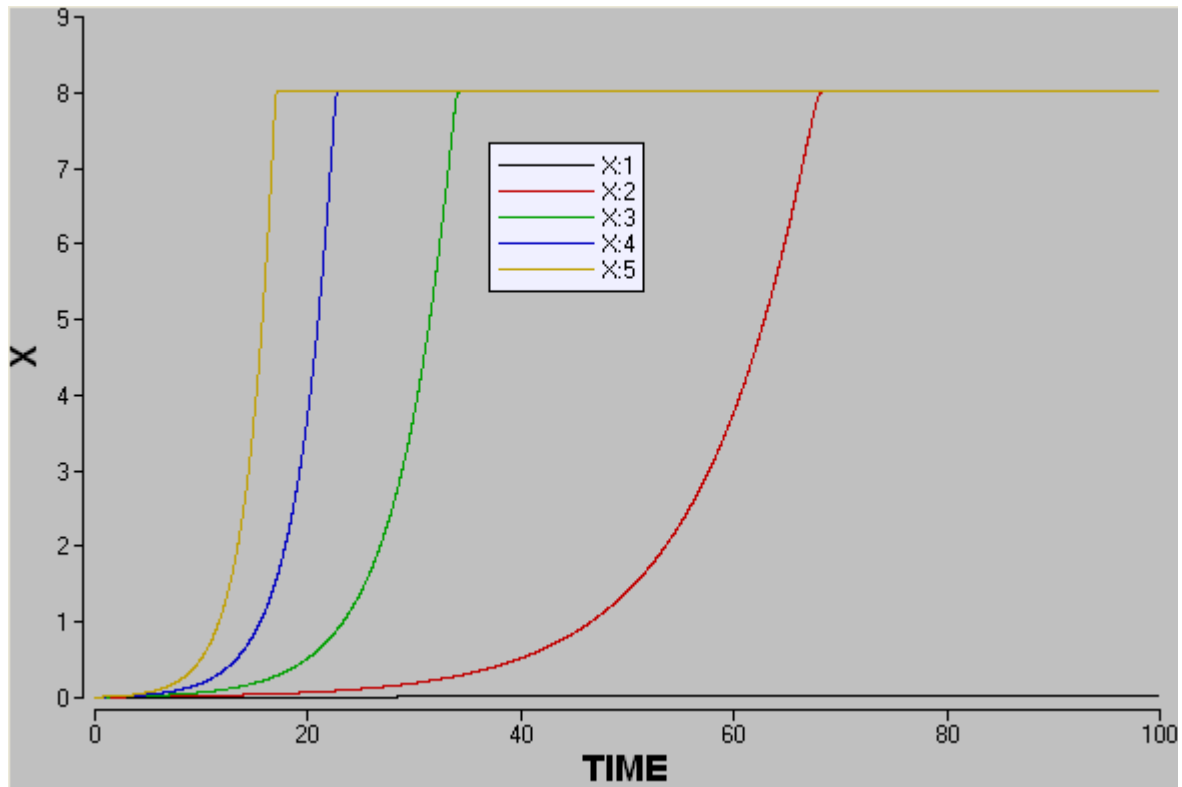
1-2-3-4:  $S_0 = 5, 10, 15, 30$

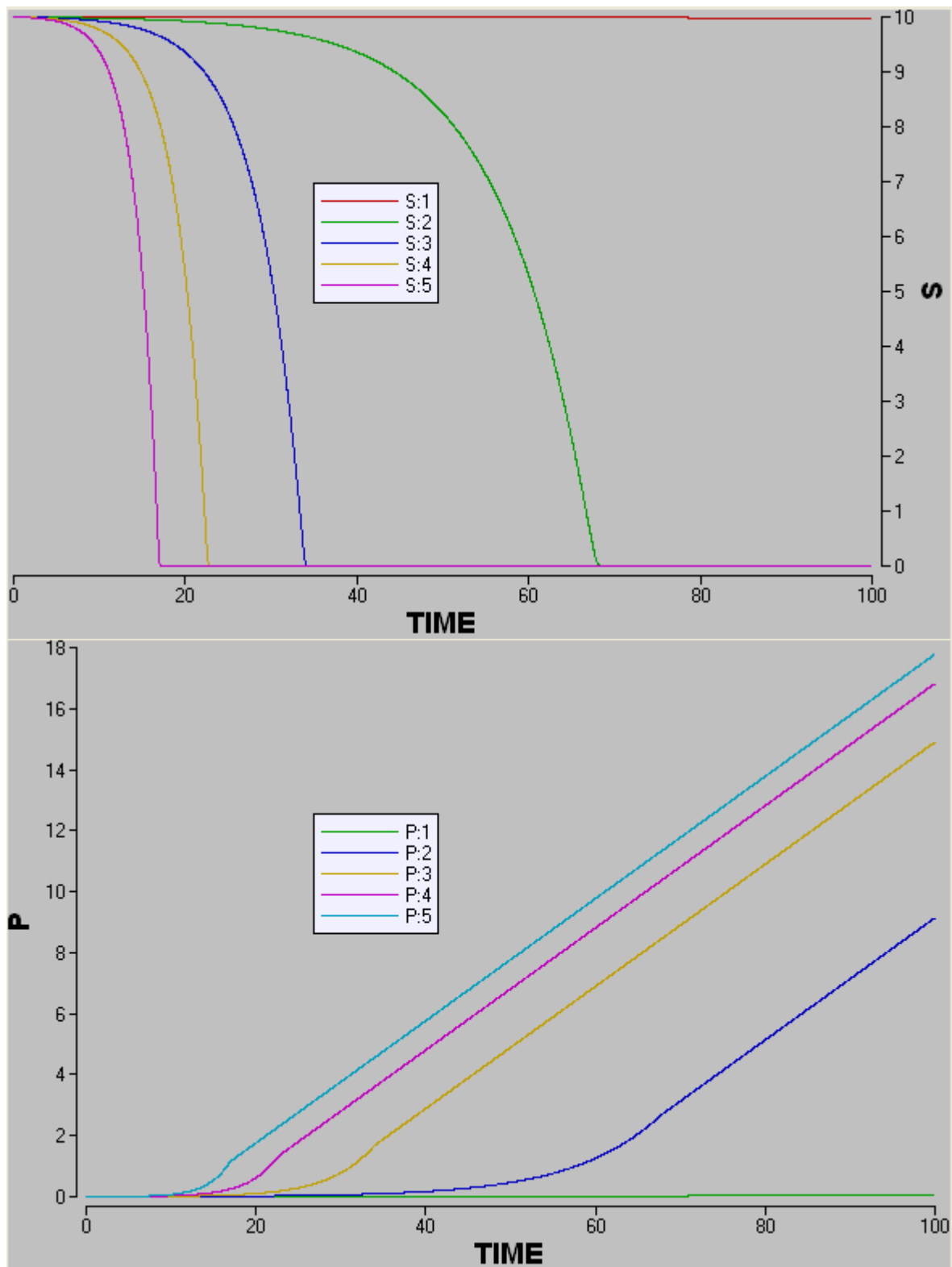


Komentar: S spreminjanjem začetne koncentracije substrata koncentracija biomase doseže stacionarno stanje kasneje, je pa zato več. Več kot je substrata na začetku, kasneje njegova koncentracija pade na nič. Če je začetna koncentracija substrata majhna, produkt začne nastajati prej, a ga je manj, kot če je  $S_0$  velika.

#### 4.2 Spreminjanje $\mu_{max}$

1-2-3-4-5: 0.01 – 0.1 – 0.2 – 0.3 – 0.4

