

# Konsekvenser av minskade orderkvantiteter

Stig-Arne Mattsson

## Sammanfattning

*Att reducera orderkvantiteter har varit en vanligt förekommande åtgärd under de senaste årtiondena. Minskade orderkvantiteter medför att man kan reducera omsättningslagret. En sådan åtgärd kan emellertid också få andra effekter. Syftet med den här studien är att analysera hur leveransförmågan och de totala lagerstyrningskostnaderna, dvs. summan av lagerhållningskostnaderna för omsättningslagret och ordersärkostnaderna, påverkas när man minskar orderkvantiteterna från vad som motsvaras av de ekonomiska orderkvantiteterna.*

*Resultaten från studien visar att erhållen servicenivå minskar avsevärt och de sammanlagda lagerstyrningskostnaderna stiger påtagligt om man använder orderkvantiteter som är klart mindre än den ekonomiskt beräknade vid oförändrade förhållanden i övrigt. Hur stora förändringarna är i de båda avseendena är praktiskt taget helt och hållet en funktion av hur mycket man minskar orderkvantiteten. För att undvika sådana icke önskvärda effekter måste man dels öka säkerhetslagren och dels minska ordersärkostnaderna om man av olika skäl vill reducera sina orderkvantiteter.*

## 1 Introduktion och syfte

Ända sedan just-in-time filosofin fick sitt genombrott i Sverige för över trettio år sedan har en minskning av orderkvantiteter för inköpta såväl som egentillverkade artiklar stått högt på agendan. Det har exempelvis varit en vanlig åtgärd i projekt som genomförts för att minska kapitalbindning i lager. I många företag som använder Wilsons formel för att beräkna ekonomiska orderkvantiteter sätts avsiktligt lagerhållningsfaktorn högre än vad som är kostnadsmässigt motiverat för att driva ner orderkvantiteterna och därmed kapitalbindningen. Ett sådant tillvägagångssätt har också rekommenderats av bland andra Schonberger och Schniederjans (1984).

Att minskade orderkvantiteter leder till minskad kapitalbindning kan inte ifrågasättas. Åtgärder av det här slaget är därför berättigade ur ett kapitalbindningsperspektiv även om det bör poängteras att de endast leder till minskade omsättningslager, dvs. endast berör en del av det totala lagret i ett företag. Minskade orderkvantiteter medför emellertid också ett par andra mindre önskade konsekvenser. Att minska orderkvantiteter kan vara en tveksam åtgärd om den inte föregås av åtgärder för att påverka orsakerna till att orderkvantiteterna behöver vara stora. I annat fall blir det fråga om en symptombehandling i stället för en problemlösning för att förbättra effektiviteten i materialflödena. Minskade orderkvantiteter leder oundvikligen till fler order per år och därmed till ökade

kostnader för att genomföra orderprocesserna, så kallade ordersärkostnader. Det innebär fler beställningar till leverantör eller fler order att planera in i den egna verkstaden, att fler leveranser måste tas emot och kvantitets- och kvalitetskontrolleras, att fler intransporter och inläggningar i lager måste ske samt att fler leverantörsfakturor måste tas emot, kontrolleras och betalas om det är fråga om inköpsartiklar.

En annan mindre önskad konsekvens av minskade orderkvantiteter är att leveransförmågan i form av servicenivån vid utleverans från lager försämras. Orsaken till detta är att risk för brist endast uppstår omedelbart före ett inleveranstillfälle och att antalet inleveranstillfällen beror på hur stora orderkvantiteterna är. Ju mindre orderkvantiteterna är, desto fler bristrisktillfällen och följaktligen desto lägre servicenivå om inte säkerhetslagret samtidigt ökas.

