

CODEN: LUTFD2/(TFRT-5304)/1-054/(1983)

SIMULERING AV PRODUKTFLÖDEN

BERNT-ÅKE BENGTTSSON

INSTITUTIONEN FÖR REGLERTEKNIK
LUNDS TEKNISKA HÖGSKOLA

OKTOBER 1983

LUND INSTITUTE OF TECHNOLOGY DEPARTMENT OF AUTOMATIC CONTROL Box 725 S 220 07 Lund 7 Sweden	Document name Master thesis	
	Date of issue October 1983	
	Document number CODEN:LUTFD2/(TFRT-5304)/1-054/(1983)	
Author(s) Bernt-Åke Bengtsson	Supervisor Lars Pernebo., Björn Wittenmark	
	Sponsoring organization	
Title and subtitle Simulering av produktflöden. (Simulation of product flow)		
Abstract <p>An interactive computer program for design of plants via simulation of product flow in a dairy has been developed at ALFA-LAVAL in Lund. The users of the program have suggested a number of improvements in order to simplify the interaction between the program and the user. This report describes the decided solution strategy and how it has been inserted into the existing program, and furthermore how a simulation will turn out using the new function.</p> <p>At the end of the report is also a complete example of a simulation of a dairy, clearly giving the function of the program. The simulation is carried out in two steps, first with the old program routine and second with the new one.</p>		
Key words		
Classification system and/or index terms (if any)		
Supplementary bibliographical information		
ISSN and key title		ISBN
Language Swedish	Number of pages 54	Recipient's notes
Security classification		

DOKUMENTDATABLAD RT 3/81

Distribution: The report may be ordered from the Department of Automatic Control or borrowed through the University Library 2, Box 1010, S-221 03 Lund, Sweden, Telex: 33248 lubbis lund.

S I M U L E R I N G A V P R O D U K T F L Ö D E N

**Examensarbete
utfört 1983 av
Bernt-Ake Bengtsson
vid ALFA-LAVAL i Lund.**

**Handledare: Tekn dr Lars Pernebo, ALFA-LAVAL
Univ lekt Björn Wittenmark, Reglerteknik LTH**

Rådgivare: Civ ing Lars Persson, ALFA-LAVAL

SAMMANFATTNING

Vid ALFA-LAVAL i Lund har det utvecklats ett interaktivt simuleringsprogram för produktflöden i en mejerianläggning. Från användarhåll har det framkommit önskemål om att antalet nödvändiga ingrepp vid en programkörning skall minskas genom att programmet självt sköter om vissa av de inrepp som måste göras. I denna rapport finns beskrivet den lösningsstrategi som har använts och hur den har inlemmats i det existerande programmet, samt hur den nya funktionen gestaltar sig vid en simulering.

I slutet på rapporten finns dessutom en fullständig programkörning av en mejerianläggning, dels med den gamla versionen och dels med den nya, varvid funktionen tydligt framgår.

INNEHÅLL	sid
A. Rubrik	1
B. Sammanfattning	2
C. Innehåll	3
1. Inledning	4
2. Presentation av existerande ALIPS	5
3. Problembeskrivning, flödesregler	7
4. Lösningstrategi	10
5. Genomförd programutveckling	14
6. Exempel på simulering av mejerianläggning	17
7. Förslag till industriella tillämpningar	20
8. Förslag till programutvidgning.	23
2.A Användarmanual	24
6.A Programkörning	36

1. INLEDNING

Vid ALFA-LAVAL i Lund har det utvecklats ett program som simulerar produktflöden i en mejerianläggning. Programnamnet ALIPS står för ALFA-LAVAL Interactive Plant Simulation och det är tänkt att användas vid en första design av mejerianläggningar. Det är skrivet så att användaren under simuleringens gång gör alla beslut om starttider, kapaciteter och anslutningar. Det har visat sig vid körning att det behövs ganska många ingrepp från användaren under en simuleringsprocess, varför det har framkommit önskemål om att vissa självklara anslutningar skall skötas om automatiskt från programmets sida.

Syftet med examensarbetet är därför att skriva rutiner som snabbar upp själva simuleringen och som minimerar de ingrepp som användaren måste utföra. Hur det nya programmet skall fungera bestäms i samråd med kommande användare och handledare.

2. PRESENTATION AV EXISTERANDE ALIPS

Alips är ett simuleringsprogram skrivet i FORTRAN 77. Det är utvecklat för att användas i samband med design av mejerianläggningar och upprättande av offerter till eventuella kunder. Programmet ger information om huruvida föreslagen anläggning är tillräckligt dimensionerad för att klara den dygnsproduktion som är specificerad. Under simuleringens gång kan kapaciteten hos anläggningen hela tiden varieras antingen genom att ny utrustning definieras eller gammal utrustning modifieras eller elimineras. Resultatet fås ut i form av kurvor på bildskärmen samt en utskrift på radskrivare. Utskriften innehåller all definierad utrustning samt information om simuleringen utgående från alla de brytpunkter som erhållits genom angivna start och stopptider samt angivna anslutningar. (se exempel i 6.A på sid 40)

En körning av programmet inleds med att känd utrustning hos anläggningen definieras med DEFINE-kommandot. Utrustningen kan vara av fyra slag: TANK, PUMP, SEPARATOR OCH MOTTAGNINGSLINJE. Det finns en hel del ytterligare slag av utrustning i ett mejeri än de fyra som finns definierade i programmet. Man kan emellertid oftast lösa problemet med ej definierbar utrustning genom att utnyttja någon av ovanstående fyra enheter.

I exemplet i kap 6 har kylningen av den mottagna mjölken tänkts ingå i mottagningslinjen. Standardiseringen och pastöriseringen efter separeringen har fått ingå som en ytterligare arbetsuppgift för separatorn. Förpackningsmaskinen har representerats av en pump som arbetar till X (ospecificerad anslutning), men man kan också låta pumpen fylla en tank vars volym är lika stor som den önskade dygnsproduktionen. Då tanken blir full vet man att dagens tillverkning är avklarad och kan stänga av den fyllande pumpen. Den aseptiska tanken är en buffertank som utnyttjas om fyllningsmaskinen skulle gå sönder och behöver därför inte medtas vid simuleringen (man måste kunna förutsätta att utrustningen fungerar). Därmed kan steritermenheten och den aseptiska förpackningsmaskinen representeras av en enda pump.

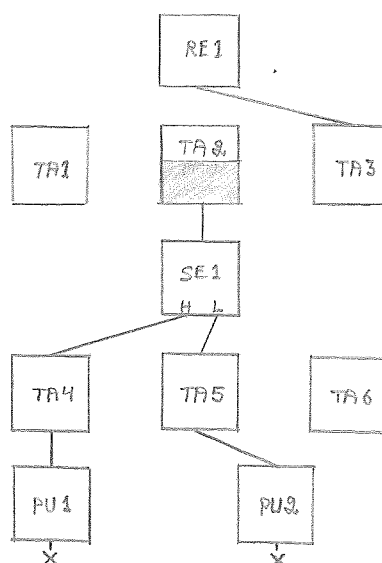
Ytterligare exempel på ej namngiven utrustning är en destillator som kan representeras av en separator som har en utgång ansluten till en

(*) Hur kommandona används framgår av bifogad användarmanual i 2.A och genomförda exempel i 6.A, se sid 24 och 35.

lagringstank och en utgång ansluten till X. En avluftare kan representeras på motsvarande sätt där luften tänkes försvinna genom den ospecificerade utgången. Även en filtreringsanläggning och en dekantercentrifug kan representeras av programmets separator.

Anläggningen kopplas upp med CONNECT-kommandot på så sätt att före en tank finns alltid en pump, separator eller mottagningslinje och efter en tank finns alltid en pump eller en separator. Före en pump eller separator finns alltid en tank eller X(ospecificerat) och efter finns alltid en tank eller X.

Exempel:



Därefter anges start- och stopptider för pumpar, separatorer och mottagningslinjer med RUNSCHEDULE. Simuleringen framåt i tiden (0 00 - 30 00) startas med SIMULATE, och avbrytes då en tank blir full eller tom eller en fördefinierad stopptid uppnås eller en anslutning saknas. Vid stopp måste användaren ingripa genom att starta eller stänga av pump, separator eller mottagningslinje eller genomföra en omkoppling. Han kan också gå bakåt i tiden med kommandot BACK och utföra en förändring vid ett tidigare skede och därmed få ett önskat förlopp på produktflödena. Simuleringen fortsätter på så sätt tills önskad dygnsproduktion är uppnådd.

Användaren har av kunden fått specifikationer gällande kapacitetskraven på anläggningen. Han gör erfarenhetsmässigt upp ett förslag på nödvändig utrustning samt de ingående komponenternas storlek. Härvid skall kostnaderna hållas nere samtidigt som produktionskraven uppfylls. För att kontrollera att det uppgjorda förslaget är användbart utnyttjas ALIPS varefter vissa modifieringar i förslaget kan göras. Då anläggningen är godtagbar presenteras en offert för kunden, som därefter kan lämna in en beställning.

3. PROBLEMBESKRIVNING

Principen hos ALIPS har hittills varit att användaren skall göra alla beslut och programmet alla beräkningar. För att snabba upp simuleringsgången måste programmet hjälpa till med beslutsfattandet. Då simuleringen stannar får man ut information enligt (se sid 38 resp 47)

```
TIME 16 05 - TANK 5 IS FULL
TIME 16 07 - TANK 6 IS EMPTY
TIME 16 35 - STOPPED BECAUSE OF PREDEFINED INTERRUPT TIME
SE 1 NOT OUTPUT (LOW) CONNECTED
```

I nuvarande version måste man gå in under CONNECT och utföra en omkoppling. Simuleringen skulle kunna snabbas upp tex genom att programmet ger ett förslag och/eller utför en omkoppling så att simuleringen kan fortlöpa framåt i tiden. Användaren måste hela tiden vara medveten om vad som händer under simuleringen. Det innebär att programmet inte får ta kommandot och sköta ett antal omkopplingar och låta simuleringen löpa fram till en tidpunkt där operatören inte alls är insatt i vad som är på gång. För att undvika ett sådant förlopp kan programmet istället skriva ut information om alla ingrepp som görs automatiskt, varvid operatören visserligen blir insatt i händelseförloppet, men hans valfrihet och möjlighet att ingripa elimineras under den automatiska simuleringsgången.

För att programmet skall kunna fatta beslut om ny korrekt koppling måste det ha tillgång till mer information än vad som är fallet i ALIPS. Frågan är vilken typ av information som är relevant och som saknas och hur den skall göras tillgänglig till programpaketet. Det kan behövas mer information om anläggningen, nya tillståndsvariabler, information om möjliga förbindelselinjer mm. Dessutom behöver programmet känna till enligt vilka regler användaren genomför omkopplingar, dvs regler för hur en mejerianläggning sköts under drift för att en fullgod produkt skall erhållas.

Ett antal tillståndsvariabler kan införas för tankarna. Varje tank tilldelas då ett visst tillstånd som beror på produktslag. En pump får därvid endast arbeta mellan tankar med samma tillstånd. Då en tank börjar fyllas får den automatiskt tillstånd efter produkten. Detta reducerar antalet möjliga anslutningslinjer radikalt. Följande tillstånd är tänkbara:

CONTENT: 0 diskad
1 råmjölk
2 pastörmjölk
3 grädde
4 övriga produkter

STATE: 0 diskas
1 nivå
2 full
3 stå konstant

Tillståndsvariabler på produkterna skulle kunna ansvara för att olika produkter inte blandas. Invändningen är att vissa produkter vill man blanda; tex för yoghurttillverkning. Att hålla isär olika produkter visade sig vara ett specialfall som inte behöver beaktas eftersom olika produkter normalt tar olika delar av anläggningen i anspråk och därmed inte kan blandas. Vid de tillfällen då olika produkter disponerar samma tanklager får användaren själv hålla reda på flödena så att inte produkterna blandas.

FLÖDESREGLER

Genom diskussion med kommande användare har följande flödesregler uppställts.

