

Orderkvantiteter vid säsongvarierande efterfrågan

Stig-Arne Mattsson

Sammanfattning

Lämpligt stora orderkvantiteter vid lagerstyrning är bland annat beroende av efterfrågans storlek. Det innebär att det kan finnas anledning att vid säsongvariation använda metoder som anpassar orderkvantiteterna i takt med den säsongvarierande efterfrågan. Med avseende på resulterande lagerstyrningskostnader har tre olika sådana metoder jämförts med att använda en fast ekonomisk orderkvantitet. De tre metoderna är ekonomisk behovstäckningstid, en ekonomisk orderkvantitet under högsäsong och en annan under lågsäsong respektive uppdaterad ekonomisk orderkvantitet vid varje beställningstillfälle.

Jämförelserna har genomförts med hjälp av simulering. Olika efterfrågescenarier med olika stora säsongmässiga efterfrågevariationer, olika stora slumpmässiga överlagrade efterfrågevariationer och olika stora orderkvantiteter har ingått i studien. Med utgångspunkt från de erhållna resultaten kan för praktiskt bruk följande allmänna rekommendationer formuleras.

Oavsett säsongvariationernas storlek blir det ingen skillnad på lagerstyrningskostnaderna om man använder ekonomisk behovstäckningstid jämfört med att använda fast ekonomisk orderkvantitet. Om säsongvariationerna är små eller måttliga, dvs då det högsta säsongindexet är mindre än dubbelt så stort som det lägsta säsongindexet, finns det med avseende på lagerstyrningskostnader ingen anledning att använda partiformningsmetoder som anpassar orderkvantiteterna till den säsongvarierande efterfrågan. Fast ekonomisk orderkvantitet ger lika bra resultat. Om säsongvariationerna är stora, dvs då det högsta säsongindexet är mer än dubbelt så stort som det lägsta säsongindexet, finns det med avseende på lagerstyrningskostnader anledning att använda endera av två olika partiformningsmetoder som anpassar orderkvantiteterna till den säsongvarierande efterfrågan. Både metoden att använda en ekonomisk orderkvantitet under högsäsong och en annan under lågsäsong och metoden att vid varje ordertillfälle beräkna ekonomisk orderkvantitet baserat på den då framförvarande efterfrågan ger signifikant lägre lagerstyrningskostnader jämfört med om fast ekonomisk orderkvantitet används. Hur stora skillnaderna blir beror på hur stora efterfrågevariationerna är. Värdet från enstaka procent till mer än tio procent erhöles för de efterfrågefall som ingick i studien. Omräkningsmetoden ger något större skillnader i lagerstyrningskostnader än hög/lågsäsong-metoden.

Betydelsen av att anpassa orderkvantiteter till säsongvarierande efterfrågan minskar något om de överlagrade slumpmässiga efterfrågesvängningarna är stora. De blir också något mindre ju större orderkvantiteterna är.

1 Bakgrund och syfte

Det finns två huvudorsaker till att material styrs mot lager i kvantiteter större än det omedelbara behovet. Den ena huvudorsaken är att ledtiden för återanskaffning är längre än den leveranstid som krävs av kunder på marknaden. Material måste därför anskaffas i förväg mot förväntad efterfrågan för att möjliggöra tillräckligt snabba leveranser. Den andra huvudorsaken är att det inte är ekonomiskt försvarbart att enbart tillverka eller distribuera mot direkta behov på grund av stora fasta kostnader förknippade med ordena i materialflödet. Det är en av materialstyrningens huvuduppgifter att bestämma sådana ekonomiskt lämpliga kvantiteter för de order som skapas för att fylla på lager.

Eftersom anskaffning måste ske i förväg, måste följaktligen också orderkvantiteter bestämmas i förväg och baseras på en prognostiserad framtida efterfrågan. När det är fråga om oberoende efterfrågan från kunder på en marknad kan man, bortsett från konjunkturbetingade efterfrågesvängningar, skilja mellan tre olika grundmönster, en i huvudsak oföränderlig efterfrågan, en trendmässig föränderlig efterfrågan och en säsongvarierande efterfrågan. För samtliga dessa grundmönster finns dessutom en överlagrad slumpmässig variation.

Det finns ett stort antal alternativa metoder för att beräkna orderkvantiteter redovisade i litteraturen. Mycket få av dem har emellertid kommit till praktisk användning i industrin. Enligt en undersökning i svenska tillverkande och distribuerande företag används när det är fråga om oberoende efterfrågan i huvudsak endast två metoder, fast orderkvantitet och fast behovstäckningstid (Jonsson – Mattsson, 2005). I båda fallen kan man skilja mellan att uppskatta orderkvantiteten respektive behovstäckningstiden och att bestämma dem med hjälp av ekonomiska beräkningar i form av ekonomisk orderkvantitet respektive ekonomisk behovstäckningstid. Ingen av dessa båda beräkningsmetoder är emellertid utformade för säsongvarierande efterfrågan eftersom de utgår från en förväntad genomsnittlig efterfrågan per år. Mot denna bakgrund är följande forskningsfrågor av intresse.