Syftet med den studie som redovisas i den här rapporten är att studera hur servicenivån och de totala lagerstyrningskostnaderna, dvs. summan av lagerhållningskostnader för omsättningslagret och ordersärkostnader, påverkas när man sänker orderkvantiteterna från vad som motsvaras av ekonomiska orderkvantiteter med befintliga ordersärkostnader. I studien antas att säkerhetslagret dimensionerats med utgångspunkt från dessa ekonomiska orderkvantiteter och att ledtiderna är konstanta. För fallet med tillverkningsorder tas ingen hänsyn till eventuella kapacitetsproblem på grund av det ökande antal ställ som en ökning av antalet order medför. Studien har genomförts både med hjälp av analytiska beräkningar och med hjälp av simulering. För att kunna genomföra analytiska beräkningar måste emellertid ett antal förenklande antaganden göras vilket försämrar trovärdigheten i de resultat som erhålls. Av det skälet har även simuleringsstudier använts. Med hjälp av simulering kan exempelvis mer verklighetstroga efterfrågeförhållanden användas och antaganden som att alla kundorder motsvarar ett styck undvikas.

## 2 Analysdata

För att kunna studera hur servicenivåer och lagerstyrningskostnader förändras med storlekar på orderkvantiteter under olika efterfrågeförhållanden har sju olika efterfrågefall enligt tabell 1 analyserats, vardera med tjugo olika artiklar för att undvika risk för ett för stort slumpmässigt inflytande. De fyra första efterfrågefallen representerar olika allmänna efterfrågeförhållanden i ett lager, det femte typiska förhållanden i ett centrallager som försörjer några lokala lager alternativt förhållanden som förekommer i lager av råvaror och andra köpartiklar som används vid tillverkning och de två sista förhållanden i lager med mycket låg orderingsfrekvens, exempelvis så som kan vara fallet i ett reservdelslager. För vart och ett av de sju efterfrågefallen har också en serie avtagande orderkvantiteter uttryckta som ökande antal inleveransorder per år enligt tabell 1 analyserats. Orderfrekvenskolumnen avser de olika ökande orderfrekvenser, uttryckta som antal order per år, som använts i analyserna. Första siffran i intervallet avser den orderfrekvens som motsvarar ekonomisk orderkvantitet, den andra den högst analyserade orderfrekvensen och siffran efter semikolon den successiva ökningen mellan på varandra följande orderfrekvenser. Exempelvis har 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45 och 50 inleveranser per år analyserats för efterfrågestruktur 1.

Tabell 1 Karaktäristik för använda efterfrågefall

| <i>Efterfråge-<br/>Struktur</i> | <i>Antal kundor-<br/>der/dag</i> | <i>Kvantitet<br/>kundorder</i> | <i>Efterfrågan<br/>per månad</i> | <i>Order-<br/>Frekvens</i> | <i>Variations-<br/>koefficient</i> |
|---------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|----------------------------|------------------------------------|
| 1                               | 10 per dag                       | 1 - 10                         | 1.100                            | 15-50 ; 5                  | 0,11                               |
| 2                               | 3 per dag                        | 1 - 10                         | 330                              | 15-50 ; 5                  | 0,21                               |
| 3                               | 1 per 2 dagar                    | 1 - 10                         | 55                               | 5-40 ; 5                   | 0,51                               |
| 4                               | 1 per 2 v:or                     | 1 - 10                         | 11                               | 0,5-4 ; 0,5                | 1,13                               |
| 5                               | 1 per 2 dagar                    | 50 - 200                       | 1.250                            | 5-40 ; 5                   | 0,48                               |
| 6                               | 1 per 2 dagar                    | 1 - 3                          | 20                               | 5-40 ; 5                   | 0,49                               |
| 7                               | 1 per 2 mån.                     | 1 - 3                          | 1                                | 0,5-4 ; 0,5                | 2,22                               |

En efterfrågan per dag under sex tusen dagar har genererats för varje efterfrågefall och artikel med utgångspunkt från de i tabellen visade antalet kundorder per dag och kundorderorderkvantiteterna. Den har skapats genom att kombinera slumpmässigt bestämda orderkvantiteter med slumpmässigt bestämda antal kundorder per dag för att den enligt Bagchi et al. (1984) skall bli så verklighetsnära som möjligt. Poissonfördelning har använts för att slumpmässigt generera antal kundorder per dag och rektangelfördelning för att bestämma kvantitet per kundorder. Ledtiden har satts till tio dagar och målsatt servicenivå definierad som fyllnadsgradsservice (Serv2) till 97 %. Det antas att det går tjugo arbetsdagar per månad och därmed 240 per år.

