

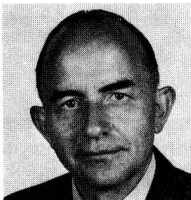
# Cyklisk produktföljd ger kortare genomloppstider

Allt fler serietillverkande industriföretag tillämpar planeringsmetoden *cyklisk produktföljd*. Orsakerna härtill är flera. Den främsta orsaken är den, att företagen härigenom skaffar sig full kontroll över sysselsättning, kapitalbindning, anskaffning, genomloppstider och färdiglager. Av utrymmesskäl skall vi emellertid här endast behandla *en* av den cykliska produktföljdens fördelar gentemot konventionella planeringsmetoder. Vi avser det faktum, att produkternas kötider och därmed genomloppstiderna blir kortare än vid tillämpning av andra planeringsmetoder.

Cyklisk produktföljd innebär, att ordningsföljden mellan olika återkommande produkter upprepas inom en period av konstant längd i maskiner



**Kent Lund** arbetar sedan 1973 som freelancer med rådgivning och utbildning i Västeuropa. Han har tidigare varit anställd inom SKF och Volvo.



**Sune Eriksson** är sedan 1957 verksam inom Volvo med bl a metodutveckling och utbildning inom produktionsstyrning. Har utvecklat den metod för planering av intermitterent produktion som grundar sig på upprepad - cyklisk - produkt-

följd i förädlingskedjans olika stationer. Fick 1962 stipendium av Volvos grundare för »Ide och utarbetande av cyklisk produktionsplanering för Volvo.«

*More and more companies use the cyclic product sequence method for planning. The reasons are many, but the major one covers employment control, investments, procurements, through-put time, etc.*

och andra stationer.

Metoden utvecklades år 1953 vid Scania-Vabis bilindustri i Södertälje av ingenjör Sune Eriksson. Metoden tillämpas i stor utsträckning inom Volvo-företagen, där man i början av sextioalet beslöt att satsa på kursutveckling och utbildning för att öka metodens tillämpning.

I följande redogöres för

- de faktorer som avgör produkternas genomloppstider
- de faktorer som påverkar produkternas köbildning
- varför kötiden reduceras vid cyklisk produktföljd.

## Faktorer som avgör produkternas genomloppstider

Låt oss först konstatera, att kötiden före de olika stationerna är **en** av de fyra faktorer som utgör produktens genomloppstid. De övriga tre faktorerna är:

- Betjäningstid, vilken i sin tur beror på vald produktionsmetod och vald satsstorlek.

- Tidmarginal per station, d v s den tid en station ständigt kan vara försenad utan att efterföljande station åsamkas försening. Tidmarginalen skall skydda efterföljande station mot väntetid (produktbrist) vid driftsstörningar i föregående station. Om en station är hundra procentigt driftsäker behövs ingen tidmarginal-buffert till efterföljande station.
- Produktionstidens förläggning i successiva stationer. Om produktionstiden i två successiva stationer för given produkt inte ständigt har sina resp produktionstider förlagda till motsvarande kalendertid, krävs eller uppstår väntetid för produkterna, d v s produkternas genomloppstider ökar.

De fyra faktorerna, som avgör produkternas genomloppstider och deras samband med betjäningstid, framgår av figur 1. Den streckade linjen i figuren visar hur kötiden i princip reduceras vid cyklisk produktföljd.

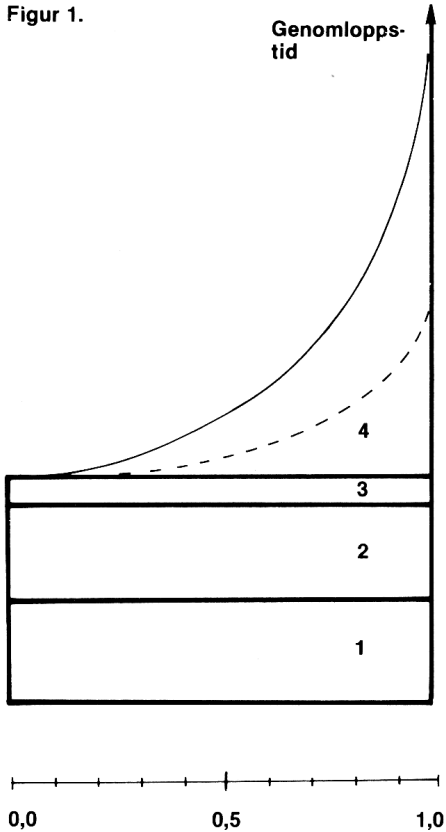
## Faktorer som påverkar produkternas köbildning

Den vid planering avgörande delen av genomloppstiden utgörs av kötiden. Kötiden är den tid en produkt tvingas vänta före station - utöver tidmarginal - då stationen betjänar andra produkter.