Hur jämförelsevis väl fungerar vanligt använda partformningsmetoder vid inslag av säsongvarierande efterfrågan och hur påverkas användbarheten av säsongvariationernas storlek och inslaget av överlagrade slumpmässiga variationer?

Hur kan använda partformningsmetoder anpassas för att fungera bättre vid säsongvarierande efterfrågan?

Studien har avgränsats till att endast omfatta metoder som är kända, som används i industrin och som inte kräver annan information för att kunna tillämpas än den som normalt är tillgänglig i på marknaden förekommande affärssystem.

2 Teoretiska utgångspunkter

Den litteratur som behandlar problem i anslutning till bestämning av orderkvantiteter vid säsongvarierande efterfrågan är mycket begränsad. I huvudsak är den av två slag. Det ena av dessa avser bestämning av orderkvantiteter när säsongen för försäljning är helt begränsad till en viss period under året och inte förekommer i övrigt som exempel-

vis är fallet vid försäljning av julgranar. Det klassiska problemet i det här avseendet är det så kallade newsboy problemet (Se exempelvis Silver – Pyke – Peterson, 1998, sid 385) där det är fråga om att frisläppa en order som skall täcka efterfrågan under en begränsad period. Det finns också en lösning till problemet med flera order under en begränsad säljperiod (Gupta, 2003).

Det andra slaget av problem som behandlats i litteraturen och som berör bestämning av orderkvantiteter vid varierande efterfrågan avser fall där efterfrågan är diskret och i huvudsak känd och oföränderlig. Det är en efterfrågan som i huvudsak endast förekommer för artiklar med härledda behov vid användning av materialbehovsplanering. Ett antal partiformningsmetoder finns utvecklade för användning i den här sortens miljö, så kallade dynamiska partiformningsmetoder. De mest kända av dessa är Lägsta totalkostnad, Lägsta enhetskostnad, Silver-Meals metod och Wagner-Whitins metod (Se exempelvis Tersine, 1994, sid 181). Även ekonomisk behovstäckningstid uttryckt som antal perioders behov kan sägas tillhöra denna metodkategori även om endast kvantiteten ändras från order till order för den här metoden.

Dynamiska partiformningsmetoder kan i princip också användas vid oberoende behov genom att betrakta varje periodiserat efterfrågevärde som ett diskret behov. Periodiseringen åstadkoms genom att multiplicera en prognostiserad medelefterfrågan med respektive periods säsongindex. Det finns åtskilliga studier som har påvisat att de dynamiska partiformningsmetoderna är överlägsna fasta orderkvantiteter. Se exempelvis Berry (1972), Wemmerlöv (1978), Choi-Malstrom-Classen (1984) och Baker (1989). Slutsatserna finns också redovisade i praktiskt taget varje lärobok som behandlar metoderna. Baserat på dessa resultat skulle man kunna förmoda att de dynamiska partiformningsmetoderna även vid säsongvarierande oberoende efterfrågan skulle vara överlägsna metoder som bygger på fasta orderkvantiteter. Detta är emellertid inte alls givet. Huvudorsaken är att de dynamiska metoderna anger orderkvantiteter i hela perioders behov. Följaktligen kommer lagret att bli noll i perioden innan följande inleverans med de beräkningssätt som tillämpas. Detta inträffar aldrig när man använder fasta orderkvantiteter. I stället kommer det att finnas en restkvantitet från föregående period när inleverans sker i en period. Att lagret bli noll i perioden före inleveransperioden då någon dynamisk metod används kommer emellertid inte heller att inträffa i verkligheten. Det skulle i så fall kräva att alla perioders efterfrågan vore helt känd och att den inte förändrades under tidens gång. Så är aldrig fallet i miljöer med oberoende efterfrågan och för den del praktiskt taget heller aldrig i en materialbehovsplaneringsmiljö.

3 Metoder att använda och testa

Trots att partiformningsmetoden ekonomisk orderkvantitet inte tar någon hänsyn till att efterfrågan varierar systematiskt är den principiellt möjlig att använda även om man inte kan förvänta sig att den ger särskilt optimala lagerstyrningskostnader, speciellt inte vid stora säsongvariationer. Den har därför valts att ingå i studien. Syftet med att inkludera den är också att den kan tjäna som en referensmetod mot vilken de övriga metoderna kan jämföras.

Ett enkelt sätt att anpassa orderkvantiteter till efterfrågans storlek är att använda en orderkvantitet under högsäsong och en annan under lågsäsong. Detta tillvägagångssätt tillämpas ibland i praktiken och har därför inkluderats i utvärderingen här. Tillväga-

gångssättet innebär att en medelefterfrågan uppskattas för lågsäsongperioden och en annan för högsäsongperioden. Olika ekonomiska orderkvantiteter beräknas därefter med utgångspunkt från dessa efterfrågevärden.