### 3 Analytiska beräkningar

Den metodik som använts för de analytiska beräkningarna av hur servicenivån påverkas av ökande antal order per år och därmed minskande orderkvantiteter bygger på att först beräkna det säkerhetslager, SL, som behövs för att uppnå den målsatta servicenivån när det antal order per år som motsvarar den ekonomiska orderkvantiteten används. Detta säkerhetslager används sedan för att beräkna vilka servicenivåer man kan förväntas få när man använder ett större antal order per år. Då det beräknade säkerhetslagret är det samma är också säkerhetsfaktorn den samma och därmed servicefunktionen för säkerhetslagerberäkning den samma.

Eftersom antal order per år är lika med efterfrågan per år dividerat med använd orderkvantitet gäller följande samband. Se Mattsson (2010, sid 206).

$$SF(k) = \frac{(1 - \frac{MFS}{100})}{n(EOK) \cdot \sigma} = \frac{(1 - \frac{EFS}{100})}{n(AOK) \cdot \sigma}$$

- där
- $n(EOK)$  = antal order per år när ekonomisk orderkvantitet används
  - $n(AOK)$  = antal order per år när annan orderkvantitet används
  - $MFS$  = fyllnadsgradsservice i %
  - $EFS$  = teoretiskt erhållen fyllnadsgradsservice
  - $\sigma$  = standardavvikelsen under ledtid

Den teoretiskt erhållna servicenivån vid användning av en viss orderkvantitet kan då uttryckas med hjälp av följande formel.

$$EFS = 100 \cdot \left(1 - \frac{\left(1 - \frac{MFS}{100}\right) \cdot n(AOK)}{n(EOK)}\right)$$

Minskningen av erhållna servicenivåer i procentenheter som funktion av antal inleveransorder per år för de sju olika efterfrågestrukturerna och beräknat med hjälp av denna formel blir då enligt tabell 2. I den första kolumnen betyder siffran före första kolon antal order per år för de efterfrågestrukturer som enligt tabell 1 har en ekonomisk orderkvantitet som motsvarar femton order per år, siffran efter första kolon antal order per år för de efterfrågestrukturer som enligt tabell 1 har en ekonomisk orderkvantitet som motsvarar fem order per år och siffran efter andra kolon antal order per år för de efterfrågestrukturer som enligt tabell 1 har en ekonomisk orderkvantitet som motsvarar 0,5 order per år. Exempelvis blir servicenivån sex procentenheter lägre än den målsatta för efterfrågefall 3 då antalet order per år ökas från fem till femton och där fem order per år motsvaras av den ekonomiska orderkvantiteten.

Tabell 2 Minskningar av erhållna servicenivåer i procentenheter som funktion av antal inleveransorder erhållna med hjälp av analytiska beräkningar

| Antal order / år | Efterfrågestruktur |       |        |        |        |        |        |
|------------------|--------------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                  | 1                  | 2     | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      |
| 20:10:1,0        | - 1,0              | - 1,0 | - 3,0  | - 3,0  | - 3,0  | - 3,0  | - 3,0  |
| 25:15:1,5        | - 2,0              | - 2,0 | - 6,0  | - 6,0  | - 6,0  | - 6,0  | - 3,0  |
| 30:20:2,0        | - 3,0              | - 3,0 | - 9,0  | - 9,0  | - 9,0  | - 9,0  | - 9,0  |
| 35:25:2,5        | - 4,0              | - 4,0 | - 12,0 | - 12,0 | - 12,0 | - 12,0 | - 12,0 |
| 40:30:3,0        | - 5,0              | - 5,0 | - 15,0 | - 15,0 | - 15,0 | - 15,0 | - 15,0 |
| 45:35:3,5        | - 6,0              | - 6,0 | - 18,0 | - 18,0 | - 18,0 | - 18,0 | - 18,0 |
| 50:40:4,0        | - 7,0              | - 7,0 | - 21,0 | - 21,0 | - 21,0 | - 21,0 | - 21,0 |

