

Känslighetsanalys för val av orderkvantiteter

Stig-Arne Mattsson

Sammanfattning

Av olika skäl kan man behöva avvika från den ekonomiskt beräknade orderkvantiteten. Det kan exempelvis vara fråga om anpassning till jämna förpackningskvantiteter. Vid analys av hur mycket kapitalbindning och lagerstyrningskostnader påverkas när man avviker från ekonomisk orderkvantitet har traditionellt endast omsättningslagret beaktats. Orderkvantitetens storlek påverkar emellertid även säkerhetslagrets storlek om man inte vill påverka erhållen servicenivå. Syftet med den studie som redovisas här är att genomföra en känslighetsanalys som belyser hur mycket den totala kapitalbindningen i lager och de totala lagerstyrningskostnaderna påverkas av att man väljer orderkvantiteter som är större eller mindre än de ekonomiskt optimala. Känslighetsanalysen är genomförd med hjälp av simulering.

Resultaten av den genomförda studien visar att om man väljer orderkvantiteter som är större eller mindre än den ekonomiska orderkvantiteten blir den totala kapitalbindningen i lager större respektive mindre än den kapitalbindning som skulle erhållas om man väljer ekonomisk orderkvantitet. Förändringen i kapitalbindning blir dock mindre än den ändring som uppstår om man endast tar hänsyn till omsättningslagret. Resultaten visar också att lagerstyrningskostnaderna ökar mer när man använder orderkvantiteter som är mindre än den ekonomiska orderkvantiteten än om man använder orderkvantiteter som är större.

En uppenbar slutsats av studien är, att om man behöver avvika från ekonomisk orderkvantitet är det ur kostnadssynpunkt betydligt mycket fördelaktigare att använda orderkvantiteter som är större än ekonomiskt optimala kvantiteter än som är mindre. Det är också uppenbart att man kan öka orderkvantiteterna avsevärt utan att man får några nämnvärda kostnadsökningar.

1 Introduktion och syfte

Ett stort antal metoder för beräkning av ekonomiska orderkvantiteter genom att på olika sätt minimera summa lagerhållningskostnader och ordersärkostnader finns publicerade i litteraturen. Av dessa är den så kallade kvadratrotsformeln eller Wilsons formel den överlägset mest använda i industrin. De orderkvantiteter man får med hjälp av denna beräkningsformel måste oftast avrundas uppåt eller neråt. Det kan vara fråga om att avrunda till en jämn kvantitet av praktiska skäl. Det kan vara fråga om att avrunda till hela förpackningskvantiteter eller att avrunda för att få fulla lastbärare. Vid tillverkning kan det vara nödvändigt att avvika från ekonomisk orderkvantitet därför att den utrustning som används av tekniska skäl endast tillåter vissa givna batchstorlekar åt gången.

Att avvika från ekonomiska orderkvantiteter kan också vara aktuellt när det finns restriktioner av något slag. Det kan exempelvis vara fråga om att man endast har kapacitet för att klara av ett begränsat antal order per år eller att kapitalbindningen i lager endast tillåts uppgå till ett visst högsta belopp. Begränsad hållbarhet kan också utgöra en restriktion för hur stora orderkvantiteterna kan få lov att vara.

Praktiskt taget alla läroböcker i lagerstyrning påpekar att den kurva som beskriver hur lagerstyrningskostnaderna förändras när man avviker från ekonomisk orderkvantitet är mycket flack. Med lagerstyrningskostnader menas här summan av lagerhållningskostnader och ordersärkostnader. Att så är fallet är detsamma som att lagerstyrningskostnaderna är tämligen okänsliga för avvikelser från ekonomisk orderkvantitet. De känslighetsanalyser som finns publicerade tar emellertid endast hänsyn till omsättningslagret. Storleken på använda orderkvantiteter påverkar emellertid också säkerhetslagrets storlek. Se exempelvis Mattsson (2005). Orsaken till detta är att bristrisken ökar med ökande antal inleveranser per år och därmed med minskande orderkvantiteter. Minskas orderkvantiteten måste följaktligen säkerhetslagret ökas för att man skall kunna bibehålla önskad leveransförmåga. Det är därför av intresse att vid känslighetsanalys ta hänsyn till effekter på hela lagret.

Syftet med den studie som redovisas i den här rapporten är att belysa hur mycket den totala kapitalbindningen i lager och lagerstyrningskostnaderna påverkas av att man väljer orderkvantiteter som är större eller mindre än de ekonomiskt optimala. Känslighetsanalysen är genomförd med hjälp av simulering.

