

# Kriterier för val av anskaffningsstrategi

Stig-Arne Mattsson

## Sammanfattning

*För anskaffning av artiklar kan man grovt skilja mellan två anskaffningsstrategier; anskaffa mot lager respektive anskaffa mot order, där anskaffning både kan avse anskaffning genom tillverkning och genom inköp från underleverantörer. Förutsättningen för att kunna välja strategin anskaffa mot order är att man kan tillåta sig att leverera med en leveranstid som minst motsvarar återanskaffningstiden. Även om det är möjligt att leverera med leveranstid kan det av kostnadsskäl vara fördelaktigt att välja en anskaffa-mot-lager strategi.*

*I företag används oftast förhållandevis enkla kriterier för att välja anskaffningsstrategi i sådana här situationer. En av de vanligaste är att välja med utgångspunkt från antal kundorder per år, eller alternativt uttryckt från antal lageruttag per år. Detta kriterium är logiskt motiverat men tar endast bristfälligt hänsyn till de kostnader som påverkar valet, främst ordersärkostnader och lagerhållningssärkostnader.*

*I den här studien har simuleringar genomförts för att studera hur val av anskaffningsstrategi påverkas ur kostnadssynpunkt. Resultaten av studien visar att det i första hand är förhållandet mellan ordersärkostnaden vid anskaffning och priset för en artikel som avgör vilken strategi som bör väljas. Även kundorderkvantiteternas storlek, antalet kundorder per år, lagerplatskostnader samt plockkostnader påverkar valet av strategi. Ledtiden för återanskaffning har ett marginellt inflytande.*

*I studien har fem olika beräkningsmodeller för val av anskaffningsstrategi utvecklats och testats. Samliga bygger på principen att en artikel bör anskaffas mot lager om summan av lagerhållningssärkostnader och ordersärkostnader vid anskaffning av optimala orderstorlekar är mindre än summan av ordersärkostnader vid anskaffning mot order under en period, exempelvis ett år. De beslutsriterier som modellerna resulterar i är uttryckta på formen minsta antal kundorder per år för att välja anskaffning mot lager och tar utöver lagerhållningssärkostnader och ordersärkostnader hänsyn till efterfrågans storlek per år. Modellerna har testats med hjälp av simulering för olika efterfrågestrukturer och förhållanden mellan ordersärkostnad och artikelpris. Slutsatsen av studien är att samtliga modeller på ett tillfredsställande sätt kan användas för att få beslutsunderlag för val av anskaffningsstrategi. Ur beräkningssynpunkt är en av modellerna något enklare att använda och förordas därför.*

# 1 Bakgrund och syfte

Med avseende på var kundorderpunkten är placerad i en produktstruktur kan man grovt skilja mellan två anskaffningsstrategier; anskaffa mot lager respektive anskaffa mot order, där anskaffning både kan avse anskaffning genom tillverkning och anskaffning via inköp från extern leverantör. Att välja strategin anskaffa mot lager medför möjligheter att uppnå skalfördelar, dvs att styckkostnaderna kan sänkas genom att fördela de fasta ordersärkostnaderna för tillverkning eller inköp på en större kvantitet än när man anskaffar mot order. Strategin anskaffa mot lager skapar också möjligheter att åstadkomma extremt korta leveranstider till kund och förutsättningar för att åstadkomma ett jämnare kapacitetsutnyttjande om det är fråga om egentillverkning. Det omvända förhållandet gäller om man anskaffar mot order. Man kan inte åstadkomma leveranstider till kund som är kortare än ledtiden för återanskaffning och man kan inte på samma sätt uppnå skalfördelar eller ett jämnt kapacitetsutnyttjande utan att variera leveranstiderna.

Att anskaffa mot lager innebär emellertid också nackdelar i förhållande till att anskaffa mot order. Anskaffning mot lager medför kapitalbindning i lager och man blir beroende av osäkra prognoser om framtida efterfrågan. Lagerförda artiklar riskerar också att bli osäljbara om de har begränsad hållbarhet eller av andra skäl ligger i lager tills de passerar någon form av bäst före datum, exempelvis på grund av teknisk utveckling. Dessa nackdelar förekommer inte om man i stället väljer att anskaffa mot kundorder.

Att välja strategin anskaffa mot lager eller anskaffa mot kundorder är följaktligen en avvägning mellan ett antal för- och nackdelar med respektive strategi. Speciellt är frågeställningen av stor betydelse för lågomsatta artiklar med få uttag per år, exempelvis reservdelar. För högomsatta artiklar och frekvent förbrukning är problemställningen oftast mer en fråga om hur stora kvantiteter man bör anskaffa mot lager.