Den totala lagerstyrningskostnaden per år kan beräknas med hjälp av följande formel.

$$LSK = n \cdot O + \frac{E \cdot P \cdot L}{n \cdot 2}$$

där  $n$  = antal order per år  
 $O$  = ordersärkostnaden per order  
 $P$  = pris per styck  
 $L$  = lagerhållningsfaktor  
 $E$  = efterfrågan per år

Den ökning av lagerstyrningskostnaderna när antalet order per år ökas med en faktor  $x$  i förhållande till lagerstyrningskostnaderna när antalet order motsvaras av den ekonomiska orderkvantiteten blir då följande.

$$LSK(\text{ökning}) = \frac{n \cdot x \cdot O + \frac{E \cdot P \cdot L}{n \cdot x \cdot 2} - (n \cdot O + \frac{E \cdot P \cdot L}{n \cdot 2})}{n \cdot O + \frac{E \cdot P \cdot L}{n \cdot 2}} \dots\dots\dots(1)$$

Formeln för ekonomisk orderkvantitet kan skrivas om på följande sätt.

$$\frac{E}{n} = \sqrt{\frac{2 \cdot E \cdot O}{P \cdot L}}$$

Detta medför att följande samband gäller.

$$E = \frac{n^2 \cdot 2 \cdot O}{P \cdot L} \dots\dots\dots(2)$$

Genom att sätta in uttrycket för *E* i formel 1 erhålls efter förenkling följande uttryck.

$$LSK(\text{ökning}) = \frac{(x-1)^2}{2 \cdot x} \dots\dots\dots(3)$$

Ökningen av lagerstyrningskostnaderna i procent vid ökning av antal inleveransorder per år för de sju olika efterfrågestrukturerna och beräknade med hjälp av denna formel framgår av tabell 3. Exempelvis ökar lagerstyrningskostnaderna med sextiosju procent för efterfrågefall 3 när antalet order per år ökas från fem till femton där fem order per år motsvaras av den ekonomiska orderkvantiteten.

Tabell 3 Ökningar av lagerstyrningskostnader i procent som funktion av antal inleveransorder erhållna med hjälp av analytiska beräkningar

| Antal or-<br>der / år | Efterfrågestruktur |    |     |     |     |     |     |
|-----------------------|--------------------|----|-----|-----|-----|-----|-----|
|                       | 1                  | 2  | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   |
| 20:10:1,0             | 4                  | 4  | 25  | 25  | 25  | 25  | 25  |
| 25:15:1,5             | 13                 | 12 | 67  | 67  | 67  | 67  | 67  |
| 30:20:2,0             | 25                 | 25 | 113 | 113 | 113 | 113 | 113 |
| 35:25:2,5             | 38                 | 38 | 161 | 161 | 161 | 161 | 161 |
| 40:30:3,0             | 52                 | 52 | 209 | 209 | 209 | 209 | 209 |
| 45:35:3,5             | 67                 | 67 | 258 | 258 | 258 | 258 | 258 |
| 50:40:4,0             | 82                 | 82 | 308 | 308 | 308 | 308 | 308 |

Vid beräkningarna enligt ovan har hänsyn inte tagits till att det finns ett visst beroendeförhållande mellan orderkvantiteter och säkerhetslager som gör att de måste beräknas samtidigt för att vara optimala. Enligt Brown (1967, sid 137) är emellertid avvikelserna endast signifikanta om orderkvantiteterna är mindre än tre standardavvikelser. Detta är fallet för några av efterfrågestrukturerna och de minsta orderstorlekarna. Beräkningarna bygger också på att restnotering sker vid brist och att följaktligen brister inte leder till förlorad försäljning.