Ett annat alternativ för att anpassa orderkvantiteter till systematiskt varierande efterfrågan är att använda någon av de dynamiska partiformningsmetoderna som nämndes ovan. Av två skäl väljs ekonomisk behovstäckningstid att ingå i studien. Det ena skälet är att det i den här studien är fråga om en kortsiktigt oförutsägbar och varierande oberoende efterfrågan och inte en diskret i huvudsak känd och oföränderlig. De mer avancerade partiformningsmetoderna kan då inte förväntas leda till nämnvärt mer optimala orderkvantiteter. Det andra skälet är att ekonomisk behovstäckningstid är avsevärt mycket mer känd och använd i industrin.

Ekonomisk behovstäckningstid beräknas genom att dividera ekonomisk orderkvantitet med medelefterfrågan per dag och uttrycks i antal dagars efterfrågan som en inlevererad kvantitet avses räcka. Vid varje ordertillfälle multipliceras denna täcktid med den efterfrågan som förväntas förekomma under perioden från och med inleverans. Utgångspunkten för att göra dessa beräkningar är en uppskattad medelefterfrågan per år och månadsvisa säsongindex, dvs. sådan information som i allmänhet finns tillgänglig i affärssystem.

Orderkvantiteten beräknas därefter med hjälp av följande formel där \bar{E} avser medelefterfrågan per dag.

$$OK_d = \sum_{j=d+lt-1}^{d+lt-1+btt} s_j \cdot \bar{E} \dots\dots\dots(4)$$

- där OK_d = den orderkvantitet som beräknats vid dag d
- \bar{E} = medelefterfrågan per dag
- btt = ekonomisk behovstäckningstid
- lt = ledtid för återanskaffning
- s_j = månadssäsongindex för de dagar som ingår i beräkningen

Summeringen av index sker alltså från den dag inleverans planeras ske till och med det antal dagar som motsvarar ekonomisk behovstäckningstid.

Att använda ekonomisk behovstäckningstid för att kunna anpassa orderkvantiteter till vid varje tillfälle gällande efterfrågan innebär att orderkvantiteterna förändras proportionellt mot aktuell efterfrågan i förhållande till medelefterfrågan. Av formeln för ekonomisk orderkvantitet framgår emellertid att orderkvantiteter är proportionella mot kvadratroten ur efterfrågan. Användning av ekonomisk behovstäckningstid vid säsongvarierande efterfrågan kommer därför att leda till ur lagerstyrningssynpunkt för stora orderkvantiteter under högsäsong och för små under lågsäsong. Ett bättre alternativ kan därför vara att anpassa orderkvantiteterna proportionellt mot kvadratroten ur aktuell efterfrågan i förhållande till medelefterfrågan. Det innebär att ekonomisk orderkvantitet beräknas med hjälp av följande formel.

$$OK_d = \sqrt{\sum_{j=d+lt-1}^{d+lt-1+btt} s_j / btt} \cdot EOK \dots\dots\dots(5)$$

- där OK_d = den orderkvantitet som beräknats vid dag d
 \bar{E} = medelefterfrågan per dag
 btt = ekonomisk behovstäckningstid
 lt = ledtid för återanskaffning
 s_j = månadssäsongindex för de dagar som ingår i beräkningen

Även i det här fallet sker summeringen av säsongindex från den dag inleverans planeras ske till och med det antal dagar som motsvarar ekonomisk behovstäckningstid.

4 Testdata för simulering

För att utvärdera hur väl de fyra olika metoderna enligt föregående avsnitt fungerar har efterfrågedata för fem olika säsongmönster genererats. Tre av dessa representerar sinusformade säsongvariationer och två stegvisa säsongvariationer. Med stegvis säsongvariation menas säsongvariationer där det finns en mycket uttalad högsäsong och en mycket uttalad lågsäsong. I samtliga fall har säsongvariationerna uttryckts i form av dagsindex, dvs. som förhållandet mellan en enskild dags efterfrågan och medelefterfrågan per dag under ett helt år.

Sinusgenererade variationer har åstadkommit med hjälp av följande formel (Hax – Candea, 1984, sid 168).

$$d_n = (3 + k \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot n / 240)) / 3$$

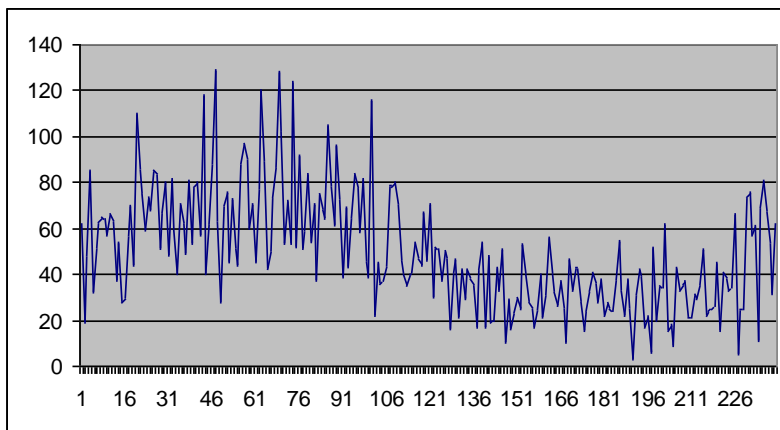
- där n = dagnummer
 3 = ett godtyckligt valt tal för att endast på positiva dagsindex
 k = en faktor för att förändra säsongsvängningarnas storlek

Tre olika värden på k har använts; 1.5, 0.7 och 0.2.

