



LUND UNIVERSITY

Projektarbete i systemteknik

Simulering av produktionssystem för värmeväxlarplattor vid Alfa-Laval i Lund

Axler, Erik; Bergman, Mats; Herbertsson, Carl-Göran; Jeppsson, Anders; Tenne, Ola

1976

Document Version:

Förlagets slutgiltiga version

[Link to publication](#)

Citation for published version (APA):

Axler, E., Bergman, M., Herbertsson, C.-G., Jeppsson, A., & Tenne, O. (1976). *Projektarbete i systemteknik: Simulering av produktionssystem för värmeväxlarplattor vid Alfa-Laval i Lund*. (Technical Reports TFRT-7102). Department of Automatic Control, Lund Institute of Technology (LTH).

Total number of authors:

5

General rights

Unless other specific re-use rights are stated the following general rights apply:

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

Read more about Creative commons licenses: <https://creativecommons.org/licenses/>

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

LUND UNIVERSITY

PO Box 117
221 00 Lund
+46 46-222 00 00

TFRT-7102

PROJEKTARBETE I SYSTEMTEKNIK

E. AXLER
M. BERGMAN
C-G. HERBERTSSON
A. JEPSSON
O. TENNE

Rapport 7632 (C) Juni 1976
Inst. för Reglerteknik
Lunds Tekniska Högskola

TILLHÖR REFERENSBIBLIOTEKET

UTLANAS EJ

INSTITUTIONEN FÖR
R E G L E R T E K N I K
LUNDS TEKNISKA HÖGSKOLA

PROJEKTARBETE I SYSTEMTEKNIK

SIMULERING AV PRODUKTIONSSYSTEM FÖR VÄRMEVÄXLARPLATTOR
VID ALFA-LAVAL I LUND

HANDLEDARE:

UNIV. LEKTOR GUSTAV ÖLSSON LTH

CIV. ING LARS JOSEFSSON

FÖRFATTARE:

ERIK AXLER

MATS BERGMAN

CARL-GÖRAN HERBERTSSON

ANDERS JEPPSSON

OLA TENNE

MAJ 1976

Sammanfattning

Denna rapport är resultatet av ett kort projektarbete, utfört vid Institutionen för Reglerteknik, i ämnet Systemteknik och omfattar reglering av en produktionskedja i en verkstad vid Alfa-Laval i Lund.

Produktionen utgörs av värmeväxlare och utförs med flödesorienterat system, dvs ett system där arbetsgruppen själv styr var och i vilken utsträckning en arbetsinsats skall göras.

Målsättningen var att göra ett datorprogram i SIMNON med vilket tillverkningen för en typ av plattor till plattvärmeväxlare skulle simuleras.

Med hjälp av flödesschema över tillverkningen och en matematisk modell för denna, där hänsyn togs till ett antal stokastiska variabler, gjordes ett datorprogram, i vilket produktionen simulerades.

Vid manuell omflyttning av personer under simulering erhöles en cyklisk planering om 20 timmar. Då omflyttningen sköttes helt automatiskt av datorn, via styrlagar och prioriteringar, erhöles ett system där mellanlagren hölls på rimliga nivåer.

Enär tiden för projektet var liten, fick det en starkt begränsad omfattning. Målsättningen har dock uppfyllts, och eftersom problemet är mycket intressant rekommenderar projektgruppen att detta projekt utvecklas till ett examensarbete, där hänsyn till flera olika plattors simultana produktion liksom till problemen vid produktionsplanering över en längre tidsrymd tages.

Innehållsförteckning

1. Introduktion.....	sid 1
2. Uppgift.....	sid 2
2.1 Allmänt om flödesorienterad tillverkning.....	sid 2
2.2 Projektgruppens problem.....	sid 2
2.3 Målsättning.....	sid 4
3. Matematisk modell.....	sid 5
3.1 Ingående variabler.....	sid 5
3.2 Flödesschema för tillverkningen.....	sid 6
3.3 Matematisk beskrivning av variabler.....	sid 7
4. Simuleringsprogram.....	sid 8
4.1 Symbolförklaringar i datorprogrammen LAVAL och CONN.....	sid 8
4.2 Dataprogram LAVAL NOIS1 och CONN.....	sid 9
4.3 Stokastiska variablerna.....	sid12
4.4 Exempel på funktion hos programmet LAVAL.....	sid15
4.5 Symbolförklaring till datorprogrammen ALFA NOIS1 och COBB.....	sid18
4.6 Dataprogrammen ALFA och CONN.....	sid19
4.7 Symbolförklaring till dataprogrammet ALFA1.....	sid22
4.8 Dataprogram ALFA1 och COBB.....	sid23
5. Resultat.....	sid26
5.1 System LAVAL.....	sid26
5.2 System ALFA.....	sid35
5.3 System ALFA1.....	sid37
5.4 Kommentar.....	sid40
6. Rekomendationer.....	sid41
7. Referenser.....	sid42

1 Introduktion

Den vanligaste organisationsformen i verkstäder är i dag av funktionell typ, d.v.s. liknande maskiner placeras i grupper. Här kan alltså samma sorts arbetsoperationer utföras. Genom dessa grupper strömmar ett antal olika produkter som har någon arbetsoperation gemensam. Inte sällan återvänder samma produkt för en ny arbetsoperation av samma typ.

En relativt ny företeelse är produktverkstäder. Härmed menas en verkstad som är utformad och utrustad så att produkten efter behandling här, är färdig. Förmannen för en sådan verkstad ansvarar alltså för alla operationer, som utförs på produkten.

I produktverkstäder har man på senare tid börjat med flödesgrupper. En flödesgrupp utgörs av ett arbetslag, som tillsammans utför ett antal arbetsoperationer på en produkt. Gruppen styrs ej av någon förman utan ansvarar själva för produktionen. För att kunna utföra ett effektivt arbete krävs att de är väl insatta i problemen vid tillverkningen. Problemen härvid utgörs av lämpliga kriterier för styrning. Dessa kriterier förändras med vilken produkt som tillverkas. Situationen kompliceras ytterligare om flera olika produkter samtidigt tillverkas inom gruppen.

2 Uppgift

2.1 Allmänt om flödesorienterad tillverkning.

Med flödesinriktad tillverkning menas indelning av produktionen i grupper, s.k. flödesgrupper. En flödesgrupp utgörs av ett arbetslag som tillsammans utför alla arbetsmoment på en produkt. All utrustning som krävs för tillverkningen finns tillgänglig för gruppen.

Hur fungerar då ett sådant system? Antalet arbetsplatser är fler än vad som kan besättas av arbetsgruppen. Gruppmedlemmarna flyttar mellan arbetsplatserna så att ingen ansamling av gods sker någonstans och så att detta snabbt kan passera gruppen. Maskiner står hela tiden stilla om arbetsinsats krävs vid någon annan station i produktionskedjan. Förflyttningen av arbetsinsats sker av gruppmedlemmarna själva och ingen förmansinsats krävs således.

Flödesgrupper äe ett alternativ till vanlig funktionell organisation då detaljerna har ett relativt högt volymvärde, men förekommer i ett stort antal varianter. Vid småpartitillverkning fordras för att kunna använda flödesgrupper att, tillverkningsberedningen är systematisk och väl genomarbetad. Planeraren blir genom ett sådant här system mindre låst vid någon fas,

2.2 Projektgruppens problem.

I verkstaden som här behandlas, tillverkas plattor till plattvärmväxlare. Produktionen är uppbyggd kring åtta olika stationer, de flesta med väl definierade arbetsuppgifter, t. ex. håslagning, limmning, gradning o.s.v. In kommer olika typer av pressade plåtar som efter bearbetning utgör färdiga plattor till plattvärmväxlare

Ett system med flödesorienterad tillverkning enligt avsnitt 2.1 användes.

Tillverkningstiden vid en station beror bl. a. på det antal arbetare som betjänar den. Antalet arbetare vid en station kan varieras och i flera fall krävs ett minimalt antal för att något arbete skall kunna utföras. Andra faktorer som starkt påverkar tillverkningstiden är arbetarnas individuella skicklighet vid olika arbetsmoment, liksom plattornas utformning.

Plattor finns i ett stort antal utförande, där såväl grundplåt som gummilister och material varierar. Precisionen vid tillverkning av delarna varierar något, vilket påverkar senare produktionsmoment.

Ett flertal andra stokastiska element finns. Sjukdom påverkar antalet arbetare i gruppen, och om vikarie sätts in har han kanske inte samma snabbhet och skicklighet. Samarbetet mellan arbetarna påverkas också i negativ riktning, när nya personer tillfälligt sätts in i produktionen.

Allergier mot i produktionen använda material, typ plaster, lim, färg o.dyl. minskar flexibiliteten hos en flödesgrupp.

Produktionen av plattor skall utföras på snabbaste och billigaste sätt, d.v.s. genomströmningen av plattor i produktionskedjan ska vara största möjliga samtidigt som de viktigaste och/eller dyraste plattorna görs först. Det gäller således att genom orderprioritering och arbetsinsatsprioritering optimera kostnader och kundkrav. För flödesgruppens del måste vettiga beslutskriterier för omfördelning av folk mellan stationer, liksom val av plattor för bearbetning finnas för att en optimal produktion skall kunna uppnås. För planeraren måste finnas beslutskriterier, eller kunna simuleras för att kunna skapa sådana, så att produktionen över en längre tidsrymd kan bestämmas med stor noggrannhet.

2.3 Målsättning.

Effektiviteten och säkerheten i beslutskriterierna, för fördelning av order i och till produktionen liksom arbetsinsats i produktionen, ska stärkas.

Uppgiften består i att med simuleringsprogrammet SIMNON göra en simulering av de olika stationerna i systemet, och därvid taga hänsyn till så många faktorer som är nödvändigt och möjligt.

Systemet beskrivs i en matematisk modell, där olika variabler tecknas med differensekvationer.

Först simuleras systemet med öppen styrning, d.v.s. med manuell bestämning av antalet arbetare vid stationerna. Olika stokastiska störningar införs och standardavvikelsen för dessa varierar. I ett senare skede simuleras systemet med enklare styrlagar.

På grund av den tid som står till buds, och SIMNON-programmets begränsning som simuleringsspråk i detta sammanhang, görs ett program som enbart behandlar en plattyp.

Projektgruppens målsättning är att programmet skall fungera tillfredsställande för en plattyp, oavsett vilken som väljes. Resultaten ska ge en god fingervisning om vad som händer när olika beslut fattas.

3 Matematisk modell

3.1 Ingående variabler.

För simuleringen krävs kunskap om de olika stationerna och produkterna. Nedan anges de beteckningar och villkor för de variabler som återfinns i flödesschemat över produktionen.

i = stationsnummer, varierar mellan 1 och 8

t = tidpunkten

$w_i(t)$ = inlager vid station i , dvs antalet produkter, reellt tal, som väntar på behandling. Om $w_i(t) > 0$ kan maskinen startas.

$u_i(t)$ = antalet arbetare, heltal, vid station i . Om $u_i(t) > 0$ kan arbete utföras vid maskinen. Här gäller olika villkor för u vid varje station. Hänsyn härtill tages vid beräkningar.

$x_i(t)$ = antalet färdiga produkter, reellt, vid tiden t vid station i

$f_i(t)$ = antalet färdigställda enheter, reellt, vid station i och tiden t under sista samplingsintervallet. f beror av u och e .

$e_i(t)$ = är en stokastisk variabel, reell, som beror av störningar. Den är normalfördelad.

a_i = maskintimmar, reellt, vid station i som behövs för färdigställande av ett visst antal produkter.