## 4 Simulering

Vid analysen av hur en minskning av orderkvantiteter och därmed ökning av antal order per år påverkar servicenivå och lagerstyrningskostnader med hjälp av simulering har ett stegvis tillvägagångssätt använts. Först beräknas beställningspunkter och därmed säkerhetslager så att önskad servicenivå uppnås under förutsättning att den ekonomiska orderkvantiteten används för lagerpåfyllnad. I de därpå följande stegen beräknas den servicenivå och de lagerstyrningskostnader som erhålls vid successivt minskade orderkvantiteter men bibehållna beställningspunkter med hjälp av simulering. Simuleringarna har genomförts i Excel med makron skrivna i Visual Basic.

Simuleringarna har omfattat dagliga uttag, kontroll av beställningspunkter, utläggning av nya lagerpåfyllnadsorder, inleveranser samt uppdateringar av saldo och disponibelt saldo under sextusen dagar. Uppkomna brister restnoteras för senare leverans. Efter varje genomförd simuleringskörning beräknas medelvärden för de erhållna servicenivåerna samt lagerstyrningskostnader. Vid beräkning av lagerhållningskostnader har omsättningslagrens storlek beräknats som medelvärdena för samtliga artiklar per efterfrågefall av de totala lagren minskade med säkerhetslagren. Säkerhetslagret har definierats som den kvantitet som finns i lager vid inleverans.

För att öka validiteten i simuleringarna genererades den dagliga efterfrågan i förväg och sparades i ett Excel-ark i stället för att genereras under simuleringens gång. Simuleringar för att jämföra erhållna servicenivåer kan därigenom genomföras med exakt samma utgångsdata och parvisa jämförelser göras.

Resultaten från de genomförda simuleringarna redovisas i tabell 4 och 5. I tabell 4 avser siffrorna den försämring av den egna servicenivån i procentenheter som erhålls till följd av ökande antal order per år. I den första kolumnen betyder siffran före första kolon antal order per år för de efterfrågestrukturer som enligt tabell 1 har en ekonomisk orderkvantitet som motsvarar femton order per år, siffran efter första kolon antal order per år för de efterfrågestrukturer som enligt tabell 1 har en ekonomisk orderkvantitet som motsvarar fem order per år och siffran efter andra kolon antal order per år för de efterfrågestrukturer som enligt tabell 1 har en ekonomisk orderkvantitet som motsvarar 0,5 order per år. Exempelvis blir servicenivån 5,9 procentenheter lägre än den målsatta för efterfrågefall 3 då antalet order per år ökas från fem till femton där fem order per år motsvaras av den ekonomiska orderkvantiteten.

Tabell 4 Minskningar av erhållna servicenivåer i procentenheter som funktion av antal inleveransorder erhållna med hjälp av simulering

| Antal order / år | Efterfrågestruktur |       |        |        |        |        |        |
|------------------|--------------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                  | 1                  | 2     | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      |
| 20:10:1,0        | - 1,0              | - 1,0 | - 2,9  | - 3,2  | - 2,8  | - 2,7  | - 2,2  |
| 25:15:1,5        | - 2,0              | - 2,0 | - 5,9  | - 5,8  | - 5,5  | - 5,3  | - 5,6  |
| 30:20:2,0        | - 2,9              | - 2,8 | - 8,5  | - 9,1  | - 8,3  | - 7,9  | - 6,5  |
| 35:25:2,5        | - 3,9              | - 3,9 | - 11,3 | - 10,9 | - 11,3 | - 10,1 | - 8,6  |
| 40:30:3,0        | - 5,0              | - 4,9 | - 13,7 | - 14,5 | - 13,6 | - 12,8 | - 10,5 |
| 45:35:3,5        | - 6,0              | - 5,9 | - 15,9 | - 16,6 | - 15,9 | - 14,7 | - 13,7 |
| 50:40:4,0        | - 7,0              | - 7,0 | - 17,3 | - 20,2 | - 18,0 | - 16,7 | - 19,4 |

I tabell 5 visas ökningen av lagerstyrningskostnaderna i procent som funktion av antal inleveransorder per år för de sju olika efterfrågestrukturerna. Exempelvis ökar lagerstyrningskostnaderna med sextioåtta procent för efterfrågefall 3 när antalet order per år ökas från fem till femton där fem order per år motsvaras av den ekonomiska orderkvantiteten.