- 1) Se till att pumpar som fyller eller tömmer ett tanklager arbetar i ett sträck.
- 2) Normalt står alla tankar tomma för disk 30 minuter efter tömning. Detta gäller inte råmjölkstankar.
- 3) Det är vanligt att tankar skall stå fulla en viss tid. Detta gäller yoghurt, ost, filmjök mm.
- 4) Vid diskning rengöres hela system samtidigt varför disk endast bör appliceras på tankar.
- 5) Man behöver ofta lägga till en tank till ett tanklager efter en stunds simulering. Denna bör kunna infogas i förslagsmekanismen.
- 6) Man försöker att undvika att både fylla och tömma en tank samtidigt eftersom det blir en dyrare konstruktion. Man vet oftast inte från början om flöde i båda riktningarna är nödvändigt.
- 7) Lagringen av en produkt som skall koagulera skall avbrytas inom en viss tid som inte får överskridas.
- 8) Blandning av olika produkter får endast ske då så är meningen. Det gäller speciellt att en apparat måste rengöras innan en ny produkt appliceras på den.

4. LÖSNINGSSTRATEGI

Det beslöts att programmet vid varje simuleringsavbrott pga tom eller full tank skall ge ett förslag om en ny anslutning som gör att simuleringen kan fortsätta. Operatören kan antingen acceptera eller förkasta förslaget. Accepterar han förslaget genomförs omkopplingen och simuleringen fortsätter tills ett nytt avbrott fås. Förkastar han förslaget kan han antingen begära ett nytt förslag eller själv genomföra en lämplig omkoppling. Detta medför fördelen att användaren har fullständig kontroll över händelserna samtidigt som han har högsta prioritet och när som helst kan ingripa.

För att realisera ovanstående lösning behöver tre nya kommandon definieras*. Dessa döps till ACCEPT, NEW SUGGESTION OCH POSSIBLE CONNECTIONS.

ACCEPT-kommandot accepterar ett givet förslag och genomför önskad omkoppling samt återuppstartar simuleringen. (Ex, se sid 47)

NEW SUGGESTION-kommandot förkastar givet förslag och begär samtidigt ett nytt förslag som senare eventuellt kan accepteras. (Ex, se sid 47)

Dessa båda kommandon kan endast användas då ett förslag har presenterats.

```
Ex: TIME 8 30 - TA 1 IS FULL
      CONNECT RE 1 TA 2?
      >A
      TIME 14 30 - TA 2 IS EMPTY
      CONNECT TA 3 SE 1?
      >N
      CONNECT TA 1 SE 1?
```

POSSIBLE CONNECTION-kommandot kan alltid anropas. Här talar man om vilka tankar som ingången på varje pump eller separator får anslutas till samt vilka tankar som utgången på varje pump, separator eller mottagningslinje får anslutas till. (Ex, se sid 46)

```
Ex: >PO
      <TAI, TAJ, ...> <PU SE>
      <PU SL SH RE> <TAI, TAJ, ...>
      >>RE1 TA3 TA1 TA2
```

Programmet arbetar vid varje stopp med informationen från POSSIBLE CONNECTION för att

(*) Se användarmanualen i 2.A och genomförd programkörning i 6.A för exempel.

bestämna ett tillåtet kopplingsförslag. Informationen ligger lagrad i sex stycken matriser enligt följande:

JPUMIC - Pump input connections
 JPUMOC - Pump output connections
 JSEIC - Separator input connections
 JSEOCL - Separator output connections low concentration
 JSEOCH - Separator output connections high concentration
 JREC - Reception line connections

Denna information är emellertid inte tillräcklig för att bestämma en omkoppling som ur operatörens synsätt är tillåten, utan mer information om anläggningen måste beaktas.

För att ett visst förslag skall kunna fås måste ett antal villkor vara uppfyllda. Den nya tank vars nummer hämtas ur någon av ovanstående kopplingsmatriser och som föreslås bli ansluten till motsvarande flödesapparat måste vid fyllning uppfylla följande villkor: Den får inte vara full, inte stå på lagring, inte hålla på att diskas och inte hålla på att tömmas om den inte får fyllas och tömmas samtidigt. Vid tömning gäller motsvarande förhållande att tanken inte får vara tom, inte stå på lagring och inte hålla på att fyllas om den inte får fyllas och tömmas samtidigt.

Diskningen är därmed något som bör tas i beaktande. Eftersom enligt flödesreglerna hela system diskas samtidigt bör disktiden endast appliceras på tankar. Det normala är att diskningen realiseras efter ca 8 timmar men den tidsrymden är tänjbar varför det inte är lämpligt att stoppa simuleringen efter en viss tid för disk utan det är bättre att lägga in en disk varje gång en tank blir tom. Stå konstanttillståndet är vanligt förekommande för mjölkprodukter såsom ost, yoghurt, filmjök mm och bör därför tas med. Diskussionen mynnar ut i att tillstånden DISKAHIT, VÄNTAHIT och NIVÅ definieras samt att parametrarna DISKTID, VÄNTETID och BÅDE FYLLNING OCH TÖMNING definieras.

Betydelsen är följande:

DISKTID Anges vid initialiseringen och är om ej annat anges 30 min. (Ex, se sid 45)
 Ex: CLEANING TIME?(MIN):

VÄNTETID Anges vid initialiseringen och är normalt 0 men tilldelas andra värden för bla ost och yoghurt. C betyder att tankens innehåll skall stå lagrat under intervallet väntetid direkt från tidpunkt

O 00. (Ex, se sid 45)
Ex: STORAGE TIME?(MIN)C:

DISKA HIT Då en tank blir tom räknas diska hit upp med disktid från aktuell tid. Det innebär att tanken är upptagen och inte kommer att föreslås för anslutning den närmaste tiden. Däremot har operatören fortfarande högre prioritet och kan ansluta tanken närhelst han önskar.

VANTA HIT Då en brytpunkt nås från påfyllning till konstant nivå räknas vänta hit upp med väntetid från aktuell tid. Det innebär att tanken är upptagen och inte kommer att föreslås för anslutning den närmaste tiden. Däremot har operatören fortfarande högre prioritet och kan ansluta tanken närhelst han önskar.

NIVA Nivå kan anta tre värden: 0 betyder tom tank. 1 betyder något innehåll och 2 betyder full tank. Variabeln införs för att man skall slippa att göra relativa jämförelser då en nästan full tank är tänkbar för anslutning, utan man vill istället ha fasta bestämda tillstånd.

BADE OCH Enligt flödesreglerna skall man undvika att både fylla och tömma en tank samtidigt eftersom konstruktionen då blir dyrare. Om man under simuleringen upptäcker att man måste ha tillgång till denna finessen kan man lätt gå in och ändra tillståndet när som helst. Då tillståndet inte är tillåtet kommer en tank som fylls inte att föreslås för tömning och en tank som töms inte att föreslås för fyllning. (Ex, se sid 45)
Ex: DUAL FLOW DIRECTION? (Y/N):

Då maxtiden eller någon tidpunkt senare än 24 00 blir uppnådd kan fortsatt simulering ske med ett kommando som heter FOLLOWING DAY. Detta kommando initialiserar en ny dag med utgångspunkt från den definierade industrianläggningen. Detta kommando är speciellt användbart då den planerade fabriken har en förutbestämd veckoproduktion och en eller flera dagar har olika produktion och flödesschema. Därmed slipper man att återuppstarta programmet och definiera om anläggningen då man vill fortsätta simuleringen ytterligare något eller några dygn.
(Ex, se sid 52)

Ex: >FO

Ex: HAS LAST DAY BEEN SAVED (Y/N):

Hela tiden under programskrivningen har antalet utskrifter och deras omfattning försökt hållas på så låg nivå som möjligt. Informationsflödet från programmet till användaren är ändå som framgår av exemplet i 6.A omfattande. Endast upplysningar som är relevanta som information till användaren för hans beslut skrivs ut, eftersom viktig information lätt drunknar i en för stor utskrift.

5. GENOMFÖRD PROGRAMUTVECKLING

Här nedan följer en numrerad lista på alla de tillägg och förändringar som har gjorts till det tidigare existerande ALIPS-programmet samt de nya subrutiner som skrivits. Som förklaringar ges den programmässiga innebörden hos förändringarna. Denna resume av programmeringsarbetet torde vara till stor hjälp för den som har tillgång till programlistorna och skall sätta sig in i funktionen och eventuellt göra förändringar. Medan en intresserad läsare endast kan få sig en uppfattning om den tänkta funktionen hos subrutinerna.

1. I huvudprogrammet infogas de nya kommandona
PO(SSIBLE CONNECT) A(CCEPT) N(EW
SUGGESTION) FO(LLOWING DAY).

2. Motsvarande subrutiner som anropas skrives och läggs i en egen fil.

FINDCO: Bestäm vilken maskin som fyllt eller tömt tanken samt dess nummer. Då initialiseringsanslutningarna ej är gjorda används subrutinen för att bestämma aktuellt inflöde respektive utflöde till tanken som är aktuell för anslutning.

ALOWCO: Föreslår en ny tillåten anslutning. Subrutinen används efter simulering, vid new suggestion och då initialiseringsanslutningarna ej är gjorda.

ACONN: Anropas av accept. Subrutinen realiserar den föreslagna anslutningsmodifieringen genom att i sin tur anropa kopplingssubrutinen CRECON.

POSCON: Används vid initialiseringen för att lagra alla anslutningar som operatören vill att programmet skall föreslå under simuleringsgången.

FOLLOW: Då tiden blivit > 24 00 kan en ny dag definieras genom FOLLOW. All information om anläggningen bevaras medan de löpande lagrade tidpunkterna för de olika maskinerna, såsom start och stopptider, anslutningstidpunkter och disktider samt rengöringstidpunkter räknas ner med 24 timmar. I huvudprogrammet raderas sedan de gamla kurvorna från skärmen varpå utritning av processkurvorna sker från 00 00 till ny aktuell tid.

3. De i kapitel fyra angivna matriserna och tankparametrarna definieras i dimension-deklarationen och ges initialvärden i huvudprogrammet.
4. I DEF(INE) infogas frågor om disktid, väntetid och dubbel flödesriktning för varje tank. Väntetiden kan därvid även uppdateras från 0 00 genom att ett C infogas direkt efter tidsangivelsen.
5. I simuleringssubrutinen uppdateras tanktillstånden bla med hjälp av UPDSTA OCH UPDSTO-subrutinerna.
6. Vid SAVE-kommandot lagras också information om possible connections och tankparametrar.
7. Den lagrade informationen återfås med GET-kommandot.
8. Då SHOW-kommandot används visas även information om möjliga anslutningar och tankparametrar.
9. Vid utnyttjandet av BACK-kommandot uppdateras även tanktillstånden till de värden som är aktuella vid den nya tidpunkten.
10. Tankparametrarna nollställs för den tank som man eliminerar med DELETE-kommandot. Dessutom plockas tankens nummer bort på alla de platser där den förekommer i matriserna för möjliga anslutningar.
11. Med CHANGE-kommandot kan man även ändra lagringstid, disktid och möjligheten till samtidig fyllning och tömning för en tank.
12. Efter utskriften RE1 not connected och andra motsvarande utskrifter ges anslutningsförslag, tex CONNECT RE1 TA1.
13. Då ett visst tanknummer ej finns med i listan över möjliga anslutningar ges första möjliga nya tanknummer som finns med i listan som alternativ vid anslutningsförslaget. Detta förfarande kan bli aktuellt vid uppkoppling av anläggningen samt vid pumpstart då pumpen saknar anslutning.

14. Då en tank tex har två eller flera pumpar ansluten till sig och blir full ges den första pump som är påslagen som alternativ vid förslaget om anslutning till ny tank.
15. Vid varje förekommande simuleringsstopp lämnas aktuell tidpunkt ut som information.
16. Då lagringen hos en tank är avklarad stoppas simuleringen varvid användaren inte får något anslutningsförslag utan själv måste genomföra en anslutning eller återuppstarta simuleringen. Att inget förslag ges beror på att situationen är helt annorlunda den då tanken blivit full eller tom och dessutom är det stor risk att ett olämpligt anslutningsförslag skulle kunna ges och därmed för lätt kunna accepteras och genomföras.
17. Om den maximala simuleringstiden 30 timmar uppnåtts ges information om att fortsatt simulering är möjlig genom FOLLOWING DAY-kommandot. För att fortsatt simulering skall kunna ske måste frågan om föregående dag har lagrats besvaras med y(es).