2 Teoretiska utgångspunkter

Känslighetsanalyser vid avvikelser från ekonomisk orderkvantitet är av intresse både med avseende på kapitalbindning och lagerstyrningskostnader. Om man begränsar sig till effekterna på omsättningslagret är sambanden mycket enkla. Den procentuella förändringen av kapitalbindning i omsättningslager är lika stor som den procentuella avvikelsen av använd orderkvantitet från ekonomisk orderkvantitet. Är exempelvis den använda orderkvantiteten tjugo procent mindre än den ekonomiskt optimala så blir kapitalbindningen tjugo procent lägre och tjugo procent högre om den använda orderkvantiteten är tjugo procent högre än den ekonomiska orderkvantiteten.

Sambanden är något mer komplicerade vad gäller lagerstyrningskostnader. Man kan visa att kostnadsökningarna i procent som funktion av procentuella avvikelser från ekonomisk orderkvantitet kan beräknas med hjälp av följande formel. Se exempelvis Silver-Pyke-Peterson (1998, sid 156).

$$y = \frac{x^2}{2 \cdot (100 + x)}$$

där y = procentuell förändring av lagerstyrningskostnaderna
 x = procentuell högre eller lägre orderkvantitet än den ekonomiskt optimala

Förändringen i lagerstyrningskostnader för några olika procentuella avvikelser från ekonomisk orderkvantitet visas i nedanstående tabell. Av tabellen framgår att man kan

tillåta sig tämligen stora avvikelser utan att drabbas av särskilt stora öknings av lagerstyrningskostnader. Av tabellen framgår också att kostnadsökningen är betydligt större om man väljer en för liten orderkvantitet jämfört med om man väljer en för stor.

Tabell 1 Förändringar av lagerstyrningskostnader i lager vid olika procentuella avvikelser från ekonomisk orderkvantitet när hänsyn endast tas till omsättningslager

<i>Avvikelser från ekonomisk orderkvantitet</i>								
-40%	-30%	-20%	-10%	EOK	10%	20%	30%	40%
13	6	3	1	0	0	2	3	6

3 Tillvägagångssätt och simuleringsmodell

För att kunna analysera hur mycket kapitalbindning och lagerstyrningskostnader påverkas av att avvika från ekonomisk orderkvantitet när man även tar hänsyn till säkerhetslagerpåverkan har simulering använts. Simuleringarna har genomförts i Excel med hjälp av makron skrivna i Visual Basic. För att kunna studera i vad mån känsligheten påverkas av olika efterfrågeförhållanden har analyserna genomförts för sju olika efterfrågefall, vardera med tjugo olika artiklar för att undvika risk för ett för stort slumpmässigt inflytande. Antal kundorder per dag, kvantitet per kundorder, efterfrågan per månad samt variationskoefficient under en ledtid på tio dagar framgår av tabell 2.

Tabell 2 Karaktäristik av använda efterfrågefall

<i>Efterfrågestruktur</i>	<i>Antal kundorder/dag</i>	<i>Kvantitet / kundorder</i>	<i>Efterfrågan per månad</i>	<i>Ekonomiska orderkvant.</i>	<i>Variationskoefficient</i>
1	10 per dag	1 – 10	1.100	500	0,11
2	3 per dag	1 – 10	330	200	0,21
3	1 per 2 dagar	1 – 10	55	50	0,51
4	1 per 2 v:or	1 – 10	11	20	1,13
5	1 per 2 dagar	50 - 200	1.250	1200	0,48
6	1 per 2 dagar	1 – 3	20	20	0,49
7	1 per 2 mån.	1 – 3	1	10	2,22

För varje efterfrågefall och artikel har efterfrågan under sex tusen dagar genererats med utgångspunkt från de i tabellen visade kundorderfrekvenserna och orderkvantiteterna. Poissonfördelning har använts för att slumpmässigt generera antal kundorder per dag och rektangelfördelning för att bestämma kvantitet per kundorder. Det antas att det går tjugo arbetsdagar per månad och därmed 240 dagar per år.

Två olika ledtider, 5 respektive 10 dagar, och två olika stora ordersärkostnader, 100 respektive 250 kr har analyserats. Pris per styck för respektive artikel är en konsekvens av storleken på den ekonomiska orderkvantiteten. Lagerhållningsfaktor har satts till 25 procent. Dessutom har två olika servicenivåer, 97 respektive 99 procent, analyserats. Med utgångspunkt från de ekonomiska orderkvantiteterna har kvantiteter som avviker skapats genom minska dem med 10, 20, 30 respektive 40 och öka dem med 10, 20, 30 respektive 40 procent. Fyra orderkvantiteter som är mindre och fyra orderkvantiteter som är större än den ekonomiska orderkvantiteten för respektive artikel har följaktligen ingått i analyserna.

Lagerstyrningskostnaderna har beräknats som summan av medelkapitalbindning i lager gånger lagerhållningskostnaden på 25 procent och antalet order per år gånger ordersärkostnaden.