Tabell 5 Ökningar av lagerstyrningskostnader i procent som funktion av antal inleveransorder erhållna med hjälp av simulering

| Antal or-<br>der / år | Efterfrågestruktur |    |     |     |     |     |     |
|-----------------------|--------------------|----|-----|-----|-----|-----|-----|
|                       | 1                  | 2  | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   |
| 20:10:1,0             | 5                  | 5  | 27  | 26  | 27  | 27  | 18  |
| 25:15:1,5             | 14                 | 14 | 68  | 65  | 70  | 70  | 60  |
| 30:20:2,0             | 27                 | 27 | 115 | 113 | 117 | 117 | 81  |
| 35:25:2,5             | 41                 | 40 | 167 | 162 | 166 | 157 | 111 |
| 40:30:3,0             | 56                 | 55 | 212 | 207 | 216 | 216 | 157 |
| 45:35:3,5             | 71                 | 70 | 259 | 254 | 267 | 260 | 236 |
| 50:40:4,0             | 87                 | 87 | 300 | 295 | 317 | 318 | 252 |

## 5 Analys

Av resultaten från såväl de analytiska beräkningarna som simuleringarna framgår att erhållen servicenivå minskar påtagligt vid ökande antal order per år eller alternativt uttryckt vid minskande orderkvantiteter. Simuleringsstudien uppvisar en något mindre minskning än de analytiska beräkningarna, speciellt för de efterfrågefall som har störst efterfrågevariationer. Skillnaderna är emellertid för praktiskt bruk försumbara och kan förklaras av att det normalfördelningsantagande som används vid de analytiska beräkningarna stämmer sämre med verkligheten ju mer lågfrekvent efterfrågan är. Av resultaten framgår också att minskningens storlek helt och hållet är en funktion av förhållandet mellan antalet använda order och antalet order som motsvaras av den ekonomiska orderkvantiteten.

Motsvarande förhållanden gäller förändringar av lagerstyrningskostnader vid minskande orderkvantiteter, dvs. att de analytiska beräkningarna och simuleringstudien i huvudsak ger samma resultat. Det är endast för de efterfrågefall som har störst efterfrågevariationer där kostnadsökningen blir något mindre. Skillnaderna kan framför allt förklaras med att omsättningslagret vid de analytiska beräkningarna beräknas som halva orderkvantiteten. Ju mer lågfrekvent efterfrågan är desto mindre sågtandsliknande blir emellertid lagerutvecklingen och desto mindre det genomsnittliga omsättningslagret. Resultaten visar också att kostnadsökningens storlek helt och hållet beror på förhållandet mellan antalet använda order och antalet order som motsvaras av den ekonomiska orderkvantiteten.

## 6 Slutsatser

Resultaten från studien visar klart att erhållen servicenivå minskar kraftigt och de sammanlagda lagerstyrningskostnaderna ökar påtagligt om man använder orderkvantiteter som är klart mindre än den ekonomiskt beräknade vid oförändrade förhållanden i övrigt.

Hur stora förändringarna är i de båda avseendena är praktiskt taget helt och hållet en funktion av hur mycket man minskar orderkvantiteten. För att undvika sådana icke önskvärda effekter måste man dels öka säkerhetslagren och dels minska ordersärkostnaderna när man av olika skäl vill reducera sina orderkvantiteter.

## Referenser

Bagchi, U., Haya, J., Ord, J. (1984) Concepts, theory and techniques: modeling demand during lead time, *Decision Science*, Vol. 15, sid 157-176.

Brown, R. (1967) *Decision rules for inventory management*, Holt, Rinehart & Winston.

Mattsson, S-A. (2010) *Effektiv materialstyrning - Handbok för att lyckas*. Permatron.

Schonberger, R.; Schniederjans, M. (1984) Reinventing inventory control, *Interfaces*, Vol. 14 No. 3, sid 76-83.