6. EXEMPEL PÅ SIMULERING AV MEJERIANLÄGGNING

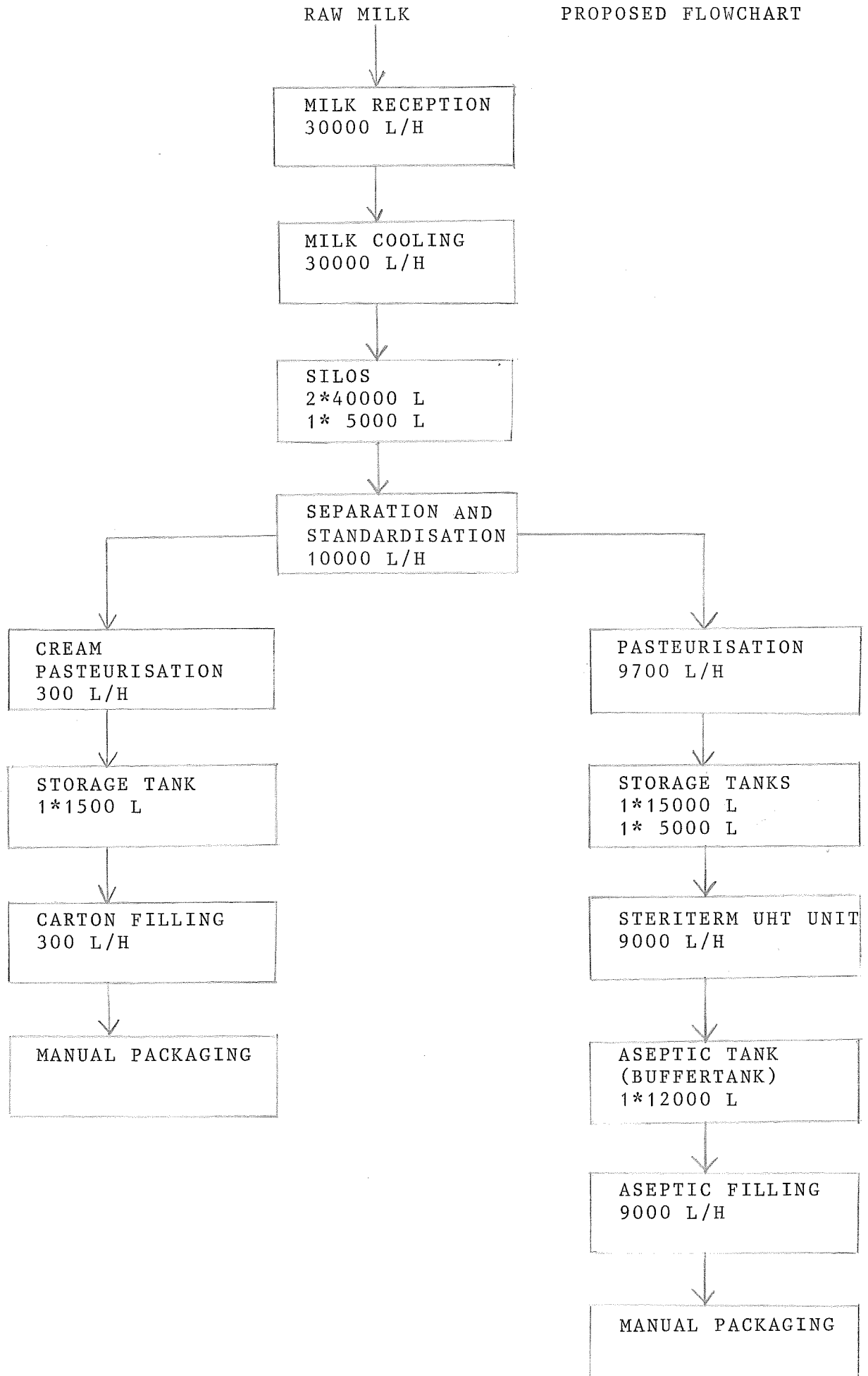
Det följande exemplet är en förenklad version av en projekterad mejerianläggning. Jag har valt detta exemplet eftersom det är väldigt enkelt samtidigt som det innehåller och utnyttjar de väsentligaste delarna av simuleringsprogrammet ALIPS. Mejeriet mottager 100000 liter mjölk den aktuella dagen uppdelat på två successiva mottagningar på morgonen. Sedan tidigare finns dessutom 20000 liter lagrat i en utav silotankarna. Produktionen utgörs därmed av 120000 liter mjölk och grädd.

Bearbetningen av mjölken framgår av figur 1 som återger ett blockschema för anläggningen. Detta blockschema har förenklats och strukturerats om till modellschemat i figur 2, som ligger till grund för representationen i ALIPS. Därefter följer två genomförda simuleringar av anläggningen med ALIPS, den första med den gamla versionen och den andra med den nya versionen. Med i exemplet finns även de kurvor som jag får ut på den grafiska skärmen. Jag har ritat av dem vid vissa tidpunkter som är av intresse.

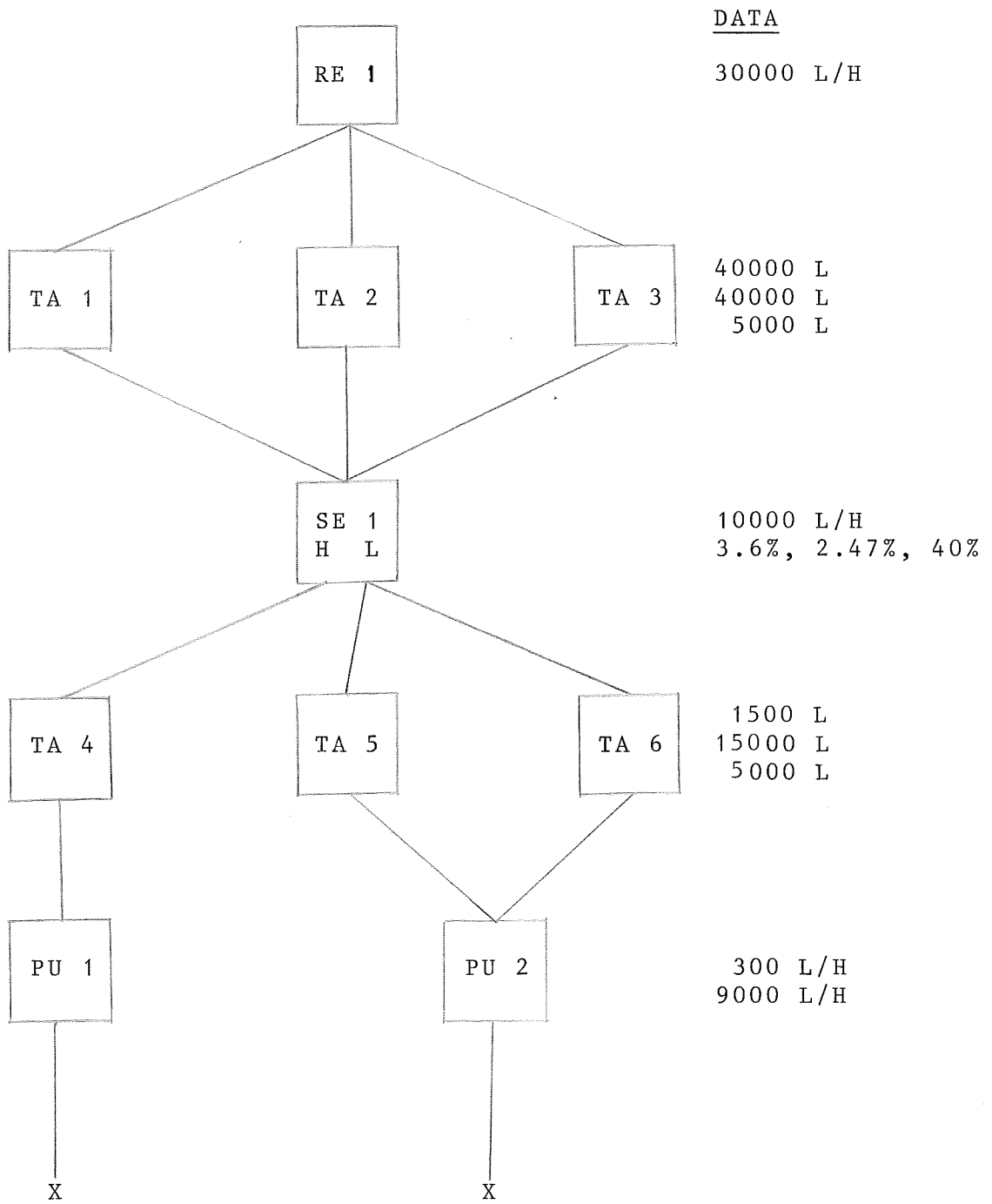
Eftersom exemplet är så litet och lätt fås ingen större skillnad i arbetsinsats mellan varianterna, men då större mejerianläggningar kan innehålla ett 30-tal tankar och ett 10-tal pumpar inses fördelen med att få hjälp med omkopplingar och tanktillstånd. Ett så stort exempel är emellertid svåröverskådligt och tar ett antal sidor programlistor i anspråk varför jag har valt denna enkla variant där de grundläggande principerna ändå finns representerade.

DAIRY PLANT

PROPOSED FLOWCHART



MODEL FOR REPRESENTATION IN ALIPS



7. FÖRSLAG TILL INDUSTRIELLA TILLÄMPNINGAR

Programmet är skrivet för att det skall vara så allmänt som möjligt och användbart i flera sammanhang. Vid alla tekniska tillämpningar där tankar och pumpar förekommer samt eventuellt även separatorer, mottagningslinjer och fyllningsmaskiner finns representerade kan programmet simulera produktflöden och ge viktig information om nödvändiga förändringar i anläggningsförslaget så att specificerad dygnsproduktion uppnås.

Programmet kan även användas för att få besked om lämpliga modifikationer av en redan existerande anläggning. Ett företag som önskar förändra sin produktion kan genom en simulering få besked om vilken utrustning som behöver förändras eller nyanskaffas. Om man önskar lägga upp nya produktionstidsscheman kan programmet ge svar på efter vilket flödesschema produktionen kan utföras. Därmed kan man pröva olika strategier för att utvärdera vilken som är lämpligast och utnyttja anläggningen så rationellt som möjligt.

De som planerar att beställa en anläggning lär också vara intresserade av att se vilka möjligheter som finns i form av utrustning och hur den kan utnyttjas och varieras produktionsmässigt.

ALFA-LAVALS arbetsområde är traditionellt mejerianläggningar där olika mjölkprodukter tillverkas. Programmet är utvecklat för att simulera en sådan mejerianläggning där mjölk separeras till grädde och lättmjölk och sedan eventuellt lagras i tankar för koagulering till ost eller yoghurt. Det finns emellertid ingenting i programmet som säger att det skall vara mjölk i utrustningen utan det fungerar lika bra för andra matvaror och pumpbara industriprodukter.

Här nedan följer ett antal exempel på olika industriplanläggningar där ALFA-LAVAL-utrustning finns representerad och där ALIPS borde kunna vara användbart för att simulera flödesgången. Exempelen är hämtade ur informationsskriften *Minnen från framtiden*.

Livsmedelstillverkningen idag utnyttjar en teknik där produktionen sker kontinuerligt. Råvaror matas in i en ände på fabriken och behandlas i ett slutet system varigenom man får ut en färdig produkt i den andra änden. Därmed har man kontroll på processen och får samma kvalitet hela tiden.

Vid tillverkning av apelsinjuice skiljs först fruktköttet från juicen. De levereras sedan separat till juicedistributören som kan blanda till juicen allt efter kundens önskemål. För att förvara och blanda till juicen måste den pumpas mellan olika tanklager för att sedan pumpas ut till tankbilar för leverans.