Kötiden påverkas av följande faktorer:

- Stationernas betjäningstid  
Kötiden ökar progressivt med ökad betjäningstid. Betjäningstidens uttrycker förhållandet mellan be-

Figur 1.



Betjäningsfaktor

Faktorer som avgör produkternas genomloppstider

1. Betjäningstid
2. Tidmarginal per station
3. Produktionstidens förläggning i successiva stationer
4. Produkternas köbildning före stationerna

läggning och kapacitet. Man bör observera, att kapaciteten begränsas av mängden operatörer, vilket innebär att betjäningsfaktorn inom industrin ofta ligger mycket nära 1,0.

Sambandet mellan kötid och betjäningstid framgår av figur 1.

- Produkternas stationsföljd och betjäningstid per station. Hur kötiden påverkas av dessa faktorer framgår av figur 2.
- Produktföljden i stationerna. Kötiden är okänd innan produktföljden i stationen är fastställd. Detta innebär att produkternas genomloppstider är okända innan produktföljden är fastställd i alla berörda stationer.

## Varför kötid och därmed genomloppstid reduceras genom cyklisk produktföljd

Det är sedan länge ett känt faktum

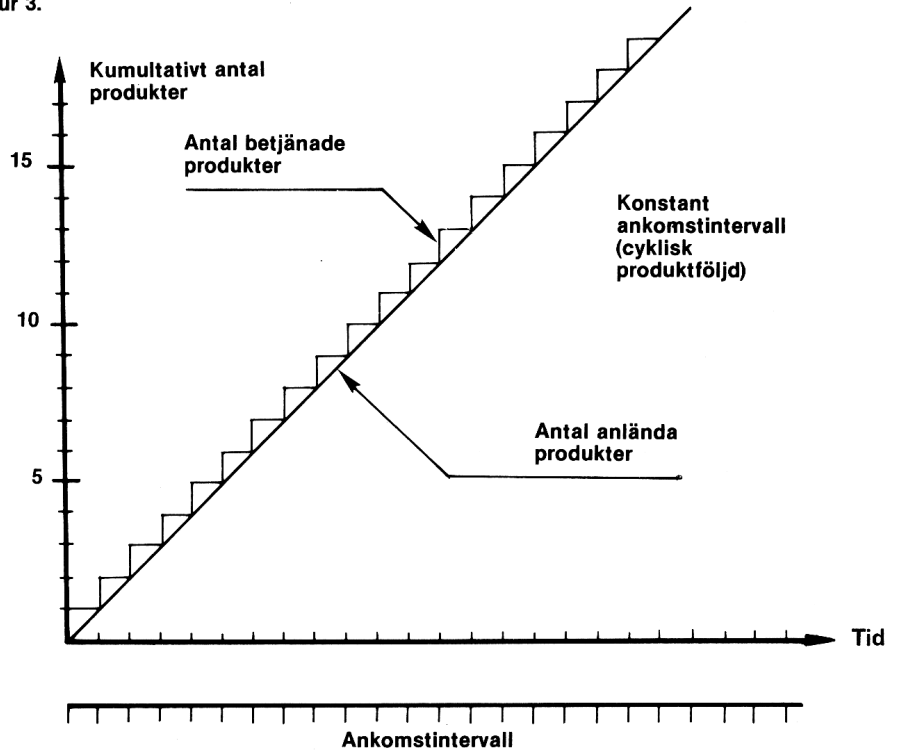
Figur 2.

Hur kötidens påverkas av produktföljden vid olika kombinationer av stationsföljd och betjäningstider  
Slutsatser:

1. Mellan stationer i vilka alla produkter betjänas i samma stationsföljd och med samma betjäningstider i given station blir kötid och kölängd konstanta och lika för alla produkter vid ködisciplinen »ordnad kö« oavsett om produktföljden är cyklisk eller skiftande.
2. Två eller flera successiva stationer i vilka alla produkter alltid betjänas i samma stationsföljd med samma ködisciplin och med samma betjäningstid i given station kan betraktas som en och samma station.

3. Olika produktföljder ger olika kötider före stationerna vid individuella betjäningstider per station även om alla produkter betjänas i alla stationer och i samma stationsföljd.
4. Olika produktföljder ger olika kötider före stationerna vid individuell stationsföljd även om betjäningstiden är konstant för alla produkter i alla stationer.
5. Olika produktföljder ger olika kötider för produkterna före stationerna, d v s olika genomloppstider för produkterna genom produktionsavsnittet både per produkt och för alla produkter sammanlagt.  
Detta är två av varandra oberoende skäl:
  1. Individuella betjäningstider per produkt i given station.
  2. Individuell stationsföljd per produkt.