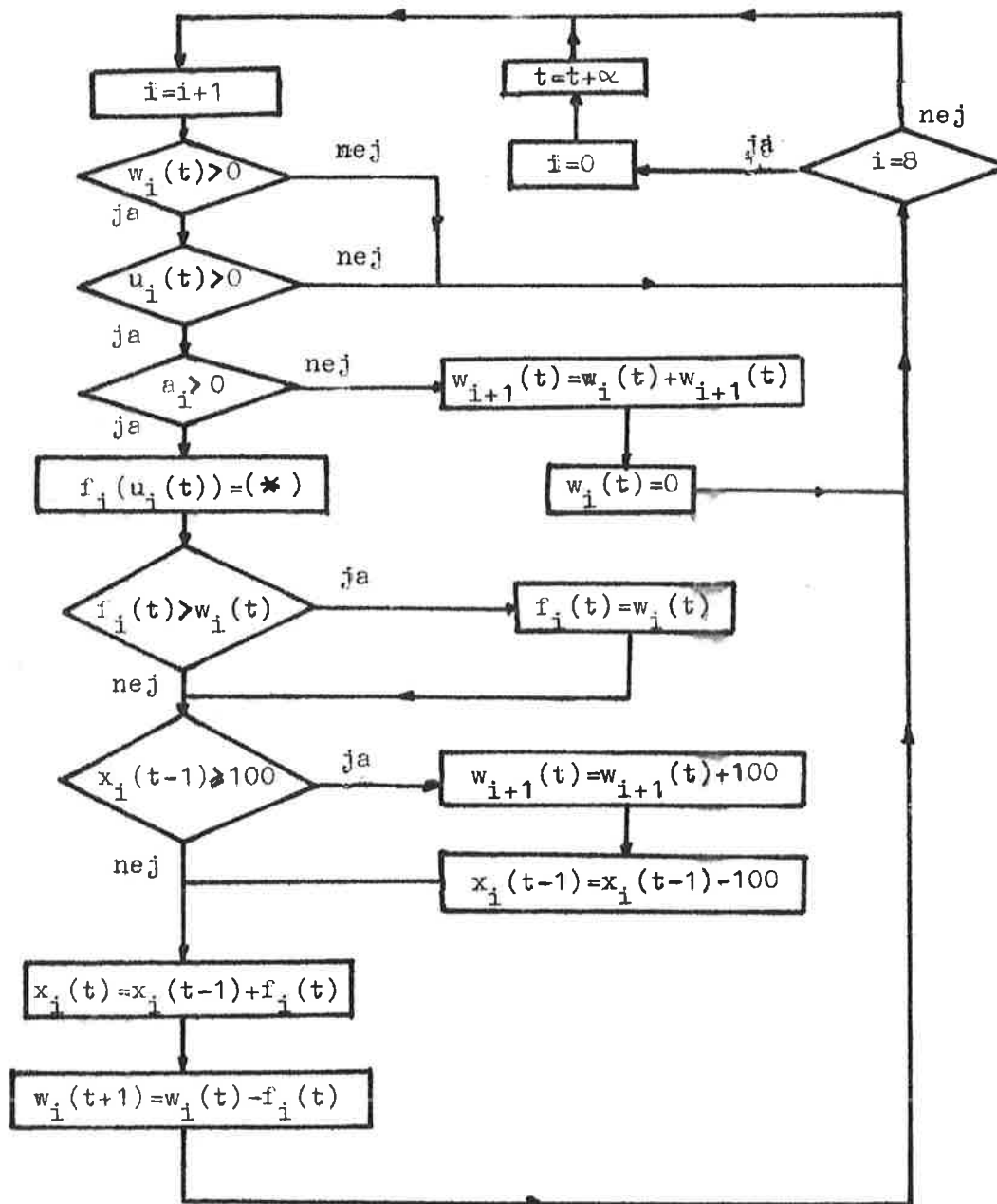
α = samplingsintervallet.

Styrande variabler för processen är u, α, a .

3.2 Flödesschema för tillverkningen

Flödesschemat är uppbyggt på samma sätt som ett flödesschema för ett datorprogram.

$$(*) \quad f_i(u_i(t)) = \frac{u_i(t) \cdot \varphi}{a_i} (1 + e_i(t))$$



3.3 Matematisk beskrivning av variabler

För att en maskin skall kunna startas, krävs att inlager till och antal man vid varje maskin, är större än noll, dvs $w_i > 0$ och $u_i > 0$. Beroende på plattyp, gäller dessutom att den ej alltid behandlas i alla maskiner, dvs att a_i kan vara noll. Om $a_i = 0$ så är $w_i = 0$ och $w_{i+1} = w_{i+1} + w_i$ dvs att alla plattorna flyttas till nästa maskin.

Tillverkningshastigheten dvs tillverkningen under en tidsperiod är $f_i(u_i(t))$.

$$f_i(u_i(t)) = \frac{u_i(t) \alpha}{a_i} (1 + e_i(t))$$

Om $f_i(u_i(t)) \geq w_i(t)$ så är $f_i(u_i(t)) = w_i(t)$

Tillverkningen kan tecknas:

$$\frac{dx_i(t)}{dt} = f_i(u_i(t)) \quad \text{där} \quad \frac{dx_i(t)}{dt} = x_i(t) - x_i(t-1)$$

det gäller alltså:

$$x_i(t) = x_i(t-1) + f_i(u_i(t))$$

Om $x_i(t-1) \geq 100$ så gäller för inlagret:

$$w_{i+1}(t) = w_{i+1}(t) + 100 \quad \text{och} \quad x_i(t-1) = x_i(t-1) - 100$$

För inlagret gäller även:

$$w_i(t+1) = w_i(t) - f_i(u_i(t)).$$

4 Simuleringsprogram

4.1 Symbolförklaringar i datorprogrammen LAVAL och CONN

w1 - w9	inlager till maskin 1 till 8, samt utlager från maskin 8, dvs utlagret från produktionsgruppen
x1 - x8	antal plattor under tillverkning vid varje station
u1 - u8	antalet arbetare vid varje station
A1 - A8	behandlingstider i timmar/100 plattor
E1 - E8	stokastiska variabler
TS	samplingstiden i timmar
F1 - F8	antalet plattor som tillverkas under ett samplingsintervall
G1 - G8	begränsningar så att tillverkade enheter under ett samplingsintervall ej blir större än inlagret
H2 - H9	när antalet plattor överstiger 100 flyttas de 100 plattorna, så att de blir inlager till nästa station
NWI-NW9	inlagret till varje maskin ett samplingsintervall senare
NXI-NX8	antalet plattor under tillverkning vid varje station ett samplingsintervall senare

4.2 Dataprogram LAVAL NOIS1 och CONN

```

DISCRETE SYSTEM LAVAL
INPUT  F1 E2 E3 E4 F5 E6 F7 E8
STATE  W1 W2 W3 W4 W5 W6 W7 W8 W9
STATE  X1 X2 X3 X4 X5 X6 X7 X8
NEW    NW1 NW2 NW3 NW4 NW5 NW6 NW7 NW8 NW9
NEW    NX1 NX2 NX3 NX4 NX5 NX6 NX7 NX8
TIME   T
TSAMP  TSA
INITIAL
U1:1
U2:0
U3:4
U4:1
U5:2
U6:1
U7:0
U8:1
A1:1.22
A2:0
A3:5.6
A4:1.6
A5:2.1
A6:1.3
A7:0
A8:1
W1:10000
W2:0
W3:100
W4:100
W5:100
W6:100
W7:0
W8:100
W9:0
TS:0.1
DYNAMICS
F1=(100*U1*TS)/A1*(1+E1)
F2=IF A2>0.0001 THEN (100*U2*TS)/A2*(1+E2) ELSE 110
F3=(100*U3*TS)/A3*(1+E3)
F4=(100*U4*TS)/A4*(1+E4)
F5=(100*U5*TS)/A5*(1+E5)
F6=IF A6>0.0001 THEN (100*U6*TS)/A6*(1+E6) ELSE 110
F7=IF A7>0.0001 THEN (100*U7*TS)/A7*(1+E7) ELSE 110
F8=IF A8>0.0001 THEN (100*U8*TS)/A8*(1+E8) ELSE 110
G1=IF F1>W1 THEN W1 ELSE F1
G2=IF F2>W2 THEN W2 ELSE F2
G3=IF F3>W3 THEN W3 ELSE F3
G4=IF F4>W4 THEN W4 ELSE F4
G5=IF F5>W5 THEN W5 ELSE F5
G6=IF F6>W6 THEN W6 ELSE F6
G7=IF F7>W7 THEN W7 ELSE F7
G8=IF F8>W8 THEN W8 ELSE F8

```

```
H2=IF X1>99.5 THEN 100 ELSE 0
H3=IF X2>99.5 THEN 100 ELSE 0
H4=IF X3>99.5 THEN 100 ELSE 0
H5=IF X4>99.5 THEN 100 ELSE 0
H6=IF X5>99.5 THEN 100 ELSE 0
H7=IF X6>99.5 THEN 100 ELSE 0
H8=IF X7>99.5 THEN 100 ELSE 0
H9=IF X8>99.5 THEN 100 ELSE 0
NW1=W1-G1
NW2=W2-G2+H2
NW3=W3-G3+H3
NW4=W4-G4+H4
NW5=W5-G5+H5
NW6=W6-G6+H6
NW7=W7-G7+H7
NW8=W8-G8+H8
NW9=W9+H9
NX1=X1+G1-H2
NX2=X2+G2-H3
NX3=X3+G3-H4
NX4=X4+G4-H5
NX5=X5+G5-H6
NX6=X6+G6-H7
NX7=X7+G7-H8
NX8=X8+G8-H9
TSA=T+TS
END
```

```
CONNECTING SYSTEM CONN
F1(LAVAL)=F1(NOIS1)
F2(LAVAL)=F2(NOIS1)
F3(LAVAL)=F3(NOIS1)
F4(LAVAL)=F4(NOIS1)
F5(LAVAL)=F5(NOIS1)
F6(LAVAL)=F6(NOIS1)
F7(LAVAL)=F7(NOIS1)
F8(LAVAL)=F8(NOIS1)
END
```

DISCRETE SYSTEM LEVEL

11.

TIME :	T	30.0000					
STATE :	W1	7541.41	W2	0.000000	W3	140.624	
	W4	534.860	W5	26.5304	W6	1900.00	
	W7	0.000000	W8	100.000	W9	0.000000	
	X1	58.5882	X2	0.000000	X3	59.3756	
	X4	65.1405	X5	73.4696	X6	0.000000	
	X7	0.000000	X8	0.000000			
INIT :	W1	10000.0	W2	0.000000	W3	100.000	
	W4	100.000	W5	100.000	W6	100.000	
	W7	0.000000	W8	100.000	W9	0.000000	
	X1	0.000000	X2	0.000000	X3	0.000000	
	X4	0.000000	X5	0.000000	X6	0.000000	
	X7	0.000000	X8	0.000000			
NEW :	NW1	7533.34	NW2	0.000000	NW3	136.523	
	NW4	528.193	NW5	17.7152	NW6	1900.00	
	NW7	0.000000	NW8	100.000	NW9	0.000000	
	NX1	66.6555	NX2	0.000000	NX3	63.4773	
	NX4	71.8077	NX5	82.2848	NX6	0.000000	
	NX7	0.000000	NX8	0.000000			
INPUT :	F1	-1.579132E-02	E2	0.000000	E3	-0.617179	
	F4	6.675720E-02	E5	-7.440617E-02	F6	-2.214839E-02	
	E7	0.000000	E8	1.926386E-02			
TSAMP :	TSA	30.1000					
PAR :	U1	1.00000	U2	0.000000	U3	4.00000	
	U4	1.00000	U5	2.00000	U6	0.000000	
	U7	0.000000	U8	0.000000	A1	1.22000	
	A2	0.000000	A3	5.60000	A4	1.60000	
	A5	2.10000	A6	1.30000	A7	0.000000	
	A8	1.00000	TS	0.100000			
VAR :	F1	8.06723	F2	110.000	F3	4.10165	
	F4	6.66723	F5	8.81518	F6	0.000000	
	F7	110.000	F8	0.000000	G1	8.06728	
	G2	0.000000	G3	4.10165	G4	6.66723	
	G5	8.81518	G6	0.000000	G7	0.000000	
	G8	0.000000	H2	0.000000	H3	0.000000	
	H4	0.000000	H5	0.000000	H6	0.000000	
	H7	0.000000	H8	0.000000	H9	0.000000	