Då man tillverkar öl utnyttjar man bland annat utrustning för lagring och filtrering. Härvid krävs ett antal pumpar som sköter om flödet från tankbatterier genom filtreringsanläggningen till nya tankbatterier.

Färdiglagad risgrynsgröt tillverkas i en kontinuerlig process. Efter det att de olika ingredienserna blandats pumpas de genom flera värmeväxlare och tillagningen avslutas med kylning och förpackning.

Vid etanoltillverkning skall den färdigjasta mäsken passera en separator så att koncentrerad etanol fås ut som färdig produkt för lagring i tankar.

Tillväxthormon tillverkas genom att man låter en bakterieodling stå lagrad i en jästtank. Bakterieodlingen har först utvecklats i laboratoriet och får sedan mogna i ymptankar. När slutlig koncentration är uppnådd i jästtanken vidtar ett antal separeringssteg. Det önskade hormonet sitter inne i bakteriernas celler vilka slits sönder genom homogenisering. Efter ytterligare separering återstår en liten mängd koncentrerad tillväxthormon.

Rening av brännolja och smörjolja kan utföras av separatorer och denna tillämpning är vanlig på fartyg och offshore-plattformar.

Fler tillämpningsområden där jag kan tänka mig att simuleringsprogrammet är användbart är tex reningsverk, oljeraffinaderier, tillverkning av kemiska produkter i slutna system såsom asfalt, målarfärg, rengöringsmedel mm.

Något liknande de rutiner som använts vid simuleringen borde även kunna användas för att styra och övervaka en anläggning. Samma sorts frågor borde då dyka upp och besvaras under vissa villkor. Är den här tanken diskad? Är lagringstiden uppnådd så att jag kan tömma tanken? Får jag pumpa in den här produkten i den eller den tanken? osv. Ett sådant program skulle med hjälp av ett reglersystem kunna sköta anläggningen, öppna och stänga ventiler osv så länge någotsånär samma

rutiner utförs dag efter dag. Programmet kan ju tex
mycket lätt avbryta koagulering efter en viss tid
och sedan tömma tanken till en fyllningsmaskin.

8. PROGRAMUTVIDGNING

Eftersom resultatet av körningen representeras av ett diagram där varje tanks innehåll under dygnet presenteras i ett diagram och varje pumps, separator och mottagningslinjes arbetstid anges är det önskvärt att det grafiska diagram som fås på bildskärmen också fås ut på en plotter. En användbar AI HP-plotter finns tillgänglig och rutiner skall skrivas för att kunna använda den för att få ut färdigritade produktionstidsschema. Detta är den viktigaste utvidgningen av programmet och det utgörs av ett fristående plotprogram.

Ett överordnat program av typen schacksimulator som prövar olika strategier för anslutningar mm för att maximera produktionen samtidigt som anläggningsutrustningen minimeras är en tänkbar men förmodligen svårrealiserbar utvidgning. Däremot borde en approximativ kostnad för de olika definierade utrustningselementen kunna anges på samma sätt som nu sker för effekt och värmeåtgång. Under simuleringens gång skulle då kostnaden för anläggningen kunna ackumuleras och totalkostnaden för olika utrustningsvarianter jämföras.

Från användarhåll har det även framkommit önskemål om att kunna ändra pumpkapaciteter och separatorkapaciteter samt dess olika definierade koncentrationer under simuleringens gång. I så fall skulle de existerande kopplingarna kunna behållas samt pumpens/separators nummer förbli oförändrat. Ett sådant förfarande skulle emellertid kräva omfattande förändringar av det existerande programmet och skulle ändå ge en väldigt liten arbetsbesparing. En sådan förändring är därför inte att rekommendera utan det är bättre att användaren definierar en ny pump med önskad kapacitet och ansluter den till anläggningen vid önskad tidpunkt.

En möjlighet att utnyttja den uppräknade lagringstiden är att avbryta simuleringen och lägga ut kopplingsförslag vid den tidpunkt som lagringen är klar för den aktuella tanken. Vidare kan information ges till användaren om att disken är klar för en viss tank vid en viss tidpunkt. Programmet skulle dessutom kunna hålla reda på hur länge en tank arbetat utan att bli diskad och lägga ut förslag på omkoppling för att tömma tanken så att den blir rengjord inom föreskriven tidsrymd.

A L I P S

Alfa-Laval Interactive Plant Simulation

User's guide

by Lars Pernebo

Alips is a program package for the design of plants via interactive simulation of the product flow. The result is presented as diagrams on a graphical screen. The philosophy behind the program may be described as follows.

The user starts by defining a first suggestion of objects that constitute the plant or a part of it. The objects may be of four different types. The first type will be called a pump and is any object with one input flow, one output flow and no storage. A separator is any object with one input flow, two output flows and no storage. The sum of the output flow rates must be equal to the input flow rate. The third type of objects is a tank, which is a storage with any number of inputs and outputs. Finally, a reception line is an object with only an output. The output flow rate is either zero or constant positive according to a predefined time schedule.

The user continues by defining the initial connections between the objects. Then the program simulates the plant until a predefined stopping time has been reached or until more information is needed. The latter situation occurs whenever there is a net input flow rate to an already full tank or a net output flow rate from an already empty tank. The simulation stops and the user must interfere. He may stop or start pumps or separators or reconnect objects.

He may also define and connect new objects or change the prestanda of (and in some cases even delete) existing ones. It is also possible for him to return to an earlier time before taking any actions. When he has completed his actions the simulation restarts.

The simulation, and not only the program, is thus truly interactive. The user repeatedly interferes with the program during the simulation. The fundamental idea is that all decisions should be made by the user and all computations and presentations by the program.

The result of the simulation is displayed on a graphical screen in terms of diagrams over e.g. tank levels and energy consumption. These diagrams are continuously updated after every action taken by the user.

The interaction between the user and the program is carried out via commands given by the user. Sometimes the commands are followed by questions from the program. A description of the commands can be found in the appendix.

ALIPS commands

The program is ready to receive a command when the sign > is displayed. Subcommands may be entered after >> and sub-subcommands after >>>. The subcommand mode is left by hitting the return key.

In the following list of commands anything inside brackets [] is optional and anything within <> should be substituted by its actual value. For instance, <HOUR> <MINUTE> may be entered as 4 15, meaning 15 minutes past 4 o'clock. A slash / separates alternatives of which one must be chosen. Tanks, pumps, separators and reception lines are always represented by TA, PU, SE and RE respectively. For instance, SE3 means separator number 3.

List of commands

A[CCEPT]

Realise the suggested connection. The simulation will restart with the new connection and continue until more information is needed. The command is only available when there is an existing suggestion.

B[ACK]

Go back in time to a specified hour and minute. Appropriate parts of the curves are erased. Run schedules and connections are not affected.

Question:	Answer:
To	Hour minute

CH[ANGE]

Change data of equipment

Subcommands:

TA<NR>

Subcommands:

VOL

Question:

Volume

The volume of a tank is changed if it does not course overflow. The curve is redrawn.

IC

Question:

Initial content

The initial content can be changed only at time zero.

CT

Question:

Cleaning time (min)

ST

Question:

Storage time (min)C

The storage time is updated from the actual time if a C is added.

DF

Question:

Dual flow (Y/N)

If the answer is Y a suggested connection may result in simultaneous filling and emptying of the tank.

If the answer is N a suggested connection will never result in simultaneous filling and emptying of the tank.

PU<NR>/SE<NR>/RE<NR>

Subcommands:

FL/EL/TH

Questions:

Flow/electrical power/thermal power

CONC

Concentrations. Only available for SE.

Questions:

Input concentration

- The concentration, by volume, of the substance with respect to which the separation is made.

Output concentration (low) - The concentration at the output of lowest concentration.

Output concentration (high) - The concentration at the output of highest concentration.

CO [NNECT]

Define connections to be in effect from the specified time. Default value is the present time.

Subcommand:

<OBJ1> <OBJ2> [**<HOUR>** **<MINUTE>**]

where <OBJ1> = TA<NR>/PU<NR>/SL<NR>/SH<NR>/RE<NR>/X/DC

and <OBJ2> = TA<NR>/PU<NR>/SE<NR>/X/DC

The flow direction is from the left member to the right member. X represents an unspecified device and DC means disconnect. SL and SH denote the separator output with low and high concentration, respectively.

DEF [INE]

Define new equipment. This can be done at any time.

Subcommands:

TA<NR>

Questions:

Volume

Cleaning time (min),

Storage time (min)C,

The storage time is updated from the actual time if a C is added.

Dual flow (Y/N)

If the answer is Y a suggested connection may result in simultaneous filling and emptying of the tank.

If the answer is N a suggested connection will never result in simultaneous filling and emptying of the tank.

Initial contents

PU<NR>

Questions:

Flow

Electrical power

Thermal power

SE<NR>

Questions:

Input flow

Input concentration - The concentration, by volume, of the substance with respect to which the separation is made

Output concentration (low) - The concentration at the output of lowest concentration

Output concentration (high)- The concentration at the output of highest concentration

Electrical power

Thermal power

RE<NR>

Questions:

Flow

Electrical power

Thermal power

DEL [ETE]

The specified equipment is deleted if it has not been used in the simulation.

Subcommand:

TA<NR> /PU<NR> /SE<NR> /RE<NR>

E [XIT]

The program is terminated. All data is destroyed except for what has been saved with the command SAVE.

FO [LLOWING DAY]

When the simulation time has reached 24 00 or more, it is possible to continue the simulation for the next day by this command. The program uses the information describing the defined plant. Last day's simulation information is replaced and is therefore supposed to be saved by the save command.

All times are subtracted by 24 hours and the plotted curves are redrawn from 0 00 until the new actual time.

G [ET]

Obtain data that have been saved with the command SAVE.

Question:

Name - The name under which the data has been saved.

N [EW SUGGESTION]

The suggested connection is rejected and a new connection is proposed. The new connection can be realized by

A [CCEPT].

This command can only be used when there is an existing suggestion.

P[LOT]

Organize the curves and the text on the screen.

Subcommands:

TA<NR>/PU<NR>/SE<NR>/RE<NR> <AREA>

where <AREA> is the number of the area where the curve should be displayed.

EL/TH <AREA>

The total electrical or thermal power consumption is displayed at the area <AREA>

Question:

Max el/th power - The question is displayed only if the maximal power has not been specified previously

DIV <NR>

The screen is divided into <NR> areas. Five areas by default.

INT

Specifies the time interval to be displayed.

Questions:

From - The initial hour and minute

To - The terminal hour and minute

MEL/MTH

Specifies the upper limit of the thermal or electrical power on the screen.

Question:

Max el/th power

ERS <AREA>

Erase area <AREA>

LNS [<NR>]

Erase all text except the last <NR> lines on the screen. If <NR> is not specified it will be taken as 24 (i.e. maximum).

P[POSSIBLE CONNECTIONS]

Define connections that may be suggested when the simulation is stopped.

This definition can be used any time.

Subcommand:

<OBJ1> <OBJ2> <OBJN-1> <OBJN>

where <OBJ1> until <OBJN-1> = TA<NR>

and <OBJN> = SE<NR>/PU<NR>

or <OBJ1> = SL<NR>/SH<NR>/RE<NR>/PU<NR>

and <OBJ2> until <OBJN> = TA<NR>

Example: TA5 TA6 TA7 SE1

RE1 TA1 TA2 TA3 TA4

The definition is made for the underlined apparatus and not for the tanks.

If there already are any possible tank connections specified for the one special pump, separator or reception line, they will be erased and the new defined possible connections stored.

The flow direction is from the left member(s) to the right member(s).

R[UNSCCHEDULE]

Define or change runschedules for pumps, separators and reception lines.

Subcommands:

PU<NR>/SE<NR>

Subcommands:

ON/OFF [<HOUR> <MINUTE>]

The start or stop time is specified. Past time is not allowed. The default value is the present time. A previously defined runschedule is truncated at the specified time.

DEL [**<HOUR>** **<MINUTE>**]

Truncates the runschedule at the specified time.
Past time is not allowed. The default value is
the present time.

RE**<NR>**

Subcommands:

CRE

Create or modify a runschedule.

Questions:

Time of arrival - of received batch

Amount - volume of received batch.

