Orderkvantiteter för lågomsatta artiklar som levereras med leveranstid till kund

Stig-Arne Mattsson

Sammanfattning

Att välja en anskaffa-mot-order strategi för standardiserade artiklar innebär att man av olika skäl kan tillåta sig att leverera med en leveranstid större än eller lika med återanskaffningstiden. Trots detta kan det av kostnadsskäl vara lämpligt att välja en anskaffa-mot-lager strategi för att minimera summa ordersärkostnader och lagerhållningssärkostnader. Leverans kan då ske direkt från lager när det finns disponibla kvantiteter och i andra fall restnoteras för leverans när nästa inleverans sker. Alternativt kan man välja att alltid leverera med leveranstid.

Den planeringssituation där det kan vara aktuellt att välja att leverera med leveranstid för standardartiklar karaktäriseras av få kundorder per år och motsvarar därför inte särskilt väl det antagande om kontinuerlig efterfrågan som de flesta partiformningsmetoder bygger på. Situationen karakteriseras också av att man inte behöver använda sig av säkerhetslager och av att brist i princip uppstår under varannan lagercykel utan att det egentligen motsvarar några bristkostnader. Inte heller detta förhållande motsvarar de antaganden som traditionellt använda partiformningsmetoder bygger på.

I det projekt som redovisas i den här rapporten har några olika metoder utvecklats och testats med hjälp av simulering. I testerna har också den traditionellt använda Wilsons formel ingått. Resultaten av testerna visar att metoden Lägsta enhetskostnad ger bäst resultat och att skillnaderna relativt simulerat optimal orderstorlek endast är enstaka procent. Även Wilsons formel ger för praktiskt bruk rimligt bra resultat. Den kan därför användas om av olika anledningar metoden Lägsta enhetskostnad inte kan användas. Enligt genomförda simuleringar ger Wilsons formel något för låga orderstorlekar. För att få mer optimala värden kan det därför rekommenderas att öka beräknade orderstorlekar med storleksordningen 10 %.

1 Bakgrund och syfte

Man kan grovt skilja mellan två huvudstrategier för anskaffning; anskaffning mot lager respektive anskaffning mot order. Med anskaffning menas i det här sammanhanget både anskaffning genom tillverkning i den egna verkstaden och anskaffning genom inköp från externa leverantörer. Strategin anskaffning mot order kan väljas om man beroende på kundkrav och konkurrentsituationen på marknaden kan tillåta sig att tillämpa leveranstider som är lika långa som eller längre än den egna återanskaffningstiden. Speciellt är frågeställningen att tillverka mot lager eller tillverka mot kundorder av stor betydelse

stig-arne.mattsson@swipnet.se

för lågomsatta artiklar med få uttag per år, som exempelvis reservdelar. För högomsatta artiklar och frekvent förbrukning är problemställningen mer en fråga om hur stora kvantiteter man bör tillverka mot lager.

Även om man av leveranstidsskäl kan tillåta sig att anskaffa mot order kan det av kostnadsskäl finnas anledning att anskaffa mot lager. Det är då en fråga om att jämföra de lagerhållningssärkostnader och ordersärkostnader som uppstår vid anskaffning mot lager med de ordersärkostnader som uppstår vid anskaffning mot order. Mattsson (2007) har utvecklat och analyserat ett antal modeller och kriterier som stöd för att välja anskaffningsstrategi. Om ett sådant val resulterar i att anskaffa mot lager, återstår problemet att avgöra vilken kvantitet som skall anskaffas.

Syftet med det projekt som redovisas i den här rapporten var att studera, utveckla och testa modeller för att välja lämplig kvantitet vid anskaffning mot lager för det fall att leverans inte måste ske direkt från lager, dvs att leveranstid kan accepteras.

2 Teoretiska utgångspunkter

Det problem som behandlas i det här projektet kan förefalla vara ett partiformningsproblem i allmänhet som kan lösas på samma sätt som alla andra partiformningsproblem. För denna problemställning finns det en omfattande litteratur att tillgå. Av två skäl är så emellertid inte fallet. Ett skäl är att antalet kundorder per år och därmed antal förbrukningstillfällen av naturliga skäl är mycket få och därmed efterfrågan långt ifrån kontinuerlig. Ett annat skäl är att det inte behöver finnas något säkerhetslager i det här sammanhanget eftersom leverans med en leveranstid lika med återanskaffningstiden kan accepteras. Därmed påverkas orderstorleken av att brist kan uppstå utan att det egentligen uppstår några bristkostnader.