Även om frågeställningen om en artikel bör anskaffas mot lager eller ej utgör en avvägning mellan ett antal för- och nackdelar är det den leveranstid som krävs av företagets kunder eller som är nödvändig för att framgångsrikt kunna konkurrera med andra företag på marknaden som är den primära och avgörande frågan. I reservdelssammanhang kan acceptabel leveranstid också påverkas av om artikeln är kritisk för funktionen i den produkt den ingår och följaktligen skulle förorsaka höga kostnader för kund och därmed bristkostnader i vid mening för leverantören om den inte kan levereras mycket snabbt. Om acceptabel leveranstid är kortare än anskaffningsledtiden för artikeln måste den i princip anskaffas mot lager. Avvägningen mellan för- och nackdelar med att anskaffa mot lager eller ej är med andra ord sekundär och endast aktuell om leveranstider längre än motsvarande anskaffningsledtider kan accepteras. Bortser man från effekter på kapacitetsutnyttjandet om det gäller anskaffning från den egna produktionen blir lite förenklat avvägningen en fråga om att jämföra de lagerhållningssärkostnader och ordersärkostnader som uppstår vid anskaffning mot lager med de ordersärkostnader som uppstår vid anskaffning mot order.

För att avgöra om en artikel med acceptabelt lång leveranstid när den anskaffas mot order trots detta bör anskaffas mot lager är det önskvärt att använda någon form av beslutsmodell eller kriterium för att kunna göra konsekventa bedömningar. I tabell 1 visas exempel på kriterier som används i några olika svenska företag (Frödå & Magnusson, 2006).

Tabell 1 Sammanställning av typer av kriterier för att lagerhålla artiklar i några svenska företag

<i>Företag</i>	<i>Typ av kriterium för att lagerhålla</i>
ABB Automation Technologies AB	Manuell bedömning
Alfa Laval AB	Antal order per år + manuell bedömning
Atlas Copco Compressor AB	Omsättning per år
ITT Flygt AB	Antal order per år + omsättning per år
Kalmar Industries AB	Antal order per år + manuell bedömning av kritiskitet
AB Ph Nederman & Co	Antal order per år + omsättning per år
Volvo AB	Antal order per år + artikelvärde
Sandvik Tooling AB	Manuell bedömning av kritiskitet
Sapa Profiler AB	Antal order per år + omsättning + manuell bedömning + ledtid

Av sammanställningen framgår att antal kundorder per år är det vanligast och omsättning per år det näst vanligast använda kriteriet i dessa företag. Dessa kriterier är enkla att använda och det finns i allmänhet statistiska uppgifter i affärssystem på marknaden som gör att de kan tillämpas. Inget av dem innebär emellertid någon avvägning som inkluderar lagerhållningskostnader och ordersärkostnader.

Syftet med det projekt som redovisas i denna rapport är att studera, utveckla och testa modeller för att välja mellan att anskaffa mot lager och att anskaffa mot order och som tar hänsyn till förekommande lagerhållningskostnader och ordersärkostnader.

Studien omfattar endast frågan om man bör anskaffa mot lager eller ej. Om anskaffade artiklar skall lagerhållas i ett centralt lager eller i lager på lokala marknader behandlas inte. För fallet reservdelsartiklar tas inte heller hänsyn till vilken betydelse det har om artiklarna också lagerhålls för att täcka behov från tillverkning av slutprodukter i vilken artiklarna ingår.

För att avgöra vilka artiklar som kräver leveranstider som är kortare än respektive anskaffningsledtider och därmed måste hållas i lager används ofta manuella bedömningar baserade på någon form av artikelklassificering. Se exempelvis Huiskonen (2001) och Fortuin och Martin (1999). Sådana bedömningar och klassificeringar behandlas inte här. Utgångspunkten för användning av de kriterier som utvecklas och testas är artiklar som man kan tillåta sig att leverera med en leveranstid som är lika lång som eller längre än motsvarande anskaffningsledtid.

## 2 Teoretiska modeller och kriterier

Det finns i litteraturen endast ett fåtal publicerade modeller för att avgöra om en artikel bör anskaffas mot lager eller ej och som bygger på jämförelser av lagerhållningskostnader och ordersärkostnader. Dessa modeller liksom modeller för att bestämma ekonomiska orderstorlekar kan delas upp i sådana som baseras på ett antagande om kontinuerlig respektive diskret efterfrågan.

## 2.1 Modeller med kontinuerlig efterfrågan

Popp (1965) har utvecklat en modell för att avgöra när anskaffning bör ske mot order eller lager som bygger på ett antagande om kontinuerlig efterfrågan. Han har visat att anskaffa-mot-order strategin bör väljas om lagerhållningssärkostnaderna är ömtycket stora i förhållande till ordersärkostnaderna. Jämförelsen är baserad på användning av ett (s,S)-system för lagerstyrning i fallet med att anskaffa mot lager och på ett antagande att ledtiden för lagerpåfyllnad är noll. På grund av detta antagande är denna modell inte av intresse här.

Silver ó Pyke ó Peterson (1998) har, baserat på Popp's teoretiska modell, utvecklat följande modell för att välja mellan anskaffning mot order eller lager. Modellen utgår från principen att en artikel bör anskaffas mot lager om summan av lagerhållningssärkostnader och ordersärkostnader vid anskaffning med optimal orderstorlek är mindre än summan av ordersärkostnader vid anskaffning mot order och med kvantiteter motsvarande respektive kundorder under en period, exempelvis ett år.