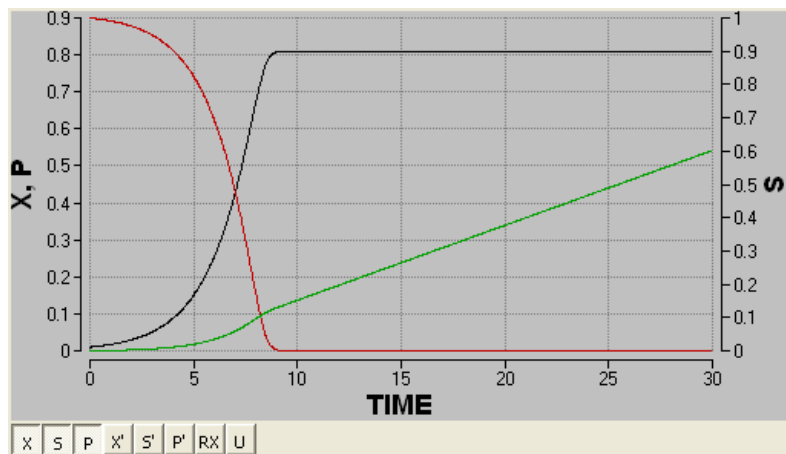




**Komentar:** Z večanjem maksimalne specifične hitrosti rasti mikroorganizma ( $\mu_{\max}$ ) nastane večja količina biomase hitreje (kljub temu pa se maksimalna vrednost biomase ne spremeni), substrat se hitreje porabi in produkt hitreje nastaja.

#### 4.3 Spreminjanje $\mu_{\max}$ in $S_0$

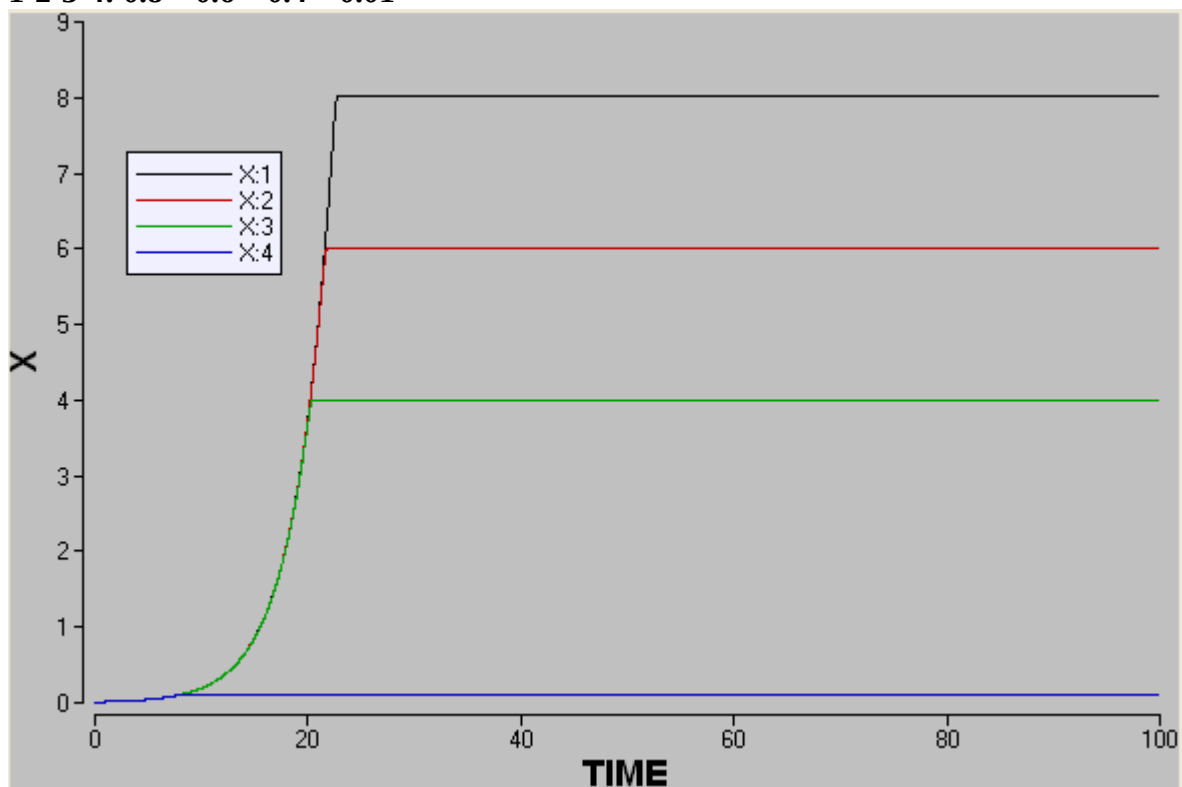
$UM=0.6$   
 $KS=0.1$   
 $K1=0.03$   
 $K2=0.08$   
 $Y=0.8$   
 $X0=0.01$   
 $S0=1$   
 $P0=0$