Ingen modell som exakt motsvarar det ovan formulerade problemet har hittats. Däremot finns det ett antal modeller som tar hänsyn till att en konsekvens av brist är att lagret periodvis kan vara noll. Modeller för partiformning kan delas upp i sådana som baseras på ett antagande om kontinuerlig respektive diskret efterfrågan.

2.1 Modeller med kontinuerlig efterfrågan

Den efterfrågebild som det är fråga om i det här sammanhanget avviker avsevärt från det antagande om kontinuerlig efterfrågan som Wilsons formel för beräkning av ekonomisk orderstorlek bygger på. Summa ordersärkostnader och lagerhållningssärkostnader är emellertid tämligen okänsliga för avvikelser i optimal orderstorlek. Detta framgår exempelvis av att kurvan för kostnadsfunktionen är mycket flack. Det kan därför vara motiverat att i de tester som genomförs i det här projektet också inkludera denna metod som ett alternativ till partiformning i den planeringsmiljö det är fråga om här.

Det som karakteriserar den här aktuella planeringsmiljön är inte bara att efterfrågan i hög grad är diskret och lågfrekvent, dvs. har så kallad lumpy demand. Den karakteriseras också av att bristsituationer är en normal företeelse och att följaktligen lagret periodvis är noll. Wilsons formel tar inte hänsyn till detta utan bygger på antagandet att brist aldrig uppstår. Brister leder emellertid till lägre lagerhållningssärkostnader och ger därför upphov till större optimala orderstorlekar än vad Wilsons formel skulle ge. Mann

(1966) har redovisat en modell som bygger på Wilsons formel för att beräkna ekonomisk orderstorlek och som på ett förenklat sätt tar hänsyn till att brister förekommer genom att till ordersärkostnaden i formeln addera uppskattade bristkostnader under en lagercykel. Det kan emellertid ifrågasättas om det finns några bristkostnader i det här fallet eftersom kunder antas acceptera en leveranstid lika med återanskaffningstiden. Att uppskatta bristkostnader är dessutom inte lätt och det finns i allmänhet inte heller datauppgifter om bristkostnader tillgängliga i register i ERP-system. Modellen behandlas därför inte vidare här.

Tersine (1994) har presenterat en annan modell för att beräkna ekonomisk orderstorlek som på ett mer optimalt sätt tar hänsyn till att brist förekommer. Även denna modell bygger på uppskattade bristkostnader. Enligt ovanstående resonemang är det inte orimligt att anta att bristkostnaderna är noll i den planeringsmiljö det är fråga om här. Om man därför utgår från Tersins modell, bortser från bristkostnader och endast beaktar effekterna på lagerhållningskostnaderna erhålls följande uttryck för summa ordersärkostnader och lagerhållningskostnader per år.

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

där *S* = ordersärkostnaden
d = efterfrågan per år
p = pris per styck
r = lagerhållningsfaktorn i %
Q = orderstorlek vid lagerpåfyllnad
B = medelbristkvantiteten per lagercykel

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

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

Metoden kallas nedan för modifierad Tersine.

2.2 Modeller med diskret efterfrågan

Ingen modell som utgår från antagande om diskret efterfrågan och som tar hänsyn till att brist uppkommer har hittats i litteraturen. En modell som beaktar att brist uppkommer och som bygger på antaganden om diskreta uttag i form av medelkvantiteter på varje order och på förväntat antal order har därför utvecklats. I modellen kan också hänsyn tas 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-lager strategin i stället för anskaffa-mot-order strategi och kräver därför olika beslutsmodeller. Det första fallet avser situationer där man levererar från lager i den utsträckning det finns kvantiteter tillgängliga och att eventuella bister restnoteras för leverans när nästa lagerpåfyllnadsorder inlevereras. Det andra fallet avser situationer där man alltid levererar med den leveranstid som motsvarar aktuell återanskaffningstid. Motivet för att tillämpa det senare alternativet kan vara att man då i förväg mot kunder alltid kan lova en fast och känd leveranstid.

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.