För de stegvisa säsongvariationerna har dagsindex beräknats från manuellt satta procentandelar av årsefterfrågan per dag. Antal procent av årsefterfrågan för den första stegvisa säsongvariationen har satts till 0,1 för månaderna 1-3 och 10-12, till 0,3 för månaderna 4 och 9 samt till 0,95 för månaderna 5-8. Motsvarande procentsatser för den andra stegvisa säsongvariationen har satts till 0,3 för månaderna 1-3 och 10-12, till 0,4 för månaderna 4 och 9 samt till 0,6 för månaderna 5-8.

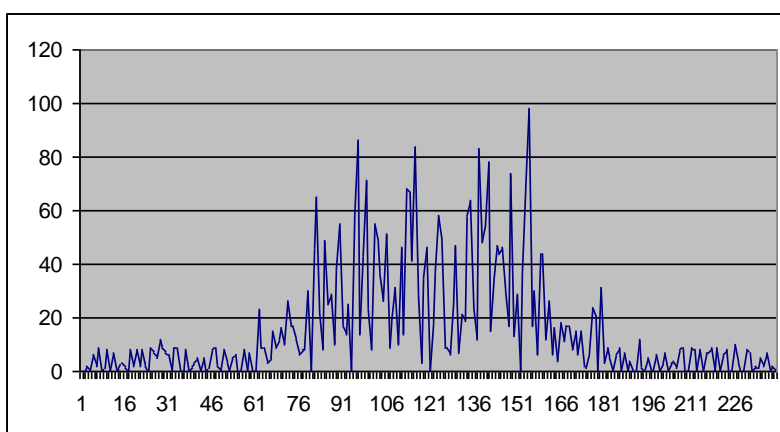
Två principiellt olika företeelser kan förorsaka att efterfrågan förändras från säsong till säsong. Den ena företeelsen är att antalet kundorder förändras med säsong medan orderkvantiteterna förblir oförändrade och den andra att orderkvantiteterna förändras med säsong medan antalet kundorder blir oförändrade. I en konkret efterfrågesituation kan företeelserna förekomma samtidigt. Alternativen har använts var för sig vid generering av testdata för säsongmönstren ovan.

Enligt det första alternativet har antalet order per dag genererats slumpmässigt från en Poissonfördelning. För att också kunna analysera eventuella effekter av olika överlagrade slumpmässiga variationer har tre fall studerats; ett med i medeltal 10 order per dag, ett med i medeltal 3 order per dag och ett med i medeltal 0,5 order per dag. De genererade antalen order per dag har därefter multiplicerats med beräknade dagsindex. Resultaten har avrundats till heltal och avrundningen har genomförts så att avrundningsfelet förts vidare till nästa dags avrundning för att inte få ett systematiskt för stort eller för litet antal order.



Figur 1 Efterfrågevariation under ett år för efterfrågescenariot Sinus 1,5 med 10 kundorder i medeltal per dag och efterfrågeförändringar som beror på förändringar i antal kundorder

Orderkvantiteterna har satts till i medeltal 5 styck med en variation från 1 till 9 enligt en rektangelfördelning. Efterfrågan per dag har därefter beräknats genom att multiplicera varje order under dagen med sin slumpmässigt erhållna orderkvantitet. Erhållna efterfrågevärden får sålunda en compound Poissonfördelning.



Figur 2 Efterfrågevariation under ett år för efterfrågescenariot Stegvis 1 med 10 kundorder i medeltal per dag och efterfrågeförändringar som beror på förändringar i antal kundorder

Enligt det andra alternativet har i stället de enligt ovan genererade orderkvantiteterna multiplicerats med de beräknade dagsindexen med heltalsavrundning på samma sätt

som beskrivits ovan. Även i det här fallet har därefter efterfrågan per dag beräknats genom att multiplicera varje order under dagen med sin slumpmässigt erhållna orderkvantitet. Skillnaden är att antalet order per dag inte förändras med säsong.

För varje kombination av säsongmönster, företeelse bakom efterfrågeförändringar och kundorderstrukturer i form av medelantal order per dag har efterfrågan under 6000 dagar genererats. Från denna genererade efterfrågan har säsongindex per månad beräknats. Även standardavvikelser och variationskoefficienter per dag för den säsongrensade efterfrågan har beräknats. För att kunna gradera storleken på säsongvariationer för de olika säsongmönstren har dessutom två olika säsongvariationsmått utvecklats, dels ett skillnadsmått, SM, som visar den största förekommande skillnaden i säsongindex mellan två olika månader uttryckt i procent, och dels ett förändringsmått, FM, som visar den största förekommande skillnaden i säsongindex mellan två på varandra följande månader i procent. Måtten beräknas med hjälp av följande formler.

$$SM = \frac{Max(s_1) - Min(s_1)}{Min(s_1)} \cdot 100$$

$$FM = \frac{Max(Abs(s_{i+1} - s_i))}{s_1} \cdot 100$$

En sammanställning av karakteristiska data för de olika efterfrågescenarier som utvärderingarna av de olika partiformningsmetoderna genomförts för visas i tabell 1 för fallet att efterfrågevariationerna beror på förändring av antal kundorder. Siffrorna är praktiskt taget identiska för fallet att de beror på förändringar i orderkvantiteter.