Kriteriet blir då enligt denna modell, nedan kallad SPP-modellen: Anskaffa mot lager om

$$n \cdot S > \sqrt{2 \cdot S \cdot d \cdot p \cdot r}, \text{ dvs om } n > \sqrt{\frac{2 \cdot d \cdot p \cdot r}{S}}$$

där  $r$  = lagerhållningsfaktorn i % per år  
 $p$  = pris per styck  
 $S$  = ordersärkostnad per anskaffningstillfälle  
 $d$  = efterfrågan per år  
 $n$  = antal kundorder per år

Kriteriet bygger på antagandet att pris per styck är oberoende av om artikeln lagerhålls eller inte och att ordersärkostnaden är den samma vare sig anskaffning sker mot lager eller kundorder. En brist med modellen är att alla kostnader som är förknippade med lagerhållning inte finns med. Vid beräkning av optimal orderstorlek är frågeställningen ömer eller mindre i lagerö och då är inte fasta kostnader för att lagerhålla, exempelvis kostnader för lagerplats, för inventering o dyl, och rörliga kostnader för att plocka inkluderade eftersom dessa inte är särkostnader i det sammanhanget. Den frågeställning som behandlas här gäller ölagerhålla eller inte lagerhållaö och i det sammanhanget är dessa typer av kostnader särkostnader och skall följaktligen inkluderas i beräkningarna. Modellen ovan har därför vidareutvecklats så att även dessa tilläggskostnader beaktas. Kriteriet enligt ovan kan då skrivas om enligt följande.

$$n \cdot S > \sqrt{2 \cdot S \cdot d \cdot p \cdot r} + n \cdot k_1 + k_2$$

där  $k_1$  = plockkostnad per plock  
 $k_2$  = fast kostnad för att lagerhålla per år

Beslutskriteriet blir då: Anskaffa mot lager om

$$n > \frac{\sqrt{\frac{2 \cdot d \cdot p \cdot r}{S} + \frac{k_2}{S}}}{1 - \frac{k_1}{S}} = \frac{\sqrt{2 \cdot S \cdot d \cdot p \cdot r + k_2}}{S - k_1}$$

Modellen kallas nedan öModifierad SPPö.

Ovanstående modell och kriterium bygger som framgått ovan på ekonomisk orderstorlek enligt Wilsons formel. Denna formel bygger på att brist aldrig uppstår. Sådana brister inträffar emellertid i allmänhet och leder till lägre lagerhållningskostnader och ger därför upphov till större optimala orderstorlekar. Tersine (1994) har presenterat en modell för att beräkna ekonomisk orderkvantitet som tar hänsyn till att brist förekommer. Om man utgår från Tersines modell, bortser från bristkostnader och endast beaktar effekterna på lagerhållningssärkostnaderna erhålls följande uttryck för summa ordersärkostnader och lagerhållningskostnader per år.

$$TK = \frac{S \cdot d}{Q} + \frac{p \cdot r \cdot Q}{2} - p \cdot r \cdot b + \frac{p \cdot r \cdot b^2}{2 \cdot Q} + n \cdot k_1 + k_2$$

där  $b$  = medelbristkvantiteten per lagercykel

Om man antar att bristkvantiteten i medeltal är lika med halva kundorderkvantiteten,  $q$ , blir den optimala orderstorleken följande.

$$Q_{opt} = \sqrt{\frac{2 \cdot S \cdot d}{p \cdot r} + \frac{q^2}{4}}$$

Sätts  $X = TK(Q_{opt}) - n \cdot k_1$  blir kriteriet för att lagervålla i det här fallet följande.

$$n \cdot S > X + n \cdot k_1 \quad \text{dvs} \quad n > \frac{X}{S - k_1}$$

Denna modell kallas nedan öSPP med bristö.

Fenske (1968) har också utvecklat en modell för att avgöra om anskaffning bör ske mot lager eller inte och som bygger på ett antagande om kontinuerlig efterfrågan. I modellen tas hänsyn till att intäkterna inte blir desamma om anskaffning sker mot lager som om den sker mot order. Detta kan vara ett rimligt antagande eftersom leveranstider för fallet anskaffning mot order kan medföra mindre försäljningsvolym än fallet med leverans direkt från lager. Fenskes modell är emellertid mycket komplicerad och kräver dessutom tillgång till datauppgifter som normalt inte är tillgängliga i affärssystem, exempelvis hur stor merförsäljningen blir om man har artikeln i lager jämfört med att endast leverera med leveranstid. Den behandlas därför inte vidare här.

## 2.2 Modeller med diskret efterfrågan

Endast en modell som utgår från antagande om diskret efterfrågan har hittats i litteraturen. För extremt lågt och oförutsägbart omsatta artiklar, exempelvis reservdelar för underhåll av den egna produktionsutrustningen, används ibland policyn att inte ha något alls i lager eller att ha en styck i lager som en säkerhetsgardering. En modell för att välja mellan dessa policyalternativ och som utgår från en Poissonfördelad efterfrågan har utvecklats av Tavares och Almeida (1983). Detta problem ligger emellertid utanför det problemområde som studeras här och modellen behandlas inte vidare. Två nya modeller har därför utvecklats. I båda fallen bygger de på diskreta uttag i form av en medelkvantitet för varje order och på förväntat antal order. I den första modellen tas också hänsyn till återanskaffningstidens betydelse.