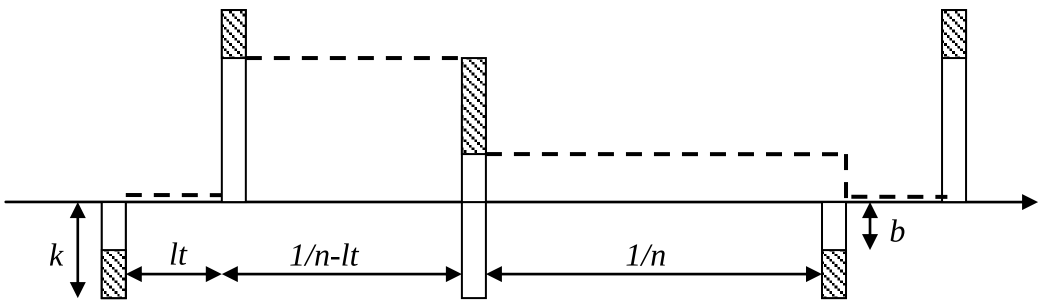
- Tiden från order till uttag från lager och leverans är alltid lika med återanskaffningstiden i fall 2.

- 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 alltid vara lika lång.

För fall 1 kan då 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.



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

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

lt = återanskaffningstid för påfyllning av lager
n = antalet kundorder per år för artikeln
k = kvantitet i medeltal per kundorder för artikeln
b = bristkvantitet i medeltal när kundorder inte kunnat fullevereras

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

$$\frac{0 \cdot lt + (2 \cdot k - b) \cdot (1/n - lt) + (k - b) \cdot 1/n}{2 \cdot 1/n}$$ eftersom 1/*n* är lika med tiden 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:

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

För fallet med tre kundorder per lagercykel erhålls på motsvarande sätt följande kapitalbindning i medeltal per lagercykel:

$$\frac{0 \cdot lt + (3 \cdot k - b) \cdot (1/n - lt) + (2 \cdot k - b) \cdot 1/n + (k - b) \cdot 1/n}{3 \cdot 1/n}$$ och lagerhållningskostnaden

per år:

$$p \cdot r \cdot \left[\frac{6 \cdot k}{3} - b - (1 - \frac{b}{3 \cdot k}) \cdot k \cdot n \cdot lt \right]$$

Med hjälp av funktionsanpassning kan uttrycket generaliseras till att gälla *x* kundorder per lagercykel.

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

Vid optimal orderstorlek beräknad med hjälp av Wilsons formel är ordersärkostnaden lika med lagerhållningssärkostnaden. Genom att utnyttja detta förhållande kan ekonomisk orderstorlek uttryckt som antal medelkundorderkvantiteter beräknas med hjälp av följande ekvation.

$$p \cdot r \cdot \left[\frac{(x+1) \cdot k}{2} - b - (1 - \frac{b}{x \cdot k}) \cdot k \cdot n \cdot lt \right] = \frac{n \cdot S}{x}$$ där S är lika med ordersärkostnaden.

Eftersom efterfrågan per år, d, är lika med k · n fås följande ekvation.

$$x^2 + x \cdot \left[1 - \frac{2 \cdot b}{k} - \frac{2 \cdot d \cdot lt}{k}\right] + \frac{2 \cdot b \cdot d \cdot lt}{k \cdot k} - \frac{2 \cdot d \cdot S}{k \cdot k \cdot p \cdot r} = 0$$

Genom att anta att *b* i medeltal är lika med halva kundorderkvantiteten kan uttrycket förenklas enligt följande[1].

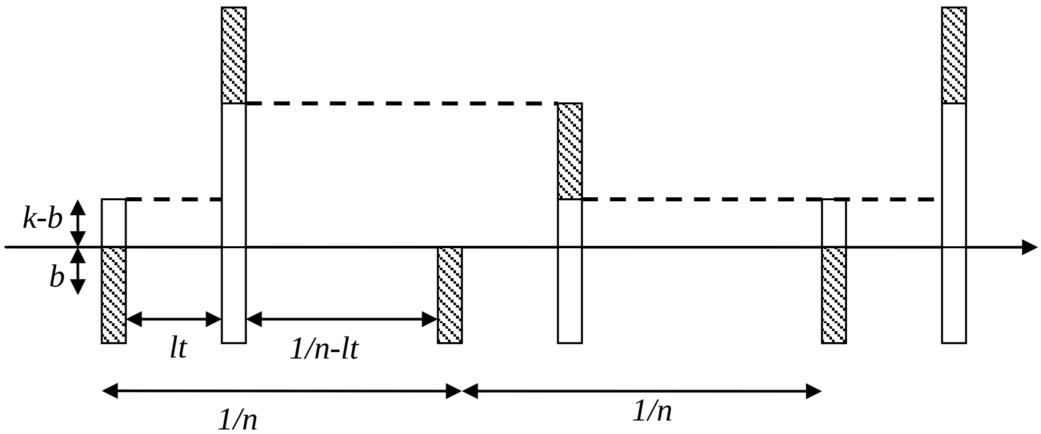
$$x^2 + x \cdot \left[\frac{2 \cdot d \cdot lt}{k}\right] + \frac{d \cdot lt}{k} - \frac{2 \cdot d \cdot S}{k \cdot k \cdot p \cdot r} = 0$$