DISCRETE SYSTEM NOISE

OUTPUT:	E1	-1.579132E-02	E2	0.000000	F3	-0.617179
	E4	6.675720E-02	E5	-7.440617E-02	F6	-2.214839E-02
	F7	0.000000	E8	1.926386E-02		
TSAMP :	TS	30.1000				
PAR :	R11	1.000000E-02	R12	0.000000	R13	0.000000
	R14	0.000000	R15	0.000000	R16	0.000000
	R17	0.000000	R18	0.000000	R22	0.000000
	R23	0.000000	R24	0.000000	R25	0.000000
	R26	0.000000	R27	0.000000	R28	0.000000
	R33	7.000000E-02	R34	0.000000	R35	0.000000
	R36	0.000000	R37	0.000000	R38	0.000000
	R44	4.000000E-02	R45	0.000000	R46	0.000000
	R47	0.000000	R48	0.000000	R55	2.000000E-03
	R56	0.000000	R57	0.000000	R58	0.000000
	R66	1.000000E-03	R67	0.000000	R68	0.000000
	R77	0.000000	R78	0.000000	R88	1.000000E-03
	DT1	0.000000	DT	0.100000	SAME	0.000000

CONNECTING SYSTEM CONN

4.3 Stokastiska variablerna

Standardavvikelsen för I00 plattor erhålls ur formeln nedan, där N betecknar det antal samplingsintervall det tar att göra I00 plattor och σ_{I00} skattas ur värden vi erhållit från Alfa-Laval.

$$\sigma_{I00} = \sigma_I \sqrt{N}$$

Dessutom är

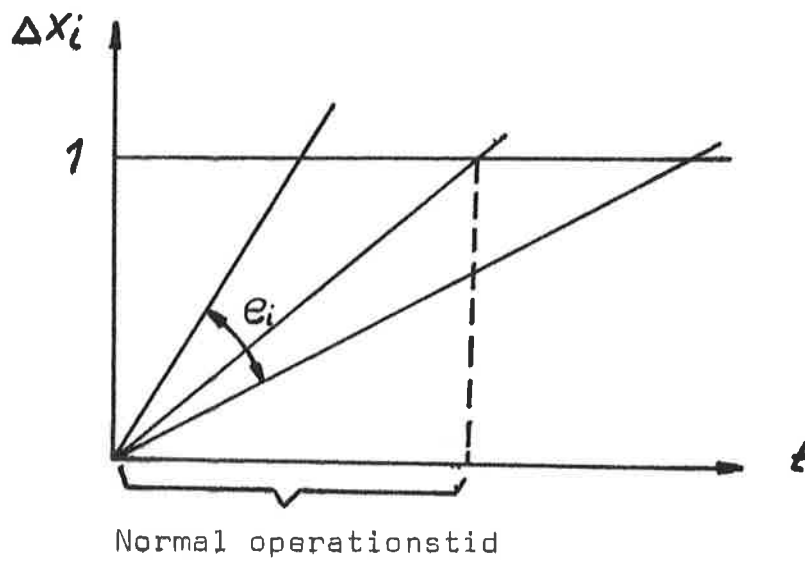
$$R_{II} = \sigma_{II}^2 = \frac{\sigma_{I00}^2}{N_I}$$

R_{II} till R_{88} betecknar elementen i kovariansmatrisen och då R_{I2} osv är lika med noll är alltså maskinerna vid varje station oberoende av varandra.

Figuren på nästa sida visar den stokastiska störningen EI. Variansen i figuren är ett, dvs I00 gånger för stor.

Standardavvikelsen gav en märkbar förändring av produktionen vid simulering av en mindre produktionsvolym, medan däremot en simulering över en veckas produktion inte uppvisade för oss märkbar effekt. Detta är ganska naturligt eftersom den stokastiska variabelns medelvärde är noll.

Stokastiska variabeln e_i varierar olika vid olika stationer. Den beskriver avvikelser från normal operationstid vid en station.



PL0T E1CNO1S1J

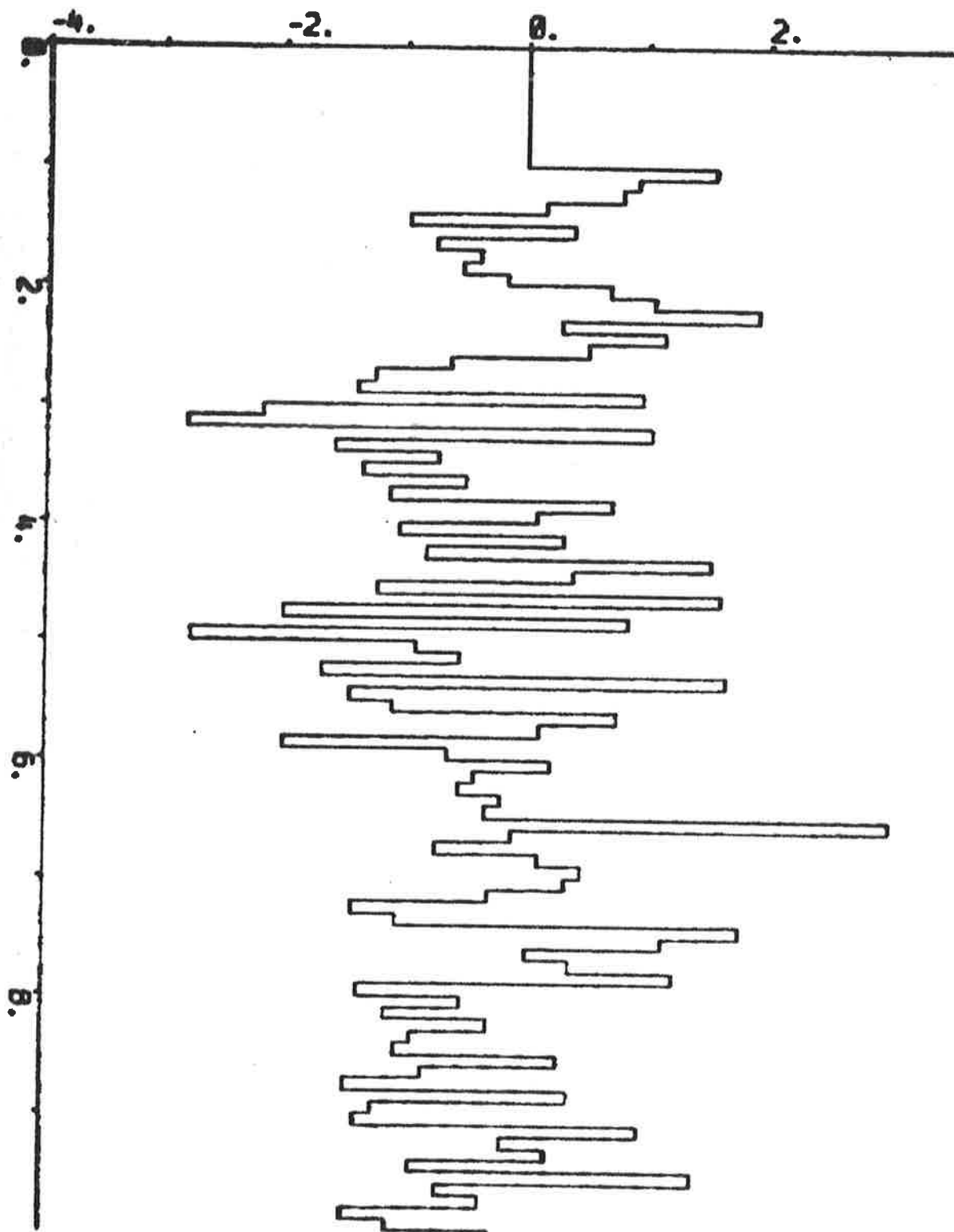


Figure 1

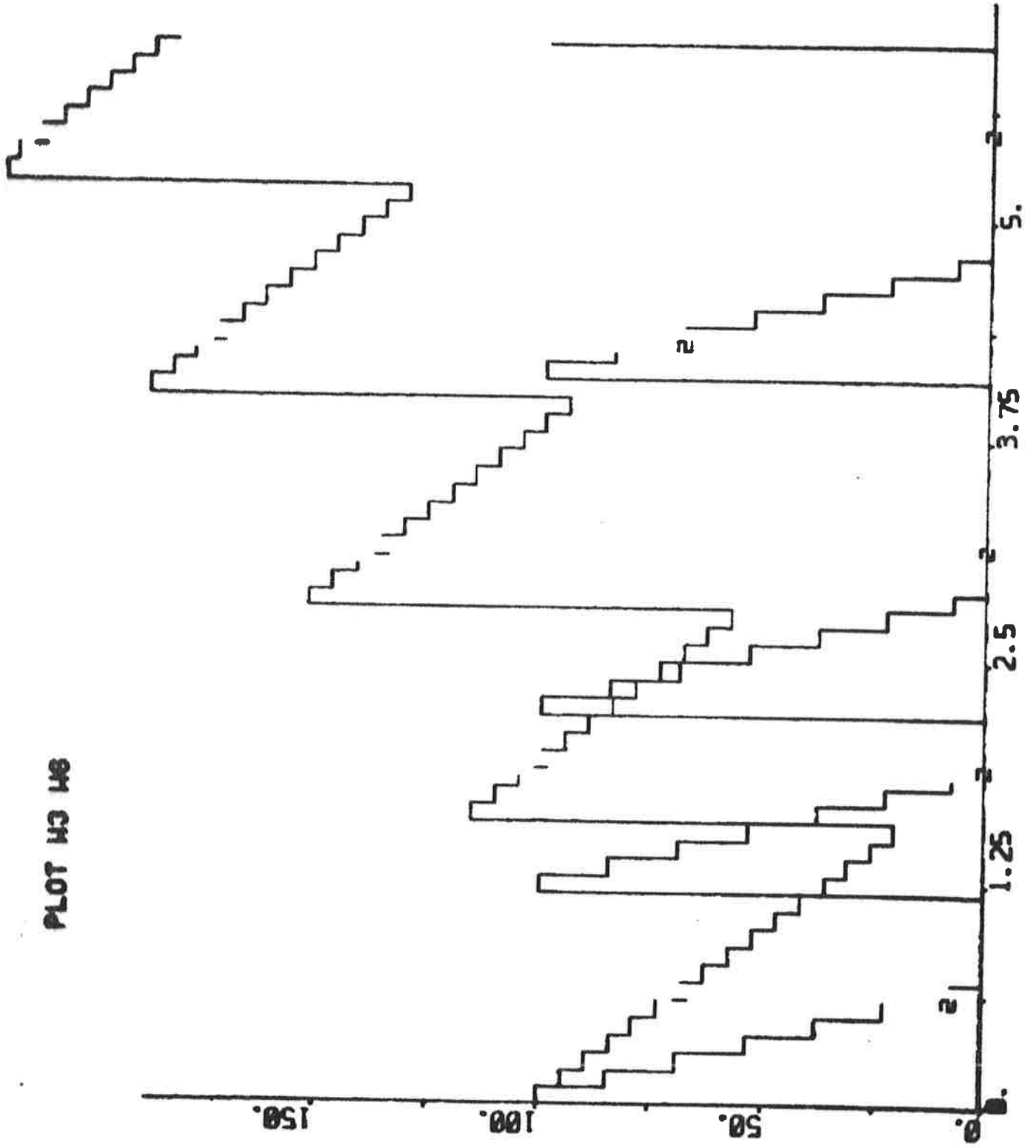
4.4 Exempel på funktion hos programmet LAVAL

Programmet LAVAL fungerar på följande sätt: Först simuleras ett godtyckligt tidsintervall, ca 5 timmar, varefter lagernivåerna vid stationerna studeras. Uppvisar något lager en ovanligt hög nivå krävs vid denna station mera folk, varför en omflyttning görs. Denna måste dock göras manuellt, dvs att man i programmet ändrar ingående variabler. Personer tages från de stationer, som har minst lager och/eller störst väntetid.

Figuren 2 på nästa sida visar att inlagret till maskin 3, W3, växer på grund av för få personer vid denna station, medan däremot station 6, W6, har överkapacitet och därmed väntetider, som hela tiden ökar.