Figur 3.



från köteorin, att ju mera regelbundet kunderna (objekten) anländer till en station eller dess kö, desto kortare blir kötid och kölängd.

Cyklisk produktföljd ger konstanta ankomstintervaller för alla produkter till alla stationer. Jämfört med alla konventionella planeringsmetoder, vilka kännetecknas av skiftande produktföljd, ger cyklisk produktföljd mer regelbundna produktflöden och därigenom kortare köer.

Detta påstående kan bevisas genom matematiskt-statistiska metoder (köteori) och empiriska försök. Vi har emellertid här valt en tredje metod. Via två enkla exempel kan man visa att kötiden ökar med variationerna i ankomstintervallen.

### Exempel 1

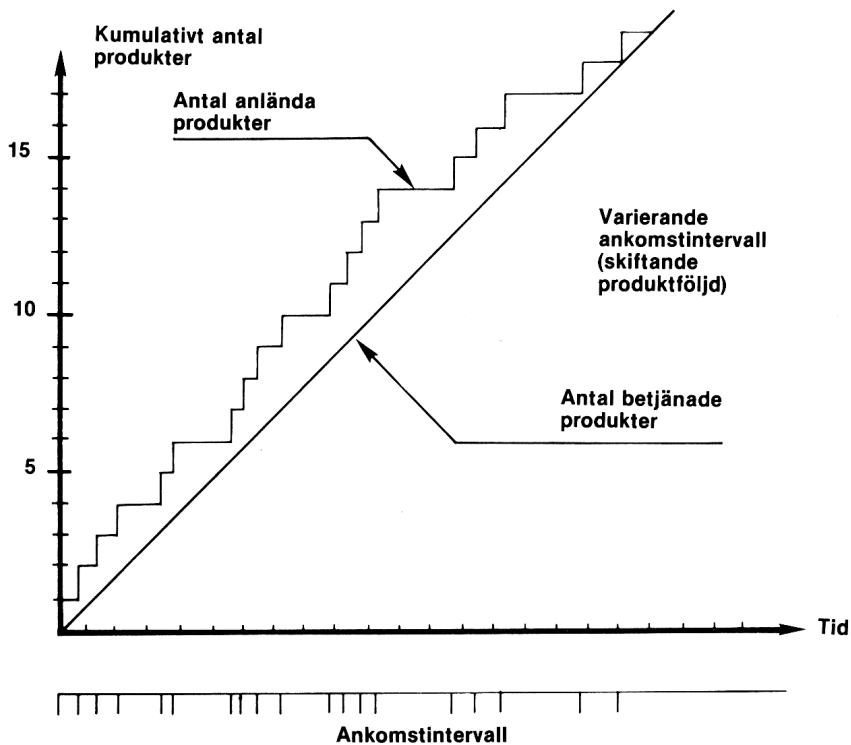
Betjäningstiden i en postkassa är en minut. Varje minut anländer en kund. Kön blir då konstant och kanske lika med noll. Se figur 3!

### Exempel 2

Betjäningstiden i en postkassa är en minut som i det föregående exemplet. Kunder anländer nu oregelbundet men med en genomsnittsintervall av en minut. Det kommer nu att bildas varierande köer. Se figur 4!

Ju mer oregelbundet kunderna (objekten, produkterna etc) anländer till en station eller dess kö, desto längre blir medelkötid och medelkölängd.

Figur 4.



Figur 5.

**Varför cyklisk produktföljd ger kortare kötid för produkterna än skiftande produktföljd**

Skiftande produktföljd i föregående station ger varierande ankomstintervall per produkt till efterföljande station. Ankomstintervallen till en station blir inte lika med betjäningsintervallen i stationen. Varierande ankomstintervall ger varierande ankomstintensitet och varierande kötid före stationerna.

Cyklisk produktföljd i föregående station ger konstanta ankomstintervall per produkt till efterföljande station (alla produkter återkommer med samma konstanta intervall eller multipler av samma konstanta intervall). Ankomstintervallen till en station blir lika med betjäningsintervallen i stationen. Konstanta ankomstintervall ger konstant ankomstintensitet och konstant kötid före stationerna.