Två olika fall av anskaffa-mot och leverera-från lager kan identifieras. De båda fallen innebär vissa skillnader med avseende på villkor för att välja anskaffa-mot lagerstrategin i stället för anskaffa-mot orderstrategin och kräver därför egentligen olika beslutsmodeller även om ingen av de kontinuerliga modellerna ovan tar hänsyn till detta. Det första fallet avser situationer där man alltid levererar från lager i den utsträckning det finns kvantiteter tillgängliga och att eventuella brister restnoteras för leverans när nästa lagerpåfyllnadsorder levereras in. Det andra fallet avser situationer där man alltid levererar med den leveranstid som motsvarar aktuell återanskaffningstid. Motivet för att tillämpa det senare alternativet är att man då alltid kan lova en fast och känd leveranstid i förväg till sina kunder.

Följande antaganden ligger till grund för modellutvecklingen i de båda fallen.

- Tiden från order till uttag från lager och leverans är noll i fall 1 i den utsträckning det finns artiklar i lager. I övrigt är den lika med återanskaffningstiden.
- Tiden från order till uttag från lager och leverans är alltid lika med återanskaffningstiden i fall 2.
- Återanskaffningstiden är den samma i fall 1 och 2 och antas vara mindre än tiden mellan två på varandra följande kundorder.
- Lagerstyrningen antas ske med ett (s,Q)-system med beställningspunkt lika med minus ett eftersom kunder accepterar en leveranstid lika med återanskaffningstiden och att man därför inte behöver beställa i förväg. Det behövs följaktligen inte heller något säkerhetslager.
- I modellen antas alla kundorder avse medelvärdet av de historiska kundorderkvantiteterna och tiden mellan på varandra följande kundorder antas alltid vara lika lång.

För fall 1 kan flödet av in- och utleveranser från lagret under en lagercykel med två kundorder illustreras enligt figur 1. Återfyllnadskvantiteten är lika med två kundorderkvantiteter, dvs varje inleverans täcker två kundorder. Rektanglarna under den horisontella linjen avser kundorder. Blank del avser kvantitet som kunnat levereras och streckad del restnoterad kvantitet. Rektanglarna ovanför den horisontella linjen avser inleveranser och vad som finns i lager efter uttag till kundorder. Blank del avser kvantitet efter

inleverans och uttag och streckad del uttagen kvantitet till senast erhållna order. Streckad linje avser lagrets storlek under lagercykeln.

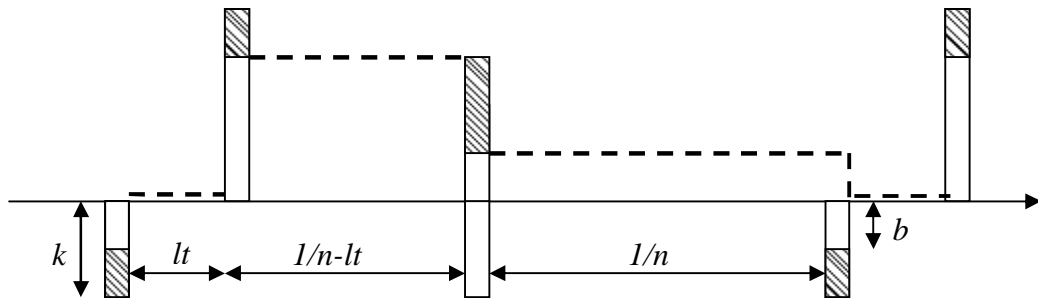
Följande beteckningar förekommer i figuren och används i nedanstående härledning av en beslutsmodell för val av anskaffningsstrategi.

$lt$  = återanskaffningstid för påfyllning av lager i år

$n$  = antalet kundorder per år för artikeln

$k$  = kvantitet i medeltal per kundorder för artikeln

$b$  = bristkvantitet i medeltal när kundorder inte har kunnat fullevereras



Figur 1 Illustration av in- och utleveranser från lager när varje lagerpåfyllnadsorder motsvarar behovet från två kundorder och leveranstiden beror på tillgänglig kvantitet i lager

Kapitalbindningen i styck i medeltal under en lagercykel blir då lika med:

$$\frac{0 \cdot lt + (2k - b) \cdot (1/n - lt) + (k - b) \cdot 1/n}{2 \cdot 1/n}$$

eftersom  $1/n$  är lika med tiden i år mellan två på

varandra följande kundorder och varje lagerpåfyllning motsvarar två kundorder.

Om artikelns pris per styck sätts till  $p$  och lagerhållningsfaktorn till  $r$  blir lagerhållningskostnaden per år lika med.

$$n \cdot p \cdot r \cdot \frac{0 \cdot lt + (2k - b) \cdot (1/n - lt) + (k - b) \cdot 1/n}{2} = p \cdot r \cdot \left[ \frac{3k}{2} - b - \left(1 - \frac{b}{2k}\right) \cdot k \cdot n \cdot lt \right]$$

Om denna lagerhållningskostnad plus ordersärkostnaderna per år, förutsatt att anskaffningskvantiteten är lika med två kundorderkvantiteter, är lika med ordersärkostnaderna per år om anskaffning sker mot order, är anskaffa-mot-order strategin och anskaffa-mot-lager strategin likvärdiga. Antas att  $b$  i medeltal är lika med halva kundorderkvantiteten kan kriteriet uttryckas enligt följande om även kostnader för lagerplats och plock inkluderas på motsvarande sätt som ovan<sup>1</sup>:

$$n \cdot S = p \cdot r \cdot k \cdot \left[ 1 - \frac{3n \cdot lt}{4} \right] + \frac{n \cdot S}{2} + n \cdot k_1 + k_2$$

<sup>1</sup> Kompletterande simuleringar har visat att detta antagande är mycket rimligt i det här sammanhanget.