Simuleringarna har genomförts som en kombination av händelsedrivna och diskreta simuleringar. Vid den händelsedrivna simuleringen simuleras under sex tusen dagar uttag, kontroll av beställningspunkter, utläggning av nya lagerpåfyllnadsorder, inleveranser samt uppdateringar av saldo och disponibelt saldo. Detta görs för varje efterfrågestruktur, artikel och alternativ orderkvantitet. Uppkomna brister restnoteras för senare leverans.

Eftersom beräkningen av nödvändigt säkerhetslager för att uppnå en önskad fyllnadsgradsservice görs med hjälp av en lagerstyrningsmodell som är baserad på vissa förenklande antaganden kan man inte vara säker på att erhållen fyllnadsgradsservice blir lika stor som den önskade. Speciellt för efterfrågefall med stora efterfrågevariationer leder sådana antaganden till att erhållen fyllnadsgradsservice blir mindre än den önskade och som säkerhetslagret dimensioneras för. För att säkerställa jämförbarhet har därför den händelsedrivna simuleringen kompletterats med ett diskret. Detta innebär att en första händelsedrivna simulering genomförs med en beställningspunkt baserad på den dimensionerande fyllnadsgradsservicen. Från denna simulering erhålls en viss fyllnadsgradsservice. Är denna fyllnadsgradsservice lägre än den önskade, ökas beställningspunkten med en enhet och en ny händelsedrivna körning genomförs. Simuleringskörningarna fortsätts tills erhållen fyllnadsgradsservice blir lika med eller högre än den önskade. Efter varje fullt genomförd simuleringskörning beräknas medelvärden och standardavvikelser för lagrens storlek och för lagerstyrningskostnaderna.

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

4 Resultat och analys

Resultaten från de genomförda simuleringarna med avseende på skillnader i kapitalbindning och lagerstyrningskostnader redovisas i tabell 3 respektive 4 för fallet med en fyllnadsgradsservice på 97 procent, en ledtid på 10 dagar och en ordersärkostnad på 250 kronor. Tabellerna visar procentuella förändringar relativt den kapitalbindning respektive lagerstyrningskostnad som erhålls om den ekonomiska orderkvantiteten används.

Tabell 3 Förändringar i kapitalbindning i lager vid olika procentuella avvikelser från ekonomisk orderkvantitet

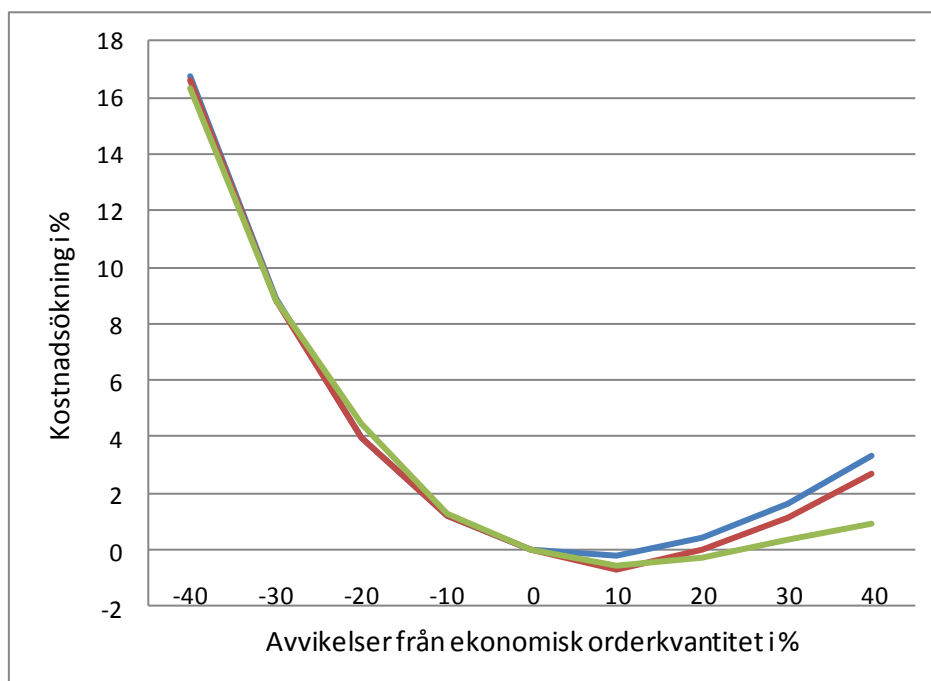
Efterfråge- struktur	Avvikelser från ekonomisk orderkvantitet								
	-40%	-30%	-20%	-10%	EOK	10%	20%	30%	40%
1	-35	-27	-18	-9	0	9	18	27	37
2	-30	-23	-16	-8	0	7	16	24	32
3	-20	-15	-10	-6	0	6	11	17	22
4	-16	-12	-8	-5	0	3	8	14	18
5	-22	-17	-11	-6	0	6	13	19	25
6	-23	-16	-12	-7	0	5	11	17	22
7	-21	-17	-11	-2	0	3	11	16	21