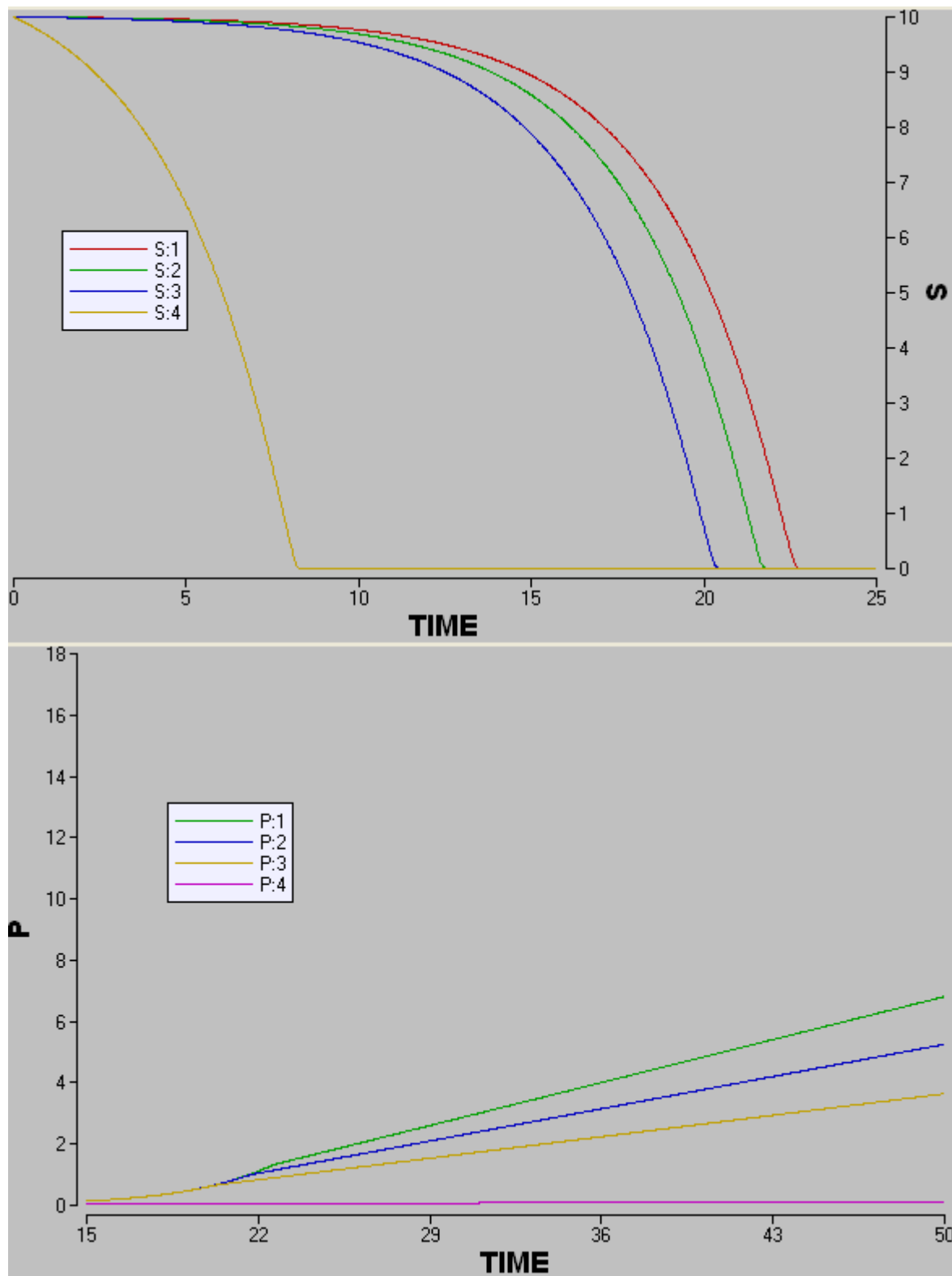


Komentar: Če hkrati zmanjšamo  $S_0$  ( $10 \rightarrow 1$ ) in povečamo  $\mu_{max}$ , ostanejo krivulje zelo podobne, le vse se zgodi prej: hitreje nastaja biomasa, zaradi tega se tudi hitreje porablja substrat.