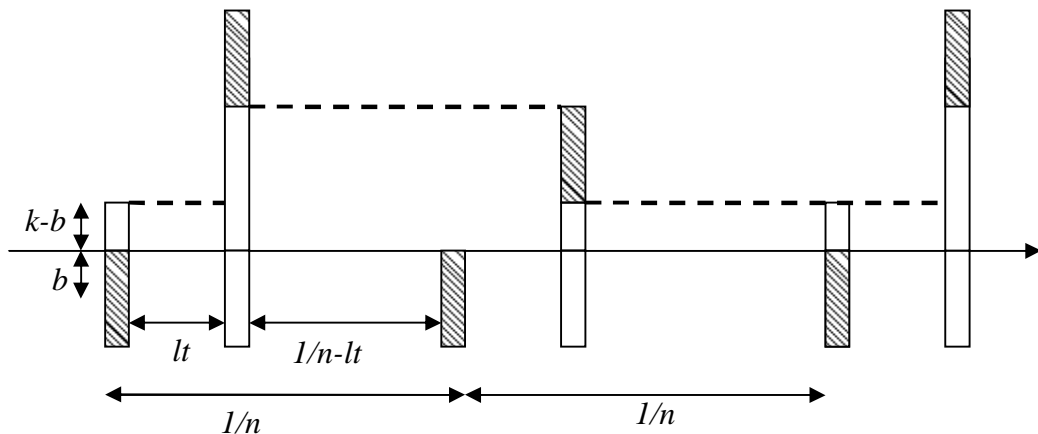
Eftersom efterfrågan  $d$  är lika med  $k \cdot n$  är detta en andragradsekvation som ger följande kriterium för att anskaffa mot lager.

$$n > \left[ -\frac{3 \cdot p \cdot r \cdot d \cdot lt}{4 \cdot S} + \frac{2 \cdot k_1}{S} \right] + \sqrt{\left[ -\frac{3 \cdot p \cdot r \cdot d \cdot lt}{4 \cdot S} + \frac{2 \cdot k_1}{S} \right]^2 + \frac{2 \cdot p \cdot r \cdot d}{S} + \frac{4 \cdot k_2}{S}}$$

Om ledtiden är liten kan uttrycket förenklas till följande kriterium.

$$n > \frac{2 \cdot k_1}{S} + \sqrt{\frac{2 \cdot k \cdot p \cdot r \cdot d}{S} + \frac{4 \cdot k_2}{S}}$$

För fall 2, dvs situationer där man alltid levererar med den leveranstid som motsvarar aktuell återanskaffningstid, kan flödet av in- och utleveranser från lagret under en lagercykel med två kundorder illustreras enligt figur 2. Återfyllnadskvantiteten är även i det här fallet lika med två kundorderkvantiteter, dvs varje inleverans täcker två kundorder, och beteckningarna är desamma som i fall 1.



Figur 2 Illustration av in- och utleveranser från lager när varje lagerpåfyllnadsorder motsvarar behovet från två kundorder och utleveranser alltid sker med leveranstid

Kapitalbindningen i styck i medeltal under en lagercykel blir då lika med

$$\frac{(k-b) \cdot lt + (2k-b) \cdot 1/n + (k-b) \cdot (1/n-lt)}{2 \cdot 1/n} \quad \text{eftersom även i det här fallet } 1/n \text{ är lika}$$

med tiden i år mellan två på varandra följande kundorder och varje lagerpåfyllning motsvarar två kundorder.

Om artikelns pris per styck sätts till  $p$  och lagerhållningsfaktorn till  $r$  blir lagerhållningskostnaden per år lika med

$$p \cdot r \cdot \left[ \frac{3k}{2} - \frac{2b}{2} \right], \text{ dvs helt oberoende av leveranstidens längd.}$$

Om denna lagerhållningskostnad plus ordersärkostnaderna per år är lika med ordersärkostnaderna per år om anskaffning sker mot order, är anskaffa-mot-order strategin och



anskaffa-mot-lager strategin likvärdiga. Antas  $b$  i medeltal vara lika med halva kundorderkvantiteten kan kriteriet uttryckas enligt följande efter tillägg för lagerplatskostnader och plockkostnader:

$$n \cdot S = p \cdot r \cdot k + \frac{n \cdot S}{2} + n \cdot k_1 + k_2$$

Eftersom efterfrågan  $d$  är lika med  $k \cdot n$  kan kriteriet uttryckas på följande sätt

$$n > \frac{2 \cdot k_1}{S} + \sqrt{\frac{4 \cdot k_1^2}{S^2} + \frac{2 \cdot p \cdot r \cdot d}{S} + \frac{4 \cdot k_2}{S}}$$

Av uttrycket framgår att ledtiden för återanskaffning inte har någon betydelse för val av anskaffningstrategi om leverans till kund alltid sker med leveranstid. Tillvägagångssättet i dessa två fall kallas nedan Diskretmodellen med leveranstid.

