

---

## F 43

---

# Prognostisera beställningspunkter med verklig efterfrågefördelning

---

En av de mest väsentliga materialstyrningsfunktionerna är att avgöra när en ny beställning skall läggas ut till leverantör eller när en ny tillverkningsorder skall frisläppas för att fylla på lagret. Olika metoder finns till förfogande för att stödja sådana beslut, bland dem beställningspunktssystem. En beställningspunkt i ett sådant system avser en referenskvantitet som är lika med förväntad efterfrågan under ledtiden för återanskaffning plus ett säkerhetslager. Traditionellt har efterfrågan under ledtid bestämts med hjälp av prognostisering och dimensionering av säkerhetslager baserats på en önskad servicenivå och ett antagande om att efterfrågevariationerna följer någon form av standardfördelning, exempelvis normalfördelningen. I den här handboksdelen redovisas en metod som i stället utgår från den verkliga efterfrågefördelningen och som dessutom inkluderar prognostisering av efterfrågan under ledtid, dvs. den direktberäknar beställningspunkten utan uppdelning på efterfrågan under ledtid och säkerhetslager.

## 1 Generering av verklig efterfrågefördelning under ledtid

För att kunna använda metoden krävs att man kan generera en serie av möjliga förväntade efterfrågevärden under ledtid med utgångspunkt från en löpande följd av verklig efterfrågan per dag under ett eller flera passerade år och att ledtiden i antal dagar är känd. Två olika metoder kan användas för att generera en sådan serie, en enkel och en något mer avancerad statistisk metod.

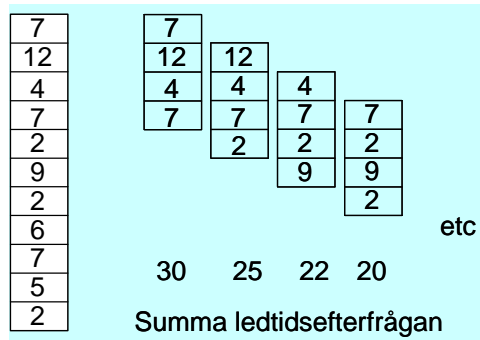
### Ledtidsackumulering av dagsefterfrågan

Med denna metod skapas ledtidsförbrukningar genom att successivt summera efterfrågan över det antal dagar som motsvaras av ledtidens längd. Ledtidsförbrukningen räknat från dag  $k$  blir då lika med

$$\sum_k^{k+lt-1} E_i$$

där  $E_i$  är historisk dagsförbrukning under dag  $i$  och  $lt$  lika med ledtiden i dagar.

Om exempelvis ledtiden är tre dagar blir ledtidsefterfrågan summan av efterfrågan under dag 1, dag 2 och dag 3. Beräkningsmetoden illustreras i figur 1 där varje ruta avser en dag, siffrorna inom rutorna efterfrågan. I figuren är ledtiden fyra dagar.

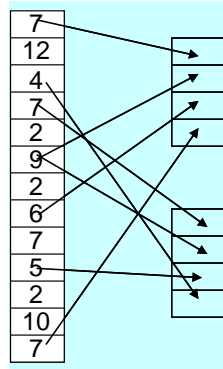


Figur 1 Illustration av ledtidsackumulering av ledtidsefterfrågan

Med hjälp av metoden skapas ett antal ledtidförbrukningar som motsvarar antalet historikdagar minus ledtidens längd i dagar plus ett, dvs. om antal dagar är 240 och ledtiden är 5 dagar kommer man att få 236 ledtidförbrukningar.

## Bootstrapping

För att få fler ledtidsefterfrågevärden och därmed högre precision i den genererade ledtidsefterfrågefördelningen man använda en statistisk metod som kallas bootstrapping. Den innebär att man bygger upp en fördelning för ledtidsefterfrågan genom att slumpmässigt välja och därefter kombinera historiska dagsefterfrågevärden. Metoden utgår på samma sätt som föregående från en följd av efterfrågedata per dag. Ett slumpmässigt urval av lika många dagar som motsvaras av ledtidens längd görs därefter, dvs. är ledtiden fyra dagar görs ett slumpmässigt urval av fyra dagars efterfrågevärden från efterfrågehistoriken. Summan av efterfrågan under dessa dagar beräknas och får representera en observation från efterfrågan under ledtiden. Det slumpmässiga urvalet upprepas ett stort antal gånger så att ett tillräckligt stort antal observationer kan erhållas. Urvalet sker med vad som inom statistiken kallas urval med återläggning, dvs. alla perioder har lika stor sannolikhet att komma med vid varje urvalstillfälle. Ju fler urval, desto mer representativ blir efterfrågefördelningen.