Tabell 1 Sammanställning av de olika data som karakteriserar de olika använda efterfrågescenarierna

Orderstruktur		Säsongmönster				
		Sinus 1,5	Sinus 0,7	Sinus 0,2	Stegvis 1	Stegvis 2
10 order per dag	SM	185	53	16	893	108
	FM	35	12	7	226	52
	Var.koeff	0,34	0,34	0,34	0,32	0,32
3 order per dag	SM	188	69	22	858	111
	FM	32	23	13	203	52
	Var. koeff	0,61	0,66	0,64	0,63	0,61
0,5 order per dag	SM	210	75	39	959	148
	FM	43	29	27	284	65
	Var.koeff	1,63	1,56	1,55	1,59	1,59

Den tid som en inlevererad orderkvantitet täcker efterfrågan kan förväntas ha betydelse för hur väl olika partiformningsmetoder fungerar vid säsongvariationer eftersom långa täcktider överbryggar säsongvariationer mer än korta. Tre olika partistorlekar har därför använts vid utvärderingen av de fyra partiformningsmetoderna. Dessa partistorlekar motsvarar 5, 20 respektive 60 dagars efterfrågan och innebär att en ny order i medeltal genereras en gång i veckan, en gång i månaden respektive en gång per kvartal. För att detta skall motsvara ekonomiska orderkvantiteter trots att efterfrågan per år är olika för de olika kundorderstrukturerna har olika priser per styck och olika ordersärkostnader

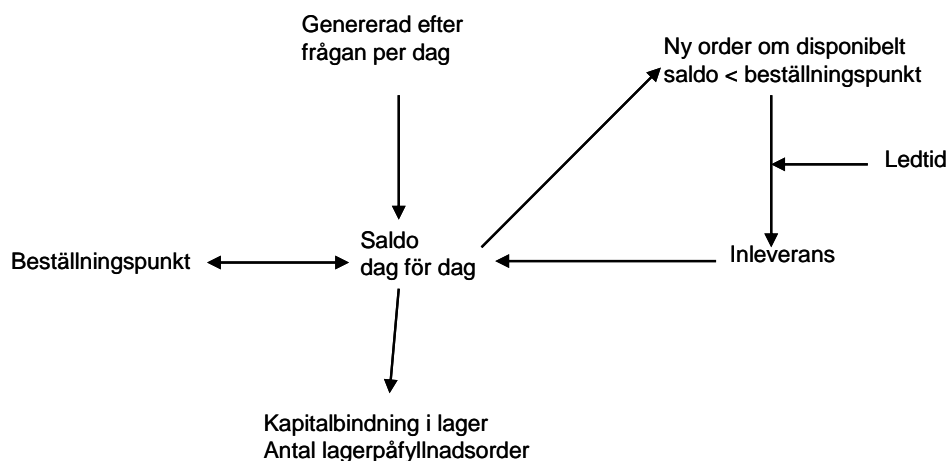
använts i de tre fallen. Dessa kostnader redovisas i tabell 2. Lagerhållningssärkostnaden har satts till 20 %.

Tabell 2 Kostnadsdata som använts vid beräkning av lagerstyrningskostnader för de fyra studerade partiformningsmetoderna

<i>Orderkvantitet i dagar</i>	<i>Kundorderstruktur Antal order per dag</i>	<i>Pris/styck</i>	<i>Ordersärkostnad</i>
5 dagar	10	96	50
	3	320	50
	0,5	1920	50
20 dagar	10	60	500
	3	200	500
	0,3	1200	500
60 dagar	10	10	750
	3	33	750
	0,3	200	750

5 Simuleringsmodell och utvärderingsmetod

För att utvärdera de fyra alternativa metoderna för partiformning vid säsongvarierande efterfrågan har simuleringar med hjälp av Excel och makroprogram skrivna i visual Basic genomförts. En översiktlig illustration av simuleringsmodellen visas i figur 3.



Figur 3 Använd simuleringsmodell

Vid simuleringen utförs dagliga uttag, inleveranser, jämförelser mellan lagerstorlekar och beställningspunkter samt generering av nya lagerpåfyllnadsorder. Ledtiden och därmed beställningspunkten har satts till noll för att skillnader i säkerhetslager inte skall påverka lagrets storlek.

Simuleringarna har omfattat 25 år för varje efterfrågescenario. För vart och ett av dessa år har summa ordersärkostnader och lagerhållningssärkostnader, nedan kallade lagerstyrningskostnader, beräknats. År ett har exkluderats från beräkningarna för att utfallet

skall hinna stabilisera sig och inte påverkas av de startvärden som använts vid simuleringen. Dessutom har det tjugofemte året exkluderats eftersom en komplett beräkning inte kunnat genomföras då orderstorlekarna beräknas som summa efterfrågan under ett antal dagar framåt i tiden.