The old runschedule is truncated at the specified
time of arrival. It is not possible to specify a
time of arrival when the reception time is
already occupied. The two questions are repeated
until the question "time of arrival" is answered
by a carriage return.

DEL [**<HOUR>** **<MINUTE>**]

Truncates the runschedule at the specified time.
Past time is not allowed. The default value is
the present time.

SA**[VE]**

All data, specified via the commands DEFINE, CHANGE,
CONNECT and RUNSCHEDULE are saved on mass storage.

Question:

Name - The name under which the data will be saved.

SH[OW] [LP]

Show data on screen (by default) or line printer (if LP is specified)

Subcommands:

TA [<NR>] /PU [<NR>] /SE [<NR>] /RE [<NR>]

Shows all data about the device in question. If NR is omitted all data about all devices of the specified type are shown.

EQ

Shows the main data of all defined equipment.

POW

Shows the power consumption.

ALL

Shows all data about all defined equipment.

SI[MULATE] [<HOUR> <MINUTE>]

The system is simulated until more information is needed or until the specified time has been reached.

6.A PROGRAMKÖRNING, gamma1 version

```

SI(MULATE) DEF(INE) CH(ANGE) DEL(ETE) CO(NNECT)
R(UNSCCHEDULE) B(ACK) P(LOT) SH(OW) SA(VE) G(ET) E(XIT)
>DEF
TA PU SE RE
>>TA1
VOLUME? (L): 40000
INITIAL CONTENT? (L): 0
>>TA2
VOLUME? (L): 40000
INITIAL CONTENT? (L): 20000
>>TA3
VOLUME? (L): 5000
INITIAL CONTENT? (L): 0
>>TA4
VOLUME? (L): 1500
INITIAL CONTENT? (L): 0
>>TA6
VOLUME? (L): 5000
INITIAL CONTENT? (L): 0
>>TA5
VOLUME? (L): 15000
INITIAL CONTENT? (L): 0
>>RE1
CAPACITY? (L/H): 30000
ELCTRICAL POWER (KW): 0
THERMAL POWER (KW): 0
>>SE1
INPUT FLOW? (L/H): 10000
INPUT CONCENTRATION? (%): 3.6
OUTPUT CONCENTRATION - LOW? (%): 2.47
OUTPUT CONCENTRATION - HIGH? (%): 40
ELECTRICAL POWER (KW): 0
THERMAL POWER (KW): 0
>>PU1
FLOW? (L/H): 300
ELECTRICAL POWER (KW): 0
THERMAL POWER (KW): 0
>>PU2
FLOW? (L/H): 2000
ELECTRICAL POWER (KW): 0
THERMAL POWER (KW): 0
>>
SI(MULATE) DEF(INE) CH(ANGE) DEL(ETE) CO(NNECT)
R(UNSCCHEDULE) B(ACK) P(LOT) SH(OW) SA(VE) G(ET) E(XIT)
>P
TA PU SE RE EL TH DIV INT MEL MTH ERS LNS
>>DIV 10
>>INT
FROM: 4 00
TO: 21 00
>>RE1 1
>>TA1 2
>>TA2 3
>>TA3 4
>>SE1 5
>>TA4 6
>>TA5 7
>>TA6 8
>>PU1 9
>>PU2 10
>>
SI(MULATE) DEF(INE) CH(ANGE) DEL(ETE) CO(NNECT)
R(UNSCCHEDULE) B(ACK) P(LOT) SH(OW) SA(VE) G(ET) E(XIT)

```

```

>R
PU SE RE
>>RE1
CRE DEL
>>>CRE
TIME OF ARRIVAL: 7 00
AMOUNT (L): 50000
TIME OF ARRIVAL: 9 00
AMOUNT (L): 50000
TIME OF ARRIVAL:
>>>
PU SE RE
>>SE1
ON OFF DEL
>>>ON 7 00
>>>
PU SE RE
>>PU1
ON OFF DEL
>>>ON 8 00
>>>
PU SE RE
>>PU2
ON OFF DEL
>>>ON 8 00
>>>
PU SE RE
>>
SI(MULATE) DEF(INE) CH(ANGE) DEL(ETE) CO(NNECT)
R(UNSCCHEDULE) B(ACK) P(LOT) SH(OW) SA(VF) G(ET) E(XIT)
>CO
TA PU RE SE SL SH X DC
>>RE1RE1 TA3
ILLEGAL COMMAND
TA PU RE SE SL SH X DC
>>RE1 TA3
>>TA2 SE1
>>SH1 TA4
>>SL1 TA5
>>TA4 PU1
>>PU1 X
>>TA5 PU2
>>PU2 X
>>
SI(MULATE) DEF(INE) CH(ANGE) DEL(ETE) CO(NNECT)
R(UNSCCHEDULE) B(ACK) P(LOT) SH(OW) SA(VF) G(ET) E(XIT)
>SI
TIME = 7 10 - TA 3 IS FULL
>CO
TA PU RE SE SL SH X DC
>>RE1 TA1
>>
SI(MULATE) DEF(INE) CH(ANGE) DEL(ETE) CO(NNECT)
R(UNSCCHEDULE) B(ACK) P(LOT) SH(OW) SA(VF) G(ET) E(XIT)
>SI
TIME = 8 30 - TA 1 IS FULL
>CO
TA PU RE SE SL SH X DC
>>RE1 TA2
>>
SI(MULATE) DEF(INE) CH(ANGE) DEL(ETE) CO(NNECT)
R(UNSCCHEDULE) B(ACK) P(LOT) SH(OW) SA(VF) G(ET) E(XIT)
>SI
TIME = 14 30 - TA 2 IS EMPTY
>CO
TA PU RE SE SL SH X DC

```

<The dairy is now initiated.
See example on page 6>

>>TA1 SE1

>>

SI(MULATE) DEF(INE) CH(ANGE) DEL(ETE) CO(NNECT)
R(UNSCHEDULE) B(ACK) P(LOT) SH(OW) SA(VE) G(ET) E(XIT)

>SI

TIME = 15 35 - TA 5 IS FULL

>CO

TA PU RE SE SL SH X DC

>>TA3 SE1

>>SL1 TA6

>>TA6 PU2

>>

SI(MULATE) DEF(INE) CH(ANGE) DEL(ETE) CO(NNECT)
R(UNSCHEDULE) B(ACK) P(LOT) SH(OW) SA(VE) G(ET) E(XIT)

>SI

TIME = 16 5 - TA 3 IS EMPTY

<See flowchart on next page>

>CO

TA PU RE SE SL SH X DC

>>TA1 SE1

>>SE1 TA5

ILLEGAL COMMAND

TA PU RE SE SL SH X DC

>>SL1 TA5

>>

SI(MULATE) DEF(INE) CH(ANGE) DEL(ETE) CO(NNECT)
R(UNSCHEDULE) B(ACK) P(LOT) SH(OW) SA(VE) G(ET) E(XIT)

>SI

TIME = 16 5 - TA 5 IS FULL

>R

PU SE RE

>>SE1

ON OFF DEL

>>>OFF

>>>

PU SE RE

>>

SI(MULATE) DEF(INE) CH(ANGE) DEL(ETE) CO(NNECT)
R(UNSCHEDULE) B(ACK) P(LOT) SH(OW) SA(VE) G(ET) E(XIT)

>SI

TIME = 16 7 - TA 6 IS EMPTY

>CO

TA PU RE SE SL SH X DC

>>TA5 PU2

>>

SI(MULATE) DEF(INE) CH(ANGE) DEL(ETE) CO(NNECT)
R(UNSCHEDULE) B(ACK) P(LOT) SH(OW) SA(VE) G(ET) E(XIT)

>>SI 16 35

TIME = 16 35 - STOPPED BECAUSE OF PREDEFINED INTERRUPT TIME

>R

PU SE RE

<It is now possible to turn on the separator again>

>>SE1

ON OFF DEL

>>>ON

>>>

PU SE RE

>>

SI(MULATE) DEF(INE) CH(ANGE) DEL(ETE) CO(NNECT)
R(UNSCHEDULE) B(ACK) P(LOT) SH(OW) SA(VE) G(ET) E(XIT)

>SI

TIME = 19 30 - TA 1 IS EMPTY

>R

PU SE RE

>>SE1

ON OFF DEL

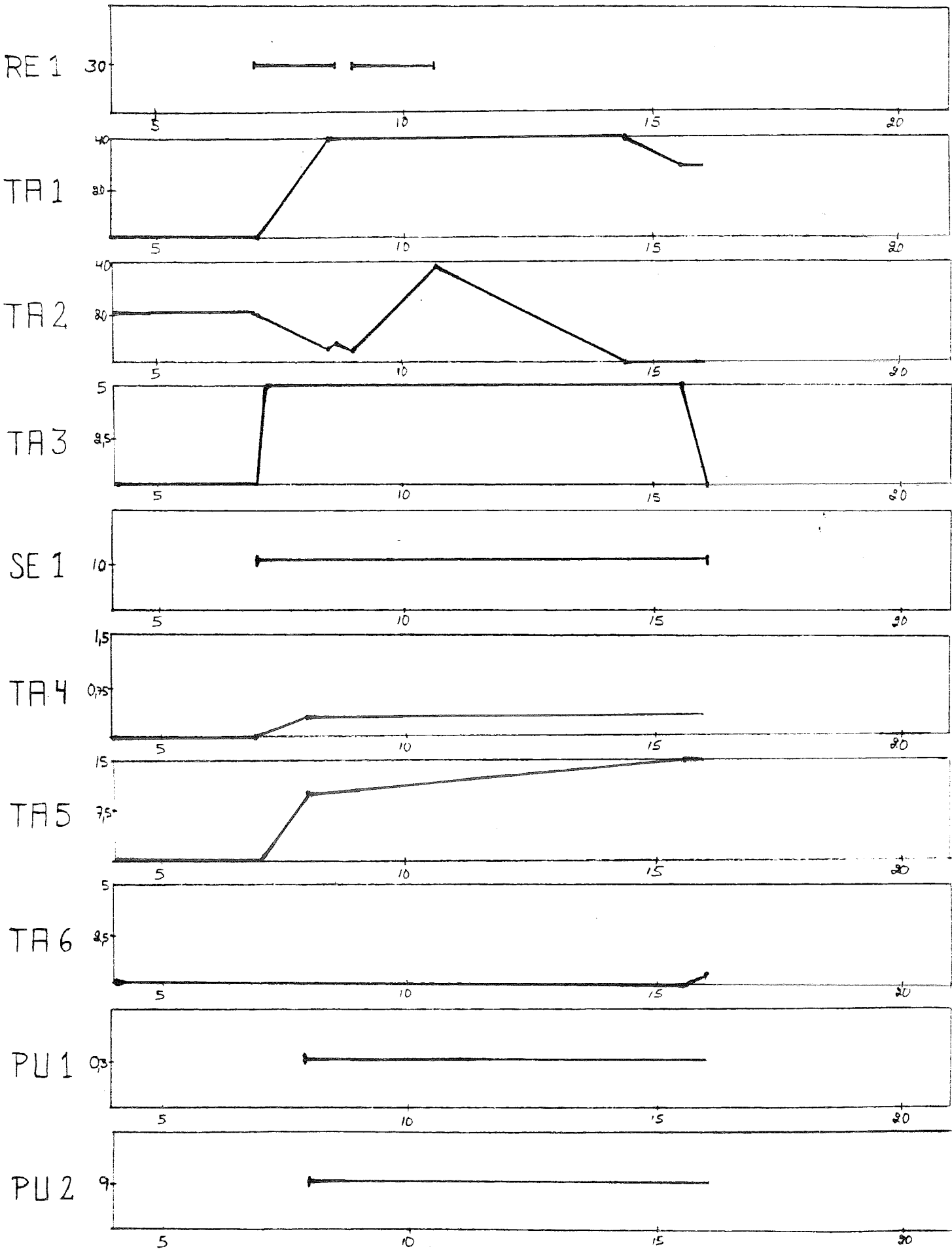
>>>OFF

>>>

PU SE RE

>>

FLOWCHART



```

SI(MULATE) DEF(INE) CH(ANGE) DEL(ETE) CO(NNECT)
R(UNSCHEDULE) B(ACK) P(LOT) SH(OW) SA(VE) G(ET) E(XIT)
>SI
TIME = 20 2 - TA 4 IS EMPTY
>R
PU SE RE
>>PU1
ON OFF DEL
>>>OFF
>>>
PU SE RE
>>
SI(MULATE) DEF(INE) CH(ANGE) DEL(ETE) CO(NNECT)
R(UNSCHEDULE) B(ACK) P(LOT) SH(OW) SA(VE) G(ET) E(XIT)
>SI
TIME = 20 55 - TA 5 IS EMPTY
>PU2                                     <The program interprets this command as
TA PU SE RE EL TH DIV INT MEL MTH ERS LNS                                     P(LOT)>
>>
SI(MULATE) DEF(INE) CH(ANGE) DEL(ETE) CO(NNECT)
R(UNSCHEDULE) B(ACK) P(LOT) SH(OW) SA(VE) G(ET) E(XIT)
>R
PU SE RE
>>PU2
ON OFF DEL
>>>OFF
>>>
PU SE RE
>>
SI(MULATE) DEF(INE) CH(ANGE) DEL(ETE) CO(NNECT)
R(UNSCHEDULE) B(ACK) P(LOT) SH(OW) SA(VE) G(ET) E(XIT)
>SI
TIME = 30 0
>SH
TA PU SE RE POW EQ ALL
>>ALL