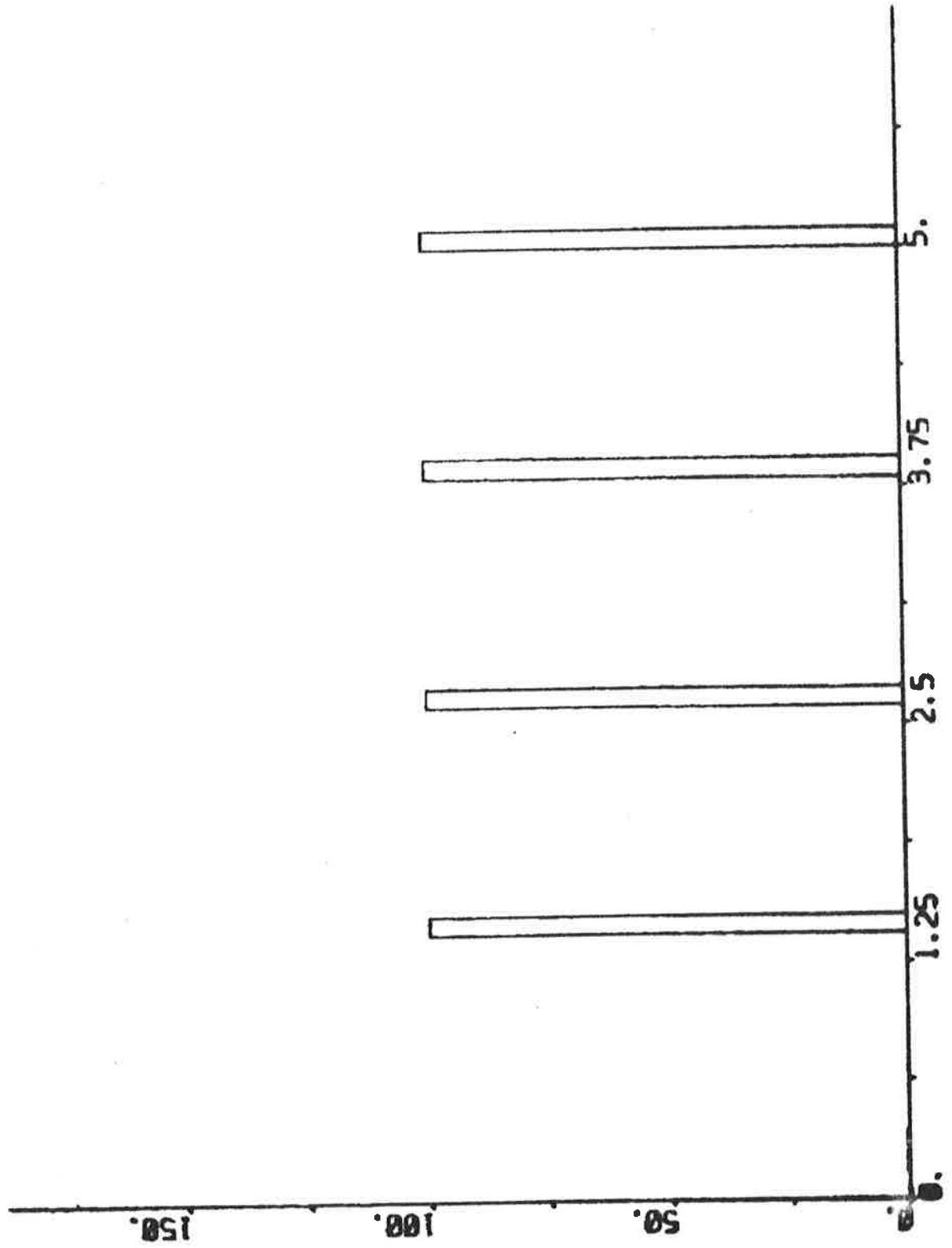
Figur 3 visar hur inlagret till station 2 förändras, W2. Eftersom station inte existerar för denna typ av plattor, sker enbart en överflyttning till nästa station.

Figur 2



Figur 3

PLOT H2



4.5 Symbolförteckningar till datorprogrammen
ALFA, NOIS1, COBB

I detta program provas enkla styrlagar för en automatisk omfördelning av folk vid de olika stationerna.

Symbolerna är de samma som i avsnitt 4.1, dock tillkommer nedanstående:

- | | |
|----------|---|
| M3 - M4 | betecknar undre gränsen på ingående lager till varje station för att personer får flyttas från stationen. |
| N3 - N8 | betecknar övre gränsen då en person får tagas från stationen |
| Z1 - Z4 | Z styr om möjlighet för omfördelning av arbetskraft finns. |
| K3 - K8 | K styr tilldelning av arbetskraft
K = 0 ingen tilldelning
K = 1 en ny person tilldelas |
| L | betecknar om förflyttning behöver äga rum |
| B3 - B8 | B styr från vilken station arbetskraft kan tagas.
B = 0 ingen förändring
B = 1 minskning med en man |
| NU3- NU8 | antalet personer vid varje station, ett samplingsintervall senare |

4.6 Dataprogrammen ALFA och CONN

```

DISCRETE SYSTEM ALFA
INPUT F1 F2 F3 F4 F5 F6 F7 F8
STATE W1 W2 W3 W4 W5 W6 W7 W8 W9
STATE X1 X2 X3 X4 X5 X6 X7 X8
STATE U3 U4 U5 U6 U8
NEW NW1 NW2 NW3 NW4 NW5 NW6 NW7 NW8 NW9
NEW NX1 NX2 NX3 NX4 NX5 NX6 NX7 NX8
NEW NU3 NU4 NU5 NU6 NU8
TIME T
TSAMP TSA
INITIAL
F1:1
F2:0
F3:4
  4.1
  5.2
  6.1
  7.0
  8.1
ALF1.22
A2:0
A3:5.6
A4:1.5
A5:2.1
A6:1.3
A7:0
  1
A1:10000
W2:0
W3:100
W4:100
W5:100
W6:100
W7:0
W8:100
W9:0
M3:30
M4:30
M5:30
M6:30
M8:30
N3:300
N4:300
N5:300
N6:300
N8:300
TS:0.1
DYNAMICS
Z1=IF W3<M3 AND U3>0.5 THEN 1 ELSE IF W4<M4 AND U4>0.5 THEN 1 ELSE 0
Z2=IF Z1>0.5 THEN 1 ELSE IF W5<M5 AND U5>0.5 THEN 1 ELSE 0
Z3=IF Z2>0.5 THEN 1 ELSE IF W6<M6 AND U6>0.5 THEN 1 ELSE 0
Z4=IF Z3>0.5 THEN 1 ELSE IF W8<M8 AND U8>0.5 THEN 1 ELSE 0
K3=IF W3>N3 AND Z4>0.5 THEN 1 ELSE 0
K4=IF W4>N4 AND Z4>0.5 AND K3<0.5 THEN 1 ELSE 0
K5=IF W5>N5 AND Z4>0.5 AND K3+K4<0.5 THEN 1 ELSE 0
K6=IF W6>N6 AND Z4>0.5 AND K3+K4+K5<0.5 THEN 1 ELSE 0
K8=IF W8>N8 AND Z4>0.5 AND K3+K4+K5+K6<0.5 THEN 1 ELSE 0

```



```

L=K3+K4+K5+K6+K8
R3=IF W3<M3 AND L>0.5 AND U3>0.5 THEN 1 ELSE 0
R4=IF W4<M4 AND L>0.5 AND U4>0.5 AND R3<0.5 THEN 1 ELSE 0
R5=IF W5<M5 AND L>0.5 AND U5>0.5 AND R3+R4<0.5 THEN 1 ELSE 0
R6=IF W6<M6 AND L>0.5 AND U6>0.5 AND R3+R4+R5<0.5 THEN 1 ELSE 0
R8=IF W8<M8 AND L>0.5 AND U8>0.5 AND R3+R4+R5+R6<0.5 THEN 1 ELSE 0
F1=(100*U1*TS)/A1*(1+E1)
F2=IF A2>0.0001 THEN (100*U2*TS)/A2*(1+E2) ELSE 110
F3=(100*U3*TS)/A3*(1+E3)
F4=(100*U4*TS)/A4*(1+E4)
F5=(100*U5*TS)/A5*(1+E5)
F6=IF A6>0.0001 THEN (100*U6*TS)/A6*(1+E6) ELSE 110
F7=IF A7>0.0001 THEN (100*U7*TS)/A7*(1+E7) ELSE 110
F8=IF A8>0.0001 THEN (100*U8*TS)/A8*(1+E8) ELSE 110
G1=IF F1>W1 THEN W1 ELSE F1
G2=IF F2>W2 THEN W2 ELSE F2
G3=IF F3>W3 THEN W3 ELSE F3
G4=IF F4>W4 THEN W4 ELSE F4
G5=IF F5>W5 THEN W5 ELSE F5
G6=IF F6>W6 THEN W6 ELSE F6
G7=IF F7>W7 THEN W7 ELSE F7
G8=IF F8>W8 THEN W8 ELSE F8
H2=IF X1>99.5 THEN 100 ELSE 0
H3=IF X2>99.5 THEN 100 ELSE 0
H4=IF X3>99.5 THEN 100 ELSE 0
H5=IF X4>99.5 THEN 100 ELSE 0
H6=IF X5>99.5 THEN 100 ELSE 0
H7=IF X6>99.5 THEN 100 ELSE 0
H8=IF X7>99.5 THEN 100 ELSE 0
H9=IF X8>99.5 THEN 100 ELSE 0
Nw1=W1-G1
Nw2=W2-G2+H2
Nw3=W3-G3+H3
Nw4=W4-G4+H4
Nw5=W5-G5+H5
Nw6=W6-G6+H6
Nw7=W7-G7+H7
Nw8=W8-G8+H8
Nw9=W9+H9
Nx1=X1+G1-H2
Nx2=X2+G2-H3
Nx3=X3+G3-H4
Nx4=X4+G4-H5
Nx5=X5+G5-H6
Nx6=X6+G6-H7
Nx7=X7+G7-H8
Nx8=X8+G8-H9
Nu3=U3+K3-R3
Nu4=U4+K4-R4
Nu5=U5+K5-R5
Nu6=U6+K6-R6
Nu8=U8+K8-R8
TSA=T+TS
END

```

```
CONNECTING SYSTEM CONN  
E1(ALFA)=E1(NOIS1)  
E2(ALFA)=E2(NOIS1)  
E3(ALFA)=E3(NOIS1)  
E4(ALFA)=E4(NOIS1)  
E5(ALFA)=E5(NOIS1)  
E6(ALFA)=E6(NOIS1)  
E7(ALFA)=E7(NOIS1)  
E8(ALFA)=E8(NOIS1)  
END
```

4.7 Symbolförklaring till dataprogrammet ALFA1

Vid simulering med programmet ALFA, upptäcktes instabiliteter. För att minska ned risken för instabiliteter, maximerades vid varje station, antalet personer och annan prioritering vid tilldelning av arbetskraft infördes.

Den ende förändringen jämfört med programmet ALFA, är att maskiner med högre ordningstal prioriteras gentemot maskiner med lägre ordningstal, samt att nedanstående har införts:

V3 - V8 maximalt antal personer som får
 arbeta vid varje station

På nästa sida visas dataprogrammet ALFA1.