#### 4.4 Spreminjanje $Y_{X/S}$

1-2-3-4: 0.8 – 0.6 – 0.4 – 0.01





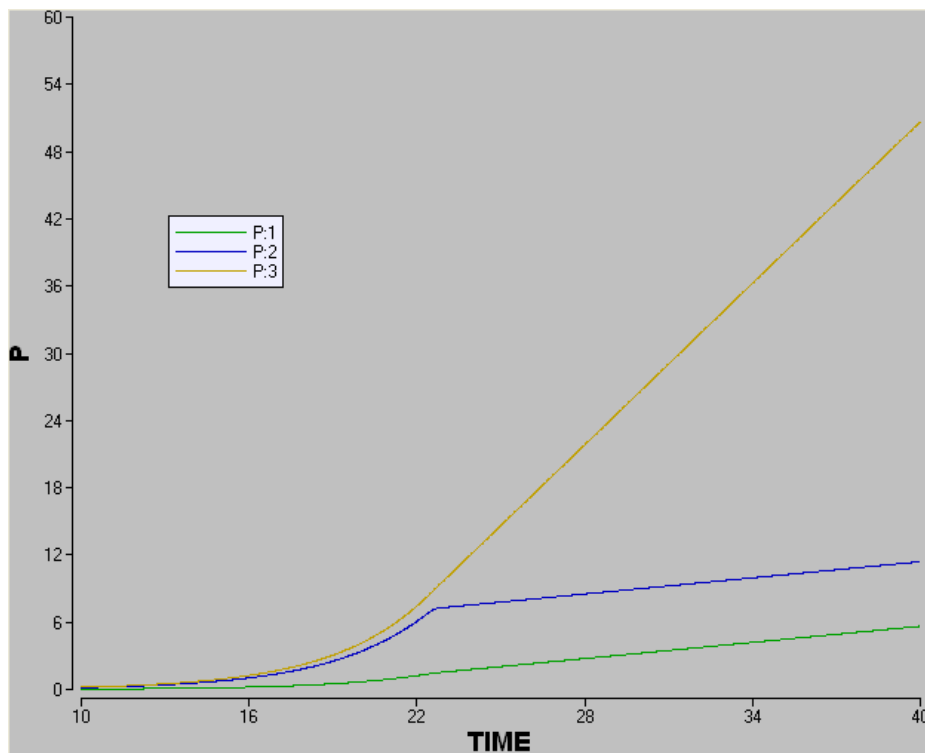
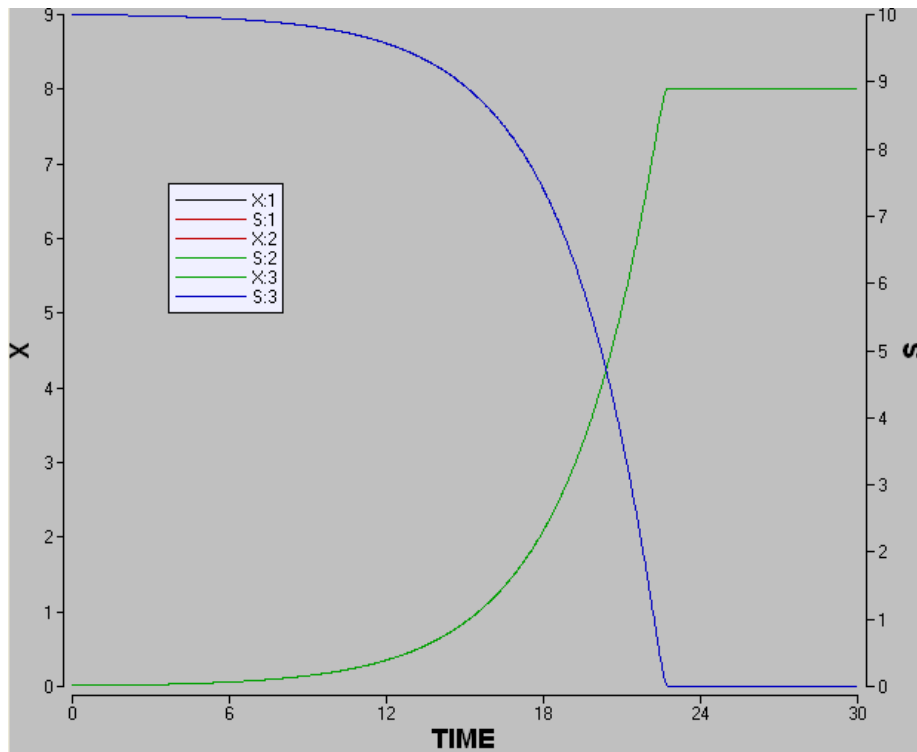
Komentar: Z manjšanjem  $Y_{x/S}$  nastane manj biomase in produkta, substrat se prej porabi.