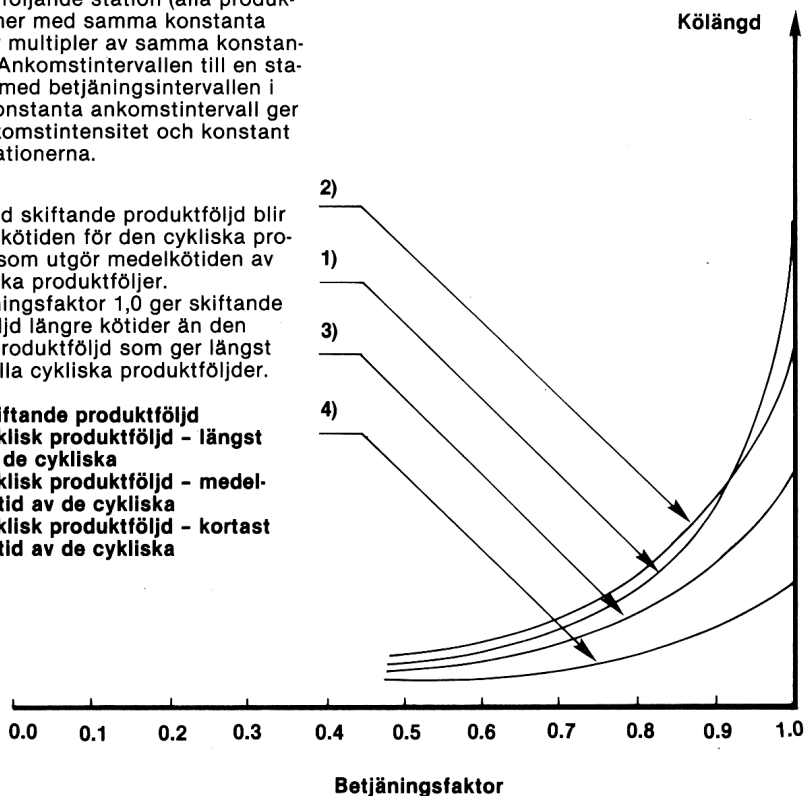
**Slutsatser:**

1. Kötiden vid skiftande produktföljd blir längre än kötiden för den cykliska produktföljd som utgör medelkötiden av alla cykliska produktföljder.
2. Vid betjäningsfaktor 1,0 ger skiftande produktföljd längre kötider än den cykliska produktföljd som ger längst kötid av alla cykliska produktföljder.

- Kurva 1) = skiftande produktföljd
- Kurva 2) = cyklisk produktföljd - längst av de cykliska
- Kurva 3) = cyklisk produktföljd - medelkötid av de cykliska
- Kurva 4) = cyklisk produktföljd - kortast kötid av de cykliska

Cyklisk produktföljd arbetar efter den princip som framgår av exempel 1 och figur 3. Konventionella planeringsmetoder - skiftande produktföljd - arbetar efter den princip som framgår av exempel 2 och figur 4.

**Skiftande produktföljd i föregående**



station ger varierande ankomstintervall per produkt till efterföljande station. Ankomstintervallen till en station blir inte lika med betjäningsintervallen i stationen. Varierande ankomstintervall ger varierande ankomstintensitet och varierande kötid före stationerna.

**Cyklisk produktföljd** i föregående station ger konstanta ankomstintervall per produkt till efterföljande station (alla produkter återkommer med samma konstanta intervall eller multipler av samma konstanta intervall). Ankomstintervallen till en station blir lika med betjäningsintervallen i stationen. Konstanta ankomstintervaller ger konstant ankomstintensitet och konstant kötid före stationerna.

Empiriska försök, utförda med hjälp av dator, har givit resultat enligt figur 5.

**Sammanfattning:**

Planeringsmetoden **cyklisk produktföljd** kännetecknas av att nya exemplar av sinsemellan olika produkter såsom varor, informationer etc i varje station betjänas i upprepad ordningsföljd inom en konstant period, vars längd är lika med längsta återkomstintervall för någon av produkterna.

Med cyklisk produktföljd i serieproduktion av varor

- åstadkommer man kortare kötider och därmed kortare genomloppstider och lägre kapitalbindning än vad som under i övrigt samma betingelser är möjligt med andra planeringsmetoder
- blir produkternas genomloppstider kända på förhand och i princip konstanta oavsett variationer i produktmängden per kvantitet
- reduceras planeringsarbetet genom att man styr produktionen enligt tidtabeller, vilka i princip upprepas
- kan produktionsmålet förlängas på basis av en redan upprättad produktionstidtabell
- kan man samordna produktflödet mellan ett obegränsat antal stationer och produktionsavsnitt, t ex mellan levererande och köpande företag, genom att för varje produkt välja satsintervall ur samma geometriska serie (serien  $2^n$  sats per år tillämpas vid flera företag i Sverige)
- reglerar man produktionstakten per produkt genom att variera antalet enheter per kvantitet, d v s satsstorleken
- väljer man önskad grad av följsamhet mot variationer i efterfrågan (flexibilitet) genom att för respektive produkt välja motsvarande satsintervall