4.8 Dataprogram ALFA1 och COBB

```

DISCRETE SYSTEM ALFA 1
INPUT E1 E2 E3 E4 E5 E6 E7 E8
STATE W1 W2 W3 W4 W5 W6 W7 W8 W9
STATE X1 X2 X3 X4 X5 X6 X7 X8
STATE U3 U4 U5 U6 U8
NEW NW1 NW2 NW3 NW4 NW5 NW6 NW7 NW8 NW9
NEW NX1 NX2 NX3 NX4 NX5 NX6 NX7 NX8
NEW NU3 NU4 NU5 NU6 NU8
TIME T
TSAMP TSA
INITIAL
U1:1
U2:0
U3:4
U4:2
U5:2
U6:1
U7:0
U8:1
A1:1.22
A2:0
A3:5.6
A4:1.6
A5:2.1
A6:1.3
A7:0
A8:1
W1:10000
W2:0
W3:100
W4:100
W5:100
W6:100
W7:0
W8:100
W9:0
M3:200
M4:200
M5:200
M6:200
M8:200
N3:300
N4:300
N5:300
N6:300
N8:300
V8:2
V6:2
V5:3
V4:2
V3:6
TS:0.1

```

DYNAMICS

```

Z1=IF U3<M3 AND U3>0.5 THEN 1 ELSE IF W4<M4 AND U4>0.5 THEN 1 ELSE 0
Z2=IF Z1>0.5 THEN 1 ELSE IF W5<M5 AND U5>0.5 THEN 1 ELSE 0
Z3=IF Z2>0.5 THEN 1 ELSE IF W6<M6 AND U6>0.5 THEN 1 ELSE 0
Z4=IF Z3>0.5 THEN 1 ELSE IF W8<M8 AND U8>0.5 THEN 1 ELSE 0
K8=IF W8>N8 AND Z4>0.5 AND U8<V8 THEN 1 ELSE 0
K6=IF W6>N6 AND Z4>0.5 AND U6<V6 AND K8<0.5 THEN 1 ELSE 0
K5=IF W5>N5 AND Z4>0.5 AND U5<V5 AND K8+K6<0.5 THEN 1 ELSE 0
K4=IF U4>N4 AND Z4>0.5 AND U4<V4 AND K8+K6+K5<0.5 THEN 1 ELSE 0
K3=IF U3>N3 AND Z4>0.5 AND U3<V3 AND K8+K6+K5+K4<0.5 THEN 1 ELSE 0
L=K3+K4+K5+K6+K8
R3=IF U3<N3 AND L>0.5 AND U3>0.5 THEN 1 ELSE 0
R4=IF U4<M4 AND L>0.5 AND U4>0.5 AND R3<0.5 THEN 1 ELSE 0
R5=IF U5<N5 AND L>0.5 AND U5>0.5 AND R3+R4<0.5 THEN 1 ELSE 0
R6=IF U6<M6 AND L>0.5 AND U6>0.5 AND R3+R4+R5<0.5 THEN 1 ELSE 0
R8=IF U8<M8 AND L>0.5 AND U8>0.5 AND R3+R4+R5+R6<0.5 THEN 1 ELSE 0
F1=(100*U1*TS)/A1*(1+E1)
F2=IF A2>0.0001 THEN (100*U2*TS)/A2*(1+E2) ELSE 110
F3=(100*U3*TS)/A3*(1+E3)
F4=(100*U4*TS)/A4*(1+E4)
F5=(100*U5*TS)/A5*(1+E5)
F6=IF A6>0.0001 THEN (100*U6*TS)/A6*(1+E6) ELSE 110
F7=IF A7>0.0001 THEN (100*U7*TS)/A7*(1+E7) ELSE 110
F8=IF A8>0.0001 THEN (100*U8*TS)/A8*(1+E8) ELSE 110
G1=IF F1>W1 THEN W1 ELSE F1
G2=IF F2>W2 THEN W2 ELSE F2
G3=IF F3>W3 THEN W3 ELSE F3
G4=IF F4>W4 THEN W4 ELSE F4
G5=IF F5>W5 THEN W5 ELSE F5
G6=IF F6>W6 THEN W6 ELSE F6
G7=IF F7>W7 THEN W7 ELSE F7
G8=IF F8>W8 THEN W8 ELSE F8
H2=IF X1>99.5 THEN 100 ELSE 0
H3=IF X2>99.5 THEN 100 ELSE 0
H4=IF X3>99.5 THEN 100 ELSE 0
H5=IF X4>99.5 THEN 100 ELSE 0
H6=IF X5>99.5 THEN 100 ELSE 0
H7=IF X6>99.5 THEN 100 ELSE 0
H8=IF X7>99.5 THEN 100 ELSE 0
H9=IF X8>99.5 THEN 100 ELSE 0
N*1=W1-G1
N*2=W2-G2+H2
N*3=W3-G3+H3
N*4=W4-G4+H4
N*5=W5-G5+H5
N*6=W6-G6+H6
N*7=W7-G7+H7
N*8=W8-G8+H8
N*9=W9+H9
NX1=X1+G1-H2
NX2=X2+G2-H3
NX3=X3+G3-H4
NX4=X4+G4-H5
NX5=X5+G5-H6
NX6=X6+G6-H7
NX7=X7+G7-H8
NX8=X8+G8-H9
NU3=U3+K3-R3
NU4=U4+K4-R4
NU5=U5+K5-R5
NU6=U6+K6-R6
NU8=U8+K8-R8
TSA=T+TS
END

```

```
CONNECTING SYSTEM COBB  
E1(ALFA1)=E1(NOIS1)  
E2(ALFA1)=E2(NOIS1)  
E3(ALFA1)=E3(NOIS1)  
E4(ALFA1)=E4(NOIS1)  
E5(ALFA1)=E5(NOIS1)  
E6(ALFA1)=E6(NOIS1)  
E7(ALFA1)=E7(NOIS1)  
E8(ALFA1)=E8(NOIS1)  
END
```

5 Resultat

5.1 System LAVAL

Efter ett flertal simuleringar, där lagernivån studerades, som funktion av arbetsinsatsen vid stationerna konstaterades att en cyklisk planering var möjlig.

Vid en cykeltid på 20 timmar, var det lämpligt att förflytta personer var femte timma. En lätt stigande trend hos lagernivåerna existerar dock. Denna beror av att karakteristiken för tillverkning av den vid simuleringen använda plattypen är 10.7, dvs det krävs för att få en jämn produktion av plattor en arbetsstyrka om 10.7 personer. Arbetslaget består dock endast av 10 män.

Skall produktionen av ett stort antal plattor utföras, blir lagernivåerna mycket stora, varför en person ytterligare bör sättas in i produktionen, några timmar då och då.

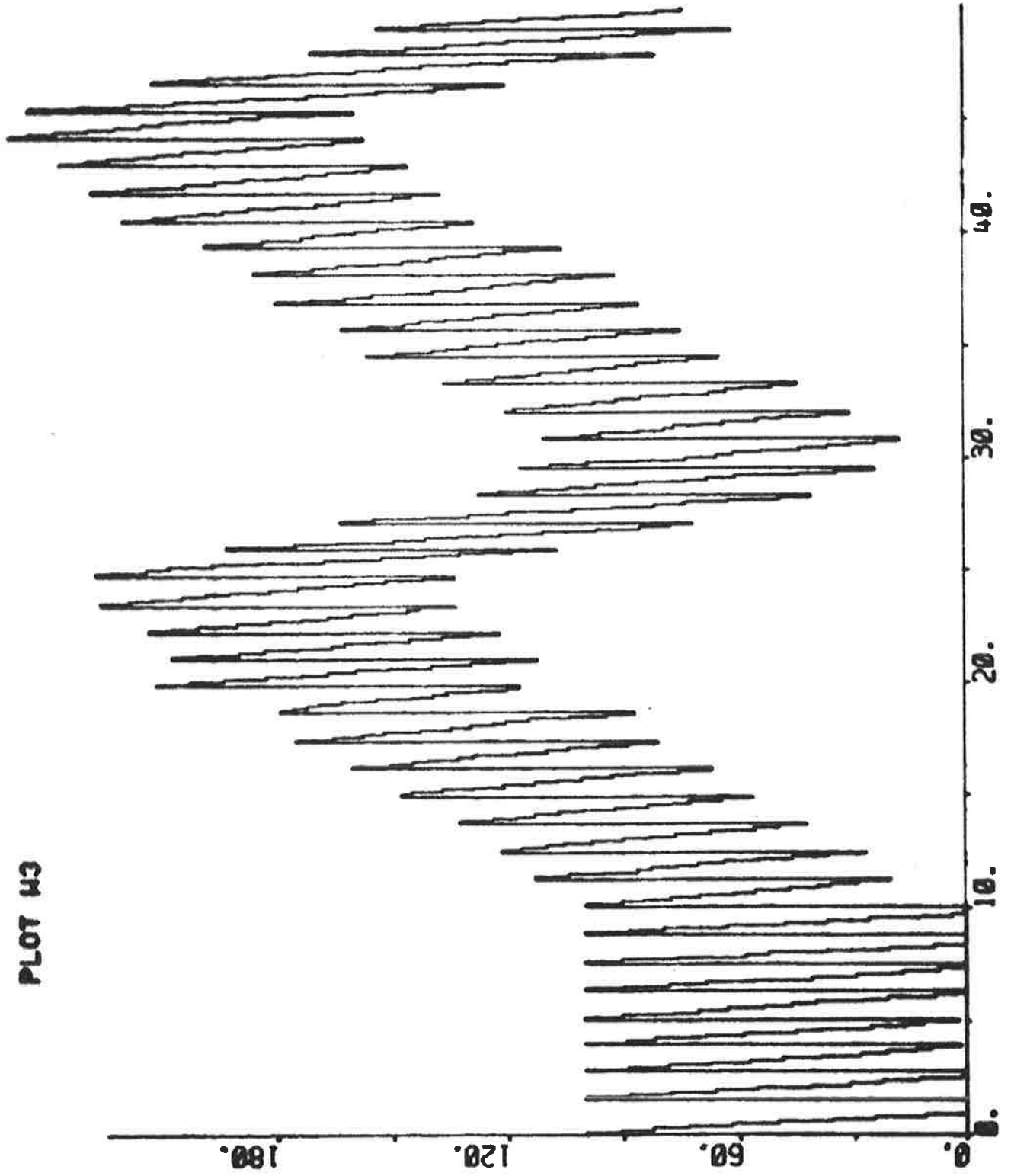
I tabell 1 återfinns värden för antalet personer och produktionen vid stationerna, under en simulering av 60 timmar. Figurerna 4 till 8 visar mellanlagernivåernas förändring under simuleringen och figur 9 visar hur antalet färdiga produkter förändras med tiden. Figur 10 i sin tur visar den cykliska omfördelningen av arbetskraften med tiden.

Nämnas bör att initialvärdena på mellanlagren har fått värdena 100 för att minska risken för instabiliteter, därför kan de 10 första timmarna ses som ett uppstartningsförlopp.

Simulerings- intervall (tim)	U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	U8	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9
0-10	1	0	6	1	2	0	0	0	9184	0	0	277	81	700	0	100	0
10-15	1	0	4	2	2	1	0	0	8775	0	141	0	105	721	0	400	0
15-20	1	0	4	1	2	1	0	1	8368	0	172	137	22	736	0	309	400
20-25	1	0	4	1	0	2	0	2	7946	0	236	126	351	0	100	18	1400
25-30	1	0	6	1	2	0	0	0	7540	0	58	413	148	500	0	100	1500
30-35	1	0	4	2	2	1	0	0	7130	0	115	105	273	621	0	400	1500
35-40	1	0	4	1	2	1	0	1	6734	0	177	195	105	643	0	321	1900
40-45	1	0	4	1	0	2	0	2	6319	0	214	186	495	0	100	33	2900
45-50	1	0	6	1	2	0	0	0	5908	0	76	463	326	400	0	114	2900
50-55	1	0	4	2	2	1	0	0	5491	0	109	152	452	525	0	414	2900
55-60	1	0	4	1	2	1	0	1	5077	0	142	224	273	640	0	322	3400
0-60	Med automatiskt beslutssystem ALFA1								5100	0	276	249	374	410	0	358	3400