För fall med diskret efterfrågan finns ett antal modeller utvecklade för att beräkna ekonomisk orderstorlek. Merparten av dessa, exempelvis Minsta totalkostnadsmetoden, Minsta enhetskostnadsmetoden och Silver-Meals metod, bygger på att ordersärkostnaderna är lika med lagerhållningskostnaderna vid optimal orderstorlek. Se exempelvis Oden & Langenwaller & Lucier (1993). Denna egenskap kan också användas för att härleda ett kriterium för val av anskaffningsstrategi. Här har den metodik som använts i Minsta enhetskostnadsmetoden använts. Beräkningarna enligt denna metod utförs stegvis med successivt fler inkluderade behov i anskaffningsordern och i varje steg beräknas summan av ordersärkostnader och lagerhållningskostnader per anskaffad enhet. Beräkningarna pågår tills kostnaden i ett beräkningssteg blir större än kostnaden i föregående. I den här tillämpningen kan beräkningarna avbrytas redan efter steg 2 eftersom redan steg 2 innebär att aktuell artikel kommer att lagerhållas. Summa kostnader per anskaffad enhet i respektive steg blir följande om man utgår från att det förekommer  $n$  kundorder per år och att medelkvantiteten per kundorder är  $k$ .

Steg 1:  $\frac{S}{k}$

Steg 2:  $\frac{S + k \cdot 1/n \cdot p \cdot r}{2 \cdot k} + \frac{n \cdot k_1 + k_2}{2 \cdot k \cdot n/2}$

Kriteriet för att välja strategin anskaffa mot lager blir då följande.

$$\frac{S}{k} > \frac{S + k \cdot 1/n \cdot p \cdot r}{2 \cdot k} + \frac{n \cdot k_1 + k_2}{2 \cdot k \cdot n/2}$$

Eftersom  $d = k \cdot n$  erhålls en andragradsekvation vars lösning ger följande kriterium för att lagerhålla.

$$n > \frac{k_2}{S - 2 \cdot k_1} + \sqrt{\frac{k_2^2}{(S - 2 \cdot k_1)^2} + \frac{d \cdot p \cdot r}{S - 2 \cdot k_1}}$$

Detta tillvägagångssätt kallas nedan Enhetskostnadsmodellen.

### 3 Simuleringsmodell för utvärdering av de olika beslutsalternativen

I föregående avsnitt har fem olika modeller och motsvarande kriterier för att välja en anskaffa-mot-lager strategi redovisats. För att utvärdera hur väl dessa kriterier stämmer vid olika leveranstider och för olika efterfrågestrukturer har simulering med hjälp av Excel och makroprogram skrivna i Visual Basic använts.

För att kunna genomföra simuleringarna har olika typer av efterfrågan genererats teoretiskt. Denna efterfrågan har skapats genom att kombinera slumpmässigt bestämda kundorderkvantiteter med slumpmässigt bestämda antal kundorder per dag för att den skall bli så verklighetsnära som möjligt. Poissonfördelning har valts för att generera antal kundorder per dag och rektangelfördelning för att bestämma kundorderstorlekar. Sexton olika efterfrågestrukturer har skapats enligt tabell 2, vardera med 10 olika artiklar. Sammantaget har följaktligen 160 olika produkter simulerats. Uppgifterna i de fyra sista kolumnerna avser efterfrågan per år. För varje efterfrågestruktur har simuleringar gjorts för ledtiderna 5, 10 respektive 20 dagar.

Tabell 2 Efterfrågestrukturer använda vid simuleringarna

Kvantitet per order	Medelkvant. per order	Antal kundorder per år			
		2	4	8	12
1-5	3	6	12	24	36
1-9	5	10	20	40	60
11-29	20	40	80	160	240
21-49	35	70	140	280	420

För varje efterfrågestruktur och ledtid har också nio kombinationer av pris per styck och ordersärkostnad i kronor för respektive artikel använts. Se tabell 3. I samtliga fall har en lagerhållningsfaktor på 25 % använts.

Tabell 3 Använda kombinationer av priser och ordersärkostnader vid simuleringarna

Pris per styck	Ordersärkostnad
100 kr	900 kr
100 kr	600 kr
100 kr	300 kr
300 kr	300 kr
600 kr	300 kr
900 kr	300 kr

I simuleringsmodellen simuleras dagliga uttag, jämförelser mot beställningspunkter, utläggning av nya lagerpåfyllnadsorder, inleveranser samt uppdateringar av saldo och disponibelt saldo. Simuleringen har omfattat 10 år motsvarande 2400 dagar. Vid simule-

ringarna har ett  $(s, Q)$ -system använts med beställningspunkten minus 1, dvs lagerpåfyllnadsorder initieras inte förrän det finns ett verkligt nettobehov.

Från de inplanerade lagerpåfyllnadsorderna har summa lagerhållningssärkostnader och ordersärkostnader beräknats för successivt ökande lagerpåfyllnadskvantiteter under den period som simuleringarna omfattat med början från den kvantitet som motsvarar medelkundorderkvantiteten. Den minsta av dessa summakostnader, dvs den som motsvarar optimal orderstorlek vid anskaffning mot lager, har därefter jämförts med de ordersärkostnader som skulle erhållas om varje kundorder resulterade i en lagerpåfyllnadsorder med samma kvantitet. Om summa lagerhållningssärkostnader och ordersärkostnader är mindre än ordersärkostnaderna när anskaffning sker mot order bör motsvarande artikel anskaffas mot lager.