Eftersom orderstorleken är lika med $x \cdot k$ kan ekonomisk orderstorlek beräknas med hjälp av följande uttryck.

$$EOK = -d \cdot lt + k \cdot \sqrt{\frac{(2 \cdot d \cdot lt)^2}{4 \cdot k \cdot k} + \frac{2 \cdot d \cdot S}{k \cdot k \cdot p \cdot r} - \frac{d \cdot lt}{k}}$$

Om efterfrågan per år är liten och ledtiden kort kan man bortse från termen $d \cdot lt$. Ekonomisk orderstorlek härledd på det här sättet blir då identisk med ekonomisk orderstorlek enligt Wilsons formel.

För fall 2 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 motsvara behovet från två kundorder och utleveranser alltid sker med leveranstid

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

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

[1] Kompletterande simuleringar har visat att detta är ett i sammanhanget mycket rimligt antagande.

med tiden 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.

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

För fallet med tre kundorder per lagercykel erhålls på motsvarande sätt följande kapitalbindning i medeltal per lagercykel.

$\frac{(k-b) \cdot lt + (3 \cdot k - b) \cdot 1/n + (2k-b) \cdot 1/n + (k-b) \cdot (1/n - lt)}{2 \cdot 1/n}$ och lagerhållningskostnaden per år:

$$p \cdot r \cdot \left[\frac{6 \cdot k}{3} - \frac{3 \cdot b}{3} \right]$$

Med hjälp av funktionsanpassning kan uttrycket generaliseras till att gälla *x* kundorder per lagercykel enligt följande.

$p \cdot r \cdot \left[\frac{(x+1) \cdot k}{2} - b \right], dvs = p \cdot r \cdot k \cdot x$ om *b* sätts lika med halva medelkvantiteten för erhållna kundorder.

Genom att på samma sätt som ovan utnyttja att optimal orderstorlek erhålls när ordersärkostnaden är lika med lagerhållningssärkostnaden kan ekonomisk orderstorlek uttryckt som antal medelkundorderkvantiteter beräknas med hjälp av följande ekvation $p \cdot r \cdot k \cdot x = \frac{n \cdot S}{x}$ där S är lika med ordersärkostnaden.

Eftersom efterfrågan per år, *d*, är lika med $k \cdot n$ och ekonomisk orderstorlek är lika med $x \cdot k$ fås följande ekvation.

$$EOK = \sqrt{\frac{2 \cdot d \cdot S}{p \cdot r}}$$

Ekonomisk orderstorlek härledd på det här sättet är följaktligen identisk med ekonomisk orderstorlek enligt Wilsons formel.

För fall med diskret efterfrågan finns ett antal modeller utvecklade för att beräkna ekonomisk orderstorlek. De är emellertid avsedda för fall med kända eller i huvudsak kända diskreta behov under en ej försumbar period in i framtiden. Detta är inte fallet i den här aktuella planeringsmiljön och de är därför inte direkt tillämpliga. Om man emellertid gör samma antaganden som ovan, dvs. att förväntade diskreta behov kan ersättas med medelorderkvantiteter och medelintervall mellan kundorder, kan metoderna tillämpas även här.