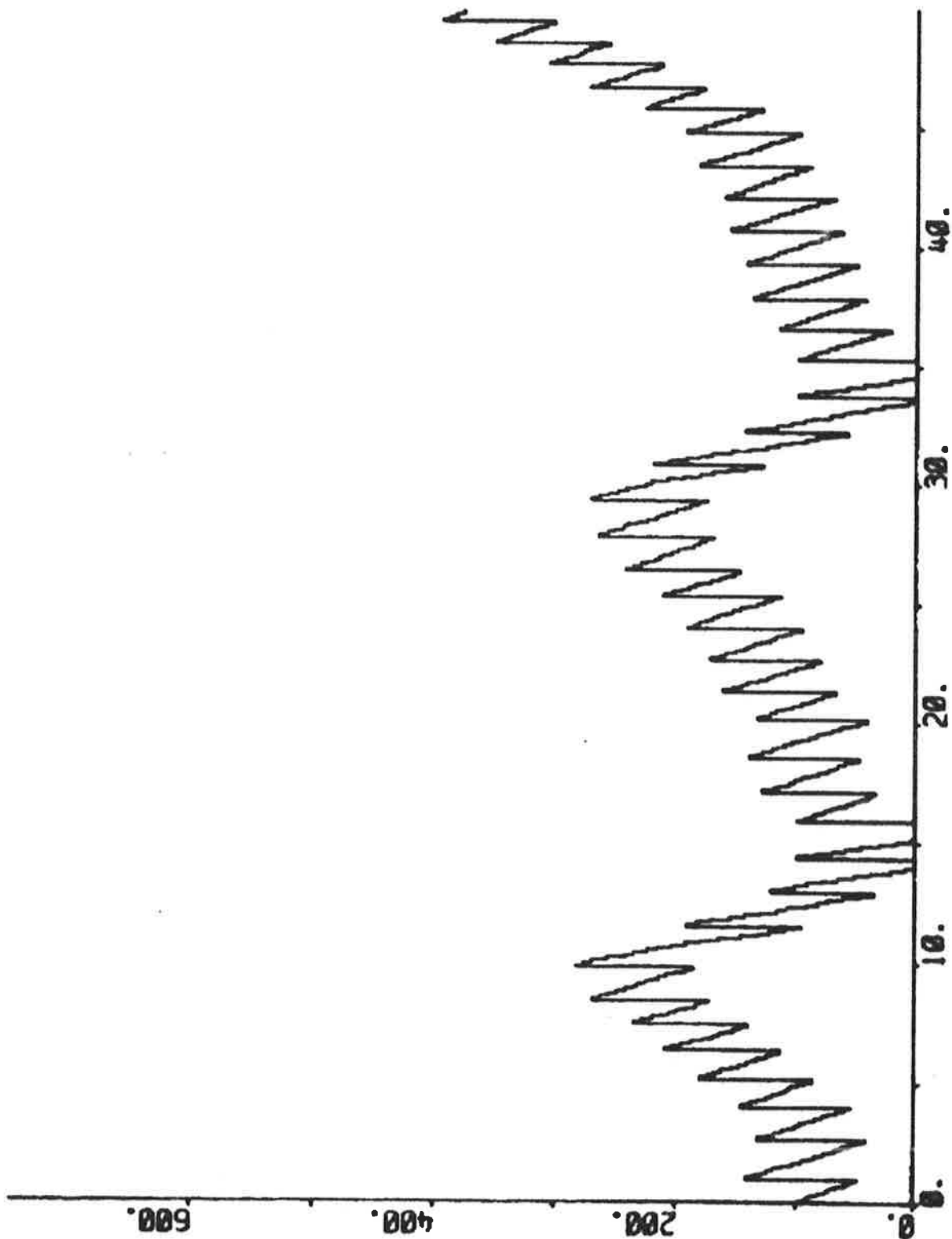
Tabell 1

figur 4



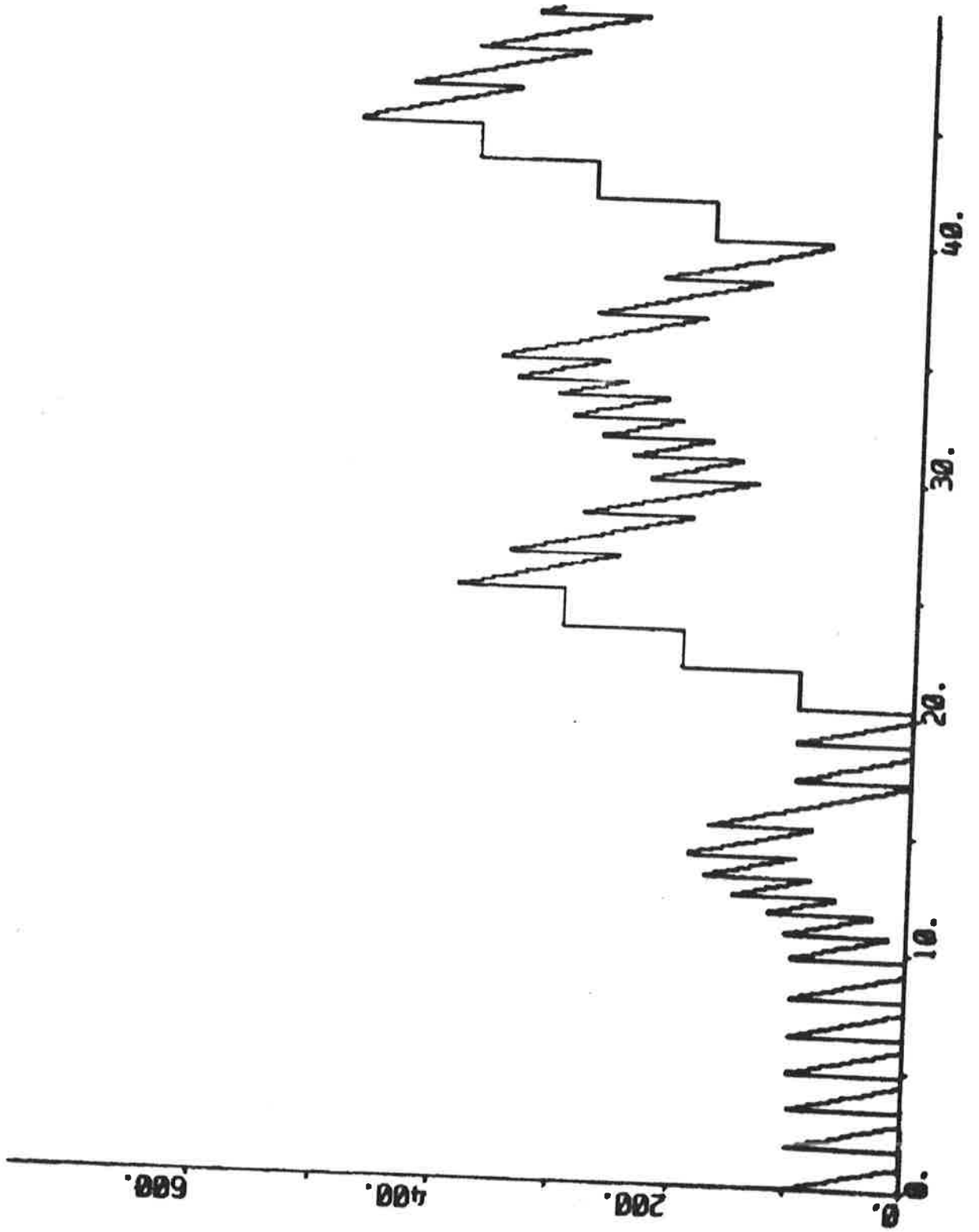
figur 5

PLOT 144

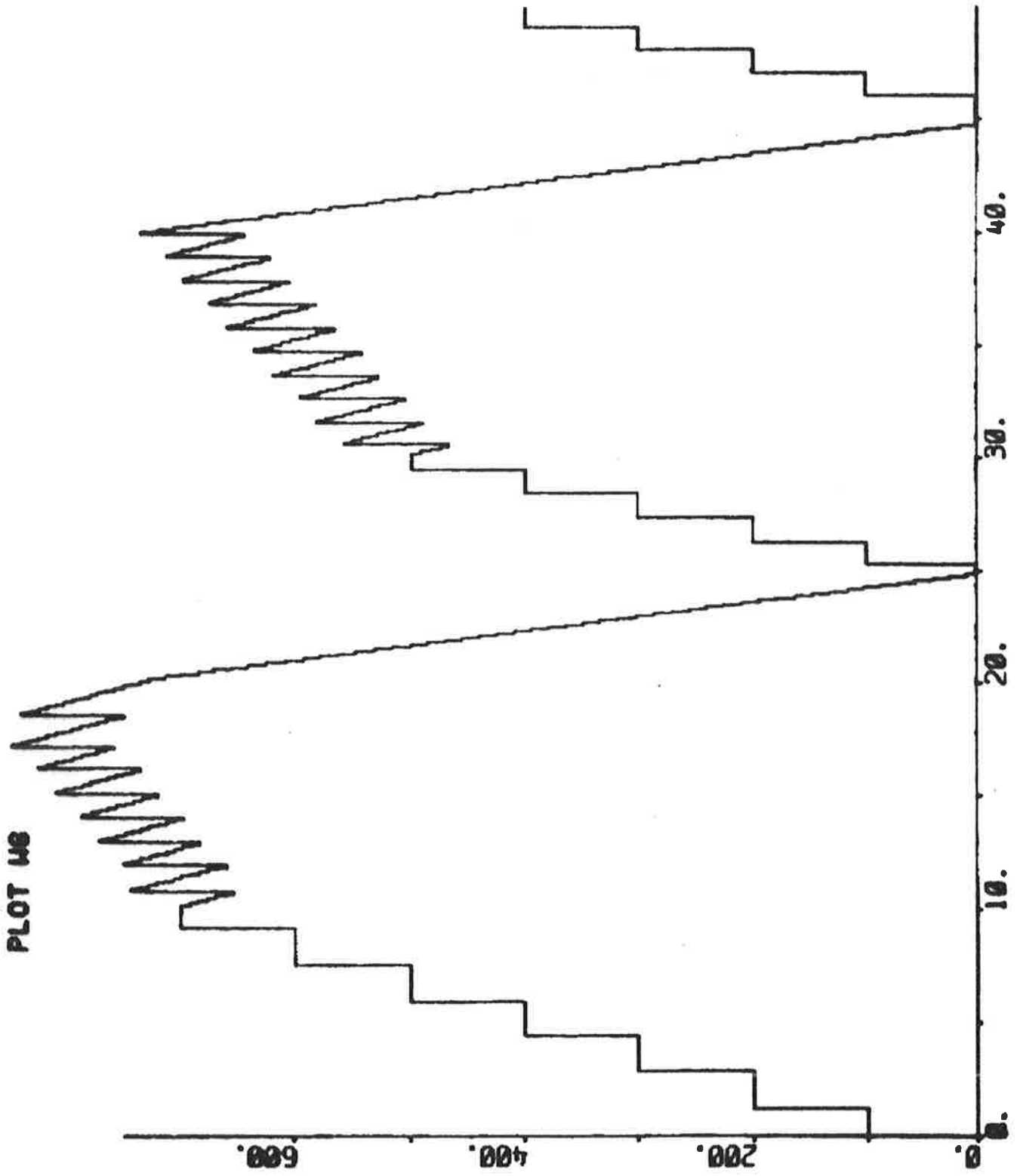


figur 6

PLOT 45

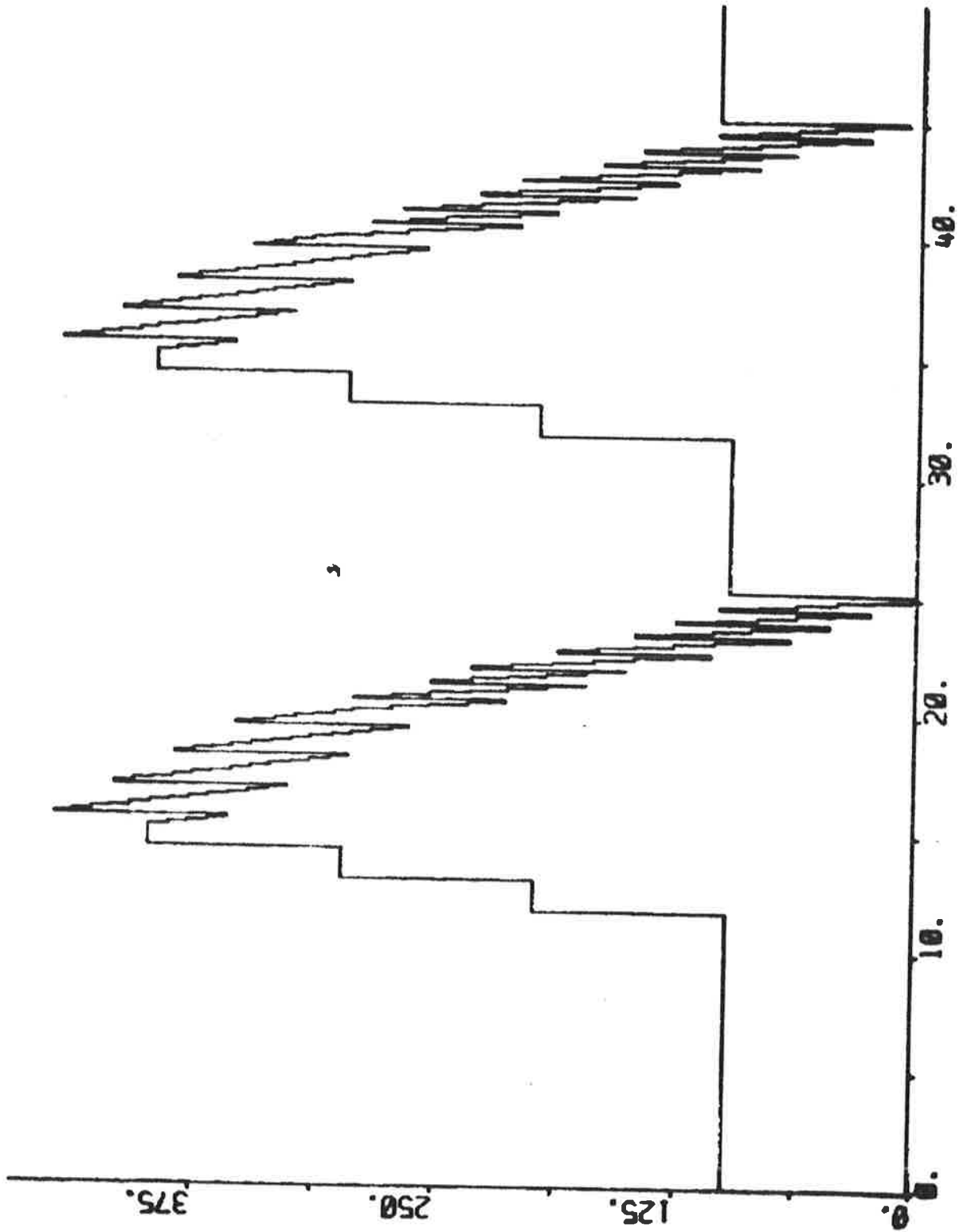


figur 7



figur 8

PLOT 48



PLOT M9

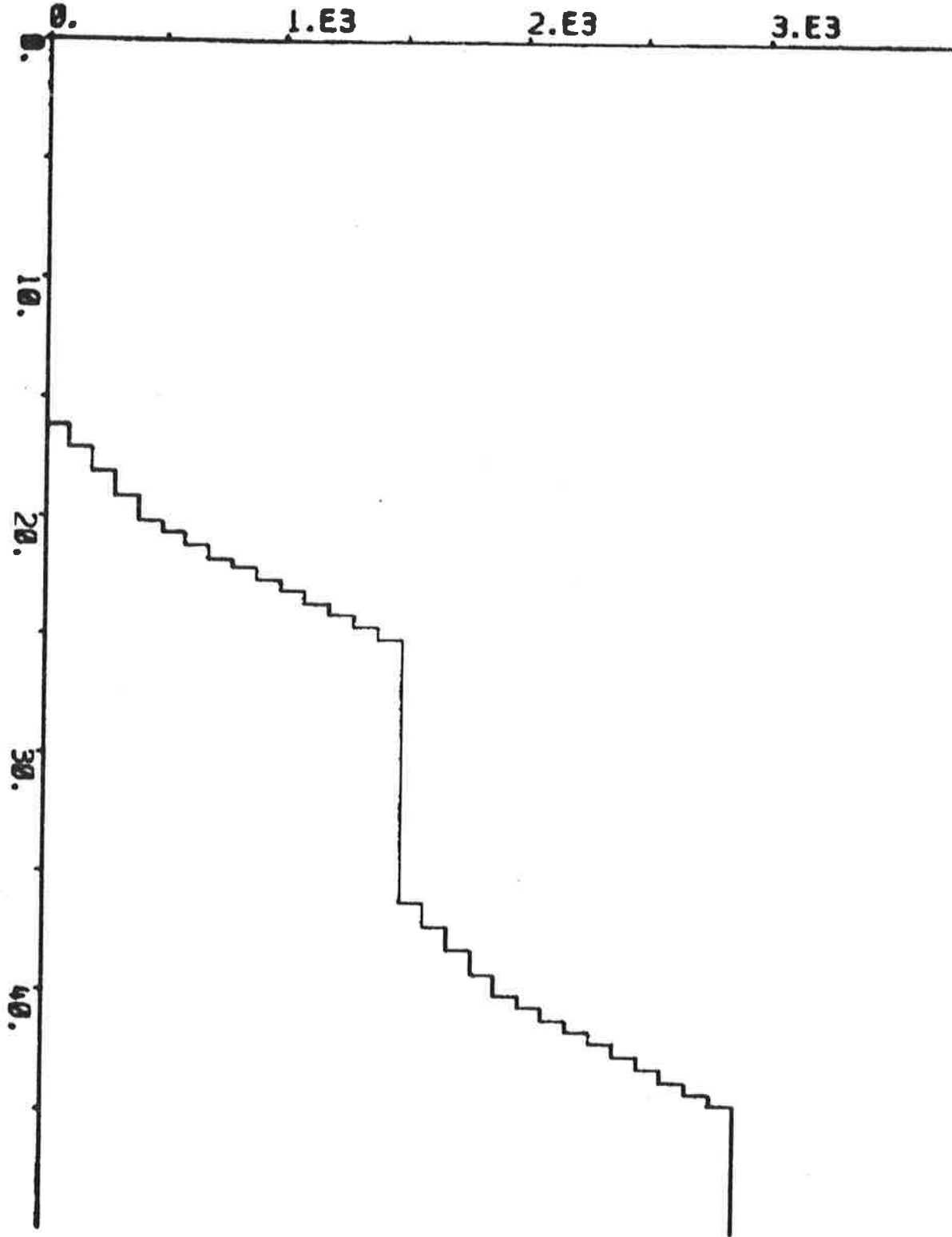
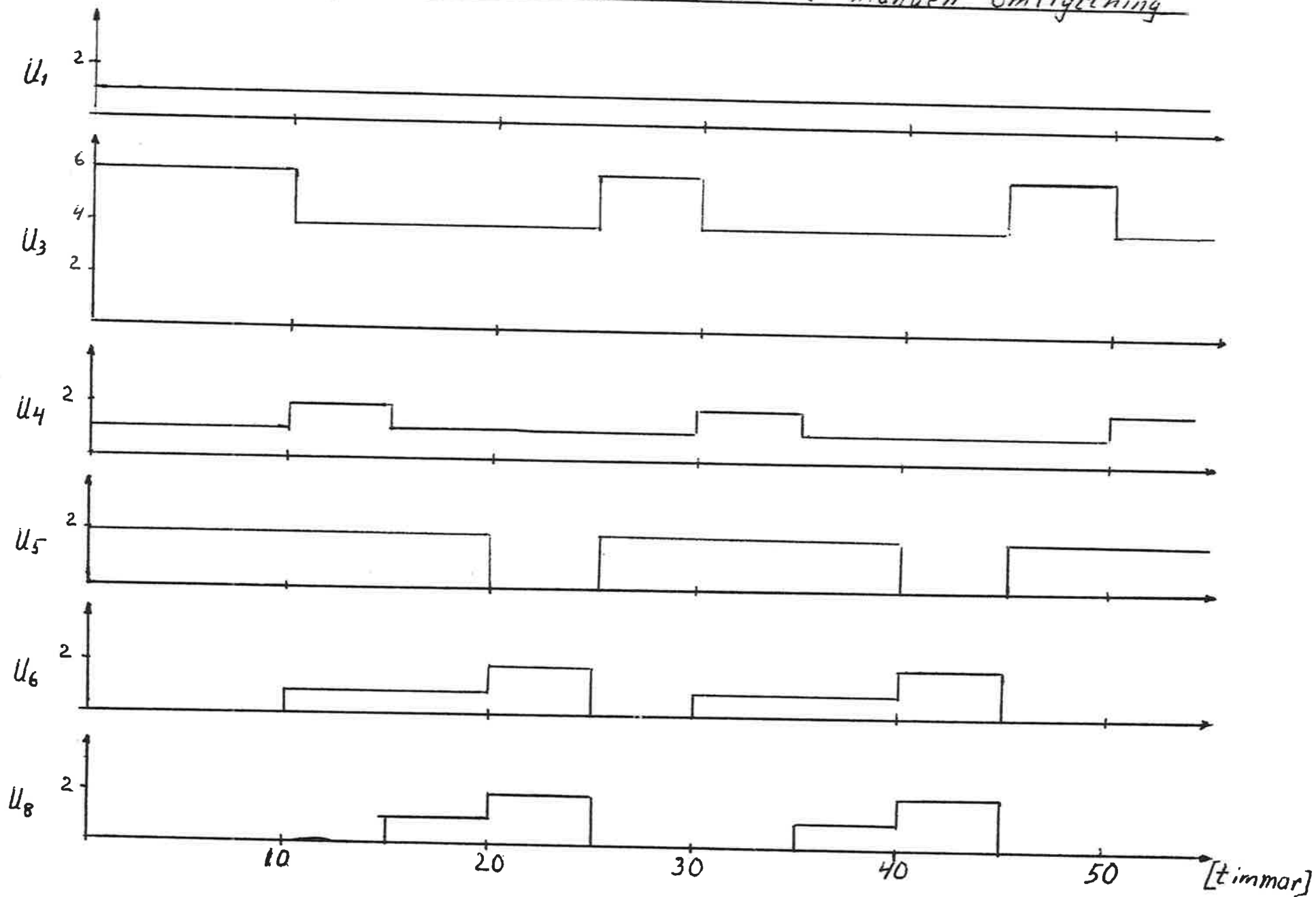


figure 9

Antal personer vid station 1-8 vid manuell omflyttning



figur 10

5.2 System ALFA

Detta system skiljer sig från LAVAL genom att enkla beslutskriterier för automatisk omfördelning av personer införts.

Kriterierna är:

- a. Om lagernivån överstiger ett visst förutbestämt värde, skall stationen tilldelas mer arbetskraft. Denna tages från en station med lagernivå under ett visst värde. Existerar ej någon sådan, inträffar ingen förflyttning under samplingsintervallet.
- b. Prioritetsordning mellan stationerna var samma som nummerföljden, vilket betyder att om i tex lager nummer 2 och 7 nivån översteg ett förutbestämt maxvärde, så tilldelades först station 2 en man. Först i nästa intervall, kunde station 7 tilldelas en ny man.

Vid simulering visade det sig att systemet var instabilt. Orsaken till detta beror troligen till största delen på den prioritetsordning, som fastställts mellan stationerna.

Figur 11 visar simuleringen över ett 60 timmars intervall. Om två på varandra följande stationer samtidigt uppnår bestämt maxvärde, tilldelas den stationen med lägst nummer mer folk. Produktionen vid denna station ökar därför, medan stationen efter får ett stort inlager och kan tilldelas mer folk först i nästa samplingsintervall. Finns i detta intervall ej folk, eller om en station med lägre nummer överskrider maxvärdet, ökar lagret ytterligare. Denna effekt byggs då upp i systemet.