Beräknade lagerstyrningskostnader för de olika partiformningsmetoderna har genomgående jämförts med de lagerstyrningskostnader som erhålls med hjälp av fast ekonomisk orderkvantitet. Eftersom antalet stickprov i form av årliga lagerstyrningskostnader är förhållandevis begränsat har t-tester använts för att testa i vilken utsträckning som de beräknade skillnaderna är signifikanta. Signifikansnivån har satts till 5 %.

6 Resultat och analyser

Resultaten från jämförelserna mellan de olika partiformningsmetoderna med avseende på lagerstyrningskostnader visar att skillnaderna i utfall mellan säsongmässiga efterfrågesvängningar som beror på förändrade antal kundorder och sådana som beror på förändrade orderkvantiteter var försumbara sett från praktiska utgångspunkter. Resultatredovisningen nedan omfattar därför endast fallet att säsongvariationerna beror på ändringar av antal kundorder. Resultaten från jämförelserna visar också att det endast med enstaka undantag förekom några signifikanta skillnader i lagerstyrningskostnader mellan de olika partiformningsmetoderna för efterfrågescenarierna Sinus 0,7 och Sinus 0,2. De totala skillnaderna i lagerstyrningskostnader för dessa två efterfrågescenarier över samtliga 23 år låg för samtliga tre partiformningsmetoder på mellan storleksordningen + 0,8 och minus 0,8 procent relativt de lagerstyrningskostnader som erhöles när ekonomisk orderkvantitet användes. Från praktiska utgångspunkter är sådana skillnader ointressanta och resultaten för dessa scenarier redovisas därför inte nedan.

Skillnaderna i lagerstyrningskostnader vid användning av en högsäsong- och en lågsäsongorderkvantitet jämfört med att använda en fast ekonomisk orderkvantitet under hela året visas i tabell 3. Signifikanta skillnader markeras med ett *-tecken. Tabellen anger hur många procent lägre lagerstyrningskostnaderna blir vid användning av hög/låg-säsongsalternativet jämfört med fast ekonomisk orderkvantitet.

Av tabellen framgår att erhållna skillnader uppvisar en del oregelbundenheter. Ett genomgående utfall är emellertid att användning av olika orderkvantiteter under hög- och lågsäsong leder till lägre lagerstyrningskostnader. Speciellt stora är skillnaderna för efterfrågescenariot Stegvis 1, dvs. vid efterfrågesituationer där det finns en mycket uttalad högsäsong och en mycket uttalad lågsäsong.

Tabell 3 Skillnader i lagerstyrningskostnader i procent vid användning av olika ekonomiska orderkvantiteter vid hög- och lågsäsong jämfört med att använda en fast ekonomisk orderkvantitet

Efterfråge-scenario	Orderstruktur i antal kundorder	Orderkvantiteter i dagar		
		5 dagar	20 dagar	60 dagar
Sinus 1.5	10	-1,3*	-2,0*	-2,2*
	3	-1,3*	-1,4*	-1,6
	0,5	-2,5*	-2,7*	-0,6
Stegvis 1	10	-9,4*	-9,8*	-3,4*
	3	-8,8*	-8,6*	-8,7*
	0,5	-1,0	-10,1*	-6,5*
Stegvis 2	10	-1,9*	-1,7*	-1,7
	3	-1,4*	-1,0	-0,4
	0,5	-0,1	-0,3	-0,6

Motsvarande skillnader i lagerstyrningskostnader vid användning av ekonomisk behovstäckningstid för att beräkna orderkvantiteter jämfört med att använda en fast ekonomisk orderkvantitet under hela året visas i tabell 4. Även i det här fallet har signifikanta skillnader markerats med ett *-tecken.

Tabell 4 Skillnader i lagerstyrningskostnader i procent vid användning av orderkvantiteter beräknade från ekonomiska behovstäckningstider jämfört med att använda en fast ekonomisk orderkvantitet

Efterfråge-scenario	Orderstruktur i antal kundorder	Orderkvantiteter i dagar		
		5 dagar	20 dagar	60 dagar
Sinus 1.5	10	-0,2	-0,5	-1,0*
	3	-0,1	0,1	-0,2
	0,5	-1,5	-1,6	1,1
Stegvis 1	10	0,3	-0,1	+3,9*
	3	0,4	0,0	0
	0,3	-1,0	-1,2	-2,1
Stegvis 2	10	-0,2	0,0	-0,7
	3	-0,6	0,2	0,6
	0,3	-0,1	-1,2	-0,1

Även om resultaten inte är helt entydiga framgår det klart, att användning av ekonomisk behovstäckningstid för att beräkna orderkvantiteter inte innebär några fördelar jämfört med att använda fasta ekonomiska orderkvantiteter. Även om de studier som redovisats i litteraturen har pekat på det motsatta förhållandet för fall med diskreta och oföränderliga efterfrågekvantiteter är detta resultat förväntat för fall med mer kontinuerliga och föränderliga efterfrågevariationerna över en hel säsongcykel. Att så är fallet beror på att orderkvantiteterna blir större under högsäsong och mindre under lågsäsong men att antalet order under en säsongcykel blir detsamma som vid användning av fast ekonomisk orderkvantitet och därmed ordersärkostnaderna. Av totalkostnadskurvan för lagerstyrningskostnaderna framgår att kostnadsskillnaderna relativt optimala kostnader blir något mindre om för stora kvantiteter används jämfört med om för små kvantiteter används även om kostnadskurvan är mycket flack och därmed kostnadsskillnaderna mycket små.