Figur 2 Illustration av bootstrapping för generering av ledtidsefterfrågan

## 2 Beställningspunkter från cykelservice

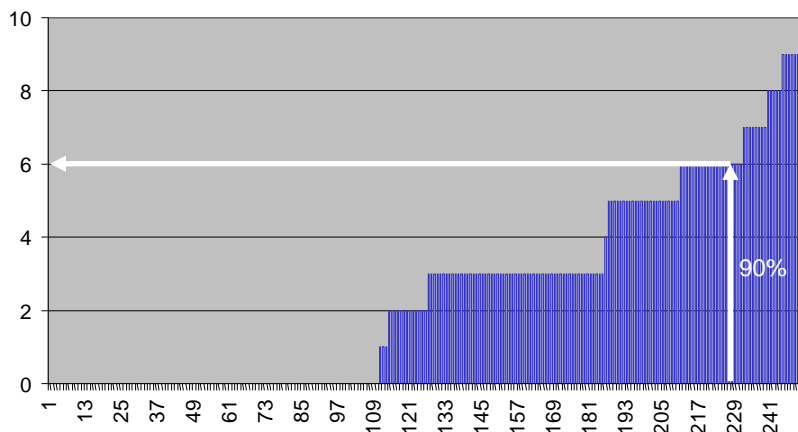
Cykelservice är ett servicenivåmått som avser sannolikheten att det inte uppstår brist under en lagercykel. Sannolikheten uttrycks i allmänhet som en procentsats. Se handboksdel B22, Välja cykelservicenivå för dimensionering av säkerhetslager.

För att dimensionera beställningspunkter så att man förväntas kunna uppnå önskad cykelservice kan följande arbetsgång tillämpas.

### Arbetsgång

1. Beräkna för varje genererat värde på ledtidsefterfrågan det antal som är lika stora. Beteckna dessa antal med  $n(e)$  där  $n(e)$  är lika med antalet efterfrågevärden med ledtidsefterfrågan lika med  $e$ .
2. Sortera  $n(e)$ -värdena efter storlek på  $e$  från lägsta till högsta värde.
3. Beräkna för varje  $n(e)$ -värde  $p(e)$ , dvs. sannolikheten att ledtidsefterfrågan är lika med  $e$ , genom att dividera  $n(e)$ -värdet med  $\Sigma n(e)$  över alla förekommande efterfrågevärden.
4. Beräkna de ackumulerade sannolikheterna från lägsta till högsta efterfrågevärde.
5. Sätt beställningspunkten lika med det efterfrågevärde som motsvarar den ackumulerade sannolikhet som närmst överstiger den önskade cykelservicenivån.

Principen bakom beräkningarna illustreras i figur 3. I diagrammet anger y-axeln efterfrågan under ledtid och x-axeln efterfrågevärden. Staplarna är sorterade efter stigande storlek på efterfrågan.



Figur 3 Genererad verklig efterfrågefördelning under ledtid för bestämning av beställningspunkter

Sammanlagt innehåller diagrammet 250 efterfrågevärden. Om man antar att önskad cykelservicenivå fastställts till 90 %, dvs. lagerbrist kan endast accepteras i 10 % av alla lagercykler, så bör man enligt diagrammet sätta beställningspunkten till 6 st. 90 %, dvs  $0,9 \cdot 250 = 225$  stycken av alla efterfrågevärden under ledtid kommer då att vara sex stycken eller färre.

### 3 Beställningspunkter från fyllnadsgradsservice

Fyllnadsgradsservice är ett servicenivåmått som avser andelen av efterfrågan som kan tillfredsställas direkt från lager. Andelen uttrycks i allmänhet som en procentsats. Se handboksdel B23, Välja nivå på fyllnadsgradsservice för dimensionering av säkerhetslager.

För att dimensionera beställningspunkter så att man förväntas kunna uppnå önskad nivå på fyllnadsgradsservice kan följande arbetsgång tillämpas.

#### Arbetsgång

1. Om önskad servicenivå betecknas med  $SN$  gäller följande samband.

$$1 - SN = \frac{bkå}{E} = \frac{n \cdot bkc}{E} = \frac{E \cdot bkc}{OK \cdot E} = \frac{bkc}{OK}$$

där  $bkå$  = bristkvantitet per år  
 $bkc$  = bristkvantitet per lagercykel  
 $E$  = efterfrågan per år  
 $n$  = antal lagercykler per år  
 $OK$  = orderkvantitet per inleverans