#### 4.5 Spreminjanje $\alpha$ (K2) in $\beta$ (K1)

Št. v	K1	K2
-------	----	----



legendi		
1	0.03	0.08
2	0.03	0.8
3	0.3	0.08

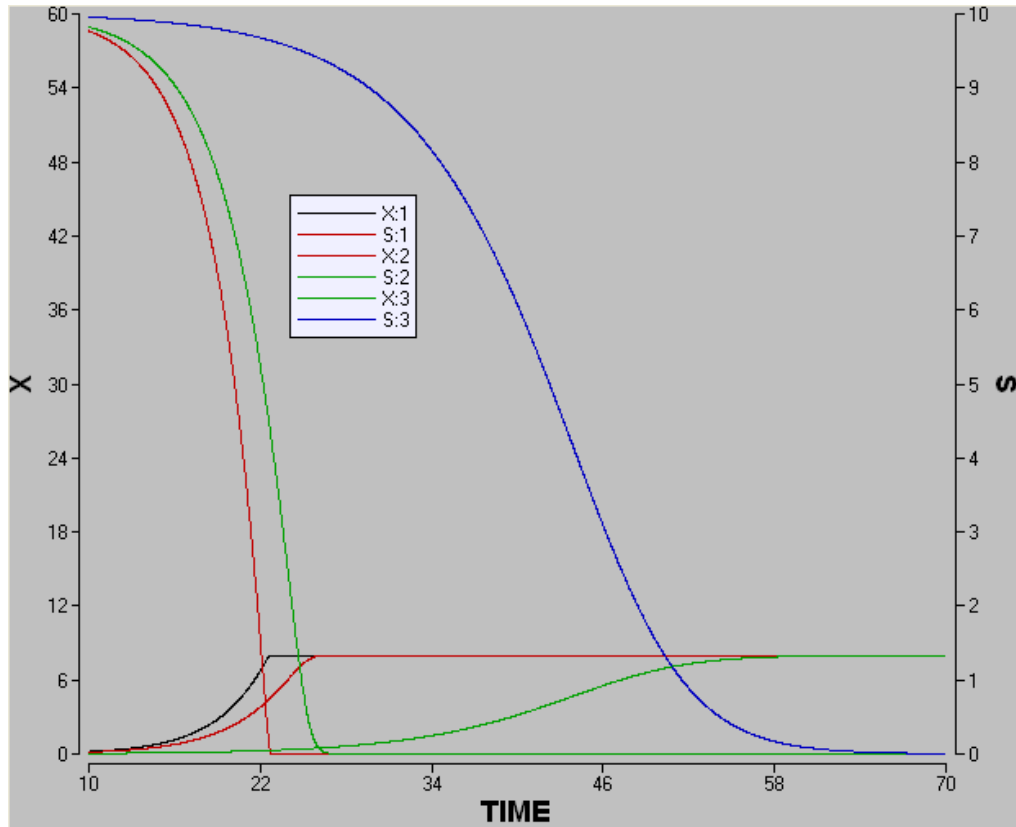


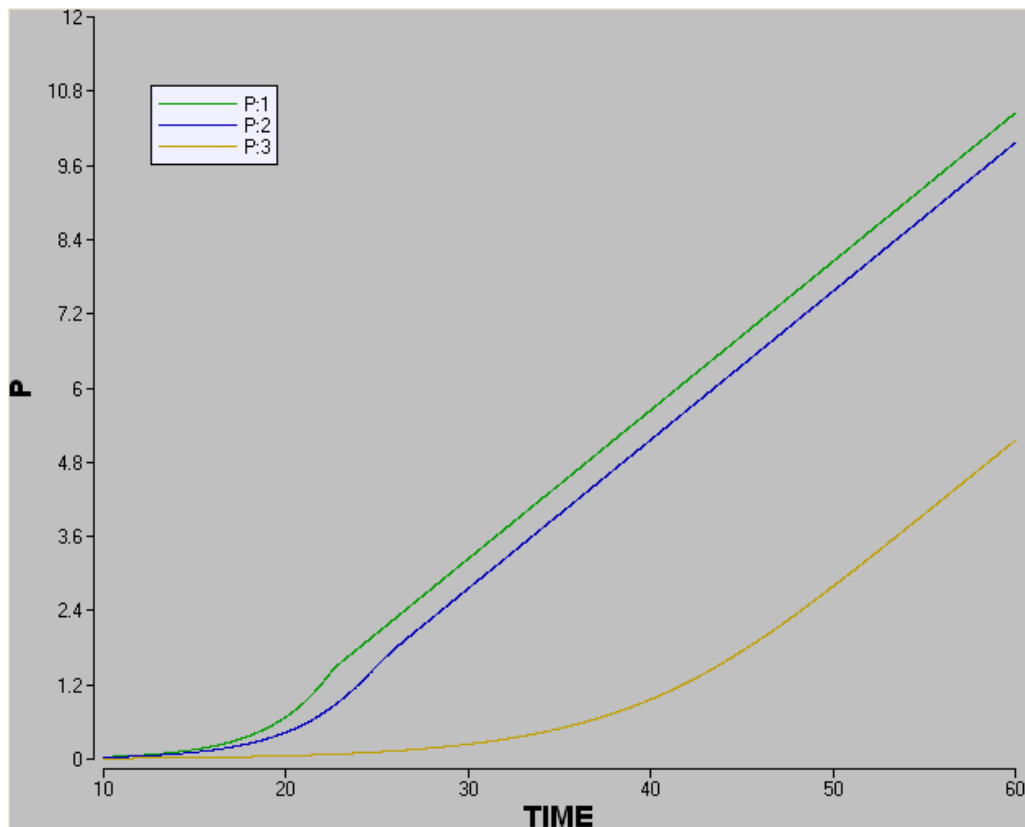
Komentar: Spreminjanje parametrov  $\alpha$  in  $\beta$  ne vpliva na nastajanje biomase in porabo substrata, vpliva pa na nastajanje produkta. In sicer: če je  $\alpha$  za dva reda velikosti večji kot  $\beta$  se naklon krivulje za produkt ne spremeni bistveno (modra glede na izhodno zeleno), če pa je  $\beta$

za dva reda velikosti večji kot  $\alpha$ , tedaj se naklon krivulje za produkt bistveno poveča (oker glede na izhodno zeleno).

#### 4.6 Spreminjanje $K_s$

0.1 – 1 - 10



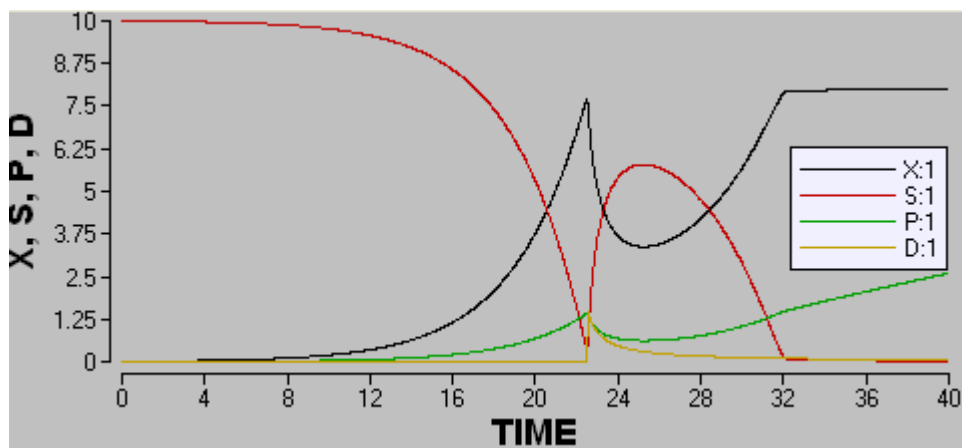


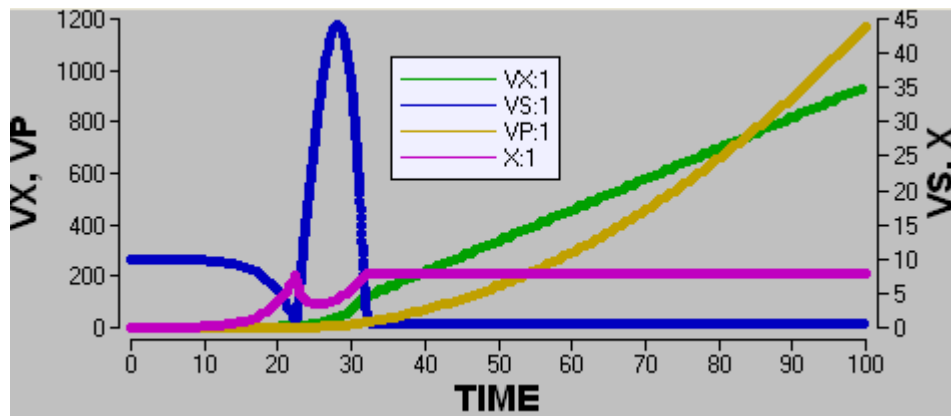
Komentar: S povečevanjem  $K_s$  biomasa nastaja počasneje (a v vseh treh primerih pride do iste maksimalne vrednosti), substrat se počasneje porablja in produkt počasneje nastaja (naklon pa je isti).