Av tabell 3 framgår att förändringarna i kapitalbindning uppvisar ett likartat mönster oavsett efterfrågestruktur, dvs. att de procentuella förändringarna följer en konkav kurva och att ökningen är lika stor som minskningen vid lika stora avvikelser från ekonomisk orderkvantitet. Däremot är förändringarnas storlek olika för olika efterfrågestrukturer. Som framgått ovan blir förändringarna av kapitalbindningen om man endast tar hänsyn till omsättningslagret - 40, - 30, -20, -10, 0, +10, +20, +30 och +40 procent. Inkluderas säkerhetslagret i känslighetsanalysen blir följaktligen både ökningarna och minskningarna av kapitalbindningen mindre än de man får genom att endast beakta effekterna på omsättningslagret. Skillnaderna är minst för efterfrågefall med jämn efterfrågan och störst för de med ojämn efterfrågan. Detta är förväntat eftersom förhållandet mellan storleken på säkerhetslagret och omsättningslagret blir större ju ojämnare efterfrågan är. Att detta resonemang inte stämmer fullt ut på efterfrågestrukturerna 6 och 7 beror på att beställningspunkterna i dessa fall är mycket små vilket medför att man får ej försumbara avvikelser på grund av avrundning till närmst större heltal.

Tabell 4 Förändringar av lagerstyrningskostnader vid olika procentuella avvikelser från ekonomisk orderkvantitet

Efterfråge- struktur	Avvikelser från ekonomisk orderkvantitet								
	-40%	-30%	-20%	-10%	EOK	10%	20%	30%	40%
1	17	9	4	1	0	0	0	2	3
2	17	9	4	1	0	-1	0	1	3
3	16	9	4	1	0	-1	0	0	1
4	16	9	4	1	0	-1	-1	0	0
5	16	8	4	1	0	-1	0	1	2
6	15	8	3	1	0	-1	-1	0	1
7	18	9	5	4	0	-2	-1	-1	2

De procentuella förändringarna av lagerstyrningskostnaderna visas i tabell 4. Av tabellen framgår att förändringarna är praktiskt taget identiska för samtliga efterfrågestrukturer. På motsvarande sätt som för fallet där endast effekter på omsättningslagret beaktas ökar kostnaderna väsentligen mer när man använder mindre orderkvantiteter än de ekonomiskt optimala än vad de gör när man använder större. För avvikelser upp till +40 procent är ökningarna praktiskt taget försumbara. Förändringarna av lagerstyrningskostnader illustreras i figur 1 för efterfrågestrukturerna 1, 2 och 3.



Figur 1 Illustration av förändringar av lagerstyrningskostnader vid avvikelser från ekonomisk orderkvantitet

Kombinationerna med ledtid 10 dagar - servicenivå 97 procent - ordersärkostnad 250 kronor, ledtid 5 dagar - servicenivå 99 procent - ordersärkostnad 250 kronor samt ledtid 5 dagar - servicenivå 97 procent - ordersärkostnad 100 kronor ger praktiskt taget identiska resultat och redovisas därför inte vidare här. Detta betyder att ledtidens längd, servicenivåns storlek och ordersärkostnadens storlek inte påverkar känsligheten vid val av orderkvantitet.

5 Slutsatser

Resultaten av den genomförda studien visar att om man väljer orderkvantiteter som är större eller mindre än den ekonomiska orderkvantiteten blir den totala kapitalbindningen i lager större respektive mindre än den kapitalbindning som skulle erhållas om man valde ekonomisk orderkvantitet. Förändringen i kapitalbindning blir dock mindre än den ändring som erhålls om man endast tar hänsyn till omsättningslagret.

Resultaten visar också att lagerstyrningskostnaderna ökar mer när man använder orderkvantiteter som är mindre än den ekonomiska orderkvantiteten jämfört med vad som är fallet om endast effekterna på omsättningslagret beaktas men mindre om man använder orderkvantiteter som är större.

En uppenbar slutsats av studien är att om man behöver avvika från ekonomisk orderkvantitet är det ur kostnadssynpunkt betydligt mycket fördelaktigare att använda orderkvantiteter som är större än den ekonomiskt optimala jämfört med mindre. Det är också uppenbart att man kan öka orderkvantiteterna påtagligt utan att man får några nämnvärda kostnadsökningar.

Referenser

Mattsson, S-A. (2005) Samband mellan säkerhetslager och orderstorlek, Forskningsrapport, Teknisk logistik, Lunds Universitet.

Silver, E., Pyke, D., Peterson, R. (1998) Inventory management and production planning and scheduling, John Wiley & Sons.