Det innebär att en viss kostnadsminskning därför kan förväntas uppnås om man använder ekonomisk behovstäckningstid jämfört med fast ekonomisk orderkvantitet. Att så är fallet kan i viss liten utsträckning identifieras i tabellen där det finns lite fler inslag av negativa skillnader än positiva. Skillnaderna är emellertid inte signifikanta och storleken på dem är inte av praktiskt intresse.

En viss fördel med att använda ekonomisk behovstäckningstid kan observeras för egentillverkade artiklar, speciellt om omställningstiderna är höga. Med fast ekonomisk orderkvantitet får man fler tillverkningsorder under högsäsong än under lågsäsong vilket medför att metoden bidrar till att förstärka variationerna i kapacitetsbehov. Så är inte fallet då ekonomisk behovstäckningstid används. Då blir antalet tillverkningsorder per period det samma under hög- och lågsäsong.

I tabell 5 visas skillnaderna i lagerstyrningskostnader vid uppräknig av ekonomisk orderkvantitet i takt med säsongvariationerna jämfört med att använda en fast ekonomisk orderkvantitet under hela året. Signifikanta skillnader markeras med ett *-tecken.

Tabell 5 Skillnader i lagerstyrningskostnader i procent vid användning av efterfrågeuppräknade ekonomiska orderkvantiteter jämfört med att använda en fast ekonomisk orderkvantitet

Efterfråge-scenario	Orderstruktur i antal kundorder	Orderkvantiteter i dagar		
		5 dagar	20 dagar	60 dagar
Sinus 1.5	10	-2,0*	-2,3*	-2,5*
	3	-1,8*	-1,4*	-1,1
	0,5	-2,3	-2,2*	-1,2
Stegvis 1	10	-10,5*	-10,2*	-6,3*
	3	-10,3*	-9,5*	-7,2*
	0,3	-5,3*	-11,5*	-6,9*
Stegvis 2	10	-1,2*	-1,6*	-1,7
	3	-1,3'	-1,3*	-0,9
	0,3	-0,8	-0,8	-2,7

Anpassning av orderkvantiteter till förekommande säsongvariationer genom uppräknig av ekonomisk orderkvantitet innebär, som påpekades ovan, att orderkvantiteterna sätts proportionella mot kvadratroten på efterfrågeförändringarna, vilket är teoretiskt optimalt, i stället för proportionella mot efterfrågeförändringarnas storlek som blir fallet vid användning av ekonomisk behovstäckningstid. Man kan därför förvänta sig att metoden med uppräknade ekonomiska orderkvantiteter ger lägre lagerstyrningskostnader än både ekonomisk behovstäckningstid och fast ekonomisk orderkvantitet. Att så blir fallet framgår klart av tabell 5. En jämförelse med tabell 3 ger också vid handen att uppräkningsmetoden ger lägre lagerstyrningskostnader än metoden med en ekonomisk orderkvantitet under lågsäsong och en annan under högsäsong. Skillnaderna är emellertid ganska måttliga vilket kan förklaras av att lagerstyrningskostnaderna är mycket okänsliga för avvikelser från ekonomisk orderkvantitet (Se exempelvis Silver – Pyke - Peterson, 1998, sid 156).

Man kan förvänta sig att skillnaderna i lagerstyrningskostnader blir mindre ju större de slumpmässiga efterfrågevariationerna är eftersom stora slumpmässiga variationer tenderar att relativt sett minska de säsongmässiga svängningarna. Att så är fallet framgår i

viss utsträckning både för hög/lågsäsongsmetoden (tabell 3) och uppräkningsmetoden (tabell 5) i form av att det finns fler signifikanta skillnader för fallen med 10 order per dag än för fallen med 0,5 order per dag. För ekonomisk behovstäckning kan inte några sådana slutsatser dras eftersom det i huvudsak helt saknas signifikanta skillnader i lagerstyrningskostnader.

Man kan också förvänta sig att betydelsen av att säsongvariera orderkvantiteter blir mindre vid stora orderkvantiteter än vid små eftersom stora orderkvantiteter ger långa behovstäckningstider och därmed automatiskt i viss utsträckning utjämnar hög- och lågsäsongsefterfrågan. Utjämnningseffekten är mest påtaglig om antalet behovstäckningsdagar är stort i förhållande till antalet dagar mellan högsäsongperiod och lågsäsongperiod. Att så är fallet framgår både för hög/lågsäsongsmetoden och uppräkningsmetoden för de stegvisa säsongsvariationsalternativen och i viss liten utsträckning för Sinus 1.5 alternativet, speciellt om man jämför 5 dagars orderkvantitet med 60 dagars orderkvantitet.