### ŠARŽNI PROCES Z NAPAJANJEM SUBSTRATA

#### Začetni pogoji

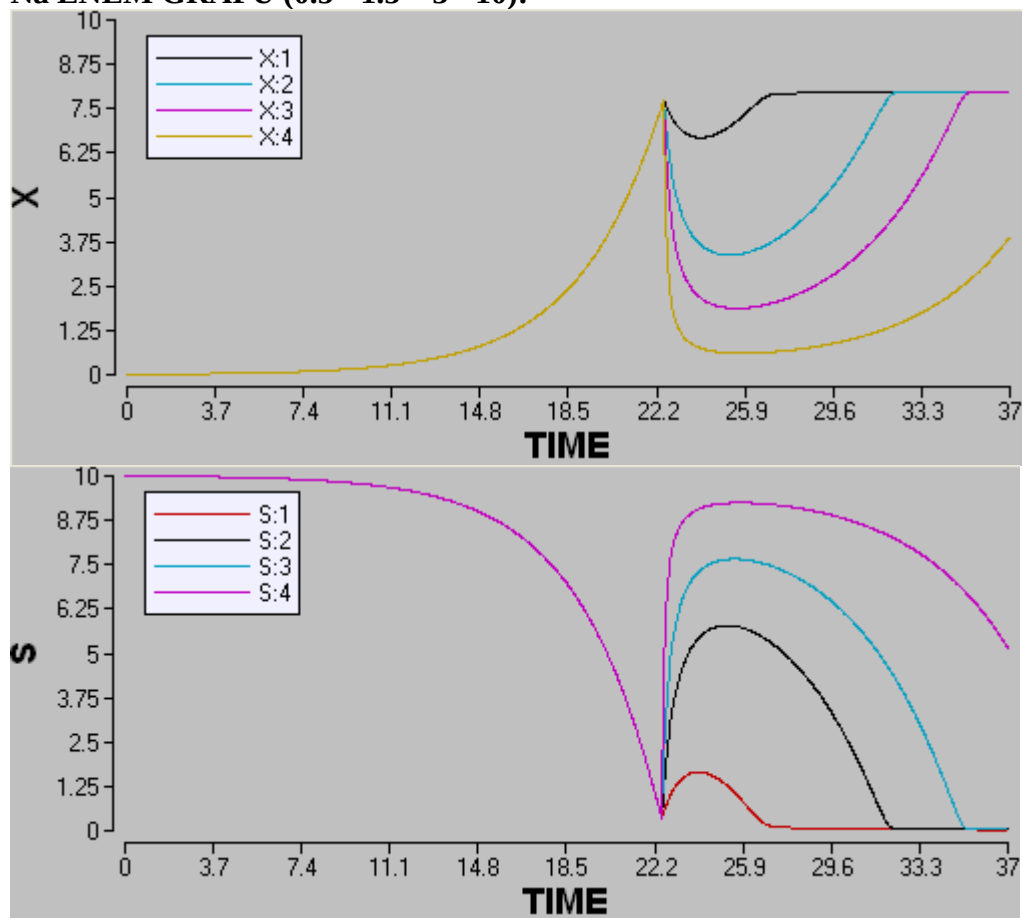
$UM=0.3$   
 $KS=0.1$   
 $K1=0.03$   
 $K2=0.08$   
 $Y=0.8$   
 $SF=10$   
 $F1=1.5$   
 $X1=0.01$   
 $S1=10$   
 $P1=0$   
 $t_{feed}=22.5$

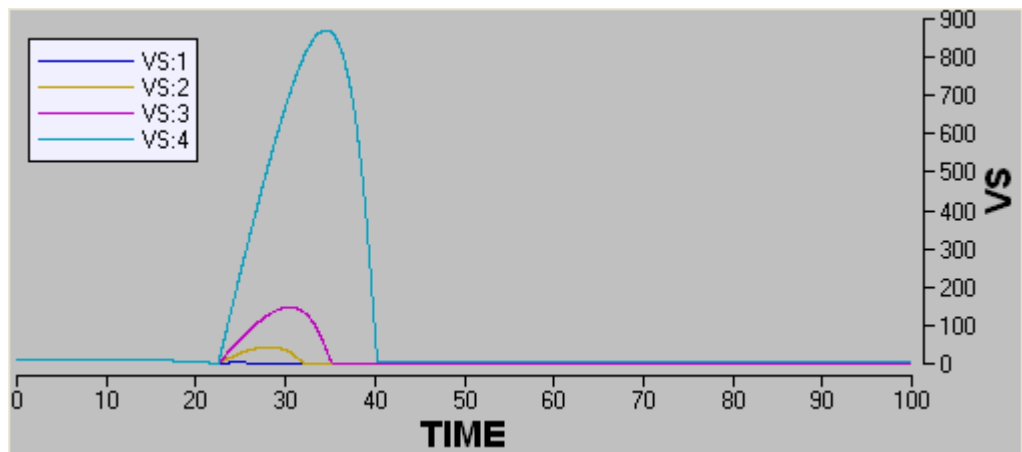
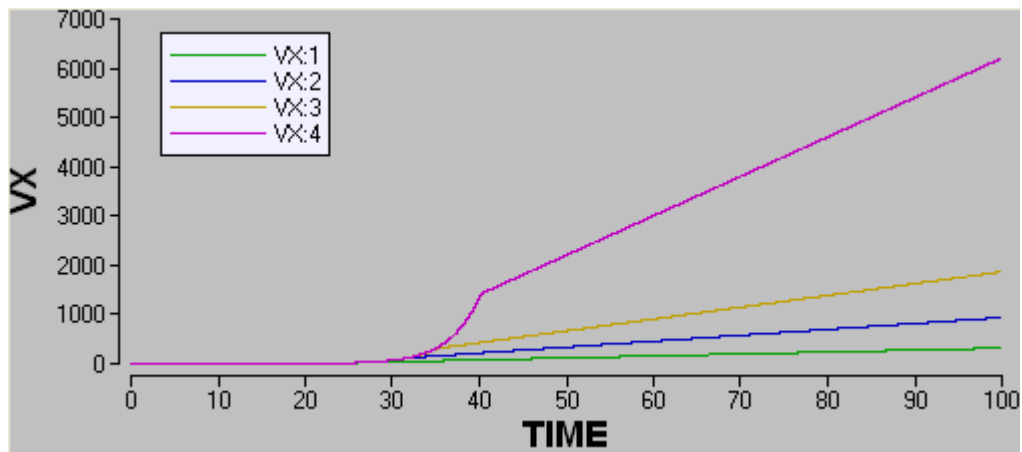