Dessa metoder för diskret efterfrågan, exempelvis Lägsta totalkostnadsmetoden, Lägsta enhetskostnadsmetoden och Silver-Meals metod, bygger alla på att ordersärkostnaderna är lika med lagerhållningssärkostnaderna vid optimal orderstorlek. Se exempelvis Oden – Langenwalter – Lucier (1993, sid 171). Denna egenskap kan också användas i det här sammanhanget. Här har Lägsta enhetskostnadsmetoden valts. Beräkningarna enligt denna metod utförs stegvis med successivt fler inkluderade diskreta behov. I varje steg beräknas sedan summan av ordersärkostnader och lagerhållningssärkostnader per anskaffad enhet. Beräkningarna pågår steg för steg tills kostnaden i ett beräkningssteg blir större än kostnaden i föregående. Det normala är att den orderstorlek som gällde i det näst sista steget sätts till optimal orderstorlek. Se exempelvis Oden – Langenwalter – Lucier (1993, sid 171), Fogarty – Blackstone – Hoffmann (1991, sid 346) och Silver – Pyke – Peterson (1998, sid 214). Eftersom behov uppträder mycket sporadiskt över året i det sammanhang som avses här, har metoden modifierats så att orderstorleken i stället erhålls genom interpolering mellan orderstorlekarna i det sista och näst sista genomförda steget. Summa kostnader per anskaffad enhet i respektive steg blir följande för de tre första stegen 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: $$\frac{S + k \cdot 1/n \cdot p \cdot r}{2 \cdot k}$$

Steg 3: $$\frac{S + 2 \cdot k \cdot 1/n \cdot p \cdot r + k \cdot 1/n \cdot p \cdot r}{3 \cdot k}$$

3 Simuleringsmodell för utvärdering av de olika partiformningsmetoderna

I föregående avsnitt har fyra olika metoder för partiformning vid en anskaffa-mot-lager strategi redovisats. För att utvärdera hur väl dessa metoder stämmer vid olika leveranstider och för olika efterfrågestrukturer har diskret simulering med hjälp av Excel och makroprogram skrivna i Visual Basic använts. Diskret simulering innebär i motsats till händelsestyrd simulering att simuleringar itereras fram steg för steg och att resultatet efter varje steg beräknas. Stegen avser i det här fallet successivt ökande orderstorlekar. De resultat som beräknas är summa lagerhållningssärkostnader och ordersärkostnader. Den orderstorlek som ger lägst kostnadssumma betraktas som optimal.

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, dvs kundorder antas erhållas slumpmässigt, och rektangelfördelning för att bestämma kundorderstorlekar. Sexton olika efterfrågestrukturer har skapats enligt tabell 1, vardera med 10 olika artiklar. Sammantaget har följaktligen 160 olika artiklar 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 1 Efterfrågestrukturer använda vid simuleringarna

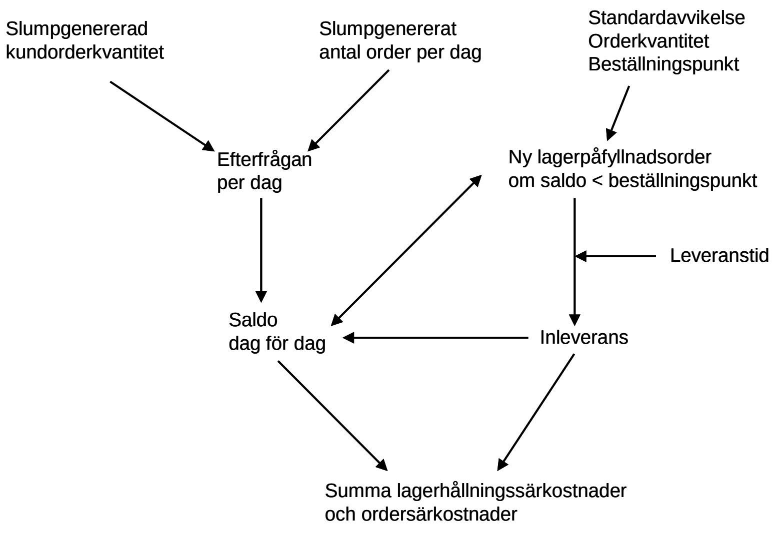
Kvantitet per order	*Medelkvant. per order*	*Antal kundorder per år*			
		2	*4*	*8*	*12*
1-5	3	6	12	24	36
1-9	5	10	20	40	60
11-29	20	40	80	160	240
21-49	35	70	140	280	420

För varje efterfrågestruktur och ledtid har också nio kombinationer av pris per styck och ordersärkostnad i kronor för respektive artikel använts enligt tabell 2. I samtliga fall har en lagerhållningsfaktor på 25 % använts.