7 Sammanfattning och slutsatser

I denna rapport redovisas en analys och utvärdering av fyra olika alternativa tillvägagångssätt för att beräkna orderkvantiteter vid säsongmässigt varierande efterfrågan. För en av dessa, ekonomisk orderkvantitet, sker ingen anpassning av orderkvantiteten till förekommande variationer utan den är fast under hela säsongcykeln. Vid användning av övriga tre partiformningsmetoder anpassas orderkvantiteterna på olika sätt. De resultat med avseende på skillnader i lagerstyrningskostnader som erhållits för dessa tre metoder i förhållande till att använda fast ekonomisk orderkvantitet kan sammanfattas enligt följande.

Användning av ekonomisk behovstäckningstid för att anpassa orderkvantiteter till säsongvarierande efterfrågan har ingen påvisbar effekt på lagerstyrningskostnaderna. Detta gäller oavsett säsongvariationernas storlek.

Användning av en orderkvantitet under högsäsong och en annan under lågsäsong medför signifikant lägre lagerstyrningskostnader jämfört med användning av fast ekonomisk orderkvantitet om det högsta säsongindexet är storleksordningen dubbelt så stort eller större än det lägsta säsongindexet. Vid efterfrågevariationer där det högsta säsongindexet är storleksordningen dubbelt så stort som det lägsta säsongindexet är skillnaderna i lagerstyrningskostnader storleksordningen 1 – 2 % medan skillnader på upp till storleksordningen 10 % uppnåts för det fall som har störst säsongvariationer.

Användning av ekonomiska orderkvantiteter som beräknas vid varje beställningstillfälle med hänsyn till efterfrågan efter det förväntade inleveranstillfället medför också signifikant lägre lagerstyrningskostnader jämfört med användning av fast ekonomisk orderkvantitet om det högsta säsongindexet är storleksordningen dubbelt så stort eller större än det lägsta säsongindexet. Skillnaderna med den här metoden är dessutom något större än om metoden med en orderkvantitet för hög- och en för lågsäsong används.

Med utgångspunkt från de erhållna resultaten kan för praktiskt bruk följande allmänna rekommendationer formuleras.

Oavsett säsongvariationernas storlek blir det ingen skillnad på lagerstyrningskostnaderna om man använder ekonomisk behovstäckningstid jämfört med att använda fast ekonomisk orderkvantitet.

Om säsongvariationerna är små eller måttliga, dvs. då det högsta säsongindexet är mindre än dubbelt så stort som det lägsta säsongindexet, finns det med avseende på lagerstyrningskostnader ingen anledning att använda partiformningsmetoder som anpassar orderkvantiteterna till den säsongvarierande efterfrågan. Fast ekonomisk orderkvantitet ger lika bra resultat.

Om säsongvariationerna är stora, dvs. då det högsta säsongindexet är mer än dubbelt så stort som det lägsta säsongindexet, finns det med avseende på lagerstyrningskostnader anledning att använda endera av två olika partiformningsmetoder som anpassar orderkvantiteterna till den säsongvarierande efterfrågan. Både metoden att använda en ekonomisk orderkvantitet under högsäsong och en annan under lågsäsong och metoden att vid varje ordertillfälle beräkna ekonomisk orderkvantitet baserat på den då framförvarande efterfrågan ger signifikant lägre lagerstyrningskostnader jämfört med om fast ekonomisk orderkvantitet används. Hur stora skillnaderna blir beror på hur stora efterfrågevariationerna är. Värden från enstaka procent till mer än tio procent erhöles för de efterfrågefall som ingick i studien. Omräkningsmetoden ger något större skillnader i lagerstyrningskostnader än hög/lågsäsongsmetoden.

Betydelsen av att anpassa orderkvantiteter till säsongvarierande efterfrågan minskar något om de överlagrade slumpmässiga efterfrågesvängningarna är stora. De blir också något mindre ju större orderkvantiteterna är.

Referenser

Baker, K. (1989) Lot-sizing procedures and a standard data set: A reconciliation of the literature, *Journal of Manufacturing and Operations Management*, Vol. 2 No. 3.

Berry, W. (1972) Lot sizing procedures for requirements planning systems: A framework for analysis, *Production and Inventory Management*, 2nd Qtr.

Choi, H. – Malmstrom, E. – Classen, R. (1984) Computer simulation of lot sizing algorithms in three-stage multi-echelon inventory systems, *Journal of Operations Management*, Vol. 4 No. 3.

Gupta, Y. (2003) Ordering policies for items with seasonal demand, *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, Vol. 33 No. 6.

Hax, A. – Candea, D. (1984) *Production and inventory management*, Prentice-Hall.

Jonsson, P. – Mattsson, S-A. (2005) *Materialplaneringsmetoder i svensk industri - Användning och användningssätt*, Logistikföreningen PLAN.

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.

Wemmerlöv, U. (1978) Aspekter på partiformning i samband med materialbehovsplanering, Doktorsavhandling, Institutionen för Industriell Organisation, Lunds Tekniska Högskola.