**4.7 Spreminjanje  $F_v$  (0.15, 1.5=začetni pogoji, 15) pri  $S_v$ =konst**

**Na ENEM GRAFU (0.5 - 1.5 - 3 - 10):**

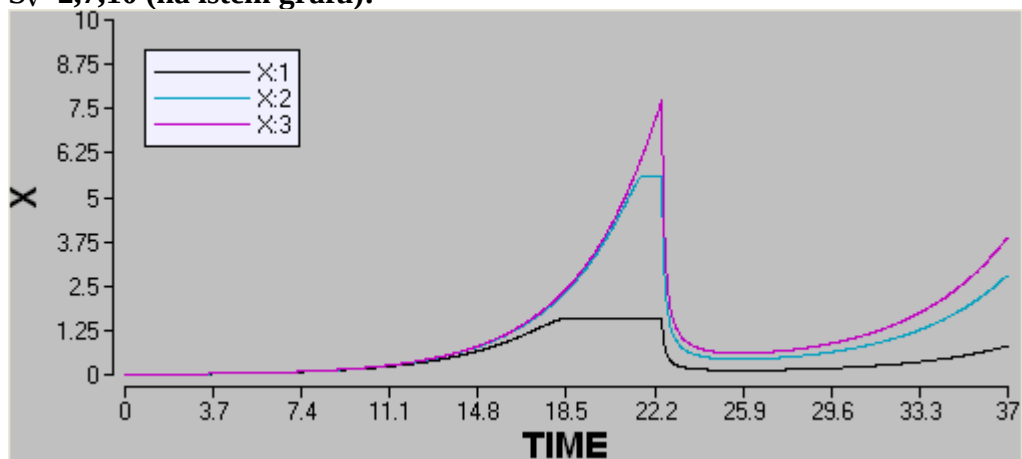


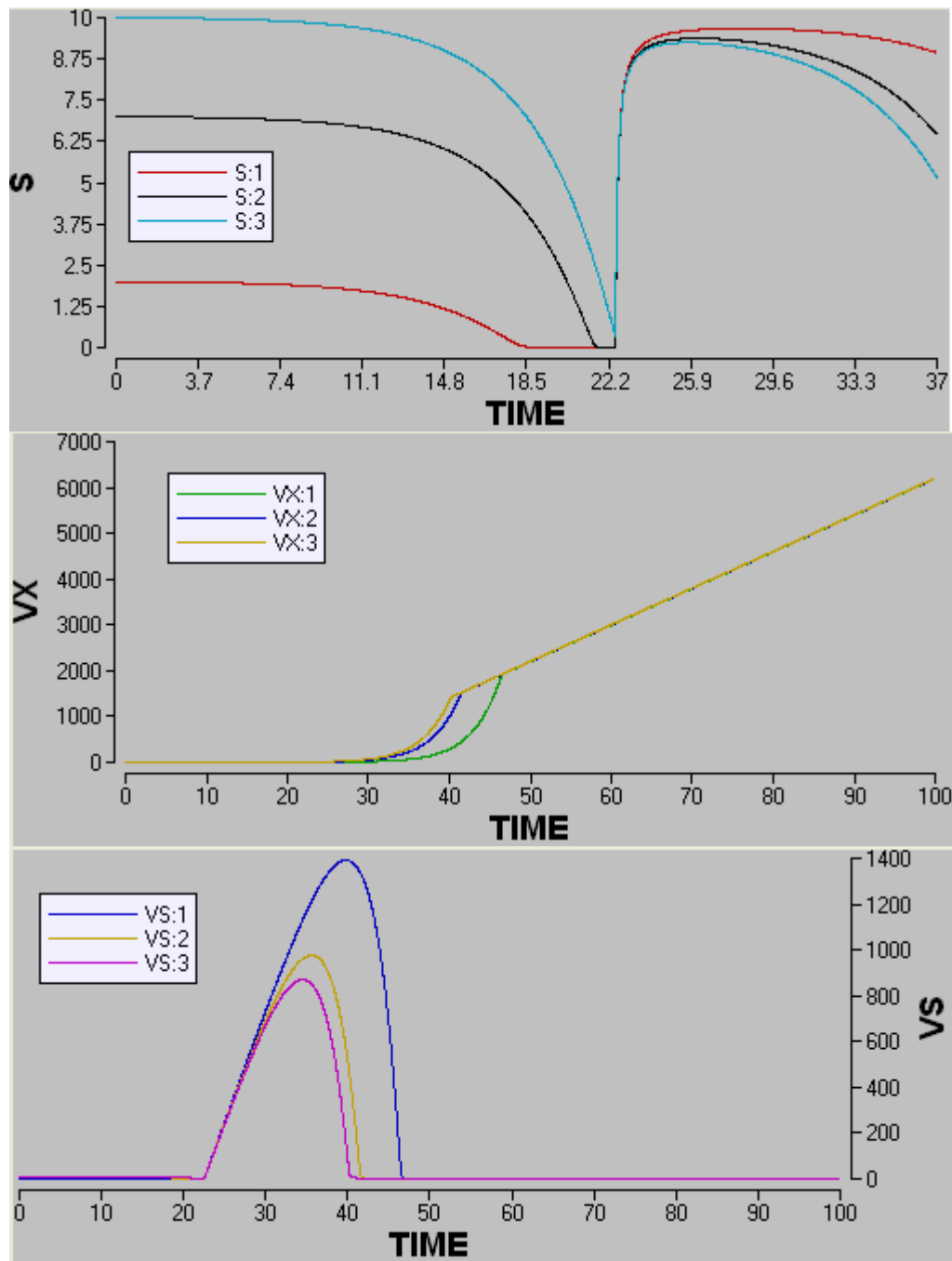


**Komentar:** Z večanjem  $F_v$  pri konstantnem  $S_v$  biomasa po dodatku substrata ( $t=22,5$  h) kasneje pride nazaj na maksimalno vrednost, dodani substrat se počasneje porablja, volumna biomase in substrata raste (zato se njuna koncentracija nižja).