Tabell 2 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

En översikt av använd simuleringsmodell visas i figur 3. Med hjälp av modellen simuleras dagliga uttag, kontroller mot beställningspunkter, utläggning av nya lagerpåfyllnadsorder, inleveranser samt uppdateringar av saldo och disponibelt saldo. Simuleringarna har omfattat 10 år motsvarande 2400 dagar. Vid simuleringarna har ett (s,Q)-system använts med beställningspunkten minus 1, dvs lagerpåfyllnadsorder initieras inte förrän det finns ett verkligt nettobehov.



Figur 3 Översikt över den använda simuleringsmodellen

4 Resultat och analys

Med hjälp av den simuleringsmodell som redovisades i föregående avsnitt har noggrannheten i de fyra olika metoderna för partiformning enligt avsnitt 2 analyserats. Detta har åstadkommits genom att för olika efterfrågestrukturer, ledtider och förhållanden mellan ordersärkostnader och lagerhållningssärkostnader jämföra de orderstorlekar som erhålls med respektive formel och de som erhålls med hjälp av simulering. De genom simuleringen beräknade orderstorlekarna betraktas här som optimala.

Jämförelserna har gjorts genom att beräkna skillnaderna mellan de erhållna optimala kvantiteterna och de som erhålls med de olika partiformningsmetoderna i % av de optimala i medeltal för alla de 160 analyserade artiklarna. Jämförelserna har endast gjorts för de artiklar som för olika ordersärkostnad/pris-förhållande skall lagerhållas enligt de simuleringsresultat som erhållits i ett tidigare projekt. Se Mattsson (2007).

För fallet att leverans endast sker med leveranstid vid behov och för ledtiden 10 dagar visas resultaten i tabell 3. Av tabellen framgår att skillnaderna mellan metoderna med avseende på procentuella differenser mellan beräknade och simulerade optimala orderstorlekar inte är försumbara. Medeldifferenserna över samtliga simulerade fall är 11, 10, 21 respektive – 2 %. Lägsta enhetskostnadsmetoden ger klart bättre resultat än övriga. Av dessa kan Wilsons formel och Modifierad Tersine betraktas som likvärdiga. Metoden som bygger på diskreta medelbehov är klart underlägsen de övriga. Av tabellen framgår också att alla partiformningsmetoder utom Lägsta enhetskostnadsmetoden genomgående ger lägre orderstorlekar än de optimala som erhållits med hjälp av simulering.

Tabell 3 Skillnader i medeltal mellan de erhållna optimala kvantiteterna och de som erhålls med respektive partiformningsmetod i % av de optimala för fallet leveranstid vid behov

	Ordersärkostnad i förhållande till pris					
Partiformningsmetod	*900/100*	*600/100*	*300/100*	*300/300*	*300/600*	*300/900*
Wilsons formel	9	11	9	10	11	13
Modifierad Tersine	9	11	8	9	10	11
Diskreta medelbehov	13	16	17	25	24	28
Lägsta enhetskostnad	-1	3	-3	-10	-9	6

Tabell 4 Skillnader i medeltal mellan de erhållna optimala kvantiteterna och de som erhålls med respektive partiformningsmetod i % av de optimala för fallet alltid leveranstid

	Ordersärkostnad i förhållande till pris					
Partiformningsmetod	*900/100*	*600/100*	*300/100*	*300/300*	*300/600*	*300/900*
Wilsons formel	6	11	9	8	8	13
Modifierad Tersine	5	10	8	7	7	11
Diskreta medelbehov	6	11	9	8	8	13
Lägsta enhetskostnad	-4	3	-3	8	-7	7

Motsvarande resultat för fallet att leverans alltid sker med leveranstid visas i tabell 4. Medeldifferenserna över samtliga simulerade fall är 9, 8, 9 respektive 1 %. Ungefär samma typ av slutsatser som ovan kan följaktligen dras även för fallet att alltid tillämpa leveranstid med undantag för att metoden Diskreta medelbehov är likvärdig med Wilsons formel och Modifierad Tersine.

Som konstaterats ovan är Wilsons formel och Modifierad Tersine likvärdiga men underlägsna metoden Lägsta enhetskostnad. Simuleringarna har också visat att samma förhållanden gäller vid de olika ledtider som analyserats. Båda metoderna kan emellertid för praktisk tillämpning betraktas som godtagbara om av olika omständigheter metoden Lägsta enhetskostnad inte kan användas. Eftersom metoderna är likvärdiga, är det rimligt att välja partiformningsmetod utifrån hur lätt metoden är att använda och hur väl känd och etablerad den är. Det lämpligaste valet blir då Wilsons formel.