```

TA 1	TIME = 30 0	VOLUME=	40000L		
	TIME = 0 0	CONTENT =		0L	
	TIME = 7 10	CONTENT =		0L	
	TIME = 8 30	CONTENT =	40000L		
	TIME = 14 30	CONTENT =	40000L		
	TIME = 15 35	CONTENT =	29166L		
	TIME = 16 35	CONTENT =	29166L		
	TIME = 19 30	CONTENT =		0L	
	TIME = 30 0	CONTENT =		0L	
TA 2	TIME = 30 0	VOLUME=	40000L		
	TIME = 0 0	CONTENT =	20000L		
	TIME = 7 0	CONTENT =	20000L		
	TIME = 8 30	CONTENT =	4999L		
	TIME = 8 40	CONTENT =	8333L		
	TIME = 9 0	CONTENT =	4999L		
	TIME = 10 40	CONTENT =	38333L		
	TIME = 14 30	CONTENT =		0L	
	TIME = 30 0	CONTENT =		0L	
TA 3	TIME = 30 0	VOLUME=	5000L		
	TIME = 0 0	CONTENT =		0L	
	TIME = 7 0	CONTENT =		0L	
	TIME = 7 10	CONTENT =	5000L		
	TIME = 15 35	CONTENT =	5000L		
	TIME = 16 5	CONTENT =		0L	
	TIME = 30 0	CONTENT =		0L	

```

TA 4     VOLUME=    1500L
        TIME = 0 0   CONTENT =      0L
        TIME = 7 0   CONTENT =      0L
        TIME = 8 0   CONTENT =    301L
        TIME = 16 5  CONTENT =    309L
        TIME = 16 35 CONTENT =    159L
        TIME = 19 30 CONTENT =    163L
        TIME = 20 2  CONTENT =      3L
        TIME = 30 0  CONTENT =      3L
TA 5     VOLUME=   15000L
        TIME = 0 0   CONTENT =      0L
        TIME = 7 0   CONTENT =      0L
        TIME = 8 0   CONTENT =   9698L
        TIME = 15 35 CONTENT =  14998L
        TIME = 16 7  CONTENT =  14998L
        TIME = 16 35 CONTENT =  10798L
        TIME = 19 30 CONTENT =  12837L
        TIME = 20 55 CONTENT =     87L
        TIME = 30 0  CONTENT =     87L
TA 6     VOLUME=    5000L
        TIME = 0 0   CONTENT =      0L
        TIME = 15 35 CONTENT =      0L
        TIME = 16 5  CONTENT =    349L
        TIME = 16 7  CONTENT =     49L
        TIME = 30 0  CONTENT =     49L
PU 1     FLOW=    300L/H   EL POWER=    0KW   TH POWER=    0KW
        RUNSCHEDULE:
          ON 8 0   OFF 20 2
        CONNECTIONS:
          TIME = 0 0   INPUT: TA 4   OUTPUT: X
PU 2     FLOW=   9000L/H   EL POWER=    0KW   TH POWER=    0KW
        RUNSCHEDULE:
          ON 8 0   OFF 20 55
        CONNECTIONS:
          TIME = 0 0   INPUT: TA 5   OUTPUT: X
          TIME = 15 35 INPUT: TA 6
          TIME = 16 7  INPUT: TA 5
SE 1     INFLOW= 10000L/H  OUTFLOW(LOW)= 9698L/H  OUTFLOW(HIGH)= 301L/H
        EL POWER=    0KW   TH POWER=    0KW
        RUNSCHEDULE:
          ON 7 0   OFF 16 5
          ON 16 35 OFF 19 30
        CONNECTIONS:
          TIME = 0 0   INPUT: TA 2   OUTPUT(LOW): TA 5   OUTPUT(HIGH): TA 6
          TIME = 14 30 INPUT: TA 1
          TIME = 15 35 INPUT: TA 3   OUTPUT(LOW): TA 6
          TIME = 16 5  INPUT: TA 1   OUTPUT(LOW): TA 5
RE 1     FLOW=  30000L/H   EL POWER=    0KW   TH POWER=    0KW
        RUNSCHEDULE:
          ON 7 0   OFF 8 40
          ON 9 0   OFF 10 40
        CONNECTIONS:
          TIME = 0 0   OUTPUT: TA 3
          TIME = 7 10  OUTPUT: TA 1
          TIME = 8 30  OUTPUT: TA 2
TOTAL ELECTRICAL POWER CONSUMPTION:
        TIME = 0 0   POWER :    0KW
        TIME = 30 0  POWER :    0KW
TOTAL THERMAL POWER CONSUMPTION:
        TIME = 0 0   POWER :    0KW
        TIME = 30 0  POWER :    0KW

```

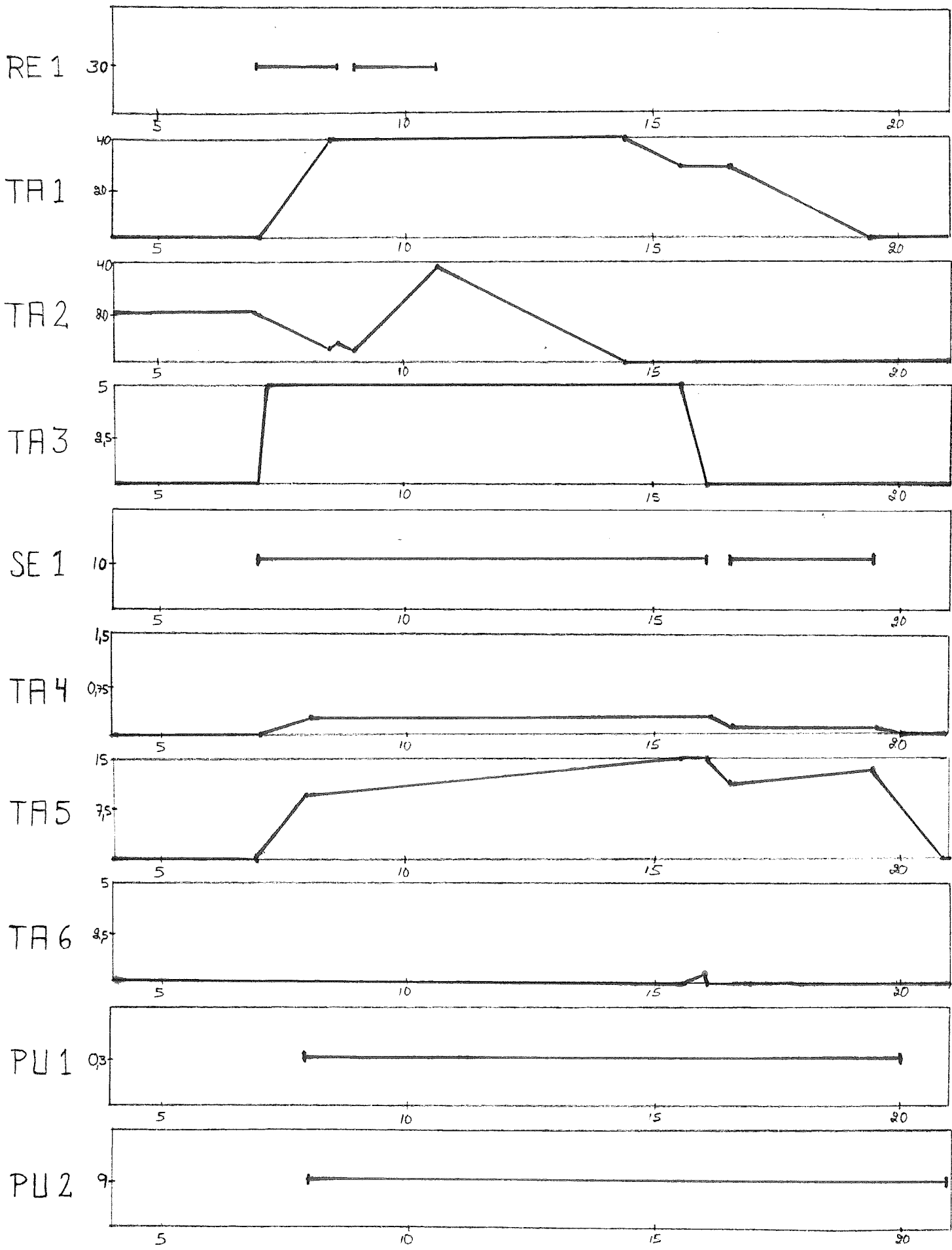
>>

```

SI(MULATE) DEF(INE) CH(ANGE) DEL(ETE) CO(NNECT)
R(UNSCHEDULE) B(ACK) P(LOT) SH(OW) SA(VF) G(FT) E(XIT)