## 4 Resultat och analys

Samtliga ovan redovisade modeller inklusive simuleringsmodellen bygger på principen att beslut om anskaffningsstrategi skall baseras på kostnadsjämförelser om det av andra skäl är möjligt att anskaffa mot order. I samtliga fall innebär kriterierna också att anskaffning mot lager skall väljas om summa ordersärkostnader vid anskaffning mot order är större än summa ordersärkostnader och lagerhållningssärkostnader vid anskaffning mot lager. För att få en bild av vad denna princip innebär under olika förhållanden vad gäller leveranstider för anskaffning, leveranstider till kund respektive efterfrågestruktur har ett antal simuleringar med ovanstående simuleringsmodell utförts. Den fasta lagerplatskostnaden har satts till 400 kr och plockkostnaden till 20 kr per orderrad.

Av resultaten framgår att det för fallet att man levererar utan leveranstid om det finns kvantiteter i lager bör strategin anskaffa mot lager i första hand tillämpas,

- ju större ordersärkostnaden är i förhållande till priset
- ju mindre kundorderkvantiteterna är
- ju fler kundorder man får per år

Alla dessa iakttagelser är helt förväntade. Med avseende på ledtider för återanskaffning är skillnaderna praktiskt sett försumbara. Det är endast för fallet med de största orderkvantiteterna som långa ledtider leder till större inslag av anskaffa-mot-lager strategi.

Samma slutsatser kan dras för fallet att leveranstid alltid tillämpas oavsett om det finns kvantiteter tillgängliga i lager eller inte. Skillnaderna i förhållande till fallet att leverans sker om kvantiteter finns tillgängliga i lager är för praktiskt bruk tämligen försumbara. Det är endast för de största orderkvantiteterna som skillnader över huvud taget föreligger.

Med hjälp av ovanstående simuleringsmodell har även val av anskaffningsstrategi baserat på de redovisade teoretiska beslutskriterierna jämförts med den anskaffningsstrategi som skulle valts om man baserade den på simulerade kostnadsberäkningar. Resultaten för de 16 olika studerade efterfrågestrukturerna och för var och en av de sex olika förhållandena mellan ordersärkostnad och pris visas är sammanställda i tabell 4. I samtliga fall är ledtiden för återanskaffning lika med 10 dagar, lagerplatskostnaden 400 kr och plockkostnaden 20 kr per orderrad. De med modellerna härledda kriterierna betraktas

som likvärdiga med det simulerade om vald strategi är densamma för minst åtta av de tio artiklar som tillhör respektive efterfrågestruktur. Tabellen visar antalet strukturer och ordersärkostnads/prisförhållanden där simuleringen inte har resulterat i samma strategi som respektive teoretisk modell. Totalt antal möjliga överensstämmelser är 96.

Tabell 4 Antal strukturer och ordersärkostnads/prisförhållanden där det inte funnits överensstämmelse mellan simuleringsresultaten och respektive teoretisk modell.

<i>Teoretisk modell</i>	<i>Leveranstid vid behov</i>	<i>Alltid leveranstid</i>
SPP-modellen	9	16
Modifierad SPP-modell	11	14
SPP-modell med brist	4	3
Diskretmodellen	9	13
Enhetskostnadsmodellen	3	8

Av tabellen framgår att modellkriterierna i de flesta fall ger ett mycket tillfredsställande resultat. Det framgår också att något korrektare resultat erhålls för fallet med leverans direkt från lager om det finns kvantiteter disponibla. Resultaten visar dessutom att de kriterier som baseras på SPP-modellen med brist och Enhetskostnadsmodellen medfört klart bäst överensstämmelse med simuleringsresultaten jämfört med övriga kriterier och därför bör väljas. Med tanke på de osäkerheter som föreligger i den här typen av beslutssituationer kan ändå samtliga modeller anses ge tillfredsställande resultat och för praktiskt bruk betraktas som någorlunda likvärdiga. Detta gäller både fallet med leveranstid vid behov och fallet alltid leveranstid. Eftersom det kriterium som bygger på Modifierad SPP är beräkningsmässigt mycket enklare att tillämpa, förordas därför detta kriterium som underlag för att fatta beslut om val av anskaffningsstrategi.

För att illustrera vilka anskaffningsstrategier det valda kriteriet kan leda till jämfört med det enkla kriteriet antal order per år har en jämförelse gjorts enligt tabell 5. Jämförelsen baseras på att det enkla kriteriet valts så att artiklar med fyra eller färre order per år skall anskaffas mot order medan de med fler än fyra order per år skall anskaffas mot lager. I tabellen avser L att båda tillvägagångssätten leder till strategin anskaffa mot lager, blank att båda tillvägagångssätten leder till anskaffa mot order, K att det valda kriteriet leder till anskaffa mot lager med antalskriteriet leder till anskaffa mot order samt A att antalskriteriet leder till anskaffa mot lager medan det valda kriteriet leder till anskaffa mot order.