2. Beräkna acceptabel bristkvantitet per lagercykel som  $bkc = OK \cdot (1 - SN)$ .
3. Beräkna för var och en av en successiv följd av ökande beställningspunkter skillnaden mellan vart och ett av de genererade ledtidsefterfrågevärdena och respektive beställningspunkt. Är denna skillnad större än noll innebär det att brist skulle uppstå för denna ledtidsefterfrågan.
4. Beräkna det förväntade värdet av alla bristkvantiteter för respektive beställningspunkt. Detta värde representerar förväntad bristkvantitet per lagercykel. Beräkningarna kan uttryckas med hjälp av följande formel.

$$Ebk(s) = \sum_{x/x \geq s} (x - s) * p(x)$$

där  $Ebk(s)$  = förväntad bristkvantitet per lagercykel när beställningspunkten är lika med  $s$

$x$  = ledtidsefterfrågan

$s$  = beställningspunkt

$p(x)$  = sannolikheten för att en viss ledtidsefterfrågan inträffar

Eftersom samtliga ledtidsefterfrågevärden jämförs med respektive beställningspunkt kommer  $p(x)$  att vara lika med 1 dividerat med antalet ledtidsefterfrågevärden.

5. Den beställningspunkt vars förväntade bristkvantitet närmst motsvarar den bristkvantitet som enligt ovan beräknats från önskad servicenivå är den beställningspunkt som ger en servicenivå motsvarande den önskade. Formelmässigt är detta det samma som att söka

$$\min |Ebk(s) - bkc| \quad \text{över alla } s.$$

## 4 Användningsmiljöer

Prognostisering av beställningspunkter baserad på verklig efterfrågefördelning under ledtid är i första hand avsedd att användas i miljöer där det inte är rimligt att utgå från teoretiska efterfrågefördelningar av typ normalfördelning, gammafördelning eller Poissonfördelning.

Metoden förutsätter principiellt att efterfrågan i huvudsak inte uppvisar systematiska förändringar under den historikperiod som beräkningarna baseras på, exempelvis trender eller säsongvariationer. Är efterfrågan lågfrekvent, exempelvis av typ sådan som brukar förekomma för reservdelar, är detta inte något problem eftersom man i allmänhet inte kan urskilja systematiska förändringar under storleksordningen ett år i sådana fall. I övriga fall måste den historiska efterfrågan kunna säsong- och trendrensas per dag för att metoden skall kunna tillämpas.

## 5 Kompletterande synpunkter på användning

- Skillnaden mellan de båda metoderna för generering av verklig efterfrågefördelning under ledtid är främst hur ett tillräckligt antal ledtidsefterfrågevärden skapas. Den först nämnda metoden ovan ställer störst krav på att det finns en lång efterfrågehistorik för att kunna få ett acceptabelt antal ledtidförbrukningar att basera beställningspunktsberäkningen på och den sistnämnda metoden minst krav. Det är framför allt i detta avseende som bootstrappingmetodens styrka ligger. Små krav på en lång efterfrågehistorik är speciellt en fördel i de fall det förekommer efterfrågetrender eller andra former av systematiska efterfrågeförändringar. Sådana systematiska förändringar gör att endast en mycket begränsad efterfrågehistorik kan vara representativ för den framtida efterfrågefördelningen.
- Till bootstrappingmetodens nackdelar hör att den inte kan ta hänsyn till förekommande korrelation mellan efterfrågan från dag till dag eftersom efterfrågevärden slumpmässigt hämtas från alla efterfrågehistorikens dagar när en ledtidförbrukning skapas.
- Ingen av de två metoderna för generering av verklig efterfrågefördelning under ledtid medför några problem om ledtiden förändras, förutsatt att efterfrågehistoriken lagras per dag och inte per ledtidsintervall. Det är bara att göra om beräkningarna för den nya ledtiden.

## Referenslitteratur

Bookbinder, J. – Lordahl, A. (1989) Estimation of inventory re-order levels using the bootstrap statistical procedure, IIE Transactions, December.

Fortuin, L. (1980) Five popular probability density functions: A comparison in the field of stock-control models, Journal of the Operational Research Society, Vol 31, No 10.

Mattsson, S-A. (2007) Efterfrågefördelningar för bestämning av säkerhetslager, Intern forskningsrapport, Institutionen för Teknisk ekonomi och logistik, Lunds Universitet.

Smart, C. – Willemain, T. (2000) A new way to forecast intermittent demand, The performance Advantage, Juni.

Smart, C. (2002) Accurate intermittent demand/inventory forecasting: New technologies and dramatic results, APICS International Conference Proceedings.

Wilcox, J. (1970) How to forecast lumpy items, Production and Inventory Management, 1<sup>st</sup> Qtr.

Willemain, T. – Smart, C. – Schwarz, H. (2004) A new approach to forecasting intermittent demand for service parts inventories, International Journal of Forecasting, Vol. 20.