```

FLOWCHART



```

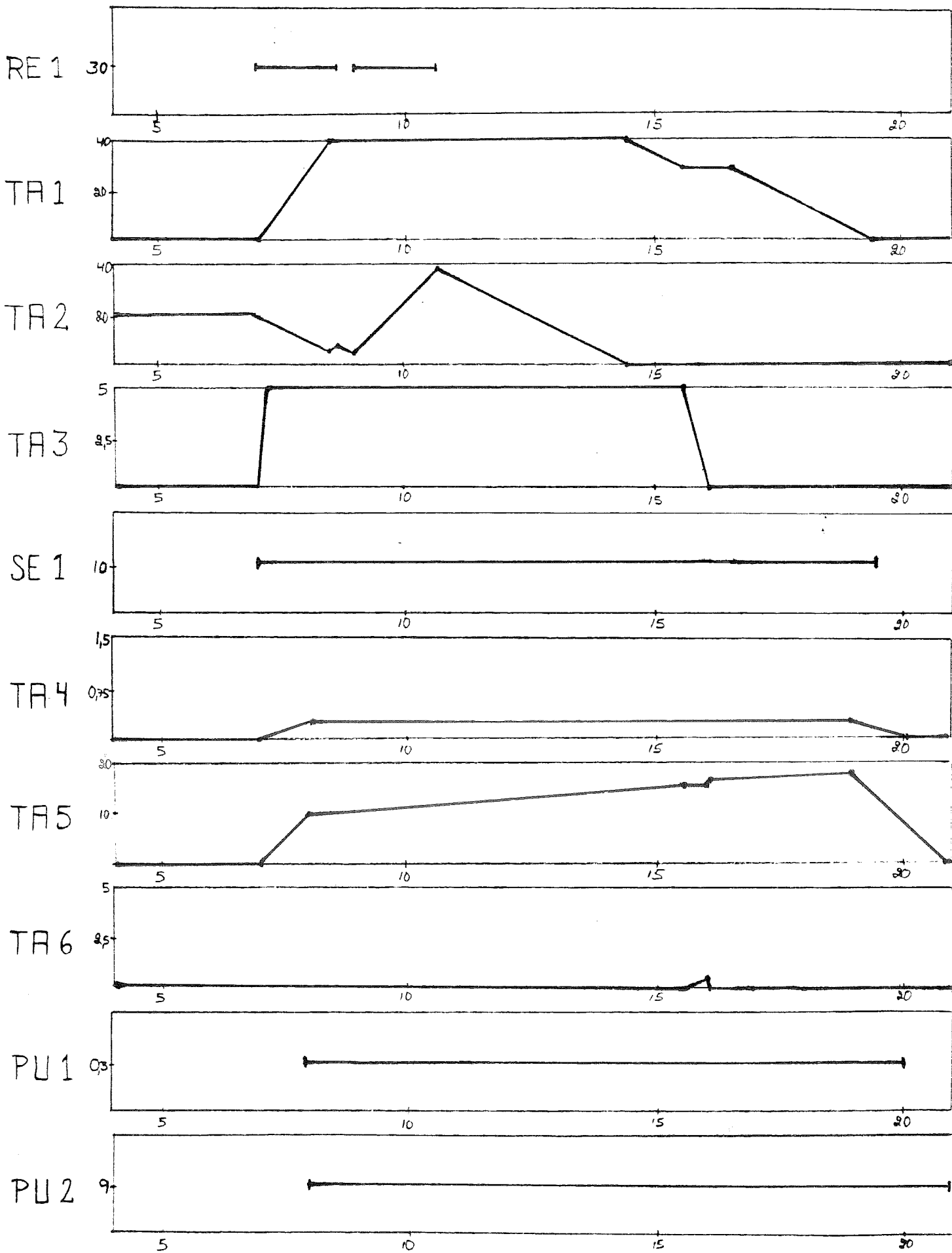
>E
TO: 19 00
>CH
TA PU SE RE
>>SE1
NO CHANGE POSSIBLE AFTER START TIME 7 0
>>
SI(MULATE) DEF(INE) CH(ANGE) DEL(ETE) CO(NNECT)
R(UNSCHEDULE) B(ACK) P(LOT) SH(OW) SA(VE) G(ET) E(XIT)
>E
TO: 16 05
>CH
TA PU SE RE
>>TAS
VOL IC
>>>VOL
VOLUME: 20000
>>
SI(MULATE) DEF(INE) CH(ANGE) DEL(ETE) CO(NNECT)
R(UNSCHEDULE) B(ACK) P(LOT) SH(OW) SA(VE) G(ET) E(XIT)
>R
PU SE RE
>>SE1
ON OFF DEL
>>>ON
>>>
PU SE RE
>>
SI(MULATE) DEF(INE) CH(ANGE) DEL(ETE) CO(NNECT)
R(UNSCHEDULE) B(ACK) P(LOT) SH(OW) SA(VE) G(ET) E(XIT)
>SI
TIME = 19 0 - TA 1 IS EMPTY
>R
PU SE RE
>>SE1
ON OFF DEL
>>>OFF
>>>
PU SE RE
>>
SI(MULATE) DEF(INE) CH(ANGE) DEL(ETE) CO(NNECT)
R(UNSCHEDULE) B(ACK) P(LOT) SH(OW) SA(VE) G(ET) E(XIT)
>SI
TIME = 30 0
>EX

```

<The simulation break at 16 07 was not satisfying so I decide to go back to 16 05 (curves on p39 are now valid) and raise the volume of tank 5. Separator 1 can thereby go on working>



FLOWCHART



My version

```
DEF(INE) PO(SSIBLE CONNECT) CO(NNECT) R(UNSCHEDULE)
SI(MULATE) A(CCEPT) N(EW SUGGESTION) B(ACK)
CH(ANGE) DEL(ETE) SH(OW) SA(VE) G(ET) P(LOT)
FO(LLOWING DAY) E(XIT)
>DEF
TA PU SE RE
>>TA1
VOLUME? (L): 40000
CLEANING TIME? (MIN): 30
STORAGE TIME? (MIN)C: 0
DUAL FLOW DIRECTION? (Y/N): N
INITIAL CONTENT? (L): 0
>>TA2
VOLUME? (L): 40000
CLEANING TIME? (MIN): 30
STORAGE TIME? (MIN)C: 0
DUAL FLOW DIRECTION? (Y/N): Y
INITIAL CONTENT? (L): 20000
>>TA3
VOLUME? (L): 5000
CLEANING TIME? (MIN): 30
STORAGE TIME? (MIN)C: 0
DUAL FLOW DIRECTION? (Y/N): N
INITIAL CONTENT? (L): 0
>>TA4
VOLUME? (L): 1500
CLEANING TIME? (MIN): 30
STORAGE TIME? (MIN)C: 0
DUAL FLOW DIRECTION? (Y/N): Y
INITIAL CONTENT? (L): 0
>>TA5
VOLUME? (L): 15000
CLEANING TIME? (MIN): 30
STORAGE TIME? (MIN)C: 0
DUAL FLOW DIRECTION? (Y/N): Y
INITIAL CONTENT? (L): 0
>>TA6
VOLUME? (L): 5000
CLEANING TIME? (MIN): 30
STORAGE TIME? (MIN)C: 0
DUAL FLOW DIRECTION? (Y/N): Y
INITIAL CONTENT? (L): 0
>>RE1
CAPACITY? (L/H): 30000
ELECTRICAL POWER (KW): 0
THERMAL POWER (KW): 0
>>SE1
INPUT FLOW? (L/H): 10000
INPUT CONCENTRATION? (%): 3.6
OUTPUT CONCENTRATION - LOW? (%): 2.47
OUTPUT CONCENTRATION - HIGH? (%): 40
ELECTRICAL POWER (KW): 0
THERMAL POWER (KW): 0
>>PU1
FLOW? (L/H): 300
ELECTRICAL POWER (kW): 0
THERMAL POWER (KW): 0
>>PU2
FLOW? (L/H): 9000
ELECTRICAL POWER (kW): 0
THERMAL POWER (KW): 0
>>
DEF(INE) PO(SSIBLE CONNECT) CO(NNECT) R(UNSCHEDULE)
SI(MULATE) A(CCEPT) N(EW SUGGESTION) B(ACK)
CH(ANGE) DEL(ETE) SH(OW) SA(VE) G(ET) P(LOT)
FO(LLOWING DAY) E(XIT)
```

>P
TA PU SE RE EL TH DIV INT MEL MTH ERS LNS

>>DIV 10

>>INT

FROM: 4 00

TO: 21 00

>>RE1 1

>>TA1 2

>>TA2 3

>>TA3 4

>>SE1 5

>>TA4 6

>>TA5 7

>>TA6 8

>>PU1 9

>>PU2 10

>>

DEF(INE) PO(SSIBLE CONNECT) CO(NNECT) R(UNSCHEDULE)
SI(MULATE) A(CCEPT) N(EW SUGGESTION) B(ACK)
CH(ANGE) DEL(ETE) SH(OW) SA(VE) G(ET) P(LOT)
FO(LLOWING DAY) E(XIT)

>PO

<The use of the Possible connection command>

<TAI,TAJ,...> <PU SE>

<PU SL SH RE> <TAI,TAJ,...>

>>RE1 TA3 TA1 TA2

>>TA1 TA2 TA3 SE1

>>SE1TA4

ILLEGAL COMMAND

>>SH1 TA4

>>SL1 TA5 TA6

>>TA5 TA6 PU2

>>

DEF(INE) PO(SSIBLE CONNECT) CO(NNECT) R(UNSCHEDULE)
SI(MULATE) A(CCEPT) N(EW SUGGESTION) B(ACK)
CH(ANGE) DEL(ETE) SH(OW) SA(VE) G(ET) P(LOT)
FO(LLOWING DAY) E(XIT)

>CO

TA PU RE SE SL SH X DC

>>TA4 PU1

>>PU1 X

>>PU2 X

>>

DEF(INE) PO(SSIBLE CONNECT) CO(NNECT) R(UNSCHEDULE)
SI(MULATE) A(CCEPT) N(EW SUGGESTION) B(ACK)
CH(ANGE) DEL(ETE) SH(OW) SA(VE) G(ET) P(LOT)
FO(LLOWING DAY) E(XIT)

>R

PU SE RE

>>RE1

CRE DEL

>>>CRE

TIME OF ARRIVAL: 7 00

AMOUNT (L): 50000

TIME OF ARRIVAL: 9 00

AMOUNT (L): 50000

TIME OF ARRIVAL:

>>>

PU SE RE

>>SE1

ON OFF DEL

>>>ON 7 00

>>>

PU SE RE

>>PU1

ON OFF DEL

>>>ON 8 00

>>>

PU SE RE
 >>PU2 ON 800
 ON OFF DEL
 >>>ON 8 00
 >>>

PU SE RE
 >>

DEF(INE) PO(SSIBLE CONNECT) CO(NNECT) R(UNSCHEDULE)
 SI(MULATE) A(CCEPT) N(EW SUGGESTION) B(ACK)
 CH(ANGE) DEL(ETE) SH(OW) SA(VE) G(ET) P(LOT)
 FO(LLOWING DAY) E(XIT)

>SI

RE 1 NOT CONNECTED
 TIME = 7 0
 CONNECT RE 1 TA 3?

>A

<The use of the Accept command>

SE 1 NOT INPUT CONNECTED
 TIME = 7 0
 CONNECT TA 2 SE 1?

>A

SE 1 NOT OUTPUT (LOW) CONNECTED
 TIME = 7 0
 CONNECT SL 1 TA 5?

>A

SE 1 NOT OUTPUT (HIGH) CONNECTED
 TIME = 7 0
 CONNECT SH 1 TA 4?

>A

TIME = 7 10 - TA 3 IS FULL
 CONNECT RE 1 TA 1?

>A

PU 2 NOT INPUT CONNECTED
 TIME = 8 0
 CONNECT TA 5 PU 2?

>A

TIME = 8 30 - TA 1 IS FULL
 CONNECT RE 1 TA 2?

> A

TIME = 14 30 - TA 2 IS EMPTY
 CONNECT TA 3 SE 1?

>N

<The use of the New suggestion command>

CONNECT TA 1 SE 1?

>A

TIME = 15 35 - TA 5 IS FULL
 CONNECT SL 1 TA 6?

>CO

TA PU RE SE SL SH X DC

>>TA6 PU2

>>

DEF(INE) PO(SSIBLE CONNECT) CO(NNECT) R(UNSCHEDULE) after Connect
 SI(MULATE) A(CCEPT) N(EW SUGGESTION) B(ACK)
 CH(ANGE) DEL(ETE) SH(OW) SA(VE) G(ET) P(LOT)
 FO(LLOWING DAY) E(XIT)

>A

TIME = 18 30 - TA 1 IS EMPTY
 CONNECT TA 3 SE 1?

>R

PU SE RE

>>SE1

ON OFF DEL

>>>OFF

>>>ON 19 00

>>>

PU SE RE

>>

DEF(INE) PO(SSIBLE CONNECT) CO(NNECT) R(UNSCHEDULE)
 SI(MULATE) A(CCEPT) N(EW SUGGESTION) B(ACK)
 CH(ANGE) DEL(ETE) SH(OW) SA(VE) G(ET) P(LOT)
 FO(LLOWING DAY) E(XIT)

>SI

TIME = 18 43 - TA 6 IS EMPTY
 CONNECT TA 5 PU 2?

>A

TIME = 19 0 - TA 1 IS EMPTY
 CONNECT TA 3 SE 1?

>AZ

TIME = 19 30 - TA 6 IS FULL
 CONNECT SL 1 TA 5?