PLOT W3 W6 W8

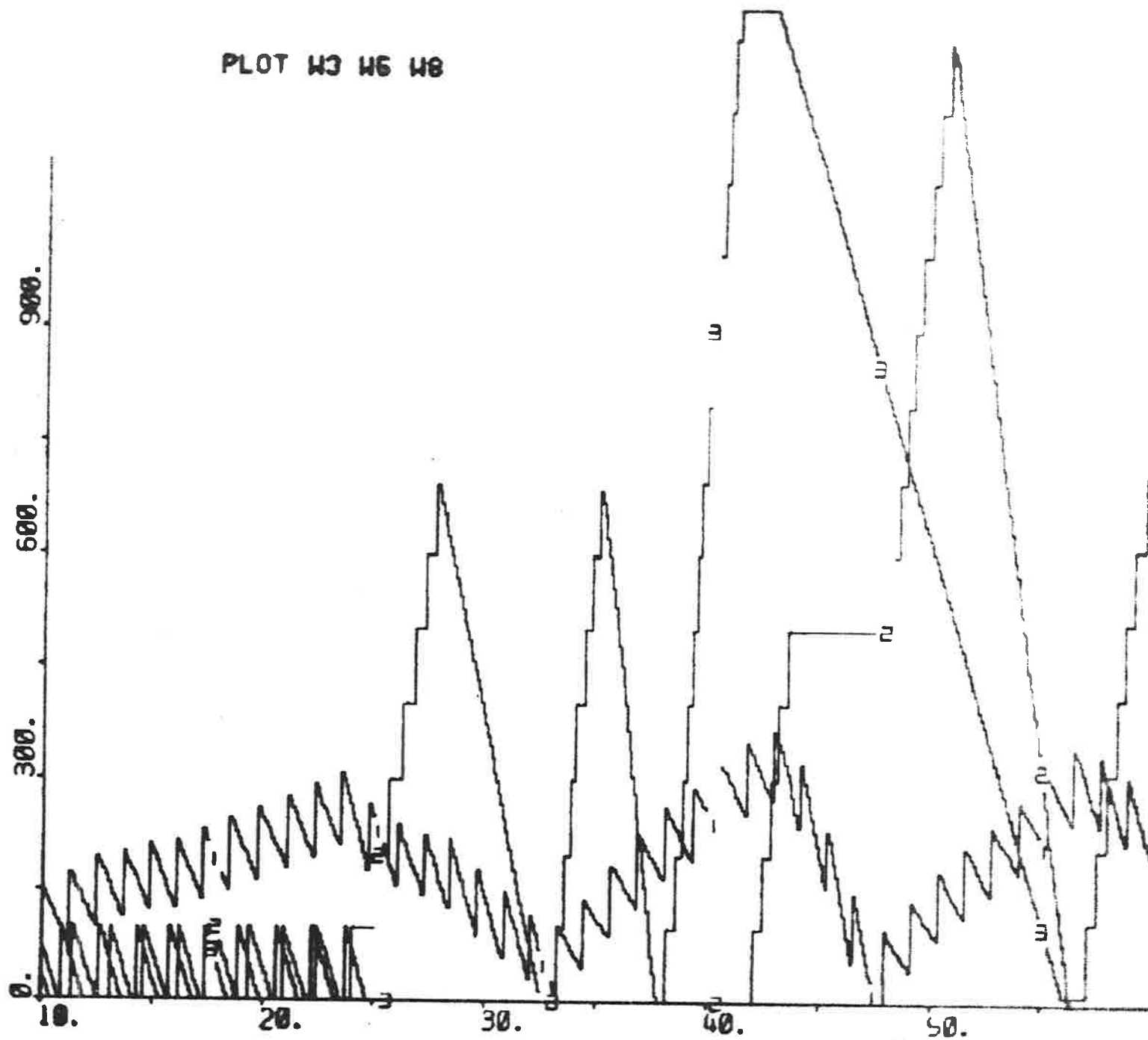


FIGURE 11

$\Sigma U = 10$
OVRE GRANS = 300

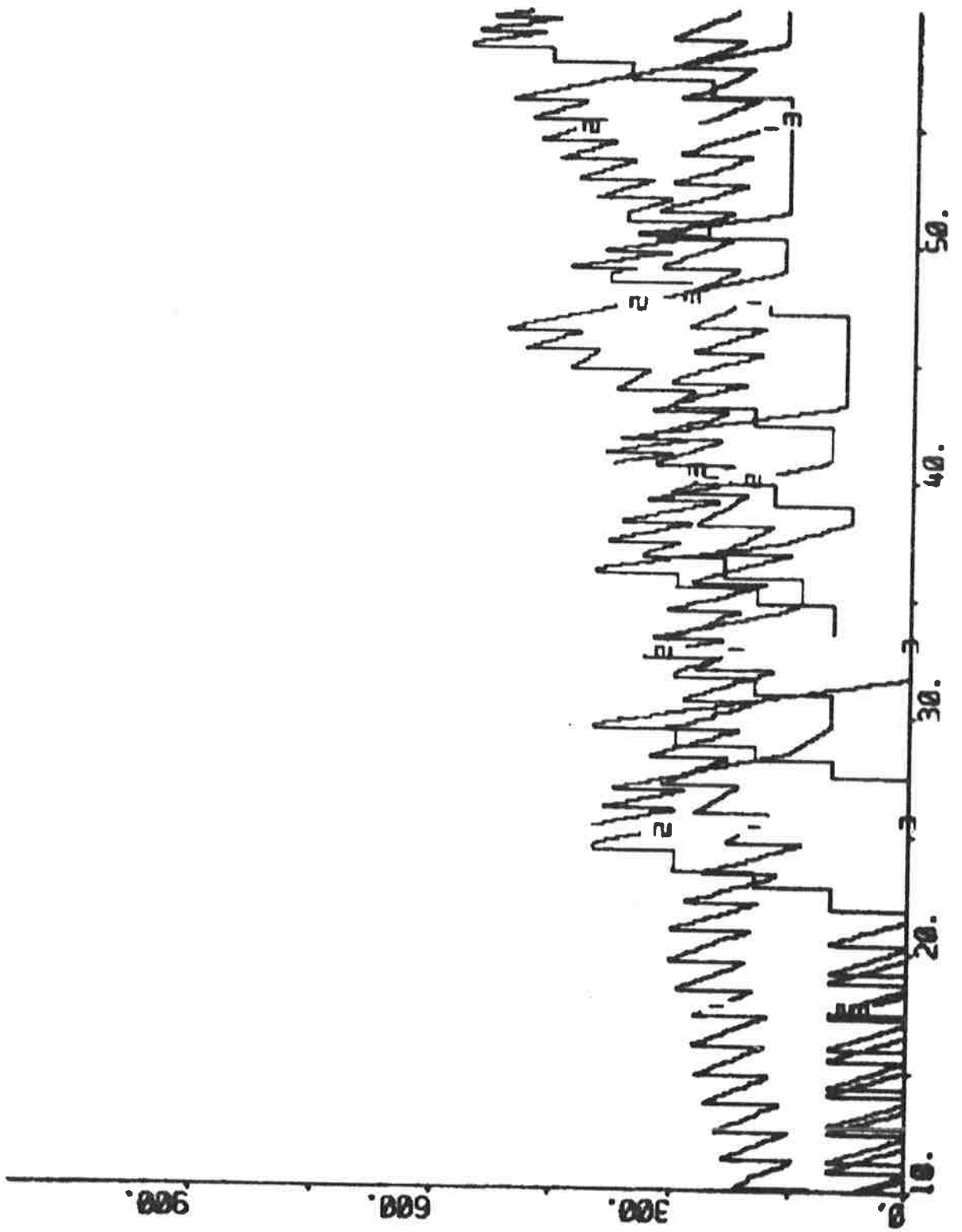
5.3 System_ALFA1

Skillnaden mellan system ALFA1 och ALFA ligger i en ändring i prioritetsordningen mellan stationerna och att varje station har fått ett maximalt antal personer. Det gäller här att så snabbt som möjligt färdigproducera plattor, varför stationer med högt nummer går före stationer med lågt nummer.

Systemet visade en god stabilitet och följde väl de uppgjorda kriterierna under simulerat intervall. Produktionen blev ungefär densamma som vid manuell styrning. Här hänvisas till tabell 1.

I figur 12 visas lagerfluktuationer vid de tre stationer som varierade mest och i figur 13 omflyttningen av personer när elva personer finns i arbetslaget.

PLOT M3 M5 M8



figur 12

PLOT U3 U4 U8

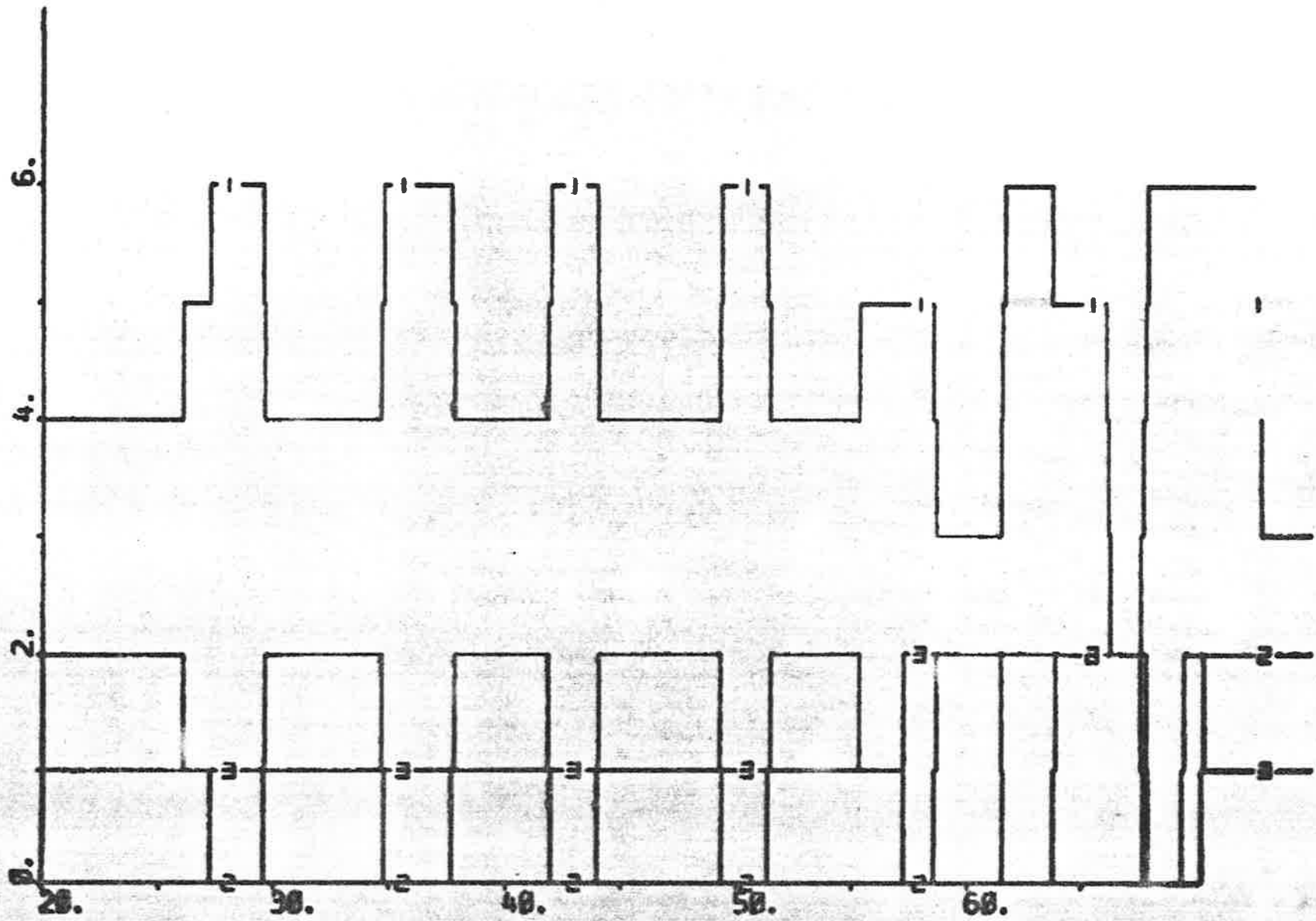


FIGURE 13

5.4 Kommentar

Vid en jämförelse mellan system LAVAL och system ALFA1 finner man att ungefär samma produktionsresultat kan uppnås vid emulering med de båda systemen. System LAVAL skall dock ses som ett hjälpmedel vid produktionsplaneringen tex vid upprättande av cykliskt arbetsschema.

System ALFA1 skall däremot ses som ett hjälpmedel att finna lämpliga beslutsregler för arbetarna, samt att undersöka systemets känslighet vid sjukfrånvaro etc. Det skall dock tilläggas att arbetarna inte får styras för hårt eftersom en stor del av ideén med självstyrande produktionsgrupper då försvinner.