#### 4.8 Spreminjanje $S_v$ (1, 10=začetni pogoji, 100) pri $F_v$ =konst

$S_v=2,7,10$  (na istem grafu):



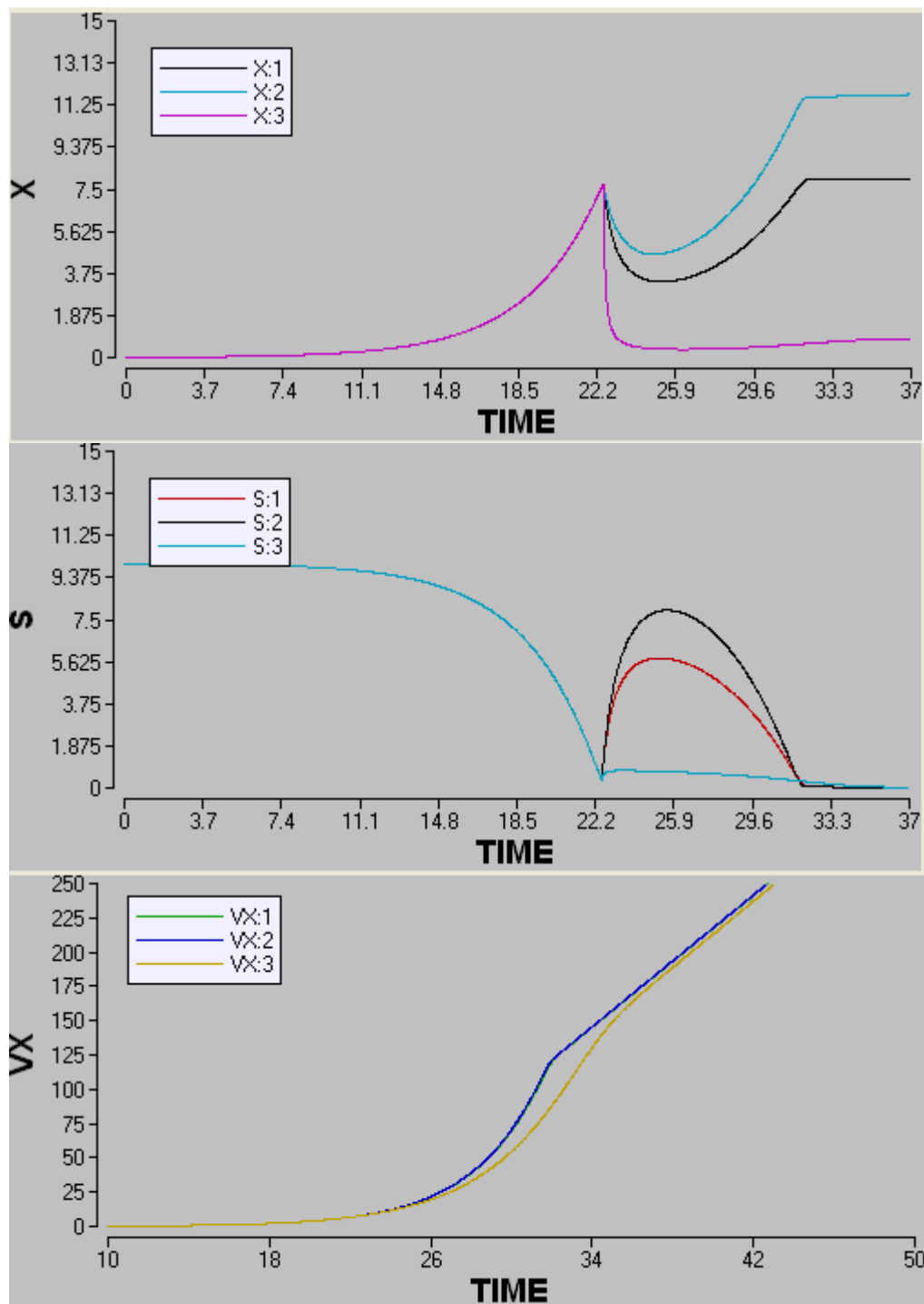


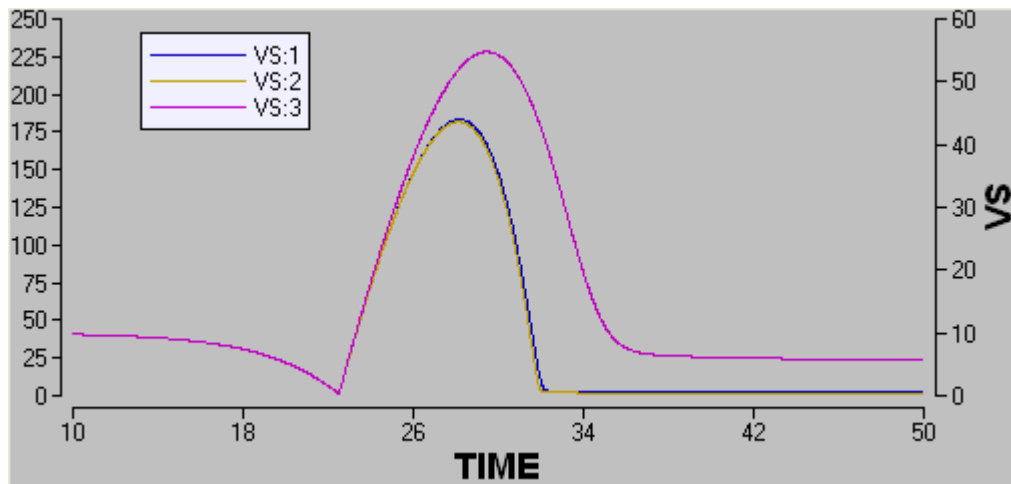
Komentar: Z večanjem  $S_v$  (vstopne koncentracije substrata) ob času  $t=22,5$  h pri volumnu biomase ni bistvene spremembe, zato se tudi njena koncentracija bistveno ne spreminja. Je pa volumen substrata večji, zato je njegova koncentracija ob večjem  $S_v$  manjša.

#### 4.9 Spreminjanje $S_v$ in $F_v$ , da bo $S_v \cdot F_v = \text{konst} = 15$

Št. v legendi	Fv	Sv	Fv·Sv
1	1.5	10	15
2	1	15	15
3	15	1	15

← začetni pogoji





Komentar: Če držimo zmnožek  $S_v \cdot F_v$  konstanten se zgodi naslednje: Če je  $S_v$  člen, ki je bistveno večji, nastane več biomase, substrat prej izgine,  $V_x$  in  $V_s$  pa se ne spremenita bistveno. Obratno velja, če je bistveno večji člen  $F_v$ .