>A

TIME = 19 30 - TA 3 IS EMPTY
 THE TANK IS CONNECTED TO SE 1

>R

PU SE RE available for separation so I decide to turn SE1 off>

>>SE1

ON OFF DEL

>>>OFF

>>>

PU SE RE

>>

DEF(INE) PO(SSIBLE CONNECT) CO(NNECT) R(UNSCHEDULE)
 SI(MULATE) A(CCEPT) N(EW SUGGESTION) B(ACK)
 CH(ANGE) DEL(ETE) SH(OW) SA(VE) G(ET) P(LOT)
 FO(LLOWING DAY) E(XIT)

>SI

TIME = 20 2 - TA 4 IS EMPTY
 THE TANK IS CONNECTED TO PU 1

>R

PU SE RE

>>PU1

ON OFF DEL

>>>OFF

>>>

PU SE RE

>>

DEF(INE) PO(SSIBLE CONNECT) CO(NNECT) R(UNSCHEDULE)
 SI(MULATE) A(CCEPT) N(EW SUGGESTION) B(ACK)
 CH(ANGE) DEL(ETE) SH(OW) SA(VE) G(ET) P(LOT)
 FO(LLOWING DAY) E(XIT)

>SI

TIME = 20 22 - TA 5 IS EMPTY
 CONNECT TA 6 PU 2?

>A

TIME = 20 54 - TA 6 IS EMPTY
 THE TANK IS CONNECTED TO PU 2

>R

PU SE RE

>>PU2

ON OFF DEL

>>>OFF

>>>

PU SE RE

>>

DEF(INE) PO(SSIBLE CONNECT) CO(NNECT) R(UNSCHEDULE)
 SI(MULATE) A(CCEPT) N(EW SUGGESTION) B(ACK)
 CH(ANGE) DEL(ETE) SH(OW) SA(VE) G(ET) P(LOT)
 FO(LLOWING DAY) E(XIT)
 >SI

MAX TIME 30 00 IS REACHED
 FURTHER SIMULATION IS POSSIBLE BY FO(LLOWING DAY)

>SH

TA PU SE RE POW EQ ALL

>>ALL

	TIME = 30 0			
TA 1	VOLUME= 40000L			
	CLEANINGTIME= 0MIN	STORAGETIME=	0MIN	
	TIME = 0 0	CONTENT =	0L	
	TIME = 7 10	CONTENT =	0L	
	TIME = 8 30	CONTENT =	40000L	
	TIME = 14 30	CONTENT =	40000L	
	TIME = 18 30	CONTENT =	0L	
	TIME = 30 0	CONTENT =	0L	
TA 2	VOLUME= 40000L	DUAL FLOW		
	CLEANINGTIME= 0MIN	STORAGETIME=	0MIN	
	TIME = 0 0	CONTENT =	20000L	
	TIME = 7 0	CONTENT =	20000L	
	TIME = 8 30	CONTENT =	4999L	
	TIME = 8 40	CONTENT =	8333L	
	TIME = 9 0	CONTENT =	4999L	
	TIME = 10 40	CONTENT =	38333L	
	TIME = 14 30	CONTENT =	0L	
	TIME = 30 0	CONTENT =	0L	
TA 3	VOLUME= 5000L			
	CLEANINGTIME= 0MIN	STORAGETIME=	0MIN	
	TIME = 0 0	CONTENT =	0L	
	TIME = 7 0	CONTENT =	0L	
	TIME = 7 10	CONTENT =	5000L	
	TIME = 19 0	CONTENT =	5000L	
	TIME = 19 30	CONTENT =	0L	
	TIME = 30 0	CONTENT =	0L	
TA 4	VOLUME= 1500L	DUAL FLOW		
	CLEANINGTIME= 0MIN	STORAGETIME=	0MIN	
	TIME = 0 0	CONTENT =	0L	
	TIME = 7 0	CONTENT =	0L	
	TIME = 8 0	CONTENT =	301L	
	TIME = 18 30	CONTENT =	312L	
	TIME = 19 0	CONTENT =	162L	
	TIME = 19 30	CONTENT =	163L	
	TIME = 20 2	CONTENT =	3L	
	TIME = 30 0	CONTENT =	3L	
TA 5	VOLUME= 15000L	DUAL FLOW		
	CLEANINGTIME= 0MIN	STORAGETIME=	0MIN	
	TIME = 0 0	CONTENT =	0L	
	TIME = 7 0	CONTENT =	0L	
	TIME = 8 0	CONTENT =	9698L	
	TIME = 15 35	CONTENT =	14998L	
	TIME = 18 43	CONTENT =	14998L	
	TIME = 20 22	CONTENT =	148L	
	TIME = 30 0	CONTENT =	148L	

TA 6 VOLUME= 5000L DUAL FLOW
CLEANINGTIME= 0MIN STORAGETIME= 0MIN
TIME = 0 0 CONTENT = 0L
TIME = 15 35 CONTENT = 0L
TIME = 18 30 CONTENT = 2038L
TIME = 18 43 CONTENT = 88L
TIME = 19 0 CONTENT = 88L
TIME = 19 30 CONTENT = 4937L
TIME = 20 22 CONTENT = 4937L
TIME = 20 54 CONTENT = 137L
TIME = 30 0 CONTENT = 137L

PU 1 FLOW= 300L/H EL POWER= 0KW TH POWER= 0KW
POSSIBLE INPUT CONNECTIONS:
POSSIBLE OUTPUT CONNECTIONS:
RUNSCHEDULE:
ON 8 0 OFF 20 2
CONNECTIONS:
TIME = 0 0 INPUT: TA 4 OUTPUT: X

PU 2 FLOW= 9000L/H EL POWER= 0KW TH POWER= 0KW
POSSIBLE INPUT CONNECTIONS: TA 5 TA 6
POSSIBLE OUTPUT CONNECTIONS:
RUNSCHEDULE:
ON 8 0 OFF 20 54
CONNECTIONS:
TIME = 0 0 OUTPUT: X
TIME = 8 0 INPUT: TA 5
TIME = 15 35 INPUT: TA 6
TIME = 18 43 INPUT: TA 5
TIME = 20 22 INPUT: TA 6

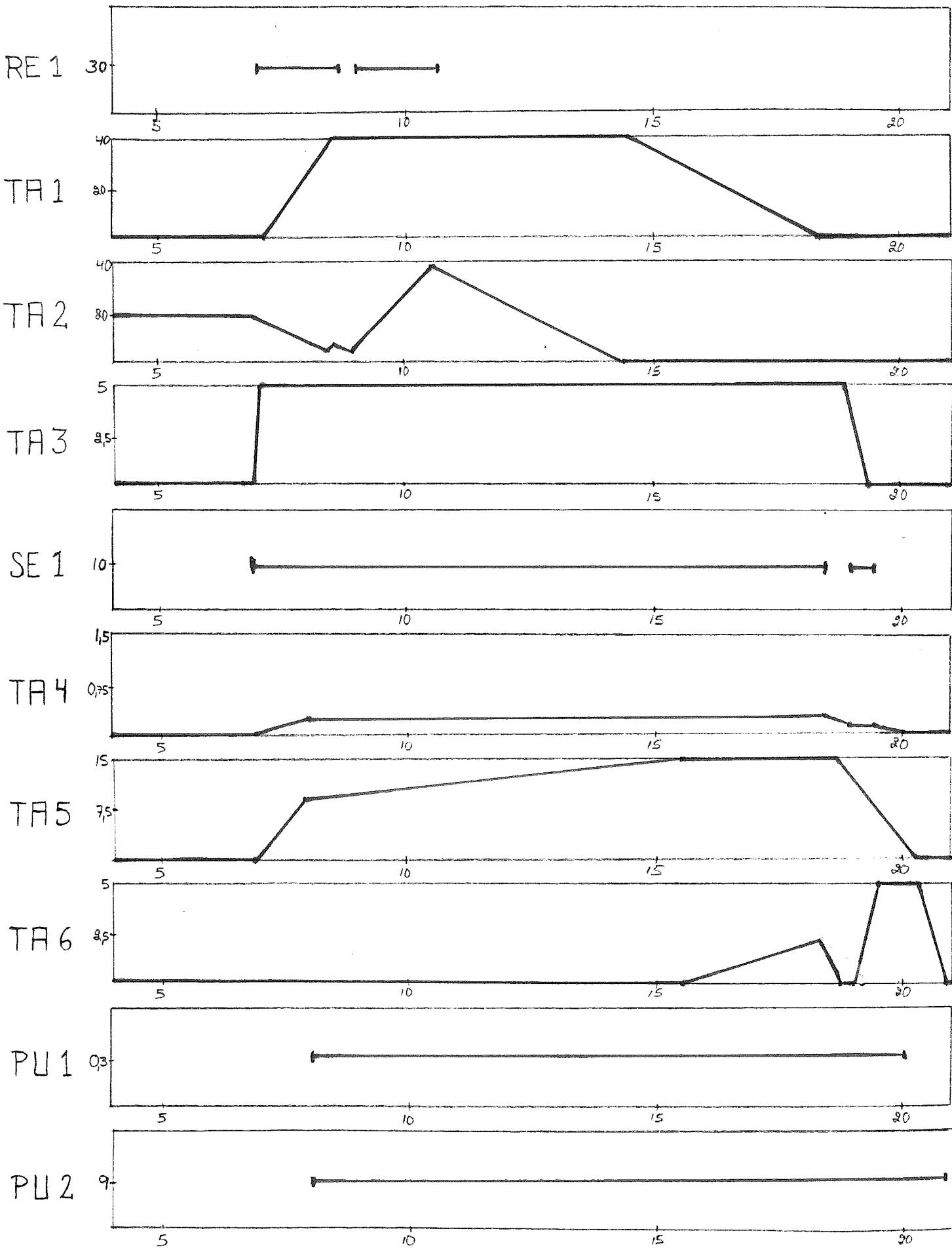
SE 1 INFLOW= 10000L/H OUTFLOW(LOW)= 9698L/H OUTFLOW(HIGH)= 301L/H
EL POWER= 0KW TH POWER= 0KW
POSSIBLE INPUT CONNECTIONS: TA 1 TA 2 TA 3
POSSIBLE LOW OUTPUT CONNECTIONS: TA 5 TA 6
POSSIBLE HIGH OUTPUT CONNECTIONS: TA 4
RUNSCHEDULE:
ON 7 0 OFF 18 30
ON 19 0 OFF 19 30
CONNECTIONS:
TIME = 7 0 INPUT: TA 2 OUTPUT(LOW): TA 5 OUTPUT(HIGH): TA 4
TIME = 14 30 INPUT: TA 1
TIME = 15 35 OUTPUT(LOW): TA 6
TIME = 19 0 INPUT: TA 3
TIME = 19 30 OUTPUT(LOW): TA 5

RE 1 FLOW= 30000L/H EL POWER= 0KW TH POWER= 0KW
POSSIBLE OUTPUT CONNECTIONS: TA 3 TA 1 TA 2
RUNSCHEDULE:
ON 7 0 OFF 8 40
ON 9 0 OFF 10 40
CONNECTIONS:
TIME = 7 0 OUTPUT: TA 3
TIME = 7 10 OUTPUT: TA 1
TIME = 8 30 OUTPUT: TA 2

TOTAL ELECTRICAL POWER CONSUMPTION:
TIME = 0 0 POWER : 0KW
TIME = 30 0 POWER : 0KW

TOTAL THERMAL POWER CONSUMPTION:
TIME = 0 0 POWER : 0KW
TIME = 30 0 POWER : 0KW

FLOWCHART



```
>>
DEF(INE) PO(SSIBLE CONNECT) CO(NNECT) R(UNSCHEDULE)
SI(MULATE) A(CCEPT) N(EW SUGGESTION) B(ACK)
CH(ANGE) DEL(ETE) SH(OW) SA(VE) C(ET) P(LOT)
FO(LLOWING DAY) E(XIT)
```

```
>EQ
```

```
HAS LAST DAY BEEN SAVED? (Y/N): N
DEF(INE) PO(SSIBLE CONNECT) CO(NNECT) R(UNSCHEDULE)
SI(MULATE) A(CCEPT) N(EW SUGGESTION) B(ACK)
CH(ANGE) DEL(ETE) SH(OW) SA(VE) C(ET) P(LOT)
FO(LLOWING DAY) E(XIT)
```

```
>SA
```

```
NAME: TEST4
```

```
>G
```

<The Get command is used in the same way as Save>

```
NAME: TEST4
```

```
>FO
```

```
HAS LAST DAY BEEN SAVED? (Y/N): Y
2400-3000 are transferred to 0000-0600 and the simulation stops at 0600>
```