Sammanlagt stämmer kriterierna överens i cirka två tredjedelar av alla kombinationer efterfrågestruktur ó ordersärkostnad/pris-förhållande. För den tredjedel av kombinationerna som kriterierna inte medför samma strategi leder det valda kriteriet strategin anskaffa mot order i cirka hälften av fallen då antalsstrategin leder till anskaffa mot lager och omvänt för den andra halvan av kombinationerna.

Tabell 5 Överensstämmelse mellan valt kriterium för att välja anskaffningsstrategi och kriteriet antal order per år

<i>Efterfrågestruktur</i> <i>Antal order- kvantitet</i>	<i>Ordersärkostnad i förhållande till pris</i>					
	<i>900/100</i>	<i>600/100</i>	<i>300/100</i>	<i>300/300</i>	<i>300/600</i>	<i>300/900</i>
2 - 3	K	K				
2 - 5	K	K				
2 - 20	K	K				
2 - 35	K					
4 - 3	K	K	K			
4 - 5	K	K	K			
4 - 20	K	K				
4 - 35	K					
8 - 3	L	L	L	L	L	L
8 - 5	L	L	L	L	A	A
8 - 20	L	L	L	A	A	A
8 - 35	L	L	A	A	A	A
12 - 3	L	L	L	L	L	L
12 - 5	L	L	L	L	L	L
12 - 20	L	L	L	A	A	A
12 - 35	L	L	L	A	A	A

En känslighetsanalys har genomförts för att få en uppfattning om hur viktigt det är att uppskatta ingående parametrar korrekt. Denna känslighetsanalys visar att det blir små skillnader i val av anskaffningsstrategi även om ingående parametrar uppskattats tämligen felaktigt.

## 5 Sammanfattning och slutsatser

Även för artiklar som man av marknadsskäl och med hänsyn till konkurrenter kan tillåta sig att anskaffa mot order kan det vara rimligt att anskaffa mot lager, i första hand för att uppnå skalekonomi. Det är vanligt att företag för att fatta sådana beslut om anskaffningsstrategi väljer enkla kriterier av typ antal kundorder eller uttag per år, volymvärde per år eller dylikt. Man tar då endast på ett mycket förenklat sätt hänsyn till de kostnader som påverkas av beslutet, främst ordersärkostnader och lagerhållningssärkostnader.

I den här studien har simuleringar genomförts för att studera hur val av anskaffningsstrategi påverkas ur kostnadssynpunkt. Resultaten av studien visar att det i första hand är förhållandet mellan ordersärkostnaden för anskaffning och priset för en artikel som avgör vilken strategi som bör väljas. Även kundorderkvantiteternas storlek, antalet kundorder per år, lagerplatskostnader samt plockkostnader per orderrad påverkar valet av strategi. Ledtiden för återanskaffning har ett marginellt inflytande, likaså leveranstidpolicy vid anskaffa-mot-lager strategin, dvs om leverans sker från lager om det finns disponibla kvantiteter eller om man alltid levererar med leveranstid.

I rapporten redovisas fem olika kriterier som utvecklats för att välja anskaffningsstrategi. Samliga bygger på principen att en artikel bör anskaffas mot lager om summan av

lagerhållningssärskostnader och ordersärskostnader vid anskaffning av optimala orderstorlekar är mindre än summan av ordersärskostnader vid anskaffning mot order och med kvantiteter motsvarande respektive kundorder under en period, exempelvis ett år. Samtliga är uttryckta på formen minsta antal kundorder per år för att välja anskaffning mot lager och tar utöver lagerhållningssärskostnader och ordersärskostnader hänsyn till efterfrågans storlek per år. Kriterierna har testats med hjälp av simulering. Slutsatsen av denna simulering är att samtliga på ett tillfredsställande sätt kan användas för att få beslutsunderlag för val av anskaffningsstrategi för artiklar som man kan tillåta sig att leverera med leveranstid. Ur beräkningssynpunkt är det kriterium som bygger på modellen Modifierad SPP beräkningsmässigt enklare. Detta kriterium föreslås därför användas i första hand.

## Referenser

Fenske, R. (1968) Non-stocking criterion, *Management Science*, Vol. 14 No. 12, sid 705-714.

Fortuin, L.- Martin, H. (1999) Control of spare parts, *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 19 No. 9.

Frödå, E. ó Magnusson, O. (2006) Item classifications of spare parts at Alfa Laval, Examensarbete, Institutionen för teknisk ekonomi och logistik, Lunds Tekniska Högskola.

Huiskonen, J. (2001) Maintenance spare parts logistics: Special characteristics and strategic choices, *International Journal of Production Economics*, Vol. 71, sid 125-133.

Oden, H. ó Langenwalter, G. ó Lucier, R. (1993) *Handbook of material & capacity requirements planning*, McGraw-Hill.

Popp, W. (1965) Simple and combined inventory policies, Production to stock or to order? *Management Science*, Vol. 11 No. 9, sid 868-873.

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

Tavares, V. ó Almeida, T. (1983) A binary decision model for the stock control of very slow moving items, *Journal of the operational research society*, Vol. 34 No. 3.

Tersine, R. (1994) *Principles of inventory and materials management*, Prentice Hall.