För att närmre studera hur väl Lägsta enhetskostnadsmetoden fungerar vid olika efterfrågestrukturer och olika ledtider har ytterligare analyser gjorts. Resultaten från dessa analyser visar att skillnaderna mellan fallet med leveranstid vid behov och fallet alltid leveranstid för praktiskt bruk är ointressanta. Därför redovisas de enbart för fallet att leveranstid endast tillämpas vid behov. Resultaten i form av skillnader i medeltal mellan de erhållna optimala orderstorlekarna och de som erhålls med respektive partiformningsmetod i % av de optimala redovisas i tabell 5 för olika antal uttag per år och oavsett kvantitet per order och i tabell 6 för olika stora kvantiteter per order och oavsett antal uttag per år. Streck innebär att för den aktuella kombinationen finns det inga lagerförda artiklar oavsett kvantitet per order respektive inga lagerförda artiklar oavsett antal uttag per år.

Tabell 5 Skillnader i medeltal mellan de erhållna optimala kvantiteterna och de som erhålls med Lägsta enhetskostnadsmetoden i % av de optimala för olika antal uttag per år.

Antal uttag per år	*Ordersärkostnad i förhållande till pris*					
	900/100	*600/100*	*300/100*	*300/300*	*300/600*	*300/900*
2	3	6	-	-	-	-
4	-5	2	-4	-	-	-
8	1	2	-4	-10	-10	-18
12	0	3	-1	-9	-8	-8

Tabell 6 Skillnader i medeltal mellan de erhållna optimala kvantiteterna och de som erhålls med lägsta enhetskostnadsmetoden i % av de optimala för olika kvantiteter per kundorder

Kvantitet per order	*Ordersärkostnad i förhållande till pris*					
	900/100	*600/100*	*300/100*	*300/300*	*300/600*	*300/900*
3	0	4	0	-1	-7	-10
5	5	3	-7	-14	-11	-15
20	-5	2	-1	2	-	-
35	-2	3	-4	-9	-	-

Av tabellerna framgår att det inte föreligger några särskilt påtagliga skillnader i avvikelser från optimal orderstorlek med avseende på antal uttag per år respektive kvantitet per order. Det kan dock noteras att skillnaderna blir större ju färre uttagen är per år. Detta utfall är förväntat. Det kan också noteras att ju lägre förhållandet mellan ordersärkostnad och pris är, ju fler uttag per år det förekommer och ju mindre orderstorlekarna är, desto större blir den med Lägsta enhetskostnadsmetoden beräknade orderstorleken i förhållande till den simulerade optimala.

5 Sammanfattning och slutsatser

De modeller för bestämning av ekonomiska orderstorlekar som vanligtvis används i industrin utgår från antagandet att efterfrågan är kontinuerlig och att brister inte inträffar. Dessa antaganden stämmer dåligt överens med de lagerstyrningsförhållanden som behandlas i det här projektet, dvs. fall med mycket få order per år och en anskaffa-mot-lager strategi där leveranstider lika med återanskaffningstider accepteras. Därmed behövs inga säkerhetslager och det förekommer brister vid i princip varannan lagercykel.

Fyra olika partiformningsmetoder har utvecklats och testats i det här projektet. Resultaten av testerna visade att metoden Lägsta enhetskostnad ger bäst resultat och att skillnaderna relativt simulerat optimal orderstorlek endast är enstaka procent. Även Wilsons formel ger för praktiskt bruk rimligt bra resultat. Den kan därför användas om av olika anledningar metoden Lägsta enhetskostnad inte kan användas. Enligt genomförda simuleringar ger Wilsons formel något för låga orderstorlekar. För att få mer optimala värden kan det därför rekommenderas att öka beräknade orderstorlekar med storleksordningen 10 %.

Referenser

Fogarty, D. – Blackstone, J. – Hoffmann,T. (1991) *Production and inventory management*, South-Western Publishing Co.

Mann, L. (1966) Toward a systematic maintenance program, The *Journal of Industrial Engineering*, Vol. 17, sid 461-473.

Mattsson, S-A. (2007) *Kriterier för val av anskaffningsstrategi*, Forskningsrapport, Avdelningen för Logistik och Transport, Chalmers Tekniska Högskola.

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

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

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